

(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.

H02M 3/28 (2006.01)

F 1

H02M 3/28
H02M 3/28E
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
 TDK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 TDK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】

10

20

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 1 0】

前記 2 次側第 1 卷線グループは 2 次側第 1 サブ卷線グループおよび 2 次側第 2 サブ卷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 卷線グループは 2 次側第 3 サブ卷線グループおよび 2 次側第 4 サブ卷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 サブ卷線グループ、1 次側第 1 卷線グループ、2 次側第 2 サブ卷線グループ、2 次側第 3 サブ卷線グループ、1 次側第 2 卷線グループおよび 2 次側第 4 サブ卷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 1 1】

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

前記 1 次側第 1 卷線グループおよび前記 1 次側第 2 卷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 次側卷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 卷線グループおよび前記 2 次側第 2 卷線グループは、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 卷線グループは、前記 2 次側第 1 卷線グループが駆動されているときに前記 2 次側卷線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 1 サブ卷線グループと、より疎となる 1 次側第 2 サブ卷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 卷線グループは、前記 2 次側第 2 卷線グループが駆動されているときに前記 2 次側卷線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 3 サブ卷線グループと、より疎となる 1 次側第 4 サブ卷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 1 2】

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

前記 1 次側第 1 卷線グループおよび前記 1 次側第 2 卷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 卷線グループおよび 2 次側第 2 卷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 次側卷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 次側卷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 卷線グループは、前記 2 次側第 2 卷線グループよりも前記 2 次側第 1 卷線グループに近く配置された 1 次側第 1 サブ卷線グループと、前記 2 次側第 1 卷線グループよりも前記 2 次側第 2 卷線グループに近く配置された 1 次側第 2 サブ卷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 卷線グループは、前記 2 次側第 1 卷線グループよりも前記 2 次側第 2 卷線グループに近く配置された 1 次側第 3 サブ卷線グループと、前記 2 次側第 2 卷線グループよりも前記 2 次側第 1 卷線グループに近く配置された 1 次側第 4 サブ卷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 1 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 卷線グループ、2 次側第 2 卷線グループ、1 次側第 1 サブ卷線グループ

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

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

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

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、

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】

10

20

30

40

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L C共振によってトランスの出力交流電圧に発生するリンクギングが減衰される。 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ク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。

10

20

30

40

50

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グングが減衰される。

【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グングが減衰される。

【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グングが、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グングが、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

10

20

30

40

50

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H B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。

【0026】

このスイッチング電源装置は、一次側高圧ラインL 1 Hと1次側低圧ラインL 1 L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4 2および1次側巻線4 3からなる1次側巻線4 4ならびに互いに直列に接続された2次側巻線4 5および2次側巻線4 6からなる2次側巻線4 7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L 1 Hに入力端子T 1が、1次側低圧ラインL 1 Lに入力端子T 2がそれぞれ設けられており、これら入力端子T 1, T 2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。

【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L 0に出力端子T 3が、平滑回路6の低圧側のラインである接地ラインL Gに出力端子T 4がそれぞれ設けられており、これら出力端子T 3, T 4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1 1, 1 2, 1 3, 1 4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。

【0029】

スイッチング素子1 1は、共振用インダクタ3の一端と1次側高圧ラインL 1 Hとの間に設けられ、スイッチング素子1 2は共振用インダクタ3の一端と1次側低圧ラインL 1 Lとの間に設けられている。スイッチング素子1 3はトランス4の1次側巻線4 3の一端と1次側高圧ラインL 1 Hとの間に設けられ、スイッチング素子1 4は1次側巻線4 3の一端と1次側低圧ラインL 1 Lとの間に設けられている。

【0030】

これより、インバータ回路1は、スイッチング素子1 1, 1 4のオン動作により、1次側高圧ラインL 1 Hから順にスイッチング素子1 1、共振用インダクタ3、1次側巻線4 2およびスイッチング素子1 4を通って1次側低圧ラインL 1 L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1 2, 1 3のオン動作により、1次側高圧ラインL 1 Hから順にスイッチング素子1 3、1次側巻線4 2、共振用インダクタ3およびスイッチング素子1 2を通って1次側低圧ラインL 1 L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。

10

20

30

40

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。

10

【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により磁心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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

50

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_{e1}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L₁および抵抗R₁と、互いに直列に接続されたインダクタンスL₂および抵抗R₂と、互いに直列に接続された線間容量C₁および抵抗R₃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L₃および抵抗R₄と、互いに直列に接続されたインダクタンスL₄および抵抗R₅と、互いに直列に接続された線間容量C₂および抵抗R₆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L₁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R₁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L₂は1次側巻線42の励磁インダクタンスであり、抵抗R₂は1次側巻線42の交流抵抗成分である。線間容量C₁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R₃は1次側巻線42の交流抵抗成分である。インダクタンスL₃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R₄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L₄は

10

20

30

40

50

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、一対のダイオード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 Volt 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Pin1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を通って出力ライン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

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

【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Pin2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を通って出力ライン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

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を通って出力ライン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 output される。

【 0 0 5 0 】

このようにして、スイッチング電源装置は、高圧バッテリ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} を低圧バッテリに給電する。

【 0 0 5 1 】

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。

【 0 0 5 2 】

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

【 0 0 5 3 】

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 142A および 1 次側巻線 142B を有する。これら 1 次側巻線 142A および 1 次側巻線 142B は、中足 41C の延在方向に垂直な面内で中足 41C 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 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 142A が 2 次側巻線 45A に近接配置されると共に 1 次側巻線 142B 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 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

【 0 0 5 4 】

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 143A および 1 次側巻線 143B を有する。これら 1 次側巻線 143A および 1 次側巻線 143B は、中足 41C の延在方向に垂直な面内で中足 41C 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 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 143A が 2 次側巻線 46A に隣接配置されると共に 1 次側巻線 143B 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 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

【 0 0 5 5 】

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 L₁₀₁ および抵抗 R₁₀₁ と、互いに直列に接続されたインダクタンス L₁₀₂ および抵抗 R₁₀₂ と、互いに直列に接続された線間容量 C₁₀₁ および抵抗 R₁₀₃ 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 L₁₀₃ および抵抗 R₁₀₄ と、互いに直列に接続されたインダクタンス L₁₀₄ および抵抗 R₁₀₅ と、互いに直列に接続された線間容量 C₁₀₂ および抵抗 R₁₀₆ をと互いに並列に接続して構成されている。 40

【 0 0 5 6 】

上記において、インダクタンス L₁₀₁ 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 R₁₀₁ 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 L₁₀₂ 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 1 0 2 は 1 次側巻線 1 4 2 の交流抵抗成分である。線間容量 C 1 0 1 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 1 0 3 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 1 0 3 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 1 0 4 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 1 0 4 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 1 0 5 は 1 次側巻線 1 4 3 の交流抵抗成分である。線間容量 C 1 0 2 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 1 0 6 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 e 1 0 1 はトランス 1 0 4 の漏洩インダクタンスである。10

【 0 0 5 7 】

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 i n 1 が入力されると、1 次側巻線 1 4 2 に電流 I i n 1 1 が、1 次側巻線 1 4 3 に電流 I i n 1 2 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

【 0 0 5 8 】

また、図 8 に示したように、1 次側巻線 1 4 4 に電圧 V i n 2 が入力されると、1 次側巻線 1 4 2 に電流 I i n 2 2 が、1 次側巻線 1 4 3 に電流 I i n 2 1 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

【 0 0 5 9 】

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 e 1 とによる L C 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）に発生するリンクギングを、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

【 0 0 6 0 】

一方、本実施の形態では、図 1 0 に示したように、1 次側巻線 4 4 に電圧 V i n 1 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 i n 1 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1_1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C1およびC2と、トランス4の励磁インダクタンスL2およびL4と、トランス4の漏洩インダクタンスLe1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1_2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1_3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1_4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]

10

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。

20

【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。

30

【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Le11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とを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Le21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

40

50

クタンス L 2 2 および抵抗 R 2 2 と、互いに直列に接続された線間容量 C 2 1 および抵抗 R 2 3 とを互いに並列に接続して構成されている。回路 a 1 4 は、互いに直列に接続されたインダクタンス L 2 3 および抵抗 R 2 4 と、互いに直列に接続されたインダクタンス L 2 4 および抵抗 R 2 5 と、互いに直列に接続された線間容量 C 2 2 および抵抗 R 2 6 をと互いに並列に接続して構成されている。

【0071】

1 次側巻線 4 2 の等価回路において、インダクタンス L 1 1 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 2 A のインダクタンスであり、抵抗 R 1 1 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 2 A の抵抗である。インダクタンス L 1 2 は 1 次側巻線 4 2 A の励磁インダクタンスであり、抵抗 R 1 2 は 1 次側巻線 4 2 A の交流抵抗成分である。線間容量 C 1 1 は 1 次側巻線 4 2 A 内の線間容量と、1 次側巻線 4 2 A 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 1 3 は 1 次側巻線 4 2 A の交流抵抗成分である。インダクタンス L 1 3 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 2 B のインダクタンスであり、抵抗 R 1 4 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 2 B の抵抗である。インダクタンス L 1 4 は 1 次側巻線 4 2 B の励磁インダクタンスであり、抵抗 R 1 5 は 1 次側巻線 4 2 B の交流抵抗成分である。線間容量 C 1 2 は 1 次側巻線 4 2 B 内の線間容量と、1 次側巻線 4 2 B 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 1 6 は 1 次側巻線 4 2 B の交流抵抗成分である。インダクタンス L e 1 1 は 1 次側巻線 4 2 と 2 次側巻線 4 5 , 4 6 とで構成されるトランスの漏洩インダクタンスである。

10

20

【0072】

1 次側巻線 4 3 の等価回路において、インダクタンス L 2 1 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 3 A のインダクタンスであり、抵抗 R 2 1 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 3 A の抵抗である。インダクタンス L 2 2 は 1 次側巻線 4 3 A の励磁インダクタンスであり、抵抗 R 2 2 は 1 次側巻線 4 3 A の交流抵抗成分である。線間容量 C 2 1 は 1 次側巻線 4 3 A 内の線間容量と、1 次側巻線 4 3 A 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 2 3 は 1 次側巻線 4 3 A の交流抵抗成分である。インダクタンス L 2 3 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 3 B のインダクタンスであり、抵抗 R 2 4 はトランス 4 0 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 4 3 B の抵抗である。インダクタンス L 2 4 は 1 次側巻線 4 3 B の励磁インダクタンスであり、抵抗 R 2 5 は 1 次側巻線 4 3 B の交流抵抗成分である。線間容量 C 2 2 は 1 次側巻線 4 3 B 内の線間容量と、1 次側巻線 4 3 B 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 2 6 は 1 次側巻線 4 3 B の交流抵抗成分である。インダクタンス L e 2 1 は 1 次側巻線 4 3 と 2 次側巻線 4 5 , 4 6 とで構成されるトランスの漏洩インダクタンスである。

30

【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 1 5 がオンすると、共振用インダクタ 3 から 1 次側巻線 4 2 B 、1 次側巻線 4 2 A 、スイッチング素子 1 5 の方向に電流 I_{in1} が流れ、1 次側巻線 4 2 に電圧 V_{in1} が現れると共に、1 次側巻線 4 2 を構成する 1 次側巻線 4 2 A および 1 次側巻線 4 2 B に電流 I_{in1} が流れる。一方、トランス 4 0 の 2 次側巻線 4 5 , 4 6 に、ダイオード 5 2 に対して逆方向となり、ダイオード 5 1 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 4 5 、チョークコイル 6 1 および平滑コンデンサ 6 2 を通って出力ライン L O および接地ライン L G に電流 I_{out1} 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_{out1} が出力される。

40

【0074】

次に、スイッチング素子 1 5 がオンからオフになると、トランス 4 0 の 2 次側巻線 4 5 , 4 6 に、ダイオード 5 2 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 4 5 、チョークコイル 6 1 および平滑コンデンサ 6 2 を通って出力ライン L O および接地ラ

50

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。

【0075】

次に、スイッチング素子 1 6 がオンすると、共振用インダクタ 3 から 1 次側巻線 4 3 A、1 次側巻線 4 3 B、スイッチング素子 1 6 の方向に電流が流れ、1 次側巻線 4 3 に電圧 V_{in} 2 が現れると共に、1 次側巻線 4 3 を構成する 1 次側巻線 4 3 A および 1 次側巻線 4 3 B に電流 I_{in} 2 が流れる。一方、トランス 4 0 の 2 次側巻線 4 5, 4 6 に、ダイオード 5 2 に対して順方向となり、ダイオード 5 1 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 4 5、チョークコイル 6 1 および平滑コンデンサ 6 2 を通って出力ライン L_O および接地ライン L_G に電流 I_{out} 2 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。10

【0076】

最後に、スイッチング素子 1 6 がオンからオフになると、トランス 4 0 の 2 次側巻線 4 5, 4 6 に、ダイオード 5 1 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 4 5、チョークコイル 6 1 および平滑コンデンサ 6 2 を通って出力ライン L_O および接地ライン 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。

【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 2 3 に示したように、1 次側巻線 4 2 に電圧 V_{in} 1 が入力されると、1 次側巻線 4 2 を構成する 1 次側巻線 4 2 A および 1 次側巻線 4 2 B に電流 I_{in} 1 が流れる。ここで、1 次側巻線 4 2 A 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 と相対的に密に磁気結合する。このとき、1 次側巻線 4 2 A 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 4 2 A 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 4 2 B 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 6 により近く配置されているので、1 次側巻線 4 2 B では、1 次側巻線 4 2 A 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 4 2 A および 1 次側巻線 4 2 B は互いに直列に接続されているので、1 次側巻線 4 2 A および 1 次側巻線 4 2 B には互いに等しい電流が流れる。30

【0080】

また、図 2 4 に示したように、1 次側巻線 4 3 に電圧 V_{in} 2 が入力されると、1 次側巻線 4 3 を構成する 1 次側巻線 4 3 A および 1 次側巻線 4 3 B に電流 I_{in} 2 が流れる。ここで、1 次側巻線 4 3 B 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 4 3 B 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 4 3 B 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 4 3 A 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 により近く配置されているので、1 次側巻線 4 3 A では、1 次側巻線 4 3 B 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 4 3 A および 1 次側巻線 4 3 B は互4050

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C21と、励磁インダクタンスL22と、漏洩インダクタンスLe11とによるLC共振や、線間容量C22と、励磁インダクタンスL24と、漏洩インダクタンスLe21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】

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。40

【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ーワード型や、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。

10

【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。

20

【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。

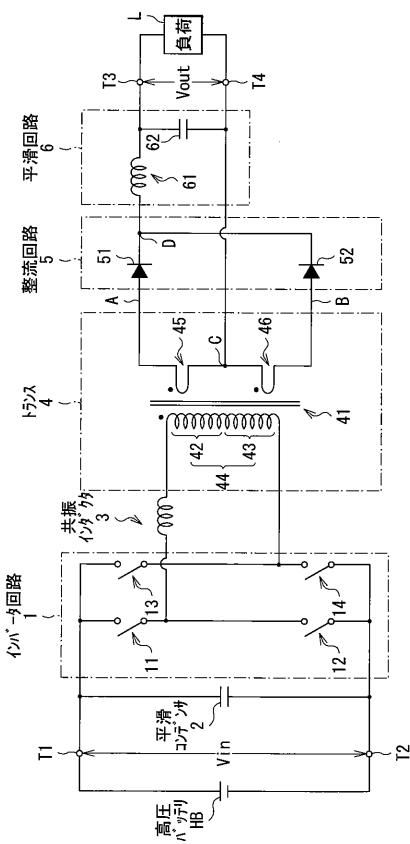
【符号の説明】

【0089】

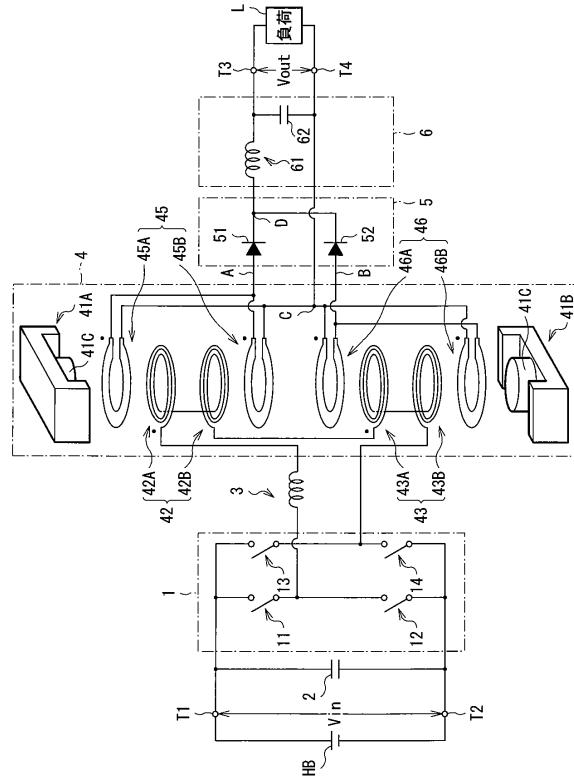
1, 10...インバータ回路、2, 62...平滑コンデンサ、3...共振用インダクタ、4, 40, 104...トランス、5...整流回路、6...平滑回路、11, 12, 13, 14...スイッチング素子、41...磁心、42, 42A, 42B, 43, 43A, 43B, 44, 47, 47A, 47B...1次側巻線、45, 45A, 45B, 46, 46A, 46B...2次側巻線、51, 52...ダイオード、61...チョークコイル、A, B...端部、C...センタタップ、D...接続点、L1H...1次側高圧ライン、L1L...1次側低圧ライン、L0...出力ライン、LG...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。

30

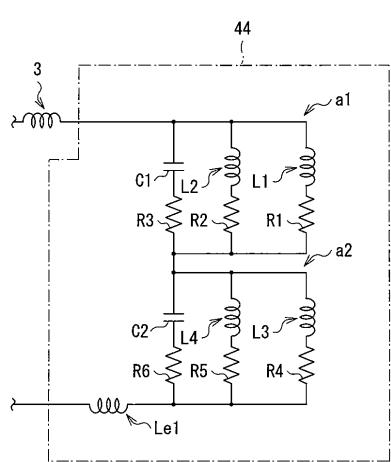
【 义 1 】



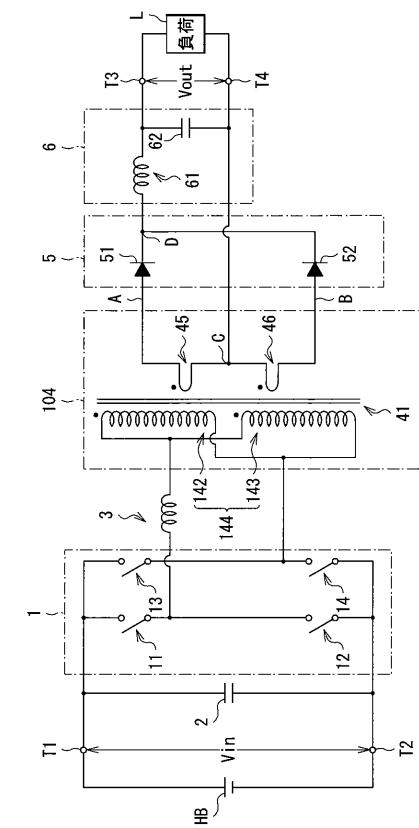
【 図 2 】



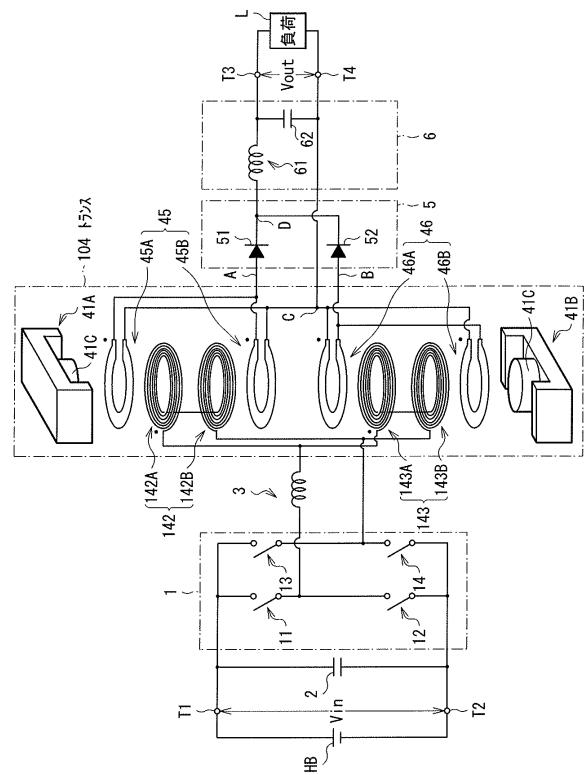
【 四 3 】



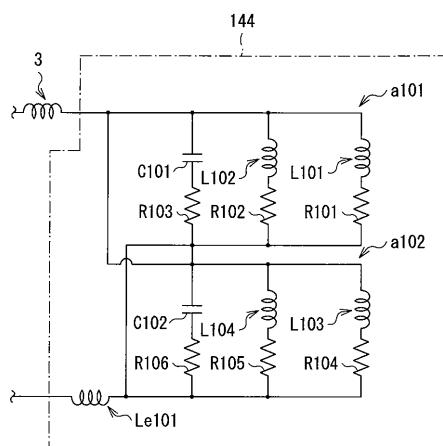
【図4】



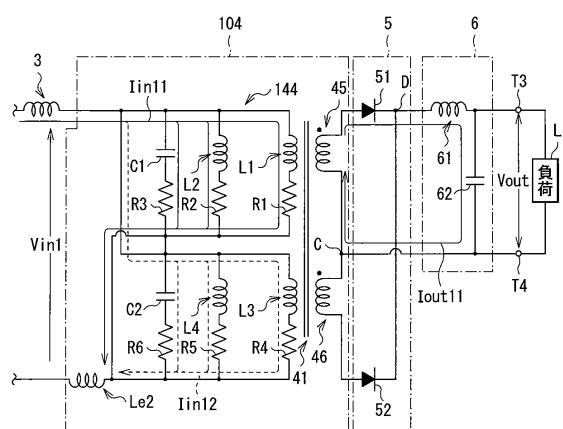
【図5】



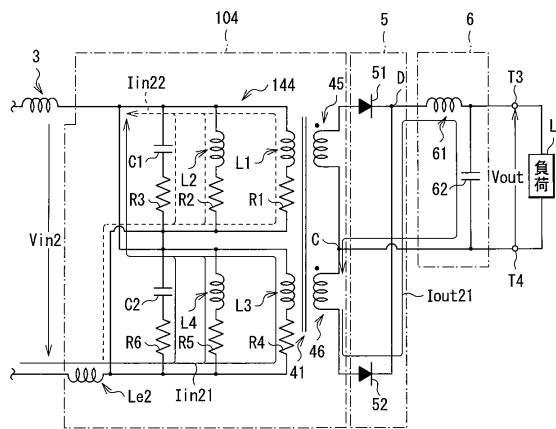
【図6】



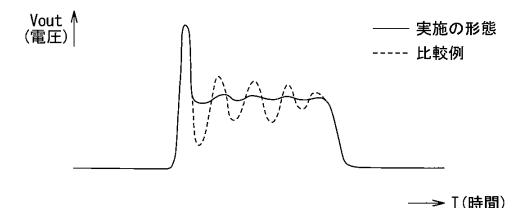
【図7】



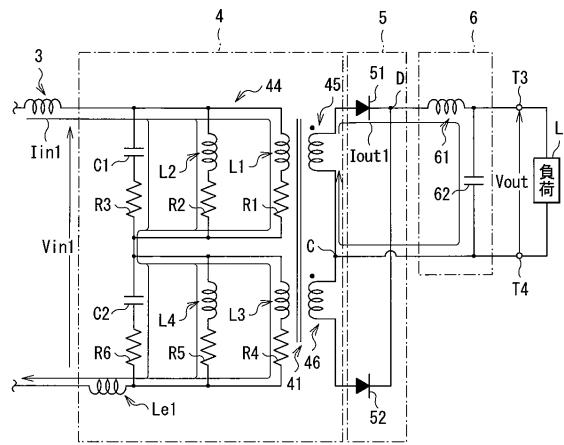
【図8】



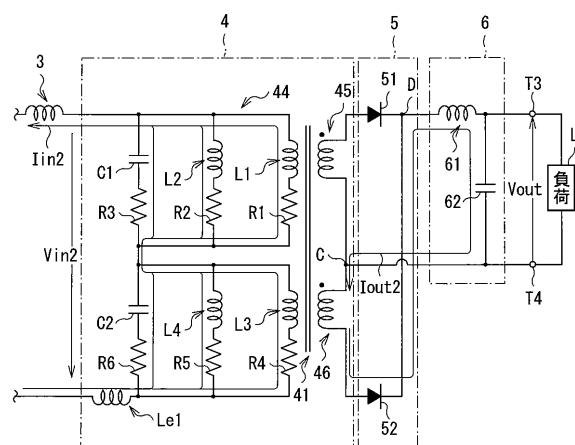
【図9】



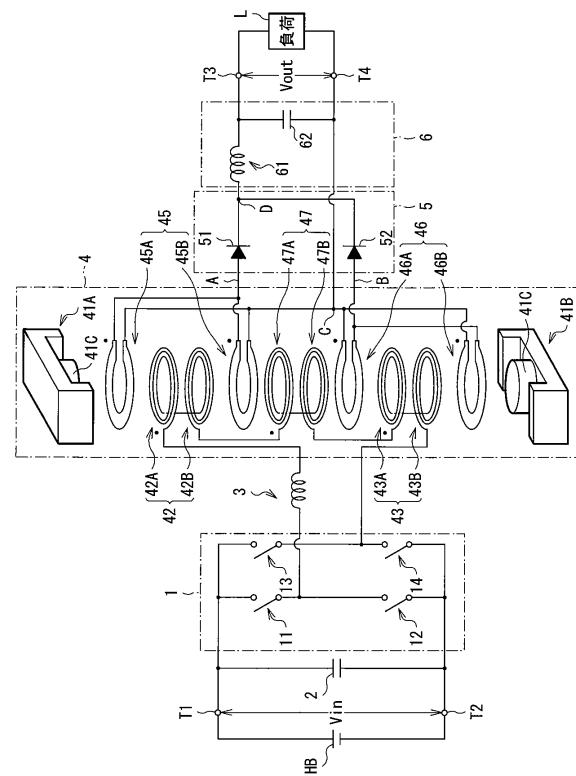
【図10】



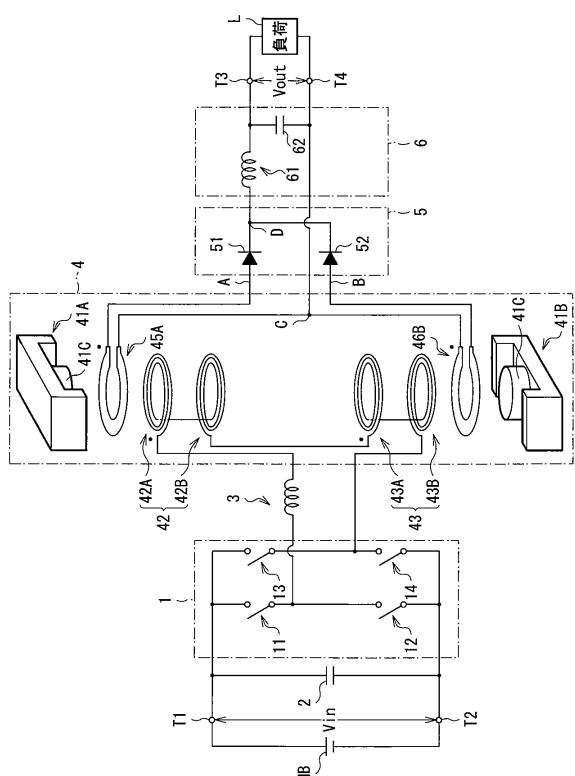
【図11】



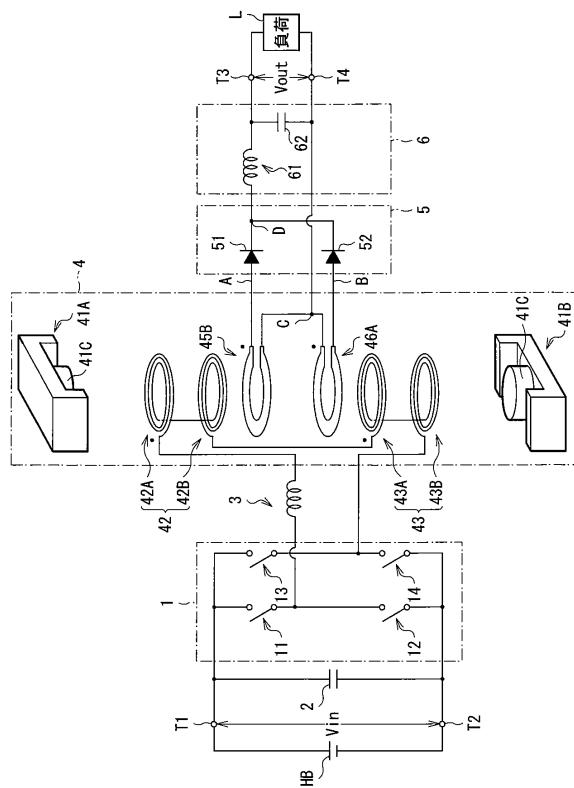
【図12】



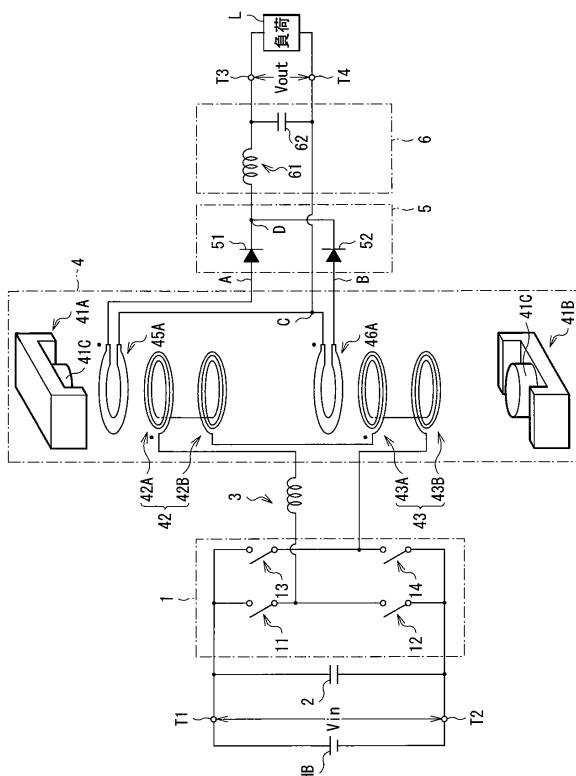
【図13】



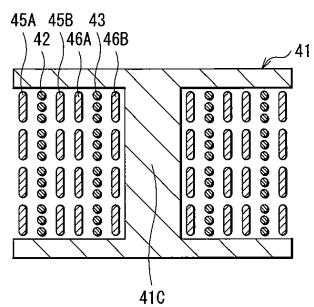
【図14】



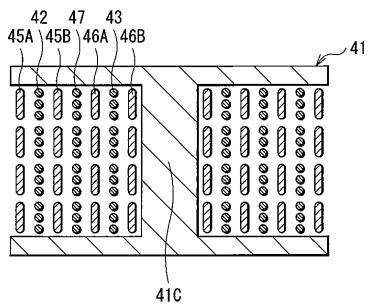
【図15】



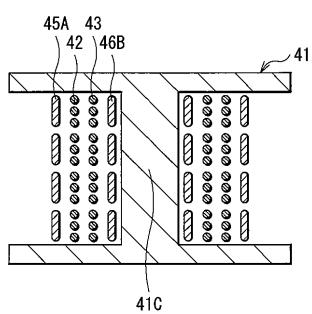
【図16】



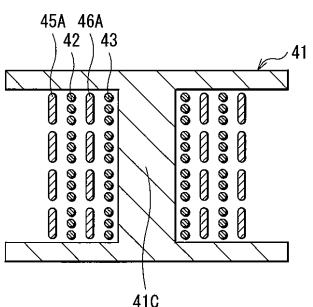
【図17】



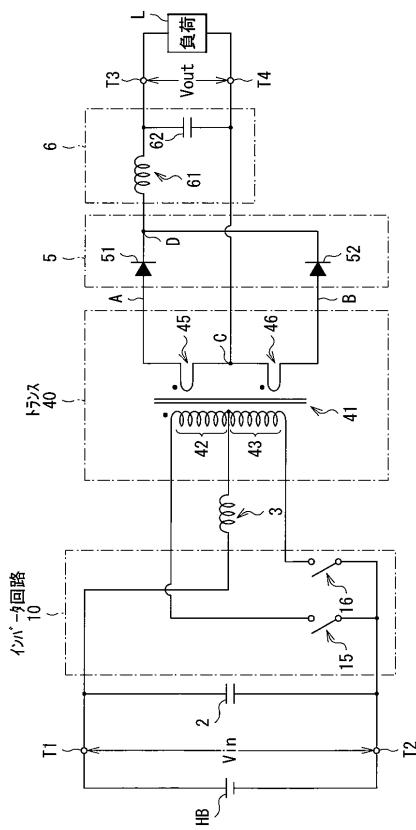
【 図 1 8 】



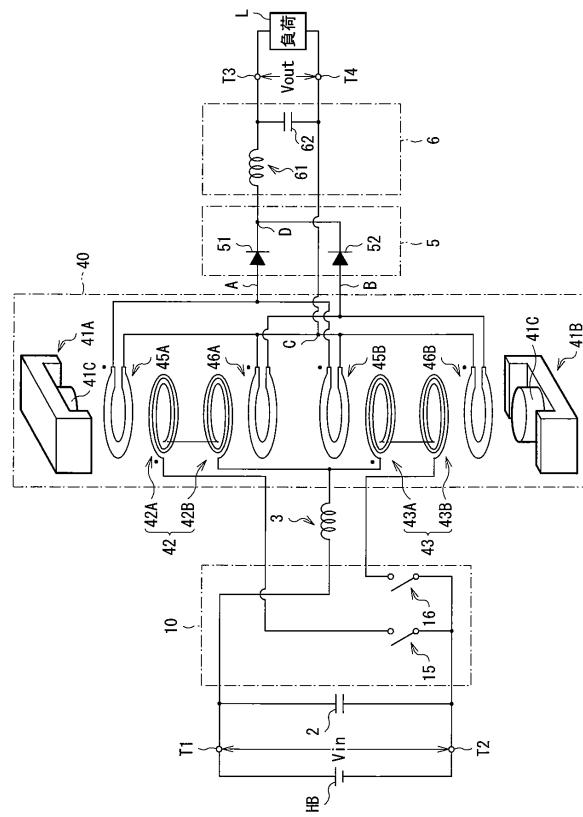
【 図 1 9 】



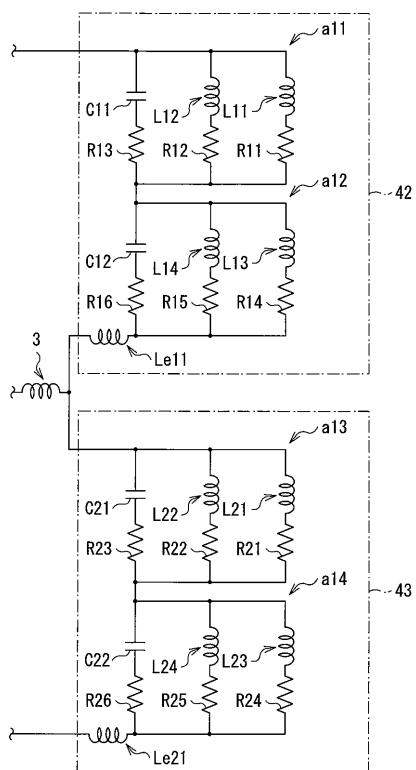
【図20】



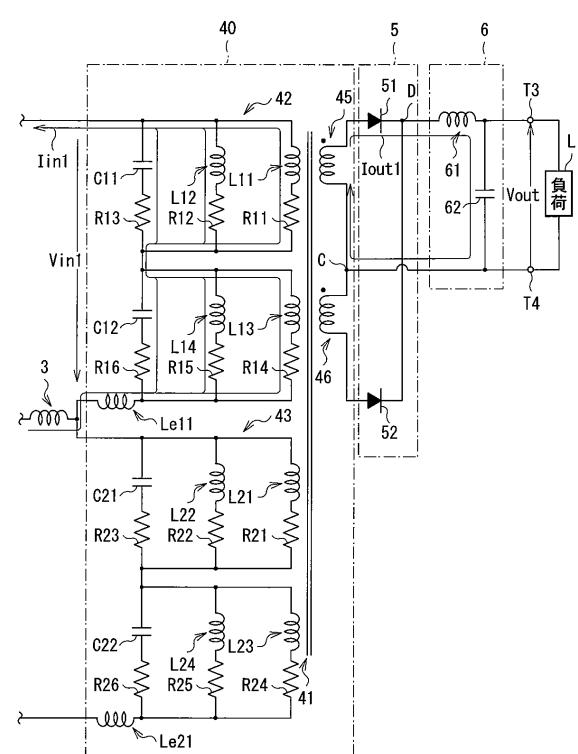
【図21】



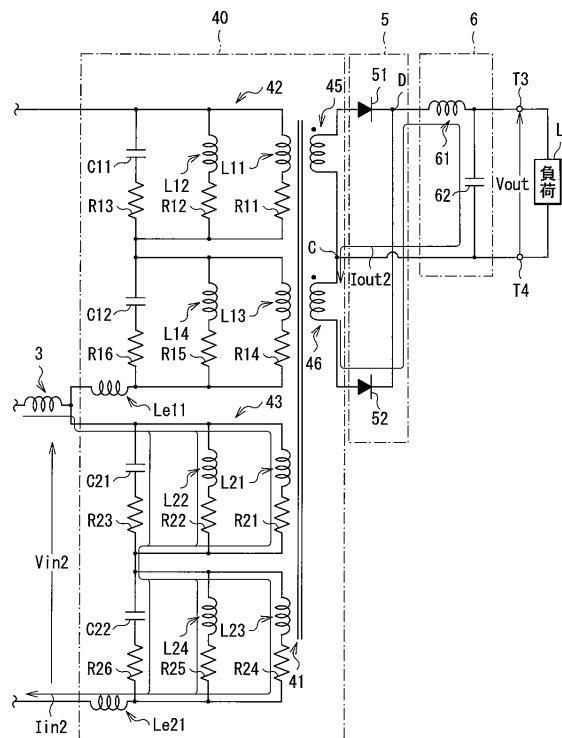
【図22】



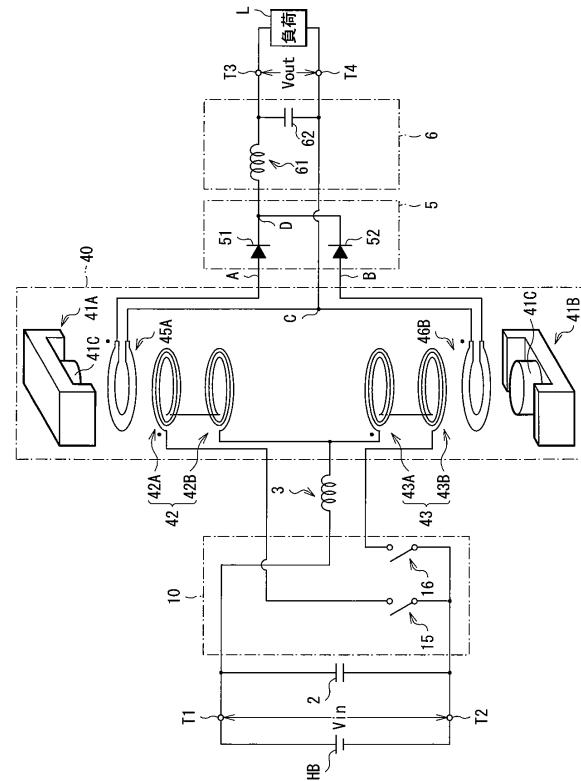
【図23】



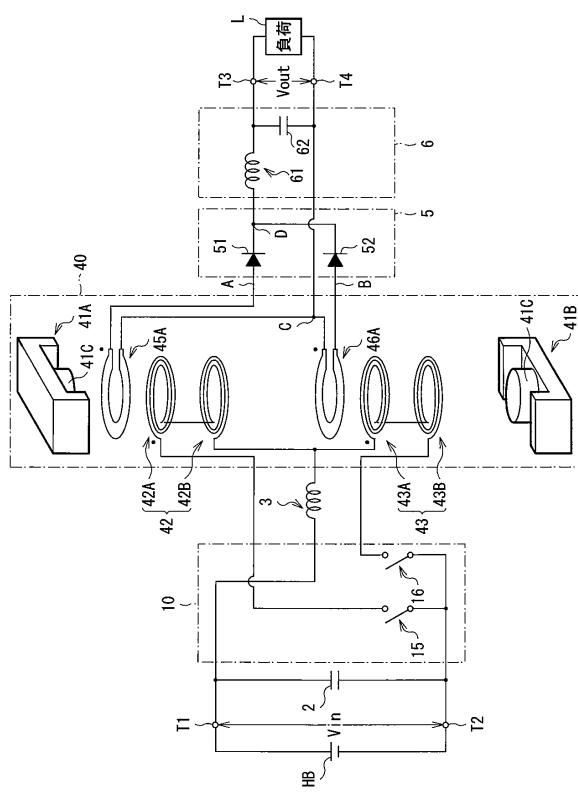
【図24】



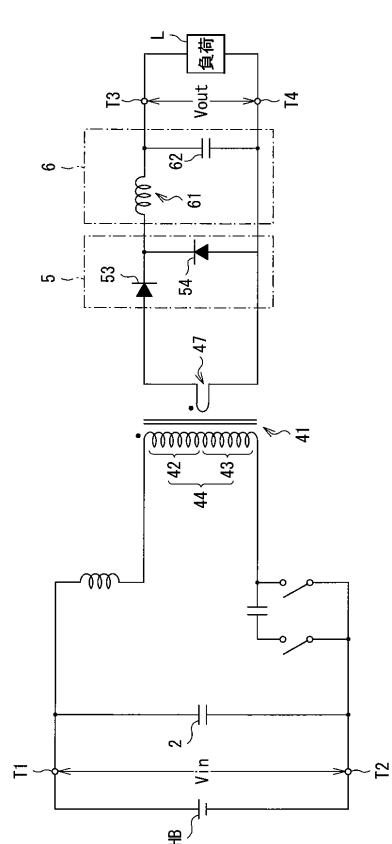
【 図 25 】



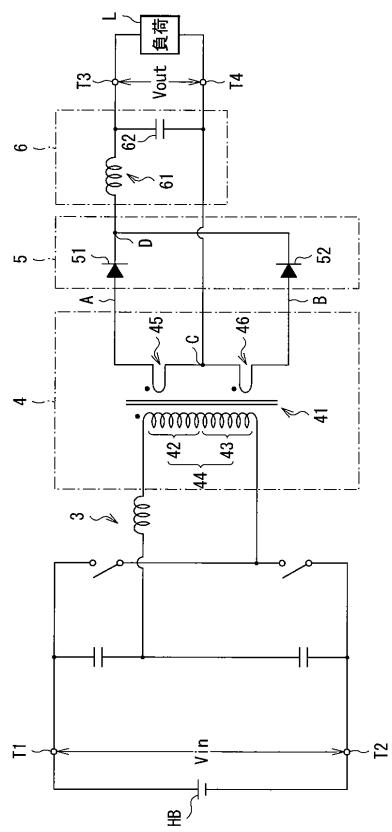
【図26】



【 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)

H 02 M 3 / 28