

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5846173号
(P5846173)

(45) 発行日 平成28年1月20日 (2016. 1. 20)

(24) 登録日 平成27年12月4日 (2015.12. 4)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2M	3/28	(2006.01)	HO2M	3/28	V
HO2M	1/08	(2006.01)	HO2M	1/08	Z H V C
HO2M	7/5387	(2007.01)	HO2M	7/5387	Z

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-192795 (P2013-192795)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成25年9月18日 (2013. 9. 18)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2015-61365 (P2015-61365A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成27年3月30日 (2015. 3. 30)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成27年2月27日 (2015. 2. 27)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(72) 発明者	宮内 駿
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	前原 恒男
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁電源装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

上アーム用スイッチング素子 (S c p , S 1 ¥ p , S 2 ¥ p ; S 1 ¥ p , S 2 ¥ p) 及び下アーム用スイッチング素子 (S c n , S 1 ¥ n , S 2 ¥ n ; S 1 ¥ n , S 2 ¥ n) の直列接続体を備える電力変換回路 (3 0 , 1 2 , 2 2 ; 1 2 , 2 2) に適用され、

前記電力変換回路は、複数の前記直列接続体の並列接続体を備え、

直流電源 (4 2) に接続可能な1次側コイル (6 0 a , 6 2 a , 6 4 a , 6 6 a , 9 0 a , 9 2 a , 9 4 a ; 1 4 0 a , 1 4 2 a) 、及び前記上アーム用スイッチング素子の駆動用電圧を前記上アーム用スイッチング素子に対して供給可能な2次側コイル (6 0 b , 6 2 b , 6 4 b , 6 6 b , 9 0 b , 9 2 b , 9 4 b ; 1 4 0 b , 1 4 2 b) を有し、複数の前記上アーム用スイッチング素子のそれぞれに対応して個別に設けられた上アーム用トランス (6 0 , 6 2 , 6 4 , 6 6 , 9 0 , 9 2 , 9 4 ; 1 4 0 , 1 4 2) と、

前記直流電源に接続可能な1次側コイル (6 8 a , 9 6 a ; 1 4 4 a , 1 4 6 a) 、及び前記下アーム用スイッチング素子の駆動用電圧を前記下アーム用スイッチング素子に対して供給可能な2次側コイル (6 8 b , 9 6 b ; 1 4 4 b , 1 4 6 b) を有し、複数の前記下アーム用スイッチング素子のそれぞれについての共通のトランスであって、かつ、複数の前記下アーム用スイッチング素子のそれぞれに対して前記駆動用電圧を供給可能な共通の前記2次側コイルを有する下アーム用トランス (6 8 , 9 6 ; 1 4 4 , 1 4 6) と、

前記共通のトランスを構成する前記2次側コイルである対象コイル (6 8 b , 9 6 b ; 1 4 6 b) の出力電圧を検出する電圧検出部 (6 8 c , 8 2 , 9 6 c , 1 1 2 ; 1 4 6 c

、162)と、

前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記1次側コイルに前記直流電源の電圧を印加すべくオンオフ操作される電圧制御用スイッチング素子(80, 110; 160)と、

前記電圧検出部によって検出された出力電圧を目標電圧にフィードバック制御すべく、前記電圧制御用スイッチング素子をオンオフ操作する操作部(52, 54; 56)と、を備えることを特徴とする絶縁電源装置。

【請求項2】

前記電力変換回路(12, 22)は、複数であり、

複数の前記電力変換回路の1つは、車載主機としての回転機(20)に接続された走行用電力変換回路(22)であり、

前記下アーム用トランスは、複数の前記電力変換回路のそれぞれにおいて、複数の前記下アーム用スイッチング素子のそれぞれについての共通のトランスであり、

複数の前記電力変換回路のうち、前記走行用電力変換回路を構成する前記上アーム用スイッチング素子(S2¥p)及び前記下アーム用スイッチング素子(S2¥n)のそれぞれをオン状態に切り替えるための充電電流は、残余の電力変換回路を構成する前記上アーム用スイッチング素子(S1¥p)及び前記下アーム用スイッチング素子(S1¥n)のそれぞれをオン状態に切り替えるための充電電流よりも大きく設定され、

前記対象コイルは、前記走行用電力変換回路に対応する前記下アーム用トランス(146)を構成する前記2次側コイル(146b)であることを特徴とする請求項1記載の絶縁電源装置。

【請求項3】

前記上アーム用トランスを構成する前記2次側コイルに接続され、前記2次側コイルから供給される前記駆動用電圧によって前記上アーム用スイッチング素子を駆動する上アーム用駆動回路(Drcp, Dr1¥p, Dr2¥p)と、

前記下アーム用トランスを構成する前記2次側コイルに接続され、前記2次側コイルから供給される前記駆動用電圧によって前記下アーム用スイッチング素子を駆動する下アーム用駆動回路(Drcn, Dr1¥n, Dr2¥n)と、

をさらに備え、

前記上アーム用駆動回路及び前記下アーム用駆動回路のそれぞれは、互いに同一構成の回路であることを特徴とする請求項1又は2記載の絶縁電源装置。

【請求項4】

前記目標電圧は、前記上アーム用駆動回路及び前記下アーム用駆動回路のそれぞれの動作保証電圧の下限値以上の電圧に設定されていることを特徴とする請求項3記載の絶縁電源装置。

【請求項5】

前記上アーム用トランスを構成する前記2次側コイルに接続され、前記2次側コイルから供給される前記駆動用電圧によって前記上アーム用スイッチング素子を駆動する上アーム用駆動回路(Drcp, Dr1¥p, Dr2¥p)と、

前記下アーム用トランスを構成する前記2次側コイルに接続され、前記2次側コイルから供給される前記駆動用電圧によって前記下アーム用スイッチング素子を駆動する下アーム用駆動回路(Drcn, Dr1¥n, Dr2¥n)と、

をさらに備え、

前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記2次側コイルのうち、前記対象コイル以外の前記2次側コイルに接続された前記駆動回路は、自身の入力電圧が規定電圧を超えた場合、前記操作部による前記上アーム用駆動回路及び前記下アーム用駆動回路への前記駆動用電圧の供給処理を強制的に停止させる過電圧保護機能を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の絶縁電源装置。

【請求項6】

前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記1次側

10

20

30

40

50

コイルは、互いに並列接続され、

前記電圧制御用スイッチング素子は、1つであり、

前記電圧制御用スイッチング素子は、自身がオン操作されることにより、前記直流電源、複数の前記1次側コイルの並列接続体及び前記電圧制御用スイッチング素子を含む閉回路を形成可能なように設けられていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の絶縁電源装置。

【請求項7】

前記下アーム用トランスのうち前記対象コイルを有するトランスは、前記対象コイルの出力電圧又は該出力電圧に応じた電圧を出力する電圧検出用コイル(68c, 96c; 146c)をさらに備え、

10

前記電圧検出部は、前記対象コイルの出力電圧として、前記電圧検出用コイルの出力電圧を検出することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の絶縁電源装置。

【請求項8】

前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記1次側コイル及び前記2次側コイルのそれぞれは、絶縁皮膜され、

前記1次側コイル及び前記2次側コイルのそれぞれは、前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成するコア(170)に取り付けられたボビン(172)に積層されるように巻きつけられていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の絶縁電源装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、上アーム用スイッチング素子及び下アーム用スイッチング素子の直列接続体を備える電力変換回路に適用され、直流電源から前記上アーム用スイッチング素子に対して駆動用電圧を供給可能な上アーム用トランスと、前記直流電源から前記下アーム用スイッチング素子に対して駆動用電圧を供給可能な下アーム用トランスとを備える絶縁電源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、下記特許文献1に見られるように、スイッチング素子(IGBT)に駆動用電圧を供給するための絶縁電源装置が知られている。詳しくは、この装置は、複数のトランスと、複数のトランスのそれぞれを構成する1次側コイル及び直流電源の間を導通状態又は遮断状態とすべく操作されるトランジスタと、制御回路とを備えている。ここで、上記制御回路は、複数のトランスのうちいずれか1つのトランスを構成する2次側コイルの出力電圧の検出値に基づいてトランジスタを操作する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平11-178356号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、トランスを構成する2次側コイルの出力電圧は、スイッチング素子のゲートに供給すべき充電電流が大きいほど低くなる。これは、充電電流が大きいほど、2次側コイルの出力電流が大きくなり、2次側コイルの直流抵抗等による電圧降下量が大きくなるためである。ここで、複数のトランスのそれぞれを構成する2次側コイルのうち、例えば、スイッチング素子のゲートに供給すべき充電電流が最も小さい2次側コイルの出力電圧の検出値を目標電圧にフィードバック制御すべくトランジスタを操作する場合、スイッチング素子の導通損失が増大するおそれがある。

【0005】

50

つまり、上記構成を採用する場合、複数のトランスのそれぞれを構成する2次側コイルのうち、充電電流が最も小さい2次側コイル以外の2次側コイルの出力電圧は、充電電流が最も小さい2次側コイルの出力電圧よりも低くなる。このため、スイッチング素子をオン状態に切り替える場合に、充電電流が最も小さい2次側コイル以外の2次側コイルに接続されたスイッチング素子のゲート電圧が、設計時に想定した電圧よりも低くなる。これにより、スイッチング素子のコレクタ及びエミッタ間飽和電圧が高くなることで、スイッチング素子の導通損失が増大する。

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、スイッチング素子の導通損失を低減させることのできる絶縁電源装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決すべく、本発明は、上アーム用スイッチング素子（ S_{cp} 、 $S_{1\cancel{p}}$ 、 $S_{2\cancel{p}}$ ； $S_{1\cancel{p}}$ 、 $S_{2\cancel{p}}$ ）及び下アーム用スイッチング素子（ S_{cn} 、 $S_{1\cancel{n}}$ 、 $S_{2\cancel{n}}$ ； $S_{1\cancel{n}}$ 、 $S_{2\cancel{n}}$ ）の直列接続体を備える電力変換回路（30、12、22；12、22）に適用され、直流電源（42）に接続可能な1次側コイル（60a、62a、64a、66a、90a、92a、94a；140a、142a）、及び前記上アーム用スイッチング素子の駆動用電圧を前記上アーム用スイッチング素子に対して供給可能な2次側コイル（60b、62b、64b、66b、90b、92b、94b；140b、142b）を有する上アーム用トランス（60、62、64、66、90、92、94；140、142）と、前記直流電源に接続可能な1次側コイル（68b、96a；144a、146a）、及び前記下アーム用スイッチング素子の駆動用電圧を前記下アーム用スイッチング素子に対して供給可能な2次側コイル（68b；144b、146b）を有する下アーム用トランス（68、96b；144、146）と、前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記2次側コイルのうち、出力電流が最大となる1つの前記2次側コイルである対象コイル（68b、96b；146b）の出力電圧を検出する電圧検出部（68c、82、96c、112；146c、162）と、前記上アーム用トランス及び前記下アーム用トランスのそれぞれを構成する前記1次側コイルに前記直流電源の電圧を印加すべくオンオフ操作される電圧制御用スイッチング素子（80、110；160）と、前記電圧検出部によって検出された出力電圧を目標電圧にフィードバック制御すべく、前記電圧制御用スイッチング素子をオンオフ操作する操作部（52、54；56）と、を備えることを特徴とする。

20

30

【0008】

上記発明では、フィードバック制御における制御量を、出力電流が最大となる2次側コイルである対象コイルの出力電圧とする。対象コイルの出力電圧は、上アーム用トランス及び下アーム用トランスのそれぞれを構成する2次側コイルの出力電圧の中で最も低い。すなわち、上アーム用トランス及び下アーム用トランスのそれぞれを構成する2次側コイルのうち、対象コイル以外の2次側コイルの出力電圧が、対象コイルの出力電圧以上となる。これにより、上記対象コイル以外の2次側コイルから駆動用電圧が供給される上アーム用スイッチング素子や下アーム用スイッチング素子の導通損失を低減させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1の実施形態にかかるモータ制御システムの全体構成図。

【図2】同実施形態にかかる絶縁電源装置を示す図。

【図3】同実施形態にかかる絶縁電源装置を示す図。

【図4】同実施形態にかかるIGBT駆動回路を示す図。

【図5】IGBTのコレクタ及びエミッタ間飽和電圧の特性図。

【図6】第1の実施形態にかかる過電圧異常判断処理の手順を示すフローチャート。

【図7】第2の実施形態にかかる絶縁電源装置を示す図。

50

【図 8】第 3 の実施形態にかかるトランスの斜視図。

【図 9】同実施形態にかかるトランスの平面図。

【図 10】同実施形態にかかる環状部の A - A 断面図。

【図 11】その他の実施形態にかかる環状部の A - A 断面図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(第 1 の実施形態)

以下、本発明にかかる絶縁電源装置を車載主機として回転機及びエンジンを備えるハイブリッド車に適用した第 1 の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0011】

図 1 に示すように、モータ制御システムは、第 1 のモータジェネレータ 10、第 2 のモータジェネレータ 20、第 1 のインバータ 12、第 2 のインバータ 22、昇圧コンバータ 30、及び制御装置 40 を備えている。第 1 のモータジェネレータ 10 及び第 2 のモータジェネレータ 20 は、図示しない動力分割機構を介して駆動輪や車載主機としてのエンジンに連結されている。第 1 のモータジェネレータ 10 は、第 1 のインバータ 12 に接続され、エンジンのクランク軸に初期回転を付与するスタータや、車載機器に給電するための発電機等の役割を果たす。一方、第 2 のモータジェネレータ 20 は、第 2 のインバータ 22 に接続され、車載主機等の役割を果たす。第 1 のインバータ 12 及び第 2 のインバータ 22 は、3 相インバータであり、昇圧コンバータ 30 を介して高電圧バッテリー 50 (例えば、リチウムイオン 2 次電圧やニッケル水素 2 次電池) に接続されている。

【0012】

なお、本実施形態において、第 1 のインバータ 12、第 2 のインバータ 22 及び昇圧コンバータ 30 のそれぞれが「電力変換回路」に相当する。また、第 2 のインバータ 22 が「走行用電力変換回路」に相当する。

【0013】

昇圧コンバータ 30 は、コンデンサ 32、リアクトル 34、上アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、及び下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cn} を備えている。詳しくは、これら昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} は、互いに直列接続されている。上アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 及び下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cn} の直列接続体は、コンデンサ 32 に並列接続され、上記直列接続体の接続点は、リアクトル 34 を介して高電圧バッテリー 50 の正極端子に接続されている。昇圧コンバータ 30 は、これら昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} のオン操作 (閉操作) 及びオフ操作 (開操作) によって、高電圧バッテリー 50 の出力電圧 (例えば 288V) を所定の電圧 (例えば「650V」) を上限として昇圧する機能を有する。

【0014】

第 1 のインバータ 12 は、第 1 の ¥ 相上アームスイッチング素子 $S_{1¥p}$ ($¥ = U, V, W$)、及び第 1 の ¥ 相下アームスイッチング素子 $S_{1¥n}$ の直列接続体を 3 組備えている。詳しくは、第 1 の ¥ 相上アーム、下アームスイッチング素子 $S_{1¥p}$ 、 $S_{1¥n}$ の接続点は、第 1 のモータジェネレータ 10 の ¥ 相に接続されている。一方、第 2 のインバータ 22 は、第 2 の ¥ 相上アームスイッチング素子 $S_{2¥p}$ 、及び第 2 の ¥ 相下アームスイッチング素子 $S_{2¥n}$ の直列接続体を 3 組備えている。詳しくは、第 2 の ¥ 相上アーム、下アームスイッチング素子 $S_{2¥p}$ 、 $S_{2¥n}$ の接続点は、第 2 のモータジェネレータ 20 の ¥ 相に接続されている。

【0015】

ちなみに、本実施形態では、上記スイッチング素子 $S_{c\#}$ 、 $S_{1¥\#}$ 、 $S_{2¥\#}$ ($\# = p, n$) として、電圧制御形の半導体スイッチング素子が用いられ、より具体的には、IGBT が用いられている。そして、スイッチング素子 $S_{c\#}$ 、 $S_{1¥\#}$ 、 $S_{2¥\#}$ には、フリーホイールダイオード $D_{c\#}$ 、 $D_{1¥\#}$ 、 $D_{2¥\#}$ が逆並列に接続されている。

【0016】

また、本実施形態において、上アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、第 1 の ¥ 相上アーム

10

20

30

40

50

ムスイッチング素子 $S_{1\ \#p}$ 及び第2の $\#$ 相上アームスイッチング素子 $S_{2\ \#p}$ のそれぞれが「上アーム用スイッチング素子」に相当する。さらに、下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cn} 、第1の $\#$ 相下アームスイッチング素子 $S_{1\ \#n}$ 及び第2の $\#$ 相下アームスイッチング素子 $S_{2\ \#n}$ のそれぞれが「下アーム用スイッチング素子」に相当する。

【0017】

制御装置40は、「直流電源」としての低電圧バッテリー42を電源とし、マイコンを主体として構成されている。制御装置40は、第1,第2のモータジェネレータ10,20の制御量(トルク)をその指令値(以下、指令トルク Trq^*)に制御すべく、第1,第2のインバータ12,22や昇圧コンバータ30を操作する。詳しくは、制御装置40は、第1のインバータ12を構成するスイッチング素子 $S_{1\ \#}$ をオンオフ操作すべく、操作信号 $g_{1\ \#}$ を生成してスイッチング素子 $S_{1\ \#}$ の駆動回路に対して出力する。また、制御装置40は、第2のインバータ22を構成するスイッチング素子 $S_{2\ \#}$ をオンオフ操作すべく、操作信号 $g_{2\ \#}$ を生成してスイッチング素子 $S_{2\ \#}$ の駆動回路に対して出力する。さらに、制御装置40は、昇圧コンバータ30を構成するスイッチング素子 $S_{c\ \#}$ をオンオフ操作すべく、操作信号 $g_{c\ \#}$ を生成してスイッチング素子 $S_{c\ \#}$ の駆動回路に対して出力する。

10

【0018】

なお、以下の説明において、上,下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} , S_{cn} を駆動する駆動回路を上,下アーム昇圧駆動回路 Dr_{cp} , Dr_{cn} と称し、第1の $\#$ 相上,下アームスイッチング素子 $S_{1\ \#}$ を駆動する駆動回路を第1の $\#$ 相上,下アーム駆動回路 $Dr_{1\ \#p}$, $Dr_{1\ \#n}$ と称すこととする。また、第2の $\#$ 相上,下アームスイッチング素子 $S_{2\ \#}$ を駆動する駆動回路を第2の $\#$ 相上,下アーム駆動回路 $Dr_{2\ \#p}$, $Dr_{2\ \#n}$ と称すこととする。

20

【0019】

さらに、本実施形態において、駆動回路 Dr_{cp} , $Dr_{1\ \#p}$, $Dr_{2\ \#p}$ のそれぞれが「上アーム用駆動回路」に相当し、駆動回路 Dr_{cn} , $Dr_{1\ \#n}$, $Dr_{2\ \#n}$ のそれぞれが「下アーム用駆動回路」に相当する。すなわち、上アーム用駆動回路は、上アーム用スイッチング素子のそれぞれに対応して個別に設け、下アーム用駆動回路は、下アーム用スイッチング素子のそれぞれに対応して個別に設けられている。

【0020】

ちなみに、上アーム用操作信号 g_{cp} , $g_{1\ \#p}$, $g_{2\ \#p}$ と、対応する下アーム用操作信号 g_{cn} , $g_{1\ \#n}$, $g_{2\ \#n}$ とは、互いに相補的な信号となっている。すなわち、上アーム用スイッチング素子 S_{cp} , $S_{1\ \#p}$, $S_{2\ \#p}$ と、対応する下アーム用スイッチング素子 S_{cn} , $S_{1\ \#n}$, $S_{2\ \#n}$ とは、交互にオン状態とされる。また、指令トルク Trq^* は、制御装置40よりも上位の制御装置から入力される。上位の制御装置としては、例えば、車両制御を統括する制御装置が挙げられる。

30

【0021】

低電圧バッテリー42は、その出力電圧が高電圧バッテリー50の出力電圧よりも低いバッテリー(例えば鉛蓄電池)である。

【0022】

インターフェース44は、高電圧バッテリー50、第1,第2のインバータ12,22、昇圧コンバータ30及び第1,第2のモータジェネレータ10,20を備える高電圧システムと、低電圧バッテリー42及び制御装置40を備える低電圧システムとの間を電氣的に絶縁しつつ、これらシステム間の信号の伝達を行う機能を有する。本実施形態において、インターフェース44は、光絶縁素子(フォトカプラ)を備えている。なお、本実施形態において、低電圧システムの基準電位 V_{stL} と、高電圧システムの基準電位 V_{stH} とは相違している。特に、本実施形態では、高電圧システムの基準電位 V_{stH} が高電圧バッテリー50の負極端子の電位に設定され、低電圧システムの基準電位 V_{stL} が高電圧バッテリー50の正極端子の電位及び負極端子の電位との中央値である車体電位に設定されている。

40

50

【 0 0 2 3 】

続いて、図 2 及び図 3 を用いて、各スイッチング素子 $S_{c\#}$ 、 $S_{1\#}$ 、 $S_{2\#}$ を駆動する駆動回路に対して駆動用電圧を供給する絶縁電源装置について説明する。

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、上、下アーム昇圧駆動回路 D_{rcp} 、 D_{rcn} と、第 1 の $\#$ 相上、下アーム駆動回路 $D_{r1\#p}$ 、 $D_{r1\#n}$ とに供給される駆動用電圧が第 1 の電源 IC 5 2 によって制御される。また、第 2 の $\#$ 相上、下アーム駆動回路 $D_{r2\#p}$ 、 $D_{r2\#n}$ に供給される駆動用電圧が第 2 の電源 IC 5 4 によって制御される。

【 0 0 2 5 】

まず、図 2 に、第 1 の電源 IC 5 2 を制御主体とする絶縁電源装置を示す。

10

【 0 0 2 6 】

図 2 に示す絶縁電源装置は、第 1 ~ 第 5 のトランス 6 0、6 2、6 4、6 6、6 8、第 1 ~ 第 5 のダイオード 7 0 a、7 2 a、7 4 a、7 6 a、7 8 a、第 1 ~ 第 5 のコンデンサ 7 0 b、7 2 b、7 4 b、7 6 b、7 8 b、1 つの N チャネル MOS F E T (以下、第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0)、及び第 1 のフィードバック回路 8 2 を備えるフライバック式のスイッチング電源である。なお、本実施形態では、第 1 ~ 第 5 のコンデンサ 7 0 b、7 2 b、7 4 b、7 6 b、7 8 b として、電解コンデンサを用いている。また、本実施形態において、第 1 ~ 第 4 のトランス 6 0、6 2、6 4、6 6 のそれぞれが「上アーム用トランス」に相当し、第 5 のトランス 6 8 が「下アーム用トランス」に相当する。

20

【 0 0 2 7 】

上アーム用トランスは、複数の上アーム用スイッチング素子のそれぞれに対応して個別に設けられている。詳しくは、第 1 のトランス 6 0 は、上アーム昇圧駆動回路 D_{rcp} に対して駆動用電圧を供給し、第 2 のトランス 6 2 は、第 1 の U 相上アーム駆動回路 D_{r1Up} に対して駆動用電圧を供給する。また、第 3 のトランス 6 4 は、第 1 の V 相上アーム駆動回路 D_{r1Vp} に対して駆動用電圧を供給し、第 4 のトランス 6 6 は、第 1 の W 相上アーム駆動回路 D_{r1Wp} に対して駆動用電圧を供給する。

【 0 0 2 8 】

一方、下アーム用トランスは、複数の下アーム用スイッチング素子のそれぞれについての共通のトランスであり、また、複数の下アーム用スイッチング素子のそれぞれに対して駆動用電圧を供給可能な共通の 2 次側コイルを有している。詳しくは、上記共通のトランスである第 5 のトランス 6 8 は、下アーム昇圧駆動回路 D_{rcn} 及び第 1 の U、V、W 相下アーム駆動回路 D_{r1Un} 、 D_{r1Vn} 、 D_{r1Wn} に対して駆動用電圧を供給する。

30

【 0 0 2 9 】

低電圧バッテリー 4 2 の正極端子は、第 1 ~ 第 5 のトランス 6 0、6 2、6 4、6 6、6 8 を構成する第 1 ~ 第 5 の 1 次側コイル 6 0 a、6 2 a、6 4 a、6 6 a、6 8 a の並列接続体と、第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0 とを介して低電圧バッテリー 4 2 の負極端子に接続されている。すなわち、第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0 は、自身がオン操作されることにより、低電圧バッテリー 4 2、第 1 ~ 第 5 の 1 次側コイル 6 0 a、6 2 a、6 4 a、6 6 a、6 8 a の並列接続体、及び第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0

40

【 0 0 3 0 】

第 1 のトランス 6 0 を構成する第 1 の 2 次側コイル 6 0 b は、第 1 のダイオード 7 0 a 及び第 1 のコンデンサ 7 0 b を介して上アーム昇圧駆動回路 D_{rcp} に接続されている。また、第 2 のトランス 6 2 を構成する第 2 の 2 次側コイル 6 2 b は、第 2 のダイオード 7 2 a 及び第 2 のコンデンサ 7 2 b を介して第 1 の U 相上アーム駆動回路 D_{r1Up} に接続されている。さらに、第 3 のトランス 6 4 を構成する第 3 の 2 次側コイル 6 4 b は、第 3 のダイオード 7 4 a 及び第 3 のコンデンサ 7 4 b を介して第 1 の V 相上アーム駆動回路 D_{r1Vp} に接続されている。加えて、第 4 のトランス 6 6 を構成する第 4 の 2 次側コイル 6 6 b は、第 4 のダイオード 7 6 a 及び第 4 のコンデンサ 7 6 b を介して第 1 の W 相上ア

50

ーム駆動回路 $D r 1 W p$ に接続されている。

【0031】

第5のトランス68を構成する第5の2次側コイル68bは、第5のダイオード78a及び第5のコンデンサ78bを介して、下アーム昇圧駆動回路 $D r c n$ と、第1のU, V, W相下アーム駆動回路 $D r 1 U n$, $D r 1 V n$, $D r 1 W n$ とに接続されている。

【0032】

第5のトランス68は、さらに、「電圧検出用コイル」としての第1のフィードバックコイル68cを備えている。本実施形態において、第1～第5の2次側コイル60b, 62b, 64b, 66b, 68bの巻数と、第1のフィードバックコイル68cの巻数とは、互いに同一に設定されている。これは、第1のフィードバックコイル68cの出力電圧と、第1～第5の2次側コイル60b, 62b, 64b, 66b, 68bの出力電圧とを同一とすることを狙った設定である。

【0033】

第1のフィードバックコイル68cは、第1のフィードバック回路82を介して第1の電源IC52に入力される。詳しくは、第1のフィードバック回路82は、第1の検出用ダイオード82a、第1の検出用コンデンサ82b、第1の抵抗体82c、及び第2の抵抗体82dを備えている。第1のフィードバックコイル68cの出力電圧は、第1の検出用ダイオード82aを通過した後、第1の抵抗体82c及び第2の抵抗体82dによって分圧される。第1の抵抗体82c及び第2の抵抗体82dによって分圧された電圧(以下、第1のフィードバック電圧 $V f b 1$) は、第1の電源IC52の第1の検出端子 $T f b 1$ を介して第1の電源IC52に入力される。なお、本実施形態において、第1の電源IC52が制御主体となる絶縁電源装置において、第5の2次側コイル68bが「対象コイル」に相当し、第1のフィードバックコイル68c及び第1のフィードバック回路82が「電圧検出部」に相当する。

【0034】

第1の電源IC52は、「操作部」に相当し、第1のフィードバック電圧 $V f b 1$ を目標電圧 $V t g t$ にフィードバック制御すべく、第1の電圧制御用スイッチング素子80をオンオフ操作する。

【0035】

続いて、図3に、第2の電源IC54を制御主体とする絶縁電源装置を示す。

【0036】

図3に示す絶縁電源装置は、第6～第9のトランス90, 92, 94, 96、第6～第9のダイオード100a, 102a, 104a, 106a、第6～第9のコンデンサ100b, 102b, 104b, 106b、1つのNチャネルMOSFET(以下、第2の電圧制御用スイッチング素子110)、及び第2のフィードバック回路112を備えるフライバック式のスイッチング電源である。なお、本実施形態では、第6～第9のコンデンサ100b, 102b, 104b, 106bとして、電解コンデンサを用いている。また、本実施形態において、第6～第8のトランス90, 92, 94のそれぞれが「上アーム用トランス」に相当し、第9のトランス96が「下アーム用トランス」に相当する。

【0037】

第6のトランス90は、第2のU相上アーム駆動回路 $D r 2 U p$ に対して駆動用電圧を供給する。また、第7のトランス92は、第2のV相上アーム駆動回路 $D r 2 V p$ に対して駆動用電圧を供給する。さらに、第8のトランス94は、第2のW相上アーム駆動回路 $D r 2 W p$ に対して駆動用電圧を供給する。

【0038】

一方、第9のトランス96は、第2のU, V, W相下アーム駆動回路 $D r 2 U n$, $D r 2 V n$, $D r 2 W n$ に対して駆動用電圧を供給する。

【0039】

低電圧バッテリー42の正極端子は、第6～第9のトランス90, 92, 94, 96を構成する第6～第9の1次側コイル90a, 92a, 94a, 96aの並列接続体と、第2

10

20

30

40

50

の電圧制御用スイッチング素子 110 とを介して低電圧バッテリー 42 の負極端子に接続されている。すなわち、第 2 の電圧制御用スイッチング素子 110 は、自身がオン操作されることにより、低電圧バッテリー 42、第 6 ~ 第 9 の 1 次側コイル 90 a, 92 a, 94 a, 96 a の並列接続体、及び第 2 の電圧制御用スイッチング素子 110 を含む閉回路を形成可能なように設けられている。

【0040】

第 6 のトランス 90 を構成する第 6 の 2 次側コイル 90 b は、第 6 のダイオード 100 a 及び第 6 のコンデンサ 100 b を介して第 2 の U 相上アーム駆動回路 Dr 2 Up に接続されている。また、第 7 のトランス 92 を構成する第 7 の 2 次側コイル 92 b は、第 7 のダイオード 102 a 及び第 7 のコンデンサ 102 b を介して第 2 の V 相上アーム駆動回路 Dr 2 Vp に接続されている。さらに、第 8 のトランス 94 を構成する第 8 の 2 次側コイル 94 b は、第 8 のダイオード 104 a 及び第 8 のコンデンサ 104 b を介して第 2 の W 相上アーム駆動回路 Dr 2 Wp に接続されている。

10

【0041】

第 9 のトランス 96 を構成する第 9 の 2 次側コイル 96 b は、第 9 のダイオード 106 a 及び第 9 のコンデンサ 106 b を介して、第 2 の U, V, W 相下アーム駆動回路 Dr 2 Un, Dr 2 Vn, Dr 2 Wn に接続されている。

【0042】

第 9 のトランス 96 は、さらに、「電圧検出用コイル」としての第 2 のフィードバックコイル 96 c を備えている。本実施形態において、第 6 ~ 第 9 の 2 次側コイル 90 b, 92 b, 94 b, 96 b の巻数と、第 2 のフィードバックコイル 96 c の巻数とは、互いに同一に設定されている。これは、第 2 のフィードバックコイル 96 c の出力電圧と、第 6 ~ 第 9 の 2 次側コイル 90 b, 92 b, 94 b, 96 b の出力電圧とを同一とすることを狙った設定である。

20

【0043】

第 2 のフィードバックコイル 96 c は、第 2 のフィードバック回路 112 を介して第 2 の電源 IC 54 に入力される。詳しくは、第 2 のフィードバック回路 112 は、第 2 の検出用ダイオード 112 a、第 2 の検出用コンデンサ 112 b、第 3 の抵抗体 112 c、及び第 4 の抵抗体 112 d を備えている。第 2 のフィードバックコイル 96 c の出力電圧は、第 2 の検出用ダイオード 112 a を通過した後、第 3 の抵抗体 112 c 及び第 4 の抵抗体 112 d によって分圧される。第 3 の抵抗体 112 c 及び第 4 の抵抗体 112 d によって分圧された電圧（以下、第 2 のフィードバック電圧 Vfb2）は、第 2 の電源 IC 54 の第 2 の検出端子 Tfb2 を介して第 2 の電源 IC 54 に入力される。なお、本実施形態において、第 2 の電源 IC 54 が制御主体となる絶縁電源装置において、第 9 の 2 次側コイル 96 b が「対象コイル」に相当し、第 2 のフィードバックコイル 96 c 及び第 2 のフィードバック回路 112 が「電圧検出部」に相当する。

30

【0044】

第 2 の電源 IC 54 は、「操作部」に相当し、第 2 のフィードバック電圧 Vfb2 を目標電圧 Vtgt にフィードバック制御すべく、第 2 の電圧制御用スイッチング素子 110 をオンオフ操作する。

40

【0045】

続いて、図 4 を用いて、本実施形態にかかる駆動回路 Dr c #, Dr 1 ¥ #, Dr 2 ¥ # の詳細について説明する。本実施形態では、これら駆動回路 Dr c #, Dr 1 ¥ #, Dr 2 ¥ # の構成が同一である。このため、駆動回路の構成について、第 1 の U 相上アーム駆動回路 Dr 1 Up を例にして説明する。

【0046】

第 2 のダイオード 72 a 及び第 2 のコンデンサ 72 b の接続点は、図 4 に示す第 1 の U 相上アーム駆動回路 Dr 1 Up の第 1 の端子 T1 に接続されている。一方、第 2 の 2 次側コイル 62 b 及び第 2 のコンデンサ 72 b の接続点は、第 1 の U 相上アーム駆動回路 Dr 1 Up の第 2 の端子 T2 に接続されている。

50

【 0 0 4 7 】

第1の端子T1は、PチャンネルMOSFET（以下、充電用スイッチング素子120）、充電用抵抗体122、及び第1のU相上アーム駆動回路Dr1Upの第3の端子T3を介して、第1のU相上アームスイッチング素子S1Upのゲートに接続されている。また、第1のU相上アームスイッチング素子S1Upのゲートは、第3の端子T3、放電用抵抗体124、NチャンネルMOSFET（以下、放電用スイッチング素子126）、及び第1のU相上アーム駆動回路Dr1Upの第4の端子T4を介して第1のU相上アームスイッチング素子S1Upの出力端子（エミッタ）に接続されている。さらに、第2の端子T2は、第1のU相上アーム駆動回路Dr1Up内において、第4の端子T4に短絡されている。

10

【 0 0 4 8 】

第1のU相上アーム駆動回路Dr1Upは、駆動制御部128を備えている。駆動制御部128は、制御装置40からインターフェース44を介して入力される操作信号g1Upに基づき、充電用スイッチング素子120及び放電用スイッチング素子126の操作による充電処理及び放電処理を交互に行うことで第1のU相上アームスイッチング素子S1Upを駆動する。詳しくは、充電処理は、操作信号g1Upがオン操作指令になったと判断された場合、放電用スイッチング素子126をオフ操作し、また、充電用スイッチング素子120をオン操作する処理である。一方、放電処理は、操作信号g1Upがオフ操作指令になったと判断された場合、放電用スイッチング素子126をオン操作に切り替え、また、充電用スイッチング素子120をオフ操作に切り替える処理である。これにより、第1のU相上アームスイッチング素子S1Upを駆動する。

20

【 0 0 4 9 】

ここで、先の図2において、第1の電源IC52によるフィードバック制御における制御量を、第5のトランス68を構成する第5の2次側コイル68bの出力電圧（実際には、出力電圧の分圧値）としたのは、上アーム昇圧スイッチング素子Scp及び第1のU、V、W相上アームスイッチング素子S1Up、S1Vp、S1Wpの導通損失を低減させるためである。以下、上記制御量を第5の2次側コイル68bの出力電圧とすることで導通損失を低減できる理由について説明する。

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、上、下アーム昇圧スイッチング素子Scp、Scnをオン状態に切り替えるための上、下アーム昇圧スイッチング素子のゲートに供給すべき充電電流が、第1の¥相上、下アームスイッチング素子S1¥#をオン状態に切り替えるための第1の¥相上、下アームスイッチング素子S1¥#のゲートに供給すべき充電電流よりも大きく設定されている。これは、上、下アーム昇圧スイッチング素子Scp、Scnのゲート充電電荷量Qg（Gate charge capacity）が、第1の¥相上、下アームスイッチング素子S1¥#のゲート充電電荷量Qgよりも大きく設定されているためである。

30

【 0 0 5 1 】

これにより、第1の2次側コイル60bから上アーム昇圧駆動回路Dr1Upへと供給される電流I1は、第2～第4の2次側コイル62b、64b、66bから第1のU、V、W相上アーム駆動回路Dr1Up、Dr1Vp、Dr1Wpへと供給される電流I2よりも大きい。一方、第5の2次側コイル68bは、4つの下アーム用駆動回路Dr1Un、Dr1Vn、Dr1Wnに電流を供給することが要求される。このため、第5の2次側コイル68bから駆動回路Dr1Un、Dr1Vn、Dr1Wnへと供給される電流I3は、上記電流I1よりも大きい。すなわち、第1の電源IC52が制御主体となる絶縁電源装置において、第1～第5のトランス60、62、64、66、68のそれぞれを構成する2次側コイル60b、62b、64b、66b、68bのうち、第5のトランス68を構成する第5の2次側コイル68bから供給される電流I3が最も大きい。

40

【 0 0 5 2 】

ここで、2次側コイルの出力電圧は、ゲートに供給すべき充電電流が大きいほど低くな

50

る。これは、例えば第1のU相上アームスイッチング素子 S_{1Up} を例にして説明すると、充電電流が大きいほど、第2の2次側コイル $62b$ の出力電流が大きくなり、第2の2次側コイル $62b$ の直流抵抗や第2のダイオード $72a$ 等による電圧降下量が大きくなるためである。ここで、フィードバック制御の制御量として、例えば、第2のトランス 62 を構成する第2の2次側コイル $62b$ の出力電圧を用いることも考えられる。ただし、この場合、第1の2次側コイル $60b$ 及び第5の2次側コイル $68b$ の出力電圧は、第2の2次側コイル $62b$ の出力電圧よりも低くなる。このため、上、下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} 及び第1のU、V、W相下アームスイッチング素子 S_{1Un} 、 S_{1Vn} 、 S_{1Wn} のゲート電圧 V_{ge} が、設計時に想定した電圧よりも低くなる。これにより、上、下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} 及び第1のU、V、W相下アームスイッチング素子 S_{1Un} 、 S_{1Vn} 、 S_{1Wn} のコレクタ及びエミッタ間飽和電圧 V_{cesat} が高くなることで、これらスイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} 、 S_{1Un} 、 S_{1Vn} 、 S_{1Wn} の導通損失が増大する(図5参照)。

10

【0053】

そこで、本実施形態では、フィードバック制御における制御量を、出力電圧が最も低くなる第5の2次側コイル $68b$ の出力電圧とした。このため、第1～第4の2次側コイル $60b$ 、 $62b$ 、 $64b$ 、 $66b$ の出力電圧は、制御量となる第5の2次側コイル $68b$ の出力電圧よりも高くなる。これにより、上、下アーム昇圧スイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} 及び第1のU、V、W相下アームスイッチング素子 S_{1Un} 、 S_{1Vn} 、 S_{1Wn} のゲート電圧が、設計時に想定した電圧よりも低くなることを回避でき、これらスイッチング素子 S_{cp} 、 S_{cn} 、 S_{1Un} 、 S_{1Vn} 、 S_{1Wn} の導通損失を低減させることができる。

20

【0054】

特に、本実施形態では、駆動回路 $Dr\#$ 、 $Dr1\#$ のそれぞれの入力電圧 V_{om} (第1の端子 $T1$ 及び第2の端子 $T2$ の電位差)が、駆動回路 $Dr\#$ 、 $Dr1\#$ のそれぞれの動作保証電圧の下限值以上の電圧になるように目標電圧 V_{tgt} が設定されている。具体的には、目標電圧 V_{tgt} は、動作保証電圧の下限値を第1の抵抗体 $82c$ 及び第2の抵抗体 $82d$ によって分圧した値 V 以上の電圧に設定されている。

【0055】

一方、先の図3において、第2の電源 $IC54$ によるフィードバック制御における制御量を、第9のトランス 96 を構成する第9の2次側コイル $96b$ の出力電圧としたのは、第2のU、V、W相上アームスイッチング素子 S_{2Up} 、 S_{2Vp} 、 S_{2Wp} の導通損失を低減させるためである。以下、上記制御量を第9の2次側コイル $96b$ の出力電圧とすることで導通損失を低減できる理由について説明する。

30

【0056】

本実施形態では、第9の2次側コイル $96b$ から第2のU、V、W相下アームスイッチング素子 $Dr2Un$ 、 $Dr2Vn$ 、 $Dr2Wn$ へと供給される電流 I_5 は、第6～第8の2次側コイル $90b$ 、 $92b$ 、 $94b$ から第2のU、V、W相上アームスイッチング素子 $Dr2Up$ 、 $Dr2Vp$ 、 $Dr2Wp$ へと供給される電流 I_4 よりも大きい。すなわち、第2の電源 $IC54$ が制御主体となる絶縁電源装置において、第6～第9のトランス 90 、 92 、 94 、 96 のそれぞれを構成する2次側コイル $90b$ 、 $92b$ 、 $94b$ 、 $96b$ のうち、第9のトランス 96 を構成する第9の2次側コイル $96b$ から供給される電流 I_5 が最も大きくなる。このため、第9の2次側コイル $96b$ の出力電圧が最も低くなる。

40

【0057】

そこで、フィードバック制御における制御量を、出力電圧が最も低くなる第9の2次側コイル $96b$ の出力電圧とすることで、第6～第8の2次側コイル $90b$ 、 $92b$ 、 $94b$ の出力電圧は、制御量となる第9の2次側コイル $96b$ の出力電圧よりも高くなる。これにより、第2のU、V、W相上アームスイッチング素子 $S_{2\#p}$ の導通損失を低減させることができる。

【0058】

50

ちなみに、本実施形態では、第2の \forall 相上，下アームスイッチング素子 $S_{2\forall\#}$ をオン状態に切り替えるための上記スイッチング素子 $S_{2\forall\#}$ のゲートに供給すべき充電電流が、第1の \forall 相上，下アームスイッチング素子 $S_{1\forall\#}$ をオン状態に切り替えるための上記スイッチング素子 $S_{1\forall\#}$ のゲートに供給すべき充電電流よりも大きく設定されている。これは、第2の \forall 相上，下アームスイッチング素子 $S_{2\forall\#}$ のゲート充電電荷量 Q_g が、第1の \forall 相上，下アームスイッチング素子 $S_{1\forall\#}$ のゲート充電電荷量 Q_g よりも大きく設定されているためである。これにより、先の図3に示した第6～第8の2次側コイル $90b$ ， $92b$ ， $94b$ から駆動回路 Dr_{2Up} ， Dr_{2Vp} ， Dr_{2Wp} へと供給される電流 I_4 は、先の図2に示した第2～第4の2次側コイル $62b$ ， $64b$ ， $66b$ から駆動回路 Dr_{1Up} ， Dr_{1Vp} ， Dr_{1Wp} へと供給される電流 I_2 よりも大きい。

10

【0059】

上述した構成により、導通損失を低減させることができる。ただし、例えば第1の電源 IC_{52} が制御主体となる絶縁電源装置において、第1～第4の2次側コイル $60b$ ， $62b$ ， $64b$ ， $66b$ の出力電圧は、制御量となる第5の2次側コイル $68b$ の出力電圧よりも高くなる。その結果、駆動回路 Dr_{cp} ， Dr_{1Up} ， Dr_{1Vp} ， Dr_{1Wp} に過電圧が印加される懸念がある。

【0060】

そこで、本実施形態では、各駆動回路 $Dr_{c\#}$ ， $Dr_{1\forall\#}$ ， $Dr_{2\forall\#}$ に、過電圧保護機能を持たせた。以下、過電圧保護機能について、先の図4を用いて説明する。

【0061】

20

図示されるように、第1のU相上アーム駆動回路 Dr_{1Up} は、さらに、判断部 130 を備えている。判断部 130 は、コンパレータ 132 の出力信号 sig に基づき、第1のU相上アーム駆動回路 Dr_{1Up} の入力電圧 V_{om} が過度に高くないか否かを判断する過電圧異常判断処理を行う。ここで、コンパレータ 132 の非反転入力端子は、第1の端子 T_1 に接続されている。コンパレータ 132 の反転入力端子は、電源 134 の正極端子に接続されている。電源 134 の負極端子は、第2の端子 T_2 に接続されている。電源 134 の出力電圧（以下、規定電圧 V ）は、例えば、第1のU相上アーム駆動回路 Dr_{1Up} の信頼性を維持可能な入力電圧 V_{om} の上限値に設定すればよい。

【0062】

ちなみに、第1の電源 IC_{52} が制御主体となる絶縁電源装置において、駆動回路 Dr_{cn} ， $Dr_{1\forall n}$ に過電圧保護機能は必須ではない。これは、これら駆動回路 Dr_{cn} ， $Dr_{1\forall n}$ に接続された第5の2次側コイル $68b$ の出力電圧がフィードバック制御の制御量となるためである。同様の理由により、第2の電源 IC_{54} が制御主体となる絶縁電源装置において、駆動回路 $Dr_{2\forall n}$ に過電圧保護機能は必須ではない。

30

【0063】

図6に、本実施形態にかかる上記過電圧異常判断処理の手順を示す。この処理は、判断部 130 によって、例えば所定周期で繰り返し実行される。なお、本実施形態にかかる判断部 130 は、ハードウェアであるため、図6に示す処理は、実際にはロジック回路によって実行される。また、図6では、第1の電源 IC_{52} が制御主体となる絶縁電源装置に対応する駆動回路を例にして説明する。

40

【0064】

この一連の処理では、まずステップ S_{10} において、コンパレータ 132 の出力信号 sig の論理が「H」であるか否かを判断する。

【0065】

ステップ S_{10} において肯定判断された場合には、入力電圧 V_{om} が過度に高いと判断し、ステップ S_{12} に進む。ステップ S_{12} では、フェール信号 FL を第1の電源 IC_{52} に対して出力する。ここで、フェール信号 FL には、第1の電圧制御用スイッチング素子 80 を強制的にオフ操作する旨の情報が含まれている。フェール信号 FL が例えばインターフェース 44 を介して第1の電源 IC_{52} に伝達されると、第1の電圧制御用スイッチング素子 80 がオフ操作される。これにより、第1の電源 IC_{52} による駆動回路 Dr

50

c # , D r 1 ¥ # に対する駆動用電圧の供給が強制的に停止される。したがって、駆動回路を過電圧から保護することができる。

【 0 0 6 6 】

なお、上記ステップ S 1 0 において否定判断された場合や、ステップ S 1 2 の処理が完了した場合には、この一連の処理を一旦終了する。

【 0 0 6 7 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

【 0 0 6 8 】

(1) 第 1 の電源 I C 5 2 が制御主体となる絶縁電源装置において、第 1 ~ 第 5 のトランス 6 0 , 6 2 , 6 4 , 6 6 , 6 8 を構成する 2 次側コイル 6 0 b , 6 2 b , 6 4 b , 6 6 b , 6 8 b のうち、出力電流が最大となる第 5 の 2 次側コイル 6 8 b の出力電圧の分圧値を第 1 のフィードバック電圧 V f b 1 として検出した。そして、検出された第 1 のフィードバック電圧 V f b 1 を目標電圧 V t g t にフィードバック制御すべく、第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0 を第 1 の電源 I C 5 2 によってオンオフ操作した。

10

【 0 0 6 9 】

こうした構成によれば、第 1 ~ 第 4 の 2 次側コイル 6 0 b , 6 2 b , 6 4 b , 6 6 b の出力電圧が、第 5 の 2 次側コイル 6 8 b の出力電圧よりも高くなる。このため、第 1 ~ 第 4 の 2 次側コイル 6 0 b , 6 2 b , 6 4 b , 6 6 b から駆動回路 D r c p , D r 1 U p , D r 1 V p , D r 1 W p へと供給される駆動用電圧が低くなる事態を回避することができる。これにより、スイッチング素子 S c p , S 1 U p , S 1 V p , S 1 W p の導通損失を低減させることができる。

20

【 0 0 7 0 】

また、第 2 の電源 I C 5 4 が制御主体となる絶縁電源装置において、第 6 ~ 第 9 のトランス 9 0 , 9 2 , 9 4 , 9 6 を構成する 2 次側コイル 9 0 b , 9 2 b , 9 4 b , 9 6 b のうち、出力電流が最大となる第 9 の 2 次側コイル 9 6 b の出力電圧の分圧値を第 2 のフィードバック電圧 V f b 2 として検出した。そして、検出された第 2 のフィードバック電圧 V f b 2 を目標電圧 V t g t にフィードバック制御すべく、第 2 の電圧制御用スイッチング素子 1 1 0 を第 2 の電源 I C 5 4 によってオンオフ操作した。

【 0 0 7 1 】

こうした構成によれば、第 1 の電源 I C 5 2 が制御主体となる絶縁電源装置と同様に、スイッチング素子 S 2 U p , S 2 V p , S 2 W p の導通損失を低減させることができる。

30

【 0 0 7 2 】

(2) 駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # (¥ = U , V , W : # = p , n) のそれぞれの入力電圧 V o m が、駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # の動作保証電圧の下限値 V 以上の電圧となるように、目標電圧 V t g t を設定した。こうした設定によれば、駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # のそれぞれの動作を適切に保証することができる。

【 0 0 7 3 】

(3) コンパレータ 1 3 2 の出力信号 S i g の論理が「 H 」になったと判断された場合、駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # の備える判断部 1 3 0 によって、第 1 の電源 I C 5 2 (第 2 の電源 I C 5 4) に対して第 1 の電圧制御用スイッチング素子 8 0 (第 2 の電圧制御用スイッチング素子 1 1 0) を強制的にオフ操作に切り替える指示を行った。これにより、駆動回路への駆動用電圧の供給処理を強制的に停止させることができ、ひいては駆動回路に過電圧が印加されて駆動回路の信頼性が低下することを回避できる。

40

【 0 0 7 4 】

(4) 駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # のそれぞれを、互いに同一構成の回路とした。このため、回路設計及びアームワーク設計を駆動回路 D r c # , D r 1 ¥ # , D r 2 ¥ # のそれぞれで共通化することができる。これにより、絶縁電源装置の開発期間を短縮したり、コストを低減したりすることなどができる。

【 0 0 7 5 】

50

(5) 第1の電源IC52が制御主体となる絶縁電源装置において、第1～第5の1次側コイル60a, 62a, 64a, 66a, 68aを互いに並列接続した。こうした構成によれば、各1次側コイルの個体差等により、各1次側コイルのインダクタンスがばらつく場合であっても、これら1次側コイル60a, 62a, 64a, 66a, 68aのそれぞれの印加電圧を理論的には同一とすることができる。これにより、2次側コイル60b, 62b, 64b, 66b, 68bの出力電圧を安定させることができる。なお、第2の電源IC54が制御主体となる絶縁電源装置においても同様である。

【0076】

(第2の実施形態)

以下、第2の実施形態について、先の第1の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

10

【0077】

本実施形態では、モータ制御システムの構成を変更する。詳しくは、先の図1に示したモータ制御システムから昇圧コンバータ30を除去する。こうした構成において、第1のインバータ12及び第2のインバータ22を構成するスイッチング素子S1¥#, S2¥#の全てに対する駆動用電圧を単一の絶縁電源装置によって供給する。

【0078】

図7に、本実施形態にかかる絶縁電源装置の構成を示す。なお、図7において、先の図2及び図3に示した部材と同一の部材については、便宜上、同一の符号を付している。

【0079】

20

本実施形態では、駆動回路Dr1¥#, Dr2¥#に供給される駆動用電圧が第3の電源IC56によって制御される。

【0080】

上アーム用トランスは、複数の上アーム用スイッチング素子S1Up, S1Vp, S1Wp, S2Up, S2Vp, S2Wpのそれぞれに対応して個別に設けられている。ここで、図7では、第1のインバータ12について、第1のU相上アーム駆動回路Dr1Upに駆動用電圧を供給するための第10のトランス140を代表して図示した。また、第2のインバータ22について、第2のU相上アーム駆動回路Dr2Upに駆動用電圧を供給するための第11のトランス142を代表して図示した。

【0081】

30

一方、下アーム用トランスは、第1のインバータ12及び第2のインバータ22のそれぞれを構成する複数の下アーム用スイッチング素子のそれぞれについての共通のトランスである。詳しくは、第12のトランス144は、第1のU, V, W相下アーム駆動回路Dr1Un, Dr1Vn, Dr1Wnに対して駆動用電圧を供給する。また、第13のトランス146は、第2のU, V, W相下アーム駆動回路Dr2Un, Dr2Vn, Dr2Wnに対して駆動用電圧を供給する。

【0082】

低電圧バッテリー42の正極端子は、第1の¥相上アームスイッチング素子S1¥pのそれぞれに対応するトランス、第2の¥相上アームスイッチング素子S2¥pのそれぞれに対応するトランス、及び第12, 第13のトランス144, 146のそれぞれを構成する1次側コイル(図中、140a, 142a, 144a, 146aを代表して図示)の並列接続体と、第3の電圧制御用スイッチング素子160とを介して低電圧バッテリー42の負極端子に接続されている。

40

【0083】

第10のトランス140を構成する第10の2次側コイル140bは、第10のダイオード150a及び第10のコンデンサ150bを介して第1のU相上アーム駆動回路Dr1Upに接続されている。また、第11のトランス142を構成する第11の2次側コイル142bは、第11のダイオード152a及び第11のコンデンサ152bを介して第2のU相上アーム駆動回路Dr2Upに接続されている。

【0084】

50

第12のトランス144を構成する第12の2次側コイル144bは、第12のダイオード154a及び第12のコンデンサ154bを介して、第1のU、V、W相下アーム駆動回路Dr1Un、Dr1Vn、Dr1Wnに接続されている。また、第13のトランス146を構成する第13の2次側コイル146bは、第13のダイオード156a及び第13のコンデンサ156bを介して、第2のU、V、W相下アーム駆動回路Dr2Un、Dr2Vn、Dr2Wnに接続されている。

【0085】

第13のトランス146は、さらに、「電圧検出用コイル」としての第3のフィードバックコイル146cを備えている。本実施形態において、第10～第13の2次側コイル140b、142b、144b、146bの巻数と、第3のフィードバックコイル146cの巻数とは、互いに同一に設定されている。

10

【0086】

第3のフィードバックコイル146cは、第3のフィードバック回路162を介して第3の電源IC56に入力される。詳しくは、第3のフィードバック回路162は、第3の検出用ダイオード162a、第3の検出用コンデンサ162b、第5の抵抗体162c、及び第6の抵抗体162dを備えている。第3のフィードバックコイル146cの出力電圧は、第3の検出用ダイオード162aを通過した後、第5の抵抗体162c及び第6の抵抗体162dによって分圧される。第5の抵抗体162c及び第6の抵抗体162dによって分圧された電圧(以下、第3のフィードバック電圧Vfb3)は、第3の電源IC56の第3の検出端子Tfb3を介して第3の電源IC56に入力される。なお、本実施形態において、第13の2次側コイル146bが「対象コイル」に相当し、第3のフィードバックコイル146c及び第3のフィードバック回路162が「電圧検出部」に相当する。

20

【0087】

第3の電源IC56は、「操作部」に相当し、第3のフィードバック電圧Vfb3を目標電圧Vtgtにフィードバック制御すべく、第3の電圧制御用スイッチング素子160をオンオフ操作する。

【0088】

ここで、本実施形態では、第3の電源IC56によるフィードバック制御における制御量を、第13のトランス146を構成する第13の2次側コイル146bの出力電圧とした。これは、複数のトランス140、142、144、146のそれぞれを構成する2次側コイルのうち、第13のトランス146を構成する第13の2次側コイル146bから供給される電流I5が最も大きいためである。

30

【0089】

このように、本実施形態では、第2のインバータ22に対応する第13のトランス146を構成する第13の2次側コイル146bの出力電圧をフィードバック制御における制御量とした。こうした本実施形態によれば、上記第1の実施形態で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0090】

(第3の実施形態)

40

以下、第3の実施形態について、先の第1の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【0091】

本実施形態では、トランス60、62、64、66、68、90、92、94、96として、図8～図10に示すものを用いる。以下、これらトランスの構成について、第5のトランス68を例にして説明する。なお、図8は、第5のトランス68の斜視図であり、図9は、第5のトランス68の平面図である。また、図10は、図9のA-A断面図の一部を示す図である。なお、図8及び図9では、第5の1次側コイル68a及び第5の2次側コイル68bの図示を省略している。

【0092】

50

図示されるように、第5のトランス68は、コア170及びボビン172等を備えている。コア170は、一对の同一形状の部材からなる。これら同一形状の部材のそれぞれは、長尺状の底壁部170aと、この底壁部170aから離間する方向に底壁部170aの長手方向の一端及び他端のそれぞれから延びる一对の側壁部170bと、底壁部170aから離間する方向に底壁部170aの長手方向の中央部から延びる中央壁部170cとを備えている。すなわち、コア170は、略E字形状をなしている。

【0093】

上記一对の同一形状の部材のうち、一方の備える一对の側壁部170bの端面は、他方の備える側壁部170bの端面に当接している。また、上記一对の同一形状の部材のうち、一方の備える中央壁部170cの端面は、他方の備える中央壁部170cの端面とは当接せず、これら端面は離間している。

10

【0094】

ボビン172は、絶縁樹脂により構成され、第1の端子台174a、第2の端子台174b及び環状部176を備えている。環状部176は、その軸方向(中央壁部170cの挿入方向)に垂直な面で切った断面形状が環状をなしている。環状部176の内周面により形成された空間には、コア170の中央壁部170cが挿入されている。

【0095】

環状部176の周面には複数の仕切版(第1~第4の仕切板176a~176d)が設けられている。第1~第4の仕切板176a~176dは、環状部176の周面の周方向に沿って全周に渡り板状をなして立設されている。第1~第4の仕切板176a~176dによって環状部176の周面は、その軸方向において3つのセクションに仕切られている。本実施形態では、図9に示すように、各セクションを図の左側から右側へ向かって、第1セクション178a、第2セクション178b、第3セクション178cと称すこととする。

20

【0096】

環状部176の軸方向両端のうち一方には、第1の端子台174aが設けられ、他方には第2の端子台174bが設けられている。第1の端子台174a及び第2の端子台174bは、環状部176と同一の絶縁樹脂により構成されることにより、環状部176と一体で設けられている。

【0097】

第1の端子台174aには、第1~第4のトランス端子Ta1~Ta4が設けられている。これら端子Ta1~Ta4は、第1の端子台174aにおいて第1の端子台174aの長手方向に沿って所定の間隔を隔てて配置されている。また、第2の端子台174bには、第5~第8のトランス端子Ta5~Ta8が設けられている。これら端子Ta5~Ta8は、第2の端子台174bにおいて第2の端子台174bの長手方向に沿って所定の間隔を隔てて配置されている。

30

【0098】

第5の1次側コイル68a、第5の2次側コイル68b及び第1のフィードバックコイル68cは、電氣的絶縁性の高い絶縁皮膜が施された銅線からなる絶縁線である。第5の2次側コイル68bは、第1の巻線部68b1と、第2の巻線部68b2とで構成されている。第5の1次側コイル68a、第1の巻線部68b1、第2の巻線部68b2及び第1のフィードバックコイル68cは、図10に示すように、第1~第3セクション178a~178cのそれぞれにおいて環状部176の外周面に積層されるように巻きつけられている。

40

【0099】

続いて、第1~第8のトランス端子Ta1~Ta8に対する1次側コイル等の接続手法の一例を示す。

【0100】

第5の2次側コイル68bの一端としての第1の巻線部68b1の一端は、第8のトランス端子Ta8に接続されている。本実施形態において、第8のトランス端子Ta8は、

50

第5のダイオード78aのアノードに接続されている。一方、第1の巻線部68b1の他端は、第7のトランス端子Ta7に接続されている。第7のトランス端子Ta7は、配線パターン等の電気経路180によって第6のトランス端子Ta6に接続されている。第6のトランス端子Ta6は、第2の巻線部68b2の一端に接続されている。第2の巻線部68b2の他端は、第5の2次側コイル68bの他端であり、第5のトランス端子Ta5に接続されている。第5のトランス端子Ta5は、第5のコンデンサ78bの負極端子に接続されている。

【0101】

第1のフィードバックコイル68cの一端は、第3のトランス端子Ta3に接続され、他端は、第4のトランス端子Ta4に接続されている。本実施形態において、第3のトランス端子Ta3は、第1の検出用ダイオード82aのアノードに接続され、第4のトランス端子Ta4は、接地されている。

10

【0102】

ちなみに、本実施形態において、第1～第4のトランス60, 62, 64, 66、及び第6～第8のトランス90, 92, 94は、上述したように、フィードバックコイルを備えていない。このため、これらトランス60, 62, 64, 66, 90, 92, 94の構造は、図8及び図9に示した第5のトランス68から第3のトランス端子Ta3及び第4のトランス端子Ta4を除去するとともに、図10に示した第1のフィードバックコイル68cが除去されたものとなる。

【0103】

続いて、こうした構成のトランスを採用する理由について、第1の電源IC52を制御主体とする絶縁電源装置を例にして説明する。

20

【0104】

2次側コイルの出力電圧は、上述したように、IGBTのゲートに供給すべき充電電流が大きいほど低くなる。このため、電圧検出対象ではない第1～第4のトランス60, 62, 64, 66を構成する第1～第4の2次側コイル60b, 62b, 64b, 66bのそれぞれの出力電圧は、充電電流によってばらつくこととなる。

【0105】

また、第5の1次側コイル68a、第5の2次側コイル68b及び第1のフィードバックコイル68c同士の結合係数が低くなるほど、第5の2次側コイル68bの実際の出力電圧に対する第1のフィードバック電圧Vfb1の低下度合いが大きくなる。この場合、上述した充電電流による出力電圧のばらつきとあいまって、目標電圧Vtgtに対する第1～第4の2次側コイル60b, 62b, 64b, 66bのそれぞれの出力電圧のばらつきが大きくなる。

30

【0106】

ここで、上記構成によれば、第5の1次側コイル68a、第5の2次側コイル68b及び第1のフィードバックコイル68c同士の結合係数を高めることができる。このため、目標電圧Vtgtに対する第1～第4の2次側コイル60b, 62b, 64b, 66bのそれぞれの出力電圧のばらつきを小さくすることができる。

【0107】

(その他の実施形態)

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

40

【0108】

・1次側コイル等のボビン172への巻きつけ方は、先の図10に示したものに限らない。例えば、図11に示すように、第1セクション178aに第5の1次側コイル68aを巻きつけ、第3セクション178cに第5の2次側コイル68bを巻きつける分割巻きを採用してもよい。ここでは、第2セクション178bにコイルを巻きつけないことで、絶縁距離を確保している。なお、この場合、各コイルに絶縁皮膜を施すことは必須ではない。また、図11において、先の図10に示した部材と同一の部材については、便宜上、同一の符号を付している。

50

【0109】

・「下アーム用トランス」としては、電力変換回路を構成する複数の下アーム用スイッチング素子のそれぞれについての共通のトランスに限らない。例えば、上アーム用トランスと同様に、複数の下アーム用スイッチング素子のそれぞれに対応して個別に設けられるトランスであってもよい。この場合、上記第1の実施形態において、第1の電源IC52が制御主体となる絶縁電源装置における「対象コイル」を、下アーム昇圧スイッチング素子Scnに駆動用電圧を供給するトランスを構成する2次側コイルとすればよい。また、上記第2の実施形態において、「対象コイル」を、第2のU、V、W相上アームスイッチング素子S2Up、S2Vp、S2Wp及び第2のU、V、W相下アームスイッチング素子S2Un、S2Vn、S2Wnのいずれか1つとすればよい。

10

【0110】

・上記第1の実施形態において、過電圧異常判断処理として、判断部130から上記上位の制御装置に対してフェール信号を出力する処理を行ってもよい。この場合、上位の制御装置から第1の電源IC52に対して第1の電圧制御用スイッチング素子80のオフ操作指示を行ってもよい。

【0111】

・上記各実施形態において、上アーム用トランス及び下アーム用トランスのそれぞれを構成する1次側コイルが直列接続される構成を採用してもよい。

【0112】

・上記第1の実施形態では、第5の2次側コイル68bの巻数と第1のフィードバックコイル68cの巻数とを同一としたがこれに限らず、相違させてもよい。この場合、「電圧検出部」を構成する第1のフィードバックコイル68cは、第5の2次側コイル68bの出力電圧に応じた電圧を出力することとなる。

20

【0113】

・上記第1の実施形態において、先の図1に示したモータ制御システムから昇圧コンバータ30を除去してもよい。

【0114】

・モータ制御システムとしては、2モータ制御システムに限らず、1モータ制御システムであってもよい。この場合、第1のモータジェネレータ10及び第1のインバータ12の組、並びに第2のモータジェネレータ20及び第2のインバータ22の組のうちいずれか1組と、昇圧コンバータ30とを先の図1に示したモータ制御システムから除去することとなる。

30

【0115】

・「絶縁電源装置」としては、図2に示したフライバックコンバータに限らず、例えばフォワードコンバータであってもよい。また、「絶縁電源装置」としては、電圧制御用スイッチング素子を1つ備えるものに限らず、4つの電圧制御用スイッチング素子を備えるフルブリッジコンバータや、2つの電圧制御用スイッチング素子を備えるプッシュプルコンバータであってもよい。なお、上記フルブリッジコンバータや、プッシュプルコンバータは、例えば「馬場清太郎著、“電源回路設計成功のかぎ”、第4版、CQ出版株式会社、2012年2月1日、p141」に記載されている。

40

【0116】

・2次側コイルの出力電圧の検出手法としては、電圧検出用コイルを用いたものに限らない。例えば、先の図2において、第5のコンデンサ78bの端子間電圧、又はこの端子間電圧に応じた電圧を、高電圧システム及び低電圧システムの間を電氣的に絶縁しつつ第1の電源IC52へと伝達可能な手段を用いて検出してもよい。こうした手段としては、例えば、上記端子間電圧と関係付けられたPWM信号を第1の電源IC52に対して伝達可能なフォトカプラが挙げられる。

【0117】

・「電力変換回路」としては、昇圧コンバータや3相インバータに限らない。例えば、ハーフブリッジ回路やフルブリッジ回路等、他の電力変換回路であってもよい。また、「

50

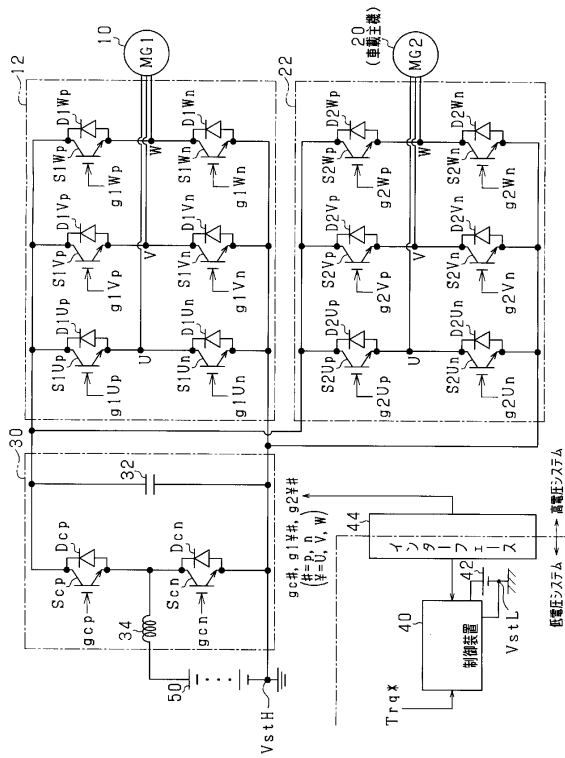
電力変換回路」を構成する「上アーム用スイッチング素子」及び「下アーム用スイッチング素子」としては、IGBTに限らず、例えばMOSFETであってもよい。

【符号の説明】

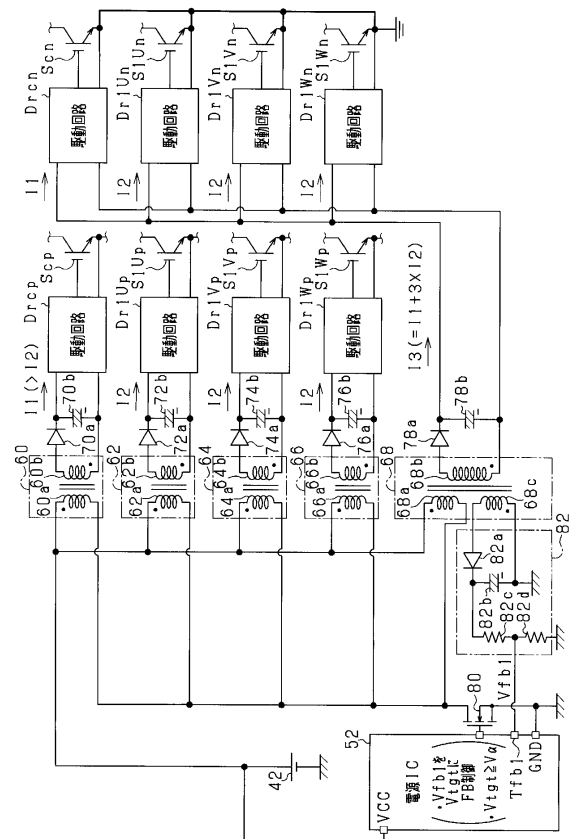
【0118】

12...第1のインバータ、22...第2のインバータ、30...昇圧コンバータ、42...低電圧バッテリー、52...第1の電源IC、54...第2の電源IC、60,62,64,66,68...第1~第5のトランス、90,92,94...第6~第9のトランス。

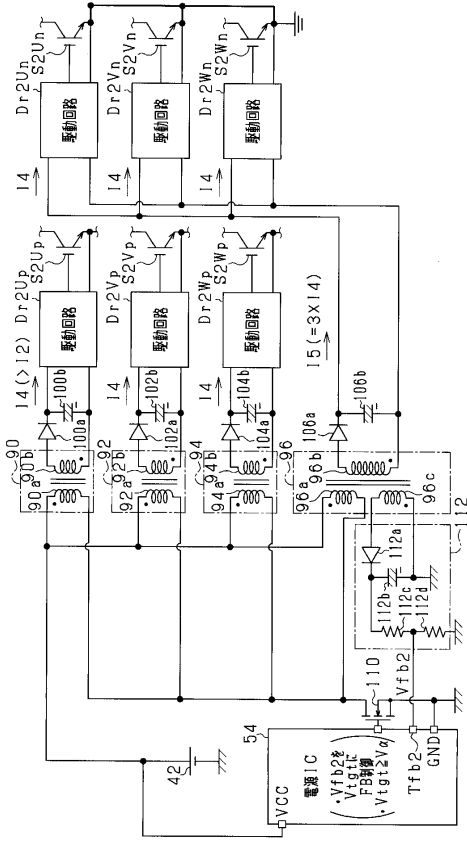
【図1】



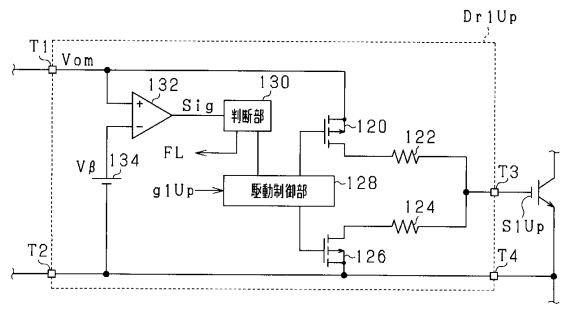
【図2】



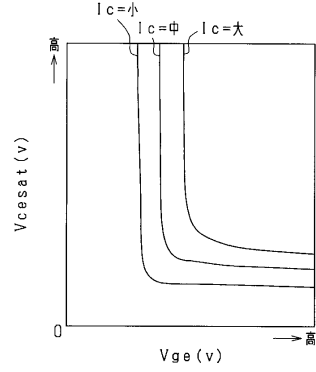
【図3】



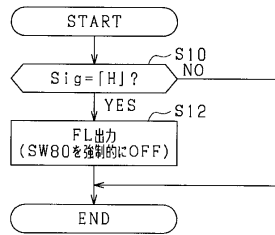
【図4】



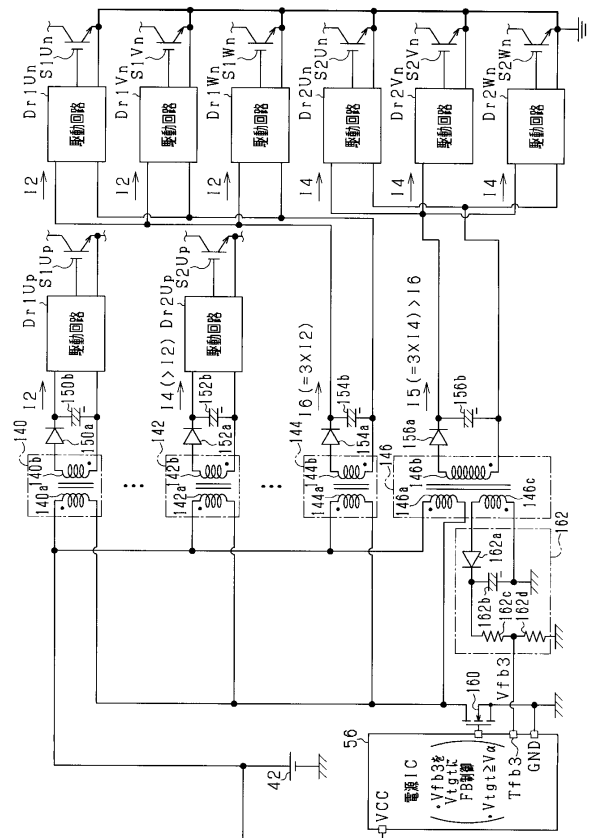
【図5】



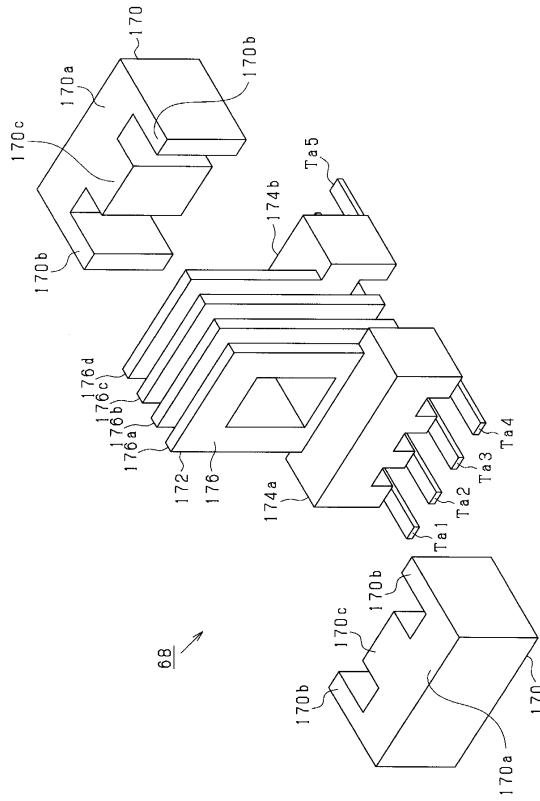
【図6】



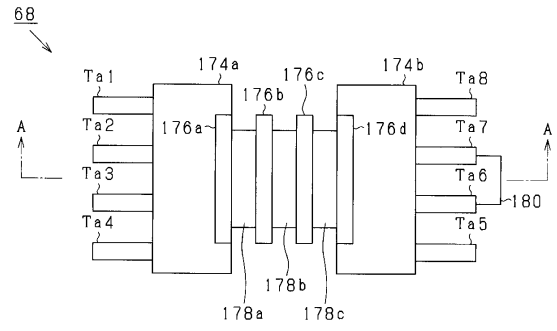
【図7】



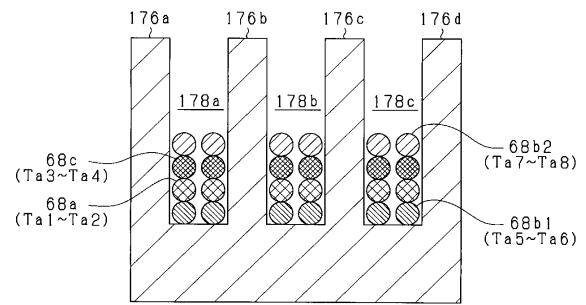
【図 8】



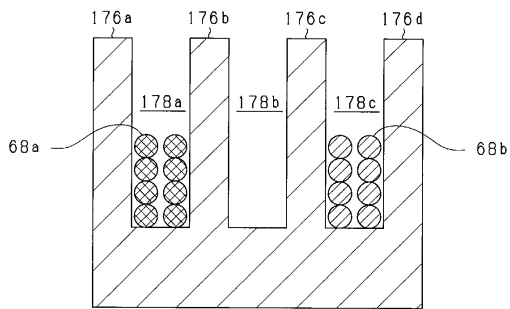
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 朝子 陽介
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 桑原 恭雄

(56)参考文献 特開平11-178356(JP,A)
特開2010-283934(JP,A)
特開2001-251856(JP,A)
特開2011-045196(JP,A)
特開2013-038971(JP,A)
特開2001-268909(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 3/28
H02M 1/08
H02M 7/5387