

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6432429号
(P6432429)

(45) 発行日 平成30年12月5日 (2018. 12. 5)

(24) 登録日 平成30年11月16日 (2018. 11. 16)

(51) Int. Cl. F 1
H 0 2 M 3 / 2 8 (2006. 01) H 0 2 M 3 / 2 8 W

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-81673 (P2015-81673)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成27年4月13日 (2015. 4. 13)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2016-201938 (P2016-201938A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成28年12月1日 (2016. 12. 1)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成29年7月19日 (2017. 7. 19)		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
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介
		(72) 発明者	倉田 和慶
			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】 電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フライバックコンバータからなる単位コンバータ (10) であって、入力端子 (T i 1 1 ~ T i 5 1, T i 1 2 ~ T i 5 2) が互いに直列に接続されているとともに、出力端子 (T o 1 1 ~ T o 5 1, T o 1 2 ~ T o 5 2) が互いに並列に接続されている複数の単位コンバータと、

前記単位コンバータのそれぞれを、臨界電流モードで作動させる制御回路 (50) と、
前記単位コンバータの前記出力端子間の出力電圧を検出する電圧検出手段 (30) と、
前記出力電圧のパルス幅である出力時間を検出する時間検出手段 (11) と、を備え、
前記制御回路は、前記単位コンバータに含まれるスイッチング素子のオン時間、前記電
圧検出手段により検出された前記出力電圧、及び前記時間検出手段により検出された前記
出力時間に基づいて、前記単位コンバータの入力端子間の入力電圧を算出することを特徴
とする電力変換装置。

【請求項 2】

前記制御回路は、前記単位コンバータの動作状態を算出する請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記制御回路は、前記複数の単位コンバータのそれぞれを、均等な位相差をつけて順次作動させる請求項 1 又は 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

10

20

前記単位コンバータに含まれるスイッチング素子は、前記電力変換装置の入力電圧及び前記単位コンバータの個数に応じた耐圧のスイッチング素子である請求項1～3のいずれか1項に記載の電力変換装置。

【請求項5】

前記制御回路は、前記電力変換装置の入力電圧に応じて、作動させる前記単位コンバータの個数を変更する請求項1～4のいずれか1項に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多段化した電力変換装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

高電圧入力且つ大出力電流の要求に対応するため、単位コンバータを多段接続したコンバータが提案されている。このようなコンバータでは、単位コンバータの入力電圧に不均等が生じると、コンバータを構成するスイッチング素子等の故障につながる。

【0003】

そこで、特許文献1に記載の電力変換装置は、単位コンバータとして、フルブリッジコンバータ、シングルフォワードコンバータ等を採用し、各単位コンバータの出力側の接続点を、最終出力ポイントであるチョーク入力型フィルタ回路の出力ではなく、上記フィルタ回路の入力で共通接続している。さらに、上記電力変換装置は、各単位コンバータの駆動信号に同一にオンオフさせる同一のパルス幅を用い、各単位コンバータの入力電圧が自動的に電圧平衡をとるようにしている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-193614号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の電力変換装置は、各単位コンバータの入力電圧が自動的に電圧平衡をとるような構成としている。そのため、回路の2次側においてトランスの他にチョークコイルも必要であり、素子数が比較的多くなって大型化になりやすいという問題がある。

30

【0006】

本発明は、上記実情に鑑み、小型且つ高効率化した電力変換装置を提供することを主たる目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記課題を解決するため、電力変換装置であって、フライバックコンバータからなる単位コンバータであって、入力端子が互いに直列に接続されるとともに、出力端子が互いに並列に接続されている複数の単位コンバータと、前記単位コンバータのそれぞれを、臨界電流モードで作動させる制御回路と、を備える。

40

【0008】

本発明によれば、簡単な構成のフライバックコンバータである単位コンバータが多段接続され、単位コンバータのそれぞれは、臨界電流モードで作動される。よって、電力変換装置の小型且つ高効率化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態に係る電力変換装置の構成を示す図。

【図2】単位コンバータの臨界モードによる動作を示す図。(a)スイッチング素子のオンオフ、(b)トランスの1次電流、(c)トランスの2次電流、(d)出力電圧を示す

50

図。

【図3】各単位コンバータの臨界モードによる動作を示す図。(a), (d), (g), (j)各スイッチング素子のオンオフ、(b), (e), (h), (k), (m)各トランスの1次電流、(c), (f), (i), (l), (n)各トランスの2次電流、(o)各トランスの2次電流を合成した出力電流を示す図。

【図4】他の実施形態に係る電力変換装置の構成を示す図。

【図5】他の実施形態に係る電力変換装置の構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、電力変換装置を具現化した実施形態について、図面を参照して説明する。図1に、本実施形態に係る電力変換装置の構成を示す。本実施形態に係る電力変換装置100は、4個の単位コンバータ10(#1)~(#4)、出力電圧検出部30、及び制御回路50を備える。

【0011】

単位コンバータ10(#1)は、入力端子T i 1 1, T i 1 2及び出力端子T o 1 1, T o 1 2を備え、単位コンバータ10(#2)は、入力端子T i 2 1, T i 2 2及び出力端子T o 2 1, T o 2 2を備える。単位コンバータ10(#3)は、入力端子T i 3 1, T i 3 2及び出力端子T o 3 1, T o 3 2を備え、単位コンバータ10(#4)は、入力端子T i 4 1, T i 4 2及び出力端子T o 4 1, T o 4 2を備える。そして、単位コンバータ10(#1)~(#4)は、入力端子が互いに直列に接続されているとともに、出力端子が互いに並列に接続されている。詳しくは、入力端子T i 1 2と入力端子T i 2 1、入力端子T i 2 2と入力端子T i 3 1、入力端子T i 3 2と入力端子T i 4 1が接続されている。また、出力端子T o 1 1, T o 2 1, T o 3 1及びT o 4 1が接続されており、出力端子T o 1 2, T o 2 2, T o 3 2及びT o 4 2が接続されている。さらに、各単位コンバータ10の出力端子間には、出力電圧検出部30が接続されている。

【0012】

出力電圧検出部30(電圧検出手段)は、各単位コンバータ10の出力電圧V o u tを検出する電圧センサである。各単位コンバータ10の出力端子は互いに並列に接続されているため、各単位コンバータ10の出力電圧は等しい値となる。

【0013】

単位コンバータ10(#1)~(#4)の各入力端子間には、それぞれ入力コンデンサC 1~C 4が接続される。そして、最上位の入力端子である入力端子T i 1 1、及び最下位の入力端子である入力端子T i 4 2が、電力変換装置100の入力端子となり、入力端子T i 1 1と入力端子T i 4 2との間に、直流電源20が接続される。

【0014】

よって、4個の単位コンバータ10の入力端子を直列に多段接続することにより、電力変換装置100に入力された直流電源20の電圧は分圧され、分圧電圧が各単位コンバータに入力される。そのため、各単位コンバータ10は、電力変換装置100を1個のコンバータで構成した場合のコンバータと比較して、低耐圧の素子を利用することができる。低耐圧の素子はオン抵抗が小さく高速駆動できるため、単位コンバータ10を高効率化することができる。

【0015】

そして、4個の単位コンバータ10の出力端子を並列に接続することにより、各単位コンバータ10の出力電流の合成出力が、電力変換装置100から出力される。すなわち、各単位コンバータ10を高効率化したまま、電力変換装置100の出力電流を増加させることができる。したがって、電力変換装置100は、各単位コンバータ10を高効率化しつつ、入力電圧の大電圧化及び出力電流の大電流化を実現することができる。

【0016】

ただし、各単位コンバータ10の入力電圧が不均衡であると、各単位コンバータ10の負荷分担に差が生じる。その結果、負荷が比較的大きい単位コンバータ10に含まれる素

10

20

30

40

50

子には、耐圧よりも大きな電圧がかかり、素子が故障するおそれがある。これに対して、各単位コンバータ10の入力電圧の不均衡を考慮して、各単位コンバータ10に含まれる素子の耐圧を大きくすると、コストが増加するとともに効率が低下する。

【0017】

そのため、各単位コンバータ10の入力電圧が電圧平衡を取るようにすることが望まれる。しかしながら、各単位コンバータ10を、入力電圧が自動的に電圧平衡を取るような構成とすると、電力変換装置が大型化するおそれがある。また、各単位コンバータ10の入力電圧を監視し、入力電圧が電圧平衡を取るように、各単位コンバータ10の動作を調整することも考えられる。しかしながら、各単位コンバータ10の入力電圧を電圧センサで検出する場合、各電圧センサの電位が異なるため、各電圧センサを絶縁回路とする必要があり、電力変換装置が大型化するおそれがある。

10

【0018】

そこで、本実施形態に係る電力変換装置100は、単位コンバータ10としてフライバックコンバータを採用して、臨界電流モードで動作させることにした。フライバックコンバータを臨界電流モードで動作させることにより、出力状態を検出して、入力電圧を算出することができる。以下、単位コンバータ10の構成及び動作について説明する。

【0019】

各単位コンバータ10は、NMOSトランジスタであるスイッチング素子SW、トランスTr、ダイオードD、平滑コンデンサCo及び時間検出部11を備えた、同じ構成のフライバックコンバータである。トランスTrの1次側コイルの第1端は、各単位コンバータ10の入力端子の一方に接続されており、1次側コイルの第2端は、スイッチング素子SWのドレイン端子に接続されている。そして、スイッチング素子SWのソース端子は、各単位コンバータ10の入力端子の他方に接続されている。また、トランスTrの2次側コイルの第1端は、ダイオードDのアノードに接続されており、2次側コイルの第2端は、出力端子に接続されている。ダイオードDのカソードは時間検出部11を介して出力端子の一方に接続されている。また、平滑コンデンサCoが、ダイオードDのカソードと出力端子の他方との間に接続されている。

20

【0020】

単位コンバータ10は、スイッチング素子SWをオン状態にすると、トランスTrの1次側コイルに1次電流が流れ、トランスTrにエネルギーが蓄積される。このとき、ダイオードDの向きが逆なので、トランスTrの2次側コイルには電流が流れない。そして、スイッチング素子SWをオフ状態にすると、トランスTrに蓄積されたエネルギーが放出されて、ダイオードDを通じて1次電流が出力される。

30

【0021】

時間検出部11（時間検出手段）は、出力電圧Voutのパルス幅である出力時間Toutを検出する。出力電圧Voutは、スイッチング素子SWのオン操作ごとに、パルス（矩形波）として出力される。図2に示すように、出力電圧Voutのパルス幅は、スイッチング素子SWのオン操作ごとに2次電流が流れる時間と等しい。そこで、時間検出部11は、例えば電流センサから構成されており、2次電流及び2次電流が流れる時間を検出する。なお、各単位コンバータ10の出力側に電流センサを設けた場合、各電流センサは同電位であるため、各単位コンバータ10の入力側に電圧センサを設ける場合よりも、電力変換装置100を簡易且つ小型な構成にすることができる。

40

【0022】

制御回路50は、マイクロコンピュータを主体として構成されており、4個の単位コンバータ10を制御する。詳しくは、制御回路50は、各単位コンバータ10のスイッチング素子SWのオンオフを制御して、各単位コンバータ10を臨界電流モードで作動させる。

【0023】

図2に、各単位コンバータ10を代表して、単位コンバータ10（#1）の動作態様を示す。スイッチング素子SWがオフ状態からオン状態に切り替えると、1次電流が流れて

50

トランス T_r にエネルギーが蓄積される。そして、スイッチング素子 SW をオフ状態からオン状態に切り替えると、1次電流の流れが止まるとともに、トランス T_r に蓄積されたエネルギーが放出されて、2次電流及び出力電圧 V_{out} が出力される。そして、2次電流が零になった時点で、スイッチング素子 SW が再びオフ状態からオン状態に切り替えられる。

【0024】

したがって、単位コンバータ10を臨界電流モードで作動させることにより、トランス T_r に溜められたエネルギーが2次側から出力され、トランス T_r に溜められたエネルギーが零に戻された後、再度トランス T_r にエネルギーが溜められることが繰り返される。よって、単位コンバータ10の入力エネルギーと出力エネルギーとは1対1で対応するため、出力側の検出値に基づいて、入力電圧 V_{in} を算出することができる。

10

【0025】

具体的には、トランス T_r の1次側コイルの巻数を N_1 、2次側コイルの巻数を N_2 、巻数比を $N = N_2 / N_1$ 、1次側コイルのインダクタンスを L_{in} 、2次側コイルのインダクタンスを L_{out} とする。また、1次電流の実効値を I_{p1} 、2次電流の実効値を I_{p2} 、単位コンバータ10の入力電圧を V_{in} とする。1次側コイルのインダクタンス L_{in} 、及び2次側コイルのインダクタンス L_{out} は、予め測定されている値である。また、スイッチング素子 SW のオン時間 T_{in} は、直流電源20の電圧に応じて、設定される値である。

【0026】

20

この場合、 $I_{p1} = (T_{in} / L_{in}) \times V_{in} = N \times I_{p2}$ 、 $I_{p2} = (T_{out} / L_{out}) \times V_{out}$ となる。よって、入力電圧 V_{in} は、 $V_{in} = N \times (T_{out} / L_{out}) \times (L_{in} / T_{in}) \times V_{out}$ となる。

【0027】

したがって、制御回路50は、スイッチング素子 SW のオン時間 T_{in} 、出力電圧検出部30により検出された出力電圧 V_{out} 、及び時間検出部11により検出された出力時間 T_{out} に基づいて、入力電圧 V_{in} を算出する。さらに、制御回路50は、時間検出部11により検出された2次電流の実効値 I_{p2} 及び巻線比 N から、入力電流である1次電流の実効値 I_{p1} を算出する。すなわち、制御回路50は、入力電圧 V_{in} 及び入力電流を含む動作状態を算出し、入力電圧 V_{in} 、出力電圧 V_{out} 、入力電流及び出力電流を監視する。

30

【0028】

そして、制御回路50は、各単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} をそれぞれ算出し、各単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} にばらつきがある場合には、ばらつきを解消するように、各単位コンバータ10のスイッチング素子 SW のオン時間 T_{in} を調整する。すなわち、各単位コンバータ10の回路特性にばらつきがある場合でも、ばらつきに応じてオン時間 T_{in} を個別に設定することにより、入力電圧 V_{in} をバランスさせることができる。

【0029】

このように、各単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} をバランスさせることにより、各単位コンバータ10に含まれるスイッチング素子 SW 等の素子の耐圧を、電力変換装置100の入力電圧である直流電源20の電圧、及び単位コンバータ10の個数に応じた耐圧にできる。すなわち、各単位コンバータ10に含まれる素子の耐圧を、入力電圧 V_{in} のばらつきを考慮した耐圧にしなくてもよい。

40

【0030】

ここで、各単位コンバータ10を臨界電流モードで制御する場合、連続モードで作動させる場合よりも、各単位コンバータ10の2次電流である出力電流のリプルが大きくなる。電力変換装置100の出力電流は、各単位コンバータ10の出力電流を合成したものとなるため、各単位コンバータ10の出力電流のリプルが重畳すると、電力変換装置100の出力電流のリプルは増大するおそれがある。

50

【0031】

よって、制御回路50は、図3に示すように、各単位コンバータ10のそれぞれを、均等な位相差をつけて順次作動させる。例えば、スイッチング素子SWを、#1から#4まで、順番にオフからオンに切替え、#4をオンにした後は、#1に戻って同じことを繰り返す。このとき、一つ前のスイッチング素子SWをオフからオンに切り替えたタイミングから、今回のスイッチング素子SWをオフからオンに切り替えるタイミングまでの期間を、常に同じ期間にする。

【0032】

このように、各単位コンバータ10のそれぞれを均等な位相差をつけて順次作動させることにより、図3(n)に示すように、各単位コンバータ10の出力電流は、互いに流れ始めるタイミングがずれる。その結果、図3(o)に示すように、電力変換装置100の出力電流は、各単位コンバータ10の出力電流のリップルが均等に分配されたものとなり、電力変換装置100の出力電流のリップルが抑制される。なお、図3において、スイッチング素子SW(#1)～(#4)のオン時間 $T_{in}(\#1) \sim (\#4)$ は、単位コンバータ10(#1)～(#4)の特性のばらつきに応じて、異なる値に設定されている。

10

【0033】

以上説明した本実施形態によれば、以下の効果を奏する。

【0034】

・簡易な構成のフライバックコンバータである単位コンバータ10が多段接続され、単位コンバータ10のそれぞれは、臨界電流モードで作動される。そのため、電力変換装置100の小型且つ高効率化を実現することができる。

20

【0035】

・フライバックコンバータである単位コンバータ10と臨界電流モードとを組み合わせることにより、単位コンバータ10の入力エネルギーと出力エネルギーとが1対1で対応する。そのため、スイッチング素子SWのオン時間 T_{in} 、出力電圧 V_{out} 、及び出力時間 T_{out} から、単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} を算出することができる。これにより、複数の単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} にばらつきがあれば、バランスを取るように調整することができる。また、入力側の電圧センサが不要であるため、電力変換装置100を小型化することができる。

【0036】

・単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} に加えて、入力電流の実効値 I_{p2} も算出することができる。よって、単位コンバータ10の入力側に、電圧センサ及び電流センサを設けることなく、単位コンバータ10の動作状態を取得し、監視することができる。

30

【0037】

・複数の単位コンバータ10のそれぞれを、均等な位相差をつけて順次作動させることにより、電力変換装置100の出力電流は、各単位コンバータ10の出力電流のリップルが均等に分配されたものとなる。そのため、電力変換装置100の出力電流のリップルを抑制することができる。

【0038】

・電力変換装置100の入力される直流電源20の電圧は、複数の単位コンバータ10で分割して分担される。また、各単位コンバータ10の入力電圧 V_{in} を算出して、入力電圧 V_{in} のバランスを取ることができる。よって、単位コンバータ10に含まれるスイッチング素子SW等の素子は、入力電圧 V_{in} のばらつきを考慮せず、直流電源20の電圧と単位コンバータ10の個数に応じた耐圧の素子を採用できる。

40

【0039】

(他の実施形態)

・電力変換装置100に含まれる単位コンバータ10の個数は4個に限らない。電力変換装置100に要求される入力電圧、及び出力電流に応じた個数を多段接続して用いればよい。例えば、入力電圧300V、出力電圧12V、出力電流75Aの電力変換装置100が要求される場合、図4に示すように、入力電圧100V、出力電圧12V、出力電流

50

25 Aの規格の単位コンバータ10を3段接続して使用すればよい。また、入力電圧500 V、出力電圧12 V、出力電流125 Aの電力変換装置100が要求される場合、図5に示すように、上記単位コンバータ10を5段接続して使用すればよい。

【0040】

・制御回路50は、電力変換装置100に含まれる全ての単位コンバータ10を作動させなくてもよい。制御回路50は、電力変換装置100の入力電圧に応じて、作動させる単位コンバータ10の個数を変更させるようにしてもよい。例えば、図5に示すように、5段の単位コンバータ10が接続されている場合に、電力変換装置100の入力電圧に応じて、作動させる単位コンバータ10の個数を3個や4個等に変更してもよい。具体的には、作動させない単位コンバータ10のスイッチング素子SWをオン状態にしたままにして、作動させない単位コンバータ10の入力端子間をショートさせる。

10

【0041】

あるいは、図5に破線で示すように、多段接続されている単位コンバータ10のうちの1つの単位コンバータを除いて、入力端子間にスイッチング素子SWa～SWdを接続する。そして、スイッチング素子SWa～SWdのうち、作動させない単位コンバータ10の入力端子間に接続されているものをオン状態にして、作動させない単位コンバータ10の入力端子間をショートさせる。このように、電力変換装置100の入力電圧に応じて、作動させる単位コンバータ10の個数を変更させることにより、複数の電力変換装置100の入力電圧、すなわち複数の異なる電圧の直流電源20に対応することができる。

20

【0042】

・時間検出部11は、電流センサに限らず、各単位コンバータ10において、出力電流が流れる時間を検出できるものであればよく、出力電流は検出できなくてもよい。出力電流が検出できない場合でも、出力電圧Vout及び出力時間Toutから算出することができる。

【0043】

・スイッチング素子SWは、NMOSトランジスタに限らず、他のトランジスタでもよい。

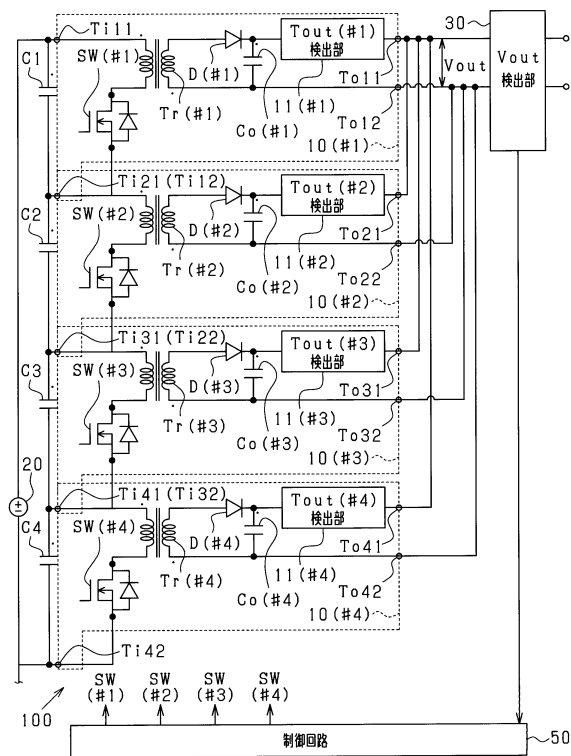
【符号の説明】

【0044】

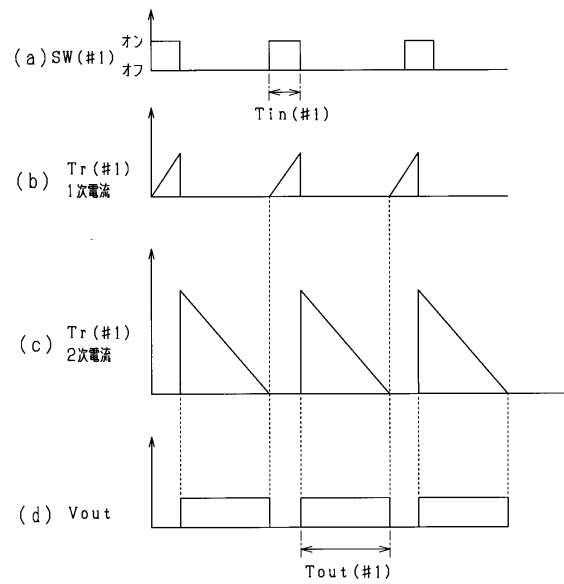
10…単位コンバータ、50…制御回路、100…電力変換装置。

30

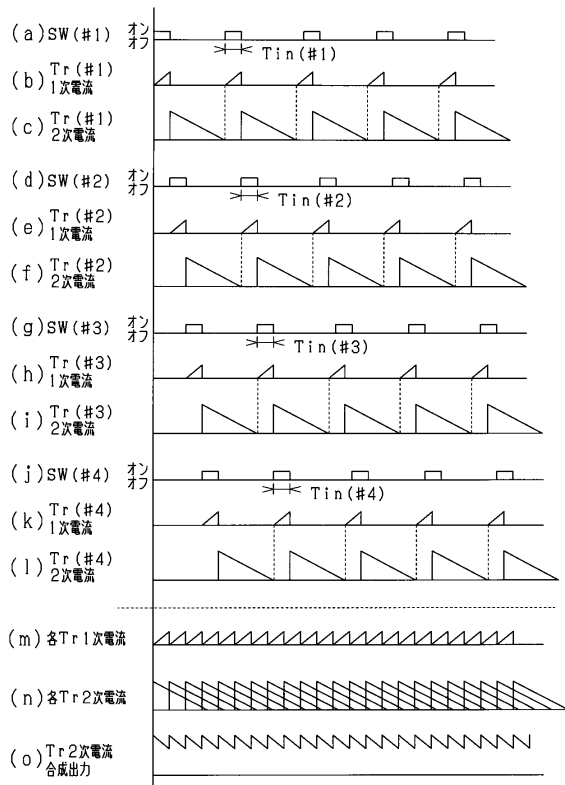
【図 1】



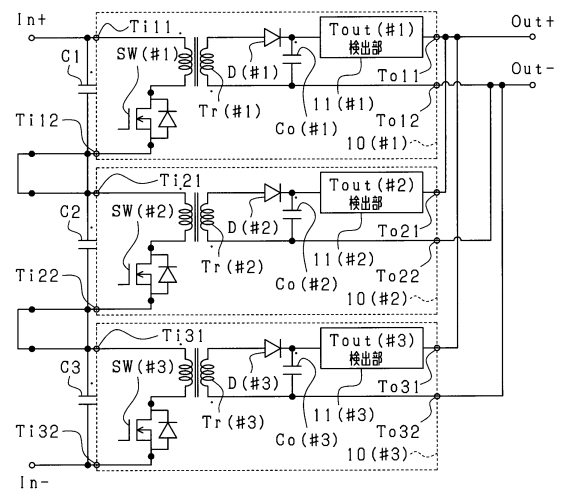
【図 2】



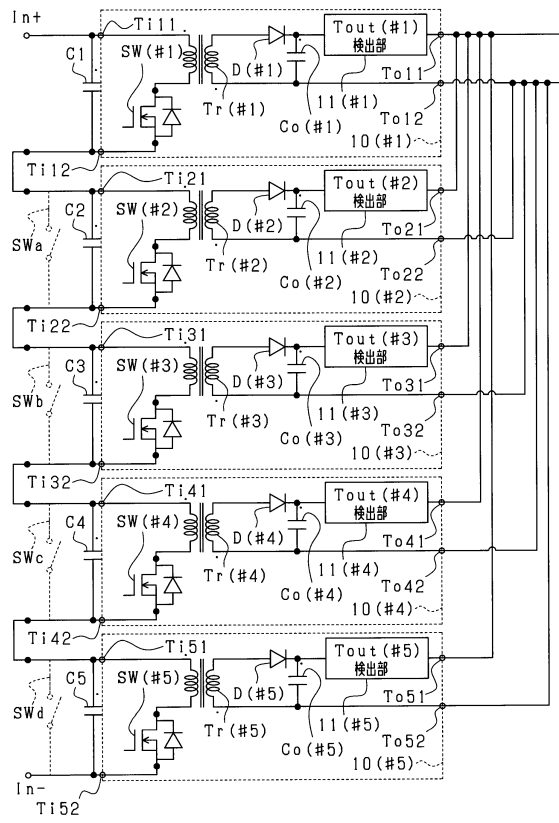
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 仁野 新一
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 高野 誠治

(56)参考文献 特開平02-155433 (JP, A)
特開平06-006972 (JP, A)
特開平04-261360 (JP, A)
特開昭60-106364 (JP, A)
特開2008-187817 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 1/00 - 1/44
H02M 3/00 - 3/44
G05F 1/12 - 1/44
G05F 1/45 - 7/00