

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7121507号**  
**(P7121507)**

(45)発行日 令和4年8月18日(2022.8.18)

(24)登録日 令和4年8月9日(2022.8.9)

(51)国際特許分類

H 02 M	3/28 (2006.01)	F I	H 02 M	3/28	H
H 02 M	1/08 (2006.01)		H 02 M	1/08	A
			H 02 M	3/28	C
			H 02 M	3/28	E

請求項の数 14 外国語出願 (全19頁)

(21)出願番号 特願2018-46330(P2018-46330)  
(22)出願日 平成30年3月14日(2018.3.14)  
(65)公開番号 特開2019-4686(P2019-4686A)  
(43)公開日 平成31年1月10日(2019.1.10)  
審査請求日 令和3年3月10日(2021.3.10)  
(31)優先権主張番号 15/620,018  
(32)優先日 平成29年6月12日(2017.6.12)  
(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 501315784  
パワー・インテグレーションズ・インコ  
ーポレーテッド  
アメリカ合衆国・95138・カリフォ  
ルニア州・サンホゼ・ヘリヤー・アベニ  
ュ・5245  
(74)代理人 100100181  
弁理士 阿部 正博  
100125818  
弁理士 立原 聰  
(72)発明者 ラジコ ダブンジャク  
カナダ ケイ2ケイ3ジェイ5 オンタ  
リオ州 カナタ、グレイ クレストン 12  
審査官 東 昌秋

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カスコード電流検出のための多段ゲート駆動

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

電力コンバーターにおける使用のための制御装置であって、前記電力コンバーターが、  
カスコード回路を備え、前記カスコード回路がノーマリーオンスイッチとノーマリーオフ  
トランジスタスイッチとを備え、前記ノーマリーオンスイッチのソースに前記ノーマリ  
オフトランジスタスイッチのドレンが結合されており、前記ノーマリーオンスイッチの  
ゲートと前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの前記ソースとが接地されており、  
前記制御装置が、

前記ノーマリーオンスイッチの前記ソースにおける電圧を表すソース信号と前記電力コン  
バーターの電流制限値を表す第1の検出フィンガー信号と前記電力コンバーターの過電流  
制限値を表す第2の検出フィンガー信号とに応答して、電流制限信号と過電流信号とを生  
成するように結合された電流検出回路であって、前記電流検出回路が前記ソース信号に基  
づいて前記ノーマリーオフトランジスタスイッチに流れる電流を検出するように構成され  
てあり、前記第1の検出フィンガー信号と前記第2の検出フィンガー信号とのうちの少な  
くとも1つが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの抵抗に比例した抵抗を提供す  
るトランジスタにより提供される、前記電流検出回路と、

前記電流制限信号と前記過電流信号とに応答して、制御信号を生成するように結合され  
た制御回路と、

前記制御信号に応答して、多段ゲート駆動を含む駆動信号を生成するように結合された  
駆動回路と、

を備え、

前記多段ゲート駆動の第1段における前記駆動信号が、前記ノーマリーオフランジスタスイッチをゆっくりとオンに切り替えて電磁妨害（EMI）を低減するように構成された弱いオン切り替え駆動信号であり、

前記多段ゲート駆動の第2段における前記駆動信号が、前記ノーマリーオフランジスタスイッチの正確な電流検出を可能にするように、迅速に前記ノーマリーオフランジスタスイッチの公称オン抵抗を提供するように、前記弱いオン切り替え駆動信号によりオンに切り替えられる前記ノーマリーオフランジスタスイッチのチャネルを十分に拡張するように構成された強いオン切り替え駆動信号である、

電力コンバーターにおける使用のための制御装置。

10

#### 【請求項2】

前記電流検出回路が、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第1の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記電流制限信号を生成する第1の比較器と、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第2の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記過電流信号を生成する第2の比較器と、

をさらに備える、

請求項1に記載の制御装置。

20

#### 【請求項3】

前記電流検出回路が、前記ソース信号を受信するように結合された、および前記第1の比較器の前記第1の入力と前記第2の比較器の前記第1の入力とに結合されたクランプ回路をさらに備える、

請求項2に記載の制御装置。

#### 【請求項4】

前記駆動回路が、

前記制御信号を受信するように結合された、および、前記多段ゲート駆動の前記第1段における前記弱いオン切り替え駆動信号を生成するように結合された、第1の抵抗をもつ第1のトランジスタと、

前記制御信号を受信するように結合された、および遅延された制御信号を出力するように結合された遅延回路と、

前記遅延された制御信号を受信するように結合された、第2の抵抗をもつ第2のトランジスタと、

をさらに備え、

前記第2のトランジスタが、前記多段ゲート駆動の前記第2段における前記強いオン切り替え駆動信号を生成するように結合され、

前記強いオン切り替え駆動信号の駆動が、前記弱いオン切り替え駆動信号の駆動より大きく、

前記第1のトランジスタの前記第1の抵抗が、前記第2のトランジスタの前記第2の抵抗より大きい、

請求項1に記載の制御装置。

40

#### 【請求項5】

前記第2の検出フィンガー信号が、抵抗器に結合された電流源により生成される、

請求項1に記載の制御装置。

#### 【請求項6】

電力コンバーターであって、

前記電力コンバーターの入力と前記電力コンバーターの出力との間に結合されたエネルギー伝達要素であって、前記エネルギー伝達要素が、結合インダクタ、変圧器、またはインダクタである、前記エネルギー伝達要素と、

50

前記電力コンバーターの前記入力と前記エネルギー伝達要素とに結合されたカスコード回路であって、前記カスコード回路が、ノーマリーオンスイッチと制御スイッチとを備え、前記制御スイッチが、ノーマリーオフトランジスタスイッチと検出フィンガーとを含み、前記ノーマリーオンスイッチのソースが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチのドレインに結合されており、前記ノーマリーオンスイッチのゲートと前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの前記ソースとが接地されており、前記検出フィンガーが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの抵抗に比例した抵抗を提供するトランジスタであり、前記検出フィンガーのゲートが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチのゲートに結合されている、前記カスコード回路と、

前記カスコード回路のスイッチングを制御して、前記電力コンバーターの前記入力から前記電力コンバーターの前記出力へのエネルギーの伝達を制御するように結合された制御装置と、

を備え、

前記制御装置が、

前記ノーマリーオンスイッチのソースにおける電圧を表すソース信号と前記電力コンバーターの電流制限値を表す第1の検出フィンガー信号と前記電力コンバーターの過電流制限値を表す第2の検出フィンガー信号とに応答して、電流制限信号と過電流信号とを生成するように結合された電流検出回路であって、前記電流検出回路が前記ソース信号に基づいて前記ノーマリーオフトランジスタスイッチに流れる電流を検出するように構成されており、前記第1の検出フィンガー信号と前記第2の検出フィンガー信号とのうちの少なくとも1つが、前記検出フィンガーのドレイン電圧である、前記電流検出回路と、

前記電流制限信号と前記過電流信号とに応答して、制御信号を生成するように結合された制御回路と、

前記制御信号に応答して、多段ゲート駆動を含む駆動信号を生成して、前記カスコード回路の前記スイッチングを制御するように結合された駆動回路と、

を含み、

前記多段ゲート駆動の第1段における前記駆動信号が、前記カスコード回路のノーマリーオフトランジスタスイッチをゆっくりとオンに切り替えて電磁妨害(EMI)を低減するように構成された弱いオン切り替え駆動信号であり、

前記多段ゲート駆動の第2段における前記駆動信号が、前記カスコード回路の正確な電流検出を可能にするように、迅速に前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの公称オン抵抗を提供するように、前記弱いオン切り替え駆動信号によりオンに切り替えられる前記カスコード回路の前記ノーマリーオフトランジスタスイッチのチャネルを十分に拡張するように構成された強いオン切り替え駆動信号である、

電力コンバーター。

#### 【請求項7】

前記制御スイッチが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチに結合された第2の検出フィンガーをさらに備え、

前記第2の検出フィンガーが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの抵抗に比例した抵抗を提供するトランジスタであり、

前記第2の検出フィンガーのゲートが、前記ノーマリーオフトランジスタスイッチの前記ゲートに結合されており、

前記第2の検出フィンガーのドレイン電圧が、前記第2の検出フィンガー信号である、請求項6に記載の電力コンバーター。

#### 【請求項8】

前記ノーマリーオンスイッチが、窒化ガリウム(GaN)材料により構成された、請求項6に記載の電力コンバーター。

#### 【請求項9】

前記第1の検出フィンガー信号が、第1の検出フィンガーのドレインに結合された第1の電流源により生成される、

10

20

30

40

50

請求項6に記載の電力コンバーター。

**【請求項 10】**

前記第2の検出フィンガー信号が、前記第2の検出フィンガーのドレインに結合された第2の電流源により生成される、

請求項7に記載の電力コンバーター。

**【請求項 11】**

前記電流検出回路が、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第1の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記電流制限信号を生成する第1の比較器と、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第2の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記過電流信号を生成する第2の比較器と、

をさらに備える、

請求項6に記載の電力コンバーター。

**【請求項 12】**

前記電流検出回路が、前記ソース信号を受信するように結合された、および前記第1の比較器の前記第1の入力と前記第2の比較器の前記第1の入力とに結合された、クランプ回路をさらに備える、

請求項11に記載の電力コンバーター。

**【請求項 13】**

前記駆動回路が、

前記制御信号を受信するように結合された、および、前記多段ゲート駆動の前記第1段における前記弱いオン切り替え駆動信号を生成するように結合された、第1の抵抗をもつ第1のトランジスタと、

前記制御信号を受信するように結合された、および、遅延された制御信号を出力するように結合された、遅延回路と、

前記遅延された制御信号を受信するように結合された第2の抵抗をもつ第2のトランジスタと、

をさらに備え、

前記第2のトランジスタが、前記多段ゲート駆動の前記第2段における前記強いオン切り替え駆動信号を生成するように結合され、

前記強いオン切り替え駆動信号の駆動が、前記弱いオン切り替え駆動信号の駆動より大きく、

前記第1のトランジスタの前記第1の抵抗が、前記第2のトランジスタの前記第2の抵抗より大きい、

請求項6に記載の電力コンバーター。

**【請求項 14】**

前記第2の検出フィンガー信号が、抵抗器に結合された電流源により生成される、

請求項6に記載の電力コンバーター。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、概して、電力コンバーターに関し、特に、電力コンバーターにおけるカスコードスイッチのための電流検出を改善する最適な駆動のためのものに関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

電子デバイス（例えば、携帯電話、タブレット、ラップトップなど）は、動作に電力を使用する。現在の多くの電子機器に給電するために、高効率、小寸法、および軽量であることを理由にスイッチング電力コンバーターが一般的に使用される。従来の壁のソケット

10

20

30

40

50

は、高電圧の交流電流を提供する。スイッチング電力コンバーターにおいて、高電圧の交流電流（A C : a l t e r n a t i n g c u r r e n t）入力が変換されて、エネルギー伝達要素を通して負荷に適切に調節された直流電流（D C : d i r e c t c u r r e n t）出力を提供する。動作時、スイッチがオンとオフとに切り替えられて、デューティサイクル（典型的には、総スイッチング周期に対するスイッチのオン期間の比）を変化させることにより、スイッチング周波数を変化させることにより、またはスイッチング電力コンバーター内におけるスイッチの単位時間当たりのオン／オフパルスの数を変化させることにより所望の出力を提供する。

#### 【0003】

以下の図を参照しながら、本発明の非限定的かつ非網羅的な実施形態が説明され、異なる図の中の同様な参照符号は、別段の指定がない限り、同様な部分を示す。

10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0004】

【図1】本発明の教示に従った、制御装置とカスコードスイッチとを含む例示的な電力コンバーターを示すブロック図である。

【図2】本発明の教示に従った、図1の例示的な電流検出回路を示すブロック図である。

【図3】本発明の教示に従った、図1の例示的なドライバ回路を示すブロック図である。

【図4】本発明の教示に従った、制御信号、駆動信号、ソース信号、およびドレイン電圧を示す波形の一例を描いた例示的なタイミング図である。

【図5】本発明の教示に従った、制御信号、駆動信号、ソース信号、およびドレイン電圧を示す波形の別の例を示す例示的なタイミング図である。

20

【図6】本発明の教示に従った、制御装置およびカスコードスイッチの別の例である。

【図7】本発明の教示に従った、図6の例示的な制御装置の例示的な電流検出回路を示すブロック図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0005】

図面中の複数の図にわたり、対応する参照符号が、対応する構成要素を示す。当業者は、図中の要素が簡潔かつ明確であるように描かれることと、一定の縮尺で描かれるとは限らないことを理解すると考えられる。例えば、図中のいくつかの要素の寸法は、本発明の様々な実施形態をより理解しやすくするために、他の要素より誇張される場合があり得る。さらに、市販に適した実施形態において有用または必要な、一般的だがよく理解される要素は、多くの場合、本発明に係るこれらの様々な実施形態の図が見づらくなるのを防ぐために、描かれない。

30

#### 【0006】

電流検出を使用してカスコード回路のオン切り替えを改善するための制御装置を含む電力コンバーターの例が、本明細書において説明される。以下の説明では、本発明を十分に理解できるように、多くの特定の詳細事項が記載される。しかし、本発明を実施する際に特定の詳細事項を必ずしも使用する必要がないことが、当業者には明らかだと考えられる。他の例では、よく知られた材料または方法については、本発明が理解しにくくなるのを防ぐために、詳細には説明されない。

40

#### 【0007】

本明細書中での、「一実施形態（o n e e m b o d i m e n t）」、「一実施形態（a n e m b o d i m e n t）」、「一例（o n e e x a m p l e）」、または「一例（a n e x a m p l e）」についての言及は、実施形態または例との関連で説明される特定の特徴、構造、または特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。従って、本明細書中の様々な場所で使用する「一実施形態において（i n o n e e m b o d i m e n t）」、「一実施形態において（i n a n e m b o d i m e n t）」、「一例（o n e e x a m p l e）」または「例（a n e x a m p l e）」という語句は、すべてが同じ実施形態または例に関するとは限らない。さらに、特定の特徴、構造、または特性は、1つまたは複数の実施形態または例において、任意の適切な組み合わせ

50

、および／または部分的組み合わせで組み合わされ得る。特定の特徴、構造、または特性は、説明される機能を提供する集積回路、電子回路、結合論理回路、または他の適切な構成要素に含まれ得る。加えて、本明細書とともに提供される図が当業者への説明を目的としていることと、図面が一定の縮尺で描かれるとは限らないことが理解される。

#### 【0008】

カスコード回路は、スイッチのオン切り替え中のスイッチに関する電磁妨害（E M I : e l e c t r o m a g n e t i c i n t e r f e r e n c e ）を低減するために、多段ゲート駆動を使用し得る。カスコード回路の電流検出は、低電圧スイッチにかかる電圧を検出することにより実装され得る。制御スイッチが十分に拡張されないと、ドレン・ソース抵抗（R D S O N ）は公称値ではなく、不正確な電流値を返す。過電流保護などの関係する回路は、不正確な電流検出に起因して、適切に機能しない場合がある。正確な電流検出を提供するために、公称値にR D S O N をもつために、制御スイッチが十分に拡張されなければならない。しかし、制御スイッチを迅速にオンに切り替えることは、E M I を増やす。

#### 【0009】

一例において、カスコード回路のための最適な動作は、スイッチから低いE M I を提供するために、弱いオン切り替え駆動信号を使用してスイッチをゆっくりとオンに切り替える多段ゲート駆動を含む。遅延後、多段ゲート駆動は、次に、本発明の教示に従って、スイッチの正確な電流検出を迅速に提供するために、強いオン切り替え駆動信号を使用してスイッチを完全にオンに切り替える。言い換えると、駆動信号の駆動は、駆動信号の弱いオン切り替え中、まず最初に弱い。遅延後、駆動信号の駆動は、駆動信号の強いオン切り替え中に、より強い。駆動信号の弱いオン切り替え中、スイッチがゆっくりとオンに切り替えられ、このことが、E M I を低減する。しかし、遅延後、駆動信号は、スイッチを迅速に完全にオンに切り替える強いオン切り替え駆動信号となり、このことが、本発明の教示に従った正確な電流検出を可能にする。

#### 【0010】

説明のために、図1は、A C入力電圧V A C 1 0 2 、整流器1 0 4 、整流された電圧V R E C T 1 0 6 、入力コンデンサC I N 1 0 8 、クランプ回路1 1 0 、エネルギー伝達要素T 1 1 1 4 、エネルギー伝達要素T 1 1 1 4 の一次巻線1 1 2 、エネルギー伝達要素T 1 1 1 4 の二次巻線1 1 6 、入力戻り1 1 7 、整流器D 1 1 1 8 、出力戻り1 1 9 、負荷1 2 6 に結合された出力コンデンサC 1 1 2 0 、カスコード回路1 2 9 、検出回路1 3 0 、および制御装置1 3 8 を含んで示される例示的な電力コンバーター1 0 0 の機能ブロック図を示す。

#### 【0011】

図1は、出力電圧V O 1 2 4 、出力電流I O 1 2 2 、出力量U O 1 2 8 、フィードバック信号U F B 1 3 1 、トランジスタ1 3 2 のソース信号U S 1 4 8 、第1の検出フィンガー信号U C 1 1 4 9 、および第2の検出フィンガー信号U C 2 1 5 0 をさらに示す。

#### 【0012】

制御装置1 3 8 は、電流検出回路1 4 0 、制御回路1 4 2 、駆動回路1 4 4 、電流源1 4 6 および1 4 7 、ならびに抵抗器1 5 1 をさらに含む。

#### 【0013】

図1に示される例示的なスイッチング電力コンバーター1 0 0 は、フライバック構成で結合されるが、これは、本発明の教示による利益を享受し得るスイッチング電力コンバーターの一つの例示的なトポロジーにすぎない。スイッチング電力コンバーターの他のよく知られたトポロジーおよび構成も本発明の教示による利益を享受し得ることが理解される。加えて、図1に示される例示的な電力コンバーターは、絶縁電力コンバーターである。非絶縁電力コンバーターも本発明の教示による利益を享受し得ることが理解されなければならない。

#### 【0014】

電力コンバーター1 0 0 は、未調節入力電圧から負荷1 2 6 に出力電力を提供。一実施

10

20

30

40

50

形態において、入力電圧は、AC入力電圧V<sub>AC</sub>102である。別の一実施形態において、入力電圧は、整流された電圧V<sub>RECT</sub>106などの、整流されたAC入力電圧である。整流器104は、整流された電圧V<sub>RECT</sub>106を出力する。一実施形態において、整流器104は、ブリッジ整流器であり得る。整流器104は、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114にさらに結合する。本発明のいくつかの実施形態において、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114は、結合インダクタであり得る。他の実施形態において、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114は、変圧器であり得る。さらなる一例において、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114は、インダクタであり得る。図1に示す例において、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114は、一次巻線112と二次巻線116との2つの巻線を含む。しかし、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114が、2つを上回る巻線を含み得ることが理解されなければならない。図1に示す例において、一次巻線112が入力巻線とみなされ得、二次巻線116が出力巻線とみなされ得る。一次巻線112は、ノーマリーオンスイッチ132と制御スイッチ135とにさらに結合され、制御スイッチ135は入力戻り117にさらに結合される。

#### 【0015】

加えて、図1に示す例においてクランプ回路110が、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114の一次巻線112をまたいで結合されるように示される。入力コンデンサC<sub>IN</sub>108は、一次巻線112とノーマリーオンスイッチ132とをまたいで結合され得る。言い換えると、入力コンデンサC<sub>IN</sub>108は、整流器104と入力戻り117とに結合され得る。

#### 【0016】

エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114の二次巻線116は、整流器D<sub>1</sub>118に結合される。図1に示す例において、整流器D<sub>1</sub>118は、ダイオードとして例示される。出力コンデンサC<sub>1</sub>120と負荷126の両方が、図1において、整流器D<sub>1</sub>118に結合されるように示される。出力が負荷126に提供され、調節対象出力電圧V<sub>O</sub>124、調節対象出力電流I<sub>O</sub>122、またはその2つの組み合わせとして提供され得る。

#### 【0017】

電力コンバーター100は、出力量U<sub>O</sub>128として例示される出力を調節する回路をさらに備える。概して、出力量U<sub>O</sub>128は、出力電圧V<sub>O</sub>124、出力電流I<sub>O</sub>122、またはその2つの組み合わせである。検出回路130は、出力量U<sub>O</sub>128を検出するために、および出力量U<sub>O</sub>128を表すフィードバック信号U<sub>FB</sub>131を提供するために結合される。フィードバック信号U<sub>FB</sub>131は、電圧信号または電流信号であり得る。一例において、検出回路130は、エネルギー伝達要素T<sub>1</sub>114内に含まれる追加的な巻線から出力量U<sub>O</sub>128を検出し得る。

#### 【0018】

別の一例において、制御装置138と検出回路130との間に、ガルバニック絶縁(図示せず)が存在し得る。ガルバニック絶縁は、光結合器、コンデンサ、または磁気結合などのデバイスを使用することにより実装され得る。さらなる一例において、検出回路130は、分圧器を使用して、電力コンバーターの出力100からの出力量U<sub>O</sub>128を検出し得る。

#### 【0019】

カスコード回路129は、ノーマリーオンスイッチ132と制御スイッチ135とを含む。一例において、ノーマリーオンスイッチは、高電子移動度トランジスタ(HEMT: high electron mobility transistor)である。この例において、ノーマリーオンスイッチは、窒化ガリウム(GaN)材料により構成される。別の一例において、ノーマリーオンスイッチは、炭化ケイ素(SiC)材料により構成されるJFETと同様に動作する。

#### 【0020】

制御スイッチ135は、ノーマリーオフスイッチ134、ならびに第1の検出フィンガー136および第2の検出フィンガー137を含む。ノーマリーオフスイッチ134のゲートは、第1の検出フィンガー136のゲートと第2の検出フィンガー137のゲートと

10

20

30

40

50

に結合される。電流検出の精度を改善するために、第1の検出フィンガー136と第2の検出フィンガー137とに関して、ノーマリーオフスイッチ134の抵抗RDS<sub>ON</sub>に対する、概略的な抵抗比が存在する。

#### 【0021】

直列のノーマリーオフスイッチ134がオフであるときに、ノーマリーオンスイッチ132がオフであるように、ノーマリーオンスイッチ132のゲートが結合される。本例において、ノーマリーオンスイッチ132のゲートは、ノーマリーオフスイッチ134のソース端子に結びつけられ、このことは、ノーマリーオンスイッチ132のチャネルをピンチオフ状態にするノーマリーオフスイッチ134に対する負のゲート・ソース電圧を、ノーマリーオフスイッチ134にかかるドレイン・ソース電圧がもたらしたときに、ノーマリーオンスイッチ132がオフに切り替えられることをもたらす。10

#### 【0022】

電流検出回路140は、ノーマリーオンスイッチ132のソース信号U<sub>S</sub>148、第1の検出フィンガー信号U<sub>C1</sub>149、第2の検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150を受信するように結合され、電流制限信号U<sub>CL</sub>153および過電流信号U<sub>OC</sub>152を出力する。制御回路142は、フィードバック信号U<sub>FB</sub>131、電流制限信号U<sub>CL</sub>153、過電流信号U<sub>OC</sub>152に応答して、制御信号U<sub>CONT</sub>154を出力するように結合される。

#### 【0023】

動作時、第1の検出フィンガー信号U<sub>C1</sub>149は、検出フィンガー136のドレインと電流源I<sub>MOD</sub>147により生成される。電流源I<sub>MOD</sub>147の基準値は、一例において、出力電圧、またはカスコード回路129のオン期間を調節するために使用され得る。第1の検出フィンガー136と第2の検出フィンガー137とは、ノーマリーオフスイッチ134に対して比例した抵抗を提供する。第2の検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150は、検出フィンガー137のドレインと電流源I<sub>MAX</sub>146により生成される。電流源I<sub>MAX</sub>146の基準値は、電力コンバーターの最大電流限界を表すように選択される。ノーマリーオフスイッチ135における追加的な第2の検出フィンガーが、温度およびパーツの変動に対して検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150の精度を改善し得る。しかし、いくつかの用途では、検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150が、コンバーターの保護を提供するために使用される信号を生成するために使用されるので、検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150のより低い精度が許容され得る。一例において、第2の検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150は、電流源I<sub>MAX</sub>146と抵抗器(図示せず)により生成され得る。いくつかの例において、費用効果の高い、およびより複雑でない実装例を提供するために、ノーマリーオフスイッチ135の第2のフィンガーを使用する代わりに抵抗器を使用して、第2の検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>150のより大きな公差が許容され得る。2030

#### 【0024】

駆動回路144は、制御信号U<sub>CONT</sub>154に応答して、駆動信号U<sub>DR</sub>133を提供するように結合される。駆動信号U<sub>DR</sub>133は、多段ゲート駆動を含み、多段ゲート駆動において、第1段は、弱いオン切り替え駆動信号U<sub>DR</sub>133を提供し、制御スイッチ135をゆっくりとオンに切り替えて、EMIを下げ、第2段は、制御スイッチ135を完全にオンに切り替えて制御スイッチ135の正確な電流検出を迅速に提供するために、遅延期間後、強いオン切り替え駆動信号U<sub>DR</sub>133を提供する。駆動回路の詳細な説明が図3において提供される。40

#### 【0025】

図2は、電流検出回路240の一例を示すブロック図であり、電流検出回路240は、図1に示す電流検出回路140の一例であり得、以下で参照される同様に命名および番号付けされた要素は、従って、上述のものと同様に結合され、上述のものと同様に機能し得る。電流検出回路240は、ノーマリーオンスイッチ132のソース信号U<sub>S</sub>248、第1の検出フィンガー信号U<sub>C1</sub>249、および第2の検出フィンガー信号U<sub>C2</sub>250を受信するように結合され、電流制限信号U<sub>CL</sub>252および過電流信号U<sub>OC</sub>251を50

出力する。電流検出回路 240 は、比較器 254 および比較器 256 と、任意選択的なクランプ回路 257 を含む。比較器 254 は、非反転入力においてソース信号 U<sub>S</sub>248 を、および、反転入力において第 1 の検出フィンガー信号 U<sub>C1</sub>249 を受信するよう に、および電流制限値信号 U<sub>C\_L</sub>252 を出力するように結合される。ソース信号 U<sub>S</sub>248 が検出フィンガー信号 U<sub>C1</sub>249 より大きいとき、電流制限信号 U<sub>C\_L</sub>252 が論理ハイに遷移する。比較器 256 は、非反転入力においてソース信号 U<sub>S</sub>248 を、お よび反転入力において第 2 の検出フィンガー信号 U<sub>C2</sub>250 を受信するように結合さ れる。ソース信号 U<sub>S</sub>248 が第 2 の検出フィンガー信号 U<sub>C2</sub>250 より大きいとき、過電流信号 U<sub>O\_C</sub>251 が論理ハイに遷移する。クランプ回路 257 は、ソース信号 U<sub>S</sub>248 の電圧範囲をクランプするように結合される。

10

#### 【0026】

図 3 は、図 1 に示す駆動回路 144 の一例であり得る駆動回路 344 の一例を示すプロック図であり、以下で参照される同様に命名および番号付けされた要素は、従って、上述のものと同様に結合され、上述のものと同様に機能し得る。駆動回路 344 は、制御信号 U<sub>CONT</sub>353 を受信するように、および駆動信号 U<sub>DR</sub>333 を出力するように結合される。駆動回路 344 は、トランジスタ 346、348、および 351、ならびに遅延回路 349 をさらに含む。

#### 【0027】

トランジスタ 346 と 351 とは、多段ゲート駆動の弱いオン切り替え段と強いオン切り替え段とを提供する。制御信号 U<sub>CON</sub>353 は、トランジスタ 346 のゲート、トランジスタ 348、および遅延回路 349 に結合される。多段ゲート駆動の第 1 段は、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 が制御スイッチをゆっくりとオンに切り替えて EMI を低減するために、トランジスタ 346 を使用して弱いオン切り替えを提供する。弱いオン切り替え段は、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 が駆動回路電源電圧（図示せず）に対してより低い値にあるときに、トランジスタ 346 を使用して弱いオン切り替え駆動信号 U<sub>DR</sub>333 を提供する。強いオン切り替え段は、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 がより低い値より高い値にあり、駆動回路電源電圧（図示せず）に近いときに、トランジスタ 351 を使用して強いオン切り替え駆動信号 U<sub>DR</sub>333 を提供する。トランジスタ 346 は、トランジスタ 351 より高い抵抗をもつ。遅延回路 349 は、制御信号 U<sub>CONT</sub>353 に応答して、トランジスタ 346 の活性化に対してトランジスタ 351 の活性化を遅延させるために、遅延信号 U<sub>DEL</sub>350 を出力するように結合される。多段ゲート駆動の第 2 段において、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 は、より強いオン切り替えを含み、これは、本発明の教示に従って正確な電流検出を提 30 供するために制御スイッチ 135 を迅速に拡張するためにトランジスタ 351 の低抵抗により生成される。

20

#### 【0028】

動作時、制御信号 U<sub>CONT</sub>353 が論理ローに遷移したとき、トランジスタ 348 がオフに切り替えられ、トランジスタ 346 がオンに切り替えられ、このことが、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 に対する弱いオン切り替えを提供して、制御スイッチ 135 をゆっくりとオンに切り替えて EMI を低減する。遅延回路 349 は、制御信号 U<sub>CONT</sub>350 を遅延させるように結合され、遅延された制御信号 U<sub>DEL</sub>353 を出力する。弱いオン切り替えに応答して、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 が上昇し始め、ノーマリーオフスイッチ 134 を充電し、ノーマリーオフスイッチ 134 は、駆動信号 U<sub>DR</sub>333 がノーマリーオフスイッチ 134 の閾値電圧に達するまでオフに切り替えられたまま留まる。駆動信号 U<sub>DR</sub>333 がノーマリーオフスイッチ 134 の閾値電圧に達したとき、ノーマリーオフスイッチ 134 のドレインにおける電圧がノーマリーオンスイッチ 132 のオン切り替え閾値より大きいため、ノーマリーオフスイッチ 134 がオン切り替えを開始し、ソース信号が低下し始め、ノーマリーオンスイッチ 132 がオフに留まる。ノーマリーオフスイッチのドレインにおける電圧がノーマリーオンスイッチ 132 の閾値に達したとき、ノーマリーオンスイッチ 132 がオン切り替えを開始し、ノーマリーオンスイッチ 132 が完全にオンに切り替えられたとき、ノーマリーオンスイッチ 132 のドレイン電圧が最終的に 0V に近い

40

50

値に達する。しかし、その瞬間は、ノーマリーオフスイッチ 134 が十分に拡張されず、そのドレイン・ソース抵抗 (RDS ON) が公称値にない。遅延回路 349 の遅延が終わったとき、遅延された制御信号 UDEL353 が、トランジスタ 351 をオンに切り替えるように結合され、これが、駆動信号 UDR333 のための強いオン切り替えを提供する。駆動信号 UDR333 は、この時点で、第1段のトランジスタ 346 により提供される弱いオン切り替えと比較して、トランジスタ 351 により提供される強いオン切り替えを伴って、より大きな傾きで上昇する。その結果、制御スイッチ 134 は、この時点で十分に拡張され、ドレイン・ソース抵抗 (RDS ON) が公称値にあり、このことが、本発明の教示に従った正確な電流検出を提供する。

## 【0029】

10

図4は、本発明の教示に従った、制御信号、駆動信号、ソース信号、およびドレイン電圧を示す波形の一例を描いた例示的なタイミング図である。この例において、制御スイッチが十分に拡張されることになるための期間 ( $t_{FE457}$ ) は、多段ゲート駆動を提供しない制御装置の場合には、より長くかかる。

## 【0030】

時点  $t_0$  前、制御信号 UCONT453 が論理ハイであり、駆動信号 UDR433 は約ゼロである。ソース信号 US448 は、ノーマリーオンスイッチをオンに切り替えるための閾値を表す閾値 VTH455 を上回る値である。ノーマリーオンスイッチのドレイン電圧 VD456 は、高い値である。

## 【0031】

20

時点  $t_0$  において、制御信号 UCONT453 は論理ローに遷移する。駆動信号 UDR443 が電源電圧まで上昇し始める。ソース信号 US448 は、閾値 VTH455 を上回る値にある。ノーマリーオンスイッチのドレイン電圧 VD456 は、論理ハイに留まる。

## 【0032】

時間  $t_1$  において、ソース信号 US488 が低下し始めるが、閾値 VTH455 より大きい。ドレイン電圧 VD456 は、同じまま留まる。

## 【0033】

$t_1$  から  $t_2$  の間の期間に、ソース信号 US448 が下りの傾きで低下する。

## 【0034】

時間  $t_2$  において、駆動信号 UDR433 は、ミラーキャパシタンスに起因してほぼ同じ値に留まる。ソース信号 US448 は、時点  $t_1$  におけるソース信号 US448 より低い値にあり、時点  $t_2$  において電圧閾値 VTH455 に達する。ドレイン電圧 VD456 は、下りの傾きで低下し始める。

30

## 【0035】

$t_2$  から  $t_3$  の間の期間に、駆動信号 UDR433 は、ミラーキャパシタンスに起因してほぼ一定値に留まる。ソース信号 US448 は、電圧閾値 VTH455 未満に立ち下がる。ドレイン電圧 VD456 は、下りの傾きでゼロに向かって低下する。

## 【0036】

時点  $t_3$  において、駆動信号は、ほぼ同じ値に留まる。ソース信号 US448 は、既に電圧閾値 VTH455 未満に立ち下がっており、 $t_2$  から  $t_3$  の期間中の傾きより大きな下りの傾きで低下し続ける。ドレイン電圧 VD456 は、ほぼ 0 ボルトである。

40

## 【0037】

時点  $t_4$  において、駆動信号は、駆動回路の電源電圧に向かって上昇し始める。ソース信号 US448 は、ゼロに近い。ドレイン電圧 VD456 は、0 ボルトに近い。

## 【0038】

$t_4$  から  $t_5$  の間の期間に、駆動信号は、上昇し続ける。制御スイッチがオンに切り替えられるが、駆動信号 UDR433 は、ノーマリーオフスイッチを十分に拡張するには十分大きいとはいはず、制御は、制御スイッチが公称抵抗 RDS ON を提供することができる十分に拡張される期間  $T_{FE457}$  として規定された間の期間を必要とする。

## 【0039】

50

時点  $t_5$ において、駆動信号  $U_{DR\ 4\ 3\ 3}$  は、ドライバの電源レールに近い。制御スイッチは、完全にオンに切り替えられ、公称抵抗  $R_{DS\ O\ N}$  をもつ。ソース信号  $U_{S\ 4\ 4\ 8}$  は、ゼロに近い非常に低い値である。ドレイン電圧  $V_{D\ 4\ 5\ 6}$  は、0ボルトであり、ノーマリーオンスイッチは、完全にオンに切り替えられる。

#### 【0040】

図5は、本発明の教示に従った制御信号、駆動信号、ソース信号、およびドレイン電圧を示す波形の一例を描いた例示的なタイミング図である。図4とは対照的に、制御スイッチが十分に拡張されて、公称  $R_{DS\ O\ N}$  を提供するための期間 ( $t_{FE\ 5\ 5\ 7}$ ) は、図1および図2において説明される駆動回路を使用することにより、ここまでに示される期間より著しく短い。

10

#### 【0041】

時点  $t_0$  前、制御信号  $U_{CONT\ 5\ 5\ 3}$  は、論理ハイにある。駆動信号  $U_{DR\ 5\ 3\ 3}$  は低い。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイである。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は、ノーマリーオンスイッチをオンに切り替えるための閾値を表す電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  より大きい。ドレイン電圧  $V_{D\ 5\ 5\ 6}$  は、高い値であるノーマリーオンスイッチのドレンを表す。

#### 【0042】

時点  $t_0$  において、制御信号  $U_{CONT\ 5\ 5\ 3}$  が、論理ローに遷移する。駆動信号  $U_{DR\ 5\ 3\ 3}$  は、低い値にある。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は、電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  より大きい。ドレイン電圧  $V_{D\ 5\ 5\ 6}$  は、高い値にある。

20

#### 【0043】

$t_0$  から  $t_1$  の間に期間に、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 3\ 3}$  は、登りの傾きで駆動回路電源電圧に向かって上昇する。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイに留まる。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は同じ値であり、電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  より大きく留まる。ドレイン電圧  $V_{D\ 5\ 5\ 6}$  は、高い値にある。

#### 【0044】

時点  $t_1$  において、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 3\ 3}$  が制御スイッチの閾値に達し、オンに切り替わり始める。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は、電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  より大きい。

#### 【0045】

$t_1$  から  $t_2$  の間に期間に、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 3\ 3}$  は、ミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチの閾値に留まり、制御スイッチが、オン切り替えを続ける。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は、下りの傾きで低下し始めるが、依然として電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  より大きい。ドレイン電圧  $V_{D\ 5\ 5\ 6}$  は、高い値にある。

30

#### 【0046】

時点  $t_2$  において、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 5\ 3}$  は、ミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチのほぼ閾値に留まり、制御スイッチは、オン切り替えを続ける。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  は、ノーマリーオンスイッチの電圧閾値  $V_{TH}$  に近づく。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  が電圧閾値  $V_{TH}$  に達すると、ノーマリーオンスイッチがオンに切り替わり始める。

40

#### 【0047】

$t_2$  から  $t_3$  の間に期間に、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 5\ 3}$  がミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチのほぼ閾値に留まり、制御スイッチがオン切り替えを続ける。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  が、ノーマリーオンスイッチの電圧閾値  $V_{TH\ 5\ 5\ 5}$  をわずかに下回り、オン切り替えを続ける。

#### 【0048】

時点  $t_3$  において、駆動信号  $U_{DR\ 5\ 5\ 3}$  がミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチのほぼ閾値に留まり、制御スイッチがオン切り替えを続ける。遅延信号  $U_{DEL\ 5\ 5\ 0}$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_{S\ 5\ 4\ 8}$  が、ノーマリーオンスイッチの電圧閾値未満であり、ノーマリーオンスイッチは、完全にオンに切り替えられる。ドレイン電圧

50

$V_D 556$  は、ゼロに近い。

【0049】

$t_3$  と  $t_4$  の間ににおいて、駆動信号  $U_{DR} 553$  がミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチのほぼ閾値に留まり、制御スイッチはオン切り替えを続ける。遅延信号  $U_{DEL} 550$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_S 548$  は、下りの傾きでゼロに向かって低下する。ドレイン電圧  $V_D 556$  は、ゼロに近い。

【0050】

時点  $t_4$  において、駆動信号  $U_{DR} 553$  がミラーキャパシタンスに起因して制御スイッチのほぼ閾値に留まり、制御スイッチはオン切り替えを続ける。遅延信号  $U_{DEL} 550$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_S 548$  は、ゼロまでの非常に低い値である。  
ドレイン電圧  $V_D 556$  は、ゼロに近い。

10

【0051】

$t_4$  から  $t_5$  の間に期間に、駆動信号  $U_{DR} 553$  は、駆動回路の電圧源レールに向かって傾斜し始めるが、制御スイッチは十分に拡張されない。駆動信号が上昇するにつれて、制御スイッチの  $RDS_{ON}$  が低下する。遅延信号  $U_{DEL} 550$  は、論理ハイ値に留まる。ソース信号  $U_S 548$  は、ゼロに近い。ドレイン電圧  $V_D 556$  は、ゼロに近い。

【0052】

時点  $t_5$  において、遅延信号  $U_{DEL} 550$  が論理ローに遷移し、多段ゲート駆動の第2段が有効化される。多段駆動の第2段は、トランジスタ  $346$  より低い抵抗をもつ図3に示すトランジスタ  $351$  をオンに切り替える。ソース信号  $U_S 548$  は、ゼロに近づく。ドレイン電圧  $V_D 556$  は、ゼロに近い。

20

【0053】

$t_5$  から  $t_6$  の間に期間に、駆動信号  $U_{DR} 533$  は、駆動回路の電源電圧に向かって上昇する。ソース信号  $U_S 548$  は、負の傾きでゼロに近づく。ドレイン電圧  $V_D$  は、ゼロに近い。

【0054】

時点  $t_6$  において、駆動信号は、ドライバの電源レールの電圧に近い。制御スイッチは、完全にオンに切り替えられ、十分に拡張される。電力スイッチが十分に拡張されることになるための期間 ( $t_{FE557}$ ) は、図4に示されるような十分に拡張されるための期間未満である。

30

【0055】

図6は、本発明の教示に従ったカスコードスイッチの電流を検出するための制御装置の別の例である。カスコードスイッチは、制御スイッチ  $635$  とノーマリーオンスイッチ  $632$  を含む。

【0056】

制御スイッチ  $635$  は、ノーマリーオフスイッチ  $634$  と第1の検出フィンガー  $636$  とを含む。

【0057】

制御装置  $638$  は、ソース信号  $U_S 648$ 、第1の検出フィンガー信号  $U_{C1} 649$ 、フィードバック信号  $U_{FB} 631$  を受信するように結合され、制御スイッチ  $635$  に駆動信号  $U_{DR} 633$  を出力する。制御装置  $638$  は、電流検出回路  $640$ 、制御回路  $642$ 、および駆動回路  $644$  をさらに含む。

40

【0058】

電流検出回路  $640$  は、ノーマリーオンスイッチ  $632$  のソース信号  $U_S 648$ 、第1の検出フィンガー信号  $U_{C1} 649$ 、第2の検出フィンガー信号  $U_{C2} 650$  を受信するように結合され、電流制限信号  $U_{CL} 653$  および過電流信号  $U_{OC} 652$  を出力する。

【0059】

制御回路  $642$  は、フィードバック信号  $U_{FB} 631$ 、電流制限信号  $U_{CL} 653$ 、過電流信号  $U_{OC} 652$  を受信するように結合され、制御信号  $U_{CONT} 654$  を出力する。

【0060】

50

動作時、第1の検出フィンガー信号 U C 1 6 4 9 は、第1の検出フィンガー 6 3 6 のドレインおよび電流源 I M O D 6 4 7 により生成される。電流源 I M O D 6 4 7 の値は、出力電圧またはカスコード回路のオン期間を調節するために選択される。第1の検出フィンガー 6 3 6 は、スイッチ 6 3 4 に比例した抵抗を提供する。第2の検出フィンガー信号 U C 2 6 5 0 は、電流源 I M A X 6 4 6 と抵抗器 6 5 1 とにより生成される。電流源 I M A X 6 4 6 の基準値は、電力コンバーターの最大電流限界を表すように選択される。

#### 【 0 0 6 1 】

駆動回路 6 4 4 は、制御信号 U C O N T 6 5 4 に応答して、駆動信号 U D R 6 3 3 を提供するように結合される。本発明の教示に従った正確な電流検出を提供するために、駆動信号 U D R 6 3 3 は、多段ゲート駆動を含み、多段ゲート駆動において、第1段が、E M I を下げるための弱いオン切り替えであり、第2段が、遅延期間後の強いオン切り替えである。

#### 【 0 0 6 2 】

図7は、図1に示す電流検出回路 1 4 0 または図6に示す 6 4 0 の一例であり得る電流検出回路 7 4 0 の一例を示すブロック図であり、以下で参照される同様に命名および番号付けされた要素は、従って、上述のものと同様に結合され、上述のものと同様に機能し得る。電流検出回路 7 4 0 は、ソース信号 U S 7 4 8 、第1の検出フィンガー信号 U C 1 7 4 9 、および第2の検出フィンガー信号 U C 2 7 5 0 を受信するように結合され、電流制限信号 U C L 7 5 2 および過電流信号 U O C 7 5 1 を出力する。電流検出回路 7 4 0 は、比較器 7 5 4 および比較器 7 5 6 と、任意選択的なクランプ回路 7 5 7 とを含む。比較器 7 5 4 は、一例において任意選択的なクランプ回路 7 5 7 を通して受信され得るソース信号 U S 7 4 8 を非反転入力において受信するように、および、反転入力において検出フィンガー信号 U C 1 7 4 9 を受信するように結合され、および電流制限値信号 U C L 7 5 2 を出力する。ソース信号 U S 7 4 8 が検出フィンガー信号 U C 1 7 4 9 より大きいとき、電流制限信号 U C L 7 5 2 が論理ハイに遷移する。比較器 7 5 6 は、一例において任意選択的なクランプ回路 7 5 7 を通して受信され得るソース信号 U S 2 4 8 を非反転入力において受信するように、および反転入力において第2の検出フィンガー信号 U C 2 7 5 0 を受信するように結合される。ソース信号 U S 7 4 8 が第2の検出フィンガー信号 U C 2 7 5 0 より大きいとき、過電流信号 U O C 7 5 1 は論理ハイに遷移する。

#### 【 0 0 6 3 】

本発明に関して示される例についての上述の説明は、要約で説明される事項を含め、網羅的であることも、開示される形態そのものの限定であることも意図されない。本発明の特定の実施形態および例が、本明細書において例示を目的として説明されるが、本発明のより広い趣旨および範囲から逸脱することなく様々な同等な変更が可能である。実際、具体的で例示的な電圧、電流、周波数、出力範囲値、時間などが説明のために提示されることと、本発明の教示に従った他の実施形態および例において他の値も使用し得ることが理解される。

#### 【 0 0 6 4 】

前述の詳細な説明を考慮して、本発明の例に対してこれらの変更が適用され得る。後述の請求項で使用される用語は、本発明を明細書と請求項とに開示される特定の実施形態に限定するように解釈されてはならない。むしろ、範囲は、後述の請求項により完全に定義されなければならないらず、確立された請求項の解釈の原則に従って解釈されなければならない。従って、本明細書および図は、限定するものではなく例示的なものとみなされる。

#### 〔付記項1〕

ソース信号と第1の検出フィンガー信号と第2の検出フィンガー信号とに応答して、電流制限信号と過電流信号とを生成するように結合された電流検出回路と、

前記電流制限信号と前記過電流制限信号とに応答して、制御信号を生成するように結合された制御回路と、

前記制御信号に応答して、多段ゲート駆動を含む駆動信号を生成するように結合された駆動回路と、

10

20

30

40

50

を備え、

前記多段ゲート駆動の第1段における前記駆動信号が、スイッチをゆっくりとオンに切り替えて電磁妨害（EMI）を低減するように構成された弱いオン切り替え駆動信号であり、

前記多段ゲート駆動の第2段における前記駆動信号が、前記スイッチを迅速に完全にオンに切り替えて前記スイッチの正確な電流検出を可能にするように構成された強いオン切り替え駆動信号である、

電力コンバーターにおける使用のための制御装置。

[付記項2]

前記電流検出回路が、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第1の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記電流制限信号を生成する第1の比較器と、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第2の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記過電流信号を生成する第2の比較器と、

をさらに備える、

付記項1に記載の制御装置。

[付記項3]

前記電流検出回路が、前記ソース信号を受信するように結合された、および前記第1の比較器の前記第1の入力と前記第2の比較器の前記第1の入力とに結合されたクランプ回路をさらに備える、

付記項2に記載の制御装置。

[付記項4]

前記駆動回路が、

前記制御信号を受信するように結合された、および、前記多段ゲート駆動の前記第1段における前記弱いオン切り替え駆動信号を生成するように結合された、第1の抵抗をもつ第1のトランジスタと、

前記制御信号を受信するように結合された、および遅延された制御信号を出力するように結合された遅延回路と、

前記遅延された制御信号を受信するように結合された、第2の抵抗をもつ第2のトランジスタと、

をさらに備え、

前記第2のトランジスタが、前記多段ゲート駆動の前記第2段における前記強いオン切り替え駆動信号を生成するように結合され、

前記強いオン切り替え駆動信号の駆動が、前記弱いオン切り替え駆動信号の駆動より大きくなる、

前記第1のトランジスタの前記第1の抵抗が、前記第2のトランジスタの前記第2の抵抗より大きい、

付記項1に記載の制御装置。

[付記項5]

前記第2の検出フィンガー信号が、抵抗器に結合された電流源により生成される、

付記項1に記載の制御装置。

[付記項6]

電力コンバーターであって、

前記電力コンバーターの入力と前記電力コンバーターの出力との間に結合されたエネルギー要素と、

前記電力コンバーターの前記入力と前記エネルギー伝達要素とに結合されたカスコード回路と、

前記カスコード回路のスイッチングを制御して、前記電力コンバーターの前記入力から

10

20

30

40

50

前記電力コンバーターの前記出力へのエネルギーの伝達を制御するように結合された制御装置と、

を備え、

前記制御装置が、

前記カスコード回路から受信されるように結合されたソース信号と第1の検出フィンガー信号と第2の検出フィンガー信号とに応答して、電流制限信号と過電流信号とを生成するように結合された電流検出回路と、

前記電流制限信号と過電流制限信号とに応答して、制御信号を生成するように結合された制御回路と、

前記制御信号に応答して、多段ゲート駆動を含む駆動信号を生成して、前記カスコード回路の前記スイッチングを制御するように結合された駆動回路と、

を含み、

前記多段ゲート駆動の第1段における前記駆動信号が、前記カスコード回路をゆっくりとオンに切り替えて電磁妨害(EMI)を低減するように構成された弱いオン切り替え駆動信号であり、

前記多段ゲート駆動の第2段における前記駆動信号が、前記カスコード回路を迅速に完全にオンに切り替えて前記カスコード回路の正確な電流検出を可能にするように構成された強いオン切り替え駆動信号である、

電力コンバーター。

[付記項7]

前記カスコード回路が、

ノーマリーオンスイッチと、

前記ノーマリーオンスイッチに結合された制御スイッチと、

を備え、

前記制御スイッチが、第1の検出フィンガーに結合されたノーマリーオフスイッチを含み、

前記第1の検出フィンガーのゲートが、前記ノーマリーオフスイッチのゲートに結合された、

付記項6に記載の電力コンバーター。

[付記項8]

前記制御スイッチが、前記ノーマリーオフスイッチに結合された第2の検出フィンガーをさらに備え、

前記第2の検出フィンガーのゲートが、前記ノーマリーオフスイッチの前記ゲートに結合された、

付記項7に記載の電力コンバーター。

[付記項9]

前記ノーマリーオンスイッチが、窒化ガリウム(GaN)により構成される材料である、

付記項6に記載の電力コンバーター。

[付記項10]

前記第1の検出フィンガー信号が、前記第1の検出フィンガーのドレインに結合された第1の電流源により生成される、

付記項7に記載の電力コンバーター。

[付記項11]

前記第2の検出フィンガー信号が、前記第2の検出フィンガーのドレインに結合された第2の電流源により生成される、

付記項8に記載の電力コンバーター。

[付記項12]

前記電流検出回路が、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第1の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力とを含み、前記電流制限信号を生成する第1

10

20

30

40

50

の比較器と、

前記ソース信号を受信するように結合された第1の入力と、前記第2の検出フィンガー信号を受信するように結合された第2の入力を含み、前記過電流信号を生成する第2の比較器と、

をさらに備える、

付記項6に記載の電力コンバーター。

[付記項13]

前記電流検出回路が、前記ソース信号を受信するように結合された、および前記第1の比較器の前記第1の入力と前記第2の比較器の前記第1の入力とに結合された、クランプ回路をさらに備える、

10

付記項12に記載の制御装置。

[付記項14]

前記駆動回路が、

前記制御信号を受信するように結合された、および、前記多段ゲート駆動の前記第1段における前記弱いオン切り替え駆動信号を生成するように結合された、第1の抵抗をもつ第1のトランジスタと、

前記制御信号を受信するように結合された、および、遅延された制御信号を出力するように結合された、遅延回路と、

前記遅延された制御信号を受信するように結合された第2の抵抗をもつ第2のトランジスタと、

20

をさらに備え、

前記第2のトランジスタが、前記多段ゲート駆動の前記第2段における前記強いオン切り替え駆動信号を生成するように結合され、

前記強いオン切り替え駆動信号の駆動が、前記弱いオン切り替え駆動信号の駆動より大きく、

前記第1のトランジスタの前記第1の抵抗が、前記第2のトランジスタの前記第2の抵抗より大きい、

付記項6に記載の制御装置。

[付記項15]

前記第2の検出フィンガー信号が、抵抗器に結合された電流源により生成される、

30

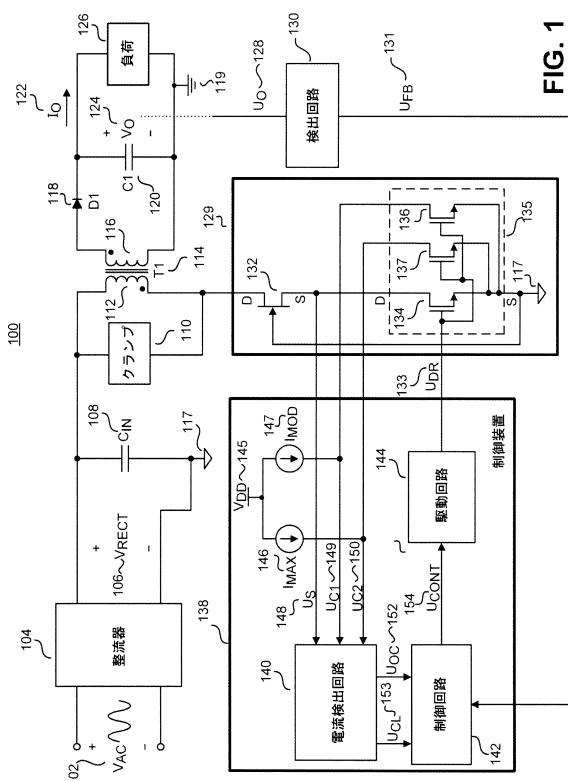
付記項6に記載の制御装置。

40

50

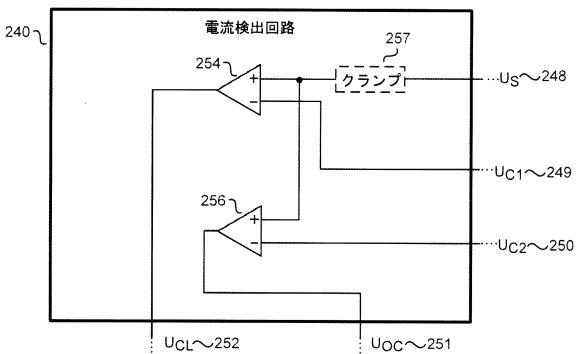
【 図面 】

【図1】



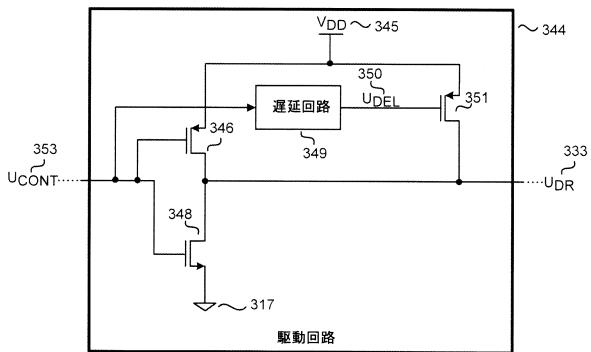
**FIG. 1**

【図2】



**FIG. 2**

【図3】



**FIG. 3**

【図4】

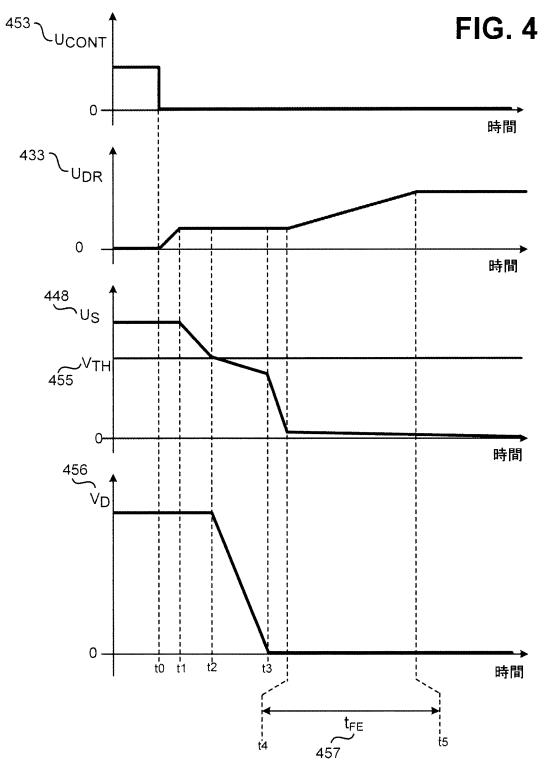
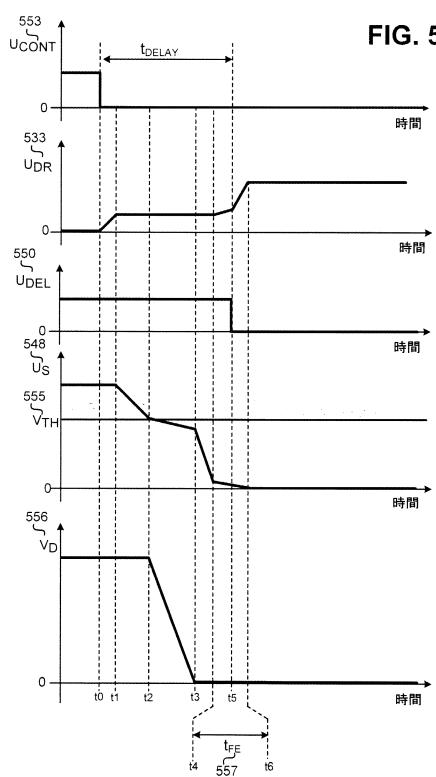
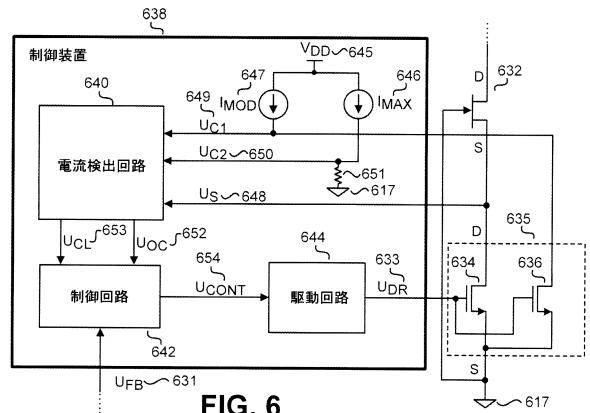


FIG. 4

【図 5】



【図 6】

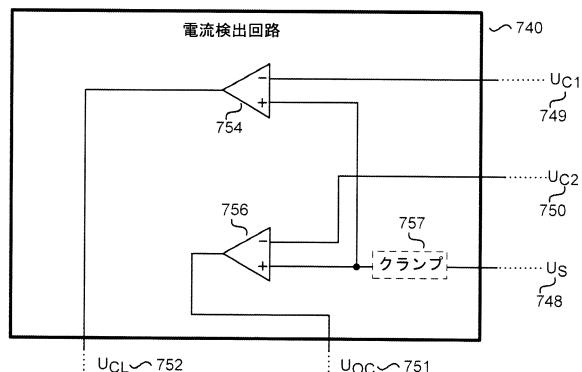


10

20

30

【図 7】



40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献      特開2016-27775 (JP, A)  
                  特開2015-195677 (JP, A)  
                  特開2013-258778 (JP, A)  
                  米国特許第9219420 (US, B1)  
                  特開2004-140423 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
                  H02M 1/00 - 7/98