

(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

F I

H 0 2 M 3/28 (2006.01)

H 0 2 M 3/28 H

H 0 2 M 1/08 (2006.01)

H 0 2 M 1/08 A

H 0 2 M 3/28 C

H 0 2 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・9 5 1 3 8・カリフォ
 ルニア州・サン ホゼ・ヘリヤー アベニ
 ュ・5 2 4 5
 (74)代理人 100100181
 弁理士 阿部 正博
 (74)復代理人 100125818
 弁理士 立原 聡
 (72)発明者 ラジコ ダウンジャック
 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 クレスント 1 2
 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ー
 オフトランジスタスイッチのドレイ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ตอบสนอง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ตอบสนอง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ตอบสนอง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

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 (E M I) 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ト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ノーマリーオフトランジスタスイッチのチャン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、

30

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、

40

請求項 1 に記載の制御装置。

【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ตอบสนอง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ตอบสนอง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ตอบสนอง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 (E M I) 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 (G a N) 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 1 0】

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 1 1】

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 1 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、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 1 1 に記載の電力コンバーター。

【請求項 1 3】

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 1 4】

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】

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

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（AC：alternating current）入力に変換されて、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（DC：direct current）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】

本明細書中の、「一実施形態（one embodiment）」、「一実施形態（an embodiment）」、「一例（one example）」、または「一例（an example）」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徵、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（in one embodiment）」、「一実施形態において（in an embodiment）」、「一例（one example）」または「例（an example）」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、特定の特徵、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せられ得る。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（EMI：electromagnetic interference）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き、ドレイン・ソース抵抗（RDS_{ON}）は公称値になく、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RDS_{ON}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、EMI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EMI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、EMI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、AC入力電圧V_{AC} 102、整流器104、整流された電圧V_{RECT} 106、入力コンデンサC_{IN} 108、クランプ回路110、エネルギー伝達要素T₁ 114、エネルギー伝達要素T₁ 114の一次巻線112、エネルギー伝達要素T₁ 114の二次巻線116、入力戻り117、整流器D₁ 118、出力戻り119、負荷126に結合された出力コンデンサC₁ 120、カスコード回路129、検出回路130、および制御装置138を含んで示される例示的な電力コンバーター100の機能ブロック図を示す。

【0011】

図1は、出力電圧V_O 124、出力電流I_O 122、出力量U_O 128、フィードバック信号U_{FB} 131、トランジスタ132のソース信号U_S 148、第1の検出フィンガー信号U_{C1} 149、および第2の検出フィンガー信号U_{C2} 150をさらに示す。

【0012】

制御装置138は、電流検出回路140、制御回路142、駆動回路144、電流源146および147、ならびに抵抗器151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100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100は、未調節入力電圧から負荷126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_{AC102} 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 $V_{RECT106}$ 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 $V_{RECT106}$ 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 $T1114$ 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 $T1114$ 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 $T1114$ 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 $T1114$ 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 $T1114$ 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 $T1114$ 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。

10

【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 $T1114$ 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_{IN108} 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_{IN108} 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 $T1114$ の二次巻線１１６は、整流器 $D1118$ に結合される。図１に示す例において、整流器 $D1118$ は、ダイオードとして例示される。出力コンデンサ $C1120$ と負荷１２６の両方が、図１において、整流器 $D1118$ 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_{O124} 、調節対象出力電流 I_{O122} 、またはその２つの組み合わせとして提供され得る。

20

【００１７】

電力コンバーター１００は、出力量 U_{O128} 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_{O128} は、出力電圧 V_{O124} 、出力電流 I_{O122} 、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_{O128} を検出するために、および出力量 U_{O128} を表すフィードバック信号 U_{FB131} を提供するために結合される。フィードバック信号 U_{FB131} 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 $T1114$ 内に含まれる追加的な巻線から出力量 U_{O128} を検出し得る。

30

【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_{O128} 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。

40

【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

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 $R_{DS\ ON}$ に対する、概括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 $U_{S\ 148}$ 、第1の検出フィンガー信号 $U_{C\ 1\ 149}$ 、第2の検出フィンガー信号 $U_{C\ 2\ 150}$ を受信するように結合され、電流制限信号 $U_{CL\ 153}$ および過電流信号 $U_{OC\ 152}$ を出力する。制御回路142は、フィードバック信号 $U_{FB\ 131}$ 、電流制限信号 $U_{CL\ 153}$ 、過電流信号 $U_{OC\ 152}$ にตอบสนองして、制御信号 $U_{CONT\ 154}$ 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 $U_{C\ 1\ 149}$ は、検出フィンガー136のドレインと電流源 $I_{MOD\ 147}$ とにより生成される。電流源 $I_{MOD\ 147}$ 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 $U_{C\ 2\ 150}$ は、検出フィンガー137のドレインと電流源 $I_{MAX\ 146}$ とにより生成される。電流源 $I_{MAX\ 146}$ 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 $U_{C\ 2\ 150}$ 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 $U_{C\ 2\ 150}$ 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 $U_{C\ 2\ 150}$ 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 $U_{C\ 2\ 150}$ は、電流源 $I_{MAX\ 146}$ と抵抗器（図示せず）と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 $U_{C\ 2\ 150}$ のより大きな公差が許容され得る。

20

30

【0024】

駆動回路144は、制御信号 $U_{CONT\ 154}$ にตอบสนองして、駆動信号 $U_{DR\ 133}$ を提供するように結合される。駆動信号 $U_{DR\ 133}$ 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 $U_{DR\ 133}$ 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 $U_{DR\ 133}$ 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 $U_{S\ 248}$ 、第1の検出フィンガー信号 $U_{C\ 1\ 249}$ 、および第2の検出フィンガー信号 $U_{C\ 2\ 250}$ を受信するように結合され、電流制限信号 $U_{CL\ 252}$ および過電流信号 $U_{OC\ 251}$ 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 とを含む。比較器 254 は、非反転入力においてソース信号 U_{S248} 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_{C1249} を受信するように、および電流制限値信号 U_{CL252} を出力するように結合される。ソース信号 U_{S248} が検出フィンガー信号 U_{C1249} より大きいとき、電流制限信号 U_{CL252} 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_{S248} 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_{C2250} を受信するように結合される。ソース信号 U_{S248} が第 2 の検出フィンガー信号 U_{C2250} より大きいとき、過電流信号 U_{OC251} が論理ハイに遷移する。クランプ回路 257 は、ソース信号 U_{S248} 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。駆動回路 344 は、制御信号 $U_{CONT353}$ を受信するように、および駆動信号 U_{DR333} 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_{CON353} 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_{DR333} 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_{DR333} 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_{DR333} を提供する。強いオン切り替え段は、駆動信号 U_{DR333} 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_{DR333} 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_{CON353} 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_{DEL350} 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_{DR333} 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

30

【0028】

動作時、制御信号 $U_{CONT353}$ 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_{DR333} 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 $U_{CONT350}$ を遅延させるように結合され、遅延された制御信号 U_{DEL353} を出力する。弱いオン切り替えに
40 応答して、駆動信号 U_{DR333} 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_{DR333} 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_{DR333} 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ので、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 0 V 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 UDEL 353 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 UDR 333 のための強いオン切り替えを提供する。駆動信号 UDR 333 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 (tFE 457) は、多段ゲート駆動を提供しない制御装置の場合には、より長くなる。

【0030】

時点 t0 前、制御信号 UCONT 453 が論理ハイであり、駆動信号 UDR 433 は約ゼロである。ソース信号 US 448 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 VTH 455 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 VD 456 は、高い値である。

【0031】

20

時点 t0 において、制御信号 UCONT 453 は論理ローに遷移する。駆動信号 UDR 443 が電源電圧まで上昇し始める。ソース信号 US 448 は、閾値 VTH 455 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 VD 456 は、論理ハイに留まる。

【0032】

時間 t1 において、ソース信号 US 488 が低下し始めるが、閾値 VTH 455 より大きい。ドレイン電圧 VD 456 は、同じまま留まる。

【0033】

t1 から t2 の間の期間に、ソース信号 US 448 が下りの傾きで低下する。

【0034】

時間 t2 において、駆動信号 UDR 433 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 US 448 は、時点 t1 におけるソース信号 US 448 より低い値にあり、時点 t2 において電圧閾値 VTH 455 に達する。ドレイン電圧 VD 456 は、下りの傾きで低下し始める。

30

【0035】

t2 から t3 の間の期間に、駆動信号 UDR 433 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 US 448 は、電圧閾値 VTH 455 未満に立ち下がる。ドレイン電圧 VD 456 は、下りの傾きでゼロに向かって低下する。

【0036】

時点 t3 において、駆動信号は、ほぼ同じ値に留まる。ソース信号 US 448 は、既に電圧閾値 VTH 455 未満に立ち下がっており、t2 から t3 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 VD 456 は、ほぼ 0 ボルトである。

40

【0037】

時点 t4 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 US 448 は、ゼロに近い。ドレイン電圧 VD 456 は、0 ボルトに近い。

【0038】

t4 から t5 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 UDR 433 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えず、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 TFE 457 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_{DR433} 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 $R_{DS\ ON}$ をもつ。ソース信号 U_{S448} は、ゼロに近い非常に低い値である。ドレイン電圧 V_{D456} 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 $R_{DS\ ON}$ を提供するための期間 (t_{FE557}) 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、ここまで示される期間より著しく短い。

【0041】

時点 t_0 前、制御信号 $U_{CONT553}$ は、論理ハイにある。駆動信号 U_{DR533} は低い。遅延信号 U_{DEL550} は、論理ハイである。ソース信号 U_{S548} 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_{TH555} より大きい。ドレイン電圧 V_{D556} は、高い値であるノーマリーオンスイッチのドレインを表す。

【0042】

時点 t_0 において、制御信号 $U_{CONT553}$ が、論理ローに遷移する。駆動信号 U_{DR533} は、低い値にある。ソース信号 U_{S548} は、電圧閾値 V_{TH555} より大きい。ドレイン電圧 V_{D556} は、高い値にある。

【0043】

t_0 から t_1 の間の期間に、駆動信号 U_{DR533} 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_{DEL550} は、論理ハイに留まる。ソース信号 U_{S548} は同じ値であり、電圧閾値 V_{TH555} より大きく留まる。ドレイン電圧 V_{D556} は、高い値にある。

【0044】

時点 t_1 において、駆動信号 U_{DR533} 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_{DEL550} は、論理ハイ値に留まる。ソース信号 U_{S548} は、電圧閾値 V_{TH555} より大きい。

【0045】

t_1 から t_2 の間の期間に、駆動信号 U_{DR533} 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_{DEL550} は、論理ハイ値に留まる。ソース信号 U_{S548} は、下りの傾きで低下し始めるが、依然として電圧閾値 V_{TH555} より大きい。ドレイン電圧 V_{D556} は、高い値にある。

【0046】

時点 t_2 において、駆動信号 U_{DR553} 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_{DEL550} は、論理ハイ値に留まる。ソース信号 U_{S548} 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_{S548} 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。

【0047】

t_2 から t_3 の間の期間に、駆動信号 U_{DR553} 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_{S548} が、ノーマリーオンスイッチの電圧閾値 V_{TH555} 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_{DR553} 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_{DEL550} は、論理ハイ値に留まる。ソース信号 U_{S548} 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

10

20

30

40

50

V_{D556}は、ゼロに近い。

【0049】

t₃とt₄との間において、駆動信号U_{DR553}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_{DEL550}は、論理ハイ値に留まる。ソース信号U_{S548}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_{D556}は、ゼロに近い。

【0050】

時点t₄において、駆動信号U_{DR553}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_{DEL550}は、論理ハイ値に留まる。ソース信号U_{S548}は、ゼロまでの非常に低い値である。ドレイン電圧V_{D556}は、ゼロに近い。

10

【0051】

t₄からt₅の間の期間に、駆動信号U_{DR553}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R_{DS(ON)}が低下する。遅延信号U_{DEL550}は、論理ハイ値に留まる。ソース信号U_{S548}は、ゼロに近い。ドレイン電圧V_{D556}は、ゼロに近い。

【0052】

時点t₅において、遅延信号U_{DEL550}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_{S548}は、ゼロに近づく。ドレイン電圧V_{D556}は、ゼロに近い。

20

【0053】

t₅からt₆の間の期間に、駆動信号U_{DR533}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_{S548}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t₆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とを含む。

【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_{S648}、第1の検出フィンガー信号U_{C1649}、フィードバック信号U_{FB631}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_{DR633}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_{S648}、第1の検出フィンガー信号U_{C1649}、第2の検出フィンガー信号U_{C2650}を受信するように結合され、電流制限信号U_{CL653}および過電流信号U_{OC652}を出力する。

【0059】

制御回路642は、フィードバック信号U_{FB631}、電流制限信号U_{CL653}、過電流信号U_{OC652}を受信するように結合され、制御信号U_{CONT654}を出力する。

【0060】

50

動作時、第1の検出フィンガー信号UC1 649は、第1の検出フィンガー636のドレインおよび電流源IMOD647により生成される。電流源IMOD647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636は、スイッチ634に比例した抵抗を提供する。第2の検出フィンガー信号UC2 650は、電流源IMAX646と抵抗器651とにより生成される。電流源IMAX646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。

【0061】

駆動回路644は、制御信号UCONT654にตอบสนองして、駆動信号UDR633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UDR633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、EMI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。

【0062】

図7は、図1に示す電流検出回路140または図6に示す640の一例であり得る電流検出回路740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740は、ソース信号US748、第1の検出フィンガー信号UC1 749、および第2の検出フィンガー信号UC2 750を受信するように結合され、電流制限信号UCL752および過電流信号UOC751を出力する。電流検出回路740は、比較器754および比較器756と、任意選択的なクランプ回路757とを含む。比較器754は、一例において任意選択的なクランプ回路757を通して受信され得るソース信号US748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UC1 749を受信するように結合され、および電流制限値信号UCL752を出力する。ソース信号US748が検出フィンガー信号UC1 749より大きいとき、電流制限信号UCL752が論理ハイに遷移する。比較器756は、一例において任意選択的なクランプ回路757を通して受信され得るソース信号US248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UC2 750を受信するように結合される。ソース信号US748が第2の検出フィンガー信号UC2 750より大きいとき、過電流信号UOC751は論理ハイに遷移する。

【0063】

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へ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とが理解される。

【0064】

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、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ตอบสนอง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ตอบสนอง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ตอบสนอง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 (E M I) 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、

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ตอบสนอง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ตอบสนอง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ตอบสนอง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 (E M I) 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 (G a N) 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 6 に記載の電力コンバーター。

[付記項 1 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 1 2 に記載の制御装置。

[付記項 1 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、

付記項 6 に記載の制御装置。

[付記項 1 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 6 に記載の制御装置。

10

20

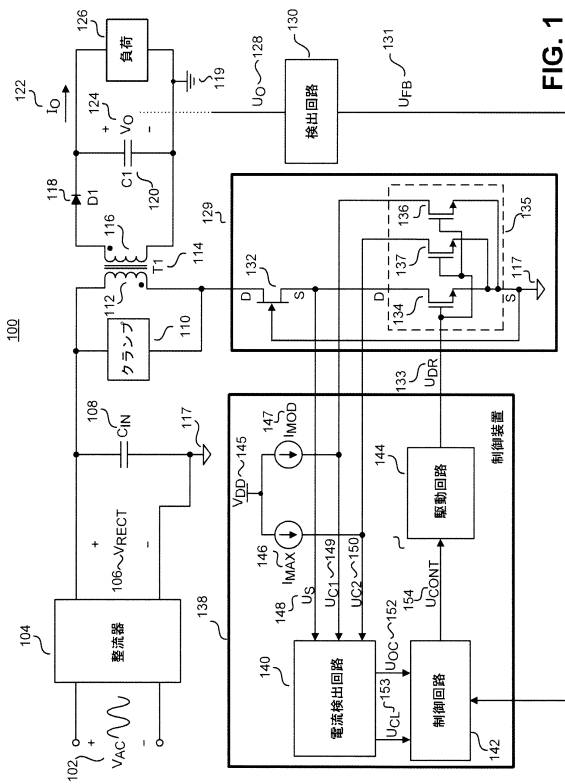
30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】

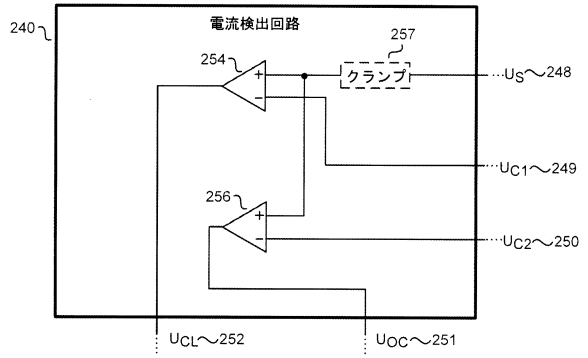


FIG. 2

10

20

【 図 3 】

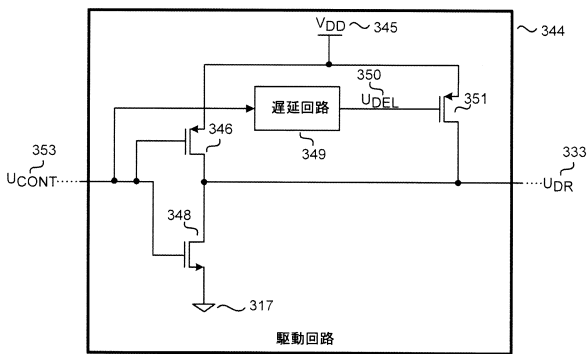


FIG. 3

【 図 4 】

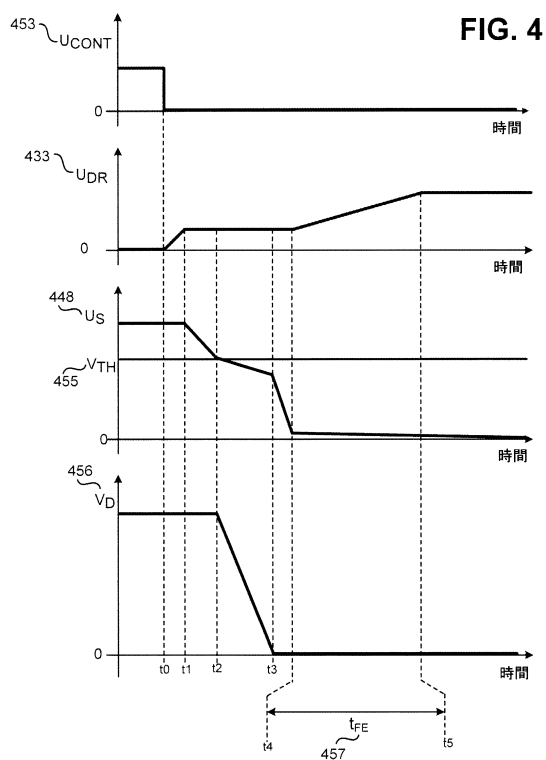


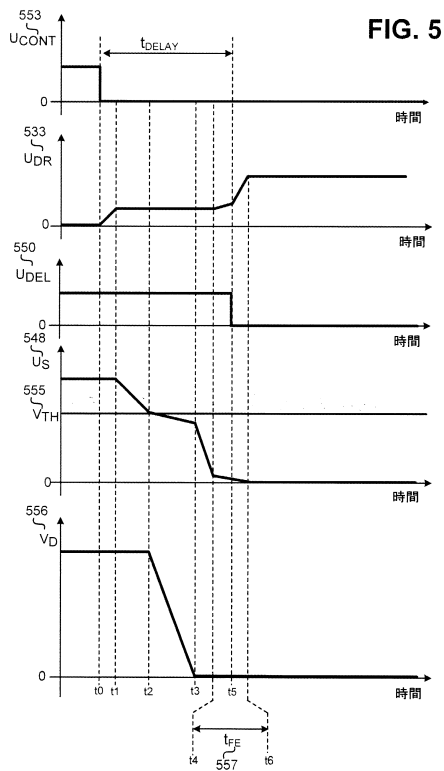
FIG. 4

30

40

50

【 図 5 】



【圖 6】

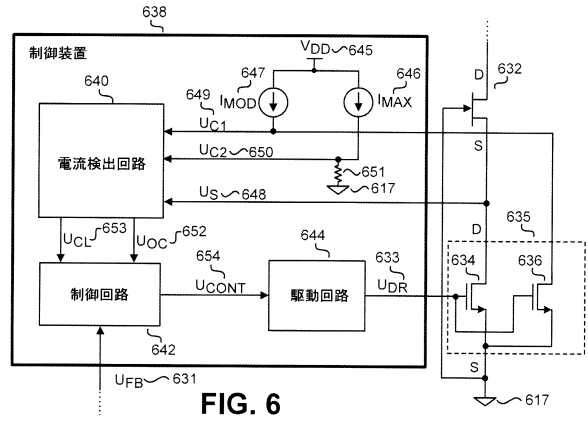


FIG. 6

10

20

【圖 7】

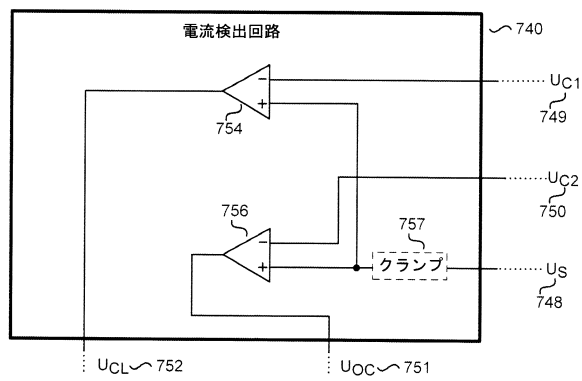


FIG. 7

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 2 7 7 7 5 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 9 5 6 7 7 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 5 8 7 7 8 (J P , A)
米国特許第 9 2 1 9 4 2 0 (U S , B 1)
特開 2 0 0 4 - 1 4 0 4 2 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 M 1 / 0 0 - 7 / 9 8