

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4928180号
(P4928180)

(45) 発行日 平成24年5月9日(2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.

H02M 3/28 (2006.01)

F 1

H02M 3/28
H02M 3/28C
H

請求項の数 23 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-189048 (P2006-189048)
 (22) 出願日 平成18年7月10日 (2006.7.10)
 (65) 公開番号 特開2007-20394 (P2007-20394A)
 (43) 公開日 平成19年1月25日 (2007.1.25)
 審査請求日 平成21年7月8日 (2009.7.8)
 (31) 優先権主張番号 11/177,096
 (32) 優先日 平成17年7月8日 (2005.7.8)
 (33) 優先権主張国 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・アベニュー
 5245
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】スイッチング電源のスイッチ内の最大スイッチ電流を制限する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スイッチング電源のためのスイッチング調整回路であって、
エネルギー伝達要素に結合されるスイッチと、
 前記スイッチのスイッチングを制御し、電源の出力を調整するように前記スイッチに結合されたコントローラと、
 前記コントローラ内部に含まれ、前記スイッチ内の電流を第1の電流制限および第2の電流制限とそれぞれ比較するように結合された第1の比較器と第2の比較器とを含む電流センサとを備え、前記コントローラは、前記スイッチ内の前記電流が前記第1の電流制限より大きい場合、前記スイッチの次のスイッチング・サイクルまで、前記スイッチの現在のスイッチング・サイクルの残りの間、前記スイッチを開き、

前記コントローラ内部に含まれ、前記第2の比較器に結合される周波数調整器をさらに備え、前記周波数調整器は、前記コントローラ内部に含まれる発振器の発振周波数を調整し、

前記周波数調整器は、前記スイッチ内の前記電流が前記第2の電流制限より大きい場合、前記発振周波数を低減して、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルを遅延してスイッチング期間を第1の延長されたスイッチング期間に延長し、かつ前記スイッチ内の前記電流が第2の連続するスイッチング・サイクルに対し前記第2の電流制限より大きい場合、前記発振周波数を低減して、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルを遅延して前記スイッチング期間を第2のスイッチング期間に延長するように結合され、

前記第2の延長されたスイッチング期間は、前記第1の延長されたスイッチング期間より長い、スイッチング調整回路。

【請求項2】

前記周波数調整器は、前記第2の比較器の出力信号に応答して、前記発振器の発振周波数を低くして、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルの開始を遅延させる、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

【請求項3】

前記周波数調整器は、前記第2の比較器に応答して、前記発振器の前記発振周波数を低くして、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルをスキップする、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

10

【請求項4】

前記コントローラは集積回路内部に含まれる、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

【請求項5】

前記スイッチは前記集積回路内部に含まれる、請求項4に記載のスイッチング調整回路。

【請求項6】

前記第2の電流制限は前記第1の電流制限より大きい、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

【請求項7】

前記コントローラ内部に含まれ、前記電流センサに結合された立上りブランкиング回路をさらに備える、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

20

【請求項8】

前記周波数調整器は、前記発振器の前記発振周波数を調整して、前記エネルギー伝達要素に結合された出力に絶え間ない調整を行う、請求項1に記載のスイッチング調整回路。

【請求項9】

スイッチング電源内のエネルギーの伝達を調整するための方法であって、

エネルギー伝達要素に結合されたスイッチをスイッチングして、前記エネルギー伝達要素を介するエネルギーの伝達を調整するステップを備え、前記スイッチング電源は、前記エネルギー伝達要素および前記スイッチを含み、

30

前記スイッチ内の電流を第1の電流制限と比較するステップと、

前記スイッチ内の前記電流を第2の電流制限と比較するステップと、

前記スイッチ内の前記電流が、前記第1の電流制限より大きい場合、前記スイッチの次のスイッチング・サイクルまで、前記スイッチの現在のスイッチング・サイクルの残りの間、前記スイッチを開くステップと、

前記スイッチ内の前記電流が、前記第2の電流制限より大きい場合、前記スイッチング期間を第1の延長されたスイッチング期間に延長することによって、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルを遅延させるステップと、

前記スイッチ内の前記電流が、第2の連続するスイッチング・サイクルに対する前記第2の電流制限より大きい場合、前記スイッチング期間を第2の延長されたスイッチング期間に延長することによって、前記スイッチの前記次のスイッチングサイクルを遅延するステップとを備え、前記第2の延長されたスイッチング期間は、前記第1の延長されたスイッチング期間より長い、エネルギーの伝達を調整するための方法。

40

【請求項10】

前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルを遅延させるステップは、前記スイッチ内の前記電流が前記第2の電流制限より大きい場合、発振器の周波数を低減するステップを含む、請求項9に記載のエネルギーの伝達を調整するための方法。

【請求項11】

前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルを遅延させるステップは、前記スイッチ内の前記電流が前記第2の電流制限より大きい場合、前記スイッチの前記次のスイッチ

50

ング・サイクルをスキップするステップを含む、請求項 9 に記載のエネルギーの伝達を調整するための方法。

【請求項 12】

前記第 2 の電流制限は前記第 1 の電流制限より大きい、請求項 9 に記載のエネルギーの伝達を調整するための方法。

【請求項 13】

前記スイッチの各スイッチング・サイクルの立上りランキング時間中、前記スイッチを流れる前記電流を無視するステップをさらに備える、請求項 9 に記載のエネルギーの伝達を調整するための方法。

【請求項 14】

前記次のスイッチング・サイクルを遅延させるステップは、前記エネルギー伝達要素に結合された出力の絶え間ない調整を維持するステップを含む、請求項 9 に記載のエネルギーの伝達を調整するための方法。

【請求項 15】

スイッチング電源であって、

前記スイッチング電源の入力と出力の間に結合されたエネルギー伝達要素と、

前記スイッチング電源の前記入力から前記スイッチング電源の前記出力へのエネルギーの伝達をフィードバック信号に応答して調整するように前記エネルギー伝達要素の入力に結合されたスイッチと、

前記スイッチのスイッチングを制御するように前記スイッチに結合されたコントローラと、

前記コントローラ内部に含まれ、前記スイッチ内の電流を第 1 の電流制限および第 2 の電流制限とそれぞれ比較するように結合された第 1 の比較器と第 2 の比較器とを含む電流センサとを備え、前記コントローラは、前記第 1 の電流制限より大きい前記スイッチ内の前記電流に応答して、前記スイッチの次のスイッチング・サイクルまで、前記スイッチの現在のスイッチング・サイクルの残りの間、前記スイッチを開き、前記第 1 の比較器および前記第 2 の比較器は、前記スイッチ内の前記電流を前記フィードバック信号とは独立したそれぞれの電流制限と比較するように結合され、

前記コントローラ内部に含まれ、前記第 2 の比較器に結合される周波数調整器をさらに備え、前記周波数調整器は、前記第 2 の電流制限より大きい前記スイッチ内の前記電流に応答して、前記コントローラ内部に含まれる発振器の発振周波数を低減する、スイッチング電源。

【請求項 16】

電源の前記出力と、前記コントローラとの間に結合されて、電源の前記出力から前記コントローラに前記フィードバック信号を供給するフィードバック回路をさらに備える、請求項 15 に記載のスイッチング電源。

【請求項 17】

前記コントローラを含む集積回路をさらに備える、請求項 15 に記載のスイッチング電源。

【請求項 18】

前記集積回路が前記スイッチをさらに含む、請求項 17 に記載のスイッチング電源。

【請求項 19】

前記第 2 の電流制限が前記第 1 の電流制限より大きい、請求項 15 に記載のスイッチング電源。

【請求項 20】

前記周波数調整器は、前記発振器の前記発振周波数を調整して、電源の前記出力に絶え間ない調整を行う、請求項 15 に記載のスイッチング電源。

【請求項 21】

前記コントローラは、前記スイッチ内の前記電流が前記第 2 の電流制限より大きい場合、前記スイッチの前記次のスイッチング・サイクルまで、前記スイッチの前記現在のスイ

10

20

30

40

50

ツチング・サイクルの前記残りの間、前記スイッチをさらに開く、請求項 1 に記載のスイッチング調整回路。

【請求項 2 2】

前記周波数調整器は、前記第 2 の比較器と前記発振器の周波数調整入力との間に結合されるラッチを含み、前記ラッチは、立上りプランギング時間の後、前記スイッチング期間中、前記第 2 の比較器の前記スイッチ内の前記電流が前記第 2 の電流制限より大きいことの検出に応答してセットされる、請求項 1 に記載のスイッチング調整回路。

【請求項 2 3】

前記ラッチは、前記発振器のクロック出力に結合され、前記ラッチは、前記次のスイッチング期間の始めて、前記クロック出力によってリセットされる、請求項 2 2 に記載のスイッチング調整回路。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は全体として電子回路に関し、より具体的には、本発明は、スイッチング・モードの電源に関する。

【背景技術】

【0002】

スイッチング電源内部のスイッチは、過電圧、過電流、または電圧と電流の特定の組合せから損傷を被る可能性がある。瞬間的な電圧と電流は、安全な動作領域として決められた境界内に留まってスイッチに対する損傷を防止しなければならない。したがって、スイッチング電源のためのコントローラは、スイッチを保護する目的と、出力を調整する目的で、通常測定された電圧と電流を供給する。 20

【0003】

現実のデバイスの矛盾する要件と限界により、コントローラがすべての条件下でスイッチを保護するのに必要な量を測定することは、不可能または非現実的であることが多い。スイッチにかかる最大電圧は、通常、入力電圧の単純な測定から推定することができるのに対して、スイッチ内の電流の測定は、通常、はるかに難しい。

【0004】

コントローラは、通常、スイッチング期間内のある時間にスイッチ電流の測定をマスクして、過電流の偽の指示を回避しなければならない。さらに、過電流の検出と適切な応答の間に、常にいくらかの遅延が存在する。このため、従来の方法は、ある過渡的な装荷の条件、または障害の条件の下で、スイッチを損傷から保護することができない可能性がある。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

電源内部で利用することができる電源調整器の諸実施形態を開示する。以下の説明では、本発明の徹底的な理解をもたらすために、多数の特定の詳細を提示する。しかし、その特定の詳細が、本発明を実施するのに使用されなくてもよいことが当業者には明白となろう。実施に関連する周知の方法は、本発明を不明瞭にするのを避けるために、詳細に説明していない。 40

【0006】

明細書全体で、「一実施形態」または「実施形態」について述べることは、その実施形態に関連して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。このため、本明細書全体の様々な箇所における「一実施形態の場合」または「ある実施形態では」という句の出現は、必ずしもすべて、同一の実施形態について述べていない。さらに、特定の特徴、構造、特性は、1 つまたは複数の実施形態において、任意の適切な形で組み合わせられることが可能である。

【0007】

電源が、低い出力電圧を有する起動中、または過負荷中、パワースイッチ内の過電流に 50

応答する従来の技術は、電源が動作するのを許しながら、各スイッチング期間内で電流が高くなるのを防止することができない。立上りブランкиング時間と電流制限遅延時間が、スイッチの最小オン時間を課すからである。さらに、コントローラは、低い出力電圧に対して、電力が減少するように最小オフ時間で応答する。スイッチのオフ時間を延長して、電流が、安全値まで減少させる代替の制御モードに入る必要性を、複数の電力制御値を使用して判定する技術を開示する。したがって、スイッチング電源のスイッチ内の過電流を防止する技術を開示する。一実施形態の場合、スイッチ電流は、複数の電力制御値に照らして測定されて、制御されていない増加する電流の条件が認識される。制御されていない増加する電流を認識することにより、後続のスイッチング期間の開始を遅延させる代替の制御アクションに入る。

10

【0008】

例示するため、図1は、本発明の教示による、ピーク・スイッチ電流を制限する電源の実施形態に関する電源の機能ブロック図を全体的に示す。図1に示した例示的な電源のトポロジは、フライバック調整器である。スイッチング調整器の多くのトポロジと構成が存在し、図1に示したフライバック・トポロジは、説明の目的で与えられており、他のタイプのトポロジも、本発明の教示に従って使用されてもよいことが理解されよう。さらに、本発明の様々な実施形態を、本明細書では、説明のために電源の文脈で説明しているが、本発明の教示は、例えば、誘導負荷スイッチングなどが関わることが可能な他のアプリケーションなどの、他の技術にも適用されてもよいものと理解されることに留意されたい。

【0009】

20

図1の電源の例に示されるとおり、エネルギー伝達要素T1 125が、未調整の入力電圧 $V_{IN} 105$ と、電源の出力における負荷165の間に結合される。スイッチS1 120が、エネルギー伝達要素125の入力における1次巻線175に結合されて、未調整の入力電圧 $V_{IN} 105$ から、電源の出力における負荷165へのエネルギーの伝達を調整する。コントローラ145が、パワースイッチS1 120によって受け取られるよう結合されて、パワースイッチS1 120のスイッチングを制御する駆動信号156を生成するように結合される。また、コントローラ145は、スイッチS1 120内の電流 $I_D 115$ を感知する電流感知140を受け取るように結合された電流センサも含む。

【0010】

30

以下に説明するとおり、一実施形態に関するコントローラ145内部の電流センサは、電流 $I_D 115$ を、第1の電流制限と第2の電流制限とそれぞれ比較するように結合された第1の比較器、および第2の比較器を含む。第2の電流制限は、第1の電流制限より大きい。一実施形態の場合、コントローラ145は、電流 $I_D 115$ が第1の電流制限または第2の電流制限より大きい場合、スイッチの次のスイッチング・サイクルの始めまで、スイッチの現在のスイッチング・サイクルの残りの間、駆動信号156が、スイッチS1 120を開くようにさせる。一実施形態の場合、コントローラ145は、第2の比較器に結合された周波数調整器も含む。周波数調整器は、本発明の教示によれば、電流 $I_D 115$ が第2の電流制限より大きい場合、コントローラ内部に含まれる発振器の発振周波数を調整して、スイッチの次のスイッチング・サイクルを遅延させる。

【0011】

40

図1の例では、エネルギー伝達要素T1 125は、2つの巻線を有する変圧器として示されている。1次巻線175は、インダクタンス L_P を有する N_P の巻数を有する。2次巻線は N_S の巻数を有する。一般に、変圧器は、2つより多くの巻線を有することが可能であり、追加の巻線は、追加の負荷に電力を供給すること、またはバイアス電圧を供給すること、または負荷における電圧を感知することなどを行う。

【0012】

クランプ回路110が、エネルギー伝達要素T1 125の1次巻線175に結合されて、スイッチS1 120にかかる最大電圧を制御する。前述したとおり、スイッチS1 120は、コントローラ回路145によって生成される駆動信号156に応答してオンとオフのスイッチングが行われる。一実施形態の場合、スイッチS1 120は、例えば

50

、パワー酸化金属半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）などのトランジスタである。一実施形態の場合、コントローラ145は、集積回路と個別の電気部品を含む。スイッチS1 120の動作により、整流器D1 130内に脈動電流が生じ、その電流が、キャパシタC1 135によって濾波されて、実質的に一定の出力電圧 V_o が生じるか、または負荷165における実質的に一定の出力電流 I_o が生じる。

【0013】

調整されるべき出力量は、一般に、出力電圧 V_o 、出力電流 I_o 、または、この2つの組合せである $U_o 150$ である。フィードバック回路160が、出力量 $U_o 150$ に結合されて、コントローラ145への入力であるフィードバック信号 $U_{FB} 155$ を生成する。コントローラ145への別の入力が、スイッチS1 120内の電流 $I_D 115$ を感知する電流感知信号140である。例えば、変流器、または、例えば、独立の抵抗器の両端の電圧、または、例えば、トランジスタが導通している際の、トランジスタの両端の電圧などの、スイッチングされる電流を測定する多くの知られている方法のいずれかを使用して、電流 $I_D 115$ を測定することができる。コントローラは、電流感知信号140を使用して、出力 $U_o 150$ を調整すること、またはスイッチS1 120に対する損傷を防止することができる。

【0014】

また、図1は、理想的な条件下における、スイッチS1 120を通る電流 $I_D 115$ に関する例示的な波形も示す。スイッチS1 120は、コントローラ145からの駆動信号156内のパルスに応答して、時間 t_{ON} にわたって導通する。スイッチS1 120は、コントローラ145からの駆動信号156に応答して、オフ時間 t_{OFF} にわたって開く。導通時間 t_{ON} 中、電流は、スイッチS1 120が導通している際に変圧器T1 125の1次巻線175のインダクタンス L_p の両端に印加される入力電圧 $V_{IN} 105$ に応答して、初期電流 I_{VAL} から最終電流 I_{PEAK} まで、時間とともに直線的に増加する。

【0015】

一実施形態の場合、コントローラ145は、出力 $U_o 150$ を所望される値に実質的に調整するようにスイッチS1 120を操作する。一実施形態の場合、コントローラ145は、出力 $U_o 150$ が、所望される値に満たない場合、スイッチS1 120の導通時間 t_{ON} を増加する。一実施形態の場合、コントローラ145は、出力 $U_o 150$ が、所望の値を超えている場合、スイッチS1 120の導通時間 t_{ON} を減少させる。

【0016】

一実施形態の場合、コントローラ145が、駆動信号156でスイッチS1 120の動作を調整して、安全な動作領域外の動作を防止する。一実施形態の場合、コントローラ145は、電流 $I_D 115$ が、電流制限 I_{LIMIT} を超えた場合、スイッチS1 120の導通時間 t_{ON} を減らす。一実施形態の場合、コントローラ145は、電流 $I_D 115$ が、電流限度 I_{LIMIT} を超えた場合、オフ時間 t_{OFF} を増加する。

【0017】

図2は、スイッチS1 220内で測定される電流 $I_D 215$ への浮遊キャパシタンスの寄与を示す。ノード235においてスイッチS1に結合されたキャパシタ $C_p 210$ と $C_{DS} 230$ によって表される浮遊キャパシタンスの充電と放電により、スイッチS1 220がオンになった後、短い時間にわたって電流 $I_D 215$ が増加する。図2はまた、変圧器T1 225の1次巻線275のインダクタンス L_p にかかる電圧 $V_p 270$ を示す。一実施形態の場合、電圧 V_p は、オン時間 t_{ON} 中、大きさ V_{IN} を有して正である。一実施形態の場合、電圧 V_p は、オフ時間 t_{OFF} 中、大きさ V_{OR} を有して負である。電圧 V_p の極性の急な反転により、スイッチS1 220の初期電流 I_{VAL} に、立上り電流が加えられる。図2の波形は、理想的な初期電流 I_{VAL} より大きいピーク立上り電流 I_{LEPEAK} を示す。一実施形態の場合、ピーク立上り電流 I_{LEPEAK} はまた、最終電流 I_{PEAK} よりも大きい。すべての現実的な回路内に存在する浮遊キャパシタンスにより、コントローラが、出力を調整する能力、またはスイッチを保護する能力を阻害することがある、高い立上り電流が生じる可能性がある。スイッチ電流 $I_D 215$ の大きさに応答して出力を調整する、また

10

20

30

40

50

はスイッチを保護するコントローラは、出力の調整、またはスイッチの安全な動作に有意に関係していない立上り電流にも応答する。立上り電流からの干渉を回避するため、コントローラは、立上りプランキング時間 t_{LEB} の後まで、スイッチ内の電流の測定を、通常、マスクする。導通時間 t_{ON} に対する立上りプランキング時間 t_{LEB} の関係が、図 3 に示されている。

【0018】

立上りプランキング時間 t_{LEB} は、電流 I_D が、コントローラに見えるようになる前に、浮遊キャパシタンスからの電流の寄与が無視できるほど小さくなるのを保証するだけ十分に長い。また、図 3 は、 I_D が、 t_{LEB} の後、 I_{LIMIT} に達する時点と、スイッチが導通するのを止める時点との間の差である電流制限遅延時間 t_d も示す。電流制限遅延時間 t_d は常に存在する。現実的な回路は、瞬時に応答することはできないからである。有限の電流制限遅延時間 t_d により、導通時間 t_{ON} の終りのピーク電流 I_{PEAK} が、電流制限 I_{LIMIT} よりも大きくなるという結果が生じる。10

【0019】

立上りプランキング時間 t_{LEB} と電流制限遅延 t_d により、通常のコントローラが、スイッチ電流 I_D を制限することが不可能になることがある。図 4 は、出力が、調整された値に満たない場合に、通常のコントローラを有するスイッチング電源において生じる可能性がある望ましくない状況を示す。図 4 では、出力における過負荷により、スイッチ電流 I_D が、スイッチング期間ごとに I_{LIMIT} を超えることが生じることがある。また、過負荷により、出力電圧 V_o が、調整された値よりはるかに低く降下することもある。コントローラは、立上りプランキング時間 t_{LEB} の終りにスイッチ電流 I_D を測定し、スイッチは、電流制限遅延時間 t_d の後に開く。 I_{LIMIT} より大きい I_D の検出により、 t_{LEB} に t_d を足した合計を下回ってオン時間 t_{ON} が減らされる可能性はない。20

【0020】

図 4 は、任意のスイッチング期間 (n) において、オン時間中にスイッチ電流 I_D として現れる電流（寄生キャパシタンスからの電流を除く）が、オン時間中に、量 I_{ON} だけ増加して I_{PEAK} に達し、次いで、オフ時間中に量 I_{OFF} だけ I_{PEAK} から減少することを示す。電流の変化は、数式 1 および数式 2 による入力電圧と出力電圧に関係する。

【0021】

【数 1】

30

$$\Delta I_{ON} = \frac{V_{IN} t_{ON}}{L_p} = \frac{V_{IN} (t_{LEB} + t_d)}{L_p} \quad \text{数式 1}$$

$$\Delta I_{OFF} = \frac{V_{OR} t_{OFF}}{L_p} = \left(\frac{N_p}{N_s} \right) \frac{V_o t_{OFF}}{L_p} \quad \text{数式 2}$$

【0022】

図 4 から、すべての連続するパルス時間またはスイッチング期間に関して、 $I_{ON} > I_{OFF}$ である場合、次のスイッチング期間 ($n+1$) のピーク電流は、現在のスイッチング期間 (n) におけるピーク電流よりも大きくなる。出力電圧 V_o を調整された値よりも大幅に低く低減する過負荷条件により、制御回路が、オフ時間 t_{OFF} を可能な限り小さくする。数式 2 は、一定の t_{OFF} または小さくされた t_{OFF} で V_o が低くされることにより、 I_{OFF} が小さくなることを示す。数式 1 は、立上りプランキング時間 t_{LEB} と電流制限遅延時間 t_d が、 I_{ON} に最小値を課すことを示す。したがって、通常の制御方法は、出力の過負荷中、 I_{ON} が、 I_{OFF} よりも大きくなることを許す。 I_{ON} が、 I_{OFF} よりも大きい場合、ほんの少数の連続するスイッチング期間の後に、電流と電圧は、スイッチの安全な動作領域を外れることがある。コントローラは、少ない数のスイッチング期間内に応答して、スイッチの動作を安全な動作領域内に保たなければならない。40

【0023】

50

図5は、本発明の教示による、スイッチの動作を、安全な動作領域内に保つ1つの例示的な方法を示す流れ図である。図4の例示的な波形に関して、図示される方法は、 I_D が、第1の電流制限 I_{LIMIT} よりも大きい第2の電流制限 I_{LIMIT_2} を超えたか否かを測定して、ピーク・スイッチ電流 I_{PEAK} が過度になるのを防止するのに役立つ代替の制御アクションが実行されるべきか否かを判定する。図5に示した例では、 I_D が、スイッチング期間中、期間の開始の後、立上りブランкиング時間 t_{LEB} 中を除き、いつでも、 I_{LIMIT_2} より大きくなった場合、代替の制御アクションが行われる。代替の制御アクションは、スイッチを開き、次のスイッチング期間の開始を遅延させる。一実施形態の場合、代替の制御アクションは、発振器の周波数を低くして、スイッチング期間を事実上、延長して、次のスイッチング期間の開始を遅延させる。一実施形態では、 I_{LIMIT_2} より大きい電流 I_D の検出により、延長されていないスイッチング期間によってリセットされるフラグが設定される。フラグが設定されている間に I_{LIMIT_2} より大きい I_D が検出された(I_{LIMIT_2} より大きい I_D が検出されている2つの連続する期間)場合、期間の追加の延長が行われて、第2の延長されたスイッチング期間が、第1の延長されたスイッチング期間よりも長いようになる。代替の制御アクションは、例えば、電源をラッチ・オフすること、または自動再起動動作モードに入ることなどの、出力が調整を失うことを生じさせる他の保護アクションとは異なり、出力の絶え間ない調整を可能にする。

【0024】

詳細には、図における処理は、ブロック505で始まり、次に、ブロック510に進み、スイッチング期間が始まる。ブロック515で、処理は、オン時間 t_{ON} が、少なくとも立上りブランкиング時間 t_{LEB} オンであるまで待つ。ブロック520で、スイッチを通る電流 I_D が測定される。ブロック525は、ブロック530と共に、電流 I_D が、 I_{LIMIT} より大きくはない間、およびスイッチがイネーブルにされている間、スイッチを通る電流 I_D が、ブロック520で測定されることを示す。ブロック535でスイッチング期間の終りが示されるまで、電流 I_D が、 I_{LIMIT} より大きくないままである場合、処理は、ブロック510に戻り、次のスイッチング期間が始まる。

【0025】

しかし、電流 I_D が、電流制限 I_{LIMIT} より大きい値に達した場合、ブロック545とブロック555が共に、現在のスイッチング・サイクルの残りの間、スイッチが開かれ、次のスイッチング・サイクルの始めまで、再び閉じられることがないことを示している。一実施形態の場合、スイッチは、非同期で、または実質的に即時に開かれて、現在のスイッチング・サイクルが、通常どおり完了することを許されないようにする。図5を再び参照すると、ブロック550は、より大きい第2の電流制限 I_{LIMIT_2} に電流 I_D が達するかどうかが、次に判定されることを示す。達しない場合、ブロック545で、スイッチは、ブロック540で示されるとおり、スイッチング期間の終りまで、または次のスイッチング・サイクルまで、現在のスイッチング・サイクルの残りの間、開かれる。次に、処理は、ブロック510に戻り、次のスイッチング期間、つまり、次のスイッチング・サイクルを始める。ブロック550で、電流 I_D が、第2の電流制限 I_{LIMIT_2} に達したと判定された場合、本発明の教示によれば、スイッチは、ブロック555で開かれ、ブロック560で、次のスイッチング期間の始まりが遅延される。ブロック560の遅延の後、処理は、ブロック510に戻り、次のスイッチング期間を始める。ブロック560で、追加の遅延中にもたらされる追加の時間、待つことにより、電流 I_D は、本発明の教示によれば、スイッチを通る最大電流 I_D を制限するのに役立ち、スイッチにおける電流および/または電圧が、安全な動作領域を外れるのを防止するのに役立つだけ十分に低下する機会を与える。

【0026】

図6は、例示的な集積回路600において実施される本発明の教示による方法の一例を示す。図示する例では、集積回路600は、ドレイン端子602とソース端子646に結合されたパワー酸化金属半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)スイッチ628を含む。端子648が、フィードバック信号 U_{FB} を受け取る。一実施形態の場合、集積回路

600は、信号を受け取り、この例では説明されない諸機能を実行する、1つまたは複数の他の端子もオプションとして含むことが可能である。

【0027】

図6の例では、変調器626が、端子648からのフィードバック信号 U_{FB} を解釈して、イネーブル信号662が、高であるべきか、または低であるべきかを判定する。発振器640が、クロック信号644と最大オン時間信号 $D_{MAX}664$ を与える。図示した例では、発振器640は、ラッチ638の出力に結合されたFREQ ADJ端子を含む。一実施形態の場合、発振器640の周波数は、ラッチ638の出力に応答して、より高い周波数から、より低い周波数に変化する。スイッチ628は、ANDゲート632とORゲート666から信号を受け取るラッチ634の出力に生成された駆動信号656に応答する。スイッチ628は、クロック644とイネーブル662が共に高である一方で、 $D_{MAX}644$ またはOVER CURRENT650が低である場合、オンである。スイッチ628は、 $D_{MAX}644$ またはOVER CURRENT650が高である場合、オフである。

10

【0028】

図6の例では、本発明の教示による電流センサ、または電流制限回路が、図示される比較器604、605で実現される。詳細には、比較器604の端子の1つが、スイッチ628を通る電流 I_D を感知し、その電流 I_D を、比較器604の他方の端子に結合された第1の電流制限 I_{LIMIT} と比較するように結合される。ANDゲート606が、比較器604の出力と $t_{LEBDELAY}622$ を受け取るように結合される。ブランкиング時間遅延 t_{LEB} の後に I_D が I_{LIMIT} を超えるといつでも、ANDゲート606の出力は高になり、ORゲート666を介してラッチ634をリセットして、スイッチ628をオフにする。図示した例では、比較器605は、 I_D を I_{LIMIT2} と比較するように示されている。図示するとおり、 I_D が、スイッチング期間内に t_{LEB} の後、 I_{LIMIT2} を超えた場合、比較器605の出力は高になり、ANDゲート607の出力660が、高になってラッチ638をセットさせる。

20

【0029】

図6に示される例では、周波数調整器が、本発明の教示によれば、ラッチ638と発振器640のFREQ ADJ入力とで実現される。一実施形態の場合、ラッチ638がセットされると、発振器640は、本発明の教示によれば、より高い周波数から、より低い周波数に切り替わり、これにより、次のスイッチング期間の開始が遅延される。一実施形態の場合、発振器640は、本発明の教示によれば、ラッチ638をセットして、発振器640のFREQ ADJ入力をアクティブにすることにより、駆動信号の次のパルスをスキップし、発振器640の周波数が事実上、低くなるように構成される。図示の例では、ラッチ638は、次のスイッチング期間の始めて、CLOCK信号644によってリセットされる。

30

【0030】

以上の詳細な説明では、本発明の方法および装置を、本発明の特定の例示的な実施形態に関連して説明してきた。しかし、本発明のより広い趣旨および範囲を逸脱することなく、その実施形態に様々な改変や変更を加えることも可能であることが明白であろう。したがって、本明細書および図は、限定的ではなく、例示的であると見なされるものとする。

40

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、本発明の教示による、パワースイッチ内のピーク電流を制限することができるスイッチング電源の一実施形態の機能ブロック図である。

【図2】パワースイッチ内の電流への寄生キャパシタンスの寄与を示す、スイッチング電源の一実施形態の機能ブロック図のセクションである。

【図3】本発明の教示による、パワースイッチ内のピーク電流を制限することができるスイッチング電源の一実施形態からの電圧波形および電流波形を示す図である。

【図4】本発明の教示による、パワースイッチ内のピーク電流を制限するスイッチング電

50

源からの電流波形の重要なパラメータを示す図である。

【図5】本発明の教示による、パワースイッチ内のピーク電流を制限する方法を示す流れ図である。

【図6】本発明の教示による、含まれるパワースイッチ内のピーク電流を制限する集積回路の機能ブロック図である。

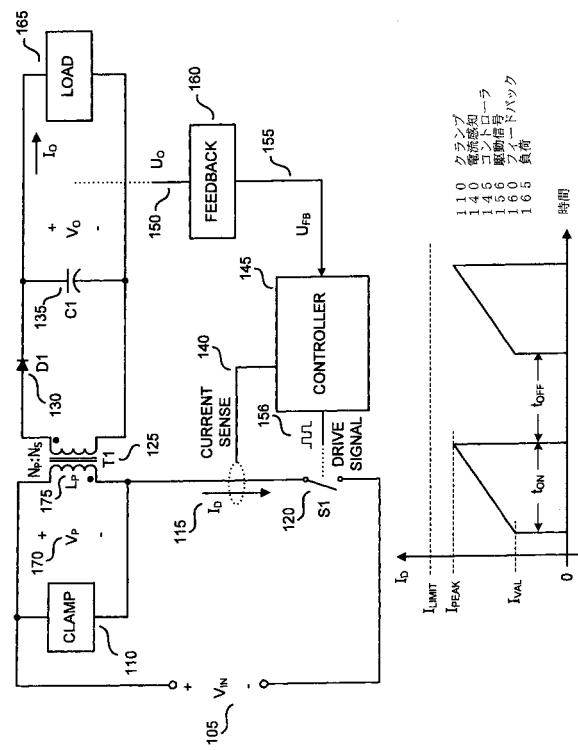
【符号の説明】

【0032】

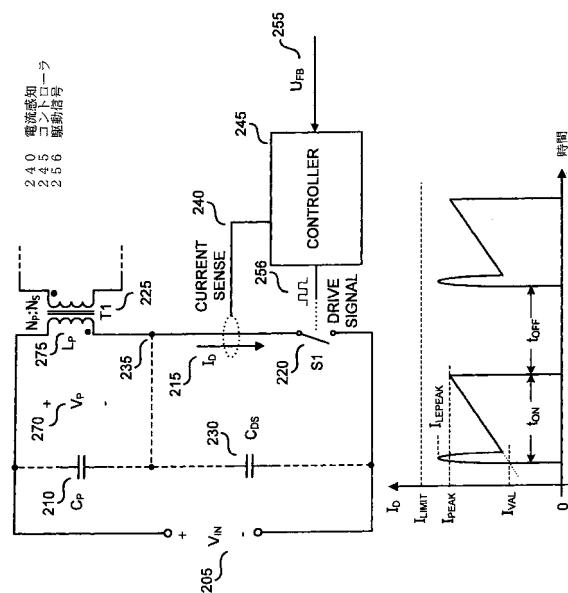
110 クランプ回路、120 パワースイッチ、125 エネルギー伝達要素、130 整流器、135 キャパシタ、140 コントローラ回路、145 フィードバック回路、150 負荷、155 卷線

10

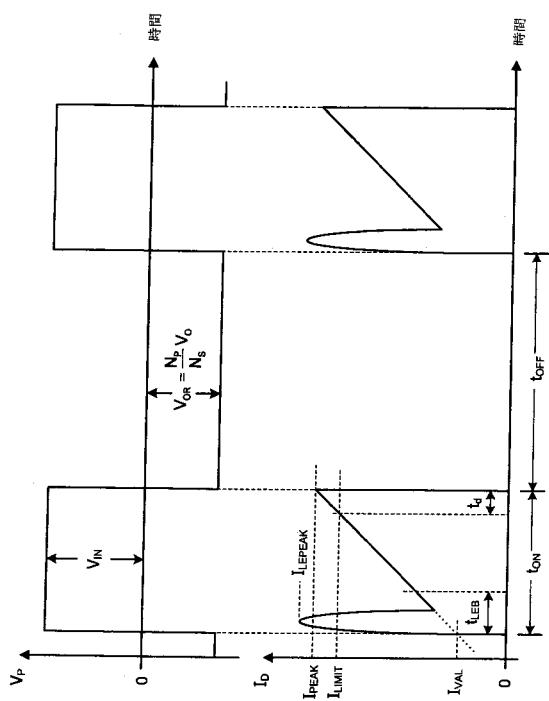
【図1】



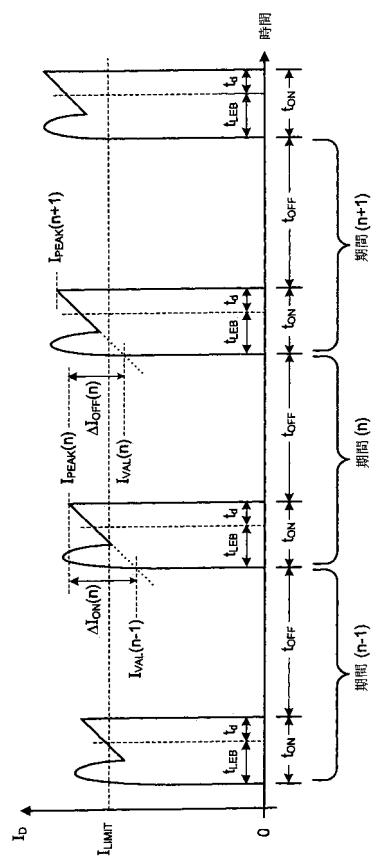
【図2】



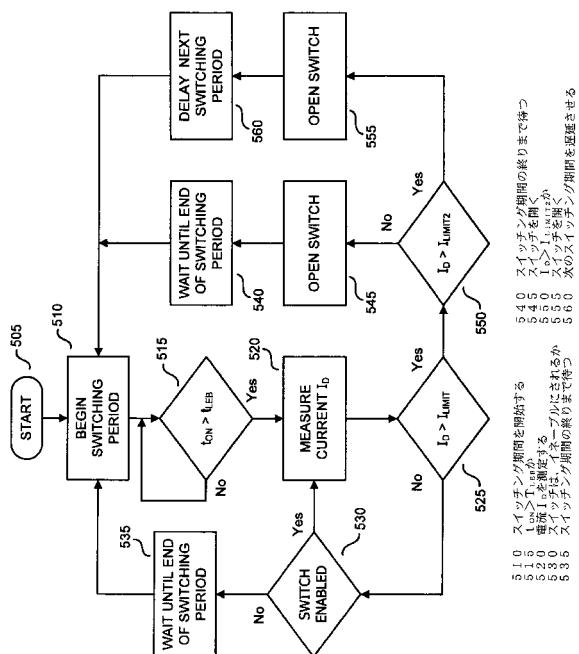
【図3】



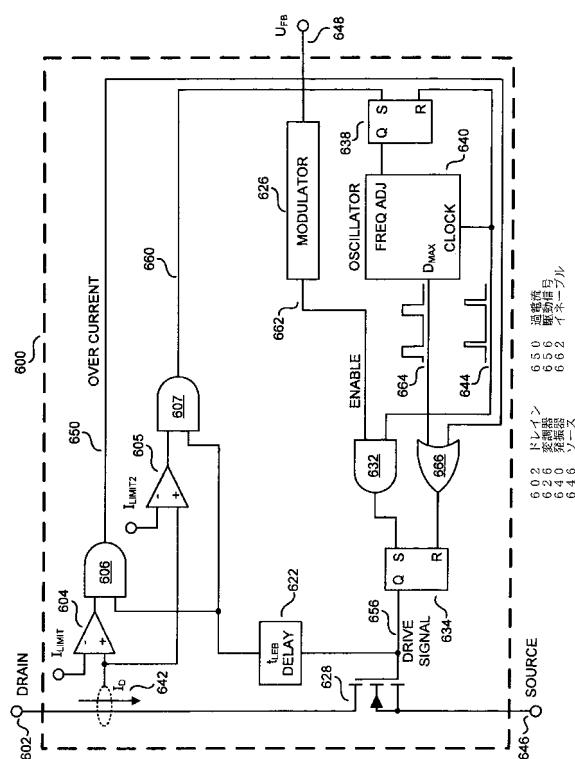
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100098316
弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162
弁理士 酒井 將行

(74)代理人 100111246
弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 デレック・ジェイ・クローズ
アメリカ合衆国・94539・カリフォルニア州・フレモント・キノート ウェイ・185

審査官 安食 泰秀

(56)参考文献 特開平11-234892(JP,A)
特開平11-215690(JP,A)
特開2001-145338(JP,A)
米国特許第04928200(US,A)
米国特許第06788038(US,B1)
米国特許第04791544(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/28