

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5749063号
(P5749063)

(45) 発行日 平成27年7月15日(2015. 7. 15)

(24) 登録日 平成27年5月22日(2015. 5. 22)

(51) Int.Cl.		F I			
H05B	37/02	(2006.01)	H05B	37/02	J
H02M	3/28	(2006.01)	H02M	3/28	K

請求項の数 22 外国語出願 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-92895 (P2011-92895)	(73) 特許権者	511098541
(22) 出願日	平成23年4月19日 (2011. 4. 19)		パワー・インテグレイションズ・インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2011-228305 (P2011-228305A)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・95138・サン・ノゼ・ヘルヤー・アヴェニュー・5245
(43) 公開日	平成23年11月10日 (2011. 11. 10)		
審査請求日	平成26年3月17日 (2014. 3. 17)	(74) 代理人	100108453
(31) 優先権主張番号	12/764, 026		弁理士 村山 靖彦
(32) 優先日	平成22年4月20日 (2010. 4. 20)	(74) 代理人	100064908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スイッチング電源用の調光制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源用の制御装置であって、前記制御装置が、

入力検知信号を受信するように連結されると共に、前記入力検知信号に応答して、前記電源の入力電圧の位相角を表す位相角信号を生成する位相角測定ブロックと、

前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するように連結されると共に、前記位相角が位相しきい値以下である場合に、閉ループ調光制御で前記スイッチを制御し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、開ループ調光制御で前記スイッチを制御する駆動論理ブロックとを備え、

前記駆動論理ブロックが前記閉ループ調光制御で前記スイッチを制御する場合に、前記駆動論理ブロックが、前記電源の出力を表すフィードバック信号に応答して、前記スイッチの開閉を制御するための駆動信号の1つ以上の動作条件を設定することによって、前記駆動信号を出力し、

前記位相角が前記位相しきい値に等しい場合に、前記駆動論理ブロックが、前記フィードバック信号に応答して、前記駆動信号の前記1つ以上の動作条件をある値に設定すると共に、

前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記駆動論理ブロックが、前記動作条件を前記値に維持することを特徴とする制御装置。

【請求項 2】

前記1つ以上の動作条件が、スイッチング周波数、スイッチオン時間、スイッチオフ時

10

20

間、及びデューティサイクルから成るグループの中から選択された１つ以上の条件を含むことを特徴とする請求項１に記載の制御装置。

【請求項３】

前記駆動論理ブロックが開ループ調光制御から閉ループ調光制御に移行する場合に、前記駆動論理ブロックが、前記駆動信号の前記１つ以上の動作条件を所定の値に設定すると共に、

前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記駆動論理ブロックが、前記動作条件を前記所定の値に維持することを特徴とする請求項１に記載の制御装置。

【請求項４】

前記入力検知信号が、前記電源の前記入力電圧を表す電圧検知信号であることを特徴とする請求項１に記載の制御装置。

10

【請求項５】

前記入力検知信号が、前記スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であることを特徴とする請求項１に記載の制御装置。

【請求項６】

前記制御装置及び前記スイッチが、集積回路に含まれることを特徴とする請求項１に記載の電源。

【請求項７】

前記電源の前記入力電圧が、交流電圧の周期の一部を除去するように構成される調光器回路の調光器出力電圧であることを特徴とする請求項１に記載の電源。

20

【請求項８】

前記調光器回路が、トライアック調光器回路であることを特徴とする請求項１に記載の電源。

【請求項９】

前記電源の前記出力が、発光ダイオード（ＬＥＤ）アレイによって受信されるように連結されることになることを特徴とする請求項１に記載の電源。

【請求項１０】

電源用の制御装置であって、前記制御装置が、

入力検知信号を受信するように連結されると共に、前記入力検知信号に応答して、前記電源の入力電圧の位相角が位相しきい値より大きいかどうかを表す調光制御信号を生成する位相角測定ブロックと、

30

前記入力電圧の前記位相角が前記位相しきい値以下であることを前記調光制御信号が表す場合に、フィードバック信号に応答して、前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するように連結されると共に、更に、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記スイッチの前記開閉を制御するように連結される駆動論理ブロックとを備え、

前記駆動論理ブロックが、

前記フィードバック信号及び基準信号を受信するように連結されるフィードバック基準回路と、

前記調光制御信号及び前記フィードバック基準回路の出力を受信するように連結されると共に、前記入力電圧の前記位相角が前記位相しきい値以下であることを前記調光制御信号が表す場合に、前記フィードバック基準回路の前記出力に応答して、前記スイッチの前記開閉を制御するための駆動信号を生成し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記駆動信号を生成し、前記位相角が前記位相しきい値に等しい場合に、前記駆動論理ブロックが、前記フィードバック信号に応答して、前記駆動信号の前記１つ以上の動作条件をある値に設定すると共に、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記駆動論理ブロックが、前記動作条件を前記値に維持する、駆動信号生成器とを備えることを特徴とする制御装置。

40

【請求項１１】

前記駆動論理ブロックが、スイッチング周波数、スイッチオン時間、スイッチオフ時間

50

、及びデューティサイクルから成るグループの中から選択された前記駆動信号の1つ以上の動作条件を設定することを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項12】

前記入力検知信号が、前記電源の前記入力電圧を表す電圧検知信号であることを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項13】

前記入力検知信号が、前記スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であることを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項14】

前記駆動信号生成器が、

前記フィードバック基準回路の前記出力を受信するように連結されると共に、前記電源の前記出力を表すある値を生成するように連結される積分器と、

前記駆動信号を生成すると共に、前記駆動信号の前記1つ以上の動作条件を設定するように連結される状態機械と、

前記積分器と前記状態機械との間に連結されと共に、前記位相角が前記位相しきい値より大きいことを表す前記調光制御信号に応じて開かれ、前記位相角が前記位相しきい値より大きくないことを表す前記調光制御信号に応じて閉じられるように連結される調光制御スイッチとを備え、

前記スイッチが閉じている場合に、前記状態機械が、前記積分器によって生成された前記値にตอบสนองして、前記駆動信号の前記1つ以上の動作条件を設定することを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項15】

前記駆動信号生成器が、

前記積分器によって生成された前記値を保存するために前記スイッチと前記状態機械との間に連結されるホールドコンデンサを更に備え、

前記スイッチが開いている場合に、前記状態機械が、前記ホールドコンデンサに保存された前記値にตอบสนองして、前記駆動信号の前記1つ以上の動作条件を設定することを特徴とする請求項14に記載の制御装置。

【請求項16】

前記駆動信号生成器が、

前記フィードバック基準回路の前記出力を受信するように連結されると共に、前記電源の前記出力を表すある値を生成するように連結される積分器と、

前記駆動信号を生成すると共に、前記位相角が前記位相しきい値より大きくないことを前記調光制御信号が表す場合に、前記積分器によって生成された前記値にตอบสนองして、前記駆動信号の前記1つ以上の動作条件を更新するように連結される状態機械とを備え、

前記位相角が前記位相しきい値より大きいことを前記調光制御信号が表す場合に、前記状態機械が、前記1つ以上の動作条件を更新しないと共に、前記積分器によって生成された前記値にตอบสนองしないことを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項17】

前記制御装置及び前記スイッチが、集積回路に含まれることを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

【請求項18】

電源であって、前記電源が、

エネルギー伝達要素に連結されるスイッチと、

前記電源の出力を安定化するために前記スイッチの開閉を制御するように連結される制御装置とを備え、

前記制御装置が、

入力検知信号を受信するように連結されると共に、前記入力検知信号にตอบสนองして、前記電源の入力電圧の位相角を表す位相角信号を生成し、前記入力検知信号が、前記スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号である、位相角測定ブロックと、

10

20

30

40

50

前記スイッチの前記開閉を制御するように連結されると共に、前記位相角が位相しきい値以下である場合に、閉ループ調光制御で前記スイッチを制御し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、開ループ調光制御で前記スイッチを制御する駆動論理ブロックとを備え、

前記駆動論理ブロックが、前記スイッチの開閉を制御するための駆動信号を出力すると共に、前記駆動論理ブロックが前記閉ループ調光制御で前記スイッチを制御する場合に、前記駆動論理ブロックが、前記電源の前記出力を表すフィードバック信号に応答して前記駆動信号の１つ以上の動作条件を設定し、

前記駆動論理ブロックが、

前記フィードバック信号及び基準信号を受信するように連結されるフィードバック基準回路と、

10

前記フィードバック基準回路の出力を受信するように連結されると共に、前記入力電圧の前記位相角が前記位相しきい値以下である場合に、前記フィードバック基準回路の前記出力に応答して前記駆動信号を生成し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記開ループ調光制御で前記駆動信号を生成する駆動信号生成器とを備えることを特徴とする電源。

【請求項 19】

電源であって、前記電源が、

エネルギー伝達要素に連結されるスイッチと、

前記電源の出力を安定化するために前記スイッチの開閉を制御するように連結される制御装置とを備え、

20

前記制御装置が、

入力検知信号を受信するように連結され、前記入力検知信号が、前記スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であると共に、前記入力検知信号に応答して、前記電源の入力電圧の位相角が位相しきい値より大きいかどうかを表す調光制御信号を生成する位相角測定ブロックと、

前記入力電圧の前記位相角が前記位相しきい値以下であることを前記調光制御信号が表す場合に、前記電源の前記出力を表すフィードバック信号に応答して、前記スイッチの前記開閉を制御するように連結されると共に、更に、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記スイッチの前記開閉を制御するよう

30

に連結される駆動論理ブロックとを備え、

前記駆動論理ブロックが、

前記フィードバック信号及び基準信号を受信するように連結されるフィードバック基準回路と、

前記調光制御信号及び前記フィードバック基準回路の出力を受信するように連結されると共に、前記入力電圧の前記位相角が前記位相しきい値以下であることを前記調光制御信号が表す場合に、前記フィードバック基準回路の前記出力に応答して、前記スイッチの前記開閉を制御するための駆動信号を生成し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記駆動信号を生成する駆動信号生成器とを備えることを特徴とする電源。

40

【請求項 20】

電源の入力に連結される調光器回路を有する前記電源用の制御装置であって、前記制御装置が、

入力検知信号を受信し、前記入力検知信号が、スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であり、前記入力検知信号に基づいて、前記調光器回路が前記電源の前記入力から交流入力電圧を切り離す時間量を判定するように連結される測定ブロックと、

前記測定ブロックに連結されると共に、前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するための駆動信号を生成するように連結される駆動ブロックとを備え、

前記駆動ブロックが、前記時間量がしきい値以下であることを表す前記測定ブロックの出力に応答して、前記電源の出力量を表すフィードバック信号に応じて前記駆動信号の 1

50

つ以上の動作条件を設定することを含む閉ループ調光制御を行うと共に、前記駆動ブロックが、前記時間量がしきい値より大きいことを表す前記測定ブロックの前記出力にตอบสนองして、前記駆動信号の前記１つ以上の動作条件をある値に維持することを含む開ループ調光制御を行うことを特徴とする制御装置。

【請求項２１】

電源の入力に連結される調光器回路を有する前記電源用の制御装置であって、前記制御装置が、

入力検知信号を受信し、前記入力検知信号が、スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であり、前記入力検知信号に基づいて、前記調光器回路が前記電源の前記入力から交流入力電圧を切り離す時間量を判定するように連結される測定ブロックと、

10

前記測定ブロックに連結されると共に、前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するように連結される駆動回路とを備え、

前記駆動回路が、前記時間量がしきい値以下であることを前記測定ブロックの出力が表す場合に、前記電源の出力量を表すフィードバック信号にตอบสนองして、前記スイッチの開閉を制御すると共に、前記駆動回路が、前記時間量が前記しきい値より大きいことを前記測定ブロックの前記出力が表す場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記スイッチの開閉を制御することを特徴とする制御装置。

【請求項２２】

電源の入力に連結される調光器回路を有する前記電源用の制御装置であって、前記制御装置が、

20

入力検知信号を受信し、前記入力検知信号が、スイッチを流れるスイッチ電流を表す電流検知信号であり、前記入力検知信号にตอบสนองして、前記調光器回路が前記電源の前記入力から交流入力電圧を切り離す時間量がしきい値より大きいかどうかを表す調光制御信号を生成するように連結される測定ブロックと、

前記測定ブロックに連結されると共に、前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するように連結される駆動回路とを備え、

前記駆動回路が、前記時間量が前記しきい値以下であることを前記調光制御信号が表す場合に、前記電源の出力量を表すフィードバック信号にตอบสนองして、前記スイッチの開閉を制御すると共に、前記駆動回路が、前記時間量が前記しきい値より大きいことを前記調光制御信号が表す場合に、前記フィードバック信号と無関係に、前記スイッチの開閉を制御

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般的に、電源に関係すると共に、より具体的には、調光器回路（dimmer circuit）によって利用される電源に関係する。

【背景技術】

【０００２】

電子機器は、動作するのに電力を使用する。スイッチングモード電源（switched mode power supply）は、一般的に、高い効率、小さいサイズ、及び少ない重量のために、今日の電子機器の多くに電力を供給するのに使用される。従来の壁ソケットは、高電圧交流を供給する。スイッチング電源において、高電圧交流（ＡＣ）入力は、エネルギー伝達要素（energy transfer element）を通して十分に安定化された（regulated：調整された）直流（ＤＣ）出力を供給するように変換される。スイッチングモード電源において、動作中、スイッチは、デューティサイクル（一般的に、全体のスイッチング期間に対するスイッチのオン時間の比率）を変えること、スイッチング周波数（switching frequency：開閉周波数）を変えること、またはスイッチの単位時間当たりのパルス数を変えることによって所望の出力を提供するために利用される。

40

【０００３】

照明アプリケーションのための調光の一種において、トライアック調光器回路は、一般

50

的に、白熱電球に供給される電圧及び電流の量を制限するために、ＡＣ入力電圧の一部分を除去する。角度で測定されたＡＣ入力電圧の周期（period）の割合の観点から、欠落した電圧の位置を指定することが多くの場合に便利であるため、これは、位相調光（phase dimming）として知られている。概して、ＡＣ入力電圧は、正弦関数の波形であると共に、ＡＣ入力電圧の周期は、全ライン周期（full line cycle：フルライン周期）と言われる。従って、ＡＣ入力電圧の周期の半分は、半ライン周期（half line cycle：ハーフライン周期）と言われる。全体の周期は、３６０度の角度を有しており、そして半ライン周期は１８０度の角度を有している。一般的に、位相角は、調光器回路が（ゼロ度の基準から）各半ライン周期の内のどのくらいの角度を除去するかを示す測定値である。従って、トライアック調光器回路による半ライン周期におけるＡＣ入力電圧の半分の除去は、９０度の位相角に対応する。別の例において、半ライン周期におけるＡＣ入力電圧の４分の１の除去は、４５度の位相角に対応し得る。

10

【０００４】

位相角による調光は変更されたＡＣ入力電圧を直接受け取る白熱電球とうまく機能するが、一般的にそれは発光ダイオード（ＬＥＤ）ランプに関しては問題を生じさせる。ＬＥＤランプは、ＡＣ電源ライン（ＡＣ電源電力線）から安定化された（regulated：調整された）電流及び電圧を提供するための安定化電源（regulated power supply）を必要とする。従来の安定化電源制御装置は、一般的に、トライアック調光器回路によるＡＣ入力電圧の一部分の除去に、望ましい形で反応しない。従来の電源は、一般的に、ＡＣ入力電圧のひずみを無視すると共に、低入力電圧によってそれらが完全に停止するまで、一定の安定化された出力を供給するように設計されている。従って、位相調光の結果として、従来の電源は、ＬＥＤランプの明滅（flicker）、大きい位相角におけるＬＥＤランプの点滅、及びＬＥＤランプの色変化のような受容しがたい結果を生み出しそうである。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

従って、従来の電源制御装置は、トライアック調光器による調光のように、入力における位相調光に応答して電源の出力において調光を実行するように設計され得る。従来の電源制御装置によって使用される調光制御の一種は、閉ループ調光と呼ばれる。閉ループ調光制御に関して、従来の電源制御装置は、電源の出力を安定化する（regulate：調整する）ために、１つ以上の出力量を積極的に検知し得る。更に、位相調光用に設計されている従来の電源制御装置は、要求される調光量を判定するために、調光器電圧出力（すなわち、トライアック調光回路がＡＣ入力電圧の一部分を除去した後のＡＣ入力電圧）を直接検知することによって、トライアック調光器に応答し得る。しかしながら、（ＡＣ入力電圧の大部分を除去するトライアック調光器回路に対応する）大きい位相角において、トライアック調光器出力は、より対称的でなくなる。すなわち、トライアック調光器が一定の位相角を供給するように設定されとしても、全ての半ライン周期における結果として生じる位相角に変動が残り、トライアック調光器出力は対称的ではなくなる。大きい位相角におけるトライアックの非対称性は、ＬＥＤランプの明滅のような受容しがたい結果を生み出す傾向がある。電源制御装置が、全ての半ライン周期において、電源の変動する出力電力に対応するので、閉ループ調光制御は、一般的に、明滅することのような受容しがたい結果を悪化させる。

30

40

【０００６】

従来の電源制御装置によって使用される別の種類の調光制御は、調光器電圧出力を検知しないが、しかし、その代わりに、電源を低入力電圧において安定化することができないことを利用する。上述のように、電源は、低入力電圧によってそれらが完全に停止するまで、一定の安定化された出力を提供する。しかしながら、電源の停止は、瞬間的ではない。その代りに、電源は、低入力電圧において、出力を安定化することができなくなり、そしてそれによって、出力が低下するようになる。トライアック調光器回路は、電源の出力が低下し始めるように、十分にＡＣ入力電圧を除去する。従って、多くの場合、調光は大

50

きい位相角で発生する。調光が大きい位相角で発生する場合に、調光の範囲が小さいので、調光の移行は迅速に発生する。更に、電源の負荷に応じて、調光は異なる位相角で発生し得る。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、電源用の制御装置であって、前記制御装置が、入力検知信号を受信するように連結されると共に、前記入力検知信号に応答して、前記電源の入力電圧の位相角を表す位相角信号を生成する位相角測定ブロックと、前記電源に含まれるスイッチの開閉を制御するように連結されると共に、前記位相角が位相しきい値以下である場合に閉ループ調光制御で前記スイッチを制御し、前記位相角が前記位相しきい値より大きい場合に開ループ調光制御で前記スイッチを制御する駆動論理ブロックとを備えることを特徴とする制御装置を提供する。

10

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施例による制御装置を利用する調光器回路を備える一例のスイッチング電源を例証する機能ブロック図である。

【図2A】本発明の一実施例による図1のスイッチング電源の一例の整流された入力電圧波形を例証する図である。

【図2B】本発明の一実施例による図2Aの一例の整流された入力電圧の一部分及び対応するゼロ交差信号(zero-crossing signal)を例証する図である。

20

【図3A】本発明の一実施例によるスイッチング電源の別の例の整流された入力電圧波形を例証する図である。

【図3B】本発明の一実施例による図3Aの一例の整流された入力電圧の一部分及び対応するゼロ交差信号(zero-crossing signal)を例証する図である。

【図4】本発明の一実施例による制御装置の機能ブロック図である。

【図5】図4の制御装置の位相角測定ブロック及び駆動論理ブロックの機能ブロック図である。

【図6A】図4の駆動論理ブロックの一実施例を例証する機能ブロック図である。

【図6B】図4の駆動論理ブロックの別の実施例を例証する機能ブロック図である。

【図7】図5のカウンタの計数値の例を例証する表である。

30

【図8A】本発明の一実施例による位相角が増加する場合の駆動信号の動作条件と位相角との間の関係を例証するグラフである。

【図8B】本発明の一実施例による最初から位相角が位相しきい値より大きくて位相角が減少する場合の駆動信号の動作条件と位相角との間の関係を例証するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明のいくつかの実施例の、前述及び他の側面、特徴、及び利点は、図面と共に提示された以下のそれについての更に詳細な説明から、更に明白になるであろう。

【0010】

一致する参照符号は、図面のいくつかの表示の至る所における一致する構成要素を示す。当業者は、図面における構成要素が、簡単化及び明瞭化を目的として例証されると共に、それらは、比例するように必ず描かれる必要はないと認識することになる。例えば、図面におけるいくつかの構成要素の寸法は、本発明の様々な実施例の理解を向上させるのを助けるために、他の構成要素と比較して誇張されているかもしれない。更に、商業上実行可能な実施例において有益であるかもしくは必要である、一般的な、しかし良く理解された構成要素は、本発明のこれらの様々な実施例の視点が不明瞭にならないように、多くの場合描写されない。

40

【0011】

閉ループ調光制御から開ループ調光制御に移行する制御装置及び電源の実施例が、ここで説明される。以下の説明において、多数の特定の詳細が実施例の完全な理解を行うため

50

に示される。しかしながら、当業者は、ここで説明された技術が、特定の詳細の1つ以上がなくても、もしくは、他の方法、構成要素、材料等によって、実践され得る、ということ認識することになる。他の場合において、周知の構造、材料、及び、動作は、特定の特徴を不明瞭にすることを回避するために、詳細に示されないと共に説明されない。

【0012】

「1つの実施例」、「一実施例」、「1つの例」、または「一例」に対するこの明細書の至る所における参照は、実施例または例に関連して示された特別な特徴、構造、または特性が、少なくとも1つの本発明の実施例に含まれることを意味する。従って、この明細書の至る所の様々な場所におけるフレーズ「1つの実施例」、「一実施例」、「1つの例」、または「一例」の出現は、同じ実施例及び例を全て必ずしも参照しているとは限らない。更に、特別な特徴、構造、または特性は、1つ以上の実施例または例におけるあらゆる適当な組み合わせ及び/または副次的な組み合わせに兼備され得る。更に、これと共に提供された図面が当業者に対する説明目的のためのものであるということ、そしてそれらの図面が一定の比率で必ずしも描かれるとは限らないということが認識される。

10

【0013】

発光ダイオード(LED)のための位相調光アプリケーションを含む位相調光アプリケーションに関して、位相調光器回路は、LEDに供給される電圧及び電流の量を制限するために、一般的に、全ての半ライン周期におけるAC入力電圧の一部を除去する。一般的に、上述のように、位相角は、調光器回路が各半ライン周期の内のどのくらいの角度を除去するかを示す測定値である。例えば、AC入力電圧の半ライン周期は、全体で180度の角度を有している。従って、調光器回路による半ライン周期におけるAC入力電圧の半分の除去は、90度の位相角に対応する。別の例において、半ライン周期におけるAC入力電圧の4分の1の除去は、45度の位相角に対応し得る。トライアック調光器回路は、位相調光器回路の1つの例である。大きい位相角で、トライアック調光器出力は、より対称的でなくなる。すなわち、トライアック調光器が一定の位相角を供給するように設定されとしても、実際には、全ての半ライン周期における結果として生じる位相角に変動が存在し、トライアック調光器出力は対称的ではなくなる。

20

【0014】

本発明の実施例に関して、電源制御装置は、位相角が位相しきい値に到達する場合に、閉ループ調光制御から開ループ調光制御に移行する。上述のように、閉ループ調光制御は、大きい位相角において、LEDランプが明滅することのような好ましくない結果を悪化させる。一方、電源制御装置がトライアック調光器に 응답しないならば、大きい位相角に到達するまで、調光は発生しない。本発明の実施例に関して、電源制御装置は、LEDランプに対する好ましくない結果を減少させるために、閉ループ調光制御から開ループ調光制御に移行する。閉ループ調光制御に関して、電源制御装置は、電源の出力を安定化するために、電源出力を積極的に検知し得る。すなわち、閉ループ調光制御において、1つ以上の駆動信号の動作条件は、電源出力に 응답する。開ループ調光制御において、電源制御装置は、電源の出力を安定化するために、電源出力を検知しないと共に、1つ以上の出力量に 응답してスイッチの開閉(switching: スイッチング)を制御しない。すなわち、開ループ調光制御において、1つ以上の駆動信号の動作条件は、電源出力に 응답しない。一実施例において、制御装置によって検知された位相角が位相しきい値より大きい場合に、電源制御装置は、フィードバック信号と無関係に、1つ以上の駆動信号の動作条件を維持する。1つ以上の駆動信号の動作条件を維持することによって、1つ以上の駆動信号の動作条件が電源出力に 응답しないので、制御装置は、閉ループ調光制御から開ループ調光制御に移行する。

30

40

【0015】

最初に図1を参照すると、AC入力電圧 V_{AC} 102、調光器回路104、調光器出力電圧 V_{DO} 106、整流器108、整流された電圧 V_{RECT} 110、一次巻線114及び二次巻線116を有するエネルギー伝達要素T1 112、スイッチSP118、入力帰線(input return) 120、クランプ回路122、平滑化コンデンサ C_F 124、整流

50

器 D 1 1 2 6、出力コンデンサ C 1 1 2 8、出力量 U_o 、出力電圧 V_o 、出力電流 I_o 、フィードバック回路 1 3 2、フィードバック信号 U_{FB} 1 3 4、制御装置 1 3 6、駆動信号 1 3 8、電流検知入力信号 1 4 0、電圧検知入力信号 1 4 2、及びスイッチ電流 I_D 1 4 4を含む、一例のスイッチング電源 1 0 0の機能ブロック図が例証される。更に図 1 に例証されているのは、スイッチング電源 1 0 0の出力に連結される負荷 1 3 0である。図 1 において例証される例のスイッチング電源 1 0 0は、一般的に、本発明の教示から利益を得ることができるスイッチング電源の接続形態の 1 つの例であるフライバックレギュレータとして構成される。しかしながら、スイッチング電源レギュレータの他の既知の接続形態及び構成が、同様に、本発明の教示から利益を得ることができるということが認識される。

10

【 0 0 1 6 】

スイッチング電源 1 0 0 は、安定化されていない入力電圧から負荷 1 3 0 に対して出力電力を供給する。一実施例において、入力電圧は、A C 入力電圧 V_{AC} 1 0 2 である。別の実施例において、入力電圧は、整流された電圧 V_{RECT} 1 1 0 のような、整流された A C 入力電圧である。示されたように、調光器回路 1 0 4 は、A C 入力電圧 V_{AC} 1 0 2 を受け取り、そして、調光器出力電圧 V_{DO} 1 0 6 を生成する。一実施例において、調光器回路 1 0 4 は、トライアック位相調光器のような、位相調光回路 (phase dimming circuit) であり得る。調光器回路 1 0 4 は、更に整流器 1 0 8 に連結すると共に、調光器出力電圧 V_{DO} 1 0 6 は、整流器 1 0 8 によって受け取られる。整流器 1 0 8 出力は、整流された電圧 V_{RECT} 1 1 0 を出力する。一実施例において、整流器 1 0 8 は、ブリッジ整流器であり得る。整流器 1 0 8 は、更にエネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 に連結する。本発明のいくつかの実施例において、エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 は、連結された誘導子 (inductor: インダクタ) であり得る。他の実施例において、エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 は、変圧器であり得る。図 1 の例において、エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 は、2 つの巻き線、一次巻線 1 1 4 及び二次巻線 1 1 6 を有する。しかしながら、エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 は、2 つを超える巻き線を有することができるということが認識されるべきである。一次巻線 1 1 4 は、更にスイッチ S P 1 1 8 に連結され、そしてスイッチ S P 1 1 8 は、更に入力帰線 (input return) 1 2 0 に連結される。一実施例において、スイッチ S P 1 1 8 は、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) のようなトランジスタであり得る。別の例において、制御装置 1 3 6 は、モノシリック集積回路として実装され得るか、もしくは別個の電気部品によって、または別個の電気部品及び集積された電気部品の組み合わせによって実装され得る。制御装置 1 3 6 及びスイッチ S P 1 1 8 は、ハイブリッド集積回路かモノシリック集積回路のいずれかとして製造される集積回路 1 4 6 の一部分を形成するであろう。

20

30

【 0 0 1 7 】

更に、クランプ回路 1 2 2 が、エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 の一次巻線 1 1 4 を横断して連結されるように、図 1 の実施例において例証される。平滑化コンデンサ C_F 1 2 4 は、整流器 1 0 8 及び入力帰線 1 2 0 に連結し得る。すなわち、平滑化コンデンサ C_F 1 2 4 は、一次巻線 1 1 4 及びスイッチ S P 1 1 8 を横断して連結し得る。エネルギー伝達要素 T 1 1 1 2 の二次巻線 1 1 6 は、整流器 D 1 1 2 6 に連結される。図 1 の例において、整流器 D 1 1 2 6 は、ダイオードとして例示される。しかしながら、いくつかの実施例において、整流器 D 1 1 2 6 は、同期整流器として使用されるトランジスタであり得る。出力コンデンサ C 1 1 2 8 と、負荷 1 3 0 の両方は、整流器 D 1 1 2 6 に連結されるように、図 1 において示される。出力は、負荷 1 3 0 に提供されると共に、安定化された出力電圧 V_o 、安定化された出力電流 I_o 、またはその 2 つの組み合わせのいずれかとして提供され得る。一実施例において、負荷 1 3 0 は、発光ダイオード (LED) アレイであり得る。

40

【 0 0 1 8 】

スイッチングモード電源 1 0 0 は、出力量 U_o として例示される出力を安定化するための回路構成を更に備える。一般的に、出力量 U_o は、出力電圧 V_o 、出力電流 I_o 、また

50

は2つの組み合わせのいずれかである。フィードバック回路132は、スイッチングモード電源100の出力から出力量 U_O を検知するように連結されると共に、フィードバック信号 U_{FB} 134を生成する。他の実施例において、フィードバック信号 U_{FB} 134は、出力量 U_O を表す、変圧器の入力側における1つ以上の量の検知から抽出され得る。フィードバック回路132は、更に、制御装置136がフィードバック信号 U_{FB} 134を受け取るように、制御装置136に連結される。制御装置136は、更に、電流検知入力信号140を受け取る。電流検知入力信号140は、スイッチSP118におけるスイッチ電流 I_D 144を表す。更に、スイッチSP118は、制御装置136から駆動信号138を受け取る。制御装置136は、更に、電圧検知入力信号142を受け取り得る。図1の例において、電圧検知入力信号142は、整流された電圧 V_{RECT} 110を表す。しかしながら、他の実施例において、電圧検知入力信号142は、調光器出力電圧 V_{DO} 106を表し得る。

10

【0019】

動作中、図1のスイッチング電源100は、AC入力電圧 V_{AC} 102のような安定化されていない入力電圧から、負荷130に対して出力電力を提供する。調光器回路104は、スイッチング電源100の負荷130がLEDアレイである場合に、電源に供給される電力量を制限するために利用され得る。その結果、LEDアレイの負荷に供給される電流が制限されると共に、LEDアレイは薄暗くなる。調光器回路104は、AC入力電圧 V_{AC} 102がゼロの電圧を横切るときに、AC入力電圧 V_{AC} 102を切り離す。一定時間後に、調光器回路104は、AC入力電圧 V_{AC} 102を電源100に再接続する。すなわち、調光器回路104は、AC入力電圧 V_{AC} 102の位相を遮断する(interrupt)ことができる。必要とされる調光の量に応じて、調光器回路104は、AC入力電圧 V_{AC} 102が電源から切り離される時間量を制御する。一般的に、更に多くの調光が必要とされる(更に薄暗くする)ことは、その間に調光器回路104がAC入力電圧 V_{AC} 102を切り離す、より長い時間間隔に対応する。更に論じられることになるように、位相角が、その間に調光器回路104がAC入力電圧 V_{AC} 102を切り離す時間間隔を測定することによって判定され得る。判定された位相角を使用して、制御装置136は、閉ループ調光制御と開ループ調光制御の間を移行し得る。

20

【0020】

調光器回路104は、整流器108によって受け取られる調光器出力電圧 V_{DO} 106を生成する。整流器108は、整流された電圧 V_{RECT} 110を生成する。平滑化コンデンサ C_F 124は、スイッチSP118から高周波電流をろ過する。他のアプリケーションに関して、平滑化コンデンサ C_F 124は、実質的にDC電圧がエネルギー伝達要素T1112に印加されるように、十分に大きくすることができる。しかしながら、力率補正(PFC: power factor correction)を有する電源用に、エネルギー伝達要素T1112に印加された電圧が実質的に整流された電圧 V_{RECT} 110に追従することを可能にするために、小さな平滑化コンデンサ C_F 124が利用され得る。従って、平滑化コンデンサ C_F 124の値は、AC入力電圧 V_{AC} 102の各半ライン周期の間に平滑化コンデンサ C_F 124上の電圧が実質的にゼロに到達するように選択され得る。あるいは、すなわち平滑化コンデンサ C_F 124上の電圧は、実質的に調光器出力電圧 V_{DO} 106の正の大きさに追従する。従って、制御装置136は、平滑化コンデンサ C_F 124上の電圧(または、言い換えると整流された電圧 V_{RECT} 110)を検知することによって、調光器回路104がAC入力電圧を電源100から切り離したときを検出し得る。別の実施例において、制御装置136は、スイッチ電流 I_D 144を検知することによって、調光器回路104がAC入力電圧を電源100から切り離したときを検出し得る。

30

40

【0021】

スイッチング電源100は、一次巻線114と二次巻線116との間で電圧を伝達するために、エネルギー伝達要素T1112を利用する。クランプ回路122は、スイッチSP118上の最高電圧を制限するために、一次巻線114に連結される。スイッチSP118は、駆動信号138に応答して開閉される。一般的に、閉じられているスイッチは

50

、電流を伝導することができると共に、オンであると考えられ、一方、開かれているスイッチは、電流を伝導することができないと共に、オフであると考えられるということが理解されている。動作中、スイッチSP118の開閉（スイッチング）は、整流器D1126における脈動電流（pulsating current）を生成する。整流器D1126における電流は、負荷130における実質的に一定の出力電圧 V_O 、出力電流 I_O 、または2つの組み合わせを生成するために、出力コンデンサC1128によって過渡される。

【0022】

フィードバック回路132は、フィードバック信号 U_{FB134} を制御装置136に提供するために、電源100の出力量 U_O を検知する。フィードバック信号 U_{FB134} は、電圧信号または電流信号であり得ると共に、出力量 U_O に関する情報を制御装置136に提供する。更に、制御装置136は、スイッチSP118におけるスイッチ電流 I_{D144} を中継する電流検知入力信号140を受け取る。スイッチ電流 I_{D144} は、例えば別個の抵抗器を横断する電圧、または、トランジスタが導通しているときにトランジスタを横断する電圧のように、様々な方法で検知され得る。更に、制御装置136は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値を中継する電圧検知入力信号142を受け取ることができる。整流された電圧 $V_{RECT110}$ は、様々な方法で、例えば抵抗分割器を通して検知され得る。

【0023】

制御装置136は、電流検知入力信号140により提供されるスイッチ電流 I_{D144} 、または電圧検知入力信号142により提供される整流された電圧 $V_{RECT110}$ 、またはその2つの組み合わせを利用することによって、位相角を判定し得る。例えば、制御装置136は、調光器回路104が電源100からAC入力電圧 V_{AC102} を切り離す時間の長さを測定する。すなわち、制御装置136は、調光器出力電圧 V_{DO106} 及び整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロの電圧に実質的に等しい時間の長さを測定する。位相角を測定するために、制御装置136は、調光器出力電圧 V_{DO106} 及び整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロの電圧に実質的に等しい時間の長さを、半ライン周期の時間の長さによって除算する。制御装置136は、その場合に、閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間を移行するときを判定するために、測定された位相角を利用し得る。

【0024】

制御装置136は、制御装置136が閉ループ調光制御で動作している場合に出力量 U_O を目標値に実質的に安定化するために、様々なシステム入力に応答してスイッチSP118を操作するための駆動信号138を出力する。一実施例において、駆動信号138は、閉じられたスイッチに対応する論理ハイ（logic high）の部分と、開かれたスイッチに対応する論理ロー（logic low）の部分とを有する方形パルス波形であり得る。別の実施例において、駆動信号は、実質的に固定長の論理ハイ（またはオン）パルスから構成されると共に、発振器周期の数当たりのオンパルスの数を変えることによって調整（regulate）される。

【0025】

駆動信号138は、スイッチオン時間（switch on-time） t_{ON} （一般的に駆動信号138の論理ハイの値に対応する）、スイッチオフ時間（switch off-time） t_{OFF} （一般的に駆動信号138の論理ローの値に対応する）、スイッチング周波数 f_s 、またはデューティサイクルのような様々な駆動信号の動作条件を有し得る。閉ループ調光制御の間、制御装置136は、1つ以上の駆動信号の動作条件を判定するために、フィードバック信号 U_{FB134} に応答する。しかしながら、制御装置136によって判定された位相角が位相しきい値を超える場合に、制御装置136は、開ループ調光制御に移行すると共に、1つ以上の駆動信号の動作条件を判定するために、フィードバック信号 U_{FB134} に応答しない。すなわち、一度位相角が位相しきい値（低い値からより高い値まで増加する位相角に対応する）を超えれば、制御装置136は、1つ以上の駆動信号の動作条件の値を、位相角が位相しきい値に到達したときに制御装置136により判定されたそれらのそれぞれの値に維持する。制御装置136が駆動信号の動作条件の値を維持するので、制御

10

20

30

40

50

装置 136 が閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間で移行する場合に、出力電力の不連続性が存在しない。1つの例において、制御装置 136 によって判定された駆動信号の動作条件は、位相しきい値が実質的に 145 度である場合のスイッチオン時間 t_{ON} 及びスイッチング周波数 f_s であり得る。

【0026】

しかしながら、もし位相角が最初から位相しきい値より大きいならば、制御装置 136 は、開ループ調光制御で始まると共に、1つ以上の駆動信号の動作条件に関して、所定値を使用する。もし位相角が位相しきい値より少ない値に減少するならば、制御装置 136 は、閉ループ調光制御に移行すると共に、フィードバック信号 U_{FB134} に応答し始める。従って、制御装置 136 が閉ループ調光制御に移行する場合に、出力電力は、所定の駆動信号の動作条件により判定された値から、フィードバック信号 U_{FB134} によってその時判定された値に移行し得る。

10

【0027】

次に図 2A を参照すると、半ライン周期 T_{HL202} 、しきい値電圧 V_{TH204} 、ピーク電圧 V_P206 、及び一部分 210 を含む、スイッチング電源 100 の整流された電圧 $V_{RECT110}$ の一例の波形の図が例証される。図 2B は、一部分 210、及び対応するゼロ交差信号 212 を例証する。制御装置は、位相角を測定するためにゼロ交差信号 212 を利用すると共に、閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間で移行するときを判定する。

【0028】

一般的に、AC 入力電圧 V_{AC102} は、全ライン周期と言われる AC 入力電圧 V_{AC102} の周期を有する正弦関数の波形である。数学的には、 $V_{AC} = V_P \sin(2\pi f_L t)$ と表すことができる。ここで、 V_P206 は、AC 入力電圧 V_{AC102} のピーク電圧であると共に、 f_L は、ライン入力電圧の周波数である。または、すなわち f_L は、AC 入力電圧 V_{AC102} の周波数である。全ライン周期がライン周波数 f_L の逆数であるか、または、数学的には、全ライン周期 $= 1/f_L$ ということが認識されるべきである。更に、半ライン周期 T_{HL202} は、ライン周波数の 2 倍の逆数、または、数学的には、 $T_{HL} = 1/2f_L$ である。示される例の整流された電圧 $V_{RECT110}$ は、整流器 108 及び調光器回路 104 の結果として生じる出力である。図 2A の例に関して、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の各半周期 T_{HL202} の始まりは、調光器回路 104 が AC 入力電圧 V_{AC102} を電源から切り離すときに対応するゼロの電圧に実質的に等しい。調光器回路 104 が AC 入力電圧 V_{AC102} を電源に再接続するとき、整流された電圧 $V_{RECT110}$ は、実質的に AC 入力電圧 V_{AC102} の正の大きさに追従する。または、数学的には、 $V_{RECT} = |V_{DO}|$ である。

20

30

【0029】

1つの例において、しきい値電圧 V_{TH204} は、ゼロに実質的に等しい。別の例において、しきい値電圧 V_{TH204} は、実質的に整流された電圧 $V_{RECT110}$ のピーク電圧 V_P206 の 4 分の 1 である。しきい値電圧 V_{TH204} の値が更にゼロの電圧に近くなるほど、ゼロ交差信号 212 は、より正確に、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロに実質的に等しいことを示すということが認識されるべきである。しかしながら、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値がゼロの電圧に近くなるほど、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値を検知することが制御装置 136 にとってより難しくなり得る。特に、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロの電圧であるか、またはゼロの電圧に近い場合に、制御装置 136 は、電流検知入力信号 140 により提供されるスイッチ電流 I_D144 を通して整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値を検知することに、いくらかの問題を有し得る。更に、整流された電圧 $V_{RECT110}$ は、平滑化コンデンサ C_F124 の選択された値も手伝って、ゼロに到達しない可能性がある。従って、制御装置 136 は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロの電圧であるか、またはゼロの電圧に近い場合に、ゼロ電圧の状態の検知を可能にするために、非ゼロのしきい値電圧 V_{TH204} を利用することができる。

40

50

【 0 0 3 0 】

図 2 B は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の一部分 2 1 0 と、対応するゼロ交差信号 2 1 2 を例証する。本発明の実施例は、位相角及びその後電源 1 0 0 の閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の移行を判定するために、ゼロ交差信号 2 1 2 を利用する。整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より小さい場合に、ゼロ交差信号 2 1 2 は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より小さいことを示す状態にある。ゼロ交差信号 2 1 2 は、論理ハイ (logic high) の部分と論理ロー (logic low) の部分を有する方形パルス波形であり得る。図 2 B で例証された例に関して、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より小さい場合に、ゼロ交差信号 2 1 2 の値は、論理ハイである。整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より大きい場合に、ゼロ交差信号 2 1 2 の値は、論理ローである。上述のように、一度調光器回路 1 0 4 が AC 入力電圧 V_{AC102} を電源 1 0 0 に再接続するならば、整流された電圧 $V_{RECT110}$ は、AC 入力電圧 V_{AC102} の正の大きさに追従する。従って、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がゼロの電圧に近い場合を判定することは、AC 入力電圧 V_{AC102} がゼロの電圧を横切る場合、従って用語“ゼロ交差”を検出することに対応する。

【 0 0 3 1 】

しかしながら、調光器回路 1 0 4 が電源から AC 入力電圧 V_{AC102} を切り離すので、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の次の部分はゼロに実質的に等しい。従って、ゼロ交差信号 2 1 2 は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より小さいことを示す状態 (すなわちその例において論理ハイ) にある。位相角は、AC 入力電圧 V_{AC102} から、調光器回路が各半ライン周期 T_{HL202} の内のどのくらいの角度を除去するかを示す測定値である。従って、ゼロ交差信号 2 1 2 が、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH204} より小さいことを示す状態 (すなわちその例において論理ハイ) にある時間の長さを測定することによって、制御装置 1 3 6 は、位相角を測定することができる。図 2 B に関して、ゼロ交差信号が論理ハイの値である時間の長さは、 T_{Z218} によって表示され、ここではゼロ交差パルス幅 T_{Z218} と呼ばれる。本発明の実施例によれば、位相角 (角度で表される) は、ゼロ交差パルス幅 T_{Z218} を半ライン周期 T_{HL202} により除算し、そして 1 8 0 を乗算することによって計算されるか、あるいは、数学的には、以下のように表される。

【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$\text{位相角 (角度で表される)} = \frac{T_Z}{T_{HL}} (180)$$

【 0 0 3 3 】

制御装置 1 3 6 は、更に、調光器回路が AC 入力電圧の一部分を除去した後で、AC 入力電圧の平均値から、位相角を間接的に判定し得る。調光器回路出力のより小さな平均値が、より大きな位相角に対応するであろう。従って、制御装置 1 3 6 は、位相角及び閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の電源 1 0 0 の移行を間接的に判定するために、この関係を利用し得る。しかしながら、調光器回路出力の平均値によって測定された位相角の正確度は、AC 入力電圧の変動に依存しているであろう。ゼロ交差パルス幅 T_{Z218} の長さを算出すると共に、それを半ライン周期 T_{HL202} と比較することによって、制御装置 1 3 6 は、AC 入力電圧 V_{AC102} の波形と無関係に、そして AC 入力電圧 V_{AC102} における変動と無関係に、調光器回路 1 0 4 の位相角を計算し得る。

【 0 0 3 4 】

調光器回路 1 0 4 が、更に、要求される調光の量に関する情報を調光器回路 1 0 4 に提

供する入力（図示せず）を備えるということが認識されるべきである。調光器回路 104 がより長く AC 入力電圧 $V_{AC} 102$ を電源から切り離すほど、整流された電圧 $V_{RECT} 110$ は、より長くゼロの電圧に実質的に等しくなる。その結果、ゼロ交差パルス幅 $T_Z 218$ の長さは、調光器回路 104 によって提供される調光の量に対応すると共に、位相角に対応する。

【0035】

更に論じられるであろうように、制御装置 136 は、ゼロ交差パルス幅 $T_Z 218$ の長さを判定するためにカウンタを使用する。カウンタは、図 2 B において開始時刻 $t_{START} 214$ で示されるように、ゼロ交差信号 212 が論理ハイの値に振動する場合に計数（カウント）を開始する。カウンタは、図 2 B において終了時刻 $t_{STOP} 216$ で示されるように、ゼロ交差信号 212 が論理ローの値に振動する場合に計数を終了する。カウンタから出力される終了時刻 $t_{STOP} 216$ における計数値（カウント値）は、ゼロ交差パルス幅 $T_Z 218$ の長さの測定値の 1 つの例である。1 つの例において、カウンタは、半ライン周期 $T_{HL} 202$ の長さの間計数を続け得ると共に、制御装置は、位相角を判定し得る。別の例において、制御装置 136 は、半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関して、固定の計数値を利用する。例えば、制御装置 136 は、半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関して、320 カウントの総計数値を決定し得る。半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関する総計数値が決定される場合に、位相角の各可能な角度は、ゼロ交差パルス幅 $T_Z 218$ の特定の計数値に決定されるであろう。半ライン周期 $T_{HL} 202$ 当たりの総計数値は、計数値当たりの百分率誤差が受け入れられる許容レベルの中にあるように選択され得る。半ライン周期 $T_{HL} 202$ 当たりの総計数値が大きくなるほど、計数値当たりの百分率誤差が小さくなるか、あるいは、数学的には、以下のように表される。

【0036】

【数 2】

$$\text{計数値当たりの誤差（百分率で表される）} = \frac{1}{M}(100)$$

【0037】

ここで、M は、半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関する総計数値である。もし半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関する総計数値が 100 に等しいならば、計数値当たりの百分率誤差は、1% であろう。もし半ライン周期 $T_{HL} 202$ に関する総計数値が 320 カウントに等しいならば、計数値当たりの百分率誤差は、0.31% であろう。更に論じられるように、図 4、図 5、図 6 A、及び図 6 B は、どのように制御装置 136 が位相角を判定すると共に、閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の移行を容易にするために判定された位相角を使用するかを例証する。

【0038】

次に図 3 A を参照すると、整流された電圧 $V_{RECT} 310$ の別の一例の波形が、半ライン周期 $T_{HL} 302$ 、しきい値電圧 $V_{TH} 304$ 、ピーク電圧 $V_P 306$ 、及び一部分 311 を含めて例証される。図 3 B は、整流された電圧 $V_{RECT} 310$ の一部分 311、及び対応するゼロ交差信号 312 を例証する。半ライン周期 $T_{HL} 302$ 、しきい値電圧 $V_{TH} 304$ 、及びピーク電圧 $V_P 306$ は、図 2 A 及び図 2 B において示された半ライン周期 $T_{HL} 202$ 、しきい値電圧 $V_{TH} 204$ 、及びピーク電圧 $V_P 206$ の更なる例であり得る。

【0039】

整流された電圧 $V_{RECT} 310$ の一例の波形は、図 2 A において示される整流された電圧 $V_{RECT} 110$ と類似している。図 2 A の例において、整流された電圧 $V_{RECT} 110$ は、全ての半ライン周期 $T_{HL} 202$ の始まりにおいて AC 入力電圧 $V_{AC} 102$ を切り離すトライアック調光器のような調光器回路 104 の結果である。しかしながら、

図 3 A 及び図 3 B で例証される整流された電圧 $V_{RECT310}$ は、全ての半ライン周期 T_{HL302} の終りにおいて AC 入力電圧 V_{AC102} を切り離す調光器回路 104 の結果である。その結果、整流された電圧 $V_{RECT310}$ は、半ライン周期 T_{HL302} の終りにおいて、ゼロの電圧に実質的に等しい。半ライン周期 T_{HL302} の始まりにおいて、調光器回路 104 が電源 100 から AC 入力電圧 V_{AC102} を切り離すまで、整流された電圧 $V_{RECT310}$ は、実質的に AC 入力電圧 V_{AC102} の正の大きさに追従する。整流された電圧 $V_{RECT310}$ の値は、その場合に、次の半ライン周期の始まりまで、実質的にゼロの電圧に低下する。

【0040】

図 3 B は、整流された電圧 $V_{RECT310}$ の一部分 311、及びゼロ交差信号 312 を例証する。本発明の実施例は、位相角及びその後に電源 100 に関する調光の量を判定するためにゼロ交差信号 312 を利用する。整流された電圧 $V_{RECT310}$ がしきい値電圧 V_{TH304} より小さい場合に、ゼロ交差信号 312 は、ゼロ交差状態が存在することを示す。図 3 B の例に関して、整流された電圧 $V_{RECT310}$ がしきい値電圧 V_{TH304} より小さい場合に、ゼロ交差信号 312 は、論理ハイの値である。整流された電圧 $V_{RECT310}$ がしきい値電圧 V_{TH304} より大きい場合に、ゼロ交差信号 312 は、論理ローの値である。

【0041】

上述のように、ゼロ交差信号 312 が、ゼロ交差状態が存在することを示す論理ハイの値である時間の長さは、ゼロ交差パルス幅 T_Z318 と呼ばれる。ゼロ交差パルス幅 T_Z318 の長さは、調光器回路 104 によって示された位相角を測定するために利用される。位相角は、ゼロ交差パルス幅 T_Z318 を半ライン周期 T_{HL302} と比較することによって計算され得るか、あるいは、数学的には、以下のように表される。

【0042】

【数 3】

$$\text{位相角 (角度で表される)} = \frac{T_Z}{T_{HL}} (180)$$

【0043】

制御装置 136 は、ゼロ交差パルス幅 T_Z318 の長さを判定するためにカウンタを使用し得る。カウンタは、図 3 B において開始時刻 $t_{START314}$ で示されるように、ゼロ交差信号 312 が論理ハイの値に振動する場合に計数を開始する。カウンタは、図 3 B において終了時刻 $t_{STOP316}$ で示されるように、ゼロ交差信号 312 が論理ローの値に振動する場合に計数を終了する。カウンタから出力される終了時刻 $t_{STOP316}$ における計数値は、ゼロ交差パルス幅 T_Z318 の測定値の 1 つの例である。更に論じられるように、図 4、図 5、図 6 A、及び図 6 B は、どのように制御装置 136 が位相角を判定すると共に、閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の移行を容易にするために判定された位相角を使用するかを例証する。

【0044】

次に図 4 を参照すると、フィードバック信号 U_{FB134} 、駆動信号 138、電流検知入力信号 140、電圧検知入力信号 142、位相角測定ブロック 402、位相角信号 406、調光制御信号 408、及び駆動論理ブロック 404 を含む、制御装置 136 の機能ブロック図が例証される。

【0045】

フィードバック信号 U_{FB134} 、駆動信号 138、電流検知入力信号 140、及び電圧検知入力信号 142 は、上述のように連結されて機能する。制御装置 136 は、更に、電流検知入力信号 140 に連結されると共に、電流検知入力信号 140 を受け取る位相角

測定ブロック 402 を備える。位相角測定ブロック 402 は、更に、電圧検知入力信号 142 を受け取り得る。電流検知入力信号 140 及び / または電圧検知入力信号 142 は、入力検知信号と呼ばれ得る。入力検知信号は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ に関する情報を位相角測定ブロック 402 に提供する。駆動論理ブロック 404 は、位相角測定ブロック 402 が提供する位相角信号 406 及び調光制御信号 408 に連結されると共に、位相角信号 406 及び調光制御信号 408 を受け取る。更に、駆動論理ブロック 404 は、フィードバック信号 U_{FB134} 及び電流検知入力信号 140 を受け取る。駆動論理ブロック 404 は、1 つ以上の駆動信号の動作条件を判定するために、様々な受信された信号を利用すると共に、スイッチ $SP118$ の開閉を制御するための駆動信号 138 を出力する。

10

【0046】

上述のように、電圧検知入力信号 142 は、整流された電圧 $V_{RECT110}$ を表す。しかしながら、電圧検知入力信号 142 は、同様に、調光器出力電圧 V_{DO106} を表し得る。更に、電流検知入力信号 140 は、スイッチ電流 I_D144 を表す。動作中、位相角測定ブロック 402 は、電流検知入力信号 140 により提供されるスイッチ電流 I_D144 、または電圧検知入力信号 142 により提供される整流された電圧 $V_{RECT110}$ 、またはその 2 つの組み合わせを利用することによって、位相角を判定し得る。更に以下で言及されるように、位相角測定ブロック 402 は、電流検知入力信号 140 により提供されるスイッチ電流 I_D144 から、整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値を判定し得る。位相角測定ブロック 402 は、位相角信号 406 として、判定された位相角を、駆動論理ブロック 404 に対して出力する。更に、位相角測定ブロック 402 は、調光制御信号 408 を、駆動論理ブロック 404 に対して出力する。調光制御信号 408 は、駆動論理ブロック 404 に対して、判定された位相角が位相しきい値より大きい場合、あるいは判定された位相角が位相しきい値より小さい場合を示すことができる。すなわち、調光制御信号 408 は、駆動論理ブロック 404 が開ループ調光制御で動作するべき場合、または駆動論理ブロック 404 が閉ループ調光制御で動作するべき場合を示すことができる。

20

【0047】

動作中、駆動論理ブロック 404 は、1 つ以上の駆動信号の動作条件を判定するために、受信された位相角信号 406、調光制御信号 408、フィードバック信号 U_{FB134} 、及び / または電流検知入力信号 140 を利用すると共に、駆動信号 138 を出力する。例えば、駆動論理ブロック 404 は、要求される調光の量を判定するために、位相角信号 406 を利用し得る。すなわち、位相角信号 406 は、電源 100 の出力量 U_O の所望の値を判定するために利用され得る。調光制御信号 408 が、駆動論理ブロック 404 が閉ループ調光制御で動作するべきであると示す場合（すなわち、判定された位相角が位相しきい値より小さい場合）に、駆動論理ブロック 404 は、フィードバック信号 U_{FB134} に応答すると共に、出力量 U_O が（位相角信号 406 によって部分的に判定される）目標値に安定化される（regulated: 調整される）ように、1 つ以上の駆動信号の動作条件を判定する。調光制御信号 408 が、駆動論理ブロック 404 が開ループ調光制御で動作するべきであると示す場合（すなわち、判定された位相角が位相しきい値より大きい場合）に、駆動論理ブロック 404 は、フィードバック信号 U_{FB134} に応答しない。更に、駆動論理ブロック 404 は、1 つ以上の駆動信号の動作条件の値を、位相しきい値におけるそれらの条件の値に維持する。しかしながら、もし位相角が最初から位相しきい値より大きいならば、駆動論理ブロック 404 は、開ループ調光制御で動作を開始すると共に、1 つ以上の駆動信号の動作条件に関して、所定値を使用する。もし位相角が位相しきい値より少ない値に減少するならば、駆動論理ブロック 404 は、閉ループ調光制御に移行すると共に、フィードバック信号 U_{FB134} に応答する。駆動論理ブロック 404 は、更に、任意に、電流検知入力信号 140 を受け取り得る。1 つの例において、電流検知入力信号 140 は、スイッチ電流 I_D144 が最大電流限界値に到達し、スイッチ $SP118$ がターンオフされるべきときを示し得る。駆動論理ブロック 404 は、その場合に、スイッチ $SP118$ をターンオフするための駆動信号 138 を出力し得る。

30

40

50

【 0 0 4 8 】

次に図 5 を参照すると、フィードバック信号 $U_{FB} 134$ 、駆動信号 138 、電流検知入力信号 140 、電圧検知入力信号 142 、位相角信号 406 、調光制御信号 408 、ゼロ交差検出器 502 、発振器 504 、システムクロック信号 506 、カウンタ 508 、位相角から基準への変換器 510 、増幅器 512 、ゼロ交差信号 514 、駆動信号生成器 516 、ゼロ交差基準 518 、基準電圧 520 、及び $NAND$ ゲート 522 (すなわち論理ゲート) を含む、制御装置 136 の位相角測定ブロック 402 及び駆動論理ブロック 404 の機能ブロック図が例証される。ゼロ交差信号 514 は、図 2 B 及び図 3 B で例証されたゼロ交差信号の 1 つの例である。図 5 は、どのように制御装置 136 が位相角を測定し、調光制御信号 408 を生成するかについての一実施例を例証する。更に、図 5 は、電源 100 の出力における調光を容易にするために、基準電圧 518 を変更するのにどのように位相角が利用されるかについての 1 つの例を例証する。

10

【 0 0 4 9 】

フィードバック信号 $U_{FB} 134$ 、駆動信号 138 、電流検知入力信号 140 、電圧検知入力信号 142 、位相角測定ブロック 402 、及び駆動論理ブロック 404 は、上述のように連結されると共に機能する。制御装置 136 は、更に、電流検知入力信号 140 及びゼロ交差基準 518 に連結されると共に、電流検知入力信号 140 及びゼロ交差基準 518 を受け取るゼロ交差検出器 502 を備える。ゼロ交差検出器 502 は、更に、電圧検知入力信号 142 を受け取り得る。ゼロ交差基準 518 は、(しきい値電圧 $V_{TH} 204$ 及び $V_{TH} 304$ として論じられたような) しきい値電圧 V_{TH} を表すと共に、ゼロ交差検出器 502 は、ゼロ交差信号 514 を出力する。上述のように、ゼロ交差信号 514 は、ゼロ交差状態が存在するときを示すか、あるいは、言い換えれば、整流された電圧 $V_{RECT} 110$ がしきい値電圧 V_{TH} を下回るときを示す。ゼロ交差信号 514 は、論理ハイの部分及び論理ローの部分の長さが変化する方形パルス波形である。ゼロ交差信号 514 の連続する上昇エッジの間の長さは、半ライン周期 T_{HL} に実質的に等しい。更に、論理ハイの部分の時間の長さは、ゼロ交差パルス幅 T_Z に実質的に等しい。1 つの例において、ゼロ交差検出器 502 は、電圧検知入力信号 142 から整流された電圧 $V_{RECT} 110$ に関する情報を受け取ると共に、ゼロ交差検出器 502 は、電圧検知入力信号 142 及びゼロ交差基準 518 を利用して、ゼロ交差信号 514 を生成する。別の例において、ゼロ交差検出器 502 は、電流検知入力信号 140 により提供されるスイッチ電流 $I_D 144$ から整流された電圧 $V_{RECT} 110$ に関する情報を受け取ると共に、ゼロ交差検出器 502 は、電流検知入力信号 140 及びゼロ交差基準 518 を利用して、ゼロ交差信号 514 を生成する。更なる例において、ゼロ交差検出器 502 は、電圧検知入力信号 142 と電流検知入力信号 140 の両方から電圧 $V_{RECT} 110$ に関する情報を受け取ると共に、電圧検知入力信号 142 と電流検知入力信号 140 、そしてゼロ交差基準 518 を利用して、ゼロ交差信号 514 を生成する。

20

30

【 0 0 5 0 】

スイッチ $SP 118$ がオンである場合のスイッチ $SP 118$ の電圧と電流との間の関係は、以下のように表され得る。

【 0 0 5 1 】

40

【 数 4 】

$$V(t) = L_p \frac{di(t)}{dt}$$

【 0 0 5 2 】

ここで、 L_p は、一次巻線 114 のインダクタンスである。不連続伝導モード (discontinuous conduction mode: DCM) において動作する電源に関して、あらゆるスイッチング周期 (開閉周期) の間のこの関係は、更に以下のように表され得る。

【 0 0 5 3 】

50

【数 5】

$$V_{AC} = L_P \frac{I_{PEAK}}{t_{ON}}$$

【0054】

I_{PEAK} は、スイッチ電流 I_{D144} のピーク値であり、そして t_{ON} は、スイッチ $SP118$ のオン時間である。しかしながら、オン時間 t_{ON} が半ライン周期 T_{HL} と比較して小さいので、1つのスイッチング周期において、 V_{AC} の値は定数であると考えられ得る。図1において示された例に関しては、以下の関係がある。

10

【0055】

【数 6】

$$V_{RECT} = L_P \frac{I_{PEAK}}{t_{ON}}$$

【0056】

従って、交差検出器502は、スイッチ電流 I_{D144} から整流された電圧 $V_{RECT110}$ の値を判定し得る。制御装置136は、DCMにおいてスイッチ $SP118$ がオンである場合のスイッチ $SP118$ の電圧と電流との間の関係を利用して、しきい値電圧 V_{TH} (204及び304)に対応するように、ゼロ交差電流しきい値 I_{ZC} 及びゼロ交差時間しきい値 t_{ZC} を決定し得るか、あるいは、数学的には、以下のように表される。

20

【0057】

【数 7】

$$V_{TH} = L_P \frac{I_{ZC}}{t_{ZC}}$$

30

【0058】

交差検出器502は、スイッチ電流 I_{D144} のピーク値がゼロ交差電流しきい値 I_{ZC} より小さいときを判定することによって、整流された電圧 $V_{RECT110}$ がしきい値電圧 V_{TH} (204及び304)より小さいことを判定し得る。一実施例に関して、ゼロ交差電流しきい値 I_{ZC} は、ゼロ交差基準518の1つの例である。

【0059】

交差検出器502は、カウンタ508に連結すると共に、カウンタ508は、ゼロ交差信号514を受け取る。更に、カウンタ508は、発振器504に連結すると共に、発振器504からシステムクロック信号506を受け取る。1つの例において、発振器504は、ライン(line:電力線)に同期化された発振器(line-synchronized oscillator)である。1つの例において、システムクロック信号506は、論理ハイの部分及び論理ローの部分の長さが変化する方形パルス波形である。連続する上昇エッジの間の長さは、発振器周期 T_{OSC} に実質的に等しい。発振器周波数 f_{OSC} は、半ライン周波数 f_{HL} の倍数になるように選ばれ得るか、または数学的には、 $f_{OSC} = M f_{HL}$ 、 $M > 1$ である。ここで、 M は、正の整数である。すなわち、半ライン周期 T_{HL} ($T_{HL} = 1 / f_{HL}$) は、発振器周期 T_{OSC} ($T_{OSC} = 1 / f_{OSC}$) の倍数であるか、あるいは、数学的には、以下のように表される。

40

【0060】

【数 8】

$$T_{OSC} = \frac{1}{M} T_{HL}, M > 1$$

【0061】

上述のように、Mの値は、更に、半ライン周期 T_{HL} 当たり総計数値のことを指す。1つの例において、Mの値は320である。発振器504は、更に、交差検出器502に連結すると共に、ゼロ交差信号514を受け取る。更に論じられるように、発振器504は、半ライン周期 T_{HL} 、または言い換えると半ライン周波数 f_{HL} を判定するために、ゼロ交差信号514を利用し得る。発振器504がラインに同期化された発振器である場合に、発振器504は、Mの値が実質的に一定であるように、発振器周波数 f_{OSC} を調節し得る。

10

【0062】

カウンタ508は、発振器504から受信されたシステムクロック信号506に応答して値を増加させる2進カウンタである。または、言い換えるとカウンタ508は、発振器504の全ての周期において値を増加させる（インクリメントする）2進カウンタである。カウンタ508は、ゼロ交差信号514の上昇エッジにおいて計数を開始する（図2B及び図3Bに関して、それぞれ開始時刻 $t_{START\ 214}$ 及び開始時刻 $t_{START\ 314}$ として示される）と共に、カウンタ508は、ゼロ交差パルス幅 T_Z の長さの間、計数を続ける。1つの例において、カウンタ508は、その場合に、ゼロ交差信号の次の下降エッジにおいて計数を終了する（図2B及び図3Bに関して、それぞれ終了時刻 $t_{STOP\ 216}$ 及び終了時刻 $t_{STOP\ 316}$ として示される）。カウンタ508の内部の計数値は、その場合に、位相角から基準への変換器510に対して、ビットB1からBNとして出力される。ビットB1からBNは、位相計数値と呼ばれ得る。更に、ビットB1からBNは、同様に、位相角信号406と呼ばれ得る。1つの例において、B1は最下位ビット（LSB）であり、そしてBNは、最上位ビット（MSB）である。1つの例において、カウンタ508は、ゼロ交差信号514の下降エッジにおいて、リセットしてゼロに戻る。

20

30

【0063】

別の例において、カウンタ508は、ゼロ交差信号514の上昇エッジにおいて計数を開始すると共に、カウンタ508は、ゼロ交差パルス幅 T_Z の長さの間、計数を続ける。次の下降エッジにおいて、カウンタ508は、内部の計数値を、位相角から基準への変換器510に対して、ビットB1からBN（位相角信号406）として送信する。しかしながら、カウンタ508は、ゼロ交差信号514の次の上昇エッジまで、その内部の計数値をリセットしない。一実施例において、カウンタ508は、非同期カウンタまたは同期カウンタを形成するように配置された複数のフリップフロップである。位相角信号406としてカウンタ508から出力された位相計数値（B1からBN）は、位相角を表す。具体的には、全ての半ライン周期 T_{HL} の総計数値Mが固定される場合に、カウンタ508から出力された位相計数値（B1からBN）は、位相角を表す。あるいは、言い換えれば、

40

【数 9】

$$T_{OSC} = \frac{1}{M} T_{HL}$$

であると共に、Mが実質的に一定である場合に、カウンタ508から出力された位相計数値（B1からBN）は、位相角を表す。総計数値Mが320に等しいとき、90度の位相角は、カウンタ508が160の位相計数値に計数することに対応するであろう。別の例において、調光器回路104が半ライン周期 T_{HL} の4分の1の間AC入力電圧 $V_{AC\ 1}$

50

02を切り離すことに対応する45度の位相角は、カウンタ508が80の位相計数値に計数することに対応するであろう。

【0064】

図7は、カウンタ508の一例の計数値を例証する表700である。上述のように、ゼロ交差信号514が論理ハイの値である場合に、カウンタ508は、システムクロック信号506の全ての周期において値を増加させる。0の内部計数値に関して、ビットB1、B2、及びB3は、論理ローの値である。1の内部計数値に関して、ビットB2及びB3が論理ローの値に留まる一方、ビットB1は、論理ハイの値になる。7の内部計数値に関して、ビットB1、B2、及びB3は、論理ハイの値である。表700は、3ビットカウンタを例証するが、しかしながら、あらゆるビット数がカウンタの出力406に含まれ得るということが認識されるべきである。

10

【0065】

図5に戻って参照すると、位相角から基準への変換器510は、カウンタ508に接続すると共に、位相角信号406(B1からBN)を受け取る。位相角から基準への変換器510は、受け取られた位相角信号406(B1からBN)を、基準電圧 V_{REF} 520に変換する。一例において、オフセット位相計数値(B1からBN)が高くなるほど、基準電圧 V_{REF} 520は低くなる。位相角から基準への変換器510に含まれるD/A変換器(図示せず)は、位相角信号406(B1からBN)を、基準電圧 V_{REF} 520に変換するために利用され得る。

【0066】

20

位相角から基準への変換器510は、更に、増幅器512とも呼ばれるフィードバック基準回路に連結され、従って、増幅器512は、基準電圧 V_{REF} 520を受け取る。増幅器512は、更に、フィードバック信号 U_{FB} 134を受け取る。フィードバック信号 U_{FB} 134は、電源100の出力量 U_O に関する情報を駆動論理ブロック404に提供する。図5において示されたように、フィードバック信号 U_{FB} 134は、増幅器512の非反転入力において受け取られる一方、基準電圧 V_{REF} 520は、増幅器512の反転入力において受け取られる。増幅器512(すなわちフィードバック基準回路)の出力は、更に、駆動信号生成器516に連結される。駆動信号生成器516は、更に、電流検知入力信号140及び調光制御信号408に連結されると共に、電流検知入力信号140及び調光制御信号408を受け取る。上述のように、電流検知入力信号140は、スイッチ電流 I_D 144を表す。

30

【0067】

調光制御信号408は、駆動信号生成器516が開ループ調光制御で動作すべき場合、または駆動信号生成器516が閉ループ調光制御で動作すべき場合を示すことができる。すなわち、調光制御信号408は、位相角が位相しきい値より大きい場合、または位相角が位相しきい値より小さい場合を示す。上述のように、全ての半ライン周期 T_{HL} の総計数値Mが固定される場合に、カウンタ508から出力された位相角信号406(B1からBN)は、位相角を表す。従って、位相角信号406(B1からBN)は、位相角が位相しきい値より大きいか、または位相角が位相しきい値より小さいか、を判定するために利用され得る。図7の表700に戻って参照すると、もし位相しきい値が値4に設定されたならば、最上位ビットMSB(表700のB3)が論理ハイの値(すなわち値1)である場合に、制御装置136は、位相角が値4以上であったことを判定し得る。更に、もし位相しきい値が値6に設定されたならば、MSB(B3)及び最上位ビットの次の上位ビット(最上位ビットから2番目のビット:B2)が両方とも論理ハイの値である場合に、制御装置136は、位相角が値6以上であったことを判定し得る。従って、カウンタ508のビット数及び位相しきい値に応じて、調光制御信号408は、最上位ビットMSB、最上位ビットの次の上位ビット等の値によって判定され得る。図5において示される制御装置136に関して、調光制御信号408は、BN及びBN-1が両方とも論理ハイの値である場合に、位相角が位相しきい値以上であることを示す。図5において示されたように、BN及びBN-1は、NANDゲート522の入力に連結される。NANDゲート

40

50

522の出力は、調光制御信号408である。BN及びBN-1の両方が位相しきい値より大きい測定された位相角に対応する論理ハイである場合に、調光制御信号408は、制御装置136が開ループ調光制御を利用しているべきであることを示す、論理ローの値である。BNまたはBN-1の値のいずれもが論理ハイではない場合に、調光制御信号408は、制御装置136が閉ループ調光制御を利用しているべきであることを示す、論理ハイの値である。

【0068】

増幅器512の出力と調光制御信号408、そして電流検知入力信号140を利用して、駆動信号生成器516は、スイッチSP118を操作する駆動信号138を出力する。閉ループ調光制御において、駆動信号生成器516は、出力量 U_O を目標値に安定化させるために、駆動信号138の動作条件を判定するのに(フィードバック信号 U_{FB} 134に応答する)増幅器512の出力を利用する。開ループ調光制御において、駆動信号生成器516は、駆動信号138の動作条件を判定するのに増幅器512の出力を利用しない。更に、駆動信号生成器516は、位相しきい値において判定される駆動信号138の動作条件の値を維持する。

10

【0069】

次に、図6Aを参照すると、フィードバック信号 U_{FB} 134、駆動信号138、電流検知入力信号140、位相角信号406、調光制御信号408、位相角から基準への変換器510、増幅器512、基準電圧520、NANDゲート522、積分器602、調光制御スイッチ604、ホールドコンデンサ606、及び状態機械608を含む、駆動論理ブロック404及び駆動信号生成器516の機能ブロック図が例証される。図6Aは、駆動信号生成器516によって実行された閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の移行を例証する。

20

【0070】

フィードバック信号 U_{FB} 134、駆動信号138、電流検知入力信号140、位相角信号406、調光制御信号408、位相角から基準への変換器510、増幅器512、基準電圧 V_{REF} 520、及びNANDゲート522は、上述のように連結されて機能する。駆動信号生成器516は、更に、増幅器512の出力に連結されると共に、増幅器512の出力を受け取る積分器602を備える。積分器602は、調光制御スイッチ604に連結する。調光制御スイッチ604は、更に、ホールドコンデンサ606及び状態機械608に連結される。状態機械608は、スイッチSP118の開閉を制御する駆動信号138を出力する。1つの例において、状態機械608は、出力を生成すると共に未来のスイッチング周期をスケジュール(schedule)するために、本発明の教示に従って、積分器602が提供する過去及び現在の入力にตอบสนองして有効または無効にされる、例えば論理ゲート、フリップフロップ、ラッチ、カウンタ等の普通のデジタル回路(図示せず)を備える。

30

【0071】

動作中、調光制御スイッチ604が閉じられる場合に、積分器602の出力は、状態機械608に転送される。調光制御信号408は、調光制御スイッチ604の開閉(opening and closing)を制御する。調光制御信号408が閉ループ調光制御を示す場合に、調光制御スイッチ604は、閉じられる。調光制御信号408が開ループ調光制御を示す場合に、調光制御スイッチ604は、開かれる。閉ループ動作において、状態機械608は、積分器602が更新される時点において積分器602から出力される値に基づいて、制御装置136がスイッチSP118を制御する動作条件を設定する。一実施例において、積分器は、全ての半ライン周期 T_{HL} において更新される。積分器602は、増幅器512の出力を受け取る。積分器602は、電源100が正確な量の電力を供給しているかどうかを部分的に判定するために、半ライン周期 T_{HL} の間中フィードバック信号 U_{FB} 134を積分する。1つの例において、積分器602としてカウンタが利用される。増幅器512の出力が、フィードバック信号 U_{FB} 134が基準電圧 V_{REF} 520より大きいことに対応する論理ハイである場合に、積分器602は、1つだけカウントダウンする。

40

50

増幅器 5 1 2 の出力が、基準電圧 $V_{REF} 5 2 0$ がフィードバック信号 $U_{FB} 1 3 4$ より大きいことに対応する論理ローである場合に、積分器 6 0 2 は、1 つだけカウントアップする。半ライン周期 T_{HL} の終りに、積分器 6 0 2 の最終結果は、状態機械 6 0 8 によって受け取られる。一実施例において、積分器 6 0 2 の正の計数値は、十分な電力が出力に供給されていないことに対応し、一方、積分器 6 0 2 の負の計数値は、十分過ぎる電力が出力に供給されていることに対応する。状態機械 6 0 8 は、積分器 6 0 2 が更新される場合に積分器 6 0 2 から出力される値に基づいて、駆動信号 1 3 8 の動作条件を設定する。更に、積分器 6 0 2 から出力される値は、ホールドコンデンサ 6 0 6 において維持される。

【 0 0 7 2 】

開ループ調光制御において、調光制御スイッチ 6 0 4 は、開いている。状態機械 6 0 8 は、駆動信号 1 3 8 の動作条件を設定するために、ホールドコンデンサ 6 0 6 に保存された値を利用する。従って、調光制御スイッチ 6 0 4 が再度閉じるまで、状態機械 6 0 8 は、状態を変更しない。すなわち、状態機械 6 0 8 は、フィードバック信号 $U_{FB} 1 3 4$ に応答しない。しかしながら、電源 1 0 0 が開ループ調光制御で動作しているように、もし位相角が最初から位相しきい値より大きいならば、ホールドコンデンサ 6 0 6 に保存される積分器 6 0 2 から出力された値は存在しない。従って、状態機械 6 0 8 は、所定の状態に基づいて、駆動信号 1 3 8 の動作条件を設定する。位相角が低い値からより高い値に増加する場合、調光制御スイッチ 6 0 4 が閉じられているときは、状態機械は、フィードバック信号 $U_{FB} 1 3 4$ を追跡し、調光制御スイッチ 6 0 4 が開かれているときは、駆動信号 1 3 8 の動作条件を維持する。

【 0 0 7 3 】

次に、図 6 B を参照すると、フィードバック信号 $U_{FB} 1 3 4$ 、駆動信号 1 3 8、電流検知入力信号 1 4 0、位相角信号 4 0 6、調光制御信号 4 0 8、位相角から基準への変換器 5 1 0、増幅器 5 1 2、基準電圧 5 2 0、NAND ゲート 5 2 2、積分器 6 0 2、状態機械 6 1 0、AND ゲート 6 1 2、及び更新クロック信号 6 1 4 を含む、駆動論理ブロック 4 0 4 及び駆動信号生成器 5 1 6 の別の機能ブロック図が例証される。図 6 B は、更に、駆動信号生成器 5 1 6 によって実行された閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間の移行を例証する。

【 0 0 7 4 】

フィードバック信号 $U_{FB} 1 3 4$ 、駆動信号 1 3 8、電流検知入力信号 1 4 0、位相角信号 4 0 6、調光制御信号 4 0 8、位相角から基準への変換器 5 1 0、増幅器 5 1 2、基準電圧 $V_{REF} 5 2 0$ 、及び NAND ゲート 5 2 2 は、上述のように連結されて機能する。駆動信号生成器 5 1 6 は、更に、増幅器 5 1 2 の出力に連結されると共に、増幅器 5 1 2 の出力を受け取る積分器 6 0 2 を備える。状態機械 6 1 0 は、更に、積分器 6 0 2 の出力に連結すると共に、積分器 6 0 2 の出力を受け取る。更に、状態機械 6 1 0 は、AND ゲート 6 1 2 の出力に連結する。AND ゲート 6 1 2 の出力は、状態機械 6 1 0 を更新する。AND ゲート 6 1 2 の入力は、調光制御信号 4 0 8 及び更新クロック信号 6 1 4 を受け取る。更新クロック信号 6 1 4 は、全ての半ライン周期 T_{HL} において論理ハイの値に振動する方形パルス波形である。状態機械 6 1 0 は、スイッチ $SP 1 1 8$ の開閉を制御する駆動信号 1 3 8 を出力する。1 つの例において、状態機械 6 1 0 は、出力を生成すると共に未来のスイッチング周期をスケジュール (schedule) するために、本発明の教示に従って、積分器 6 0 2 が提供する過去及び現在の入力にตอบสนองして有効または無効にされる、例えば論理ゲート、フリップフロップ、ラッチ、カウンタ等の普通のデジタル回路 (図示せず) を備える。

【 0 0 7 5 】

動作中、制御装置 1 3 6 は、状態機械 6 1 0 が更新されるときを制御することによって、閉ループ調光制御と開ループ調光制御との間で移行し得る。積分器 6 0 2 は、増幅器 5 1 2 の出力を受け取る。積分器 6 0 2 は、電源 1 0 0 が正確な量の電力を供給しているかどうかを部分的に判定するために、半ライン周期 T_{HL} の間中フィードバック信号 U_{FB}

134を積分する。状態機械610は、状態機械610が更新される場合に積分器602から出力される値に基づいて、制御装置136がスイッチSP118を制御する動作条件を設定する。図6Bにおいて例証されるように、ANDゲート612の出力が論理ハイの値である場合に、状態機械610は更新される。従って、状態機械610は、更新クロック信号614が論理ハイの値に振動する場合に更新される（全ての半ライン周期 T_{HL} で更新される）と共に、調光制御信号408が論理ハイの値である（位相角が位相しきい値より小さいことを調光制御信号408が示すことに対応する）場合に更新される。すなわち、制御装置136が閉ループ調光制御で動作している場合に、状態機械610は、更新クロック信号614が論理ハイの値に振動するときに更新される。開ループ調光制御に関して、調光制御信号408は、論理ローの値であると共に、状態機械610が更新されることを抑止する論理ローの値に、ANDゲート612の出力を維持する。従って、駆動信号138の動作条件は、位相しきい値におけるそれらの値に維持される。すなわち、状態機械610が更新されることを抑止することによって、状態機械610は、フィードバック信号 U_{FB} 134に応答しない。

【0076】

次に図8Aを参照すると、グラフ802、804、及び806、そして位相しきい値808を含む、位相角が増加している場合の駆動信号の動作条件と位相角との関係が例証される。一例のグラフに関して、例証された駆動信号の動作条件は、デューティサイクルである。図8Aは、単一の、駆動信号の動作条件を例証するが、しかしながら、あらゆる数の動作条件が、本発明の実施例を利用し得る。

【0077】

グラフ802は、位相角が増加すると減少する駆動信号の動作条件の値を例証する。しかしながら、位相角が位相しきい値808に到達する場合に、制御装置136は、閉ループ調光制御から開ループ調光制御に移行する。従って、駆動信号の動作条件は、一定値に維持される。一実施例において、位相角が位相しきい値808に到達した場合に、駆動信号の動作条件は、その値で一定の状態に維持される。もし制御装置が開ループ調光制御に移行しなかったならば、グラフ802において示された点線は、駆動信号の動作条件の値を例証する。

【0078】

グラフ804は、位相角が増加すると増加する駆動信号の動作条件の値を例証する。一度位相角が位相しきい値808に到達すれば、駆動信号の動作条件は、一定値に維持される。一実施例において、位相角が位相しきい値808に到達した場合に、駆動信号の動作条件は、その値で一定の状態に維持される。もし制御装置が開ループ調光制御に移行しなかったならば、グラフ804において示された点線は、駆動信号の動作条件の値を例証する。

【0079】

グラフ806は、位相角が増加すると変化する駆動信号の動作条件の値を例証する。一度位相角が位相しきい値808に到達すれば、駆動信号の動作条件は、一定値に維持される。一実施例において、位相角が位相しきい値808に到達した場合に、駆動信号の動作条件は、その値で一定の状態に維持される。もし制御装置が開ループ調光制御に移行しなかったならば、グラフ806において示された点線は、駆動信号の動作条件の値を例証する。

【0080】

しかしながら、駆動信号の動作条件の値は、位相角、電源の出力、及び入力電圧の値のようないくらかの要因によって判定され得るということが認識されるべきである。グラフ802、804、及び806は、駆動信号の動作条件を判定するための異なる方式を表す。しかしながら、本発明の実施例に従って、一度位相角が位相しきい値808に到達すれば、制御装置136は開ループ調光制御に移行すると共に、駆動信号の動作条件は一定値に維持される。グラフ802、804、及び806は、更に、位相角が低い値から高い値まで増加するとき、位相しきい値において駆動信号の動作条件の値の急変がないので、閉

10

20

30

40

50

ループ調光制御と開ループ調光制御との間で出力電力がなめらかに移行することを例証する。

【 0 0 8 1 】

次に図 8 B を参照すると、グラフ 8 0 2、8 0 4、及び 8 0 6、そして位相しきい値 8 0 8 と設定誤差 8 1 0 を含む、位相角が減少している場合の駆動信号の動作条件と位相角との間の関係が例証される。一例のグラフに関して、例証された駆動信号の動作条件は、デューティサイクルである。図 8 B は、起動時に位相角が位相しきい値 8 0 8 より最初から大きい場合に、何が駆動信号の動作条件に発生するであろうかを例証する。

【 0 0 8 2 】

グラフ 8 0 2 において、電源の起動時に位相角が位相しきい値 8 0 8 より大きい場合に、駆動信号の動作条件は、実質的に一定値になる。一度位相角が位相しきい値 8 0 8 より下に減少すると、制御装置 1 3 6 は閉ループ調光制御に移行すると共に、駆動信号の動作条件は、位相角が減少すると増加するようになる。しかしながら、上述のように、位相角が位相しきい値 8 0 8 より最初から大きい場合に、駆動信号の動作条件は、所定の値に設定される。設定誤差 8 1 0 は、開ループ調光制御における駆動信号の動作条件の値と、一度閉ループ調光制御が再開した場合の駆動信号の動作条件の判定値 (determined value) との間の誤差を例証する。位相角が増加している場合に、制御装置 1 3 6 が閉ループ調光制御で動作していたときから駆動信号の動作条件の値が維持されるので、設定誤差 8 1 0 は発生しない。グラフ 8 0 4 とグラフ 8 0 6 は、駆動信号の動作条件を判定するための他の方式を例証する。

【 0 0 8 3 】

ここで開示された発明が、特定の実施例、その例及び応用を用いて示さる一方、それに対する多数の修正及び変更が、当業者によって、特許請求の範囲に示された本発明の範囲からはずれずに生成されるであろう。

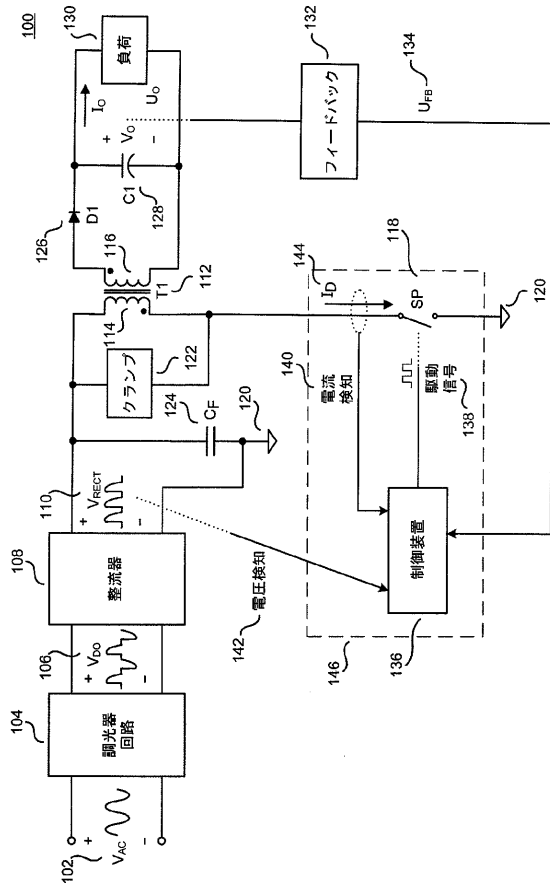
【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

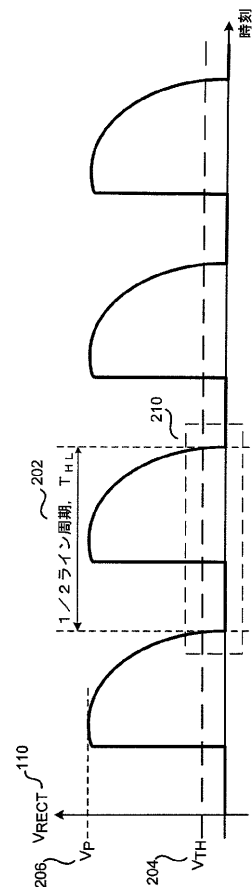
1 0 0	スイッチング電源	
1 0 2	A C 入力電圧 V_{AC}	
1 0 4	調光器回路	
1 0 6	調光器出力電圧 V_{DO}	30
1 0 8	整流器	
1 1 0	整流された電圧 V_{RECT}	
1 1 2	エネルギー伝達要素 T 1	
1 1 4	一次巻線	
1 1 6	二次巻線	
1 1 8	スイッチ S P	
1 2 0	入力帰線 (input return)	
1 2 2	クランプ回路	
1 2 4	平滑化コンデンサ C_F	
1 2 6	整流器 D 1	40
1 2 8	出力コンデンサ C_1	
1 3 0	負荷	
1 3 2	フィードバック回路	
1 3 4	フィードバック信号 U_{FB}	
1 3 6	制御装置	
1 3 8	駆動信号	
1 4 0	電流検知入力信号	
1 4 2	電圧検知入力信号	
1 4 4	スイッチ電流 I_D	
1 4 6	集積回路	50

U _o	出力量	
V _o	出力電圧	
I _o	出力電流	
202	半ライン周期 T _{HL}	
204	しきい値電圧 V _{TH}	
206	ピーク電圧 V _P	
210	整流された電圧 V _{RECT 110} の一部分	
212	ゼロ交差信号	
214	開始時刻 t _{START}	
216	終了時刻 t _{STOP}	10
218	ゼロ交差パルス幅 T _Z	
302	半ライン周期 T _{HL}	
304	しきい値電圧 V _{TH}	
306	ピーク電圧 V _P	
310	整流された電圧 V _{RECT}	
311	整流された電圧 V _{RECT 310} の一部分	
312	ゼロ交差信号	
314	開始時刻 t _{START}	
316	終了時刻 t _{STOP}	
318	ゼロ交差パルス幅 T _Z	20
402	位相角測定ブロック	
404	駆動論理ブロック	
406	位相角信号	
408	調光制御信号	
418	基準電圧	
502	ゼロ交差検出器	
504	発振器	
506	システムクロック信号	
508	カウンタ	
510	位相角から基準への変換器	30
512	増幅器	
514	ゼロ交差信号	
516	駆動信号生成器	
518	ゼロ交差基準	
520	基準電圧 V _{REF}	
522	NANDゲート	
602	積分器	
604	調光制御スイッチ	
606	ホールドコンデンサ	
608	状態機械	40
610	状態機械	
612	ANDゲート	
614	更新クロック信号	
802、804、806	グラフ	
808	位相しきい値	
810	設定誤差	

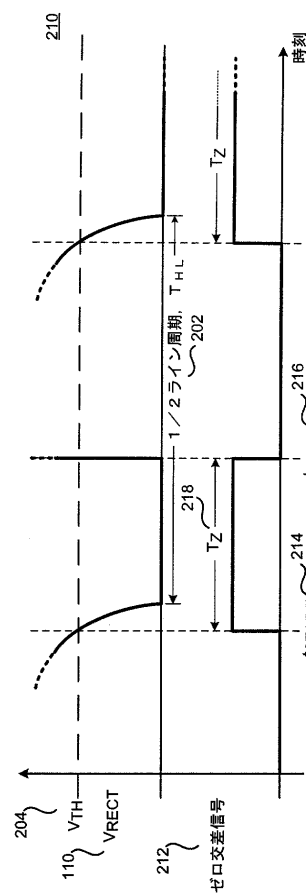
【図 1】



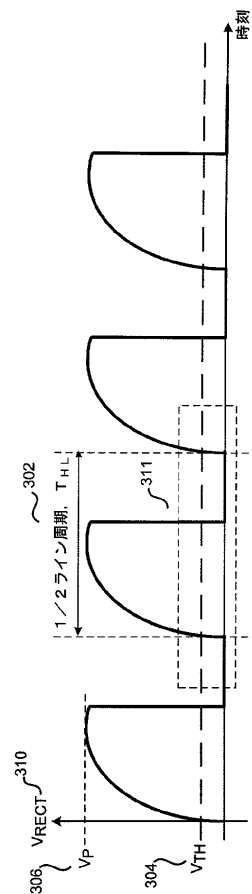
【図 2 A】



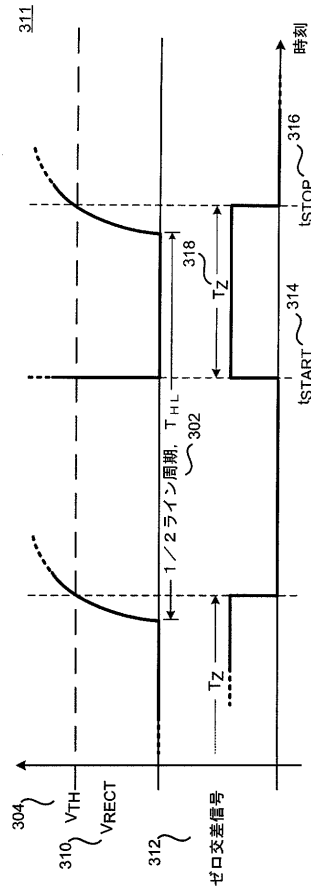
【図 2 B】



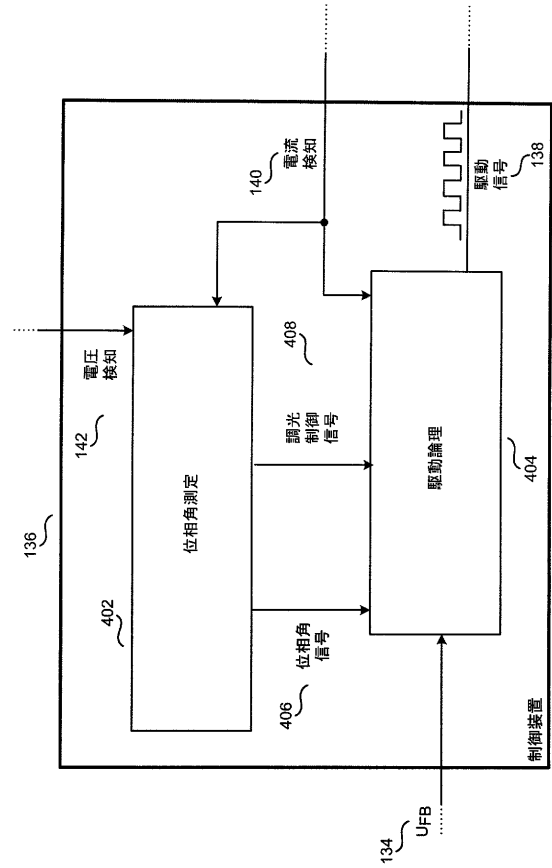
【図 3 A】



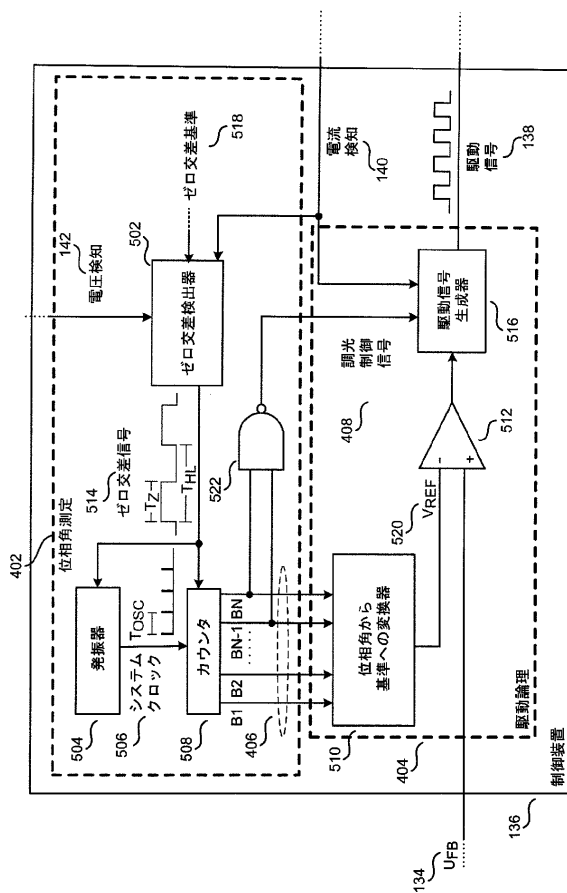
【図 3 B】



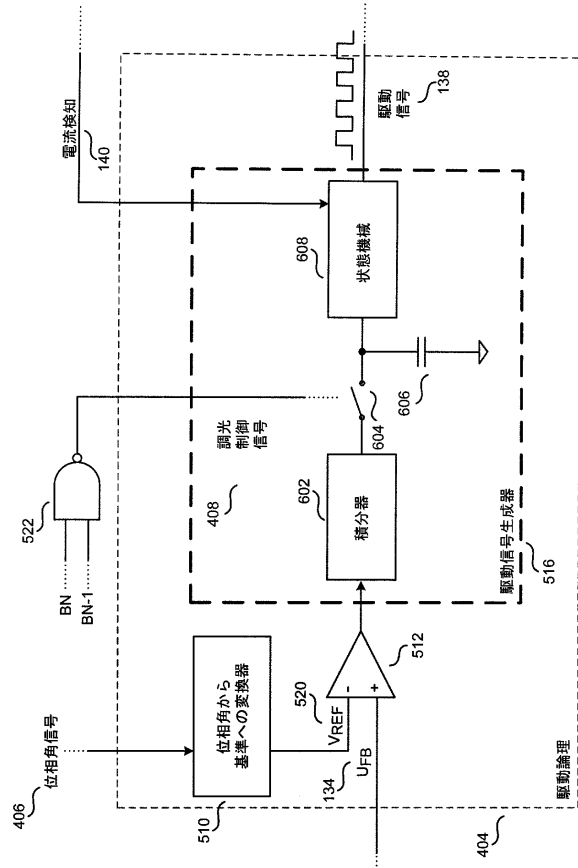
【図 4】



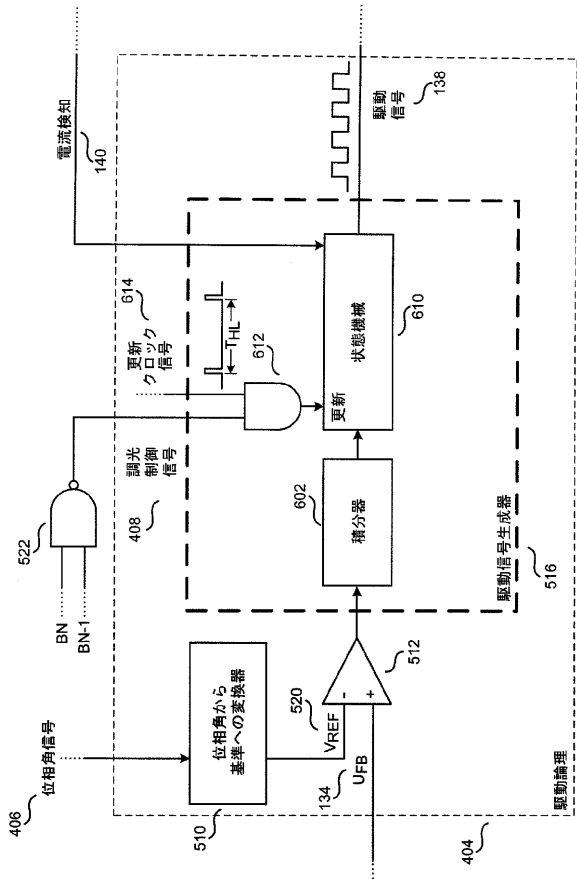
【図 5】



【図 6 A】



【図 6 B】

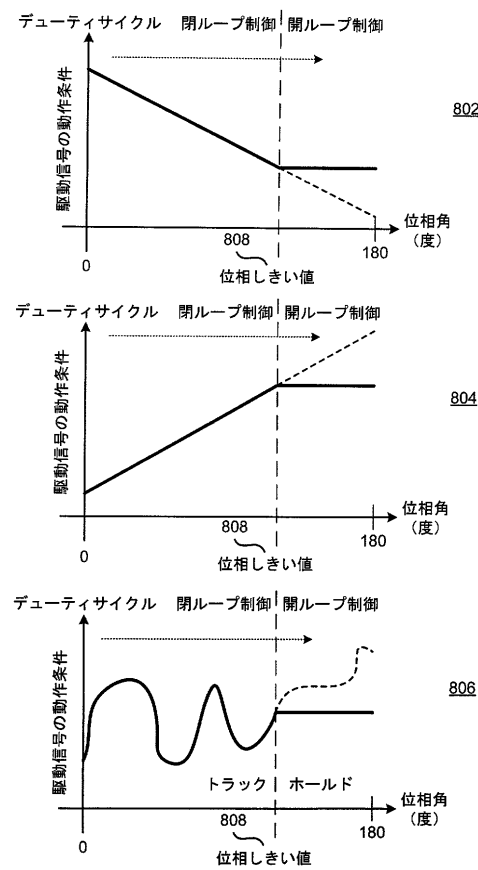


【図 7】

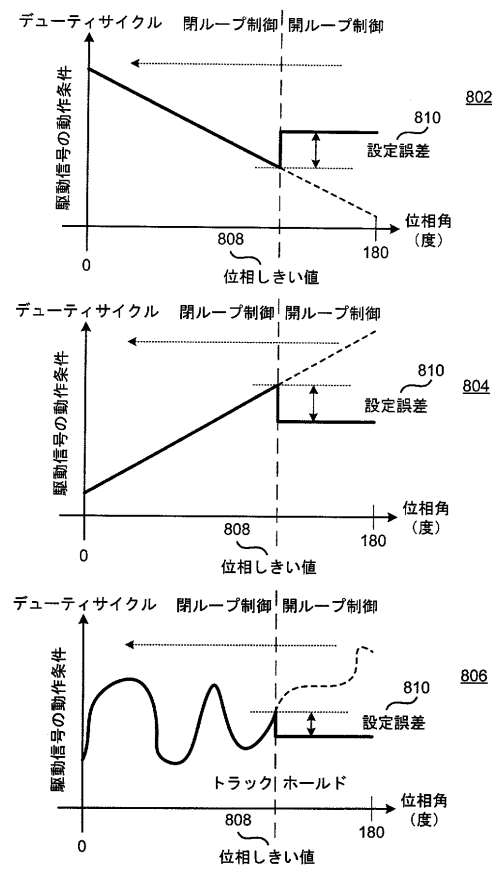
700

値	B1	B2	B3
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	1
5	1	0	1
6	0	1	1
7	1	1	1

【図 8 A】



【図 8 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ユーリ・ガクノキ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・95138・サン・ノゼ・グレンイーグルス・サークル・59
73

(72)発明者 ミンミン・マオ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・95014・クパティーノ・セレステ・サークル・20735

審査官 桑 原 恭雄

(56)参考文献 国際公開第2011/117770(WO, A1)
特表2013-524408(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 37/02
H02M 3/28