

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6539201号  
(P6539201)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int.Cl. F I  
HO2M 3/155 (2006.01) HO2M 3/155 C

請求項の数 15 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2015-252812 (P2015-252812)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成27年12月25日(2015.12.25)	(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
(65) 公開番号	特開2017-118720 (P2017-118720A)	(72) 発明者	曾根原 理仁 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日 立オートモティブシステムズ株式会社内
(43) 公開日	平成29年6月29日(2017.6.29)	(72) 発明者	小林 洋一郎 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日 立オートモティブシステムズ株式会社内
審査請求日	平成30年2月16日(2018.2.16)	審査官	高野 誠治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スイッチング電源、電源回路及び車載制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、を備え、  
前記制御回路は、前記断線故障が検出された場合に、前記コイルから出力する電圧が前記第2の電圧よりも大きく前記第1の電圧よりも小さい第3の電圧となるように、前記スイッチング素子を制御することを特徴とするスイッチング電源。

10

【請求項2】

第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルが

20

ら前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、

前記スイッチング素子の温度を測定する第1の温度センサを備え、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された後、前記第1の温度センサによって測定された温度が第1の温度閾値以上になった場合、前記コイルから前記第3の電圧よりも大きい電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する

ことを特徴とするスイッチング電源。

【請求項3】

第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、

前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、

前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、

前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、

前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、

前記第1の還流回路に並列接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第2の還流回路と、

前記第2の還流回路の温度を測定する第2の温度センサと、備え、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された後、前記第2の温度センサによって測定された温度が第1の温度閾値以上になった場合、前記コイルから前記第3の電圧よりも大きい電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する

ことを特徴とするスイッチング電源。

【請求項4】

第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、

前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、

前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、

前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、

前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、

前記スイッチング素子に流れる電流を測定する第1の電流センサと、を備え、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された後、前記第1の電流センサによって測定された電流が第1の電流閾値以上になった場合、前記コイルから前記第3の電圧よりも大きい電圧が出力されるように前記スイッチング素子をオンする

ことを特徴とするスイッチング電源。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかに記載のスイッチング電源であって、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出されない場合、前記第2の電圧が第1の目標電圧と等しくなるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、

前記断線故障が検出された場合、前記第3の電圧が前記第1の目標電圧よりも大きい第2の目標電圧と等しくなるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する

ことを特徴とするスイッチング電源。

10

20

30

40

50

## 【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかに記載のスイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
を備えることを特徴とする電源回路。

## 【請求項7】

スイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
前記リニア電源の温度を測定する第3の温度センサと、を備えた電源回路であって、  
前記スイッチング電源は、  
第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、を備え、  
前記制御回路は、前記断線故障が検出された後、前記第3の温度センサによって測定された温度が第2の温度閾値以上になった場合、前記コイルから前記第3の電圧よりも小さい電圧が出力されるように前記スイッチング素子を制御することを特徴とする電源回路。

10

20

## 【請求項8】

スイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
前記リニア電源の温度を測定する第3の温度センサと、を備えた電源回路であって、  
前記スイッチング電源は、  
第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、  
前記スイッチング素子の温度を測定する第1の温度センサと、を備え、  
前記制御回路は、前記断線故障が検出された後、前記第1の温度センサによって測定された温度と前記第3の温度センサによって測定された温度との差分が所定の閾値以上になった場合、前記コイルから前記第3の電圧よりも大きい電圧が出力されるように前記スイッチング素子を制御することを特徴とする電源回路。

30

40

## 【請求項9】

スイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
前記リニア電源の温度を測定する第3の温度センサと、を備えた電源回路であって、

50

前記スイッチング電源は、  
第 1 の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第 1 の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第 2 の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第 2 の電圧よりも大きい第 3 の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、  
前記第 1 の還流回路に並列接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第 2 の還流回路と、  
前記スイッチング素子の温度を測定する第 1 の温度センサと、  
前記第 2 の還流回路の温度を測定する第 2 の温度センサと、を備え、  
 前記制御回路は、前記断線故障が検出された後、前記第 1 の温度センサ及び前記第 2 の温度センサによってそれぞれ測定された温度のうち高い方と前記第 3 の温度センサによって測定された温度との差分が所定の閾値以上になった場合、前記コイルから前記第 3 の電圧よりも大きい電圧が出力されるように前記スイッチング素子を制御することを特徴とする電源回路。

10

## 【請求項 10】

スイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
前記リニア電源から出力される電流を測定する第 2 の電流センサと、を備えた電源回路であって、  
前記スイッチング電源は、  
第 1 の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第 1 の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第 2 の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第 2 の電圧よりも大きい第 3 の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、を備え、  
 前記制御回路は、前記断線故障が検出された後、前記第 2 の電流センサによって測定された電流が第 2 の電流閾値以上になった場合、前記コイルから前記第 3 の電圧よりも小さい電圧が出力されるように前記スイッチング素子を制御することを特徴とする電源回路。

20

30

## 【請求項 11】

スイッチング電源と、  
前記スイッチング電源に直列接続され、前記スイッチング電源から入力される電圧を平滑化した電圧を出力するリニア電源と、  
前記リニア電源から出力される電流を測定する第 2 の電流センサと、を備えた電源回路であって、  
前記スイッチング電源は、  
第 1 の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第 1 の還流回路と、

40

50

前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、を備え、

前記リニア電源は、前記断線故障が検出された後、前記第2の電流センサによって測定された電流が第3の電流閾値以上になった場合、シャットダウンする又は出力する電流を抑制する

ことを特徴とする電源回路。

【請求項12】

10

請求項6乃至11のいずれかに記載の電源回路と、  
前記電源回路に並列接続されるマイコンと、  
前記電源回路に並列接続され、前記マイコンによって制御される電子機器と、  
を備えることを特徴とする車載制御装置。

【請求項13】

請求項12に記載の車載制御装置であって、  
前記マイコンは、  
前記断線故障が検出された場合、前記マイコンの機能及び前記電子機器の機能を制限する

ことを特徴とする車載制御装置。

20

【請求項14】

請求項12に記載の車載制御装置であって、  
警告灯を制御する警告灯装置をさらに備え、  
前記警告灯装置は、  
前記断線故障が検出された場合、前記警告灯を点灯させる  
ことを特徴とする車載制御装置。

【請求項15】

請求項14に記載の車載制御装置であって、  
前記警告灯装置は、  
前記断線故障が検出された後、前記警告灯を点滅させ、  
さらに、前記電源回路が備える温度センサによって測定された温度が所定の温度閾値以上になった場合、または、前記電源回路が備える電流センサによって測定された電流値が所定の電流閾値以上になった場合、前記警告灯の点滅周期を変更する

30

ことを特徴とする車載制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スイッチング電源、電源回路及び車載制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来、車両に搭載される各種機器の電子制御化が進んでいる。これらの機器を制御する車載制御装置は、車載バッテリーから、電源回路によって降圧した電圧を供給されている。

【0003】

電源回路のうち、スイッチング電源は、出力電圧の変動が大きいのが、損失が小さい利点があり、高電圧な車載バッテリーから電圧を降圧することに優位である。一方、リニア電源は、損失が大きいのが、出力電圧の変動が小さく、高精度な電圧を出力することに優位である。

【0004】

そこで、スイッチング電源とリニア電源を直列に接続することで、低損失で高精度な電圧出力を実現した電源回路が知られている。これら電源回路では、安全な動作を保証する

50

ために、断線故障や短絡故障などが発生した場合、その故障状態を検出する機能が必要である。

【0005】

例えば、スイッチング電源の故障状態の検出として、「フライホイールダイオードを構成する第2のダイオード素子が電氣的にオープン状態に陥ったときであってもスイッチングトランジスタの劣化や破壊を防止することができるスイッチングレギュレータ」が知られている（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-83104号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献1では、「集積回路部の出力端子に接続される第2のダイオード素子（フライホイールダイオード）が何らかの原因によりオープン状態になると検知トランジスタがオンしてノイズマスク回路を作動させる。ノイズマスク回路が作動すると、PWM回路160からロジック回路、レベルシフト回路を介してスイッチングトランジスタに信号（PWM駆動信号）が供給されるのを停止する。」と記載されている。

【0008】

このように、従来のフライホイールダイオードの断線故障が検出可能な回路を備えたスイッチング電源では、断線故障を検出すると、PWM駆動信号を停止させていた。しかし、スイッチング電源を含む電源回路は、車載制御装置を安全な状態で停止させる必要があり、故障検知後も継続した動作が必要である点が考慮されていなかった。

【0009】

上記課題に鑑みて、本発明の主な目的は、フライホイールダイオードなどの還流回路が断線故障となった後も、できるだけ継続して動作が可能なスイッチング電源、電源回路及び車載制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明は、第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧よりも大きい第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、を備える。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、還流回路が断線故障となった後も、できるだけ継続して動作することができる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1の実施形態による電源回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態におけるスイッチング素子と第1の還流回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態におけるスイッチング素子と第1の還流回路の構成の別の一例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の第1の実施形態における故障検出回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図5】図4の構成における故障検出回路の動作の一例を示すタイミングチャートである。

【図6】本発明の第1の実施形態におけるリニア電源の構成の一例を示すブロック図である。

【図7】図1の構成による電源回路の動作の第1の例を示すタイミングチャートである。

【図8】図1の構成による電源回路の動作の第2の例を示すタイミングチャートである。

【図9】図1の構成による電源回路の動作の第3の例を示すタイミングチャートである。

【図10】図1の構成による電源回路の動作の第4の例を示すタイミングチャートである。

10

【図11】図1の構成による電源回路の動作の第5の例を示すタイミングチャートである。

【図12】図1の構成による電源回路の動作の第6の例を示すタイミングチャートである。

【図13】図1の構成による電源回路の動作の第7の例を示すタイミングチャートである。

【図14】本発明の第1の実施形態における変形例として故障検出回路5と制御回路4の構成の一例を示すブロック図である。

【図15】図14の構成による電源回路の動作の一例を示すタイミングチャートである。

20

【図16】本発明の第2の実施形態による電源回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図17】図16の構成における電源回路の動作の第1の例を示すタイミングチャートである。

【図18】図16の構成における電源回路の動作の第2の例を示すタイミングチャートである。

【図19】図16の構成における電源回路の動作の第3の例を示すタイミングチャートである。

【図20】図16の構成における電源回路の動作の第4の例を示すタイミングチャートである。

30

【図21】本発明の第3の実施形態による電源回路の構成の一例を示すブロック図である。

【図22】図21の構成における電源回路の動作の第1の例を示すタイミングチャートである。

【図23】図21の構成における電源回路の動作の第2の例を示すタイミングチャートである。

【図24】図21の構成における電源回路の動作の第3の例を示すタイミングチャートである。

【図25】図21の構成における電源回路の動作の第4の例を示すタイミングチャートである。

40

【図26】本発明の第4の実施形態による電源回路と車載制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図27】図26の構成における車載制御装置の動作の第1の例を示すタイミングチャートである。

【図28】図26の構成における車載制御装置の動作の第2の例を示すタイミングチャートである。

【図29】図26の構成における車載制御装置の動作の第3の例を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

50

以下、図面を用いて、本発明の第1～第4の実施形態によるスイッチング電源等の構成及び動作について説明する。なお、各図において、同一符号は同一部分を示す。

【0014】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態による電源回路100Aの構成の一例を示すブロック図である。図1に示す電源回路100Aは、スイッチング電源101Aと、リニア電源102(シリーズレギュレータ)と、を備え、車載バッテリー300から電源 $V_{in}$ を供給され、例えばマイコンやセンサなどの負荷回路200に電源 $V_{out}$ を供給する。負荷回路200は、負荷電流 $I_{out}$ で駆動される。

【0015】

スイッチング電源101Aは、コイル3を駆動するスイッチング素子1と、スイッチング素子1の出力 $V_L$ と $GND$ の間に接続した第1の還流回路2と、スイッチング素子1の出力 $V_L$ に接続し、第1の還流回路2の断線状態を検出すると、検出信号 $DET$ に $H(High\ Level)$ を出力する故障検出回路5と、スイッチング電源の出力電圧 $V_{sw}$ と、スイッチング電源の目標電圧 $V_{ref}$ と、故障検出回路5の出力 $DET$ を入力として、スイッチング素子1の導通・非導通を制御する制御信号 $V_c$ を出力する制御回路4と、スイッチング電源101Aの出力電圧 $V_{sw}$ を安定化するキャパシタ6と、第1の還流回路2と並列に接続し、ESDダイオード(Electro-Static Discharge Diode)や寄生ダイオードなどによる第2の還流回路7と、を備える。スイッチング電源101Aは、車載バッテリー300から電源 $V_{in}$ を入力として、負荷電流 $I_{sw}$ で、電圧 $V_{sw}$ を出力する。

【0016】

換言すれば、スイッチング電源101Aは、図1に示すように、スイッチング素子1、平滑回路 $SC$ 、第1の還流回路2、故障検出回路5、制御回路4を備える。スイッチング素子1には、電源 $V_{in}$ (第1の電圧)が入力される。平滑回路 $SC$ は、スイッチング素子1に直列接続されるコイル3を含む。第1の還流回路2は、スイッチング素子1とコイル3との接続点に接続され、スイッチング素子1のオフ期間にコイル3へ電流を還流する。故障検出回路5は、コイル3へ還流される電流の経路の断線を示す断線故障(オープン状態)を検出する。

【0017】

なお、図1では、スイッチング電源101Aは、第1の還流回路2に並列接続され、スイッチング素子1のオフ期間にコイル3へ電流を還流する第2の還流回路7を備えるが、後述するように備えない場合もある。

【0018】

リニア電源102は、スイッチング電源101Aの出力電圧 $V_{sw}$ から電源を供給され、負荷電流 $I_{out}$ の負荷回路200に電源 $V_{out}$ を出力する。

【0019】

換言すれば、リニア電源102は、スイッチング電源101Aに直列接続され、スイッチング電源101Aから入力される電圧(出力電圧 $V_{sw}$ )を平滑化した電圧(電源 $V_{out}$ )を出力する。

【0020】

図2は、本発明の第1の実施形態におけるスイッチング素子1と第1の還流回路2の構成の一例を示すブロック図である。

【0021】

スイッチング素子1は、例えば $NMOS10$ (Negative channel Metal Oxide Semiconductor)で構成され、ドレイン端子( $D$ )は車載バッテリーの電源 $V_{in}$ に、ソース端子( $S$ )はスイッチング素子1の出力 $V_L$ を介してコイル3に、ゲート端子( $G$ )は制御回路4の制御信号 $V_c$ に接続されている。制御回路4の制御信号 $V_c$ はスイッチング素子1の導通・非導通を制御するため、 $NMOS10$ のゲートとソース間の電圧を制御する。

【0022】

第1の還流回路2は、例えばショットキーバリアダイオード20など、順方向バイアス

10

20

30

40

50

を印加することに適したダイオードが用いられ、カソード端子 ( K ) をコイル 3 に、アノード端子 ( A ) を G N D に接続し、スイッチング素子 1 が非導通のときに還流電流を出力する。

【 0 0 2 3 】

図 2 における第 1 の還流回路 2 における断線故障としては、例えばショットキーバリアダイオード 2 0 の素子破壊や、アノード側またはカソード側の配線 2 1 の接続不良や断線などによるインピーダンスの増加が原因となる。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態におけるスイッチング素子 1 と第 1 の還流回路 2 の構成の別の一例を示すブロック図である。

10

【 0 0 2 5 】

スイッチング素子 1 は、例えば P M O S 1 1 ( Positive channel Metal Oxide Semiconductor ) で構成され、ソース端子は車載バッテリーの電源  $V_{in}$  に、ドレイン端子はスイッチング素子の出力  $V_L$  を介してコイル 3 に、ゲート端子は制御回路 4 の制御信号  $V_c$  に接続されている。制御回路 4 の制御信号  $V_c$  はスイッチング素子 1 の導通・非導通を制御するため、P M O S 1 1 のゲートとソース間の電圧を制御する。

【 0 0 2 6 】

第 1 の還流回路 2 は、例えば N M O S 2 2 で構成され、ドレイン端子をコイル 3 に、ソース端子を G N D に、ゲート端子を第 2 の制御回路 2 3 の出力に接続する。

【 0 0 2 7 】

20

第 2 の制御回路 2 3 は、制御回路 4 の制御信号  $V_c$  を入力として、スイッチング素子 1 が非導通の際に、第 1 の還流回路 2 の N M O S 2 2 を導通させ、スイッチング素子 1 が導通している際には、第 1 の還流回路 2 の N M O S 2 2 を非導通に制御する。

【 0 0 2 8 】

また、還流回路 N M O S 2 2 のボディダイオード 7 1 は、第 1 の還流回路 2 と並列に接続しており、第 2 の還流回路 7 として機能する。

【 0 0 2 9 】

図 3 の第 1 の還流回路 2 における断線故障としては、例えば N M O S 2 2 の素子破壊や、ドレイン側またはソース側の配線 2 4 の接続不良や断線などによるインピーダンスの増加や、N M O S 2 2 のゲート端子が非導通にスタックすることが原因となる。

30

【 0 0 3 0 】

なお、図 2 と図 3 で示したスイッチング素子 1 と第 1 の還流回路 2 の組合せの構成に限定するものではない。

【 0 0 3 1 】

例えば、図 2 でスイッチング素子 1 を N M O S 1 0 としたが、P M O S 1 1 でも良いし、図 3 で P M O S 1 1 としたが、N M O S 1 0 でも良い。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態における故障検出回路 5 の構成の一例を示すブロック図である。

【 0 0 3 3 】

40

故障検出回路 5 は、スイッチング素子 1 が非導通の際に、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  と G N D の電圧を比較し、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  が G N D から一定値以上低い電圧になると第 1 の還流回路 2 の断線故障を検出する。

【 0 0 3 4 】

構成の一例として、故障検出回路 5 は、コンパレータ 5 1 と、一对の P M O S 5 2 A と P M O S 5 2 B と、一对の電流源 5 3 A と電流源 5 3 B と、電圧シフト回路 5 4 と、を備える。

【 0 0 3 5 】

一对の P M O S 5 2 A と、P M O S 5 2 B では、ドレイン端子はともに G N D に接続される。P M O S 5 2 A のゲート端子は G N D に、P M O S 5 2 B のゲート端子はスイッチ

50

ング素子 1 の出力  $V_L$  に接続される。PMOS 52A のソース端子は、電流源 53A から電流が入力され、コンパレータ 51 のプラス端子  $INP$  に接続される。PMOS 52B のソース端子は、電圧シフト回路 54 を介して電流源 53B から電流が入力される。例えば抵抗素子などによる電圧シフト回路 54 では、一方の端子が PMOS 52B のソース端子に接続され、他方の端子がコンパレータ 51 のマイナス端子  $INN$  に接続される。コンパレータ 51 は入力端子  $INP$  と入力端子  $INN$  の電圧を比較し、 $INP$  が  $INN$  より高い電圧の場合、断線故障として DET 信号に H を出力する。

【0036】

また、必須の構成ではないが、PMOS 52B のゲート端子に保護用ダイオード 72 が接続されることがある。保護用ダイオード 72 は第 1 の還流回路 2 と並列に接続されているため、第 2 の還流回路 7 として機能する。

10

【0037】

図 5 は、図 4 における故障検出回路 5 の動作の一例を示すタイミングチャートである。

【0038】

正常状態において、スイッチング素子 1 が非導通の場合、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  は、負荷電流  $I_{sw}$  による第 1 の還流回路 2 の電圧降下分の電圧となり、PMOS 52B と電圧シフト回路 54 でレベルシフトした入力端子  $INN$  の電圧は、GND から PMOS 52A によってレベルシフトした入力端子  $INP$  の電圧より高い。そのためコンパレータ 51 の出力 DET は L のままである。

【0039】

20

一方、時刻  $T_0$  に第 1 の還流回路 2 に断線故障が発生した故障状態において、スイッチング素子 1 が非導通の際、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  は、負荷電流  $I_{sw}$  による第 1 の還流回路 2 の電圧降下分の電圧となるが、断線故障により、第 1 の還流回路 2 のインピーダンスが増加しているため、正常状態に比べて電圧降下が大きくなり、PMOS 52B と電圧シフト回路 54 でレベルシフトした入力端子  $INN$  の電圧は、GND から PMOS 52A によってレベルシフトした入力端子  $INP$  の電圧より低くなる。そのため、コンパレータ 51 の出力 DET は H を出力し断線故障を検出する。

【0040】

ここで示した故障状態が継続すると、スイッチング素子 1 のソース端子であるスイッチング素子の出力  $V_L$  の電圧が GND 以下に大きく低下するため、スイッチング素子 1 のドレインとソース間電圧が増加し、スイッチング素子 1 に故障が発生する懸念がある。

30

【0041】

また、断線故障によりインピーダンスが増加した第 1 の還流回路 2 に負荷電流  $I_{sw}$  が流れるため、発熱が増加し第 1 の還流回路 2 または第 1 の還流回路 2 の経路において、発熱による故障が発生する懸念がある。

【0042】

また、断線故障により第 1 の還流回路 2 のインピーダンスが増加することにより、正常状態ではインピーダンスが第 1 の還流回路 2 より大きい第 2 の還流回路 7 に第 1 の還流回路 2 に流れていた負荷電流  $I_{sw}$  が流れることによって、第 2 の還流回路 7 の発熱による故障や、配線やビアの許容電流量によるマイグレーションによる故障の懸念がある。

40

【0043】

本実施形態では、第 1 の還流回路 2 の断線故障を継続することによる、更なる故障の懸念からスイッチング電源 101A を保護し、かつ、電源回路 100A の動作を継続するような電源回路を提供する。

【0044】

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態におけるリニア電源 102 の構成の一例を示すブロック図である。

【0045】

リニア電源 102 は、出力トランジスタ 102A (一例として NMOS) と、出力電圧  $V_{out}$  と目標電圧  $V_{ref\_out}$  を比較して出力トランジスタ 102A のゲート端子

50

V<sub>g</sub>の電圧を制御するオペアンプ102Bと、安定化容量102Cと、で構成される。

【0046】

リニア電源102は、損失が大きい、出力電圧の変動が小さいため、スイッチング電源の出力電圧V<sub>sw</sub>の変動を抑制し、高精度な出力電圧V<sub>out</sub>を出力できる。

【0047】

〔電源回路100Aの動作の第1の例〕

図7は、本発明の第1の実施形態における電源回路100Aの動作の一例を示すタイミングチャートである。

【0048】

正常状態においては、スイッチング素子1は制御回路4の制御信号V<sub>c</sub>で導通・非導通を制御され、導通状態では入力電圧V<sub>in</sub>から負荷電流I<sub>sw</sub>とスイッチング素子1のインピーダンスの積だけ低下した電圧を、非導通状態ではGNDから負荷電流I<sub>sw</sub>と第1の還流回路2のインピーダンスの積だけ低下した電圧を、スイッチング素子1の出力V<sub>L</sub>に出力する。

【0049】

スイッチング電源101Aの出力電圧V<sub>sw</sub>は、スイッチング素子1の出力V<sub>L</sub>からコイル3とキャパシタ6により平滑化された電圧として出力される。出力電圧V<sub>sw</sub>の平均電圧は目標電圧として設定したV<sub>ref</sub>と等しくなるように、スイッチング素子1の導通・非導通が制御回路4の制御信号V<sub>c</sub>によって制御される。

【0050】

換言すれば、制御回路4は、図7に示すように、断線故障が検出されない場合、コイル3から正常状態に対応する出力電圧V<sub>sw</sub>(第2の電圧)が出力されるようにスイッチング素子1のオン/オフを制御する。詳細には、制御回路4は、断線故障が検出されない場合、正常状態に対応する出力電圧V<sub>sw</sub>(第2の電圧)が第1の目標電圧V<sub>ref</sub>と等しくなるようにスイッチング素子1のオン/オフを制御する。

【0051】

スイッチング電源101Aの出力電圧V<sub>sw</sub>の電圧はスイッチングによる電圧変動が残るが、リニア電源102によって電圧変動が除去されて安定した高精度な電源として出力電圧V<sub>out</sub>が出力される。

【0052】

また、正常状態においては図5で示したように、スイッチング素子1の出力V<sub>L</sub>の電圧の低下が小さいため、故障検出回路5の出力DETはLとなる。

【0053】

時刻T<sub>0</sub>に第1の還流回路2に断線故障が発生すると、第1の還流回路2のインピーダンスが増加し、スイッチング素子1の出力V<sub>L</sub>の電圧が低下し、図5で示したように故障検出回路5の出力DETはHを出力する。

【0054】

故障検出回路5の出力DETがHになると、目標電圧V<sub>ref</sub>と、スイッチング電源101Aの出力電圧V<sub>sw</sub>によらず、制御回路4は制御信号V<sub>c</sub>によってスイッチング素子1を導通状態に固定する。

【0055】

換言すれば、制御回路4は、図7に示すように、断線故障が検出された場合、コイル3から正常状態に対応する出力電圧V<sub>sw</sub>(第2の電圧)よりも大きい故障状態に対応する出力電圧V<sub>sw</sub>(第3の電圧)が出力されるようにスイッチング素子1をオンする。詳細には、制御回路4は、断線故障が検出された場合、スイッチング素子1をオンに固定する。

【0056】

スイッチング素子1の出力V<sub>L</sub>は、GNDより高い電圧となるため、スイッチング素子1のドレインとソース間の電圧の増加は防ぐことができ、また、第1の還流回路2と、第2の還流回路7に負荷電流I<sub>sw</sub>は流れないため、電源回路100Aは保護される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

また、負荷電流  $I_{sw}$  や電源  $V_{in}$  の変動により、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  の変動は大きくなるが、リニア電源 102 によって変動を除去した高精度な電源を出力電圧  $V_{out}$  に出力することができるので、電源回路 100 A の動作を継続できる。

## 【 0 0 5 8 】

〔電源回路 100 A の動作の第 2 の例〕

図 8 は、本発明の第 1 の実施形態における電源回路 100 A の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

## 【 0 0 5 9 】

正常状態から時刻  $T_0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力するまでは図 7 と同じ動作のため説明を省略する。

## 【 0 0 6 0 】

図 8 のタイミングチャートにおいては、制御回路 4 は故障検出回路 5 の出力 DET が H になると、正常状態でスイッチング素子 1 を導通させる際より、低い電圧を制御信号  $V_c$  に印加することで、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  の電圧は図 7 と比べて低下するが、GND より高い電圧となるため、図 7 の動作例と同様に電源回路 100 A は保護される。

## 【 0 0 6 1 】

また、負荷電流  $I_{sw}$  や電源  $V_{in}$  の変動により、スイッチング電源 101 A の出力  $V_{sw}$  の変動は大きくなるが、リニア電源 102 によって変動を除去した高精度な電源を  $V_{out}$  に出力することで、電源回路 100 A の動作を継続できる。

## 【 0 0 6 2 】

また、図 7 の動作例ではスイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  が高電圧を出力するため、リニア電源 102 の出力トランジスタ 102 A に高い電圧が印加されていたが、図 8 の動作例では、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  を低下させることが出来るため、出力トランジスタ 102 A に必要であった耐圧や放熱性を緩和することが出来る。

## 【 0 0 6 3 】

〔電源回路 100 A の動作の第 3 の例〕

図 9 は本発明の第 1 の実施形態における電源回路 100 A の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

## 【 0 0 6 4 】

正常状態から時刻  $T_0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力するまでは図 7 と同じ動作のため説明を省略する。

## 【 0 0 6 5 】

図 9 のタイミングチャートにおいては、制御回路 4 は故障検出回路 5 の出力 DET が H になると、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  が目標電圧  $V_{ref}$  と等しくなるように制御回路 4 の制御信号  $V_c$  の電圧を制御することで、スイッチング素子 1 の出力電圧  $V_L$  は GND より高い電圧となり、図 7 と同様に電源回路 100 A は保護される。

## 【 0 0 6 6 】

また、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  は正常状態と変化無いため、電源回路 100 A の動作は継続できる。

## 【 0 0 6 7 】

また、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  の電圧は、制御されているため、負荷電流  $I_{sw}$  の変動による、スイッチング電源 101 A の出力電圧  $V_{sw}$  の変動が小さく、目標電圧  $V_{ref}$  となる。そのため、電源回路 100 A の出力電圧  $V_{out}$  が降下する懸念は無い。

## 【 0 0 6 8 】

〔電源回路 100 A の動作の第 4 の例〕

図 10 は本発明の第 1 の実施形態における電源回路 100 A の動作の別の一例を示すタ

10

20

30

40

50

タイミングチャートである。

【0069】

正常状態から時刻T0で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力DETにHを出力するまでは図7と同じ動作のため説明を省略する。

【0070】

図10のタイミングチャートにおいては、制御回路4は故障検出回路5の出力DETがHになると、スイッチング電源101Aの目標電圧Vrefを、Vrefより高電圧なVref1に変更し、出力電圧Vswを目標電圧Vref1と等しくなるように制御回路4の制御信号Vcの電圧を制御することで、スイッチング素子1の出力VLはGNDより高い電圧となるため、図7と同様に電源回路100Aは保護される。

10

【0071】

また、スイッチング電源101Aの出力Vswは高電圧になるが、リニア電源102によって降圧した電圧Voutに出力できるため電源回路100Aの出力は継続できる。

【0072】

また、目標電圧をVrefからVref1に上げることで、スイッチング素子1の出力VLの電圧も上がるため、スイッチング素子1のドレインとソース間の電圧を低減でき、スイッチング素子1の発熱を低減することが出来る。

【0073】

また、Vref1の電圧を調整することで、スイッチング素子1の出力VLの電圧と、リニア電源102の出力トランジスタ102Aに印加される電圧を調整できるため、スイッチング素子1とリニア電源102の出力トランジスタの発熱が調整出来る。

20

【0074】

〔電源回路100Aの動作の第5の例〕

図11は本発明の第1の実施形態における電源回路100Aの動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

【0075】

正常状態から時刻T0で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力DETにHを出力し、スイッチング電源101Aの目標電圧VrefをVrefより高電圧なVref1に変更するまでは図10と同じ動作のため説明を省略する。

【0076】

図11のタイミングチャートにおいては、スイッチング素子1を非導通に制御する際の制御回路4の制御信号Vcの電圧を、スイッチング素子1の出力VLの電圧がGND以下の電圧にならないように制御する。

30

【0077】

これによって、図7と同様に電源回路100Aは保護される。

【0078】

また、スイッチング電源101Aの出力Vswは高電圧になるが、リニア電源102によって降圧した電圧Voutに出力できるため電源回路100Aの出力は継続できる。

【0079】

〔電源回路100Aの動作の第6の例〕

40

図12は第1の実施形態における電源回路100Aの動作の一例として図7から図11で示したタイミングチャートの変形例を示すタイミングチャートである。

【0080】

図7から図11で示したタイミングチャートでは、断線故障を検出し、故障検出回路の出力DETがHになった後、スイッチング素子1の出力VLをGND以下の電圧にならないように制御回路4が制御するため、故障検出回路5の出力DETはLに遷移し固定される。

【0081】

図12で示すタイミングチャートでは、任意のタイミングでリトライ動作として、制御回路4の制御信号Vcによりスイッチング素子1を非導通にすることで、スイッチング素

50

子 1 の出力  $V_L$  を変化させて故障検出回路 5 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が継続しているか確認することが出来る。

【 0 0 8 2 】

リトライ動作は一定の周期で実施しても良く、規定した回数だけ断線故障検出後は、故障状態を確定することも可能である。

【 0 0 8 3 】

〔電源回路 1 0 0 A の動作の第 7 の例〕

図 1 3 は第 1 の実施形態における電源回路 1 0 0 A の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

【 0 0 8 4 】

正常状態から時刻  $T_0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、スイッチング電源 1 0 1 A の目標電圧を  $V_{ref}$  から  $V_{ref}$  より高電圧の  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 1 0 と同じ動作のため説明を省略する。

【 0 0 8 5 】

図 1 3 に示す動作例は、第 1 の還流回路 2 が断線故障したことで、第 2 の還流回路 7 に負荷電流  $I_{sw}$  が流れるが、短期間で有れば、負荷電流  $I_{sw}$  によって第 2 の還流回路 7 が発熱やマイグレーションによる故障の懸念が無い構成であることを前提とする。

【 0 0 8 6 】

図 1 3 のタイミングチャートにおいては、スイッチング素子 1 が非導通の際、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  は  $GND$  より低い電圧となり、第 2 の還流回路 7 に電流が発生するが、スイッチング電源 1 0 1 A の目標電圧が  $V_{ref}$  から  $V_{ref1}$  に変更したため、スイッチング素子 1 の導通期間が長くなり、非導通期間が短くなる。そのため、第 2 の還流回路 7 に負荷電流が流れる期間は短期間となり、電源回路 1 0 0 A は保護される。

【 0 0 8 7 】

換言すれば、制御回路 4 は、図 1 3 に示すように、断線故障が検出された場合、コイル 3 から正常状態に対応する出力電圧  $V_{sw}$  (第 2 の電圧) よりも大きい故障状態に対応する出力電圧  $V_{sw}$  (第 3 の電圧) が出力されるようにスイッチング素子 1 のオン/オフを制御する。詳細には、制御回路 4 は、断線故障が検出された場合、故障状態に対応する出力電圧  $V_{sw}$  (第 3 の電圧) が第 1 の目標電圧  $V_{ref}$  よりも大きい第 2 の目標電圧  $V_{ref1}$  と等しくなるようにスイッチング素子 1 のオン/オフを制御する。

【 0 0 8 8 】

また、スイッチング電源 1 0 1 A の出力  $V_{sw}$  は高電圧になるが、リニア電源 1 0 2 によって降圧した電圧  $V_{out}$  に出力できるため電源回路 1 0 0 A の出力は継続できる。

【 0 0 8 9 】

〔故障検出回路 5 と制御回路 4 の変形例〕

図 1 4 は本発明の第 1 の実施形態における変形例として故障検出回路 5 と制御回路 4 の構成の一例を示すブロック図である。

【 0 0 9 0 】

故障検出回路 5 は、一例として、ソース端子はスイッチング素子 1 の出力  $V_L$  に、ゲート端子は  $GND$  に、ドレイン端子は故障検出回路 5 の出力信号  $DET$  として制御回路 4 に接続される  $NMOS$  である。スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  の電圧が  $GND$  に対して低下し、故障検出回路 5 の検出閾値 (本例では  $NMOS$  の閾値電圧だけ低下) 以下となると、出力信号  $DET$  に電流が発生する。

【 0 0 9 1 】

制御回路 4 は、スイッチング電源 1 0 1 A の目標電圧  $V_{ref}$  と、スイッチング電源 1 0 1 A の出力電圧  $V_{sw}$  を比較してスイッチング素子 1 の導通・非導通を制御する制御信号  $V_c$  を出力する回路 4 1 と、一對の  $PMOS$  4 2 A と  $PMOS$  4 2 B で構成されるカレントミラーで構成される。カレントミラーの入力である  $PMOS$  4 2 A のドレイン端子とゲート端子は、故障検出回路 5 の出力  $DET$  と接続され、カレントミラーの出力である 4 2 B のドレイン端子は制御回路の制御信号  $V_c$  と接続される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 2 】

〔電源回路 1 0 0 A の変形例の動作の一例〕

図 1 5 は本発明の第 1 の実施形態における変形例として図 1 4 を適用した場合の電源回路 1 0 0 A の動作の一例を示したタイミングチャートである。

## 【 0 0 9 3 】

正常状態から時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、スイッチング電源 1 0 1 A の目標電圧を  $V_{ref}$  から  $V_{ref}$  より高電圧の  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 1 0 と同じ動作のため説明を省略する。

## 【 0 0 9 4 】

図 1 5 に示すタイミングチャートにおいては、時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生し、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  の電圧が低下して故障検出回路 5 の検出閾値以下となると、検出信号 DET に電流が発生し、制御回路 4 のカレントミラーの PMOS 4 2 A と PMOS 4 2 B によって制御回路 4 の制御信号  $V_c$  の電圧は、導通と非導通の間電圧となり、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  が故障検出回路 5 の検出閾値電圧と等しくなるように制御される。

10

## 【 0 0 9 5 】

スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  は GND より低い電圧になるが、故障検出回路 5 によって制御された電圧であるため、電源回路 1 0 0 A を保護することは可能である。

## 【 0 0 9 6 】

また、スイッチング素子 1 の出力  $V_L$  は GND より低い電圧になるため、スイッチング素子 1 のドレインとソース間電圧が大きくなるが、目標電圧を  $V_{ref}$  より高い電圧  $V_{ref1}$  に変更しているため、図 1 3 のタイミングチャートと同様に非導通期間が短くなるため、電源回路 1 0 0 A は保護される。

20

## 【 0 0 9 7 】

また、スイッチング電源 1 0 1 A の出力  $V_{sw}$  は高電圧になるが、リニア電源 1 0 2 によって降圧した電圧  $V_{out}$  に出力できるため電源回路 1 0 0 A の出力は継続できる。

## 【 0 0 9 8 】

本発明の第 1 の実施形態によれば、電源回路 1 0 0 A において、第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生し、故障を検出した場合においても、電源回路 1 0 0 A に更なる故障を発生させないように保護した状態で、継続した電圧出力をすることが出来る。すなわち、還流回路が断線故障となった後も、できるだけ継続して動作することができる。

30

## 【 0 0 9 9 】

(第 2 の実施形態)

図 1 6 は本発明の第 2 の実施形態における電源回路 1 0 0 B の構成の一例を示すブロック図である。

## 【 0 1 0 0 】

図 1 6 のブロック図において、図 1 と同じ符号の構成要素については同様の機能・構成であるため、説明を省略し、差分について説明する。

## 【 0 1 0 1 】

電源回路 1 0 0 B は、スイッチング電源 1 0 1 B と、リニア電源 1 0 2 と、リニア電源 1 0 2 の温度を検出(測定)する温度センサ 1 0 2 T (第 3 の温度センサ)と、を備える。

40

## 【 0 1 0 2 】

スイッチング電源 1 0 1 B は、スイッチング素子 1 の温度を検出する温度センサ 1 T (第 1 の温度センサ)と、第 2 の還流回路 7 の温度を検出する温度センサ 7 T (第 2 の温度センサ)と、スイッチング素子 1 の導通・非導通を制御する制御回路 4 B と、を備える。

## 【 0 1 0 3 】

制御回路 4 B は、温度センサ 1 T の出力  $Temp_1$  と、温度センサ 1 0 2 T の出力  $Temp_2$  と、温度センサ 7 T の出力  $Temp_7$  と、スイッチング電源 1 0 1 B の目標電圧  $V_{ref}$  と、スイッチング電源 1 0 1 B の出力電圧  $V_{sw}$  と、故障検出回路 5 の出力 DET

50

と、を入力として、スイッチング素子 1 の導通・非導通を制御する制御信号  $V_c$  を出力する。

【0104】

〔電源回路 100B の動作の第 1 の例〕

図 17 は本発明の第 2 の実施形態における電源回路 100B の動作の一例を示すタイミングチャートである。

【0105】

正常状態から時刻  $T_0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力し、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 10 と同じ動作のため説明を省略する。

10

【0106】

図 17 のタイミングチャートにおいて、時刻  $T_0$  に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、スイッチング電源 101B の目標電圧を  $V_{ref1}$  に変更し、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref1}$  に制御する。

【0107】

目標電圧  $V_{ref1}$  の設定及び負荷電流  $I_{sw}$  によって、スイッチング素子 1 は正常状態に比べて発熱が増加するため、スイッチング素子 1 の温度が上昇し、温度センサ 1T の出力  $Temp_1$  も上昇する。

【0108】

時刻  $T_1$  において、温度センサ 1T の出力  $Temp_1$  が閾値  $OV_{T\_TH1}$  以上になったことを制御回路 4 が検出すると、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref1}$  から更に高い電圧の  $V_{ref2}$  に変更し、スイッチング電源 101B の出力  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref2}$  になるように制御信号  $V_c$  を制御する。

20

【0109】

換言すれば、制御回路 4B は、図 17 に示すように、断線故障が検出された後、温度センサ 1T (第 1 の温度センサ) によって測定された温度が閾値  $OV_{T\_TH1}$  (第 1 の温度閾値) 以上になった場合、コイル 3 から目標電圧  $V_{ref1}$  に対応 (追従) する電圧 (第 3 の電圧) よりも大きい目標電圧  $V_{ref2}$  に対応する電圧が出力されるように前記スイッチング素子をオンする。

【0110】

スイッチング電源 101B の出力  $V_{sw}$  の電圧が高くなると、スイッチング素子 1 の発熱が低減するため、スイッチング素子 1 の温度も低下し、温度センサ 1T の出力  $Temp_1$  も低下する。

30

【0111】

時刻  $T_2$  において、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  が  $V_{ref2}$  になって、温度センサ 1T の出力  $Temp_1$  が温度閾値  $OV_{T\_TH1}$  以下であれば、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  は目標電圧  $V_{ref2}$  に対して制御を継続することで、図 10 のタイミングチャートにおける効果に加えて、素子温度の上昇に対するスイッチング素子 1 の故障から保護される。

【0112】

〔電源回路 100B の動作の第 2 の例〕

図 18 は本発明の第 2 の実施形態における電源回路 100B の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

40

【0113】

正常状態から時刻  $T_0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力し、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 10 と同じ動作のため説明を省略する。

【0114】

図 18 のタイミングチャートにおいて、時刻  $T_0$  に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、スイッチング電源 101B の目標電圧を  $V_{ref1}$  に変更し、

50

スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref1}$  に制御する。

【0115】

目標電圧  $V_{ref1}$  の設定及び負荷電流  $I_{sw}$  によって、出力トランジスタ 102A は正常状態に比べて発熱が増加するため、その場合、出力トランジスタ 102A の温度が上昇し、温度センサ 102T の出力  $Temp2$  も上昇する。

【0116】

時刻  $T1$  において、制御回路 4 が温度センサ 102T の出力  $Temp2$  が、閾値  $OV_{T\_TH2}$  以上になったことを検出すると、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref1}$  から低い電圧の  $V_{ref3}$  に変更し、スイッチング電源 101B の出力  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref3}$  になるように制御信号  $V_c$  を制御する。

10

【0117】

換言すれば、制御回路は、図 18 に示すように、断線故障が検出された後、温度センサ 102T (第 3 の温度センサ) によって測定された温度が閾値  $OV_{T\_TH2}$  (第 2 の温度閾値) 以上になった場合、コイル 3 から目標電圧  $V_{ref1}$  に対応する電圧 (第 3 の電圧) よりも小さい目標電圧  $V_{ref3}$  に対応する電圧が出力されるようにスイッチング素子をオンする。

【0118】

スイッチング電源 101B の出力  $V_{sw}$  の電圧が低くなると、出力トランジスタ 102A の発熱が低減するため、出力トランジスタ 102A の素子温度も低下し、温度センサ 102T の出力  $Temp2$  も低下する。

20

【0119】

時刻  $T2$  において、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  が  $V_{ref3}$  になって、温度センサ 102T の出力  $Temp2$  が温度閾値  $OV_{T\_TH2}$  以下であれば、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  は目標電圧  $V_{ref3}$  に対して制御を継続することで、図 10 のタイミングチャートにおける効果に加えて、リニア電源 102 の出力トランジスタ 102A の素子温度の上昇に対する故障から保護される。

【0120】

[電源回路 100B の動作の第 3 の例]

図 19 は本発明の第 2 の実施形態における電源回路 100B の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

30

【0121】

正常状態から時刻  $T0$  で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力  $DET$  に  $H$  を出力し、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 13 と同じ動作のため説明を省略する。

【0122】

図 19 のタイミングチャートにおいて、時刻  $T0$  に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、スイッチング電源 101B の目標電圧を  $V_{ref1}$  に変更し、スイッチング電源 101B の出力電圧  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref1}$  に制御する。

【0123】

目標電圧  $V_{ref1}$  の設定及び負荷電流  $I_{sw}$  によって、第 2 の還流回路 7 は正常状態に比べて発熱が増加するため、その場合、第 2 の還流回路 7 の温度が上昇し、温度センサ 7T の出力  $Temp3$  も上昇する。

40

【0124】

時刻  $T2$  において、制御回路 4 が温度センサ 7T の出力  $Temp3$  が、閾値  $OV_{T\_TH3}$  以上になったことを検出すると、スイッチング電源 101B の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref1}$  から高い電圧の  $V_{ref4}$  に変更し、スイッチング電源 101B の出力  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref4}$  になるように制御信号  $V_c$  を制御する。

【0125】

換言すれば、制御回路 4B は、図 19 に示すように、断線故障が検出された後、温度センサ 7T (第 2 の温度センサ) によって測定された温度が閾値  $OV_{T\_TH3}$  (第 1 の温

50

度閾値)以上になった場合、コイル3から目標電圧 $V_{ref1}$ に対応する電圧(第3の電圧)よりも大きい目標電圧 $V_{ref4}$ に対応する電圧が出力されるようにスイッチング素子1のオン/オフを制御する。

【0126】

スイッチング電源101Bの出力 $V_{sw}$ の電圧が高くなると、スイッチング素子1の非導通期間が短くなるため、第2の還流回路7の発熱が低減するため、第2の還流回路7の素子温度も低下し、温度センサ7Tの出力 $Temp3$ も低下する。

【0127】

時刻 $T2$ において、スイッチング電源101Bの出力電圧 $V_{sw}$ が $V_{ref4}$ になって、温度センサ7Tの出力 $Temp3$ が温度閾値 $OV_{T\_TH3}$ 以下であれば、スイッチング電源101Bの出力電圧 $V_{sw}$ は目標電圧 $V_{ref4}$ に対して制御を継続することによって、図13のタイミングチャートにおける効果に加えて、第2の還流回路7の素子温度の上昇に対する故障から保護される。

10

【0128】

[電源回路100Bの動作の第4の例]

図20は本発明の第2の実施形態における電源回路100Bの動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

【0129】

正常状態から時刻 $T0$ で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力 $DET$ に $H$ を出力し、スイッチング電源101Bの目標電圧 $V_{ref}$ を $V_{ref}$ より高電圧な $V_{ref1}$ に変更するまでは図10と同じ動作のため説明を省略する。

20

【0130】

図20のタイミングチャートにおいて、時刻 $T0$ に第1の還流回路2の断線故障を故障検出回路5で検出した後、スイッチング電源101Bの目標電圧を $V_{ref1}$ に変更し、スイッチング電源101Bの出力電圧 $V_{sw}$ を目標電圧 $V_{ref1}$ に制御する。

【0131】

目標電圧 $V_{ref1}$ の設定及び負荷電流 $I_{sw}$ によって、スイッチング素子1と、出力トランジスタ102Aは正常状態に比べて発熱が増加するため、その場合、スイッチング素子1と、出力トランジスタ102Aの温度が上昇し、温度センサ1Tの出力 $Temp1$ と温度センサ102Tの出力 $Temp2$ も上昇する。

30

【0132】

例えば素子の熱抵抗や熱容量の違いによって、スイッチング素子1の温度上昇が大きい場合、温度センサ1Tの出力 $Temp1$ は、温度センサ102Tの出力 $Temp2$ に比べて大きくなり、時刻 $T1$ に一定値以上の差分が検出されると、スイッチング電源101Bの目標電圧を $V_{ref1}$ より高い $V_{ref5}$ に変更する。

【0133】

換言すれば、制御回路4Bは、図20に示すように、断線故障が検出された後、温度センサ1T(第1の温度センサ)によって測定された温度と温度センサ102T(第3の温度センサ)によって測定された温度との差分が所定の閾値以上になった場合、コイル3から目標電圧 $V_{ref1}$ に対応する電圧(第3の電圧)よりも大きい目標電圧 $V_{ref5}$ に対応する電圧が出力されるようにスイッチング素子をオンする。

40

【0134】

なお、温度センサ1T(第1の温度センサ)及び温度センサ7T(第2の温度センサ)によってそれぞれ測定された温度のうち高い方と温度センサ102T(第3の温度センサ)によって測定された温度との差分を用いてもよい。

【0135】

スイッチング電源の出力 $V_{sw}$ を $V_{ref1}$ より高い電圧の $V_{ref5}$ に制御することによって、スイッチング素子1の発熱は低減し、出力トランジスタ102Aの発熱は増加するため、双方の温度差は小さくなる。

【0136】

50

時刻 T2 で温度差が小さくなり、温度センサ 1 T の出力 Temp 1 と温度センサ 1 0 2 T の出力 Temp 2 の値の差が一定値以下になると、スイッチング電源 1 0 1 B の出力電圧 V s w は目標電圧 V r e f 5 に対して制御を継続することによって、図 1 0 のタイミングチャートにおける効果に加えて、スイッチング素子 1 と出力トランジスタ 1 0 2 A の素子温度の上昇に対する故障から保護される。

【 0 1 3 7 】

図 2 0 では示していないが、同様に、スイッチング素子 1 や出力トランジスタ 1 0 2 A または第 2 の還流回路 7 の素子温度を等しくすることで、いずれかの素子温度だけ上昇させて負担をかけ、故障が発生することから保護することが出来る。

【 0 1 3 8 】

本発明の第 2 の実施形態によれば、電源回路 1 0 0 B において、第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生し、故障を検出した場合においても、本発明の第 1 の実施形態による効果に加えて、各素子の温度上昇を制御することで、電源回路 1 0 0 B に更なる故障が発生させないように保護した状態で、継続した電圧出力をすることが出来る。

【 0 1 3 9 】

( 第 3 の実施形態 )

図 2 1 は本発明の第 3 の実施形態における電源回路 1 0 0 C の構成の一例を示すブロック図である。

【 0 1 4 0 】

図 2 1 のブロック図において、図 1 と同じ符号の構成要素については同様の機能・構成であるため、説明を省略し、差分について説明する。

【 0 1 4 1 】

電源回路 1 0 0 C は、スイッチング電源 1 0 1 C と、リニア電源 1 0 2 と、リニア電源 1 0 2 の出力電流 I o u t を測定する電流センサ 8 1 ( 第 2 の電流センサ ) と、を備える。

【 0 1 4 2 】

スイッチング電源 1 0 1 C は、スイッチング素子 1 の電流 I s w を測定する電流センサ 8 2 ( 第 1 の電流センサ ) と、スイッチング素子 1 の導通・非導通を制御する制御回路 4 C と、を備える。

【 0 1 4 3 】

制御回路 4 C は、車載バッテリーの入力電圧 V i n と、電流センサ 8 1 によるリニア電源 1 0 2 の出力電流 I o u t の測定値と、電流センサ 8 2 によるスイッチング電源 1 0 1 C の出力電流 I s w の測定値と、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧 V r e f と、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電圧 V s w と、を入力として、スイッチング素子 1 の制御信号 V c を出力する。

【 0 1 4 4 】

図 2 1 では明記していないが、電流センサ 8 1 と電流センサ 8 2 はシャント抵抗による電流検出回路でも、ホールセンサによる電流検出回路でも良く、構成は問わない。

【 0 1 4 5 】

[ 電源回路 1 0 0 C の動作の第 1 の例 ]

図 2 2 は本発明の第 3 の実施形態における電源回路 1 0 0 C の動作の一例を示すタイミングチャートである。

【 0 1 4 6 】

正常状態から時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 D E T に H を出力し、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧 V r e f を V r e f より高電圧な V r e f 1 に変更するまでは図 1 0 と同じ動作のため説明を省略する。

【 0 1 4 7 】

図 2 2 のタイミングチャートにおいて、時刻 T 0 に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧を V r e f 1 に変更し、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電圧 V s w を目標電圧 V r e f 1 に制御する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 8 】

その後、時刻 T 1 において、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電流  $I_{sw}$  が増加し、過電流閾値  $OVC\_TH1$  以上になったことを検出すると、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref1}$  から高い電圧の  $V_{ref6}$  に変更し、スイッチング電源 1 0 1 C の出力  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref6}$  になるように制御回路 4 の制御信号  $V_c$  を制御する。

## 【 0 1 4 9 】

換言すれば、制御回路 4 C は、図 2 2 に示すように、断線故障が検出された後、電流センサ 8 2 (第 1 の電流センサ) によって測定された出力電流  $I_{sw}$  が過電流閾値  $OVC\_TH1$  (第 1 の電流閾値) 以上になった場合、コイル 3 から目標電圧  $V_{ref1}$  に対応する電圧 (第 3 の電圧) よりも大きい目標電圧  $V_{ref6}$  に対応する電圧が出力されるようにスイッチング素子 1 をオンする。

10

## 【 0 1 5 0 】

図 2 2 のタイミングチャートの動作では、第 1 の還流回路 2 の断線故障により、スイッチング素子 1 のドレインとソース間電圧が大きくなっているため、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電流  $I_{sw}$  が増加すると、正常状態に比べて発熱の増加が大きくなる。

## 【 0 1 5 1 】

そのため、出力電流  $I_{sw}$  が増加した場合、スイッチング素子 1 のドレインとソース間電圧を小さくするため、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電圧  $V_{sw}$  を高くすることにより、スイッチング素子 1 の温度を検出しなくても、スイッチング素子 1 の発熱増加に対して保護することが出来る。

20

## 【 0 1 5 2 】

また、入力電圧  $V_{in}$  の電圧値をモニタして、電圧値が高い場合は、過電流閾値  $OVC\_TH1$  を低く設定し、入力電圧  $V_{in}$  の電圧が低い場合は、過電流閾値  $OVC\_TH1$  を高く設定することで、更に発熱に対するスイッチング素子 1 の故障から保護することが出来る。

## 【 0 1 5 3 】

[ 電源回路 1 0 0 C の動作の第 2 の例 ]

図 2 3 は本発明の第 3 の実施形態における電源回路 1 0 0 C の動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

30

## 【 0 1 5 4 】

正常状態から時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力し、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 1 0 と同じ動作のため説明を省略する。

## 【 0 1 5 5 】

図 2 3 のタイミングチャートにおいて、時刻 T 0 に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧を  $V_{ref1}$  に変更し、スイッチング電源 1 0 1 C の出力電圧  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref1}$  に制御する。

## 【 0 1 5 6 】

その後、時刻 T 1 において、リニア電源 1 0 2 の出力電流  $I_{out}$  が増加し、過電流閾値  $OVC\_TH2$  以上になったことを検出すると、スイッチング電源 1 0 1 C の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref1}$  から低い電圧の  $V_{ref7}$  に変更し、スイッチング電源 1 0 1 C の出力  $V_{sw}$  を目標電圧  $V_{ref7}$  になるように制御回路 4 の制御信号  $V_c$  を制御する。

40

## 【 0 1 5 7 】

換言すれば、制御回路 4 C は、図 2 3 に示すように、断線故障が検出された後、電流センサ 8 1 (第 2 の電流センサ) によって測定された電流が過電流閾値  $OVC\_TH2$  (第 2 の電流閾値) 以上になった場合、コイル 3 から目標電圧  $V_{ref1}$  に対応する電圧 (第 3 の電圧) よりも小さい目標電圧  $V_{ref7}$  に対応する電圧が出力されるようにスイッチング素子 1 をオンする。

## 【 0 1 5 8 】

50

図23のタイミングチャートの動作では、第1の還流回路2の断線故障により、リニア電源102の出力トランジスタ102Aのドレインとソース間電圧が大きくなっているため、リニア電源102の出力電流 $I_{out}$ が増加すると、正常状態に比べて発熱の増加が大きくなる。

【0159】

そのため、出力電流 $I_{out}$ が増加した場合、出力トランジスタ102Aのドレインとソース間電圧を小さくするため、スイッチング電源101Cの出力電圧 $V_{sw}$ を低くすることにより、リニア電源102の温度を検出しなくても、出力トランジスタ102Aの発熱増加に対して保護することが出来る。

【0160】

〔電源回路100Cの動作の第3の例〕

図24は本発明の第3の実施形態における電源回路100Cの動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

【0161】

正常状態から時刻 $T_0$ で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力DETにHを出力し、スイッチング電源101Cの目標電圧 $V_{ref}$ を $V_{ref}$ より高電圧な $V_{ref1}$ に変更するまでは図10と同じ動作のため説明を省略する。

【0162】

図24のタイミングチャートにおいて、時刻 $T_0$ に第1の還流回路2の断線故障を故障検出回路5で検出した後、スイッチング電源101Cの目標電圧を $V_{ref1}$ に変更し、スイッチング電源101Cの出力電圧 $V_{sw}$ を目標電圧 $V_{ref1}$ に制御する。

【0163】

その後、時刻 $T_1$ において、スイッチング電源101Cの出力電流 $I_{sw}$ が増加し、過電流閾値 $OV_{C\_TH3}$ 以上になったことを検出すると、スイッチング電源101Cをシャットダウンするように制御する。

【0164】

換言すれば、リニア電源102は、断線故障が検出された後、電流センサ81（第2の電流センサ）によって測定された電流が過電流閾値 $OV_{C\_TH3}$ （第3の電流閾値）以上になった場合、シャットダウンする。

【0165】

図24のタイミングチャートの動作では、第1の還流回路2の断線故障により、スイッチング素子1のドレインとソース間電圧が大きくなっているため、スイッチング電源101Cの出力電流 $I_{sw}$ が増加すると、正常状態に比べて発熱の増加が大きくなる。

【0166】

そのため、過電流閾値 $OV_{C\_TH3}$ は、正常状態における、シャットダウンや電流の制限値として設定されている過電流閾値より低く、通常動作範囲の電流値より高い電流値であることが望ましい。

【0167】

なお、本実施例の図24では、過電流によるシャットダウンとしたが、電流制限による動作（出力する電流を抑制）でも良い。

【0168】

また、入力電圧 $V_{in}$ の電圧値をモニタして、電圧値が高い場合は、過電流閾値 $OV_{C\_TH3}$ を低く設定し、入力電圧 $V_{in}$ の電圧が低い場合は、過電流閾値 $OV_{C\_TH3}$ を高く設定することで、負荷電流に対する動作範囲を不要に狭めることなく、発熱に対するスイッチング素子1の故障から保護することが出来る。

【0169】

〔電源回路100Cの動作の第4の例〕

図25は本発明の第3の実施形態における電源回路100Cの動作の別の一例を示すタイミングチャートである。

【0170】

10

20

30

40

50

正常状態から時刻T0で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力DETにHを出力し、スイッチング電源101Cの目標電圧VrefをVrefより高電圧なVref1に変更するまでは図10と同じ動作のため説明を省略する。

【0171】

図25のタイミングチャートにおいて、時刻T0に第1の還流回路2の断線故障を故障検出回路5で検出した後、スイッチング電源101Cの目標電圧をVref1に変更し、スイッチング電源101Cの出力電圧Vswを目標電圧Vref1に制御する。

【0172】

その後、時刻T1において、リニア電源102の出力電流Ioutが増加し、過電流閾値OVCTH4以上になったことを検出すると、リニア電源102をシャットダウンするように制御する。

10

【0173】

図25のタイミングチャートの動作では、第1の還流回路2の断線故障により、リニア電源102の出力トランジスタ102Aのドレインとソース間電圧が大きくなっているため、リニア電源102の出力電流Ioutが増加すると、正常状態に比べて発熱の増加が大きくなる。

【0174】

そのため、過電流閾値OVCTH4は、正常状態における、シャットダウンや電流の制限値として設定されている過電流閾値より低く、通常動作範囲の電流値より高い電流値であることが望ましい。

20

【0175】

なお、本実施例の図25では、過電流によるシャットダウンとしたが、電流制限による動作でも良い。

【0176】

本発明の第3の実施形態によれば、電源回路100Cにおいて、第1の還流回路2の断線故障が発生し、故障を検出した場合においても、本発明の第1の実施形態による効果に加えて、各素子の温度を直接検出出来なくても、電流値をモニタすることで、電源回路100Cに更なる故障を発生させないように保護した状態で、継続した電圧出力をすることが出来る。

【0177】

30

(第4の実施形態)

図26は本発明の第4の実施形態における電源回路100Dとそれを用いた車載制御装置500の構成の一例を示すブロック図である。

【0178】

図26のブロック図において、図1と同じ符号の構成要素については同様の機能・構成であるため、説明を省略し、差分について説明する。

【0179】

車載制御装置500は、一例として、スイッチング電源101Dと、スイッチング電源101Dから電源の供給を受けて動作し、車両に搭載された各種機器の制御をするマイコン200a(負荷回路200)と、各種センサや、駆動回路、通信用回路などの制御対象の電子機器201(負荷回路200)と、車両に搭載された電子機器を制御するための制御プログラムや、各種センサの測定結果に用いるパラメータや、故障情報や仕様履歴などの車両情報を記憶するための、例えばEEPROMなどの不揮発メモリであるメモリ202と、車載制御装置の状態などから故障情報を運転者に知らせるMIL装置400(警告灯装置)と、を備える。

40

【0180】

なお、MIL(Malfunction Indicator Light)は、警告灯を意味する。MIL装置400(警告灯装置)は、警告灯を制御する。マイコン200aは、電源回路100Dに並列接続される。電子機器201は、電源回路100Dに並列接続され、マイコン200aによって制御される。

50

## 【0181】

電源回路100Dは、スイッチング電源101Dと、第1のリニア電源102と、第2のリニア電源103と、を備え、故障検出回路5は、第1の還流回路2の断線故障を検出すると、出力DETによって、スイッチング電源101Dの制御回路4と、マイコン200aと、MIL装置400に通知する。

## 【0182】

第1のリニア電源102は、スイッチング電源101Dから出力電圧Vswの供給を受け、マイコン200aと、メモリ202に出力電圧Vout1を供給する。

## 【0183】

第2のリニア電源103は、スイッチング電源101Dから出力電圧Vswの供給を受け、電子機器201に出力電圧Vout2を供給する。

10

## 【0184】

スイッチング電源101Dは、スイッチング素子1の温度を測定する温度センサ1Tと、スイッチング素子1の電流Iswを測定する電流センサ82と、を備える。

## 【0185】

マイコン200aは、スイッチング電源101Dの故障検出回路5から、第1の還流回路2の出力DETによって断線故障情報を入力として、電子機器201と、メモリ202と、MIL装置400と、を制御する。

## 【0186】

MIL装置400は、マイコン200aからの制御又は、スイッチング電源101Dの故障検出回路5の出力DETと、スイッチング素子1の温度センサ1Tの出力Temp1と、スイッチング電源101Dの出力電流Iswの電流センサ82と、を入力として、スイッチング電源101Dの第1の還流回路2の断線故障が発生した場合、MILを点灯させる。

20

## 【0187】

〔車載制御装置500の動作の第1の例〕

図27は本発明の第4の実施形態における車載制御装置500の動作の一例を示すタイミングチャートである。

## 【0188】

正常状態から時刻T0で第1の還流回路2の断線故障が発生して、故障検出回路5が出力DETにHを出力し、スイッチング電源101Dの目標電圧VrefをVrefより高電圧なVref1に変更するまでは図10と同じ動作のため説明を省略する。

30

## 【0189】

図27のタイミングチャートにおいて、時刻T0に第1の還流回路2の断線故障を故障検出回路5で検出した後、スイッチング電源101Dの目標電圧をVref1に変更し、スイッチング電源101Dの出力電圧Vswを目標電圧Vref1に制御する。

## 【0190】

目標電圧Vref1の設定及び負荷電流Iswによって、スイッチング素子1は正常状態に比べて発熱が増加し、スイッチング素子1の温度が上昇する。

## 【0191】

同様に、負荷電流Iout1とIout2によって、第1のリニア電源102と第2のリニア電源103においても温度が上昇する。

40

## 【0192】

時刻T0に故障検出回路5が、出力DETがHになったことをマイコン200aへ通知すると、マイコン200aは、電子機器201及び、マイコン200aの機能を限定して動作するように制御する。

## 【0193】

換言すれば、マイコン200aは、断線故障が検出された場合、マイコン200aの機能及び電子機器201の機能を制限する。これにより、マイコン200a及び電子機器201の消費電力が小さくなる。

50

## 【 0 1 9 4 】

時刻 T 1 において、第 1 のリニア電源 1 0 2 の負荷電流  $I_{out1}$  と、第 2 のリニア電源 1 0 3 の負荷電流  $I_{out2}$  が減少し、スイッチング電源 1 0 1 D の負荷電流  $I_{sw}$  も減少するため、スイッチング素子 1、第 1 のリニア電源 1 0 2、第 2 のリニア電源の発熱が低減し、温度も低減するため、車載制御装置 5 0 0 は、第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生した後も、第 1 の実施形態に比べて、長期間動作を継続することが出来る。

## 【 0 1 9 5 】

また、時刻 T 2 において、車両又は車載制御装置が安全な状態で停止出来る場合、電源回路 1 0 0 D は動作を停止し、断線故障による情報をマイコン 2 0 0 a はメモリ 2 0 2 に記憶させることで、故障の履歴を残すことが出来る。

10

## 【 0 1 9 6 】

換言すれば、マイコン 2 0 0 a は、断線故障が検出された場合、断線故障が発生した事実（故障の履歴）を記憶する。本実施形態では、故障の履歴はメモリ 2 0 2 に記憶されるが、マイコン 2 0 0 a の内蔵メモリ又は車載制御装置 5 0 0 の外部の記憶装置に記憶してもよい。

## 【 0 1 9 7 】

一例として、走行に必要な機能に限定すれば、第 1 の還流回路 2 の断線故障発生後も安全に停止する場所まで走行することが出来る。

## 【 0 1 9 8 】

〔車載制御装置 5 0 0 の動作の第 2 の例〕

20

図 2 8 は本発明の第 4 の実施形態における車載制御装置 5 0 0 の動作の他の一例を示すタイミングチャートである。

## 【 0 1 9 9 】

正常状態から時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力し、スイッチング電源 1 0 1 D の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更するまでは図 1 0 と同じ動作のため説明を省略する。

## 【 0 2 0 0 】

図 2 8 のタイミングチャートにおいて、時刻 T 0 に第 1 の還流回路 2 の断線故障を故障検出回路 5 で検出した後、M I L 装置 4 0 0 は、故障検出回路 5 の出力 DET 又は、マイコン 2 0 0 a からの通知によって M I L を点灯し、車載制御装置 5 0 0 に故障が発生したことを運転者に通知することで、早期に車両を安全な状態に移動することが出来る。

30

## 【 0 2 0 1 】

換言すれば、M I L 装置 4 0 0（警告灯装置）は、断線故障が検出された場合、M I L（警告灯）を点灯させる。

## 【 0 2 0 2 】

〔車載制御装置 5 0 0 の動作の第 3 の例〕

図 2 9 は本発明の第 4 の実施形態における車載制御装置 5 0 0 の動作の他の一例を示すタイミングチャートである。

## 【 0 2 0 3 】

正常状態から時刻 T 0 で第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生して、故障検出回路 5 が出力 DET に H を出力し、スイッチング電源 1 0 1 D の目標電圧  $V_{ref}$  を  $V_{ref}$  より高電圧な  $V_{ref1}$  に変更し、故障検出回路 5 の出力 DET 又は、マイコン 2 0 0 a からの通知を M I L 装置 4 0 0 に出力することまでは図 2 8 と同じであるため省略する。

40

## 【 0 2 0 4 】

図 2 9 においては、M I L 装置 4 0 0 は第 1 の還流回路 2 の断線故障発生後、M I L の点灯と消灯を繰り返し、点滅させることで、運転者に通知する。換言すれば、M I L 装置 4 0 0（警告灯装置）は、断線故障が検出された後、M I L（警告灯）を点滅させる。

## 【 0 2 0 5 】

時刻 T 1 において、第 1 の還流回路 2 の断線故障発生後、スイッチング電源 1 0 1 D の負荷電流  $I_{sw}$  が増加し、閾値  $OVC\_TH5$  以上となった場合、M I L 装置 4 0 0 は、

50

M I L の点滅周期を変更（例えば点滅周期を早く）することで、運転者に通知する。

【 0 2 0 6 】

時刻 T 2 において、スイッチング電源 1 0 1 D の負荷電流  $I_{sw}$  が増加したことにより、スイッチング電源 1 0 1 D のスイッチング素子 1 の温度が増加し、閾値  $O V T \_ T H 4$  以上となった場合、M I L 装置 4 0 0 は、M I L の点滅周期を変更（例えば点滅周期を更に早く）し、運転者に通知することで、車載制御装置 5 0 0 の故障の状態を運転者に通知して、早期に車両を安全な状態に移動することが出来る。

【 0 2 0 7 】

換言すれば、M I L 装置 4 0 0（警告灯装置）は、断線故障が検出された後、温度センサ 1 T（第 1 の温度センサ）、によって測定された温度が閾値  $O V T \_ T H 4$ （所定の温度閾値）以上になった場合、M I L（警告灯）の点滅周期を変更する。

10

【 0 2 0 8 】

なお、温度センサ 1 T（第 1 の温度センサ）、によって測定された温度に代えて、温度センサ 7 T（第 2 の温度センサ）又は温度センサ 1 0 2 T（第 3 の温度センサ）によって測定された温度を用いてもよい。

【 0 2 0 9 】

本発明の第 4 の実施形態によれば、電源回路 1 0 0 D とそれを用いた車載制御装置 5 0 0 において、第 1 の還流回路 2 の断線故障が発生し、故障を検出した場合においても、本発明の第 1 の実施形態による効果に加えて、長期間動作を継続し、また、運転者に故障を通知し、早期に車両を安全な状態に移動することが出来る。

20

【 0 2 1 0 】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上述した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【 0 2 1 1 】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。例えば、本発明の実施形態では、リニア電源の出力トランジスタは N M O S による構成だが、P M O S 又は、N P N トランジスタ又は、P N P トランジスタでも同様の効果が得られる。

30

【 0 2 1 2 】

また、各装置に記載の各構成要素は、同じ半導体チップに形成された集積回路でも、それぞれの構成要素が複数の部品に分割されていても良く限定されるものではない。

【 0 2 1 3 】

また、上記の各構成、機能等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

40

【 0 2 1 4 】

なお、本発明の実施形態は、以下の態様であってもよい。

【 0 2 1 5 】

( 1 ) 第 1 の電圧が入力されるスイッチング素子と、  
前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、  
前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第 1 の還流回路と、  
前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、

50

前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルから前記第2の電圧以上(図8、図9等)の第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御する制御回路と、

を備えるスイッチング電源であって、

前記スイッチング素子は、

制御用端子(ゲート端子)を有し、前記制御用端子に印加される制御電圧(制御信号V<sub>c</sub>)に応じてオン/オフし、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出されない場合、前記スイッチング素子をオンするための第1の制御電圧と前記スイッチング素子をオフするための第2の制御電圧を前記制御用端子に交互に印加して前記スイッチング素子をオン/オフし、

前記断線故障が検出された場合、前記第1の制御電圧と前記第2の制御電圧の間の第3の制御電圧を前記制御用端子に印加し、前記スイッチング素子をオンする(図8、図9等)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0216】

(2)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記第3の制御電圧は一定である(図8)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0217】

(3)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出されない場合、前記第2の電圧が第1の目標電圧と等しくなるように前記スイッチング素子のオン/オフを制御し(図9)、

前記断線故障が検出された場合、前記第2の電圧が前記第1の目標電圧と等しくなるように前記スイッチング素子をオンする(図9)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0218】

(4)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記第3の電圧は一定である(図10)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0219】

(5)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された場合、前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点の電位がグランド以下にならないように、前記第1の制御電圧と前記第3の制御電圧を前記制御用端子に交互に印加して前記スイッチング素子をオンする(図11)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0220】

(6)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された後、前記第2の制御電圧を印加して、前記スイッチング素子をオフする(図12)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0221】

(7)第1の電圧が入力されるスイッチング素子と、

前記スイッチング素子に直列接続されるコイルを含む平滑回路と、

前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点に接続され、前記スイッチング素子のオフ期間に前記コイルへ電流を還流する第1の還流回路と、

10

20

30

40

50

前記コイルへ還流される電流の経路の断線を示す断線故障を検出する故障検出回路と、  
前記断線故障が検出されない場合、前記コイルから第2の電圧が出力されるように前記  
スイッチング素子のオン/オフを制御し、前記断線故障が検出された場合、前記コイルか  
ら前記第2の電圧以上の第3の電圧が出力されるように前記スイッチング素子のオン/オ  
フを制御する制御回路と、

を備えるスイッチング電源であって、

前記断線故障が検出された場合のデューティ比は、前記断線故障が検出されない場合の  
デューティ比よりも大きい(図13)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0222】

10

(8)(1)に記載のスイッチング電源であって、

前記制御回路は、

前記断線故障が検出された場合、前記第1の制御電圧と前記第3の制御電圧を前記制御  
用端子に交互に印加して前記スイッチング素子をオンし(図15)、

前記断線故障が検出された場合のデューティ比は、前記断線故障が検出されない場合の  
デューティ比よりも大きい(図15)

ことを特徴とするスイッチング電源。

【0223】

(9)(8)に記載のスイッチング電源であって、

前記断線故障が検出された場合、前記スイッチング素子と前記コイルとの接続点の電位  
がグラウンド以下になる(図15)

ことを特徴とするスイッチング電源。

20

【符号の説明】

【0224】

1 ... スwitchング素子

2 ... 第1の還流回路

3 ... コイル

4 ... 制御回路

5 ... 故障検出回路

6 ... キャパシタ

7 ... 第2の還流回路

SC ... 平滑回路

81、82 ... 電流センサ(電流検出回路)

100A ~ 100D ... 電源回路

101A ~ 101D ... スwitchング電源(スswitchング電源回路)

102、103 ... リニア電源(リニア電源回路)

200 ... 負荷回路

200a ... マイコン

201 ... 電子機器

300 ... 車載バッテリー

400 ... MIL装置

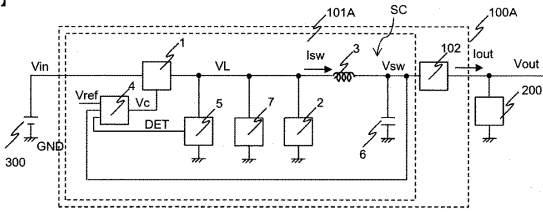
500 ... 車載制御装置

30

40

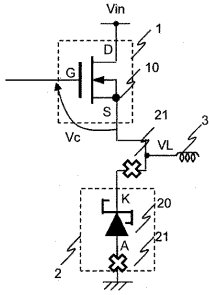
【 図 1 】

【图1】



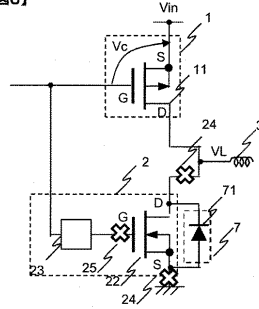
【 图 2 】

【图2】



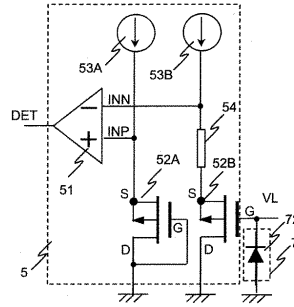
【 图 3 】

【图3】



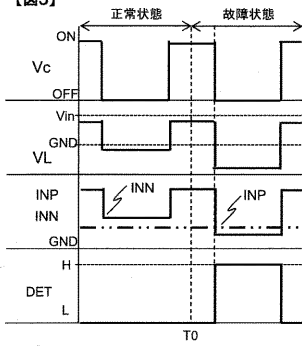
【 图 4 】

【图4】



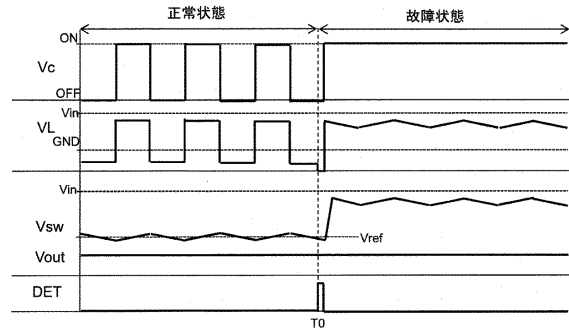
【 图 5 】

【图5】



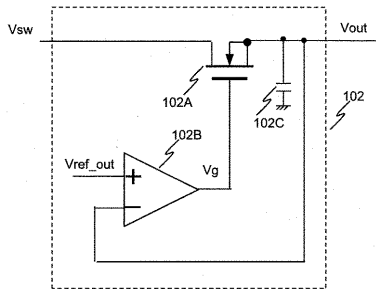
【 图 7 】

【图7】



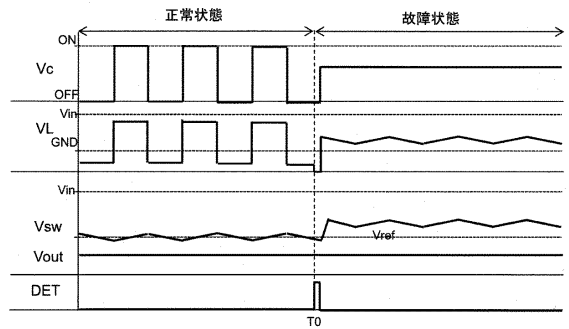
【 图 6 】

【图6】



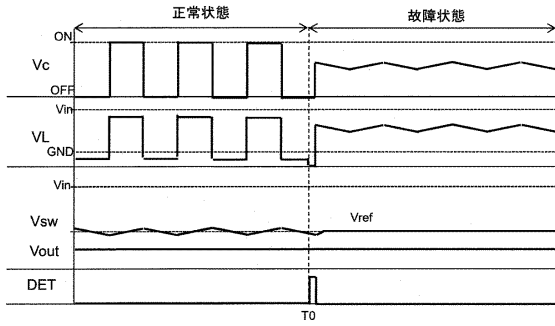
【 图 8 】

【图8】



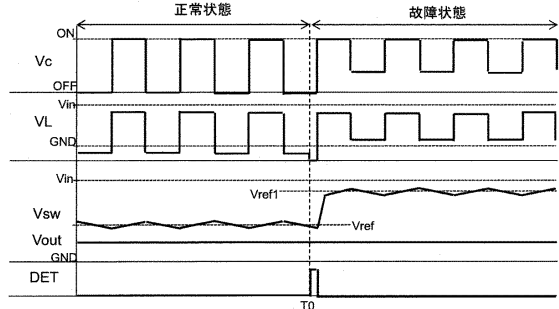
【图9】

【图9】



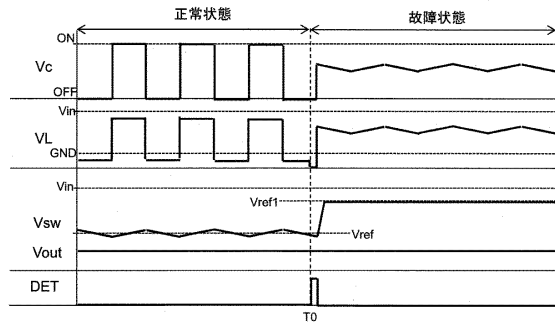
【图11】

【图11】



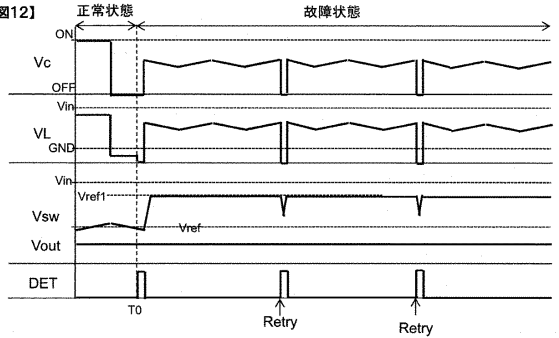
【图10】

【图10】



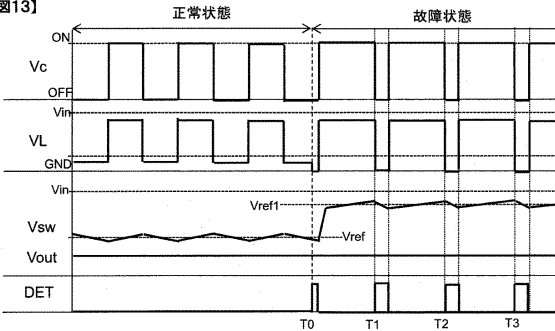
【图12】

【图12】



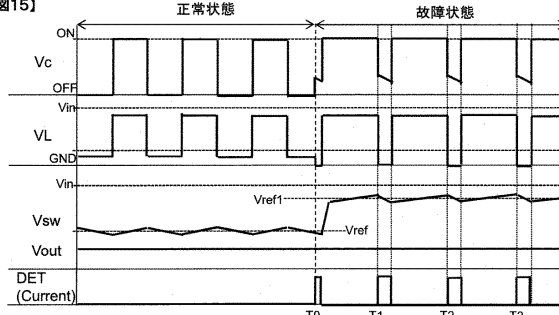
【图13】

【图13】



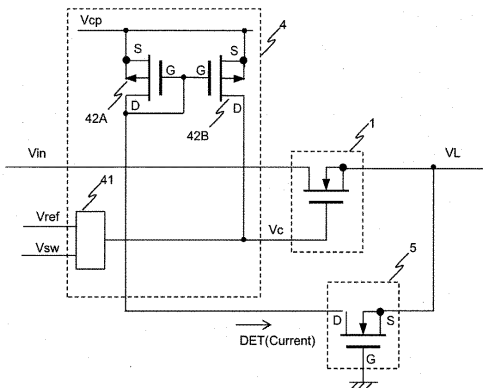
【图15】

【图15】



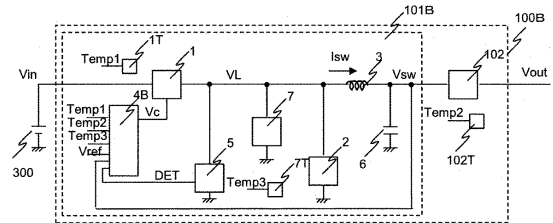
【图14】

【图14】



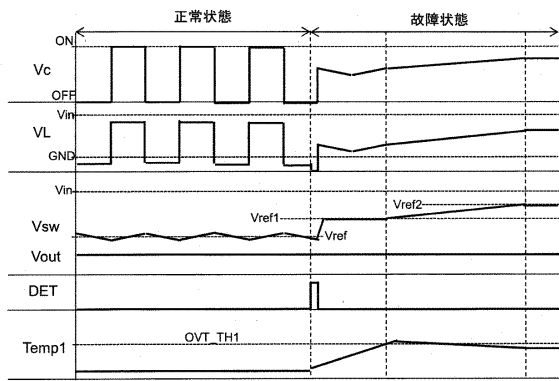
【图16】

【图16】



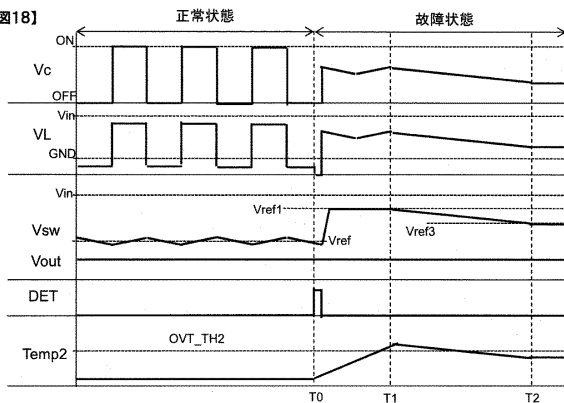
【 図 17 】

【图17】



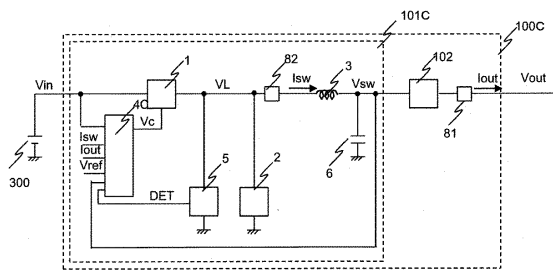
【 图 18 】

【图18】



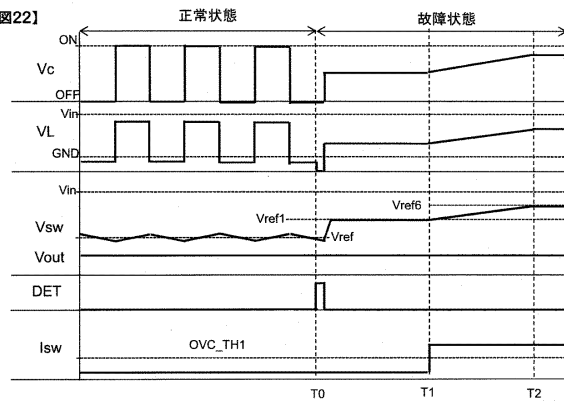
【 图 21 】

【图21】



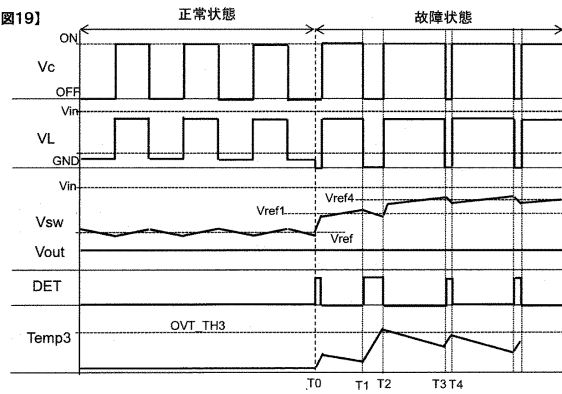
【 图 22 】

【图22】



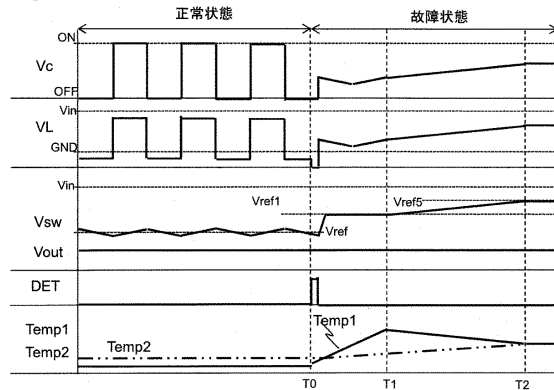
【 图 19 】

【图19】



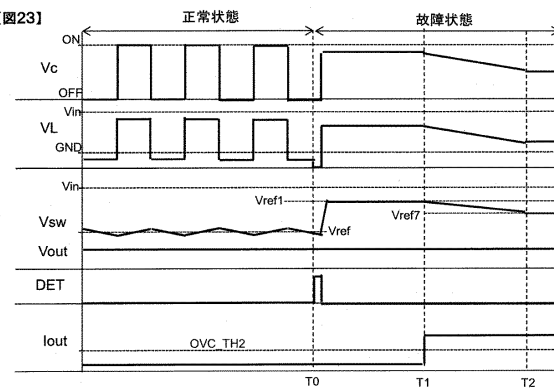
【 图 20 】

【图20】



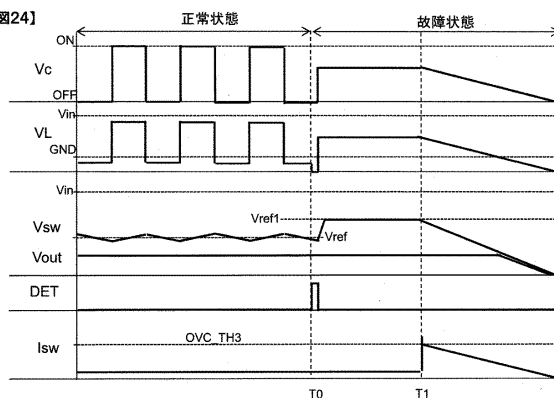
【 图 23 】

【图23】

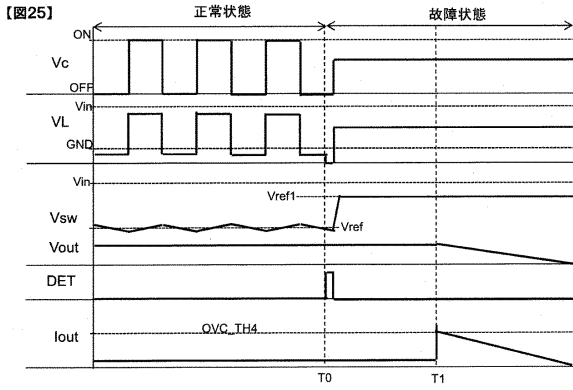


【 图 24 】

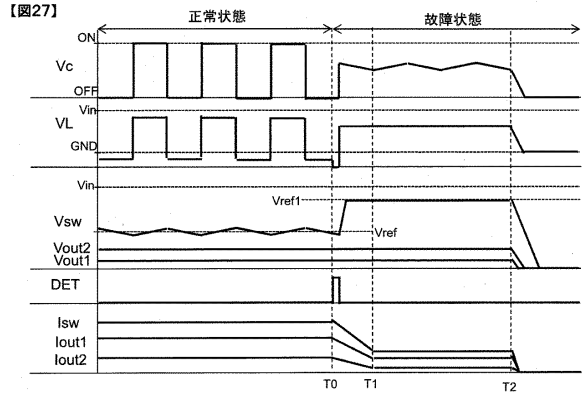
【图24】



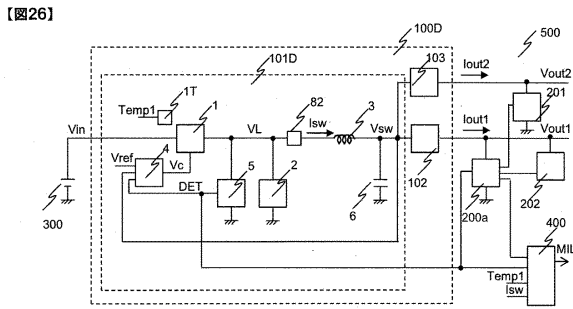
【图25】



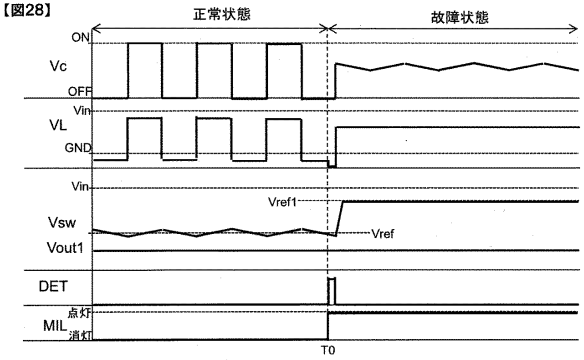
【图27】



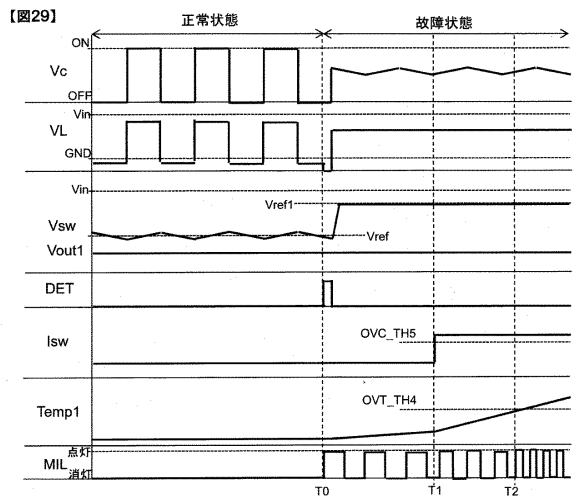
【图26】



【图28】



【图29】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-036474(JP,A)  
特開2011-053175(JP,A)  
国際公開第2015/190421(WO,A1)  
特開2000-241088(JP,A)  
特開平10-164836(JP,A)  
特開2008-079447(JP,A)  
特開2004-255658(JP,A)  
特開2013-186322(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0168472(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/00 - 3/44