(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2019-88084
(P2019-88084A)
(43)公開日　令和1年6月6日(2019.6.6)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02M 1/08	(2006.01)	H02M	1/08	A	5H740
H02M 7/48	(2007.01)	H02M	7/48	M	5H770
H03K 17/082	(2006.01)	H03K	17/082		5J055
H03K 17/0812	(2006.01)	H03K	17/0812		
H03K 17/08	(2006.01)	H03K	17/08	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 10　ＯＬ　（全 21 頁）　最終頁に続く

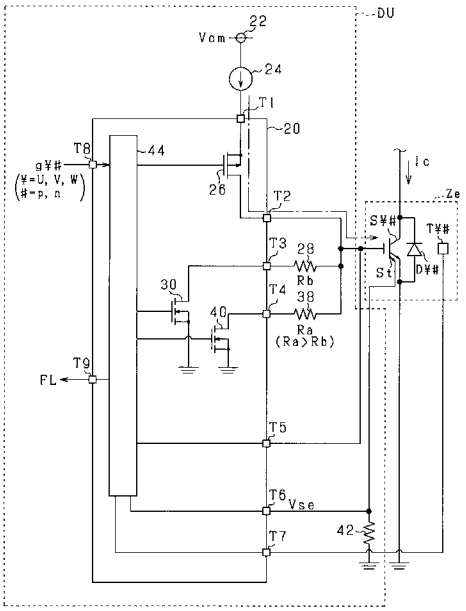
(21)出願番号　特願2017-214168 (P2017-214168)
(22)出願日　平成29年11月6日 (2017.11.6)

(71)出願人　000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地
(74)代理人　100121821
弁理士　山田　強
(74)代理人　100139480
弁理士　日野　京子
(74)代理人　100125575
弁理士　松田　洋
(74)代理人　100175134
弁理士　北　裕介
(72)発明者　村穂　智之
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　株式会社デンソー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】判定装置

(57)【要約】　（修正有）
【課題】スイッチング素子に過電流が流れていることを早期に判定できる判定装置を提供する。
【解決手段】スイッチング素子（Ｓ￥＃）と、前記スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供給する充電部（２４、２６）と、を備えるスイッチング回路に適用され、前記開閉制御端子の端子電圧が判定電圧を上回ったことを含む所定条件を満たす場合に、スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置（４４）である。前記スイッチング素子の温度又はその相関値を温度検出値として取得し、温度検出値が第１温度よりも高い第２温度である場合に、前記判定電圧を、前記第１温度における第１判定電圧よりも低く、かつ、前記第２温度におけるミラー電圧よりも高い第２判定電圧に設定する。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
スイッチング素子（Ｓ￥＃）と、前記スイッチング素子をオン状態に切り替えるべく、前記スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供給する充電部（２４、２６）と、を備えるスイッチング回路（１１）に適用され、前記開閉制御端子の端子電圧（Ｖｇｅ）が判定電圧（Ｖｊｄｅ）を上回ったことを含む所定条件を満たす場合に、前記スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置（４４）であって、
前記スイッチング素子の温度又はその相関値を温度検出値として取得する温度取得部（Ｓ１０）と、
前記温度検出値が第１温度よりも高い第２温度である場合に、前記判定電圧を、前記第１温度における第１判定電圧よりも低く、かつ、前記第２温度におけるミラー電圧よりも高い第２判定電圧に設定する設定部（Ｓ１２）と、
を備える判定装置。
【請求項２】
前記所定条件は、前記一対の主端子間に流れる端子間電流が、所定の判定電流を上回ったことを含み、
前記第２判定電圧は、前記一対の主端子間に過電流が流れると仮定した場合に、前記端子間電流が前記判定電流に到達する到達タイミング（ｔ１４）における前記端子電圧である境界電圧（Ｖｂｏｒ）よりも小さい電圧に設定されている請求項１に記載の判定装置。
【請求項３】
前記端子電圧を取得する電圧取得部（Ｓ１４）と、
前記端子間電流を取得する電流取得部（Ｓ１８）と、
前記電流取得部により取得された前記端子間電流が前記判定電流を上回ったこと、及び前記電圧取得部により取得された前記端子電圧が前記設定部により設定された前記判定電圧を上回ったこと、を含む前記所定条件を満たす場合に、過電流が流れている旨判定する判定部（Ｓ２２）と、
を備える請求項２に記載の判定装置。
【請求項４】
前記スイッチング素子は、互いに並列接続された複数のスイッチング素子（Ｓ￥＃１、Ｓ￥＃２）であり、
前記温度取得部は、複数の前記スイッチング素子それぞれについて前記温度検出値を取得し、
前記設定部は、
前記温度検出値と前記判定電圧との関係を示す相関データであって、前記温度検出値が高いほど、前記判定電圧が低くなる関係を有する相関データ（Ｆ）を有し、
前記各スイッチング素子の前記判定電圧（Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅ）を、前記相関データにおいて、前記各スイッチング素子の前記温度検出値のうち最も低い温度検出値に対応する前記判定電圧に共通に設定する請求項１または請求項２に記載の判定装置。
【請求項５】
互いに並列接続された複数のスイッチング素子（Ｓ￥＃１、Ｓ￥＃２）と、前記各スイッチング素子をオン状態に切り替えるべく、前記各スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供給する充電部（２４、２６）と、を備えるスイッチング回路（１１）に適用され、前記開閉制御端子の端子電圧（Ｖｇｅ）が判定電圧（Ｖｊｄｅ）を上回ったことを含む所定条件を満たす場合に、前記各スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置（４４）であって、
複数の前記スイッチング素子それぞれについて、前記各スイッチング素子の温度又はその相関値を温度検出値として取得する温度取得部（Ｓ４０）と、
前記温度検出値と前記判定電圧との関係を示す相関データであって、前記温度検出値が高いほど、前記判定電圧が低くなる関係を有する相関データ（Ｆ）を有し、前記各スイッ

チング素子の前記判定電圧（Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅ）を、前記相関データにおいて、前記各スイッチング素子の前記温度検出値のうち最も低い温度検出値に対応する前記判定電圧に共通に設定する設定部（Ｓ４２）と、
を備える判定装置。
【請求項６】
前記充電部は、前記開閉制御端子に電荷を充電するための充電端子（Ｔ２）を含み、
複数の前記スイッチング素子の前記開閉制御端子は、前記充電端子に共通に接続され、
前記充電端子の電圧を取得することで、前記各スイッチング素子の前記端子電圧を取得する電圧取得部（Ｓ４４）を備える請求項４または請求項５に記載の判定装置。
【請求項７】
複数の前記スイッチング素子それぞれについて、前記一対の主端子間に流れる端子間電流を取得する電流取得部（Ｓ４８、Ｓ５４）と、
少なくとも１つの前記スイッチング素子において、前記電流取得部により取得された前記端子間電流が所定の判定電流を上回ったこと、及び前記電圧取得部により取得された前記端子電圧が前記設定部により設定された前記判定電圧を上回ったこと、を含む前記所定条件を満たす場合に、過電流が流れている旨判定する判定部（Ｓ２２）と、
を備える請求項６に記載の判定装置。
【請求項８】
前記スイッチング素子は、互いに並列接続された複数のスイッチング素子（Ｓ￥＃１、Ｓ￥＃２）であり、
前記温度取得部は、複数の前記スイッチング素子それぞれについて前記温度検出値を取得し、
前記設定部は、
前記温度検出値と前記判定電圧との関係を示す相関データであって、前記温度検出値が高いほど、前記判定電圧が低くなる関係を有する相関データ（Ｆ）を有し、
前記各スイッチング素子の前記判定電圧（Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅ）を、前記相関データにおいて、前記各スイッチング素子の前記温度検出値に対応する前記判定電圧に個別に設定する請求項１または請求項２に記載の判定装置。
【請求項９】
複数の前記スイッチング素子それぞれについて、前記端子電圧を取得する電圧取得部（Ｓ４４）と、
複数の前記スイッチング素子それぞれについて、前記一対の主端子間に流れる端子間電流を取得する電流取得部（Ｓ４８、５４）と、
少なくとも１つの前記スイッチング素子において、前記電流取得部により取得された前記端子間電流が所定の判定電流を上回ったこと、及び前記電圧取得部により取得された前記端子電圧が前記設定部により設定された前記判定電圧を上回ったこと、を含む前記所定条件を満たす場合に、過電流が流れている旨判定する判定部（Ｓ２２）と、
を備える請求項８に記載の判定装置。
【請求項１０】
前記判定部によって前記過電流が流れている旨判定された場合に、前記過電流が流れない場合に前記スイッチング素子をオフ状態に切り替えるときにおける前記開閉制御端子の電荷の放電速度よりも低い放電速度で電荷を放電させることで、前記過電流が流れている旨判定された前記スイッチング素子を強制的にオフ状態に切り替えるソフト遮断部（３８、４０）を備える請求項３、７、９のいずれか１項に記載の判定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置に関する。
【背景技術】

【０００２】
この種の判定装置としては、例えば下記特許文献１に見られるように、スイッチング素子（ＩＧＢＴ）の開閉制御端子電圧が、所定の判定期間内に、所定の判定電圧を上回った場合に、スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定するものが知られている。ここで、判定電圧は、スイッチング素子のミラー電圧よりも高い電圧に設定され、かつ、開閉制御端子の上限電圧以下の電圧に設定されている。また、判定期間は、一対の主端子間に過電流が流れないと仮定した場合に、開閉制御端子の電圧が判定電圧に到達するタイミングまでの期間内に設定されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１５－１９５５４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
スイッチング素子の過電流判定に対する要望は更に高まっており、早期にスイッチング素子の過電流を判定する技術が求められている。スイッチング素子の過電流判定が遅れると、過電流と判定されるまでに一対の主端子間に流れる過電流の積算量が増大し、スイッチング素子の信頼性が低下するおそれがある。
【０００５】
本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、スイッチング素子に過電流が流れていることを早期に判定できる判定装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明者らは、上記のような従来技術の課題を達成すべく鋭意検討した結果、スイッチング素子のミラー電圧が、スイッチング素子の温度が高くなるほど低くなることを見出し、本発明をするに至った。
【０００７】
具体的には、本発明は、スイッチング素子と、前記スイッチング素子をオン状態に切り替えるべく、前記スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供給する充電部と、を備えるスイッチング回路に適用され、前記開閉制御端子の端子電圧が判定電圧を上回ったことを含む所定条件を満たす場合に、前記スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置であって、前記スイッチング素子の温度又はその相関値を温度検出値として取得する温度取得部と、前記温度検出値が第１温度よりも高い第２温度である場合に、前記判定電圧を、前記第１温度における第１判定電圧よりも低く、かつ、前記第２温度における第２判定電圧よりも高い第２判定電圧に設定する設定部と、を備える。
【０００８】
本発明の判定装置は、過電流判定に用いる判定電圧を、スイッチング素子の温度検出値が第１温度よりも高い第２温度である場合に、前記第１温度における第１判定電圧よりも低い判定電圧に設定する。そのため、第２温度では第１温度に比べて過電流の判定までに必要な期間（以下、判定期間という）は短くなる。一方、スイッチング素子の温度検出値によらず判定電圧を一定に設定する場合、判定電圧が、第１温度のスイッチング素子のミラー電圧に対応させて高く設定される。そのため、スイッチング素子の温度検出値によらず判定期間は長くなる。本発明によれば、スイッチング素子の温度によらず判定電圧を一定に設定する構成に比べて、第２温度における判定期間を短くすることができ、スイッチング素子に過電流が流れていることを早期に判定することができる。
【０００９】
また、本発明は、互いに並列接続された複数のスイッチング素子と、前記各スイッチング素子をオン状態に切り替えるべく、前記各スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供

給する充電部と、を備えるスイッチング回路に適用され、前記開閉制御端子の端子電圧が判定電圧を上回ったことを含む所定条件を満たす場合に、前記各スイッチング素子の一対の主端子間に過電流が流れている旨判定する過電流判定処理を行うための判定装置であって、複数の前記スイッチング素子それぞれについて、前記各スイッチング素子の温度又はその相関値を温度検出値として取得する温度取得部と、前記温度検出値と前記判定電圧との関係を示す相関データであって、前記温度検出値が高いほど、前記判定電圧が低くなる関係を有する相関データを有し、前記各スイッチング素子の前記判定電圧を、前記相関データにおいて、前記各スイッチング素子の前記温度検出値のうち最も低い温度検出値に対応する前記判定電圧に共通に設定する設定部と、を備える。

【００１０】

本発明の判定装置は、互いに並列接続された複数のスイッチング素子に対して、過電流判定に用いる判定電圧を、相関データに基づいて設定する設定部を有する。相関データは、温度検出値が高いほど判定電圧が低くなる関係を有し、設定部は、相関データにおいて、各スイッチング素子の温度検出値のうち最も低い温度検出値に対応する判定電圧に共通に設定する。そのため、最も低い温度検出値が取得されたスイッチング素子において判定期間を短くすることができ、スイッチング素子に過電流が流れていることを早期に判定することができる。

【００１１】

また、本発明の判定装置では、判定電圧は、最も低い温度検出値に対応させて高く設定される。仮に、判定電圧が、他の温度検出値に対応させて低く設定されると、設定された判定電圧が、最も低い温度検出値が取得されたスイッチング素子のミラー電圧よりも低く設定されることがある。この場合、最も低い温度検出値が取得されたスイッチング素子に過電流が流れていないにも関わらず、過電流が流れていると誤判定されてしまうおそれがある。本発明によれば、最も低い温度検出値に対応させて判定電圧が設定されるので、過電流が流れていると誤判定されることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】第１の実施形態に係るモータ制御システムの構成図。
【図２】同実施形態に係る駆動回路の構成図。
【図３】同実施形態に係る過電流判定処理の手順を示すフローチャート。
【図４】ミラー電圧又はゲート判定電圧と温度との関係を示すグラフ。
【図５】同実施形態に係る通常時の過電流判定処理の一例を示すタイムチャート。
【図６】同実施形態に係る短絡時の過電流判定処理の一例を示すタイムチャート。
【図７】第２の実施形態に係るモータ制御システムの構成図。
【図８】同実施形態に係る過電流判定処理の手順を示すフローチャート。
【図９】第３の実施形態に係るモータ制御システムの構成図。
【図１０】同実施形態に係る過電流判定処理の手順を示すフローチャート。
【図１１】相関データを示すグラフ。
【図１２】第４の実施形態に係るモータ制御システムの構成図。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

（第１の実施形態）

以下、本発明に係る判定装置を車載主機として回転機を備える車両（例えば、ハイブリッド車両や電気自動車）に適用した第１の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【００１４】

図１に示すように、モータジェネレータ１０は、車載主機としての多相回転機（３相回転機）であり、図示しない駆動輪に連結されている。モータジェネレータ１０は、インバータ１１を介して「直流電源」としての高電圧バッテリ１２に接続されている。高電圧バッテリ１２の出力電圧は、例えば百Ｖ以上である。なお、高電圧バッテリ１２としては、

例えば、リチウムイオン蓄電池やニッケル水素蓄電池を用いることができる。また、本実施形態では、モータジェネレータ１０として、同期機（永久磁石同期機）を用いている。

【００１５】

インバータ１１は、高電位側（上アーム側）のスイッチング素子Ｓ￥ｐ（￥＝Ｕ，Ｖ，Ｗ）、及び低電位側（下アーム側）のスイッチング素子Ｓ￥ｎの直列接続体を備えている。詳しくは、インバータ１１は、３組のスイッチング素子Ｓ￥ｐ，Ｓ￥ｎの直列接続体を備え、スイッチング素子Ｓ￥ｐ，Ｓ￥ｎの接続点は、モータジェネレータ１０の￥相に接続されている。なお、本実施形態において、インバータ１１が「スイッチング回路」に相当する。

【００１６】

ちなみに、本実施形態では、上記スイッチング素子Ｓ￥＃（＃＝ｐ，ｎ）として、電圧制御形の半導体スイッチング素子Ｚｅを用い、より具体的には、ＩＧＢＴを用いている。本実施形態において、スイッチング素子Ｓ￥＃の出力端子（エミッタ）及び入力端子（コレクタ）が「一対の主端子」に相当する。ここで、コレクタを「第１の主端子」とし、エミッタを「第２の主端子」とする。すると、第２の主端子の電圧に対するスイッチング素子Ｓ￥＃の開閉制御端子（ゲート）の電圧（以下、ゲート電圧Ｖｇｅ）を、スレッショルド電圧Ｖｔｈ以上とすることで、スイッチング素子Ｓ￥＃をオン状態に切り替えることができる。ここで、スレッショルド電圧Ｖｔｈとは、スイッチング素子Ｓ￥＃がオフ状態からオン状態に切り替わる電圧のことである。詳細には、一対の主端子間に基準電流（例えば１ｍＡ）が流れた場合の開閉制御端子の電圧のことである。

【００１７】

スイッチング素子Ｓ￥＃には、フリーホイールダイオードＤ￥＃が逆並列に接続されている。また、スイッチング素子Ｓ￥＃の近傍には、感温センサＴ￥＃が設けられている。感温センサＴ￥＃は、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐを検出する。本実施形態において、スイッチング素子Ｓ￥＃とフリーホイールダイオードＤ￥＃と感温センサＴ￥＃とは、同一の半導体スイッチング素子Ｚｅに内蔵されている。なお、感温センサＴ￥＃としては、例えば、感温ダイオードやサーミスタを用いることができる。

【００１８】

制御装置１４は、低電圧バッテリ１６を電源とし、マイコンを主体として構成されている。制御装置１４は、モータジェネレータ１０の制御量（例えばトルク）をその指令値に制御すべく、インバータ１１を操作する。詳しくは、制御装置１４は、インバータ１１を構成するスイッチング素子Ｓ￥＃を操作すべく、操作信号ｇ￥＃を生成してスイッチング素子Ｓ￥＃に対応する駆動回路ＤＵに出力する。ここで、高電位側の操作信号ｇ￥ｐと、対応する低電位側の操作信号ｇ￥ｎとは、互いに相補的な信号となっている。すなわち、高電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｐと、対応する低電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｎとは、交互にオン状態とされる。

【００１９】

インターフェース１８は、高電圧システムと低電圧システムとの間を電気的に絶縁しつつ、これらシステム間の信号の伝達を行う機能を有する。ここで、高電圧システムは、高電圧バッテリ１２、インバータ１１及びモータジェネレータ１０を備えるシステムである。また、低電圧システムは、低電圧バッテリ１６及び制御装置１４を備えるシステムである。なお、本実施形態において、インターフェース１８は、光絶縁素子（フォトカプラ）を備えている。

【００２０】

続いて、図２を用いて、駆動回路ＤＵの構成について説明する。

【００２１】

図示されるように、駆動回路ＤＵは、１チップ化された半導体集積回路であるドライブＩＣ２０、所定の出力電圧Ｖｏｍ（例えば１５Ｖ）を有する定電圧電源２２、及び定電圧電源２２を電力供給源とする定電流電源２４を備えている。詳しくは、定電流電源２４は、ドライブＩＣ２０の第１の端子Ｔ１を介してＰチャネルＭＯＳＦＥＴ（以下、充電用ス

イッチング素子２６）のドレインに接続されている。充電用スイッチング素子２６のソースは、ドライブＩＣ２０の第２の端子Ｔ２を介してスイッチング素子Ｓ￥＃のゲートに接続されている。なお、本実施形態において、定電流電源２４及び充電用スイッチング素子２６が「充電部」に相当する。

【００２２】

スイッチング素子Ｓ￥＃のゲートは、放電用抵抗体２８を介してドライブＩＣ２０の第３の端子Ｔ３に接続されている。第３の端子Ｔ３は、ＮチャネルＭＯＳＦＥＴ（以下、放電用スイッチング素子３０）を介してスイッチング素子Ｓ￥＃のエミッタに接続されている。

【００２３】

また、スイッチング素子Ｓ￥＃のゲートは、さらに、ソフト遮断用抵抗体３８、ドライブＩＣ２０の第４の端子Ｔ４及びＮチャネルＭＯＳＦＥＴ（以下、ソフト遮断用スイッチング素子４０）を介してエミッタに接続されている。なお、本実施形態では、ソフト遮断用抵抗体３８の抵抗値Ｒａが、放電用抵抗体２８の抵抗値Ｒｂよりも高く設定されている。なお、本実施形態において、ソフト遮断用抵抗体３８及びソフト遮断用スイッチング素子４０が「ソフト遮断部」に相当する。

【００２４】

スイッチング素子Ｓ￥＃は、コレクタ及びエミッタ間に流れる電流（以下、コレクタ電流Ｉｃ）と相関を有する微少電流（例えば、コレクタ電流Ｉｃの「１／１００００」）を出力するセンス端子Ｓｔを備えている。センス端子Ｓｔは、センス抵抗４２を介してエミッタに接続されている。これにより、センス端子Ｓｔから出力される微少電流によってセンス抵抗４２に電圧降下が生じるため、センス抵抗４２のうちセンス端子Ｓｔ側の電位（以下、センス電圧Ｖｓｅ）を、コレクタ電流Ｉｃと相関を有する電気的な状態量とすることができる。なお、本実施形態において、エミッタ電位を「０」とし、センス抵抗４２の両端のうち、センス端子Ｓｔ側の電位がエミッタ電位よりも高い場合のセンス電圧Ｖｓｅを正と定義する。

【００２５】

ゲート電圧Ｖｇｅは、ドライブＩＣ２０の第５の端子Ｔ５を介して、ドライブＩＣ２０の備える駆動制御部４４に入力されている。センス電圧Ｖｓｅは、ドライブＩＣ２０の第６の端子Ｔ６を介して駆動制御部４４に入力されている。感温センサＴ￥＃が検出したスイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐは、ドライブＩＣ２０の第７の端子Ｔ７を介して駆動制御部４４に入力されている。

【００２６】

駆動制御部４４は、ドライブＩＣ２０の第８の端子Ｔ８を介して入力される上記操作信号ｇ￥＃に基づき、充電用スイッチング素子２６及び放電用スイッチング素子３０の操作による充電処理、及び放電処理を交互に行うことで、スイッチング素子Ｓ￥＃を駆動する。詳しくは、充電処理は、操作信号ｇ￥＃がオン操作指令になったと判定された場合、放電用スイッチング素子３０をオフ操作し、また、充電用スイッチング素子２６をオン操作する処理である。すなわち、充電処理は、ゲートに定電流を供給することにより、ゲートに電荷を供給する定電流制御処理である。これにより、スイッチング素子Ｓ￥＃がオン状態に切り替えられる。

【００２７】

一方、放電処理は、操作信号ｇ￥＃がオフ操作指令になったと判定された場合、放電用スイッチング素子３０をオン操作に切り替え、また、充電用スイッチング素子２６をオフ操作に切り替える処理である。これにより、スイッチング素子Ｓ￥＃がオフ状態に切り替えられる。

【００２８】

続いて、図３を用いて、本実施形態に係る過電流判定処理について説明する。ここで、図３は、上記処理の手順を示すフローチャートである。この処理は、駆動制御部４４によって過電流判定期間に、例えば所定周期で繰り返し実行される。ここで、過電流判定期間

とは、第１のタイミング及び第２のタイミングによって定められる期間である。以下、第１のタイミング及び第２のタイミングについて説明する。なお、本実施形態において、駆動制御部４４が「判定装置」に相当する。

【００２９】

まず、第１のタイミングについて説明すると、第１のタイミングは、充電部による充電開始タイミングから、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れると仮定した場合に、ゲート電圧Ｖｇｅが、後述するゲート判定電圧Ｖｊｄｅに到達するタイミングまでの期間内における任意のタイミングである。ここで、本実施形態において、第１のタイミングは、充電処理の開始タイミングに設定されている。

【００３０】

続いて、第２のタイミングについて説明する。第２のタイミングは、第１のタイミングよりも後のタイミングから、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れないと仮定した場合に、ゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅに到達するタイミングよりも前のタイミングまでの期間内における任意のタイミングである。ここで、本実施形態において、第２のタイミングは、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れないと仮定した場合に、スイッチング素子Ｓ￥＃のミラー期間が終了するタイミングに設定されている。

【００３１】

この一連の処理では、まずステップＳ１０において、感温センサＴ￥＃からスイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐを取得する。なお、本実施形態において、温度Ｔｍｐが「温度検出値」に相当し、ステップＳ１０の処理が「温度取得部」を構成する。

【００３２】

次に、ステップＳ１２において、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅを設定する。ゲート判定電圧Ｖｊｄｅは、スイッチング素子Ｓ￥＃のミラー電圧Ｖｍｉｌよりも高い電圧であって、出力電圧Ｖｏｍ以下の電圧に設定されている。ここで、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅをミラー電圧Ｖｍｉｌよりも高い電圧に設定するのは、充電処理が行われる状況下において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れていないにもかかわらず、過電流が流れている旨誤判定される事態を回避するためである。

【００３３】

本発明者は、スイッチング素子Ｓ￥＃の特性について鋭意検討した結果、図４に示すように、ミラー電圧Ｖｍｉｌは、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが高くなるほど、温度Ｔｍｐに負の相関を示して低くなることを初めて見出した。本実施形態では、上記知見に基づいて、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅは、スイッチング素子Ｓ￥＃の動作温度範囲において、ミラー電圧Ｖｍｉｌよりも所定の電圧差ΔＶだけ高い電圧に設定されている。つまり、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅは、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが高くなるほど、連続的に低くなるように設定されている。なお、電圧差ΔＶは、ゲート電圧Ｖｇｅに加わることが想定されるノイズの最大振幅よりも僅かに大きな電圧に設定されている。また、電圧差ΔＶは、スイッチング素子Ｓ￥＃の各温度Ｔｍｐに対して一定でもよいし、異なっていてもよい。

【００３４】

したがって、ステップＳ１２では、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが、第１温度Ｔｍｐ１よりも高い第２温度Ｔｍｐ２である場合に、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅが、第１温度Ｔｍｐ１における第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１よりも低く、かつ、第２温度Ｔｍｐ２におけるミラー電圧Ｖｍｉｌよりも高い第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２に設定される。なお、本実施形態において、ステップＳ１２の処理が「設定部」を構成する。

【００３５】

次に、ステップＳ１４において、スイッチング素子Ｓ￥＃のゲート電圧Ｖｇｅを取得する。なお、本実施形態において、ゲート電圧Ｖｇｅが「端子電圧」に相当し、ステップＳ１４の処理が「電圧取得部」に相当する。そして、ステップＳ１６において、ゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回っているか否かを判定する。

【００３６】

ステップＳ１６において肯定判定された場合には、ステップＳ１８において、センス電圧Ｖｓｅを取得する。なお、本実施形態において、センス電圧Ｖｓｅが「端子間電流」に相当し、ステップＳ１８の処理が「電流取得部」を構成する。そして、ステップＳ２０において、センス電圧Ｖｓｅがセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回っているか否かを判定する。センス判定電圧Ｖｄｅｃは、スイッチング素子Ｓ￥＃の信頼性を維持可能なコレクタ電流Ｉｃの上限値に対応する電圧であり、スイッチング素子Ｓ￥＃毎に予め定められている。なお、本実施形態において、センス判定電圧Ｖｄｅｃが「判定電流」に相当する。

【００３７】

ステップＳ２０において、肯定判定された場合、つまり、ゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回ったこと、及び、センス電圧Ｖｓｅがセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回ったこと、を満たす場合、ステップＳ２２において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判定し、ステップＳ２４に進む。なお、本実施形態において、ステップＳ１６、Ｓ２０の処理条件が「所定条件」に相当し、ステップＳ２２の処理が「判定部」を構成する。

【００３８】

ステップＳ２４では、充電用スイッチング素子２６及び放電用スイッチング素子３０をオフ操作し、かつ、ソフト遮断用スイッチング素子４０をオン操作する短絡保護処理を実行する。これにより、スイッチング素子Ｓ￥＃のゲートに供給された電荷（以下、ゲート電荷という）が、ソフト遮断用抵抗体３８及びソフト遮断用スイッチング素子４０を介してスイッチング素子Ｓ￥＃のエミッタに至る放電経路を介して放電される。この結果、スイッチング素子Ｓ￥＃が強制的にオフ状態に切り替えられる。

【００３９】

続くステップＳ２６では、フェール信号ＦＬを出力する処理を行う。これにより、フェール信号ＦＬは、ドライブＩＣ２０の第９の端子Ｔ９を介して制御装置１４に出力される。このフェール信号ＦＬによって、インバータ１１のシャットダウンが行われる。

【００４０】

一方、ステップＳ１６、Ｓ２０のいずれか一方において否定判定された場合には、ステップＳ２８において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れていない旨判定し、過電流判定処理を終了する。

【００４１】

続いて、図５及び図６に、過電流判定処理の一例を示す。詳しくは、図５は、過電流が流れていない通常時における過電流判定処理の一例であり、図６は、過電流が流れる場合、つまり、上下アームに短絡が生じた短絡時における過電流判定処理の一例である。

【００４２】

まず、図５を用いて、通常時における過電流判定処理を説明する。ここで、図５（ａ）は、ゲート電圧Ｖｇｅの推移を示し、図５（ｂ）は、充電用スイッチング素子２６の操作状態の推移を示す。また、図５（ｃ）は、ソフト遮断用スイッチング素子４０の操作状態の推移を示し、図５（ｄ）は、センス電圧Ｖｓｅの推移を示す。

【００４３】

図５（ａ）において、グラフＦ１（破線）は、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１である場合のゲート電圧Ｖｇｅの推移を示す。また、グラフＦ２（実線）は、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合のゲート電圧Ｖｇｅの推移を示す。以下では、グラフＦ１とグラフＦ２とのうち、グラフＦ２を用いて、通常時における過電流判定処理を説明する。

【００４４】

図示される例では、第１のタイミングである時刻ｔ１において、充電処理が開始されることで、放電用スイッチング素子３０がオフ操作に切り替えられ、また、充電用スイッチング素子２６がオン操作に切り替えられる。これにより、ゲート電圧Ｖｇｅが上昇し始める。

【００４５】

その後、時刻ｔ２において、ゲート電圧Ｖｇｅがスレッショルド電圧Ｖｔｈに到達することで、センス電圧Ｖｓｅが上昇し始める。

【００４６】

その後、時刻ｔ３においてゲート電圧Ｖｇｅがミラー電圧Ｖｍｉｌに到達し、第２のタイミングである時刻ｔ４においてミラー期間の終了タイミングとなる。過電流が流れない通常時においては、ミラー期間が存在する。そのため、第１のタイミング及び第２のタイミングによって定められる過電流判定期間内において、ゲート電圧Ｖｇｅは第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２を上回ることはなく、センス電圧Ｖｓｅはセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回ることはない。その後、ゲート電圧Ｖｇｅは、定電圧電源２２の出力電圧Ｖｏｍに到達する。

【００４７】

なお、グラフＦ１は、グラフＦ２と比べて、時刻ｔ２、ｔ３、ｔ４が異なるものの、グラフＦ２と略同一の挙動を示しており、重複した説明を省略する。

【００４８】

続いて、図６を用いて、短絡時における過電流判定処理を説明する。ここで、図６（ａ）～図６（ｄ）は、先の図５（ａ）～図５（ｄ）に対応している。

【００４９】

図６（ａ）、（ｂ）において、グラフＦ１（破線）は、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１である場合のゲート電圧Ｖｇｅの推移を示す。また、グラフＦ２（実線）は、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合のゲート電圧Ｖｇｅの推移を示す。

【００５０】

図示される例では、時刻ｔ１１において充電処理が開始されることで、ゲート電圧Ｖｇｅが上昇し始める。過電流が流れる短絡時においては、ミラー期間が存在しない。そのため、ゲート電圧Ｖｇｅは、時刻ｔ１１の後、ミラー期間を経ることなく上昇を続ける。その結果、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合、時刻ｔ１３において、ゲート電圧Ｖｇｅが第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２に到達する。また、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１である場合、時刻ｔ１５において、ゲート電圧Ｖｇｅが第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１に到達する。

【００５１】

また、時刻ｔ１２において、ゲート電圧Ｖｇｅがスレッショルド電圧Ｖｔｈに到達することで、センス電圧Ｖｓｅが上昇し始める。過電流が流れる短絡時においては、センス電圧Ｖｓｅは上昇を続け、時刻ｔ１４において、センス電圧ＶｓｅがセンスＶｄｅｃに到達する。

【００５２】

駆動制御部４４では、過電流が流れる場合に、時刻ｔ１４にゲート電圧Ｖｇｅが到達する境界電圧Ｖｂｏｒが予め取得されており、第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１は、境界電圧Ｖｂｏｒよりも大きい電圧に設定されている。また、第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２は、境界電圧Ｖｂｏｒよりも小さい電圧に設定されている。なお、本実施形態において、時刻ｔ１４が「到達タイミング」に相当する。

【００５３】

そのため、時刻ｔ１３は時刻ｔ１４よりも早いタイミングとなり、時刻ｔ１５は時刻ｔ１４よりも遅いタイミングとなる。したがって、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１である場合、時刻ｔ１４において、センス電圧ＶｓｅがセンスＶｄｅｃに到達し、時刻ｔ１５において、ゲート電圧Ｖｇｅが第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１に到達する。その結果、第１温度Ｔｍｐ１では、時刻ｔ１５において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判定される（Ｓ２２）。

【００５４】

一方、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合、時刻ｔ１３において、ゲート電圧Ｖｇｅが第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２に到達し、時刻ｔ１４に

おいて、センス電圧Ｖｓｅがセンス判定電圧Ｖｄｅｃに到達する。つまり、第２温度Ｔｍｐ２では、時刻ｔ１４において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判定される（Ｓ２２）。したがって、第１温度Ｔｍｐ１である場合に比べて、過電流が流れていることが早期に判定される。

【００５５】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

【００５６】

過電流判定処理において、スイッチング素子Ｓ￥＃の温度Ｔｍｐが、第１温度Ｔｍｐ１よりも高い第２温度Ｔｍｐ２である場合に、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅが、第１温度Ｔｍｐ１における第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１よりも低い第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２に設定される。過電流判定処理では、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅが低いほど、過電流が流れていることが早期に判定される。そのため、第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２が第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１と同一の電圧に設定される場合に比べて、第２温度Ｔｍｐ２において、過電流が流れていることを早期に判定することができる。

【００５７】

したがって、充電処理を開始してから過電流と判定されるまでに、コレクタ及びエミッタ間に流れるコレクタ電流Ｉｃの積算量を減少させることができる。これにより、コレクタ及びエミッタ間に過大なコレクタ電流Ｉｃが流れることにより、スイッチング素子の信頼性が低下することを抑制することができる。

【００５８】

また、過電流が流れていることを早期に判定することで、直列接続体を構成する高電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｐと、低電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｎとが同時にオン状態となることを抑制することができる。これにより、高電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｐと低電位側のスイッチング素子Ｓ￥ｎとが同時にオン状態となり、モータジェネレータ１０の信頼性が低下することを好適に抑制することができる。

【００５９】

本実施形態では、過電流の検出にゲート電圧Ｖｇｅとセンス電圧Ｖｓｅとを用いるので、ゲート電圧Ｖｇｅのみを用いる場合に比べて、過電流検出における信頼性を向上させることができる。例えば、一対の主端子間に過電流が流れない場合に、ゲート電圧Ｖｇｅに想定されるノイズよりも大きい振幅のノイズが加わり、ゲート電圧Ｖｇｅが一時的にゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回った場合でも、過電流が流れていると誤判定されるのを抑制することができる。

【００６０】

特に本実施形態では、第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２は、一対の主端子間に過電流が流れる場合において、センス電圧Ｖｓｅがセンス判定電圧Ｖｄｅｃに到達する到達タイミングに、ゲート電圧Ｖｇｅが到達する境界電圧Ｖｂｏｒよりも小さい電圧に設定されている。そのため、第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２が境界電圧Ｖｂｏｒよりも大きい電圧に設定されている場合に比べて、第２温度Ｔｍｐ２において、過電流が流れていることを早期に判定することができる。

【００６１】

本実施形態では、ソフト遮断用抵抗体３８の抵抗値Ｒａが、放電用抵抗体２８の抵抗値Ｒｂよりも高く設定されている。そのため、ソフト遮断用抵抗体３８を介してゲート電荷を放電する場合の放電速度は、放電処理によって放電用抵抗体２８を介してゲート電荷を放電する場合の放電速度よりも低くなる。一方、過電流が流れている場合に、スイッチング素子Ｓ￥＃をオン状態からオフ状態へと切り替える速度、つまりゲート電荷の放電速度を高くすると、サージ電圧が過大となるおそれがある。本実施形態では、過電流が流れている場合に、ゲート電荷の放電速度を低くするので、サージ電圧が過大となることを好適に抑制することができる。

【００６２】

（第２の実施形態）

以下、第２の実施形態について、先の第１の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００６３】

本実施形態では、図７に示すように、センス端子、センス抵抗４２及び第６の端子Ｔ６が除去されている。そして、ゲート電圧Ｖｇｅのみを用いてスイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判定する。なお、図７は、本実施形態に係る駆動回路ＤＵを示す図である。図７において、先の図２に示した部材と同一の部材については、便宜上、同一の符号を付して説明を省略する。

【００６４】

図８に、本実施形態に係る過電流判定処理の手順を示す。この処理は、駆動制御部４４によって過電流判定期間に例えば所定周期で繰り返し実行される。なお、図８において、先の図３に示した処理と同一の処理については、便宜上、同一のステップ番号を付して説明を省略する。

【００６５】

本実施形態では、先の図３におけるステップＳ１８、Ｓ２０の処理が除去されている。すなわち、本実施形態では、過電流検出期間内において、ゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回ったと判定された場合、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判断する。

【００６６】

以上説明した本実施形態によれば、ゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回ったことのみをもって、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れている旨判定する。これにより、例えば、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅが境界電圧Ｖｂｏｒよりも小さい電圧に設定されている場合には、ゲート電圧Ｖｇｅとセンス電圧Ｖｓｅとを用いる場合に比べて、過電流が流れていることを早期に判定することができる。

【００６７】

特に本実施形態では、過電流の検出にゲート電圧Ｖｇｅのみを用いる構成を採用した。こうした構成により、過電流を検出するために、センス端子Ｓｔ、センス抵抗４２及び第６の端子Ｔ６等、コレクタ電流Ｉｃを検出するための構成を不要とすることができる。これにより、駆動回路ＤＵ等の構成の簡素化を図ることができ、ひいては駆動回路ＤＵが実装される基板の小型化を図ることができる。

【００６８】

（第３の実施形態）

以下、第３の実施形態について、先の第１の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００６９】

本実施形態では、図９に示すように、スイッチング素子Ｓ￥＃が、互いに並列接続された第１スイッチング素子Ｓ￥＃１と第２スイッチング素子Ｓ￥＃２とを含む。つまり、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の出力端子（エミッタ）と、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の出力端子とが、互いに接続されており、かつ、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の入力端子（コレクタ）と、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の入力端子とが、互いに接続されている。なお、図９は、本実施形態に係る駆動回路ＤＵを示す図である。図９において、先の図２に示した部材と同一の部材については、便宜上、同一の符号を付して説明を省略する。

【００７０】

第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲートは、第１のゲート抵抗４６を介してドライブＩＣ２０の第２の端子Ｔ２に接続されている。第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲートは、第２のゲート抵抗４８を介して第２の端子Ｔ２に接続されている。つまり、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲートと第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲートとは、ゲート抵抗４６、４８を介して第２の端子Ｔ２に共通に接続されている。なお、本実施形態において、第２の端子Ｔ２が「充電端子」に相当する。

【００７１】
そのため、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２とは、第２の端子Ｔ２の電圧から推定することができる。本実施形態では、第２の端子Ｔ２の電圧が、ドライブＩＣ２０の第５の端子Ｔ５を介して駆動制御部４４に入力されている。つまり、駆動制御部４４は、第２の端子Ｔ２の電圧を取得することで、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２と、を同時に取得している。
【００７２】
第１スイッチング素子Ｓ￥＃１には、第１フリーホイールダイオードＤ￥＃１が逆並列に接続されている。また、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の近傍には、第１感温センサＴ￥＃１が設けられている。第１スイッチング素子Ｓ￥＃１と第１フリーホイールダイオードＤ￥＃１と第１感温センサＴ￥＃１とは、同一の第１半導体スイッチング素子Ｚｅ１に内蔵されている。第２スイッチング素子Ｓ￥＃２についても同様であり、重複した説明を省略する。
【００７３】
第１のセンス抵抗４２により生成される第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のセンス電圧Ｖｓｅ１は、ドライブＩＣ２０の第６の端子Ｔ６を介して駆動制御部４４に入力されている。また、第２のセンス抵抗５０により生成される第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のセンス電圧Ｖｓｅ２は、ドライブＩＣ２０の第１０の端子Ｔ１０を介して駆動制御部４４に入力されている。
【００７４】
第１感温センサＴ￥＃１が検出した第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐは、ドライブＩＣ２０の第７の端子Ｔ７を介して駆動制御部４４に入力されている。また、第２感温センサＴ￥＃２が検出した第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐは、ドライブＩＣ２０の第１１の端子Ｔ１１を介して駆動制御部４４に入力されている。つまり、駆動制御部４４は、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐと、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐと、をそれぞれ取得している。
【００７５】
図１０に、本実施形態に係る過電流判定処理の手順を示す。この処理は、駆動制御部４４によって過電流判定期間に例えば所定周期で繰り返し実行される。なお、図１０において、先の図３に示した処理と同一の処理については、便宜上、同一のステップ番号を付して説明を省略する。
【００７６】
本実施形態では、まずステップＳ４０において、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐと、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐとをそれぞれ取得する。
【００７７】
次に、ステップＳ４２において、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲート判定電圧Ｖｊｄｅと、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲート判定電圧Ｙｊｄｅとを設定する。駆動制御部４４には、温度とゲート判定電圧との関係を示した相関データＦ（図１１参照）が記憶されている。ステップＳ４２では、この相関データＦを用いてゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定する。
【００７８】
図１１に示すように、相関データＦは、温度が高いほどゲート判定電圧が低くなる関係を有する。そのため、第１温度Ｔｍｐ１が第２温度Ｔｍｐ２よりも低い場合、第１温度Ｔｍｐ１に対応する第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１は、第２温度Ｔｍｐ２に対応する第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２よりも高くなる。
【００７９】
ステップＳ４２では、まず、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐと第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐとを比較して、低い側の温度を選択する。次に、相関データＦにおいて、選択した温度に対応するゲート判定電圧を選出し、ゲート判定電圧Ｖｊ

ｄｅ、Ｙｊｄｅを、選出したゲート判定電圧に設定する。
【００８０】
したがって、ステップＳ４２では、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１であり、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅは、第１温度Ｔｍｐ１における第１ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ１に設定される。
【００８１】
次に、ステップＳ４４において、第２の端子Ｔ２の電圧を取得することで、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２とを取得する。そして、ステップＳ４６において、ゲート電圧Ｖｇｅ１がゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回っているか否かを判定する。なお、本実施形態において、ステップＳ４４の処理が「電圧取得部」を構成する。
【００８２】
ステップＳ４６において肯定判定された場合には、ステップＳ４８において、センス電圧Ｖｓｅ１を取得する。そして、ステップＳ５０において、センス電圧Ｖｓｅ１がセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回っているか否かを判定する。
【００８３】
ステップＳ５０において、肯定判定された場合、つまり、ゲート電圧Ｖｇｅ１がゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回り、かつ、センス電圧Ｖｓｅ１がセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回った場合、ステップＳ２２において、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１に過電流が流れている旨判定する。
【００８４】
一方、ステップＳ４６、Ｓ５０のいずれか一方において否定判定された場合には、ステップＳ５２において、ゲート電圧Ｖｇｅ２がゲート判定電圧Ｙｊｄｅを上回っているか否かを判定する。
【００８５】
ステップＳ５２において肯定判定された場合には、ステップＳ５４において、センス電圧Ｖｓｅ２を取得する。そして、ステップＳ５６において、センス電圧Ｖｓｅ２がセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回っているか否かを判定する。
【００８６】
ステップＳ５６において、肯定判定された場合、つまり、ゲート電圧Ｖｇｅ２がゲート判定電圧Ｙｊｄｅを上回り、かつ、センス電圧Ｖｓｅ２がセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回った場合、ステップＳ２２において、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１に過電流が流れている旨判定する。
【００８７】
一方、ステップＳ５２、Ｓ５６のいずれか一方において否定判定された場合には、ステップＳ２８において、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れていない旨判定する。
【００８８】
以上説明した本実施形態によれば、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１のゲート判定電圧Ｖｊｄｅと、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２のゲート判定電圧Ｙｊｄｅとを、等しい電圧に設定する。そのため、これらの電圧を異なる電圧に設定する場合に比べて、過電流判定処理における駆動制御部４４の処理負担を軽減することができる。
【００８９】
特に本実施形態では、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定する際に、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐと第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐとのうち、低い側の温度に基づいてゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定する。
【００９０】
例えば、図１１に示すように、第１スイッチング素子Ｓ￥＃１の温度Ｔｍｐが第１温度Ｔｍｐ１であり、第２スイッチング素子Ｓ￥＃２の温度Ｘｍｐが第２温度Ｔｍｐ２である場合において、ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅが、温度Ｔｍｐ、Ｘｍｐのうちの高い

側の温度Ｘｍｐ（Ｔｍｐ２）における第２ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ２に設定されるとする。この場合、第１スイッチング素子ＳＷ＃１では、設定されたゲート判定電圧Ｖｊｄｅ（Ｖｊｄｅ２）が、第１スイッチング素子ＳＷ＃１の温度Ｔｍｐにおけるミラー電圧Ｖｍｉｌ１を下回ってしまい、第１スイッチング素子ＳＷ＃１に過電流が流れていない場合でも、過電流が流れている旨誤判定されてしまうおそれがある。

【００９１】

本実施形態では、第１スイッチング素子ＳＷ＃１の温度Ｔｍｐと第２スイッチング素子ＳＷ＃２の温度Ｘｍｐとのうち、低い側の温度に基づいてゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定するので、上記のような誤判定が生じることを抑制することができる。

【００９２】

本実施形態では、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲートと第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲートとが、ゲート抵抗４６、４８を介して第２の端子Ｔ２に共通に接続されている。そのため、駆動制御部４４は、第２の端子Ｔ２の電圧を取得することで、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２と、を取得することができる。したがって、駆動制御部４４は、ゲート電圧Ｖｇｅ１、Ｖｇｅ２を取得するために、１つの端子（第５の端子Ｔ５）を備えていればよい。そのため、Ｖｇｅ１、Ｖｇｅ２をそれぞれ取得する場合のように、ゲート電圧Ｖｇｅ１、Ｖｇｅ２を取得するために２つの端子が必要である構成に比べて、駆動制御部４４に必要な端子数を削減することができる。

【００９３】

（第４の実施形態）

以下、第４の実施形態について、先の第１の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００９４】

本実施形態では、図１２に示すように、第５の端子Ｔ５が第１のゲート抵抗４６と第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲートとの間に接続されている。また、第１２の端子Ｔ１２が第２のゲート抵抗４８と第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲートとの間に接続されている。そして、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２とがそれぞれ取得される。なお、図１２は、本実施形態に係る駆動回路ＤＵを示す図である。図１２において、先の図９に示した部材と同一の部材については、便宜上、同一の符号を付して説明を省略する。

【００９５】

また、本実施形態に係る過電流判定処理では、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート判定電圧Ｖｊｄｅと、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート判定電圧Ｙｊｄｅとが、それぞれ個別に設定される点で、第３の実施形態の過電流判定処理と異なる。本実施形態では、相関データＦを用いてゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定する際に、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート判定電圧Ｖｊｄｅを、相関データＦにおいて、第１スイッチング素子ＳＷ＃１の温度Ｔｍｐに対応するゲート判定電圧に設定する。また、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート判定電圧Ｙｊｄｅを、相関データＦにおいて、第２スイッチング素子ＳＷ＃２の温度Ｘｍｐに対応するゲート判定電圧に設定する。

【００９６】

以上説明した本実施形態によれば、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート電圧Ｖｇｅ１と、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート電圧Ｖｇｅ２とをそれぞれ取得する。そのため、ゲート抵抗４６、４８の抵抗値や特性に基づいて、各ゲート電圧Ｖｇｅ１、Ｖｇｅ２を正確に取得することができる。

【００９７】

本実施形態では、第１スイッチング素子ＳＷ＃１のゲート判定電圧Ｖｊｄｅと、第２スイッチング素子ＳＷ＃２のゲート判定電圧Ｙｊｄｅとを、それぞれ設定する。そのため、スイッチング素子ＳＷ＃１、ＳＷ＃２の温度Ｔｍｐ、Ｘｍｐに基づいて、各ゲート判定電圧Ｖｊｄｅ、Ｙｊｄｅを設定することができる。

【００９８】
（その他の実施形態）
上記各実施形態では、スイッチング素子Ｓ￥＃に過電流が流れることで、ミラー期間が無くなる状況を例示したがこれに限らない。例えば、過電流の大きさによっては、ミラー期間が無くならないまでも、ミラー期間が短くなることが考えられる。この場合であっても、過電流が流れるときには、過電流検出期間内にゲート電圧Ｖｇｅがゲート判定電圧Ｖｊｄｅを上回り、かつ、センス電圧Ｖｓｅがセンス判定電圧Ｖｄｅｃを上回ることから、過電流が流れていることを検出できる。
【００９９】
温度検出値を取得する形態として、スイッチング素子の温度そのものを取得する形態を例示したが、これに限られない。例えば、スイッチング素子の温度を電熱変換素子等により電圧に変換し、その電圧を取得してもよい。電圧は、スイッチング素子の温度の相関値の一例である。
【０１００】
一対の主端子間に流れる端子間電流を取得する形態として、センス電圧Ｖｓｅを取得する形態を例示したが、これに限られない。例えば、電流センサ等によりセンス端子からエミッタまでの電気経路を流れる電流を検出して取得してもよい。また、例えば、コレクタ及びエミッタ間電圧を検出する電圧センサ等を駆動回路に備え、電圧センサの検出値に基づきコレクタ電流を取得するものであってもよい。
【０１０１】
上記第１、第２の実施形態において、温度検出値が第１温度よりも高い第２温度である場合に、判定電圧を、第１温度における第１判定電圧よりも低い第２判定電圧に設定する形態として、判定電圧を、スイッチング素子の温度が高くなるほど、連続的に低く設定する形態を例示したが、これに限られない。例えば、判定電圧を、スイッチング素子の温度が高くなるほど、段階的に低く設定してもよい。なお、段階的に低く設定する場合の段階数は、２つであってもよければ、３つ以上であってもよい。
【０１０２】
上記第３、第４の実施形態において、並列接続された複数のスイッチング素子の数として、２つを例示したが、３つ以上であってもよい。第３実施形態では、例えば３つのスイッチング素子が並列接続されている場合、３つのスイッチング素子それぞれについて温度を取得し、これら３つの温度のうち最も低い温度を選択し、相関データにおいて、この選択した温度に対応する判定電圧を、３つのスイッチング素子の判定電圧として共通に設定する。
【０１０３】
なお、第３実施形態に係る駆動回路は、必ずしも第１、第２実施形態に係る過電流判定処理を実行しなくてもよい。第３実施形態に係る駆動回路は、第３実施形態に係る複数のスイッチング素子を対象とした過電流判定処理を実行することだけで、十分な効果が得られる。そのため、第３実施形態に係る駆動回路は、第１、第２実施形態に係る単独のスイッチング素子を対象とした過電流判定処理を実行する構成を備えていてもよければ、備えていなくてもよい。
【０１０４】
過電流が流れている旨判定された場合に、過電流が流れない場合にスイッチング素子をオフ状態に切り替えるときにおける開閉制御端子の電荷の放電速度よりも低い放電速度で電荷を放電させる形態として、ゲート電荷の放電経路の抵抗値を増大させる形態を例示したが、これに限らない。例えば、以下（Ａ）、（Ｂ）に説明するものであってもよい。
【０１０５】
（Ａ）先の図２において、ソフト遮断用抵抗体３８、第４の端子Ｔ４及びソフト遮断用スイッチング素子４０を除去する。そして、第３の端子Ｔ３及び放電用スイッチング素子３０の接続点にスイッチング素子（例えばＭＯＳＦＥＴ）を介して、電源（定電流電源）を接続する。そして、上記スイッチング素子をオン操作して電源から上記接続点に電荷を

供給することで、ソフト遮断処理時におけるゲート電荷の放電速度を、過電流が流れない通常時の放電速度よりも低くする形態でもよい。

【０１０６】

（Ｂ）先の図２において、ソフト遮断用抵抗体３８、第４の端子Ｔ４及びソフト遮断用スイッチング素子４０を除去する。そして、放電用スイッチング素子３０のソースを、スイッチング素子Ｓ￥＃のエミッタ又はエミッタよりも高電位となる部位（例えば、エミッタ電位よりも高い電位を出力電位とする電源）のうちいずれかと、を選択的に接続可能な通電操作式のスイッチング素子（例えばＭＯＳＦＥＴ）によって接続する。そして、上記スイッチング素子の通電操作により、ソフト遮断処理時において、放電用スイッチング素子３０のソース及び上記高電位となる部位を接続する形態でもよい。

【０１０７】

スイッチング素子の開閉制御端子に電荷を供給する形態としては、定電流制御によって電荷を供給する形態を例示したが、これ限らない。例えば、先の図２において、定電流電源２４を除去してかつ定電圧電源２２を第１の端子Ｔ１に接続し、定電圧制御によって電荷を供給してもよい。

【０１０８】

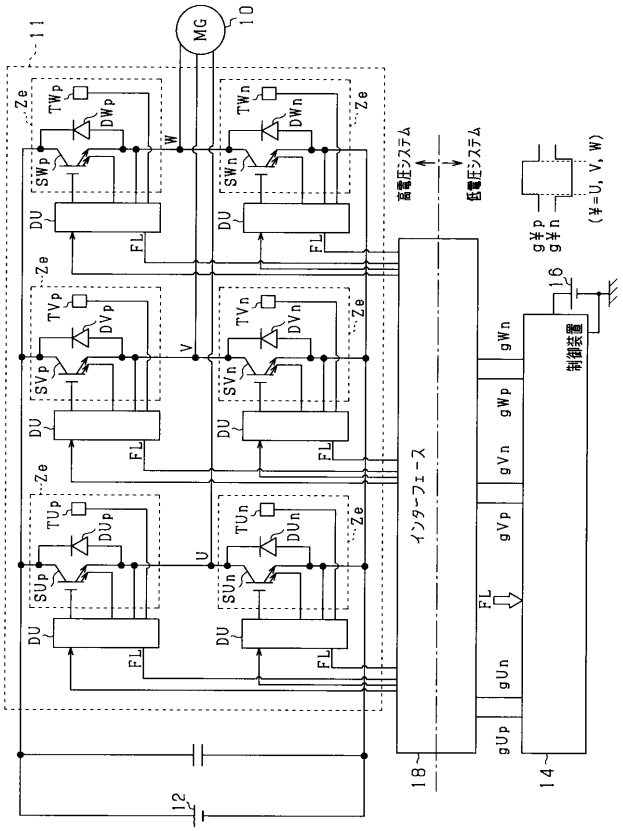
スイッチング素子としては、ＩＧＢＴに限らず、例えばＭＯＳＦＥＴであってもよい。また、スイッチング回路としては、３相インバータに限られず、例えばフルブリッジ回路等の他の回路であってもよい。

【符号の説明】

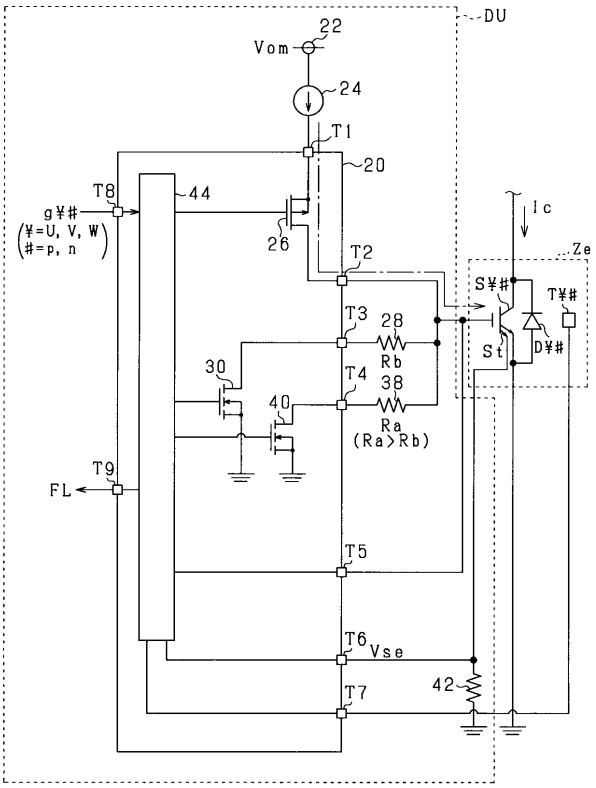
【０１０９】

１１…インバータ、４４…駆動制御部、ＤＵ…駆動回路、Ｆ…相関データ、Ｓ￥＃…スイッチング素子、Ｔ￥＃…感温センサ、Ｔｍｐ…温度、Ｖｂｏｒ…境界電圧、Ｖｄｅｃ…センス判定電圧、Ｖｇｅ…ゲート電圧、Ｖｊｄｅ…ゲート判定電圧、Ｖｍｉｌ…ミラー電圧、Ｖｓｅ…センス電圧。

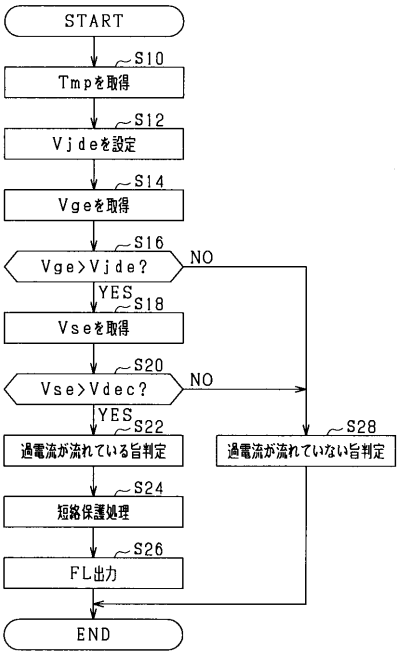
【図１】



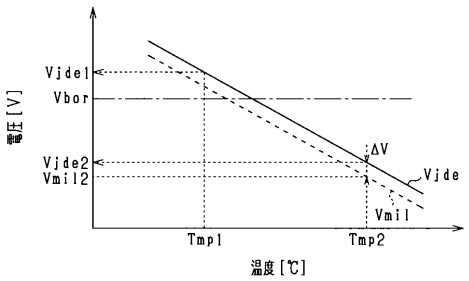
【図２】



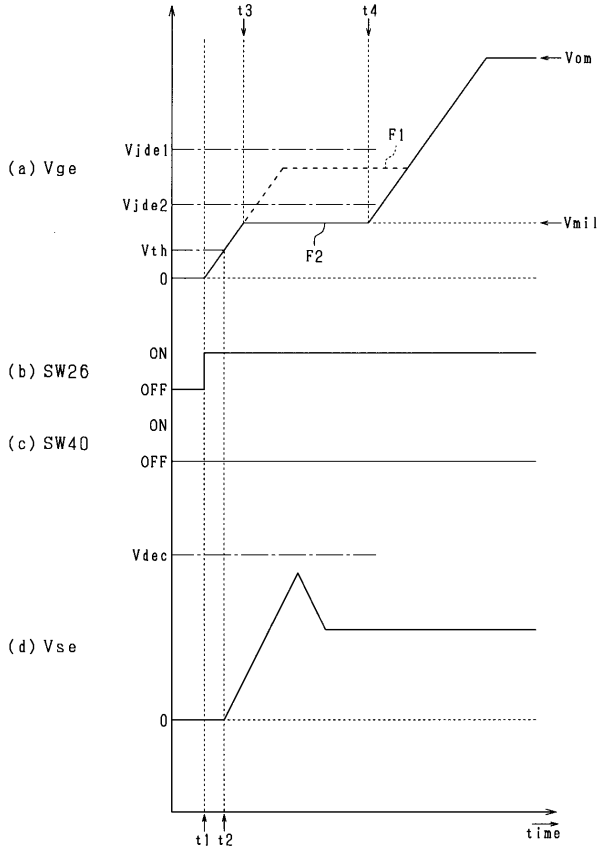
【図３】


START
S10
Tmpを取得
S12
Vjdeを設定
S14
Vgeを取得
S16
Vge>Vjde?
NO
YES
S18
Vseを取得
S20
Vse>Vdec?
NO
YES
S22
過電流が流れている旨判定
S28
過電流が流れていない旨判定
S24
短絡保護処理
S26
FL出力
END

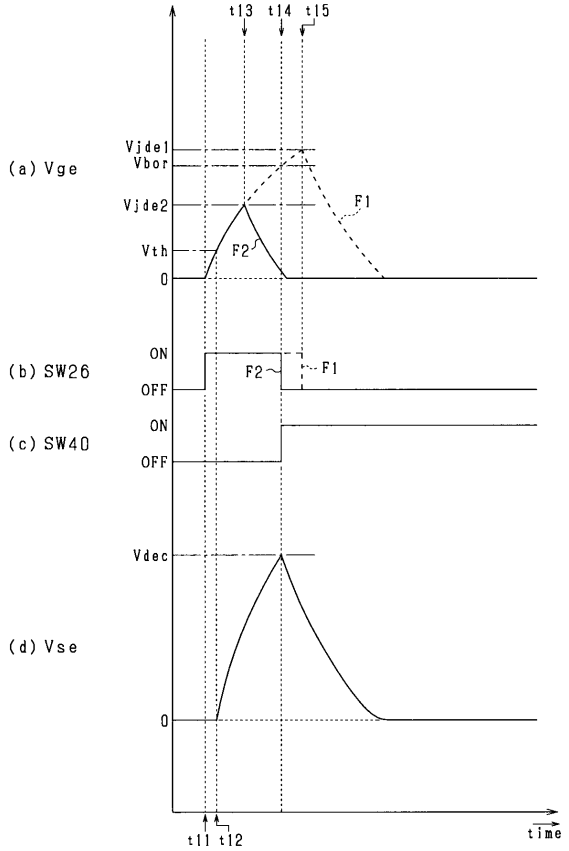
【図４】


Vjde1
Vbor
Vjde2
Vmil2
ΔV
Vjde
Vmil
Tmp1
Tmp2
電圧[V]
温度[℃]

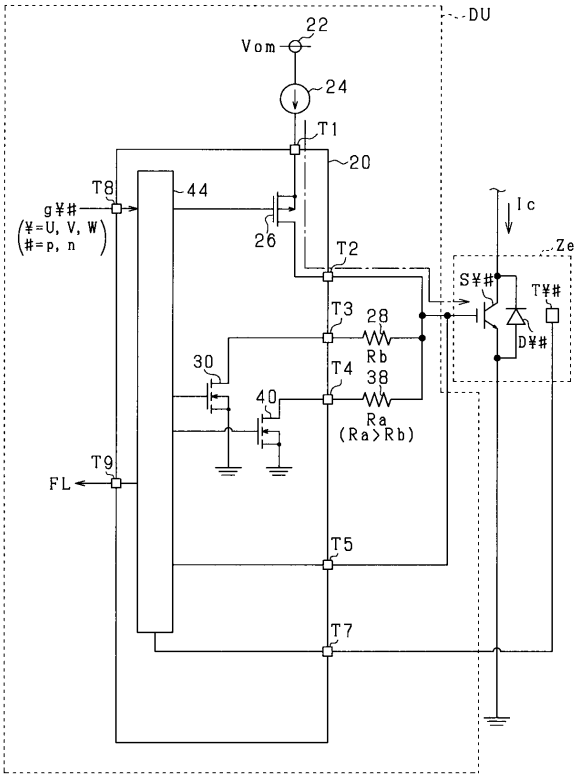
【図５】


t3
t4
Vom
(a) Vge
Vjde1
F1
Vjde2
Vmil
Vth
F2
0
(b) SW26
ON
OFF
(c) SW40
ON
OFF
Vdec
(d) Vse
0
t1 t2
time

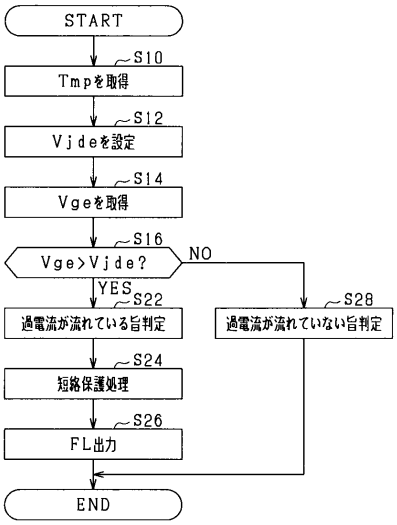
【図６】


t13 t14 t15
(a) Vge
Vjde1
Vbor
Vjde2
F1
Vth
F2
0
(b) SW26
ON
OFF
F2
F1
(c) SW40
ON
OFF
Vdec
(d) Vse
0
t11 t12
time

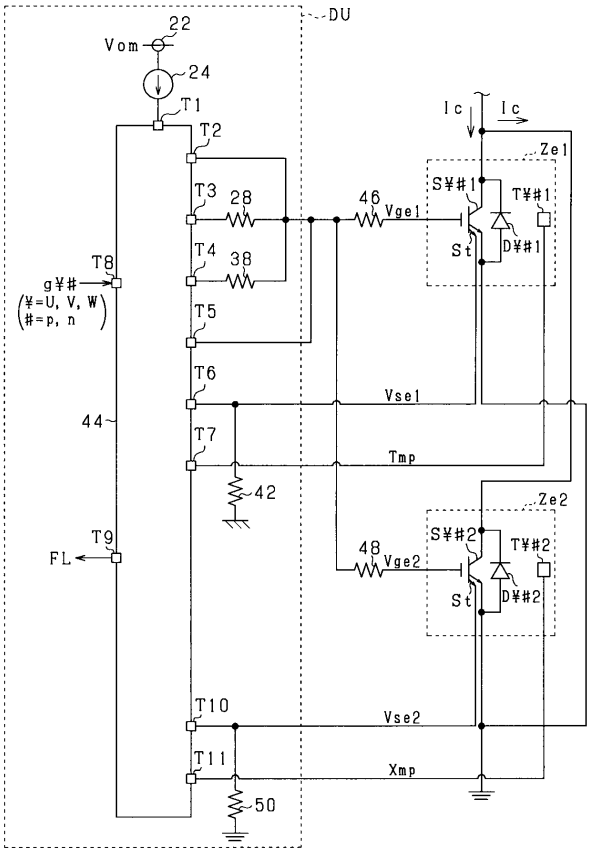
【図７】


DU
22
Vom
24
T1
20
T8
g¥#
(¥=U, V, W
#=p, n)
44
26
T2
Ic
Ze
S¥#
T¥#
D¥#
T3
28
Rb
30
T4
38
Ra
(Ra>Rb)
40
T9
FL
T5
T7

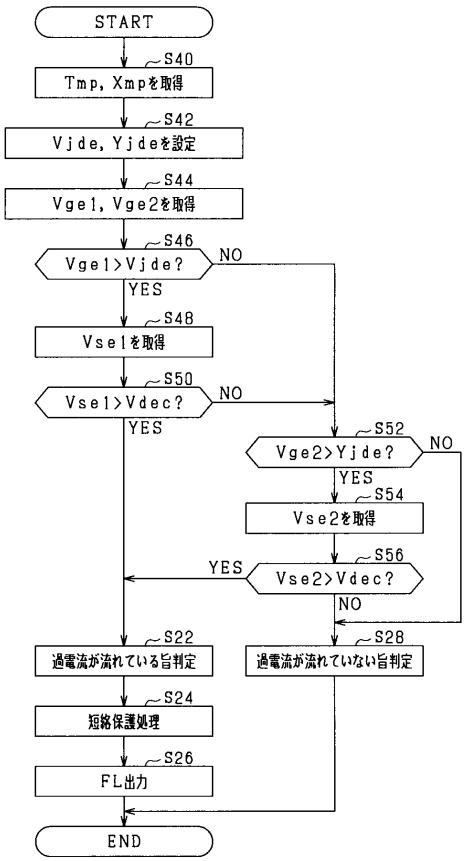
【図８】


START
S10
Tmpを取得
S12
Vjdeを設定
S14
Vgeを取得
S16
Vge>Vjde?
NO
YES
S22
過電流が流れている旨判定
S28
過電流が流れていない旨判定
S24
短絡保護処理
S26
FL出力
END

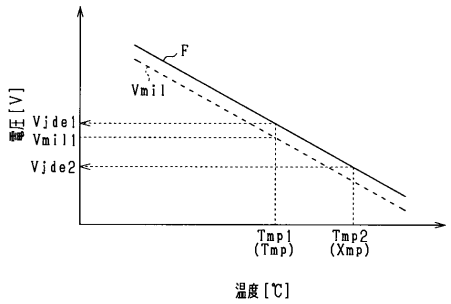
【図９】


DU
22
Vom
24
T1
T2
Ic
Ic
Ze1
T3
28
46
Vge1
S¥#1
T¥#1
D¥#1
St
T4
38
T8
g¥#
(¥=U, V, W
#=p, n)
T5
T6
Vse1
44
T7
Tmp
42
Ze2
T9
FL
48
Vge2
S¥#2
T¥#2
D¥#2
St
T10
Vse2
T11
Xmp
50

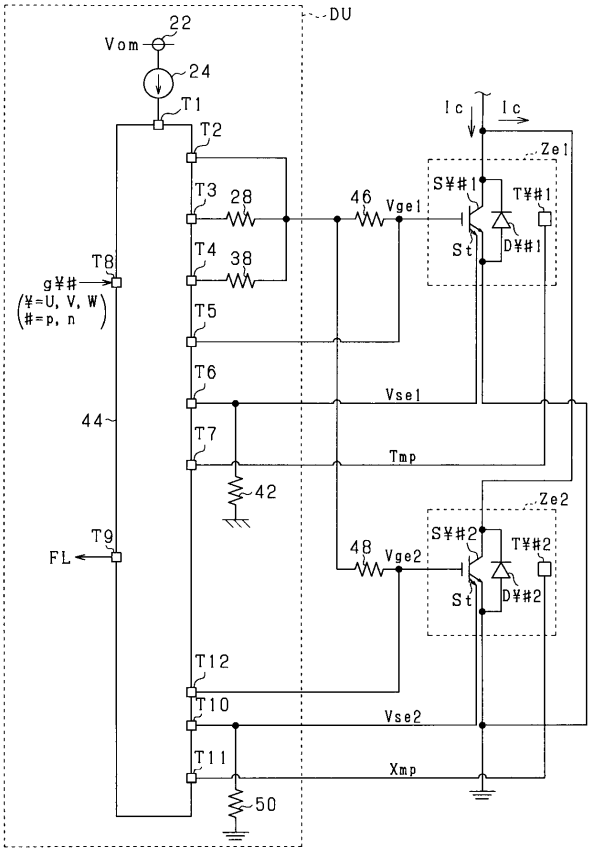
【図１０】


START
S40
Tmp, Xmpを取得
S42
Vjde, Yjdeを設定
S44
Vge1, Vge2を取得
S46
Vge1>Vjde?
NO
YES
S48
Vse1を取得
S50
Vse1>Vdec?
NO
YES
S52
Vge2>Yjde?
NO
YES
S54
Vse2を取得
S56
Vse2>Vdec?
YES
NO
S22
過電流が流れている旨判定
S28
過電流が流れていない旨判定
S24
短絡保護処理
S26
FL出力
END

【図１１】


F
Vmil
電圧[V]
Vjde1
Vmil1
Vjde2
Tmp1
(Tmp)
Tmp2
(Xmp)
温度[℃]

【図１２】


DU
22
Vom
24
T1
T2
T3
28
46
Vge1
Ic
Ic
Ze1
S¥#1
T¥#1
St
D¥#1
T4
38
T8
g¥#
(¥=U, V, W
#=p, n)
T5
T6
Vse1
44
T7
Tmp
42
Ze2
T9
FL
48
Vge2
S¥#2
T¥#2
St
D¥#2
T12
T10
Vse2
T11
Xmp
50

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
Ｈ０３Ｋ 17/567 (2006.01)	Ｈ０３Ｋ 17/567	

(72)発明者 近藤 洋平
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内

Ｆターム(参考) 5H740 AA08 BA11 BB05 BB09 BC01 BC02 JA01 JB01 KK04 MM12
5H770 BA02 CA06 DA03 DA41 GA04 GA06 HA02X HA06X JA02X LA02X
LB09
5J055 AX34 AX36 AX40 BX16 CX20 DX09 DX56 EX07 EY01 EY05
EY12 EY21 EZ03 EZ63 FX05 FX06 FX12 FX13 FX19 GX01
GX03 GX05 GX06