

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3695023号

(P3695023)

(45) 発行日 平成17年9月14日(2005.9.14)

(24) 登録日 平成17年7月8日(2005.7.8)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B60L	3/00	B60L	3/00	J
H02H	7/085	H02H	7/085	E
H02H	7/122	H02H	7/122	Z
H02M	7/48	H02M	7/48	M
H02P	5/00	H02P	5/00	U

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-316615
 (22) 出願日 平成8年11月27日(1996.11.27)
 (65) 公開番号 特開平10-164703
 (43) 公開日 平成10年6月19日(1998.6.19)
 審査請求日 平成15年5月29日(2003.5.29)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100084412
 弁理士 永井 冬紀
 (72) 発明者 武田 靖
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

審査官 本庄 亮太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気自動車の過負荷防止装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のスイッチング素子によりバッテリーの直流電力を交流電力に変換してモーターを駆動するモーター駆動回路を備えた電気自動車の過負荷防止装置において、

前記各スイッチング素子のケース温度を検出するケース温度検出手段と、

前記各スイッチング素子のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるように前記モーター駆動回路の出力を調節する制御回路とを備えることを特徴とする電気自動車の過負荷防止装置。

【請求項2】

請求項1に記載の電気自動車の過負荷防止装置において、

前記しきい値には、最大ケース温度が検出されたスイッチング素子の接合部温度が許容接合部温度となる値を設定することを特徴とする電気自動車の過負荷防止装置。

【請求項3】

請求項1に記載の電気自動車の過負荷防止装置において、

前記モーターの回転速度を検出する回転速度検出手段を備え、

前記制御回路は、前記回転速度検出値が所定値以下の場合に、前記各スイッチング素子のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるように前記モーター駆動回路の出力を調節することを特徴とする電気自動車の過負荷防止装置。

【請求項4】

請求項1～3のいずれかの項に記載の電気自動車の過負荷防止装置において、

10

20

前記モーター駆動回路のスイッチング素子はU V W各相ごとにモジュール化されており、前記ケース温度検出手段はU V W各相モジュールのケース温度を検出することを特徴とする電気自動車の過負荷防止装置。_____

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電気自動車の過負荷防止装置に関し、特にモーター停止時または超低回転時におけるモーター駆動回路の過負荷を防止するものである。

【0002】

【従来の技術】

モーター駆動回路から交流電力を走行用モーターに供給して駆動する電気自動車では、図8に示すように通常回転時はモーター駆動回路の各スイッチング素子に交流電流 i_1 が流れる。しかし、モーター停止時または超低回転時には特定の素子に直流電流 i_2 が流れ、その素子の熱損失が急激に増加する。

【0003】

図9はモーターの通常回転状態と停止状態におけるスイッチング素子のケース温度と接合部温度(以下、単に接合温度と呼ぶ)を示す。

モーターが通常回転状態にある場合は、各スイッチング素子にほぼ同一の電流が流れ、複数のスイッチング素子で熱損失が均等に分担されるので、素子ケース温度 T_c および接合温度 T_j は実線で示すように低い値を示す。またこの時、素子間のケース温度差も小さい。ところが、モーターがロックされて停止状態または超低回転状態にある場合には、特定の素子に直流電流が流れるので、その素子のケース温度 T_c' と接合温度 T_j' は急激に上昇し、素子間のケース温度差も急激に増加する。

【0004】

モーター停止時または超低回転時に駆動回路のスイッチング素子の接合温度が許容値を超えないようにするために、スイッチング素子のケース温度を検出し、ケース温度がしきい値を超えたらモーター駆動回路の出力を低減する電気自動車の過負荷防止装置が知られている。

【0005】

また、モーター停止時または超低回転時の駆動回路の過負荷を防止するために、モーターのロック状態を検出し、ロック状態が検出されると出力電流を制限する電気自動車の過負荷防止装置が知られている(例えば、特開平8-191503号公報参照)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した前者の過負荷防止装置では、図9に示すように通常回転時で且つ最大出力連続運転時の素子ケース温度よりも高いしきい値 T_1 を設定すると、停止時または超低回転時に特定の素子に直流電流が流れた場合、素子ケース温度 T_c' がしきい値 T_1 を超える時刻 t_1 において接合温度 T_j' が許容値 T_2 を超えてしまう。このような素子の接合温度とケース温度の熱時定数の違いによる過負荷を防止するためには、ケース温度のしきい値を低く設定しなければならない。

ところが、停止時および超低回転時の過負荷防止のために低いしきい値 T_1' を設定すると、通常回転時で且つ最大出力連続運転時にケース温度 T_c がしきい T_1' を超えてしまうので、通常運転時の最大出力も低減しなければならない。

【0007】

一方、上述した後者の過負荷防止装置では、実際のスイッチング素子の負荷量を考慮していないので、過保護になって十分な出力が出せなかったり、逆に保護できないことがある。

【0008】

本発明の目的は、モーターロック時でも最大出力を維持しながらモーター駆動回路の過負荷を確実に防止する電気自動車の過負荷防止装置を提供することにある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

発明の第 1 の実施の形態の構成を示す図 1 に対応づけて請求項 1 ~ 4 の発明を説明すると、

(1) 請求項 1 の発明は、複数のスイッチング素子 T 1 ~ T 6 によりバッテリー 1 の直流電力を交流電力に変換してモーター 1 1 を駆動するモーター駆動回路 4 を備えた電気自動車の過負荷防止装置に適用される。

そして、各スイッチング素子 T 1 ~ T 6 のケース温度を検出するケース温度検出手段 8 ~ 1 0 と、各スイッチング素子 T 1 ~ T 6 のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回路 4 の出力を調節する制御回路 1 3 とを備える。

10

スイッチング素子 T 1 ~ T 6 のケース温度検出値の内の最大値と最小値との差がしきい値以下になるようにモーター駆動回路 4 の出力を調節する。

(2) 請求項 2 の電気自動車の過負荷防止装置は、しきい値に、最大ケース温度が検出されたスイッチング素子の接合部温度が許容接合部温度となる値を設定するようにしたものである。

(3) 請求項 3 の電気自動車の過負荷防止装置は、モーター 1 1 の回転速度を検出する回転速度検出手段 1 2 を備え、制御回路 1 3 によって、回転速度検出値が所定値以下の場合に、各スイッチング素子 T 1 ~ T 6 のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回路 4 の出力を調節するようにしたものである。

20

(4) 請求項 4 の電気自動車の過負荷防止装置は、モーター駆動回路 4 のスイッチング素子 T 1 ~ T 6 を U V W 各相ごとにモジュール化し、ケース温度検出手段 8 ~ 1 0 によって U V W 各相モジュール 5 ~ 7 のケース温度を検出するようにしたものである。

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するための手段の項では説明を解りやすくするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が発明の実施の形態に限定されるものではない。

【 0 0 1 1 】

【 発明の効果 】

(1) 請求項 1 の発明によれば、スイッチング素子のケース温度検出値の内の最大値と最小値との差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回路の出力を調節するようにした。上述したように、各スイッチング素子のケース温度差は、モーターの通常回転速度時には小さいが、モーターロック時には急激に増加する。前記しきい値をモーターロック時の温度差に設定することにより、モーターロック時におけるモーター駆動回路の過負荷防止をより確実にこなうことができ、信頼性を向上させることができる。

30

(2) 請求項 2 の発明によれば、最大ケース温度が検出されたスイッチング素子の接合部温度が許容接合部温度となる値をしきい値に設定し、スイッチング素子のケース温度検出値の内の最大値と最小値との差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回路の出力を調節するようにしたので、モーターロック時でもモーター駆動回路の最大出力を維持しながらモーター駆動回路の過負荷を確実に防止することができる。

40

(3) 請求項 3 の発明によれば、モーターの回転速度を検出し、回転速度検出値が所定値以下の場合に、各スイッチング素子のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回路の出力を調節するようにした。上述したように、各スイッチング素子のケース温度差は、モーターの通常回転速度時には小さいが、モーターロック時には急激に増加する。前記しきい値を通常回転速度時とは無関係に低回転速度時のために設定することにより、モーターロック時におけるモーター駆動回路の過負荷防止をより確実にこなうことができ、信頼性を向上させることができる。

(4) 請求項 4 の発明によれば、モーター駆動回路のスイッチング素子を U V W 各相ごとにモジュール化して U V W 各相モジュールのケース温度を検出し、モジュールケース温度検出値の内の最大値と最小値との差が所定のしきい値以下になるようにモーター駆動回

50

路の出力を調節するようにしたので、上記請求項 2 の効果に加え、少なくとも U V W 相に 1 個ずつケース温度検出手段を設ければよく、装置のコストを低減することができる。_____

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

- 発明の第 1 の実施の形態 -

図 1 は第 1 の実施の形態の構成を示す。

バッテリー 1 はインバーターリレー 2 および D C リンクコンデンサ 3 を介してインバーター主回路 4 に直流電力を供給し、インバーター主回路 4 は直流電力を交流電力に変換して走行用モーター 1 1 に印加する。インバーター主回路 4 はスイッチング素子である I G B T T 1 ~ T 6 とダイオード D 1 ~ D 6 から構成され、U 相の I G B T T 1、T 2 とダイオード D 1、D 2 はパワーモジュール 5 に収納され、V 相の I G B T T 3、D 4 とダイオード D 3、D 4 はパワーモジュール 6 に収納され、W 相の I G B T T 5、T 6 とダイオード D 5、D 6 はパワーモジュール 7 に収納されている。

10

【 0 0 1 3 】

サーミスタ 8 ~ 1 0 は、U V W 各相のパワーモジュール 5 ~ 7 のケース温度 T_c [] を検出する。なお、通常の運転中において、U V W 各相の 2 個の I G B T T 1 と T 2、T 3 と T 4、T 5 と T 6 がそれぞれ同時に導通することはないので、サーミスタ 8 ~ 1 0 で検出される温度はそれぞれ、U 相の I G B T T 1 と T 2、V 相の I G B T T 3 と T 4、W 相の I G B T T 5 と T 6 のケース温度と考えることができる。

【 0 0 1 4 】

20

モーター 1 1 には、回転速度 N_m [r / m] を検出するための速度センサー 1 2 が設けられる。モーターコントローラー 1 3 はマイクロコンピュータとその周辺部品から構成され、トルク指令信号にしたがってインバーター主回路 4 の I G B T T 1 ~ T 6 を制御するとともに、インバーターリレー 2 を制御する。モーターコントローラー 1 3 にはサーミスタ 8 ~ 1 0、速度センサー 1 2 が接続される。

【 0 0 1 5 】

この第 1 の実施の形態では、インバーター主回路 4 の運転中に、インバーター主回路 4 の U V W 各相のパワーモジュール 5 ~ 7 のケース温度 T_c を監視し、検出されたケース温度 T_c の各相間の最大差がしきい値 T_0 を超えたらモーター 1 1 がロックされていると判断し、インバーター主回路 4 の出力を低減する。

30

例えば図 2 に示すように、検出された U V W 各相のケース温度の内の、最大のケース温度 $T_c 1$ と最小のケース温度 $T_c 2$ との差がしきい値 T_0 以下になるようにインバーター主回路 4 の出力を調節する。なお、図 2 において $T_j 1$ は最大のケース温度 $T_c 1$ を示す I G B T の接合温度であり、 $T_j 2$ は最小のケース温度 $T_c 2$ を示す I G B T の接合温度である。

【 0 0 1 6 】

しきい値 T_0 には、最大ケース温度を示す I G B T の接合温度 T_j が許容値に達する値を演算または実験的に求めて設定する。上述したように、U V W 各相のパワーモジュール 5 ~ 7 のケース温度 T_c は、インバーター主回路 4 の U V W 各相の I G B T のケース温度と考えることができるので、各相の I G B T の最大ケース温度差がしきい値 T_0 以下になるようにインバーター出力を調節することにより、I G B T の接合温度が許容接合温度となる最大のインバーター出力に調節されることになり、モーターロック時でも最大出力を維持しながら I G B T の過負荷を防止することができる。なお、インバーター出力の調節は、例えば I G B T をオン、オフするデューティ比を変更して平均出力電流を調節する。

40

【 0 0 1 7 】

図 3 は、モーターコントローラー 1 3 のケース温度監視処理を示すフローチャートである。このフローチャートにより、第 1 の実施の形態の動作を説明する。モーターコントローラー 1 3 は所定の時間間隔でこのケース温度監視処理を実行する。ステップ 1 において、サーミスタ 8 ~ 1 0 によりパワーモジュール 5 ~ 7 のケース温度、すなわち U V W 各相の I G B T T 1 ~ T 6 のケース温度 T_c を検出する。続くステップ 2 で、検出された各相

50

のケース温度の内の最大ケース温度と最小ケースの差がしきい値 T_0 を超えているか否かを判定し、最大ケース温度差がしきい値 T_0 を超えていればステップ 3 へ進み、IGBT の駆動デューティ比を下げインバーター主回路 4 の出力を低減する。

モーターコントローラ 13 は所定時間間隔で上記処理を実行し、最大と最小のケース温度差がしきい値 T_0 以下になるようにインバーター出力を調節する。

【0018】

このように、各相の IGBT のケース温度を検出し、ケース温度の最大値と最小値の差がしきい値以下になるようにインバーター主回路の出力を調節するようにしたので、モーターロック時でも IGBT の許容接合温度いっぱいまでインバーター主回路の最大出力を維持しながら、インバーター主回路の IGBT の過負荷を確実に防止することができる。また、連続最大出力運転直後のモーターロックに際しても、インバーター主回路の過負荷を確実に防止することができる。

10

【0019】

なお、上述した第 1 の実施の形態ではモーター回転速度に無関係に IGBT のケース温度差のみによりインバーター出力を調節するようにしたが、モーターの回転速度を検出し、回転速度検出値が所定値以下の場合に、各 IGBT のケース温度検出値の内の最大値と最小値の差が所定のしきい値以下になるようにインバーター主回路の出力を調節するようにしてもよい。

上述したように、各 IGBT のケース温度差は、モーターの通常回転速度時には小さいが、モーターロック時には急激に増加する。前記しきい値を通常回転速度時とは無関係に低回転速度時のために設定することにより、モーターロック時におけるインバーター主回路の過負荷防止をより確実に行なうことができ、信頼性を向上させることができる。なお、通常回転速度時のインバーター主回路の過負荷防止は、前記しきい値を別個に設定して行なうか、あるいは全く別の方法により行なえばよい。

20

【0020】

- 参考例 -

IGBT のケース温度 T_c またはインバーター主回路 4 の冷却水温度 T_w に基づいて IGBT の接合温度 T_j を推定し、接合温度推定値 T_j に基づいてインバーター出力を調節する参考例を説明する。

図 4 は参考例の構成を示す。なお、図 1 に示す第 1 の実施の形態の構成と同様な機器に対しては同一の符号を付して相違点を中心に説明する。

30

この参考例では、インバーター主回路 4 の IGBT $T_1 \sim T_6$ は不図示の水冷式冷却装置により冷却される。水温センサー 14 はこの水冷式冷却装置の冷却水温度を検出し、検出した冷却水温度をモーターコントローラ 13 A へ出力する。

【0021】

図 5 は、冷却装置の冷却水温度 T_w から IGBT の接合温度 T_j までの熱等価回路を示す。

図において、 R_1 は IGBT の接合部からパワーモジュールケースまでの熱抵抗 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$] を表わし、 R_2 はパワーモジュールケースから冷却水までの熱抵抗 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$] を示す。 P は IGBT のコレクター損失 [W] であり、インバーター出力に基づいて求められる。なお、この実施の形態ではパワーモジュールケースと水冷式冷却装置との接触熱抵抗は R_2 に含まれるものとする。また、パワーモジュールケースから外気への放熱量は水冷式冷却装置からの放熱量に比べて十分に小さいので無視する。IGBT の接合温度 T_j は次式により求められる。

40

【数 1】

$$T_j = P \cdot R_1 + T_c$$

または、

【数 2】

$$T_j = P \cdot (R_1 + R_2) + T_w$$

【0022】

50

図6は、モーターコントローラー13Aの接合温度監視処理を示すフローチャートである。このフローチャートにより、参考例の動作を説明する。

モーターコントローラー13Aは所定の時間間隔でこの接合温度監視処理を実行する。ステップ11において、サーミスタ8~10によりUVW各相のIGBT T1~T6のケース温度 T_c 、または水温センサー14により冷却水温度を検出する。ステップ13では、IGBTのケース温度の内の最大ケース温度に基づいて上記数式1によりIGBTの接合温度 T_j を推定する。あるいはまた、冷却装置の冷却水温度検出値に基づいて上記数式2によりIGBTの接合温度 T_j を推定する。ステップ13で接合温度推定値 T_j が許容接合温度 T_{j0} を超えているか否かを判定し、推定値 T_j が許容値 T_{j0} を超えていればステップ14へ進み、IGBTの駆動デューティ比を下げてインバーター主回路の出力を低減する。

10

モーターコントローラー13Aは所定時間間隔で上記処理を実行し、接合温度推定値 T_j が許容値 T_{j0} 以下になるようにインバーター出力を調節する。

【0023】

このように、各相のIGBTのケース温度 T_c を検出し、最大ケース温度に基づいてIGBTの接合温度 T_j を推定し、推定値 T_j が許容値 T_{j0} 以下になるようにインバーター主回路の出力を調節する。あるいは、IGBTの冷却装置の冷却水温度を検出し、冷却水温度に基づいてIGBTの接合温度 T_j を推定し、推定値 T_j が許容値 T_{j0} 以下になるようにインバーター主回路の出力を調節する。これにより、モーターロック時でもIGBTの許容接合温度いっぱいまでインバーター主回路の最大出力を維持しながら、インバーター主回路のIGBTの過負荷を確実に防止することができる。

20

【0024】

IGBTのケース温度によるインバーター出力の調節方法は、UVW各相にセンサーを設けなければならないのでコストアップになるが、IGBTの接合部からパワーモジュールケースまでの熱伝達経路が短いので接合温度推定値の精度が高い上に、最大のケース温度に基づいて接合温度を推定するので安全性が高くなり、IGBTの過負荷保護に対する精度と信頼性が高い。

一方、IGBT冷却装置の冷却水温度によるインバーター出力の調節方法は、1個の冷却水温度検出センサーを設ければよいので保護装置のコストダウンを図ることができる。

【0025】

なお、IGBTのケース温度に基づく接合温度推定値と、冷却水温度に基づく接合温度推定値の内の高い方が許容接合温度を超えたらインバーター出力を低減するようにしてもよい。これにより、過負荷防止装置の信頼性を向上させることができる。

30

【0026】

以上の一実施形態の構成において、IGBT T1~T6がスイッチング素子を、インバーター主回路4、4Aがモーター駆動回路を、サーミスタ8~10、8A、8B、9A、9B、10A、10Bがケース温度検出手段を、モーターコントローラー13、13A、13Bが制御回路および接合部温度推定回路を、水温センサー14が冷却水温度検出手段を、速度センサー12が回転速度検出手段をそれぞれ構成する。

【0027】

なお、上記各実施の形態ではインバーター主回路のスイッチング素子にIGBTを用いた例を示したが、スイッチング素子はIGBTに限定されず、各種トランジスター、FET、サイリスターなどを用いることができる。

40

【0028】

また、上記各実施の形態ではインバーター主回路のUVW各相のパワーモジュールのケース温度を検出する例を示したが、図7に示すように各IGBT T1~T6が単独にパワーモジュール5A、5B、6A、6B、7A、7Bとして形成されたインバーター主回路4Aを用いる場合には、各パワーモジュールごとにサーミスタ8A、8B、9A、9B、10A、10Bを設け、ケース温度 T_c を検出する。

【図面の簡単な説明】

50

- 【図1】 第1の実施の形態の構成を示す図である。
- 【図2】 IGBTのケース温度と接合温度の変化を示す図である。
- 【図3】 第1の実施の形態のケース温度監視処理を示すフローチャートである。
- 【図4】 参考例の構成を示す図である。
- 【図5】 冷却装置の冷却水温度 T_w からIGBTの接合温度 T_j までの熱等価回路図である。
- 【図6】 参考例の接合温度監視処理を示すフローチャートである。
- 【図7】 実施の形態の変形例の構成を示す図である。
- 【図8】 モーターの通常回転時と停止時または超低回転時のモーター駆動回路のスイッチング素子に流れる電流を示す図である。
- 【図9】 モーターの通常回転時と停止時または超低回転時のスイッチング素子のケース温度と接合温度を示す図である。

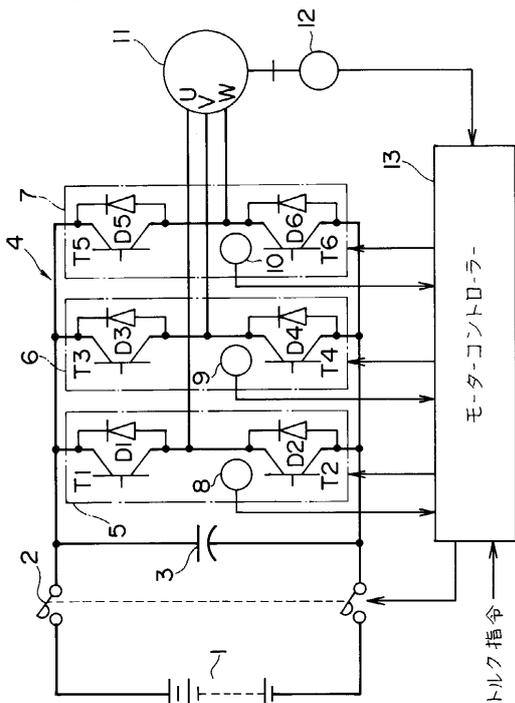
10

【符号の説明】

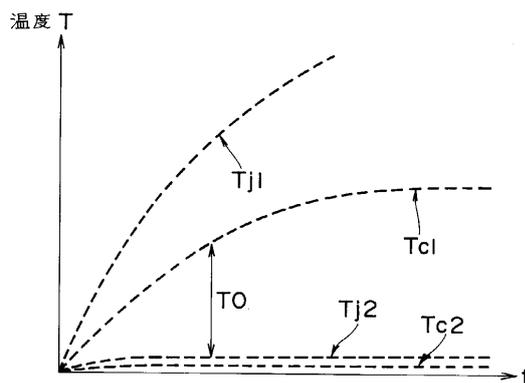
- 1 バッテリー
- 2 インバーターリレー
- 3 DCリンクコンデンサ
- 4、4A インバーター主回路
- 5～7、5A、5B、6A、6B、7A、7B パワーモジュール
- 8～10、8A、8B、9A、9B、10A、10B サーマスタ
- 11 モーター
- 12 速度センサー
- 13、13A、13B モーターコントローラー
- 14 水温センサー

20

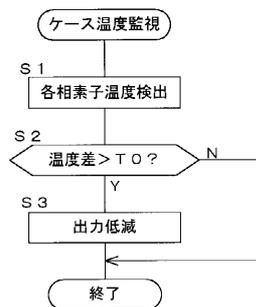
【図1】



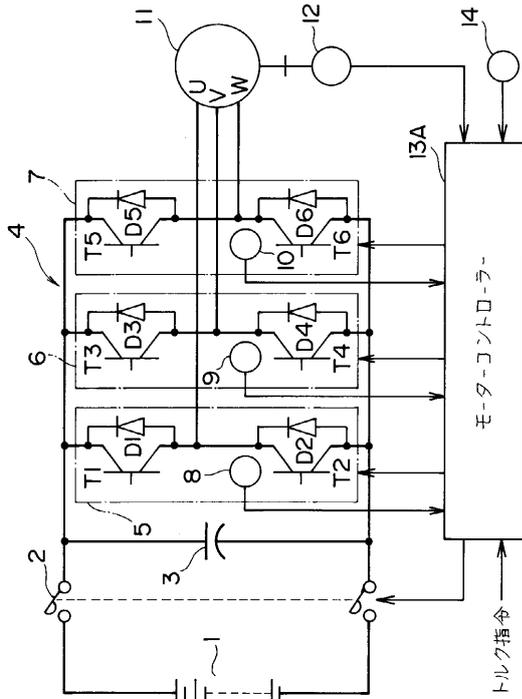
【図2】



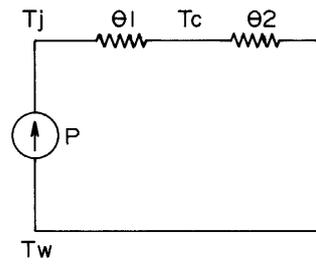
【図3】



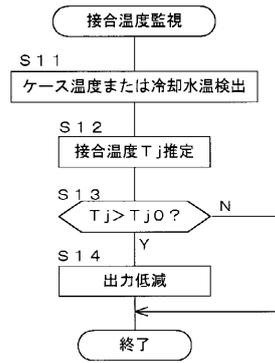
【 図 4 】



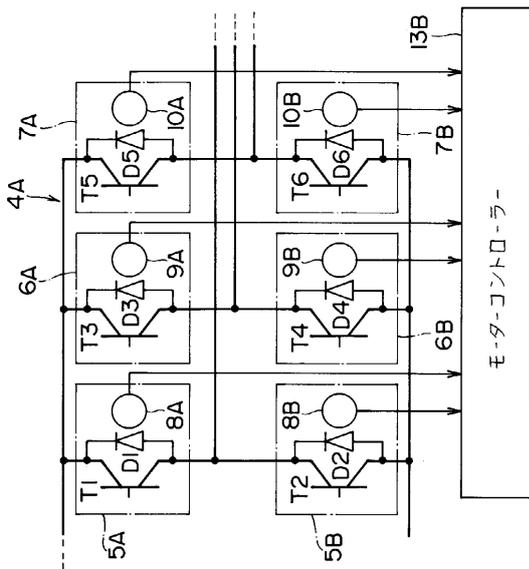
【 図 5 】



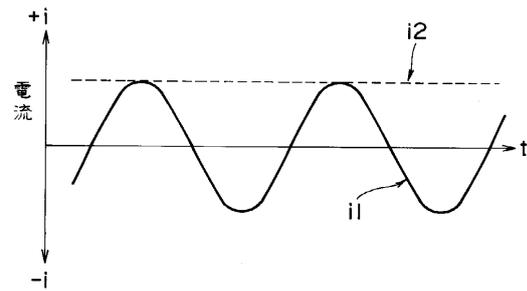
【 図 6 】



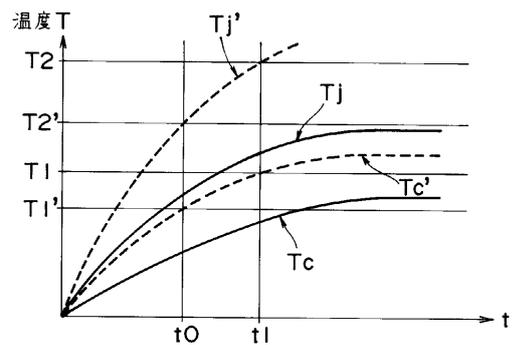
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-194094(JP,A)
特開平07-135731(JP,A)
特開平07-143615(JP,A)
特開平11-215687(JP,A)
特開平09-215388(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B60L 3/00
H02H 7/085
H02H 7/122
H02M 7/48
H02P 5/00