

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6230677号
(P6230677)

(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(51) Int. Cl. F I
HO2M 7/48 (2007.01) HO2M 7/48 M

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-206170 (P2016-206170)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成28年10月20日(2016.10.20)		三菱電機株式会社
審査請求日	平成28年10月20日(2016.10.20)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100161115
			弁理士 飯野 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の制御装置および制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電源と回転電機との間に接続され、前記直流電源の直流電力を交流電力に変換して前記回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置であって、

複数のスイッチング素子により構成された電力変換回路と、

前記回転電機の相電流を検出する相電流検出部と、

前記相電流検出部で検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出部と、

前記相電流比率導出部で導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、前記スイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断部と、

を備えた回転電機の制御装置。

【請求項 2】

前記素子故障判断部は、固定周期で前記スイッチング素子の故障状態を判断する

請求項 1 に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 3】

前記回転電機の回転速度があらかじめ設定された回転速度閾値以上である場合に、前記素子故障判断部による故障判断を許可する故障判断許可部をさらに備えた

請求項 1 または請求項 2 に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 4】

前記相電流検出部で検出された相電流の振幅があらかじめ設定された相電流振幅閾値以

上である場合に、前記素子故障判断部による故障判断を許可する故障判断許可部をさらに備えた

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 5】

前記素子故障判断部は、前記スイッチング素子の故障状態を判断した場合において、前記電力変換回路が単相であれば、すべてのスイッチング素子をオフにした状態で、前記相電流検出部で検出された相電流があらかじめ設定された閾値以上であるときに、前記スイッチング素子の故障状態が短絡故障であると判断する

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 6】

前記素子故障判断部は、前記スイッチング素子の故障状態を判断した場合において、前記電力変換回路が複数相であれば、すべてのスイッチング素子をオフにした状態で、前記相電流検出部で検出された相電流について、ある 1 相の相電流があらかじめ設定された閾値以上流れており、残りの相の相電流がこの相とは逆向きに閾値 ÷ (相数 - 1) 以上流れているときに、前記スイッチング素子の故障状態が短絡故障であると判断する

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 7】

前記スイッチング素子に流れる素子電流を計測し、前記素子電流があらかじめ設定された電流閾値以上となった場合に、前記スイッチング素子に短絡が発生したと判断する素子短絡判断回路をさらに備えた

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 8】

前記素子故障判断部は、前記直流電源の正極側に位置するスイッチング素子が短絡故障した場合に、短絡故障したスイッチング素子と同極の正常なスイッチング素子をオンにし、前記直流電源の負極側に位置するスイッチング素子が短絡故障した場合に、短絡故障したスイッチング素子と同極の正常なスイッチング素子をオンにする

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の回転電機の制御装置。

【請求項 9】

直流電源と回転電機との間に接続され、前記直流電源の直流電力を交流電力に変換して前記回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置で実現される回転電機の制御方法あって

、前記回転電機の相電流を検出する相電流検出ステップと、

前記相電流検出ステップで検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出ステップと、

前記相電流比率導出ステップで導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、電力変換回路を構成するスイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断ステップと、

を有する回転電機の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば車両に適用され、スイッチング素子を含むインバータを介して直流電源から電力が供給される回転電機の制御装置および制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、スイッチング素子および当該スイッチング素子と並列に接続された還流ダイオードを含むスイッチ部が各相のアームの正極側および負極側に設けられた 3 相のインバータを介して直流電源から電力が供給される回転電機の制御装置であって、インバータと回転電機との間を流れる各相電流を検出する 3 つのセンサから構成された相電流検出部と、各相電流の直流成分を導出する直流成分導出部と、直流成分導出部が導出した 3 相電流

10

20

30

40

50

の直流成分のうち、少なくとも2つが閾値を超えた場合に、スイッチング素子に短絡故障が発生したと判断する短絡故障判断部と、を備えた回転電機の制御装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

これは、インバータの各部品に故障が生じていない場合には、各相電流の直流成分、すなわち平均値が0Aになることを利用するものであり、直流成分が閾値以上になったときに、スイッチング素子に短絡故障が発生したと判断する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献1】特許第4968698号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1において、車両の駆動に使用される回転電機は、運転状況に応じて短時間に回転やトルクが変動する。短時間に回転やトルクが変動すると、各相電流の直流成分が0Aからオフセットする。また、相電流検出経路に振幅の大きなノイズが生じると、直流成分がオフセットする。そのため、各相電流の直流成分を利用する場合には、オフセットによりスイッチング素子に短絡故障が発生したと誤判断する恐れがある。

【0006】

20

このとき、インバータのスイッチング素子に素子短絡判断回路を取り付けることで、オフセットによりスイッチング素子に短絡故障が発生したと誤判断するという問題を解決することはできるものの、素子短絡判断回路自身の故障は、判断することができないという問題がある。

【0007】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、スイッチング素子の故障状態を高精度に判断することができる回転電機の制御装置および制御方法を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

この発明に係る回転電機の制御装置は、直流電源と回転電機との間に接続され、直流電源の直流電力を交流電力に変換して回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置であって、複数のスイッチング素子により構成された電力変換回路と、回転電機の相電流を検出する相電流検出部と、相電流検出部で検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出部と、相電流比率導出部で導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、スイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断部と、を備えたものである。

【0009】

また、この発明に係る回転電機の制御方法は、直流電源と回転電機との間に接続され、直流電源の直流電力を交流電力に変換して回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置で実現される回転電機の制御方法であって、回転電機の相電流を検出する相電流検出ステップと、相電流検出ステップで検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出ステップと、相電流比率導出ステップで導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、電力変換回路を構成するスイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断ステップと、を有するものである。

40

【発明の効果】

【0010】

この発明に係る回転電機の制御装置および制御方法によれば、回転電機の相電流を検出し、検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出し、導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、電力変換回路を構成するスイッチ

50

ング素子の故障状態を判断する。

そのため、スイッチング素子の故障状態を高精度に判断することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置を、直流電源および回転電機とともに示す構成図である。

【図2】(a)～(c)は、回転電機に流れる電流を正常時と故障発生時とについて示す説明図である。

【図3】この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置の故障判断処理を示すフローチャートである。

【図4】(a)、(b)は、この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置における相電流振幅閾値の決め方を説明するための参考図である。

【図5】(a)～(c)は、この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置における回転速度閾値の決め方を説明するための参考図である。

【図6】(a)、(b)は、スイッチング素子の故障が開放故障である場合に、回転電機に流れる電流を示す説明図である。

【図7】(a)、(b)は、スイッチング素子の故障が短絡故障である場合に、回転電機に流れる電流を示す説明図である。

【図8】この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置の故障判断処理の効果を示す説明図である。

【図9】この発明の実施の形態2に係る回転電機の制御装置を、直流電源および回転電機とともに示す構成図である。

【図10】この発明の実施の形態2に係る回転電機の制御装置の故障判断処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、この発明に係る回転電機の制御装置および制御方法の好適な実施の形態につき図面を用いて説明するが、各図において同一、または相当する部分については、同一符号を付して説明する。

【0013】

実施の形態1 .

図1は、この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置を、直流電源および回転電機とともに示す構成図である。図1において、この発明の実施の形態1に係る回転電機の制御装置は、インバータ10とインバータ制御部20とから構成されている。

【0014】

インバータ10は、直流電源30の直流電力を交流電力に変換して回転電機40に供給するとともに、回転電機40の交流電力を直流電力に変換して直流電源30に供給する。また、回転電機40には、回転電機40の回転速度を検出する回転速度検出部41が設けられている。

【0015】

この発明の実施の形態1では、回転電機40が3相交流モータである場合を例に挙げて説明する。3相交流モータとしては、例えば永久磁石式3相交流同期モータや3相ブラシレスモータが使用される。また、回転電機40が3相交流モータであることから、インバータ10も3相のインバータを例に挙げて説明する。

【0016】

インバータ10は、電源入力側の直流母線間に接続された各相のスイッチング素子11からなる電力変換回路と、交流母線に流れる回転電機40の各相の電流を検出する相電流検出部12とを有している。また、インバータ10は、インバータ制御部20からのスイッチ指令に応じて、スイッチング素子11をオンオフさせることで、直流と交流との変換を実現する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

スイッチング素子 1 1 は、U 相、V 相、W 相の各相に対応した正極側スイッチング素子 1 1 a と負極側スイッチング素子 1 1 b とがそれぞれ互いに直列に接続され、直流電源 3 0 に対して並列に接続されている。

【 0 0 1 8 】

また、U 相の正極側スイッチング素子 1 1 a と負極側スイッチング素子 1 1 b との midpoint は、回転電機 4 0 の U 相の入力と接続され、V 相の正極側スイッチング素子 1 1 a と負極側スイッチング素子 1 1 b との midpoint は、回転電機 4 0 の V 相の入力と接続され、W 相の正極側スイッチング素子 1 1 a と負極側スイッチング素子 1 1 b との midpoint は、回転電機 4 0 の W 相の入力と接続されている。

10

【 0 0 1 9 】

回転電機 4 0 は、各相の電流により回転電機 4 0 内で誘起されるトルクと、外部から与えられる負荷トルクとの合計トルクにより、回転または停止する。

【 0 0 2 0 】

なお、この発明の実施の形態 1 では、3 相交流の回転電機 4 0 およびインバータ 1 0 を例に挙げて説明するが、3 相以外であってもこの発明を適用可能である。また、直流電源 3 0 については、直流電力を供給することができる装置であれば、蓄電器やスイッチング電源、DC - DC コンバータ等の形態は問わない。

【 0 0 2 1 】

また、スイッチング素子 1 1 について、図 1 ではトランジスタを示したが、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) や IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等、スイッチング素子の種類に制約はない。

20

【 0 0 2 2 】

また、スイッチング素子 1 1 の各トランジスタには、直流電源 3 0 の負極側から正極側に向かう方向、すなわち下段側から上段側に向かう方向を順方向として、並列に環流ダイオードが接続されている。

【 0 0 2 3 】

インバータ制御部 2 0 は、相電流検出部 1 2 で検出された回転電機 4 0 の各相の電流を監視し、相電流が所望の電流となるように、スイッチング素子 1 1 を PWM (Pulse Width Modulation) 駆動する指令を出力する。このとき、すべてのスイッチング素子 1 1 が正常であり、回転電機 4 0 が回転していれば、各相に交流電流が流れる。

30

【 0 0 2 4 】

また、インバータ制御部 2 0 は、故障判断許可部 2 1、相電流比率導出部 2 2 および素子故障判断部 2 3 を有している。故障判断許可部 2 1 は、回転速度検出部 4 1 で検出された回転電機 4 0 の回転速度、および相電流検出部 1 2 で検出された回転電機 4 0 の各相の電流に基づいて、スイッチング素子 1 1 の故障判断を許可する。

【 0 0 2 5 】

相電流比率導出部 2 2 は、相電流検出部 1 2 で検出された回転電機 4 0 の各相の電流に基づいて、各相の電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する。素子故障判断部 2 3 は、相電流比率導出部 2 2 で導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、スイッチング素子 1 1 が故障状態にあると判断する。

40

【 0 0 2 6 】

以下、上記構成の回転電機の制御装置における故障判断処理について説明する。まず、スイッチング素子 1 1 に故障が発生した場合の相電流波形について説明する。インバータ 1 0 が故障なく正常に動作しており、回転電機 4 0 が回転していれば、各相の電流は、図 2 (a) に示されるように、0 A を中心とした正弦波になる。このとき、0 A を基準値とすると、各相の電流が基準値以上となる比率は、ほぼ 5 0 % となる。

【 0 0 2 7 】

50

一方、スイッチング素子 11 の 1 個に短絡故障が発生すると、各相の電流は、図 2 (b) に示されるようになり、スイッチング素子 11 の 1 個に開放故障が発生すると、各相の電流は、図 2 (c) に示されるようになる。このとき、0 A を基準値とすると、特定の相において、相電流が基準値以上となる比率は、正側方向または負側方向にほぼ 100 % となる。

【 0028 】

そこで、この発明の実施の形態 1 では、上述したスイッチング素子 11 に故障が発生した場合の相電流波形を利用して、図 3 に示したこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の制御装置の故障判断処理を示すフローチャートに記載の手順で、スイッチング素子 11 の故障を判断する。

10

【 0029 】

図 3 において、まず、ステップ S 101 において、故障判断許可部 21 は、回転速度検出部 41 で検出された回転電機 40 の回転速度、および相電流検出部 12 で検出された回転電機 40 の各相の電流を受け取り、回転速度および相電流の振幅がそれぞれ閾値以上であれば、スイッチング素子 11 の故障判断を許可する。

【 0030 】

なお、スイッチング素子 11 の故障判断を許可するための閾値について、回転速度閾値の決め方は、後述する比率導出周期のトレードオフで説明し、ここでは、相電流振幅閾値の決め方について説明する。具体的には、相電流振幅閾値は、相電流検出部 12 の誤差と、インバータ制御部 20 の制御性とを考慮して決定される。

20

【 0031 】

例えば、直流誤差が 15 A である場合には、図 4 (a) に示されるように、故障が生じていなくても、相電流振幅が 15 A 以下のときには、相電流が基準値である 0 A 以上となる比率が 100 % となる。

【 0032 】

一方、相電流振幅が 20 A であれば、図 4 (b) に示されるように、相電流が基準値である 0 A 以上となる比率が 77 % となる。そこで、故障判断許可部 21 は、相電流振幅閾値を 20 A とし、相電流振幅が 20 A 以上である場合にスイッチング素子 11 の故障判断を許可するとよい。

【 0033 】

続いて、スイッチング素子 11 の故障判断が許可されると、ステップ S 102 において、相電流比率導出部 22 は、各相の電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する。このとき、相電流比率の導出は、相電流を電気角 1 周期以上計測する必要がある。

30

【 0034 】

相電流は、回転電機 40 の回転速度に比例した周期であるため、回転電機 40 が高速回転すると、相電流波形は低速回転時と比べて短い周期の波形となる。そのため、相電流の電気角 1 周期毎に比率を導出しようとする、回転速度が上昇するほど比率導出間隔が短くなって処理負荷が高くなるので、固定周期で相電流の比率を更新するとよい。

【 0035 】

なお、比率導出周期については、下記のトレードオフを考慮して決めるとよい。すなわち、1 点目として処理負荷、2 点目として下限回転速度、3 点目として故障が発生してから故障と判断するまでの時間である。

40

【 0036 】

ここで、処理負荷については、比率導出周期が短いほど処理負荷が高くなる。また、下限回転速度については、電気角 1 周期以上の計測ができなくなるため、比率導出周期が短いほど低回転時の判断ができなくなる。また、故障が発生してから故障と判断するまでの時間については、比率導出周期が長いほど判断に時間がかかる。

【 0037 】

例えば、回転電機 40 が 12 極の磁石を有する永久磁石同期モータについて、比率導出周期を 100 ms とすると、回転速度が 1000 r / min である場合には、図 5 (a

50

)に示されるように、電気角10周期分の比率を導出できる。また、回転速度が100 r / minである場合には、図5 (b)に示されるように、電気角1周期分の比率を導出できる。

【0038】

一方、回転速度が50 r / minである場合には、図5 (c)に示されるように、電気角0.5周期分の比率しか導出できず、正しい比率を導出することができない。そのため、図5 (c)の例では、スイッチング素子11に故障は生じていないものの、相電流が基準値である0 A以上または0 A以下となる比率が100%と判断されてしまう。そこで、故障判断許可部21は、回転速度閾値を下限回転速度とするとよい。

【0039】

次に、相電流比率が導出されると、ステップS103において、素子故障判断部23は、相電流比率導出部22で導出された比率が比率閾値以上であれば、スイッチング素子11に故障が発生したと判断する。

【0040】

このとき、上述したように、スイッチング素子11に故障が発生した場合には、相電流が基準値である0 A以上または0 A以下となる比率がほぼ100%となるが、実際には相電流検出部12の誤差を考慮して基準値と比率閾値との関係を調整する必要がある。そこで、例えば「-10 A以上(10 A未満)の比率が95%以上であったら故障と判断する」等と設定するとよい。

【0041】

続いて、スイッチング素子11に故障が発生したと判断された場合には、ステップS104において、素子故障判断部23は、発生した故障が短絡故障であるか開放故障であるかを判断する。

【0042】

ここで、素子故障判断部23は、スイッチ指令をすべてオフにした状態における各相の電流が、発生した故障が短絡故障であるか開放故障であるかで異なることから、故障が発生したと判断された場合に、スイッチ指令をすべてオフにする。

【0043】

具体的には、発生した故障が開放故障であり、かつ回転電機40の回転により誘起される電圧よりも、直流電源30の電圧のほうが高い場合には、各相に電流は流れない。

【0044】

一方、発生した故障が開放故障であり、かつ回転電機40の回転により誘起される電圧よりも、直流電源30の電圧のほうが低い場合には、スイッチング素子11の各環流ダイオードにより全波整流回路が形成され、図6 (a)、図6 (b)に示されるように、各相に対称的な電流が流れる。

【0045】

なお、図6 (a)は、回転電機40の誘起電圧と直流電源30の電圧との電圧差が小さい場合を示し、図6 (b)は、回転電機40の誘起電圧と直流電源30の電圧との電圧差が大きい場合を示している。図6 (a)では、電流が流れない瞬間があるものの、各相に対称的な電流が流れている。

【0046】

また、発生した故障が短絡故障である場合には、図7 (a)、図7 (b)に示されるように、一定方向の電流が流れる。このとき、故障が発生した相と正常な相とでは、流れる電流の向きが逆になる。

【0047】

そこで、この現象を利用し、ある相の相電流が閾値a以上となって、残りの相の相電流が逆向きで閾値b以上となった場合に、発生した故障が短絡故障であると判断する。ここで、故障が発生した相に流れる電流は、正常な相に流れる電流の和であることから、閾値b = 閾値a ÷ 正常な相の数とすればよい。また、閾値aは、全波整流により流れる電流よりも大きくするとよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

なお、インバータ 1 0 が単相である場合には、相電流検出部 1 2 で検出された相電流が、あらかじめ設定された閾値以上流れている場合に、発生した故障が短絡故障であると判断する。

【 0 0 4 9 】

次に、発生した故障が短絡故障であると判断された場合には、ステップ S 1 0 5 において、素子故障判断部 2 3 は、発生した短絡故障が正極側スイッチング素子 1 1 a で起きているか、負極側スイッチング素子 1 1 b で起きているかを判断する。

【 0 0 5 0 】

具体的には、短絡故障したスイッチング素子 1 1 が正極側スイッチング素子 1 1 a であった場合には、相電流波形が図 7 (a) のようになり、短絡故障したスイッチング素子 1 1 が負極側スイッチング素子 1 1 b であった場合には、相電流波形が図 7 (b) のようになる。このことから、閾値 a 以上流れた電流の向きに基づいて、故障したスイッチング素子 1 1 が正極側か負極側かを判断することができる。

10

【 0 0 5 1 】

続いて、発生した短絡故障が正極側か負極側かが判断されると、ステップ S 1 0 6 において、素子故障判断部 2 3 は、短絡故障したスイッチング素子 1 1 と同極の正常なスイッチング素子 1 1 をオンにする。これにより、3 相短絡状態となり、電流波高値が図 8 に示されるように減少する。

【 0 0 5 2 】

以上のように、実施の形態 1 によれば、直流電源と回転電機との間に接続され、直流電源の直流電力を交流電力に変換して回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置であって、複数のスイッチング素子により構成された電力変換回路と、回転電機の相電流を検出する相電流検出部と、相電流検出部で検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出部と、相電流比率導出部で導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、スイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断部と、を備える。

20

そのため、スイッチング素子の故障状態を高精度に判断することができる。

【 0 0 5 3 】

また、この構成により、回転電機 4 0 を駆動する基本構成のみで素子故障を判断することができ、追加センサが不要となる。すなわち、特許文献 1 では、相電流の直流成分を用いて故障判断を行うため、直流成分を抽出する必要がある。これに対して、この発明の実施の形態 1 によれば、相電流を交流のまま用いて、相電流が閾値以上または以下となる比率を用いて判断を行う。

30

【 0 0 5 4 】

そのため、直流成分を抽出する必要がないため、特許文献 1 に対して、処理負荷を軽減することができる。また、特許文献 1 では、直流成分が「ノイズ重畳時間×ノイズ振幅」の影響を受けるのに対して、この発明の実施の形態 1 では、相電流比率が「ノイズ重畳時間」の影響のみを受けることから、耐ノイズ性を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

また、特許文献 1 では、素子短絡故障のみしか判断できないのに対して、この発明の実施の形態 1 では、素子開放故障も判断することができる。また、特許文献 1 では、すべてのスイッチング素子がオフであるときにしか判断できないのに対して、この発明の実施の形態 1 では、スイッチング素子が PWM 駆動している間に判断することができる。ただし、すべてのスイッチング素子がオフであるときに故障判断できる条件は、素子故障が短絡故障であって、かつ回転速度が一定値以上の場合に限定される。

40

【 0 0 5 6 】

また、素子故障判断部 2 3 は、固定周期でスイッチング素子 1 1 の故障状態を判断する。そのため、回転電機 4 0 の高速回転時に、回転周期毎に判断する場合よりも処理負荷を軽減することができる。

50

【 0 0 5 7 】

また、故障判断許可部 2 1 は、回転電機 4 0 の回転速度があらかじめ設定された回転速度閾値以上である場合に、素子故障判断部 2 3 による故障判断を許可する。そのため、回転速度が回転速度閾値以下の場合に故障判断をしないようにすることで、判断周期を短くすることができる。

【 0 0 5 8 】

また、故障判断許可部 2 1 は、相電流検出部 1 2 で検出された相電流の振幅があらかじめ設定された相電流振幅閾値以上である場合に、素子故障判断部 2 3 による故障判断を許可する。そのため、相電流検出部 1 2 の検出誤差による故障誤判断を防止することができる。

10

【 0 0 5 9 】

また、素子故障判断部 2 3 は、直流電源 3 0 の正極側に位置するスイッチング素子 1 1 が短絡故障した場合に、短絡故障したスイッチング素子 1 1 と同極の正常なスイッチング素子 1 1 をオンにし、直流電源 3 0 の負極側に位置するスイッチング素子 1 1 が短絡故障した場合に、短絡故障したスイッチング素子 1 1 と同極の正常なスイッチング素子 1 1 をオンにする。そのため、3 相短絡状態として電流波高値を減少させることができる。

【 0 0 6 0 】

実施の形態 2 .

図 9 は、この発明の実施の形態 2 に係る回転電機の制御装置を、直流電源および回転電機とともに示す構成図である。図 9 において、この回転電機の制御装置は、図 1 に示した回転電機の制御装置に加えて、スイッチング素子 1 1 のそれぞれに設けられた素子短絡判断回路 1 3 を有している。その他の構成は、図 1 と同様なので、説明を省略する。

20

【 0 0 6 1 】

素子短絡判断回路 1 3 は、スイッチング素子 1 1 に流れる素子電流を計測し、素子電流があらかじめ設定された電流閾値以上となった場合に、スイッチング素子 1 1 に短絡が発生したとして、インバータ制御部 2 0 に素子短絡信号を出力する。

【 0 0 6 2 】

具体的には、素子短絡が発生した場合、例えば正極側スイッチング素子 1 1 a の 1 個が短絡故障した場合、同相の負極側スイッチング素子 1 1 b がオンした瞬間に短絡電流が流れる。素子短絡判断回路 1 3 は、この短絡電流が流れたとき、すなわち素子電流が電流閾値を超えたときに、素子短絡信号を出力する。

30

【 0 0 6 3 】

以下、上記構成の回転電機の制御装置における故障判断処理について、図 1 0 に示したこの発明の実施の形態 2 に係る回転電機の制御装置の故障判断処理を示すフローチャートに記載の手順を参照しながら説明する。

【 0 0 6 4 】

図 1 0 において、まず、ステップ S 2 0 1 において、素子故障判断部 2 3 は、素子短絡信号があるか否かを判断し、素子短絡信号があれば素子短絡故障と判断する。

【 0 0 6 5 】

ここで、素子短絡信号がない場合には、ステップ S 1 0 1 以降のフローに移って、上述した実施の形態 1 と同様の処理により、素子故障を判断する。このとき、ステップ S 1 0 1、ステップ S 1 0 2、ステップ S 1 0 3 およびステップ S 1 0 5 の処理は、実施の形態 1 と同様なので、説明を省略する。

40

【 0 0 6 6 】

なお、ステップ S 2 0 3 は、ステップ S 1 0 4 とほぼ同様であるが、素子短絡故障であると判断した場合に、同時に素子短絡判断回路 1 3 も故障していると判断する。

【 0 0 6 7 】

続いて、素子短絡故障と判断されると、ステップ S 2 0 2 において、素子故障判断部 2 3 は、素子短絡故障が正極側か負極側かを判断する。そこで、素子故障判断部 2 3 は、正極側スイッチング素子 1 1 a をすべてオンし、負極側スイッチング素子 1 1 b をすべてオ

50

フして、3相短絡状態にする。

【0068】

このとき、負極側スイッチング素子11bが短絡故障していれば、故障が発生した相の正極側スイッチング素子11aおよび負極側スイッチング素子11bに短絡電流が流れ、素子短絡信号が出力される。そのため、素子故障判断部23は、3相短絡状態にしたときに、素子短絡信号があれば負極側スイッチング素子11bが短絡故障していると判断し、素子短絡信号がなければ正極側スイッチング素子11aが短絡故障していると判断する。

【0069】

次に、発生した短絡故障が正極側か負極側かが判断されると、ステップS106において、素子故障判断部23は、短絡故障したスイッチング素子11と同極の正常なスイッチング素子11をオンにする。これにより、3相短絡状態となり、電流波高値が図8に示されるように減少する。

10

【0070】

以上のように、実施の形態2によれば、スイッチング素子に流れる素子電流を計測し、素子電流があらかじめ設定された電流閾値以上となった場合に、スイッチング素子に短絡が発生したと判断する素子短絡判断回路をさらに備えている。

そのため、素子故障判断部23よりも早期にスイッチング素子11の短絡故障を判断することができる。また、素子短絡判断回路13は、単独で自身の故障を判断することができないが、相電流比率を用いた素子故障判断部23と組み合わせることで、素子短絡判断回路13そのものの故障を判断することができる。

20

【符号の説明】

【0071】

10 インバータ、11 スwitchング素子、11a 正極側スイッチング素子、11b 負極側スイッチング素子、12 相電流検出部、13 素子短絡判断回路、20 インバータ制御部、21 故障判断許可部、22 相電流比率導出部、23 素子故障判断部、30 直流電源、40 回転電機、41 回転速度検出部。

【要約】 (修正有)

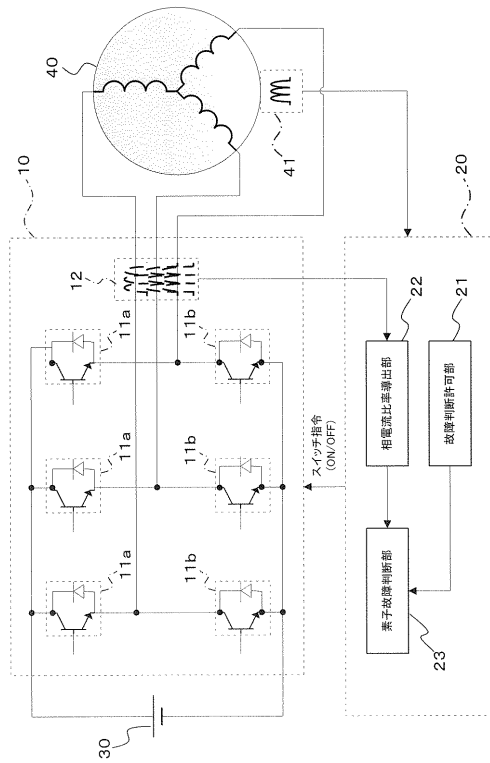
【課題】スイッチング素子の故障状態を高精度に判断することができる回転電機の制御装置を提供する。

【解決手段】直流電源30と回転電機40との間に接続され、直流電源の直流電力を交流電力に変換して回転電機を駆動制御する回転電機の制御装置であって、複数のスイッチング素子により構成されたインバータ10と、回転電機の相電流を検出する相電流検出部12と、相電流検出部で検出された相電流が基準値以上または基準値以下となる比率を導出する相電流比率導出部22と、相電流比率導出部で導出された比率があらかじめ設定された比率閾値以上である場合に、スイッチング素子の故障状態を判断する素子故障判断部21と、を備える。

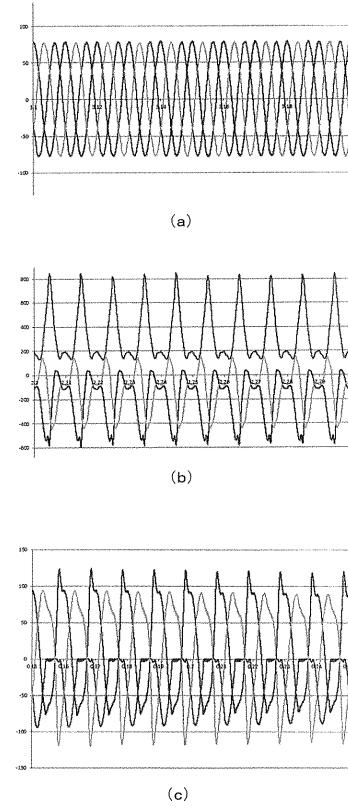
30

【選択図】図1

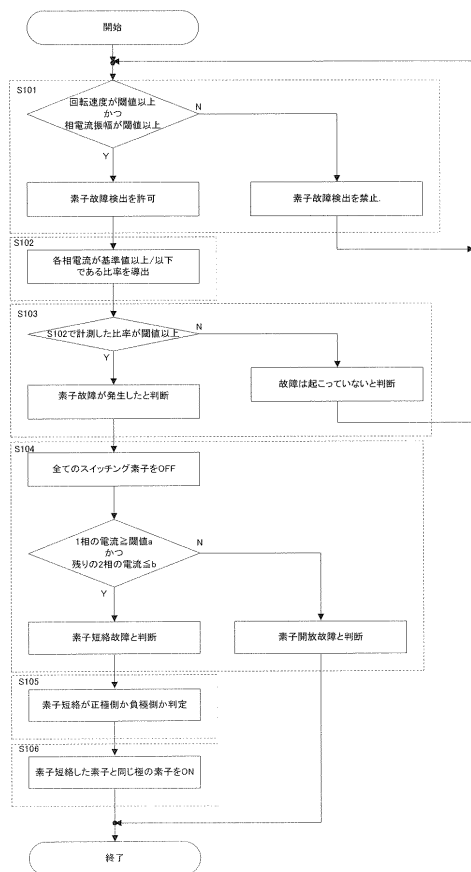
【図1】



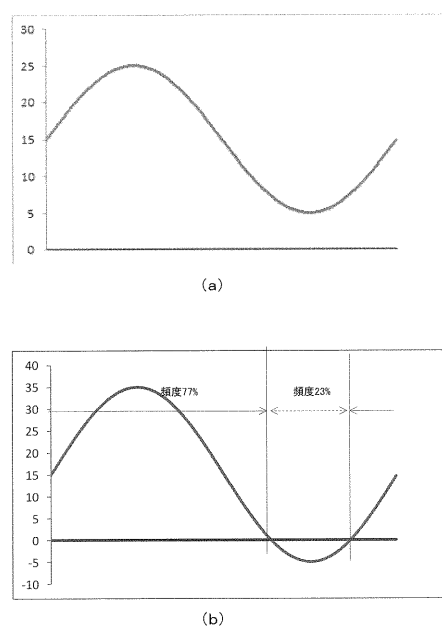
【図2】



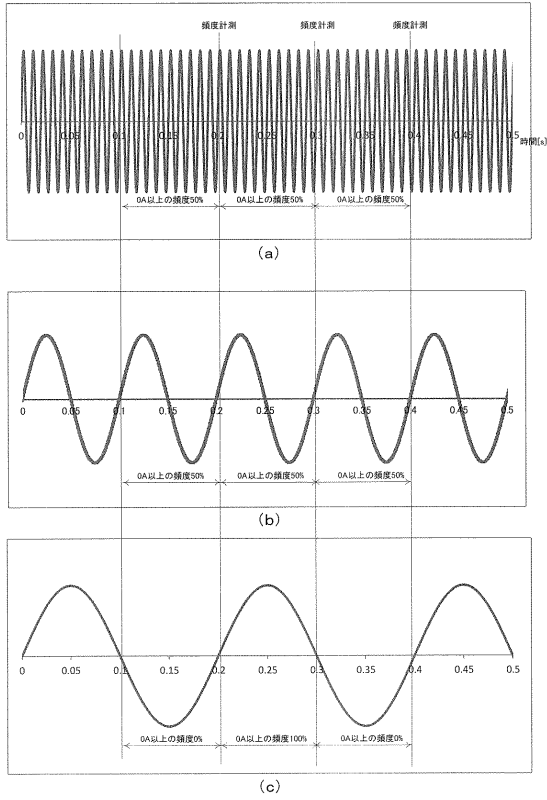
【図3】



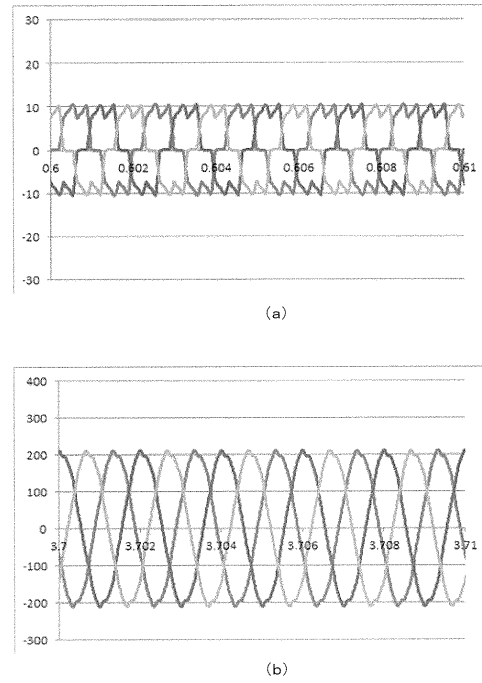
【図4】



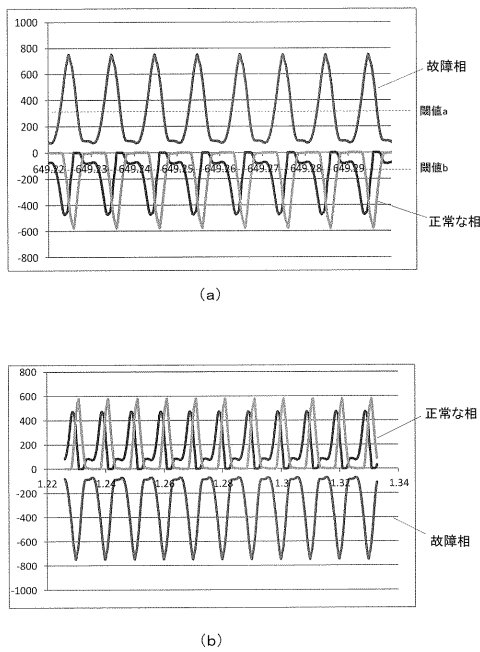
【図5】



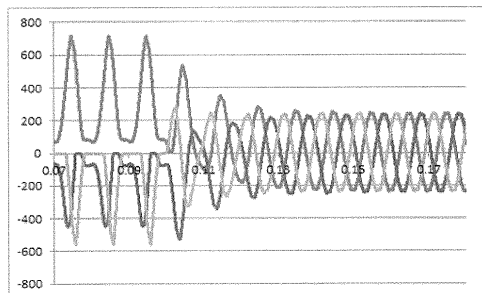
【図6】



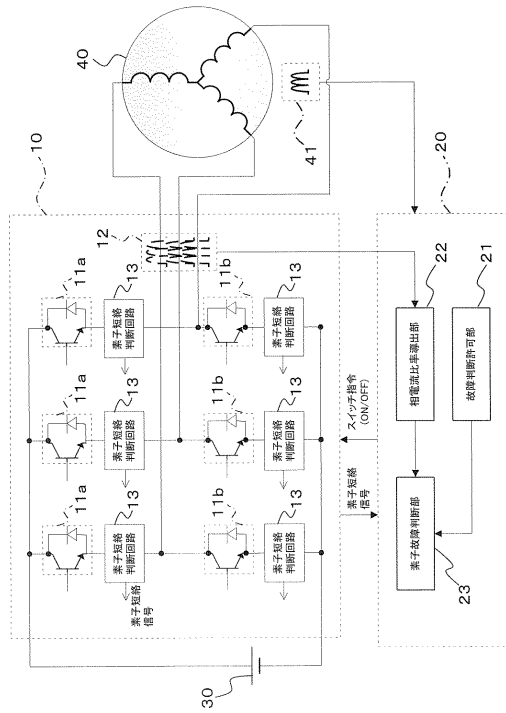
【図7】



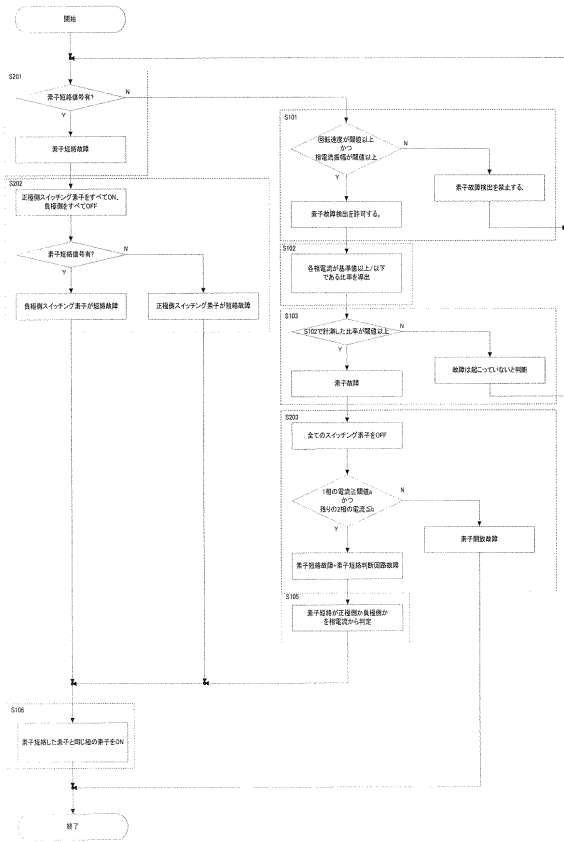
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (74)代理人 100188329
弁理士 田村 義行
- (72)発明者 川元 秀昭
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 和田 典之
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 岩切 泰介
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 宮永 卓弥
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 東 昌秋

- (56)参考文献 特開2015-84624(JP,A)
国際公開第2009/087775(WO,A1)
特開2015-213666(JP,A)
特開2008-61450(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/42 - 7/98
H02M 1/00 - 1/44
H02P 21/00 - 27/18