

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4911231号
(P4911231)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

| | | | | | |
|---------------|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | |
| H02P | 27/06 | (2006.01) | H02P | 7/63 | 303V |
| H02P | 6/12 | (2006.01) | H02P | 6/02 | 371D |
| B62D | 5/04 | (2006.01) | B62D | 5/04 | |

請求項の数 9 (全 19 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2010-29983 (P2010-29983) | (73) 特許権者 | 000004260 |
| (22) 出願日 | 平成22年2月15日 (2010.2.15) | | 株式会社デンソー |
| (65) 公開番号 | 特開2011-167035 (P2011-167035A) | | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 |
| (43) 公開日 | 平成23年8月25日 (2011.8.25) | (74) 代理人 | 100093779 |
| 審査請求日 | 平成23年6月20日 (2011.6.20) | | 弁理士 服部 雅紀 |
| | | (72) 発明者 | 鈴木 崇志 |
| | | | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内 |
| | | 審査官 | 尾家 英樹 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機制御装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の相または端子に対応する巻線から構成される巻線組を有し、電源から供給される電力により駆動する回転電機を制御する回転電機制御装置であって、

前記巻線の各相または各端子に対応し前記電源の高電位側に配置された高電位側スイッチング素子および低電位側に配置された低電位側スイッチング素子によりスイッチング素子対をなす複数のスイッチング素子を有し、前記回転電機へ供給する電力を変換する電力変換器と、

前記電源と前記電力変換器との間に設けられるコンデンサと、

前記回転電機の前記複数の相または端子のうちの所定の相または端子と前記電源の高電位側とを接続する高電位側抵抗器と、

前記電源と前記コンデンサおよび前記回転電機との間の電流の流れを許容または遮断可能な電源リレーと、

前記電源リレーの作動を制御するとともに、前記スイッチング素子のオンおよびオフを切り替えることで前記回転電機の駆動を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう前記電源リレーが制御された状態において、

前記所定の相または端子の前記低電位側スイッチング素子をオンすることで、前記コンデンサに蓄積された電荷を前記高電位側抵抗器を經由して前記電源の低電位側に放電することを特徴とする回転電機制御装置。

【請求項 2】

前記所定の相または端子と前記電源の低電位側とを接続する低電位側抵抗器をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 3】

複数の相または端子に対応する巻線から構成される巻線組を有し、電源から供給される電力により駆動する回転電機を制御する回転電機制御装置であって、

前記巻線組ごとに設けられ、前記巻線の各相または各端子に対応し前記電源の高電位側に配置された高電位側スイッチング素子および低電位側に配置された低電位側スイッチング素子によりスイッチング素子対をなす複数のスイッチング素子を有し、前記回転電機へ供給する電力を変換する電力変換器と、

前記電源と前記電力変換器との間に設けられるコンデンサと、

前記回転電機の前記複数の相または端子のうちの所定の相または端子と前記電源の低電位側とを接続する低電位側抵抗器と、

前記電源と前記コンデンサおよび前記回転電機との間の電流の流れを許容または遮断可能な電源リレーと、

前記電源リレーの作動を制御するとともに、前記スイッチング素子のオンおよびオフを切り替えることで前記回転電機の駆動を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう前記電源リレーが制御された状態において、

前記所定の相または端子の前記高電位側スイッチング素子をオンすることで、前記コンデンサに蓄積された電荷を前記低電位側抵抗器を経由して前記電源の低電位側に放電することを特徴とする回転電機制御装置。

【請求項 4】

前記所定の相または端子と前記電源の高電位側とを接続する高電位側抵抗器をさらに備えることを特徴とする請求項 3 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 5】

前記巻線の各相の端子の電圧を検出可能な端子電圧検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記端子電圧検出手段により検出された電圧に基づき前記巻線の異常を検出可能であることを特徴とする請求項 1、2 または 4 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 6】

前記コンデンサの電圧を検出可能なコンデンサ電圧検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう前記電源リレーが制御された状態において、

前記コンデンサ電圧検出手段により検出された前記コンデンサの電圧が所定値以上の場合、

前記高電位側スイッチング素子のすべてが非導通状態であることを確認した後、

前記所定の相または端子の前記低電位側スイッチング素子をオンすることで、前記コンデンサに蓄積された電荷を前記高電位側抵抗器を経由して前記電源の低電位側に放電することを特徴とする請求項 1、2 または 5 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 7】

前記コンデンサの電圧を検出可能なコンデンサ電圧検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう前記電源リレーが制御された状態において、

前記コンデンサ電圧検出手段により検出された前記コンデンサの電圧が所定値以上の場合、

前記低電位側スイッチング素子のすべてが非導通状態であることを確認した後、

前記所定の相または端子の前記高電位側スイッチング素子をオンすることで、前記コンデンサに蓄積された電荷を前記低電位側抵抗器を経由して前記電源の低電位側に放電することを特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

【請求項 8】

前記電力変換器は、複数の系統からなることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の回転電機制御装置と、
前記回転電機と、を備えた電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機制御装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、複数のスイッチング素子のオンおよびオフの切り替えを制御することにより、回転電機の駆動を制御する回転電機制御装置が公知である。このような回転電機制御装置は、電源から回転電機へ電力を供給する際に生じるリップル電流を抑制等するため、コンデンサを備えることが一般的である。また、電源とコンデンサおよび回転電機との間には電源リレーが設けられ、当該電源リレーのオンおよびオフを制御することで、回転電機への電流の流れを許容または遮断している。

【0003】

回転電機が電動パワーステアリング装置に用いられる場合、回転電機の始動前処理として、回転電機制御装置の回路等の故障判定を行うことが普通である。ところが、前記コンデンサに電荷が残った状態では、この故障判定を正しく行えないことがある。例えば、電源リレーのショート故障（オン/オフの制御にかかわらず常に導通状態となる故障）をチェックする場合、電源リレーがオフ制御された状態（電源と回転電機側との接続が切断されるような制御が行われた状態）で回転電機側の電圧を検出するが、コンデンサに電荷が残っていると当該コンデンサの電圧が検出され、電源リレーが正常にもかかわらず「ショート故障」と判定されることがある。このように、故障判定が正しく行われない場合、電動パワーステアリング装置の作動開始までに時間を要する。

20

【0004】

例えば、電動パワーステアリング装置の作動中、車両のエアコン、ヘッドライト、ワイパ等が作動することで大きな電力が持ち出された場合など、回転電機制御装置への電力が瞬断し、電動パワーステアリング装置の回転電機が停止することがある。このような場合、回転電機の駆動の速やかな復帰が望まれるため、故障判定は正しく、かつ、速やかに行われる必要がある。また、コンデンサに電荷が残っていると、制御信号が確定しない状態のスイッチング素子にコンデンサから電圧が印加された場合、スイッチング素子の破損を招くおそれがある。

30

上述の問題を解決するため、特許文献 1 および特許文献 2 に記載の回転電機制御装置は、コンデンサに残った電荷を放電可能な構成を備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献 1】特開平 7 - 7807 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 94342 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 に記載の回転電機制御装置では、コンデンサの電荷を放電するための専用の回路（スイッチ、抵抗器等）を必要とするため、装置のサイズおよびコストが増大するおそれがある。一方、特許文献 2 に記載の回転電機制御装置は、放電専用の回路は備えず、コンデンサの電荷を、トルクに寄与しないよう回転電機を経由させること

50

で放電している。しかしながら、理論的にはトルクに寄与しなくても、実際には機器のばらつき等により、回転電機のトルクが0となるよう放電するのは困難である。そのため、放電に伴う急峻な通電による回路等の破損のおそれがあるとともに、この回転電機制御装置が電動パワーステアリング装置に用いられる場合には、予期せぬ回転電機の作動により操作者が危険を感じるおそれがある。また、この回転電機制御装置では、トルクに寄与しないよう回転電機に電流を流すため、回転電機の位置センサ（回転角センサ）、スイッチング素子および電流センサ等について正異常の判定を行う必要があり、処理が複雑になるとともに放電が完了するまでに時間を要する、といった問題が生じる。

【0007】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な構成で、コンデンサの電荷を速やかに放電可能な回転電機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】

【0008】

請求項1の発明は、複数の相または端子に対応する巻線から構成される巻線組を有し、電源から供給される電力により駆動する回転電機を制御する回転電機制御装置であって、電力変換器と、コンデンサと、高電位側抵抗器と、電源リレーと、制御部と、を備えている。電力変換器は、巻線の各相または各端子に対応し電源の高電位側に配置された高電位側スイッチング素子および低電位側に配置された低電位側スイッチング素子によりスイッチング素子対をなす複数のスイッチング素子を有し、回転電機へ供給する電力を変換する。コンデンサは、電源と電力変換器との間に設けられている。コンデンサは、電源から回転電機へ電力を供給する際に生じるリップル電流を抑制可能である。高電位側抵抗器は、回転電機の複数の相または端子のうちの所定の相または端子と電源の高電位側とを接続する。電源リレーは、電源とコンデンサおよび回転電機との間の電流の流れを許容または遮断可能である。制御部は、電源リレーの作動を制御するとともに、スイッチング素子のオンおよびオフを切り替えることで回転電機の駆動を制御する。

【0009】

本発明では、制御部は、回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう電源リレーが制御された状態において、前記所定の相または端子の低電位側スイッチング素子をオンすることで、コンデンサに蓄積された電荷を高電位側抵抗器を経由して電源の低電位側に放電することを特徴とする。このように本発明では、コンデンサの電荷を放電するために必要な物理的な構成（部品）は高電位側抵抗器1つのみであり、放電専用の複雑な回路は必要ない。そのため、回転電機制御装置の大型化を抑制することができる。また、放電時の制御部による制御も比較的簡単である。したがって、本発明では、簡単な構成で、リップル電流抑制用のコンデンサの電荷を速やかに放電することができる。また、高電位側抵抗器として安価な抵抗器を用いれば、装置全体のコストを抑えることができる。

【0010】

請求項2に記載の発明では、前記所定の相または端子と電源の低電位側とを接続する低電位側抵抗器をさらに備える。このように、請求項1に記載の発明において、前記低電位側抵抗器をさらに備える構成を考えることもできる。

【0011】

請求項3に記載の発明は、複数の相または端子に対応する巻線から構成される巻線組を有し、電源から供給される電力により駆動する回転電機を制御する回転電機制御装置であって、電力変換器と、コンデンサと、低電位側抵抗器と、電源リレーと、制御部と、を備えている。電力変換器は、巻線の各相または各端子に対応し電源の高電位側に配置された高電位側スイッチング素子および低電位側に配置された低電位側スイッチング素子によりスイッチング素子対をなす複数のスイッチング素子を有し、回転電機へ供給する電力を変換する。コンデンサは、電源と電力変換器との間に設けられる。コンデンサは、電源から回転電機へ電力を供給する際に生じるリップル電流を抑制可能である。低電位側抵抗器は、回転電機の複数の相または端子のうちの所定の相または端子と電源の低電位側とを接続する。電源リレーは、電源とコンデンサおよび回転電機との間の電流の流れを許容または

10

20

30

40

50

遮断可能である。制御部は、電源リレーの作動を制御するとともに、スイッチング素子のオンおよびオフを切り替えることで回転電機の駆動を制御する。

【0012】

本発明では、制御部は、回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう電源リレーが制御された状態において、前記所定の相または端子の高電位側スイッチング素子をオンすることで、コンデンサに蓄積された電荷を低電位側抵抗器を経由して電源の低電位側に放電することを特徴とする。このように本発明では、コンデンサの電荷を放電するために必要な物理的な構成は低電位側抵抗器1つのみであり、請求項1に記載の発明と同様、放電専用の複雑な回路は必要ない。そのため、回転電機制御装置の大型化を抑制することができる。また、放電時の制御部による制御も比較的簡単である。したがって、本発明では、請求項1に記載の発明と同様、簡単な構成で、リップル電流抑制用のコンデンサの電荷を速やかに放電することができる。

10

【0013】

請求項4に記載の発明では、前記所定の相または端子と電源の高電位側とを接続する高電位側抵抗器をさらに備える。このように、請求項3に記載の発明において、前記高電位側抵抗器をさらに備える構成を考えることもできる。

【0014】

請求項5に記載の発明では、巻線の各相の端子の電圧を検出可能な端子電圧検出手段をさらに備えている。そして、制御部は、端子電圧検出手段により検出された電圧に基づき巻線の異常を検出可能であることを特徴とする。本発明では、請求項1、2または4に記載の発明のように高電位側抵抗器を備える回転電機制御装置の場合、巻線の各相の端子の電圧を検出することにより、例えば巻線の断線などの異常を検出することができる。すなわち、本発明では、コンデンサの電荷を放電するための高電位側抵抗器と、巻線の異常を検出するための高電位側抵抗器と、を共用の1つの抵抗器で実現することができる。したがって、簡単な構成で、コンデンサの電荷を放電できるとともに、コストの増大を抑えつつ巻線の異常を検出することが可能となる。

20

【0015】

請求項6に記載の発明では、コンデンサの電圧を検出可能なコンデンサ電圧検出手段をさらに備えている。制御部は、回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう電源リレーが制御された状態において、コンデンサ電圧検出手段により検出されたコンデンサの電圧が所定値以上の場合、高電位側スイッチング素子のすべてが非導通状態であることを確認した後、前記所定の相または端子の低電位側スイッチング素子をオンすることで、コンデンサに蓄積された電荷を高電位側抵抗器を経由して電源の低電位側に放電することを特徴とする。このように、本発明では、コンデンサの電圧を検出することで、コンデンサの電荷を放電すべきか否かを判定し、放電すべきと判定したときは、高電位側スイッチング素子にショート故障が生じていないかを確認した後でコンデンサの電荷を放電する。したがって、放電すべき状態を高精度に検知できるとともに、ショート故障した高電位側スイッチング素子に過電流が生じるのを防止することができる。これにより、オン制御した低電位側スイッチング素子が、過電流により破損するのを抑制することができる。

30

【0016】

請求項7に記載の発明では、請求項6に記載の発明と同様、コンデンサの電圧を検出可能なコンデンサ電圧検出手段をさらに備えている。制御部は、回転電機を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう電源リレーが制御された状態において、コンデンサ電圧検出手段により検出されたコンデンサの電圧が所定値以上の場合、低電位側スイッチング素子のすべてが非導通状態であることを確認した後、前記所定の相または端子の高電位側スイッチング素子をオンすることで、コンデンサに蓄積された電荷を低電位側抵抗器を経由して電源の低電位側に放電することを特徴とする。このように、本発明では、コンデンサの電圧を検出することで、コンデンサの電荷を放電すべきか否かを判定し、放電すべきと判定したときは、低電位側スイッチング素子にショート故障が生じていないかを確認した後でコンデンサの電荷を放電する。したがって、放電すべき状態を高精度に検知できると

40

50

ともに、ショート故障した低電位側スイッチング素子に過電流が生じるのを防ぐことができる。これにより、オン制御した高電位側スイッチング素子が、過電流により破損するのを抑制することができる。

【0017】

請求項8に記載の発明では、電力変換器は、複数の系統からなることを特徴とする。電力変換器を複数の系統とすることで、負荷を分散できるとともに、1つの系統が故障しても他の系統により回転電機の駆動を継続できるというメリットがあるが、この場合、部品点数の増大が懸念される。本発明では、コンデンサの放電のための部品は1つまたは2つ（高電位側抵抗器または低電位側抵抗器）であり、1系統あたりの部品点数が少ないため、電力変換器を複数の系統としても部品の増大を抑えることができる。

10

【0018】

請求項9に記載の発明は、請求項1～8のいずれか一項に記載の回転電機制御装置と、前記回転電機と、を備えている。上述のように、請求項1～8のいずれか一項に記載の回転電機制御装置では、リップル電流抑制用のコンデンサの電荷を速やかに放電することができる。そのため、例えば電力が瞬断した場合等、電力復帰後、可及的速やかに回転電機の駆動を復帰させる必要がある電動パワーステアリング装置に対し、本発明は特に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1実施形態による回転電機制御装置を示す模式図。

20

【図2】本発明の第1実施形態による回転電機制御装置が行う処理を示すフロー図。

【図3】本発明の第2実施形態による回転電機制御装置を示す模式図。

【図4】本発明の第1実施形態と第2実施形態との違いを説明するための図であって、(A)は第1実施形態の「正常時」の等価回路を示す図、(B)は第1実施形態の「高電位側スイッチング素子がショート故障しているとき」の等価回路を示す図、(C)は第2実施形態の「正常時」の等価回路を示す図、(D)は第2実施形態の「高電位側スイッチング素子がショート故障しているとき」の等価回路を示す図。

【図5】本発明の第3実施形態による回転電機制御装置を示す模式図。

【図6】本発明の第4実施形態による回転電機制御装置を示す模式図。

【図7】本発明の第1実施形態および他の実施形態による回転電機制御装置の電流検出手段の配置を示すための図であって、(A)は第1実施形態における配置を示す図、(B)～(H)は他の実施形態における配置を示す図。

30

【図8】本発明の他の実施形態を示す模式図であって、(A)は低電位側抵抗器のみ備える回転電機制御装置を示す図、(B)は2つのスイッチング素子対を有するブラシレスモータまたはブラシ付きモータを制御する回転電機制御装置を示す図、(C)は中性点から給電するタイプの多相モータを制御し、高電位側抵抗器を備える回転電機制御装置を示す図、(D)は中性点から給電するタイプの多相モータを制御し、低電位側抵抗器を備える回転電機制御装置を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

40

以下、本発明による回転電機制御装置を図面に基づいて説明する。なお、複数の実施形態において、実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

(第1実施形態)

図1に示すように、本発明の第1実施形態による回転電機制御装置1は、回転電機としてのモータ10を駆動制御するものである。回転電機制御装置1は、モータ10とともに、例えば車両のステアリング操作をアシストするための電動パワーステアリング装置に採用される。

【0021】

モータ10は、三相ブラシレスモータであり、図示しないロータおよびステータを有している。ロータは、円板状の部材であり、その表面に永久磁石が貼り付けられ、磁極を有

50

している。ステータは、ロータを内部に収容するとともに、回転可能に支持している。ステータは、径内方向へ所定角度毎に突出する突出部を有し、この突出部に図1に示すUコイル11、Vコイル12、および、Wコイル13が巻回されている。Uコイル11、Vコイル12、および、Wコイル13は、それぞれU相、V相、および、W相に対応する巻線であり、全体で巻線組18を構成している。モータ10には、回転位置を検出する位置センサ79が設けられている。

【0022】

回転電機制御装置1は、電力変換器としてのインバータ部20、コンデンサ60、高電位側抵抗器としてのプルアップ抵抗90、電源リレー81、制御部としてのマイコン70、端子電圧検出手段としての端子電圧検出部50、および、コンデンサ電圧検出手段としてのコンデンサ電圧検出部55等を備えている。

10

インバータ部20は、3相インバータであり、巻線組18のUコイル11、Vコイル12、Wコイル13のそれぞれへの通電を切り替えるべく、6つのスイッチング素子21~26がブリッジ接続されている。スイッチング素子21~26は、本実施形態においては、電界効果トランジスタの一種であるMOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) である。以下、スイッチング素子21~26を、MOS21~26という。

【0023】

3つのMOS21~23は、ドレインが、電源としてのバッテリー80の正極側に接続される上母線2に結線されている。また、MOS21~23のソースが、それぞれMOS24~26のドレインに接続されている。MOS24~26のソースは、バッテリー80の負極側に接続された下母線3に結線されている。また、下母線3は、グランドに接続されている。

20

【0024】

対になっているMOS21とMOS24との接続点は、Uコイル11の一端に接続している。また対になっているMOS22とMOS25との接続点は、Vコイル12の一端に接続している。さらにまた、対になっているMOS23とMOS26との接続点は、Wコイル13の一端に接続している。

【0025】

ここで、MOS21~23がインバータ部20における「高電位側スイッチング素子」に対応している。また、MOS24~26がインバータ部20における「低電位側スイッチング素子」に対応している。以下、適宜、「高電位側スイッチング素子」を「上MOS」といい、「低電位側スイッチング素子」を「下MOS」という。また、必要に応じて「U下MOS24」といった具合に、対応する相を併せて記載する。

30

【0026】

このように、本実施形態では、回転電機制御装置1は、1つの系統のインバータ(インバータ部20)を有している。インバータ部20は、後述するマイコン70により、その作動が制御され、バッテリー80からモータ10へ供給する電力を、モータ10が回転可能なよう変換する。

【0027】

コンデンサ60は、図1に示すように、一端が上母線2のバッテリー80とMOS21との間に接続され、他端が下母線3のグランドとMOS24との間に接続されている。すなわち、コンデンサ60は、バッテリー80とインバータ部20との間に設けられている。コンデンサ60は、電荷を蓄えることで、MOS21~26への電力供給を補助したり、バッテリー80からモータ10へ電力を供給する際に生じるリップル電流を抑制したりする。

40

【0028】

本実施形態では、高電位側抵抗器としてのプルアップ抵抗90は、モータ10のV相の巻線であるVコイル12とバッテリー80の高電位側とを接続している。すなわち、本実施形態では、V相がプルアップ抵抗90によりプルアップされている。プルアップ抵抗90の抵抗値は、Uコイル11、Vコイル12およびWコイル13のそれぞれの抵抗値よりも

50

大きい。本実施形態では、プルアップ抵抗 90 の抵抗値は、例えば、U コイル 11、V コイル 12 および W コイル 13 のそれぞれの抵抗値の 100 倍以上に設定されている。以下、便宜上、適宜、プルアップ抵抗 90 の抵抗値を「R_{pull up}」で表す。

【0029】

電源リレー 81 は、上母線 2 のバッテリー 80 とコンデンサ 60 との間に設けられている。電源リレー 81 は、後述するマイコン 70 により、その作動が制御され、バッテリー 80 とコンデンサ 60 およびモータ 10 との間の電流の流れを許容または遮断する。本実施形態では、電源リレー 81 は、所謂ノーマリーオープンタイプの電源リレーであり、マイコン 70 からのオン指令がないときはオープン状態（オフ状態）のため前記電流の流れを遮断し、マイコン 70 からのオン指令があったときはクローズ状態（オン状態）となるため前記電流の流れを許容する。

10

【0030】

制御部としてのマイコン 70 は、集積回路等を有する小型のコンピュータであり、回転電機制御装置 1 の種々の部品および検出手段等に接続している。マイコン 70 の記憶部にはプログラムが格納されており、マイコン 70 は、当該プログラムに従い種々の処理を実行するとともに接続先の部品等の作動を制御する。

マイコン 70 は、電源リレー 81、MOS 21 ~ 26 のそれぞれに接続している。図 1 では、図が煩雑になることを避けるため、マイコン 70 と電源リレー 81、MOS 21 ~ 26 等とのそれぞれの接続線については省略している。また、マイコン 70 にはイグニッション電源 71 が接続されている。車両の操作者がイグニッションキーをオンにすると、イグニッション電源 71 からマイコン 70 に電力が供給され、マイコン 70 による種々の処理が開始される。

20

【0031】

本実施形態では、マイコン 70 は、電源リレー 81 にオン指令を送ることにより、電源リレー 81 がクローズ状態（オン状態）となるよう制御することで、バッテリー 80 とコンデンサ 60 およびモータ 10 との間の電流の流れを許容する。一方、マイコン 70 が電源リレー 81 に対しオン指令を送っていないときは、電源リレー 81 はオープン状態（オフ状態）となるため、前記電流の流れは遮断される。このように、マイコン 70 は、電源リレー 81 の作動を制御することにより、前記電流の流れを許容または遮断する。

【0032】

また、マイコン 70 は、電源リレー 81 により前記電流の流れが許容されているとき、MOS 21 ~ 26 のオンおよびオフを切り替えることで、バッテリー 80 からの直流電流を相毎に位相の異なる正弦波電流に変換し、各相のコイル（U コイル 11、V コイル 12、および、W コイル 13）に流す。これにより、モータ 10 が回転する。マイコン 70 は、PWM 制御により、モータ 10 のトルクおよび回転数を調節する。このように、マイコン 70 は、MOS 21 ~ 26 のオンおよびオフを切り替えることでモータ 10 の駆動を制御する。

30

【0033】

本実施形態では、電流検出手段としての電流検出部 40 が設けられている。電流検出部 40 は、U 電流検出部 41、V 電流検出部 42、および、W 電流検出部 43 から構成されている。U 電流検出部 41 は、U 下 MOS 24 とグランドとの間に設けられ、U コイル 11 に流れる電流を検出する。V 電流検出部 42 は、V 下 MOS 25 とグランドとの間に設けられ、V コイル 12 に流れる電流を検出する。W 電流検出部 43 は、W 下 MOS 26 とグランドとの間に設けられ、W コイル 13 に流れる電流を検出する。

40

【0034】

本実施形態では、電流検出部 41 ~ 43 にシャント抵抗およびアンプを用いている。電流検出部 41 ~ 43 によって検出された検出値（以下、適宜、「電流検出値」という。）は、マイコン 70 に入力される。このとき、同時に位置センサ 79 によるモータ 10 の回転位置も取得される。

【0035】

50

端子電圧検出手段としての端子電圧検出部 5 0 は、U 電圧検出部 5 1、V 電圧検出部 5 2、および、W 電圧検出部 5 3 から構成されている。U 電圧検出部 5 1 は、一端が U 上 MOS 2 1 と U 下 MOS 2 4 との間に接続され、他端がグランドに接続され、U コイル 1 1 に印加される電圧、すなわち U コイル 1 1 の端子の電圧を検出する。V 電圧検出部 5 2 は、一端が V 上 MOS 2 2 と V 下 MOS 2 5 との間に接続され、他端がグランドに接続され、V コイル 1 2 に印加される電圧、すなわち V コイル 1 2 の端子の電圧を検出する。W 電圧検出部 5 3 は、一端が W 上 MOS 2 3 と W 下 MOS 2 6 との間に接続され、他端がグランドに接続され、W コイル 1 3 に印加される電圧、すなわち W コイル 1 3 の端子の電圧を検出する。

【 0 0 3 6 】

U 電圧検出部 5 1 は、U 上抵抗 5 1 0 および U 下抵抗 5 1 1 が直列に接続されてなり、U 上抵抗 5 1 0 と U 下抵抗 5 1 1 との間にマイコン 7 0 が接続されている。これにより、U 電圧検出部 5 1 により検出された U コイル 1 1 の端子の電圧値がマイコン 7 0 に入力される。V 電圧検出部 5 2 は、V 上抵抗 5 2 0 および V 下抵抗 5 2 1 が直列に接続されてなり、V 上抵抗 5 2 0 と V 下抵抗 5 2 1 との間にマイコン 7 0 が接続されている。これにより、V 電圧検出部 5 2 により検出された V コイル 1 2 の端子の電圧値がマイコン 7 0 に入力される。W 電圧検出部 5 3 は、W 上抵抗 5 3 0 および W 下抵抗 5 3 1 が直列に接続されてなり、W 上抵抗 5 3 0 と W 下抵抗 5 3 1 との間にマイコン 7 0 が接続されている。これにより、W 電圧検出部 5 3 により検出された W コイル 1 3 の端子の電圧値がマイコン 7 0 に入力される。以下、電圧検出部 5 1 ~ 5 3 により検出された検出値を、適宜、「端子電圧検出値」という。また、便宜上、適宜、U 上抵抗 5 1 0 の抵抗値を「R_{up U}」、U 下抵抗 5 1 1 の抵抗値を「R_{down U}」、V 上抵抗 5 2 0 の抵抗値を「R_{up V}」、V 下抵抗 5 2 1 の抵抗値を「R_{down V}」、W 上抵抗 5 3 0 の抵抗値を「R_{up W}」、W 下抵抗 5 3 1 の抵抗値を「R_{down W}」で表す。

【 0 0 3 7 】

コンデンサ電圧検出手段としてのコンデンサ電圧検出部 5 5 は、一端が上母線 2 とコンデンサ 6 0 との間に接続され、他端がグランドに接続され、コンデンサ 6 0 の電圧を検出する。コンデンサ電圧検出部 5 5 は、C 上抵抗 5 5 0 および C 下抵抗 5 5 1 が直列に接続されてなり、C 上抵抗 5 5 0 と C 下抵抗 5 5 1 との間にマイコン 7 0 が接続されている。これにより、コンデンサ電圧検出部 5 5 により検出されたコンデンサ 6 0 の電圧値がマイコン 7 0 に入力される。以下、コンデンサ電圧検出部 5 5 により検出された検出値を、適宜、「コンデンサ電圧検出値」という。また、便宜上、適宜、C 上抵抗 5 5 0 の抵抗値を「R_{up C}」、C 下抵抗 5 5 1 の抵抗値を「R_{down C}」で表す。

なお、電流検出部 4 0、端子電圧検出部 5 0、コンデンサ電圧検出部 5 5、および、位置センサ 7 9 とマイコン 7 0 とを接続する制御線は、煩雑になることを避けるため図 1 においては省略した。

【 0 0 3 8 】

上述のように、プルアップ抵抗 9 0 は、モータ 1 0 の V 相の巻線である V コイル 1 2 とバッテリー 8 0 の高電位側とを接続している。この構成により、マイコン 7 0 は、電源リレー 8 1 がオン状態のとき、すなわちバッテリー 8 0 とコンデンサ 6 0 およびモータ 1 0 との間の電流の流れが許容された状態のとき、端子電圧検出部 5 0 により検出された各相の端子の電圧値に基づき、「各相のコイル (U コイル 1 1、V コイル 1 2 および W コイル 1 3) のいずれに断線が生じているか」といった巻線の異常を検知することができる。例えば、マイコン 7 0 は、U 電圧検出部 5 1 でのみグランド電圧を検出した場合、U コイル 1 1 が断線していると判定する。また、U 電圧検出部 5 1 および W 電圧検出部 5 3 でグランド電圧を検出した場合、V コイル 1 2 が断線していると判定する。さらに、W 電圧検出部 5 3 でのみグランド電圧を検出した場合、W コイル 1 3 が断線していると判定する。

【 0 0 3 9 】

本実施形態では、マイコン 7 0 は、モータ 1 0 の始動前、図 2 に示す一連の処理、ステップ S 1 0 0 (以下、「ステップ」を省略し、単に記号「S」で示す。) を実行する。S

10

20

30

40

50

100の実行タイミングとしては、例えば、「車両の操作者がイグニッションキーをオンした直後」、あるいは、「モータ10の回転中、回転電機制御装置1への電力の瞬断が発生した直後」等を想定している。イグニッションキーがオンされた直後、および、回転電機制御装置1への電力の瞬断が発生した直後は、マイコン70は、電源リレー81に対しオン指令を送っていないため、電源リレー81はオープン状態（オフ状態）であり、バッテリー80とコンデンサ60およびモータ10との間の電流の流れは遮断された状態である。つまり、S100は、前記電流の流れが遮断された状態（電源と回転電機側との接続が切断されるような制御が行われた状態）で実行される。

【0040】

S100が開始されると、処理は先ずS101へ移行する。

10

S101では、マイコン70は、コンデンサ60の電荷のディスチャージ（放電）が必要か否かを判断する。具体的には、コンデンサ電圧検出部55により検出されたコンデンサ60の電圧値に基づき、当該電圧値が所定値以上の場合、「ディスチャージ要」と判断する。コンデンサ60の電荷のディスチャージが必要であると判断した場合（S101：Y）、処理はS102へ移行する。一方、ディスチャージは不要であると判断した場合（S101：N）、処理はS120へ移行する。

【0041】

S102では、マイコン70は、位置センサ79に異常が発生していないか否かを判断する。位置センサ79には異常が発生していないと判断した場合（S102：Y）、処理はS103へ移行する。一方、位置センサ79に異常が発生していると判断した場合（S102：N）、S100の処理を抜ける。

20

【0042】

S103では、端子電圧検出部50に異常が発生していないか否かを判断する。端子電圧検出部50には異常が発生していないと判断した場合（S103：Y）、処理はS104へ移行する。一方、端子電圧検出部50に異常が発生していると判断した場合（S103：N）、S100の処理を抜ける。

【0043】

S104では、マイコン70は、上MOS21～23のオープン状態を確認する。すなわち、上MOS21～23にショート故障が生じていないか否かを判断する。具体的には、モータ10の回転速度が所定値以下のとき、下記式1～3が満たされているか否かにより判断する。なお、このときのモータ10の回転速度は、位置センサ79による検出値に基づき算出される。電圧検出部51～53により検出された端子電圧検出値をそれぞれVu、Vv、Vwとし、コンデンサ電圧検出部55により検出されたコンデンサ電圧検出値をVcとすると、

30

$$V_u = V_c \times (R_{upC} + R_{downC}) / R_{downC} \times R_{downU} / (R_{upU} + R_{downU} + R_{pullup}) \dots \text{式1}$$

$$V_v = V_c \times (R_{upC} + R_{downC}) / R_{downC} \times R_{downV} / (R_{upV} + R_{downV} + R_{pullup}) \dots \text{式2}$$

$$V_w = V_c \times (R_{upC} + R_{downC}) / R_{downC} \times R_{downW} / (R_{upW} + R_{downW} + R_{pullup}) \dots \text{式3}$$

40

モータ10の回転速度が所定値以下で、かつ、上記式1～3のすべてが満たされている場合、上MOS21～23にはショート故障が生じていないと判断し（S104：Y）、処理はS105へ移行する。一方、上記式1～3のいずれかが満たされていない場合、上MOS21～23のいずれかにショート故障が生じていると判断し（S104：N）、S100の処理を抜ける。なお、故障判定は式1～3より判定されるが、抵抗の温度特性やばらつきを含めた範囲内に収まるかどうかで故障/正常の判断を行う。

【0044】

S105では、マイコン70は、プルアップ相の下MOSをオンする。すなわち、本実施形態では、マイコン70がV下MOS25にオン信号を送ることにより、V下MOS25をオンする。通常、マイコン70がV下MOS25にオン信号を送るとV下MOS25

50

がオン状態（導通状態）になる。その後、処理はS 1 0 6へ移行する。

【0045】

S 1 0 6では、マイコン70は、下MOSが正常にオンするか否か、すなわちプルアップ相の下MOS（V下MOS25）がオンしたか（導通状態になったか）否かを確認する。具体的には、U電圧検出部51、V電圧検出部52、および、W電圧検出部53により検出された電圧検出値がいずれも所定値以下（例えばグラウンド電圧）か否かにより判断する。U電圧検出部51、V電圧検出部52、および、W電圧検出部53により検出された電圧検出値がいずれも所定値以下の場合、V下MOS25はオンしたと判断し（S 1 0 6：Y）、処理はS 1 0 7へ移行する。V下MOS25がオン状態（導通状態）になると、コンデンサ60に残っていた電荷がプルアップ抵抗90およびV下MOS25を經由して 10
バッテリー80の低電位側、すなわちグラウンドに放電される。一方、U電圧検出部51、V電圧検出部52、および、W電圧検出部53により検出された電圧検出値のいずれかが所定値よりも大きい場合、V下MOS25はオンしていないと判断し（S 1 0 6：N）、S 1 0 0の処理を抜ける。

【0046】

S 1 0 7では、U電流検出部41、V電流検出部42、および、W電流検出部43により検出された電流検出値がいずれも所定値（電流制限値）以下か否かを判定する。U電流検出部41、V電流検出部42、および、W電流検出部43により検出された電流検出値がいずれも所定値以下の場合、回路は正常であると判断し（S 1 0 7：Y）、処理はS 1 0 8へ移行する。一方、U電流検出部41、V電流検出部42、および、W電流検出部4 20
3により検出された電流検出値のいずれかが所定値よりも大きい場合、回路に異常が生じていると判断し（S 1 0 7：N）、V下MOS25をオフ制御し、S 1 0 0の処理を抜ける。例えばプルアップ相の上MOS（本実施形態ではV上MOS22）がショート故障している場合、V上MOS22、V下MOS25およびV電流検出部42に大きな電流が流れる。

【0047】

S 1 0 8では、コンデンサ60の電荷のディスチャージが正常に終了したか否かを判断する。具体的には、コンデンサ電圧検出部55により検出されたコンデンサ電圧検出値が所定の時間以内に所定値以下になったか否かにより判断する。コンデンサ電圧検出値が所定の時間以内に所定値以下になった場合、ディスチャージは正常に終了したと判断し（S 1 0 8：Y）、V下MOS25をオフ制御し、処理はS 1 0 9へ移行する。一方、コンデンサ電圧検出値が所定の時間以内に所定値以下にならなかった場合、ディスチャージは正常に終了しなかったと判断し（S 1 0 8：N）、V下MOS25をオフ制御し、S 1 0 0の処理を抜ける。なお、ディスチャージが正常に終了した場合（S 1 0 8：Y）、マイコン70は、「電源リレー81にはショート故障は発生していない」と判断する。一方、ディスチャージが正常に終了しなかった場合（S 1 0 8：N）、マイコン70は、「電源リレー81にショート故障が発生している」と判断する。 30

【0048】

S 1 0 9では、マイコン70は、電源リレー81をオンする。すなわち、マイコン70は、電源リレー81にオン指令を送ることにより、電源リレー81がオン状態となるよう 40
制御する。その後、処理はS 1 1 0へ移行する。

【0049】

S 1 1 0では、マイコン70は、巻線に異常が生じていないか否かを判断する。具体的には、上述したように、端子電圧検出部50（U電圧検出部51、V電圧検出部52、および、W電圧検出部53）により検出された各相の端子の電圧値に基づき、「各相のコイル（Uコイル11、Vコイル12およびWコイル13）のいずれに断線が生じているか」否かを判定することにより判断する。巻線に異常は生じていないと判断した場合（S 1 1 0：Y）、処理はS 1 1 1へ移行する。一方、巻線に異常が生じていると判断した場合（S 1 1 0：N）、S 1 0 0の処理を抜ける。なお、各相の端子電圧値が正常な場合、「下MOS24～26にはショート故障は発生していない」と、同時に判断できる。 50

【 0 0 5 0 】

S 1 1 1では、マイコン70は、上MOSが正常にオンするか否かを確認する。具体的には、上MOS21～23のそれぞれに対しオン信号を送ったときの端子電圧検出部50による電圧検出値に基づき、上MOS21～23のそれぞれが正常にオンするか否かを確認する。上MOSが正常にオンすると判断した場合(S111:Y)、処理は「EPS駆動開始」へ移行し、電動パワーステアリング装置の駆動が開始される。一方、上MOSが正常にオンしないと判断した場合(S111:N)、S100の処理を抜ける。

【 0 0 5 1 】

S120では、マイコン70は、電源リレー81の異常や巻線の異常を確認するといった通常の初期異常チェックを行う。その後、処理は「EPS駆動開始」へ移行し、電動パワーステアリング装置の駆動が開始される。

10

【 0 0 5 2 】

上述のように、S102、S103、S104、S106、S107、S108、S110、S111では、何らかの異常が生じていると判断した場合、S100を抜ける。このとき、前記異常に関し、マイコン70の記憶部に情報を記憶したり、表示あるいは音声等により車両の操作者へ通知したりしてもよい。

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、本実施形態では、マイコン70は、モータ10を始動する前、バッテリー80とコンデンサ60およびモータ10との間の電流の流れが遮断されるよう電源リレー81が制御された状態において、プルアップ相(V相)の下MOS25をオンすることで、コンデンサ60に蓄積された電荷をプルアップ抵抗90を經由してバッテリー80の低電位側(グランド)に放電する。このように本実施形態では、コンデンサ60の電荷を放電するために必要な物理的な構成(部品)は「プルアップ抵抗90」1つのみであり、放電専用の複雑な回路は必要ない。そのため、回転電機制御装置1の大型化を抑制することができる。また、放電時のマイコン70による制御も比較的簡単である。したがって、本実施形態では、簡単な構成で、リップル電流抑制用のコンデンサ60の電荷を速やかに放電することができる。また、プルアップ抵抗90として安価な抵抗器を用いれば、装置全体のコストを抑えることができる。

20

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態では、巻線の各相の端子の電圧を検出可能な端子電圧検出部50をさらに備えている。そして、マイコン70は、端子電圧検出部50により検出された電圧に基づき巻線(Uコイル11、Vコイル12、Wコイル13)の異常を検出可能である。本実施形態のようにプルアップ抵抗90を備える回転電機制御装置1の場合、巻線の各相の端子の電圧を検出することにより、例えば巻線の断線などの異常を検出することができる。すなわち、本実施形態では、コンデンサ60の電荷を放電するための高電位側抵抗器と、巻線の異常を検出するための高電位側抵抗器と、を共用の1つの抵抗器(プルアップ抵抗90)で実現している。したがって、簡単な構成で、コンデンサ60の電荷を放電できるとともに、コストの増大を抑えつつ巻線の異常を検出することが可能となる。

30

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態では、コンデンサ60の電圧を検出可能なコンデンサ電圧検出部55をさらに備えている。マイコン70は、モータ10を始動する前、前記電流の流れが遮断されるよう電源リレー81が制御された状態において、コンデンサ電圧検出部55により検出されたコンデンサ60の電圧が所定値以上の場合、上MOS21～23のすべてが非導通状態であることを確認した後、プルアップ相(V相)の下MOS25をオンすることで、コンデンサ60に蓄積された電荷をプルアップ抵抗90を經由してバッテリー80の低電位側(グランド)に放電する。このように、本実施形態では、コンデンサ60の電圧を検出することで、コンデンサ60の電荷を放電すべきか否かを判定し、放電すべきと判定したときは、上MOS21～23にショート故障が生じていないかを確認した後でコンデンサ60の電荷を放電する。したがって、放電すべき状態を高精度に検知できるとともに、ショート故障した上MOSに過電流が生じるのを防止することができる。これにより、

40

50

オン制御したV下MOS25が、過電流により破損するのを抑制することができる。

【0056】

さらに、本実施形態では、リップル電流抑制用のコンデンサ60の電荷を速やかに放電することが可能な回転電機制御装置1を電動パワーステアリング装置に適用する例を示した。そのため、電力が瞬断した場合等、電力復帰後、可及的速やかにモータ10の駆動を復帰させる必要がある電動パワーステアリング装置に対し、回転電機制御装置1は特に好適であるといえる。

【0057】

(第2実施形態)

本発明の第2実施形態による回転電機制御装置を図3に示す。第2実施形態は、高電位側抵抗器に加え、低電位側抵抗器も備える点で、第1実施形態と異なる。

【0058】

コンデンサ60の電荷の放電(ディスチャージ)時間を短縮するためには、プルアップ抵抗90の抵抗値は小さいほうが好ましい。しかしながら、プルアップ抵抗90の抵抗値が小さいと、「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差が小さくなり、上MOS21~23のオープン状態を確認する(第1実施形態のS104)のが困難になるおそれがある。

【0059】

そこで、第2実施形態の回転電機制御装置は、低電位側抵抗器としてのプルダウン抵抗95を備えている。プルダウン抵抗95は、モータ10のV相の巻線であるVコイル12とバッテリー80の低電位側(グランド)とを接続している。本実施形態では、V相が、プルアップ抵抗90によりプルアップされるとともに、プルダウン抵抗95によりプルダウンされている。これにより、「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差が大きくなり、上MOS21~23のオープン状態を確認するのが容易になる。

【0060】

プルダウン抵抗95の抵抗値は、プルアップ抵抗90の抵抗値よりも大きな値が設定されている。これにより、コンデンサ60の電荷を放電するとき、プルアップ抵抗90に電流が流れやすくなる。以下、便宜上、適宜、プルダウン抵抗95の抵抗値を「Rpulldown」で表す。

【0061】

次に、第1実施形態に比べ、第2実施形態のほうが「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差が大きくなることについて、図4を用いて説明する。

図4(A)は、第1実施形態(プルアップ抵抗90のみ)の「正常時」の等価回路を示す図である。図4(B)は、第1実施形態(プルアップ抵抗90のみ)の「上MOSがショート故障しているとき」の等価回路を示す図である。図4(C)は、第2実施形態(プルアップ抵抗90およびプルダウン抵抗95)の「正常時」の等価回路を示す図である。図4(D)は、第2実施形態(プルアップ抵抗90およびプルダウン抵抗95)の「上MOSがショート故障しているとき」の等価回路を示す図である。ここで、 $R_{upV} = 1k$ ()、 $R_{downV} = 1k$ ()、 $R_{pullup} = 100$ ()、 $R_{pulldown} = 1k$ ()、 $1k = 1000$ 、コンデンサ60の電圧を $V_C (= V_{cx} (R_{upC} + R_{downC}) / R_{downC})$ とする。

【0062】

図4(A)から、第1実施形態の「正常時」のV相の端子電圧は、
 $V_C \times R_{downV} / (R_{upV} + R_{downV} + R_{pullup})$
 $= V_C \times 1k / (1k + 1k + 100) = V_C \times 10 / 21 \dots$ 式4

図4(B)から、第1実施形態の「上MOSがショート故障しているとき」のV相の端子電圧は、

$V_C \times R_{downV} / (R_{upV} + R_{downV})$

10

20

30

40

50

$$= VC \times 1 / 2 \dots \text{式 5}$$

よって、第1実施形態において、「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差は、

$$VC \times 1 / 2 - VC \times 10 / 21 = 0.024 VC \dots \text{式 6}$$

【0063】

図4(C)から、第2実施形態の「正常時」のV相の端子電圧は、

$$\begin{aligned} & VC \times Rg / (Rg + Rpullup) \times RdownV / (RupV + RdownV) \\ & = VC \times 2k / 3 / (2k / 3 + 100) \times 1k / (1k + 1k) \\ & = VC \times 2000 / 2300 \times 1 / 2 = VC \times 10 / 23 \dots \text{式 7} \end{aligned}$$

$$Rg = 1 / \{ 1 / (RupV + RdownV) + 1 / Rpulldown \}$$

10

$$= 1 / \{ 1 / (1k + 1k) + 1 / 1k \} = 2k / 3 \dots \text{式 8}$$

図4(D)から、第2実施形態の「上MOSがショート故障しているとき」のV相の端子電圧は、

$$\begin{aligned} & VC \times Rdown / (RupV + RdownV) \\ & = VC \times 1k / (1k + 1k) = VC \times 1 / 2 \dots \text{式 9} \end{aligned}$$

よって、第2実施形態において、「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差は、

$$VC \times 1 / 2 - VC \times 10 / 23 = 0.065 VC \dots \text{式 10}$$

【0064】

式6と式10とから、

20

$$0.024 VC < 0.065 VC \dots \text{式 11}$$

よって、第1実施形態に比べ、第2実施形態のほうが「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差が大きいことがわかる。

【0065】

以上説明したように、第2実施形態では「上MOSがショート故障しているときの端子電圧」と「正常時の端子電圧」との差が大きいため、S104における「上MOS21～23のオープン状態の確認」が容易になる。

【0066】

(第3実施形態)

本発明の第3実施形態の回転電機制御装置を図5に示す。第3実施形態は、複数系統の電力変換器を備える点で第1実施形態と異なる。なお、図5では、煩雑になることを避けるため、制御部、電流検出手段、端子電圧検出手段、コンデンサ電圧検出手段等の図示を省略している。

30

【0067】

第3実施形態の回転電機制御装置は、電力変換器として、インバータ部20に加え、インバータ部30を備えている。すなわち、本実施形態では、電力変換器は複数(2つ)の系統からなる。

本実施形態では、モータ10は、巻線組18を構成するUコイル11、Vコイル12、および、Wコイル13、ならびに巻線組19を構成するUコイル14、Vコイル15、および、Wコイル16を有する。すなわち、モータ10は2つの巻線組からなるモータである。

40

【0068】

インバータ部30は、インバータ部20と同様、3相インバータであり、巻線組19のUコイル14、Vコイル15、Wコイル16のそれぞれへの通電を切り替えるべく、6つのスイッチング素子31～36がブリッジ接続されている。スイッチング素子31～36は、スイッチング素子21～26と同様、MOSFETである。以下、スイッチング素子31～36を、MOS31～36という。

【0069】

3つのMOS31～33は、ドレインが上母線4に結線されている。上母線4は、上母線2の電源リレー81とコンデンサ60との間に接続されている。また、MOS31～3

50

3のソースが、それぞれMOS34～36のドレインに接続されている。MOS34～36のソースは、下母線5に結線されている。下母線5は、下母線3、すなわちバッテリー80の負極側（グラウンド）に接続されている。

【0070】

対になっているMOS31とMOS34との接続点は、Uコイル14の一端に接続している。また対になっているMOS32とMOS35との接続点は、Vコイル15の一端に接続している。さらにまた、対になっているMOS33とMOS36との接続点は、Wコイル16の一端に接続している。

【0071】

上母線4と下母線5との間にはコンデンサ61が設けられている。すなわち、コンデンサ61は、バッテリー80とインバータ部30との間に設けられている。コンデンサ61は、電荷を蓄えることで、MOS31～36への電力供給を補助したり、バッテリー80からモータ10（巻線組19）へ電力を供給する際に生じるリップル電流を抑制したりする。

10

【0072】

本実施形態では、モータ10の始動前の処理において、コンデンサ61に残った電荷をプルアップ抵抗90を経由して放電する。すなわち、V下MOS25をオン制御することでコンデンサ60の電荷をプルアップ抵抗90を経由して放電すると同時に、コンデンサ61の電荷をプルアップ抵抗90およびV下MOS25を経由して放電する。

このように、インバータ部30側に高電位側抵抗器を備えない構成でも、インバータ部20側の高電位側抵抗器（プルアップ抵抗90）を経由させることでコンデンサ61の電荷を放電することができる。

20

【0073】

本実施形態では、電力変換器を複数の系統（インバータ部20およびインバータ部30）とすることで、負荷を分散できるとともに、1つの系統が故障しても他の系統によりモータ10の駆動を継続できる。また、本実施形態では、コンデンサ60およびコンデンサ61の電荷を、1つのプルアップ抵抗90を経由して放電する。そのため、部品点数が少なく、コストの増大および体格の大型化を抑制することができる。

【0074】

（第4実施形態）

本発明の第4実施形態の回転電機制御装置を図6に示す。第4実施形態は、インバータ部20側に加え、インバータ部30側にも電源リレーおよび高電位側抵抗器を備える点で第3実施形態と異なる。なお、図6では、煩雑になることを避けるため、制御部、電流検出手段、端子電圧検出手段、コンデンサ電圧検出手段等の図示を省略している。

30

【0075】

第4実施形態の回転電機制御装置では、上母線4は、上母線2のバッテリー80と電源リレー81との間に接続されている。上母線4のバッテリー80とコンデンサ61の間には、電源リレー82が設けられている。電源リレー82は、マイコン70によりオン/オフ制御されることで、バッテリー80と巻線組19との間の電流の流れを許容または遮断する。

また、本実施形態では、巻線組19のV相の巻線であるVコイル15と上母線4とを接続するようにして、高電位側抵抗器としてのプルアップ抵抗91が設けられている。

40

【0076】

本実施形態では、モータ10の始動前の処理において、コンデンサ61に残った電荷をプルアップ抵抗91を経由して放電する。すなわち、コンデンサ60の電荷の放電経路とは別の経路で、コンデンサ61の電荷を放電する。したがって、第3実施形態に比べ、コンデンサ60およびコンデンサ61の電荷の放電に要する時間を短縮することができる。

【0077】

本実施形態では、第3実施形態と同様、電力変換器を複数の系統（インバータ部20およびインバータ部30）とすることで、負荷を分散できるとともに、1つの系統が故障しても他の系統によりモータ10の駆動を継続できる。また、本発明では1系統あたりの「

50

コンデンサの電荷の放電のための部品」の数が少ない（例えば1系統あたり高電位側抵抗器1つ）ため、本実施形態のように電力変換器が複数の系統からなる場合でも、部品の増大を抑えることができる。

【0078】

（他の実施形態）

電流検出手段の数および配置に関し、本発明の他の実施形態を図7（B）～（H）に示す。図7（A）は、第1実施形態の回転電機制御装置1に関し、電流検出手段（U電流検出部41、V電流検出部42、W電流検出部43）の配置を簡略化して示したものである。図7（B）および（C）に示すように、電流検出手段（U電流検出部41、V電流検出部42、W電流検出部43）は、上MOS21～23の高電位側、あるいは巻線組18の近傍に配置される構成としてもよい。また、図7（D）、（E）および（F）に示すように、電流検出手段を2つ（U電流検出部41、V電流検出部42）配置する構成としてもよい。さらに、図7（G）および（H）に示すように、電流検出手段を1つ（電流検出部45）のみ配置する構成としてもよい。図7（A）、（B）、（D）、（E）、（G）、（H）に示す構成の場合、ディスチャージ中の電流を検出可能なため、ディスチャージ中の回路の異常を検知することができる（上記S107の処理の説明参照）。

10

【0079】

また、本発明の他の実施形態では、図8（A）に示すように、高電位側抵抗器は備えず、低電位側抵抗器（プルダウン抵抗95）を備える構成としてもよい。プルダウン抵抗95は、V相の巻線であるVコイル12とバッテリー80の低電位側すなわちグランドとを接続している。この形態では、V上MOS22をオン制御することにより、コンデンサ60の電荷を、V上MOS22およびプルダウン抵抗95を経由してグランドに放電する。

20

【0080】

また、本発明は、図8（B）に示すように、2つのスイッチング素子対を有するブラシレスモータまたはブラシ付きモータを制御する回転電機制御装置に適用することもできる。ここで、ブラシ付きモータを制御する回転電機制御装置では、プルアップ抵抗90は、所定の端子（この場合、コイル12の端子）とバッテリー80の高電位側とを接続している。

【0081】

また、本発明は、図8（C）および（D）に示すように、中性点17から給電するタイプの多相モータを制御する回転電機制御装置にも適用することができる。

30

また、本発明は、Y結線のモータだけでなく、結線のモータに対しても適用することができる。

【0082】

また、本発明は、電動パワーステアリング装置用の回転電機以外の回転電機（電動機および発電機）を制御する回転電機制御装置として適用することもできる。

さらに、構成上の障害要因がない限り、上述の実施形態は適宜組み合わせることができる。

【0083】

このように、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の形態に適用可能である。

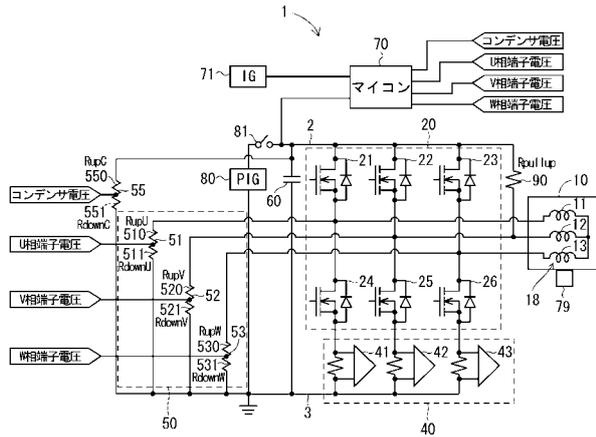
40

【符号の説明】

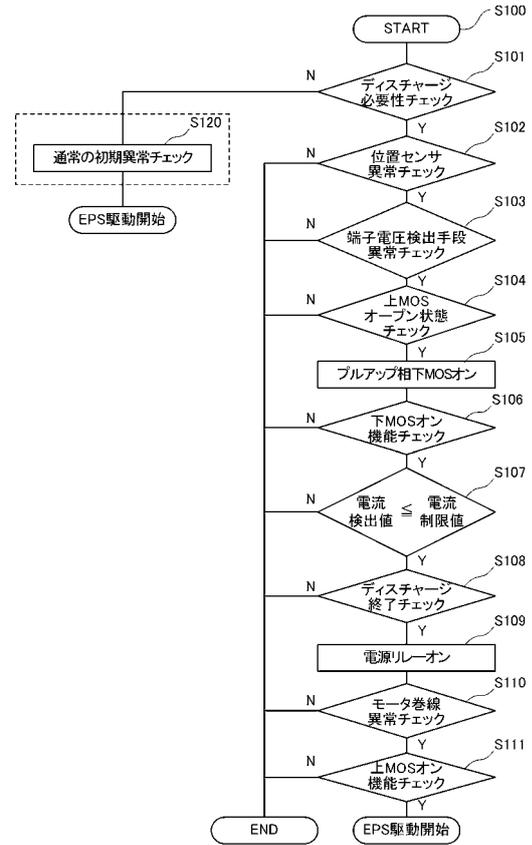
【0084】

1：回転電機制御装置、10：モータ（回転電機）、11～16：コイル（巻線）、18、19：巻線組、20、30：インバータ部（電力変換器）、21～23、31～33：MOS（高電位側スイッチング素子）、24～26、34～36：MOS（低電位側スイッチング素子）、60、61：コンデンサ、70：マイコン（制御部）、80：バッテリー（電源）、81：電源リレー、90、91：プルアップ抵抗（高電位側抵抗器）

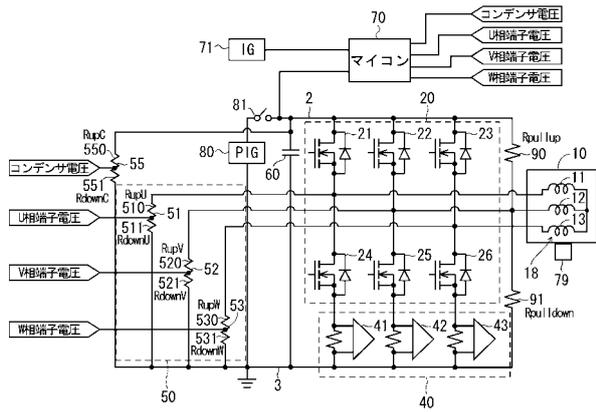
【図1】



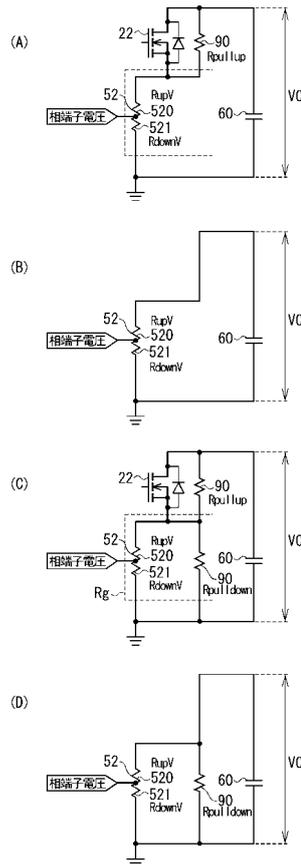
【図2】



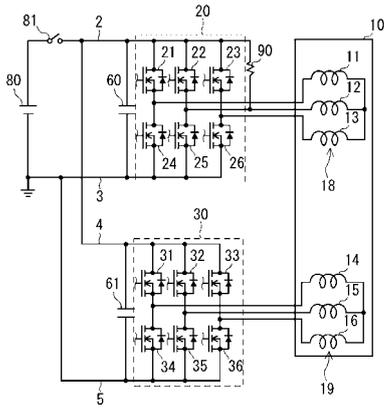
【図3】



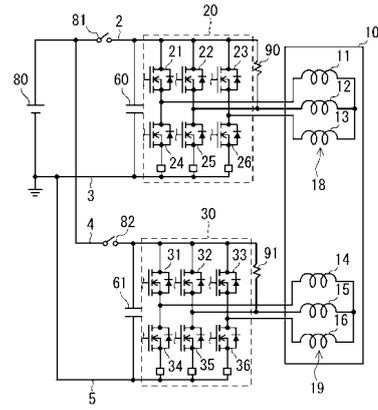
【図4】



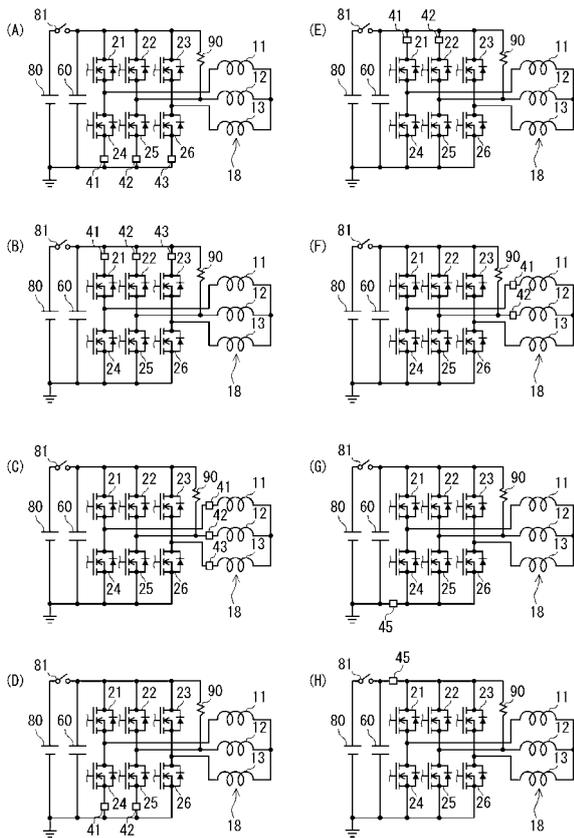
【図5】



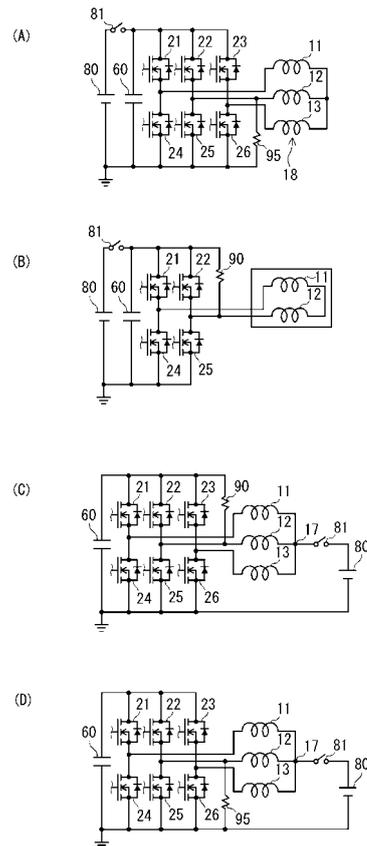
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-303315(JP,A)
特開2005-073399(JP,A)
特開平03-007094(JP,A)
特開2007-151366(JP,A)
特開平07-007807(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 21/00 - 29/04