

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5606387号
(P5606387)

(45) 発行日 平成26年10月15日 (2014. 10. 15)

(24) 登録日 平成26年9月5日 (2014. 9. 5)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 R	31/34	(2006. 01)	GO 1 R 31/34 B
HO 2 K	11/00	(2006. 01)	HO 2 K 11/00 M
HO 2 P	27/06	(2006. 01)	HO 2 P 7/63 Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-103731 (P2011-103731)	(73) 特許権者	000180025
(22) 出願日	平成23年5月6日 (2011. 5. 6)		山洋電気株式会社
(65) 公開番号	特開2012-233826 (P2012-233826A)		東京都豊島区南大塚三丁目 3 3 番 1 号
(43) 公開日	平成24年11月29日 (2012. 11. 29)	(74) 代理人	100091443
審査請求日	平成25年4月2日 (2013. 4. 2)		弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
		(72) 発明者	井出 勇治
			東京都豊島区北大塚一丁目 1 5 番 1 号 山
			洋電気株式会社内
		審査官	菅藤 政明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交流電源に遮断器を介して接続され且つ正極直流出力部と負極直流出力部との間に平滑用コンデンサを備えた整流回路と、

一对の半導体スイッチが直列接続されて構成され且つ前記一对の半導体スイッチの接続点が交流出力部となる複数のアーム回路が、並列接続されて構成され、前記複数のアーム回路中の上段の前記半導体スイッチのドライブ回路がブートストラップ回路により構成され、1台以上のモータの複数相の励磁巻線に電圧を印加する1台以上のインバータ回路と

、前記モータの絶縁劣化を検出する絶縁劣化検出装置とを備え、

前記絶縁劣化検出装置は、

前記正極直流出力部及び負極直流出力部の一方とグランドとの間に常開スイッチ回路を介して配置された電圧分圧回路と、

前記遮断器が開状態になっているときに、前記常開スイッチ回路を閉状態にして、前記複数のアーム回路の少なくとも一つの前記アーム回路中の前記一对の半導体スイッチの一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比のPWM信号を用いて繰り返し、少なくとも1相の前記励磁巻線に前記平滑用コンデンサから正電圧及び負電圧を交互に印加するとともに、上段の前記半導体スイッチの前記ブートストラップ回路を下段の前記半導体スイッチがオンしているときにチャージ動作状態にする検出動作を行う検出動作制御部と、

10

20

前記検出動作中に、前記電圧分圧回路から出力された分圧電圧と前記インバータ回路に
入力される直流電圧とに基づいて絶縁抵抗を検出する絶縁抵抗検出部とを備えており、

前記電圧分圧回路は、前記負極直流出力部に一端が電氣的に接続された第 1 の抵抗器の
他端と、前記グラウンドに電氣的に一端が接続された第 2 の抵抗器の他端とが電氣的に接続
されて構成され、

前記第 1 の抵抗器の両端電圧が前記分圧電圧 V_{R1} として前記絶縁抵抗検出部に入力さ
れ、前記第 2 の抵抗器は前記モータが地絡状態にあるときに過電流が流れるのを防止する
保護抵抗であり、

前記絶縁抵抗検出部は、前記分圧電圧 V_{R1} と前記平滑用コンデンサの端子間電圧 V_{DC} と
を入力として、前記デューティ比を $D\%$ 、第 1 の抵抗体の抵抗値を R_1 、第 2 の抵抗体の
抵抗値を R_2 としたときに、絶縁抵抗 R_M を、

$$R_M = V_{DC} \times (D / 100) \times (R_1 / V_{R1}) - (R_1 + R_2)$$

の演算式により求めることを特徴とするモータ制御装置。

10

【請求項 2】

前記 1 台以上のインバータ回路は 2 台以上のモータに対してそれぞれ設けられた 2 台以
上のインバータ回路であり、

前記検出動作制御部は、前記複数のインバータ回路から検出対象とする 1 台の前記イン
バータ回路を選択し、選択した前記 1 台のインバータ回路において、前記検出動作を行う
ように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

20

前記 1 台以上のインバータ回路は 3 台以上のモータに対してそれぞれ設けられた 3 台以
上のインバータ回路であり、

前記検出動作制御部は、前記 3 台以上のインバータ回路から 2 台の前記インバータ回路
の組み合わせを複数決定し、決定した複数の組み合わせにそれぞれ対応する 2 台の前記イン
バータ回路を選択し、且つ選択した前記 2 台のインバータ回路について、同時に前記検
出動作を行い、その際に前記絶縁抵抗検出部が検出する並列絶縁抵抗に基づいて、絶縁抵
抗が低下している前記モータを駆動する前記インバータ回路を含む前記 2 台のインバータ
回路を特定し、さらに特定した前記 2 台のインバータ回路のそれぞれにおいて前記検出動
作を行うように構成され、

前記絶縁抵抗検出部が、検出した複数の前記絶縁抵抗に基づいて絶縁抵抗が低下してい
る前記モータを特定する請求項 1 に記載のモータ制御装置。

30

【請求項 4】

交流電源に遮断器を介して接続され且つ正極直流出力部と負極直流出力部との間に平滑
用コンデンサを備えた整流回路と、

一对の半導体スイッチが直列接続されて構成され且つ前記一对の半導体スイッチの接続
点が交流出力部となる複数のアーム回路が、並列接続されて構成され、前記複数のアーム
回路中の上段の前記半導体スイッチのドライブ回路がブートストラップ回路により構成さ
れ、1 台以上 (n は 1 以上の整数) のモータの複数相の励磁巻線に電圧を印加する 1 台以
上のインバータ回路とを具備するモータ制御装置により駆動される 1 台以上のモータの電
気絶縁抵抗の劣化を検出する絶縁劣化検出方法であって、

40

前記遮断器を開状態にし、

その後、前記正極直流出力部及び負極直流出力部の一方とグラウンドとの間に電圧分圧回
路を電氣的に接続し、前記複数のアーム回路中の少なくとも一つの前記アーム回路中の前
記一对の半導体スイッチの一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ
状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比の PWM 信号を用いて繰り返し
、少なくとも 1 相の前記励磁巻線に前記平滑用コンデンサから正電圧及び負電圧を交互に
印加するとともに、上段の前記半導体スイッチの前記ブートストラップ回路を下段の前記
半導体スイッチがオンしているときにチャージ動作状態にする検出動作を行い、

前記電圧分圧回路は、前記負極直流出力部に一端が電氣的に接続された第 1 の抵抗器の
他端と、前記グラウンドに電氣的に一端が接続された第 2 の抵抗器の他端とが電氣的に接続

50

されて構成され、

前記検出動作中に、前記電圧分圧回路から出力された分圧電圧と前記インバータ回路に
入力される直流電圧とに基づいて前記絶縁抵抗を検出するために、前記第 1 の抵抗器の両
端電圧を前記分圧電圧 V_{R1} とし、前記分圧電圧 V_{R1} と前記平滑用コンデンサの端子間電圧
 V_{DC} とし、前記デューティ比を $D\%$ とし、第 1 の抵抗体の抵抗値を R_1 とし、第 2 の抵抗
体の抵抗値を R_2 としたときに、絶縁抵抗 R_M を、

$$R_M = V_{DC} \times (D / 100) \times (R_1 / V_{R1}) - (R_1 + R_2)$$

の演算式により求め、

前記絶縁抵抗に基づいて、前記モータの前記絶縁抵抗の劣化を検出することを特徴とす
るモータの絶縁劣化検出方法。

10

【請求項 5】

前記 1 台以上のインバータ回路は 2 台以上のモータに対してそれぞれ設けられた 2 台以
上のインバータ回路であり、

前記複数のインバータ回路から検出対象とする 1 台の前記インバータ回路を選択し、選
択した前記 1 台のインバータ回路において、前記検出動作を行うことにより、前記 2 台以
上のモータの前記絶縁抵抗の劣化を検出することを特徴とする請求項 4 に記載のモータの
絶縁劣化検出方法。

【請求項 6】

前記 1 台以上のインバータ回路は 3 台以上のモータに対してそれぞれ設けられた 3 台以
上のインバータ回路であり、

20

前記 3 台以上のインバータ回路から 2 台の前記インバータ回路の組み合わせを複数決定
し、決定した複数の組み合わせにそれぞれ対応する 2 台の前記インバータ回路を選択し、
且つ選択した前記 2 台のインバータ回路について、それぞれ前記検出動作を行って、並列
絶縁抵抗を検出し、並列絶縁抵抗が低下している前記モータを駆動する前記インバータ回
路を含む前記 2 台のインバータ回路を特定し、

特定した前記 2 台のインバータ回路のそれぞれにおいて前記検出動作を行い、

検出した前記絶縁抵抗に基づいて絶縁抵抗が低下している前記モータを特定する請求項
4 に記載のモータの絶縁劣化検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、モータの絶縁劣化（絶縁抵抗の異常な低下）を検出する絶縁劣化検出装置を
備えたモータ制御装置及びモータの絶縁劣化を検出する方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

サーボモータは、PWM 制御されるインバータ回路を備えたモータ制御装置により駆動
される。工作機械の中でも、切削液を用いて加工を行う工作機械では、切削液がモータに
付着することがある。そして切削液の性質によっては、モータ内部に切削液が入り込み、
モータの電気的な絶縁を劣化させるという問題がある。モータの電気的な絶縁劣化は徐々
に進行し、最終的には地絡に至る。モータが地絡すると、漏電ブレーカをトリップさせたり、
モータ制御装置を破損させたりして、モータを利用するシステムをダウンするに至る。
システムのダウンは、工場の製造ラインに多大な影響を及ぼす。そのため、予防保全の
観点から、モータの絶縁劣化を検出できる装置が必要とされている。

40

【0003】

このような、モータの絶縁の劣化を検出する従来の方法としては、

(1) 電気絶縁抵抗計を用いる方法

(2) PWM 制御されるインバータ回路の一对の直流入力部すなわちプラス極及びマイ
ナス極の両方又はいずれか一方の極と対地（グランド）間に、コンデンサと抵抗の直列回
路を挿入し、この直列回路の抵抗の両端の電位差を検出する回路を設けてモータの駆動を
停止することなく、モータの絶縁劣化を検出する方法（特許文献 1）

50

(3) PWM制御されるインバータ回路の直流入力部をアースし(グランドに接続し)、インバータ回路に含まれる半導体素子を利用してインバータ装置に印加される直流電圧をモータに印加し、その時のインバータ装置の直流電圧及び直流電流を測定してモータの電気絶縁抵抗を求める方法(特許文献2)

(4) 遮断器を通して電源に接続されたPWMインバータのマイナス極とグランドとの間に抵抗とスイッチを挿入し、前記遮断器が開状態になっている時に、スイッチを閉にし、PWMインバータのプラス極の半導体スイッチを導通状態にして、前記抵抗の電圧降下から求める方法(特許文献3)

などがある。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-201669号公報

【特許文献2】特開平6-94762号公報

【特許文献3】特開2009-204600号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記(1)の絶縁抵抗計を用いる方法は、モータとモータ制御装置の間の配線はらずして、モータの巻線と対地(グランド)間に絶縁抵抗計を接続して電気絶縁抵抗を計測し、電気絶縁抵抗の値により絶縁の劣化を検出するものである。しかし、この方法では、モータの配線はらずさなければならず、多くの作業工数を必要とするという問題があった。

20

【0006】

上記(2)の方法では、電源を通して流れる漏れ電流により、検出回路に流れる電流が影響を受け、絶縁劣化の検出に誤差を生ずるという問題があった。

【0007】

上記(3)の方法では、インバータ回路の直流側をアースし(グランドに接続し)、インバータ回路中の半導体素子を利用してインバータ装置の直流電圧をモータに印加する。そしてそのときのインバータ回路の直流入力電圧及び直流入力電流を測定してモータの電気絶縁抵抗を求めるものである。しかし、この方法では、モータの電気絶縁が劣化して地絡が発生していた場合、インバータ回路の直流電圧をインバータ回路中の半導体素子の導通によりショートさせることになる。その結果、半導体素子が破損してしまうという問題があった。また、直流電流を測定する検出器には、絶縁劣化検出時には微小電流が流れ、通常のモータ制御時には大きな電流が流れる。このため、大電流を流すことができ、しかも微小電流を精度よく検出できる電流検出器が必要になる。しかしながら一般的な電流検出器では、このような精度を得ることができず、検出精度を高めることに問題があった。

30

【0008】

(4)の方法では、ノイズ対策としてPWMインバータの直流部とアース間にコンデンサを設けている場合、このコンデンサにより絶縁抵抗検出用抵抗の電圧が安定するまでに時間がかかる。インバータ回路のプラス極のスイッチの電源が、半導体スイッチを常時オンにしたままにできるインバータ回路では問題にならない。しかしインバータ回路のプラス極の半導体スイッチの電源を図5のようにインバータ回路の上段にコンデンサとダイオードを付けてブートストラップ回路を用いた場合、プラス極の電源はPWM動作の短い時間しかオン状態にできないため、絶縁抵抗を検出する前にプラス極の半導体スイッチがオフしてしまい、使用できないという問題があった。なお図5の回路は、自励式のインバータ回路であり、半導体スイッチを構成するトランジスタTR1乃至TR6の駆動信号(ゲート信号)は、トランジスタ信号TR1乃至TR6に対してそれぞれ設けられた駆動回路DC1~DS6から与えられる。

40

【0009】

50

本発明は、上記課題を解消するためになされたものであり、その目的は、モータの配線をはずしたりする必要がなく、モータが地絡していてもインバータ回路の半導体スイッチの破損がなく、また、ブートストラップ回路を半導体スイッチのドライブ回路に適用でき、しかも電源からの漏れ電流の影響のない絶縁抵抗検出機能を備えたモータ制御装置を提供することにある。

【0010】

本発明の他の目的は、インバータ回路のスイッチングによる漏れ電流の影響を受けることがなく、モータが地絡していても、インバータ回路中の半導体スイッチを破損させずに、精度よくモータの絶縁劣化を検出することができるモータの絶縁劣化検出方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のモータ制御装置は、整流回路と、インバータ回路と、絶縁劣化検出装置とを備えている。整流回路は、交流電源に遮断器を介して接続され且つ正極直流出力部と負極直流出力部との間に平滑用コンデンサを備えている。また1台以上のインバータ回路は、一対の半導体スイッチが直列接続されて構成され且つ一対の半導体スイッチの接続点が交流出力部となる複数のアーム回路が、並列接続されて構成され、複数のアーム回路中の上段の半導体スイッチのドライブ回路がブートストラップ回路により構成され、1台以上のモータの複数相の励磁巻線に電圧を印加する。そして絶縁劣化検出装置は、インバータ回路により駆動されるモータの絶縁抵抗を検出して絶縁抵抗の劣化を検出する。

20

【0012】

本発明では、電圧分圧回路と、検出動作制御部と、絶縁抵抗検出部とを備えた絶縁劣化検出装置を用いる。電圧分圧回路は、正極直流出力部及び負極直流出力部の一方とグランドとの間に常開スイッチ回路を介して配置されている。検出動作制御部は、遮断器が開状態になっているときに、常開スイッチ回路を閉状態にする。その上で、検出動作制御部は、複数のアーム回路中の少なくとも一つのアーム回路中の一対の半導体スイッチの一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比で繰り返して、少なくとも1相の励磁巻線に平滑用コンデンサから正電圧及び負電圧を交互に印加するとともに、上段の半導体スイッチのブートストラップ回路を下段の半導体スイッチがオンしているときにチャージ動作状態にする検出動作を行う。そして絶縁抵抗検出部は、検出動作中において、電圧分圧回路から出力された分圧電圧とインバータ回路に入力される直流電圧とに基づいて絶縁抵抗を検出する。ここで「駆動を同じデューティ比のPWM信号を用いて繰り返す検出動作」とは、パルス幅を一定にしたPWM信号を用いて、対象となる少なくとも一つのアーム回路中の一対の半導体スイッチ（上段の半導体スイッチと下段の半導体スイッチ）の一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を繰り返し行うことを意味する。

30

【0013】

本発明によれば、このような検出動作を行うことにより、モータを回転させることなく、インバータ回路の上段に使用する半導体スイッチ及び下段の半導体スイッチを駆動して、励磁巻線に電圧を印加するため、絶縁抵抗を確実に検出することができる。また下段の半導体スイッチがオン状態になっているときに、上段の半導体スイッチのブートストラップ回路をチャージ動作状態にするので、ブートストラップ回路を上段の半導体スイッチのドライブ回路に使用することが可能になる。

40

【0014】

なお絶縁抵抗が低下したモータを検知した場合、いずれかの励磁巻線が原因となって絶縁抵抗が低下しているのかを判定する場合には、複数のアーム回路を順番に選択して各アーム回路に含まれる一対の半導体スイッチに検出動作をさせる。このようにすると、いずれの相の励磁巻線が原因となって絶縁抵抗が小さくなっているのかを特定できる。

【0015】

50

本発明によれば、モータの通常運転を停止し、遮断器をOFFにして交流電源を遮断してモータの絶縁抵抗を検出する。このため、絶縁抵抗の検出に電源ラインを通して流れる漏れ電流や電源のノイズの影響を受けることがない。また、絶縁抵抗検出時のみ通電する電圧分圧回路から出力される分圧電圧を用いて絶縁抵抗を検出するため、電圧分圧回路を構成する絶縁抵抗検出用の抵抗は、専用の抵抗値とすることができる。さらに絶縁劣化検出時において、電圧分圧回路はモータ及び平滑用コンデンサに対して抵抗負荷となるため、モータ側で地絡が発生していたとしても、平滑用コンデンサから短時間のうちに過電流が導通した半導体スイッチを通して流れることがない。そのためモータで地絡が発生した場合でも、インバータ回路中の半導体スイッチが破損するのを防ぐことができる。なお絶縁劣化検出装置を動作させる際に必要な制御電源は、遮断器が接続される電源とは別に用意してもよいし、遮断器を介さずに電源に接続された電源回路を利用してもよい。また絶縁抵抗を検出するために、モータの配線は必ず必要はなく、特別な作業工数も必要ない。

10

【0016】

特に本発明によれば、電圧分圧回路は、負極直流出力部に一端が電氣的に接続された第1の抵抗器の他端と、アース部に電氣的に一端が接続された第2の抵抗器の他端とが電氣的に接続されて構成されたものを用いることができる。この場合には、第1の抵抗器の両端電圧が分圧電圧 V_{R1} として絶縁抵抗検出部に入力され、第2の抵抗器はモータが地絡状態にあるときに過電流が流れるのを防止する保護抵抗とするのが好ましい。このようにするとモータが地絡状態にあるときに過電流が発生することを確実に防止できる。また第1

20

【0017】

絶縁抵抗検出部は、分圧電圧 V_{R1} と平滑用コンデンサの端子間電圧 V_{DC} とを入力として、デューティ比をD%、第1の抵抗体の抵抗値を R_1 、第2の抵抗体の抵抗値を R_2 としたときに、絶縁抵抗 R_M を、

$$R_M = V_{DC} \times (D / 100) \times (R_1 / V_{R1}) - (R_1 + R_2)$$

の演算式により求めるように構成することができる。この演算式を用いると、モータを装置から取り外すことなく、絶縁抵抗を求めることができる。

【0018】

インバータ回路が、2台以上のモータに対してそれぞれ設けられた2台以上のインバータ回路である場合には、検出動作制御部を次のように構成することができる。すなわち、複数のインバータ回路から検出対象とする1台のインバータ回路を選択し、且つ選択した1台のインバータ回路において、検出動作を行うように検出動作制御部を構成することができる。このようにすると2台以上のモータの絶縁抵抗を1つの電圧分圧回路及び1つの絶縁抵抗検出部を用いて検出できる。

30

【0019】

またインバータ回路が3台以上のモータに対してそれぞれ設けられた3台以上のインバータ回路である場合には、検出動作制御部を次の動作を行うように構成することができる。すなわち3台以上のインバータ回路から2台のインバータ回路の組み合わせを複数決定し、決定した複数の組み合わせにそれぞれ対応する2台のインバータ回路を選択し、且つ選択した2台のインバータ回路について、同時に検出動作を行う。その際に絶縁抵抗検出部が検出する並列絶縁抵抗に基づいて、絶縁抵抗が低下しているモータを駆動するインバータ回路を含む2台のインバータ回路を特定する。そして特定した2台のインバータ回路のそれぞれにおいて、検出動作を行う。検出動作制御部が上記の動作を行った後、絶縁抵抗検出部が、検出した絶縁抵抗に基づいて絶縁抵抗が低下しているモータを特定するようにしてもよい。

40

【0020】

本発明のモータの絶縁劣化検出方法では、最初に遮断器を開状態にする。その後、正極直流出力部及び負極直流出力部の一方とグランドとの間に電圧分圧回路を電氣的に接続す

50

る。複数のアーム回路中の少なくとも一つのアーム回路中の一对の半導体スイッチの一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比のPWM信号を用いて繰り返し、少なくとも1相の励磁巻線に平滑用コンデンサから正電圧及び負電圧を交互に印加するとともに上段の半導体スイッチのブートストラップ回路を下段の半導体スイッチがオンしているときにチャージ動作状態にする検出動作を行う。そして電圧分圧回路から出力された分圧電圧とインバータ回路に入力される直流電圧とに基づいてモータの絶縁抵抗を検出する。

【0021】

インバータ回路が2台以上のモータに対してそれぞれ設けられた2台以上のインバータ回路である場合には、2台以上のインバータ回路から検出対象とする1台のインバータ回路を選択する。そして選択した1台のインバータ回路において、検出動作を行えば、2台以上のモータの絶縁抵抗の劣化を検出できる。

10

【0022】

インバータ回路が3台以上のモータに対してそれぞれ設けられた3台以上のインバータ回路である場合には、3台以上のインバータ回路から2台のインバータ回路の組み合わせを複数決定する。次に決定した複数の組み合わせにそれぞれ対応する2台のインバータ回路を選択し、且つ選択した2台のインバータ回路において、それぞれ同時に検出動作を行い、並列絶縁抵抗を検出する。そして、並列絶縁抵抗が低下しているモータを駆動するインバータ回路を含む2台のインバータ回路を特定する。その後、特定した2台のインバータ回路のそれぞれにおいて、検出動作を行い、検出した絶縁抵抗に基づいて絶縁抵抗が低下したモータを特定する。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】(A)は1つのインバータ回路により1台のモータを駆動する本発明のモータ制御装置の実施の形態の一例の構成を示す回路図であり、(B)は使用するブートストラップ回路の一例を示す図である。

【図2】(A)乃至(C)は、デューティ比が100%より小さく且つパルス幅を一定にしたPWM信号の例を示す図である。

【図3】2台のインバータ回路により2台のモータを駆動する本発明のモータ制御装置の第2の実施の形態の一例の構成を示す回路図である。

30

【図4】3台のインバータ回路により3台のモータを駆動する本発明のモータ制御装置の第3の実施の形態の一例の構成を示す回路図である。

【図5】インバータ回路の上段に使用する半導体スイッチを駆動するためのドライブ回路にブートストラップ回路を用いた例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下図面を参照して、本発明のモータ制御装置及びモータの絶縁劣化検出方法を実施する実施の形態を詳細に説明する。図1(A)は1つのインバータ回路5により1台の三相交流電動機(モータ)Mを駆動するモータ制御装置1の構成の一例を示す図であり、(B)は後述する上段の半導体スイッチを構成するトランジスタTR1乃至TR3に対して用いるブートストラップ回路の例を示す図である。モータ制御装置1は、遮断器2としての電磁接触器を通して三相交流電源ACに接続されている。このモータ制御装置1では、三相交流電源ACから出力された三相交流を6個のダイオードD1~D6がブリッジ接続されて構成された全波整流回路3により全波整流して直流電圧を得ている。そしてこの直流電圧を電解コンデンサからなる平滑用コンデンサCにより平滑化する。本実施の形態では、全波整流回路3と平滑用コンデンサCとにより整流回路が構成されている。そして平滑用コンデンサCの両端が、正極直流出力部4Aと負極直流出力部4Bとを構成している。

40

【0025】

またインバータ回路5は、3つのアーム回路51~53が、並列接続されて構成されたブリッジ回路により構成されている。3つのアーム回路51~53は、それぞれトランジ

50

スタからなる一対の半導体スイッチ（ $TR1$ 及び $TR4$ ， $TR2$ 及び $TR5$ 及び $TR3$ 及び $TR6$ ）が直列接続されて構成されている。そして一対の半導体スイッチ（ $TR1$ 及び $TR4$ ， $TR2$ 及び $TR5$ 及び $TR3$ 及び $TR6$ ）の接続点 $CP1 \sim CP3$ が、交流出力部となっている。接続点 $CP1 \sim CP3$ には、モータ M のスター結線された三相励磁巻線 $W1 \sim W2$ が接続されている。図1には、スター結線された三相励磁巻線 $W1 \sim W2$ の中性点と対地（グラウンド）との間にモータの電氣的な絶縁劣化により徐々に小さくなる電氣的な絶縁抵抗 R_M を図示してある。インバータ回路5で使用する6個のトランジスタ $TR1 \sim TR6$ には、ダイオード D がそれぞれ逆並列接続されている。本実施例では、このインバータ回路5は、図示しないインバータ制御回路に含まれるPWM制御回路10から出力されるPWM制御信号に基づいてPWM制御されて、直流電力を交流電力に変換して出力する。そしてPWM制御回路10は、モータ M の出力軸に固定された図示しないエンコーダなどの位置検出器からの出力に基づいてモータ M の回転子の位置が検出され、その検出情報を基にモータ M の回転子の位置や速度制御を行う。また上段のトランジスタ $TR1 \sim TR3$ には、代表的に図1（B）に一例を示すような、抵抗 R_0 ，コンデンサ C_0 ，ダイオード D_0 及び直流電源 DPS からなるブートストラップ回路 BSC がそれぞれ設けられている。なおトランジスタ $TR1$ 及び $TR4$ のベースには、PWM信号をトランジスタに与える駆動回路 $DC1$ 及び $DC4$ が配置されている。トランジスタ $TR2$ 及び $TR5$ 並びにトランジスタ $TR3$ 及び $TR6$ にも、図1（B）の構成と同様のブートストラップ回路及び駆動回路が配置されている。このブートストラップ回路 BSC は、下段のトランジスタ $TR4$ が導通している期間直流電源 DPS 抵抗 R_0 ，ダイオード D_0 ，コンデンサ C_0 。トランジスタ $TR4$ の回路を流れる電流により、コンデンサ C_0 が充電される。その結果、コンデンサ C_0 の電荷により、トランジスタ $TR1$ のベースエミッタ間電圧を上昇させることができる。したがって後述するように、遮断器2が開いた後でも、上段のトランジスタ $TR1 \sim TR3$ のベースに、駆動回路 $DC1$ を介して加わるPWM駆動信号により、上段のトランジスタ $TR1 \sim TR3$ の導通状態を確保できる。

【0026】

モータ制御装置1には、インバータ回路5により駆動されるモータ M の電氣的な絶縁劣化（絶縁抵抗 R_M の低下）を検出する絶縁劣化検出装置6が内蔵されている。絶縁劣化検出装置6は、電圧分圧回路7と、検出動作制御部8と、絶縁抵抗検出部9とを備えている。電圧分圧回路7は、負極直流出力部4Bの一方とグラウンドとの間にリレー接点からなる常開スイッチ回路 SW を介して配置されている。具体的には、電圧分圧回路7は、負極直流出力部4Bに一端が電氣的に接続された絶縁劣化検出用抵抗としての第1の抵抗器 $R1$ の他端と、グラウンドに電氣的に一端が接続された第2の抵抗器 $R2$ の他端との間に、常時は開状態にあるが指令が入力されると閉状態となる常開スイッチ回路 SW が配置された構成を有している。第1の抵抗器 $R1$ の両端電圧が分圧電圧として、電圧比較部9内の AD コンバータに入力される。第2の抵抗器 $R2$ は、モータ M が地絡状態にあるときに過電流が流れるのを防止する抵抗値を有する保護抵抗を構成している。このように電圧分圧回路7を構成すると、モータ M が地絡状態にあるときに過電流が発生することを確実に防止できる。

【0027】

検出動作制御部8は、電磁接触器からなる遮断器2が開状態になっているときに、常開スイッチ回路 SW を閉状態にする。検出動作制御部8は、以下の検出動作を行う。まず3つのアーム回路51～53中の少なくとも一つのアーム回路（以下代表的にアーム回路51を例として説明する）中の一対の半導体スイッチ（以下代表的にトランジスタ $TR1$ 及び $TR4$ を例として説明する）の一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比のPWM信号を用いて繰り返す。例えば、トランジスタ $TR1$ をオンさせている期間トランジスタ $TR4$ をオフさせ、トランジスタ $TR4$ をオンさせている期間トランジスタ $TR1$ をオフさせるオン・オフ動作を行う。このオン・オフ動作により、1相の励磁巻線 $W1$ に平滑用コンデンサ C から正電圧及び負電圧が交互に印加される。そして前述のように上段のトランジスタ $TR1$

10

20

30

40

50

に対するブートストラップ回路BSCを下段のトランジスタTR4がオンしているときにコンデンサC₀をチャージするチャージ動作を行う。

【0028】

「駆動を同じデューティ比のPWM信号を用いて繰り返す」とは、図2(A)乃至(C)に例示するように、PWM制御を行う場合において使用するPWM信号のデューティ比が100%より小さいデューティ比(例えば50%)で、且つパルス幅を一定にした同じPWM信号を用いて対象となる一対のトランジスタTR1及びTR4の一方をオン状態にして他方をオフ状態にし、その後一方をオフ状態にして他方をオン状態にする駆動を同じデューティ比を持ったPWM信号を用いて繰り返すことを意味する。図2の右図に示すように、このようなPWM信号を用いることにより励磁巻線に印加される電圧の平均をデューティに応じた電圧値とすることができる。デューティ比が例えば60%であるとする、トランジスタTR1が60%のデューティ期間オン状態(この期間トランジスタTR4はオフ状態)となり、トランジスタTR4が残りの40%のデューティ期間オン状態(この期間トランジスタTR1はオフ状態)となる。デューティ比は、下段のトランジスタによりブートストラップ回路をチャージ動作状態にできて、しかも絶縁抵抗R_Mの検出に必要な電圧を励磁巻線に印加できるものであればよい。すなわちデューティ比の上限値は、インバータ回路5の上側のトランジスタTR1乃至TR3のゲート電源を例えば図2(B)に示すようなブートストラップ回路により充電できる値にするのが好ましい。そしてデューティ比の下限値は、モータに印加される平均電圧が低下しても、絶縁抵抗の検出精度が低下することを阻止できる値にするのが好ましい。

【0029】

そして絶縁抵抗検出部9は、検出動作中において、電圧分圧回路から出力された分圧電圧とインバータ回路に入力される直流電圧とに基づいて絶縁抵抗を検出する。絶縁抵抗検出部9は、アナログ-デジタルコンバータADと中央演算装置CPUとから構成される。アナログ-デジタルコンバータADは、電圧分圧回路7から出力された分圧電圧V_{R1}とインバータ回路5に入力される直流電圧(平滑用コンデンサの端子間電圧)V_{DC}とをデジタルデータに変換する。そして中央演算装置CPUは、後に説明する演算式に従って絶縁抵抗R_Mを演算する。

【0030】

使用する演算式は以下のようにして決定した。まずモータMの絶縁抵抗R_Mの抵抗値をR_Mとし、平滑用コンデンサの端子間電圧をV_{DC}とし、第1の抵抗体R1の両端の電圧をV_{R1}とし、デューティ比をD%、第1の抵抗体R1の抵抗値をR₁、第2の抵抗体R2の抵抗値をR₂としたときに、第1の抵抗体R1の両端の電圧V_{R1}は以下の式で表すことができる。

【0031】

$$V_{R1} = V_{DC} \times (D / 100) / (R_M + R_1 + R_2) \times R_1$$

なお、ここでは、V_{DC}と比較してインバータ素子の電圧降下は小さいものとして無視している。絶縁抵抗R_Mは、

$$R_M = V_{DC} \times (D / 100) \times (R_1 / V_{R1}) - (R_1 + R_2)$$

の演算式で算出できる。

【0032】

上記の演算式による演算は、中央演算装置CPUで実行される。なお本実施の形態では、中央演算装置CPUは、検出した絶縁抵抗をモニタリングし、絶縁抵抗が予め定めた値以上になると、モータ制御装置を使用するユーザにアラームを発生する。アラームが発生した場合、ユーザは絶縁抵抗が低い場合はモータを交換し、モータが地絡してシステムダウンするのを防止する。なお、本実施の形態では、アーム回路51~53中の少なくとも一つのアーム回路中の一対のトランジスタTR1及びTR4等をPWM駆動して交互にオン・オフさせる。具体的には、各励磁巻線に電圧を印加する一対のトランジスタTR1及びTR4等の一方のトランジスタを50%のデューティのPWM信号でオン状態にし、他方のトランジスタをオフ状態にし、その後他方のトランジスタを50%のデューティのP

WM信号でオン状態にし、一方のトランジスタをオフ状態にする駆動を繰り返す。50%のデューティのPWM信号を用いると、励磁巻線に印加される正電圧及び負電圧の絶対値は等しくなり、絶縁抵抗の検出とブートストラップ回路のチャージ動作の両方をバランスよく実行することができる。

【0033】

なお本実施の形態では、励磁巻線W1にトランジスタTR1を介して正電圧を印加して絶縁抵抗を検出した後、励磁巻線W1にトランジスタTR4を介して負電圧を印加している期間トランジスタTR1のブートストラップ回路のチャージ動作を行う。次に励磁巻線W2にトランジスタTR3を介して正電圧を印加して絶縁抵抗を検出した後、励磁巻線W2にトランジスタTR6を介して負電圧を印加している期間トランジスタTR3のブートストラップ回路のチャージ動作を行う。その後励磁巻線W3にトランジスタTR2を介して正電圧を印加して絶縁抵抗を検出した後、励磁巻線W3にトランジスタTR5を介して負電圧を印加している期間トランジスタTR2のブートストラップ回路のチャージ動作を行う。

10

【0034】

なお検出動作制御部8が指定する、励磁巻線に電圧を印加する順番は、本実施の形態に限定されるものではない。また検出動作制御部8は、複数の励磁巻線に対して、前述と同様の検出動作を同時に実行して、各励磁巻線に電圧を印加し、同時に絶縁抵抗を検出するようにしてもよい。

【0035】

なお検出動作において、PWM制御回路10は、検出動作制御部8から検出動作のためのPWM信号発生指令を受け取ると、指定されたアーム中の一对のトランジスタの一方のトランジスタの駆動回路に所定のデューティのPWM信号を与え、他方のトランジスタの駆動回路に反転した所定のデューティのPWM信号を与える。

20

【0036】

上記実施の形態では、上記演算式を用いて絶縁抵抗を演算により求めたが、絶縁抵抗を検出する場合に、上記演算式を用いることに限定されるものではなく、比較器を用いて絶縁抵抗を相対的に検出するようにしてもよい。例えば、絶縁抵抗 R_M が高い場合は分圧電圧 V_{R1} は低く、絶縁抵抗 R_M が低い場合は分圧電圧 V_{R1} は高くなる。したがって絶縁抵抗 R_M がある程度劣化した場合の分圧電圧 V_{R1} に相当する電圧を電圧基準電圧 V_{ref} として、分圧電圧 V_{R1} と電圧基準電圧 V_{ref} とを比較することにより、絶縁抵抗 R_M を相対的に検出することができる。

30

【0037】

また、整流回路3は、PWMコンバータなどのように三相交流電源ACに電力を回生できる回路でもよい。その場合は、絶縁劣化を検出する際に、PWMコンバータを停止させて、絶縁劣化の検出を行う。

【0038】

なお絶縁劣化検出装置6を動作させる際に必要な制御電源及び前述の直流電源DPSは、遮断器2が接続される三相交流電源ACとは別に用意されている。また制御電源を、遮断器2を介さずに三相交流電源ACに接続して構成するようにしてもよい。

40

【0039】

図3は、本発明のモータ制御装置の第2の実施の形態の回路構成を示している。図3に示した回路構成には、図1に示した回路構成を構成する部材と同様の部材に、図1に示した部材に付した符号の数に100の数または200の数を加えた数の符号を付して、詳細な説明を省略する。図3の実施の形態では、全波整流回路103に対して2台のインバータ回路105及び205が接続されている。そして2台のインバータ回路105及び205には2台のモータM1及びM2がそれぞれ接続されている。本実施の形態では、2台のモータをそれぞれ1つの絶縁劣化検出装置106を利用してその絶縁抵抗を検出することができる。そこでこの実施の形態では、絶縁劣化検出装置106の検出動作制御部108を、遮断器102が開状態になっているときに、常開スイッチ回路SWを閉状態にし、2

50

台のインバータ回路 105 及び 205 から順番に検出対象とする 1 台のインバータ回路を選択し、且つ選択したインバータ回路中の複数相の励磁巻線に対して前述の検出動作を行うように構成する。

【0040】

具体的には、例えば検出動作制御部 108 は、最初にインバータ回路 105 のアーム 151 ~ 153 に含まれる一対のトランジスタ (TR1 及び TR4, TR2 及び TR5, TR3 及び TR6) の上段のトランジスタを 50% のデューティ比でオン状態にしている期間モータ M1 の絶縁抵抗 R_{M1} の抵抗 R_{M1} を検出し、その後下段のトランジスタを 50% のデューティ比でオン状態にしている期間上段のトランジスタのブートストラップ回路のチャージ動作を行う。次に検出動作制御部 108 は、インバータ回路 105 中のトランジスタに PWM 信号を与えることを停止して、インバータ回路 205 のアーム 251 ~ 253 に含まれる一対のトランジスタ (TR1 及び TR4, TR2 及び TR5, TR3 及び TR6) の上段のトランジスタを 50% のデューティ比でオン状態にしている期間モータ M2 の絶縁抵抗 R_{M2} の抵抗 R_{M2} を検出し、その後下段のトランジスタを 50% のデューティ比でオン状態にしている期間上段のトランジスタのブートストラップ回路のチャージ動作を行う。

【0041】

このように 1 台のモータの絶縁抵抗の検出により絶縁劣化の判定が終わった後に、残りの 1 台のモータに対応するインバータ回路においても同様の検出動作を実行すれば、複数台のモータについて順番に絶縁抵抗の検出を行うことができ、コストを下げ、複数台のモータの絶縁抵抗の検出の絶縁劣化の判定をすることが可能になる。

【0042】

図 4 は、本発明のモータ制御装置の第 3 の実施の形態の回路構成を示している。図 4 に示した回路構成には、図 1 に示した回路 (インバータ回路を除く) を構成する部材と同様の部材に、図 1 に示した部材に付した符号の数に 200 の数を加えた数の符号を付して、詳細な説明を省略する。図 4 の実施の形態では、全波整流回路 203 に対して 4 台のインバータ回路 105, 205, 305 及び 405 が接続されている。そして 4 台のインバータ回路 105 ~ 405 には 4 台のモータ M1 ~ M4 がそれぞれ接続されている。本実施の形態では、4 台のモータを、図 3 の実施の形態と同様に、それぞれ 1 つの絶縁劣化検出装置 206 を利用してその絶縁抵抗を検出することができる。モータの絶縁劣化を 1 台ずつ検出する場合には、絶縁劣化検出装置 206 の検出動作制御部 208 を、遮断器 202 が開状態になっているときに、常開スイッチ回路 SW を閉状態にし、4 台のインバータ回路 105 ~ 405 から順番に検出対象とする 1 台のインバータ回路を選択し、選択した 1 台のインバータ回路において、図 1 の実施の形態と同様に検出動作を行う。

【0043】

具体的には、最初にインバータ回路 105 によって駆動されるモータ M1 の絶縁抵抗 R_{M1} の抵抗 R_{M1} を検出し、次にインバータ回路 205 によって駆動されるモータ M2 の絶縁抵抗 R_{M2} の抵抗 R_{M2} を検出し、次にインバータ回路 305 によって駆動されるモータ M3 の絶縁抵抗 R_{M3} の抵抗 R_{M3} を検出し、最後のインバータ回路 405 によって駆動されるモータ M4 の絶縁抵抗 R_{M4} の抵抗 R_{M4} を検出すればよい。

【0044】

このように 1 台ずつインバータ回路を選択するのではなく、同時に複数台のインバータ回路を選択して、同時に複数台のモータの絶縁抵抗を検出するように、検出動作制御部 208 を構成することも可能である。例えば 4 台のインバータ回路 105 ~ 405 から 2 台のインバータ回路 105 及び 205 を第 1 の組み合わせとして選択する。そして選択した 2 台のインバータ回路 105 及び 205 (第 1 の組み合わせ) によって駆動されるモータ M1 及び M2 の絶縁抵抗を検出する。次に残りの 2 台のインバータ回路 305 及び 405 (第 2 の組み合わせ) を選択する。そして残りの 2 台のインバータ回路 305 及び 405 (第 2 の組み合わせ) によって駆動されるモータ M3 及び M4 の絶縁抵抗を検出する。本実施の形態によれば、選択した 2 台のインバータ回路を 1 つの組み合わせとして、順次モ

ータの絶縁劣化を検出することができる。1回に選択するインバータ回路の台数を同じ台数にすれば、検出動作制御部208の構成は簡単になる。なお同時に複数台のインバータ回路を1つの組み合わせとして検出動作を行う場合には、どの1つの組み合わせの内のいずれかのモータで絶縁劣化が発生していることは判る。しかし具体的に、どのモータで絶縁劣化が発生しているのかは直ちには判らないので、絶縁抵抗が劣化しているモータを駆動する2台のインバータ回路について、個別に最初の実施の形態と同様にして絶縁抵抗を検出して、絶縁劣化が発生しているモータを特定すればよい。

【0045】

なおインバータ回路が5台のように、同じ台数の組み合わせに分けることができない場合には、選択するインバータ回路の台数を固定のものとせず、変動するものとすればよい。すなわち最初に、3台のインバータ回路からなる第1の組み合わせについて検出動作を行い、次に2台のインバータ回路からなる第2の組み合わせについて検出動作を行うようにしてもよい。

【0046】

4台のモータM1乃至M4のうち絶縁抵抗が低下しているモータを特定するためには、図4に破線で示すように、中央演算装置CPUで演算結果を検出動作制御部208に戻す構成を採用する。そして検出動作制御部208は、複数台のインバータ回路から適宜の2台のインバータ回路を選択し、それらインバータ回路で同時に検出動作を行う。

【0047】

すなわち2台のインバータ回路のそれぞれについて、一つのアーム回路中の一对のトランジスタに前述の所定のデューティのPWM信号を与える。このようにすると2台のインバータ回路で駆動する2台のモータの絶縁抵抗が並列接続された状態で、絶縁抵抗検出部209が絶縁抵抗(並列絶縁抵抗)を検出する。中央演算装置CPUが、並列絶縁抵抗を演算し、並列絶縁抵抗が予め定めた基準値より大きい2台のインバータ回路を特定する情報を検出動作制御部208に戻す。この情報を得た検出動作制御部208は、特定の2台のインバータ回路について前述と同様に個々に検出動作を行う。そして中央演算装置CPUで2台のモータの絶縁抵抗をそれぞれ演算して、絶縁抵抗の劣化を判定するようにする。具体的に説明すると、まずインバータ回路105及び205について同時に検出動作を行い、モータM1とM2の並列絶縁抵抗の検出を行った後、インバータ回路105及び205での検出動作を停止する。次に、インバータ回路305及び405で前述の検出動作を行い、モータM3、M4の並列絶縁抵抗の検出を行った後、インバータ回路305、405での検出動作を停止する。次に、モータM1、M2の並列絶縁抵抗が低い場合は、インバータ回路105について検出動作を行ってモータM1の絶縁抵抗の検出を行った後、インバータ回路105での検出動作を停止する。次にインバータ回路205について検出動作を行ってモータM2の絶縁抵抗の検出を行った後、インバータ回路205での検出動作を停止する。モータM3もしくはM4が故障している場合は、インバータ回路305について検出動作を行い、モータM3の絶縁抵抗検出を行った後、インバータ回路305での検出動作を停止する。次にインバータ回路405について検出動作を行って、モータM4の絶縁抵抗の検出を行った後、インバータ回路405での検出動作を停止する。これにより、1つの絶縁抵抗検出部209で効率的に4台のモータの絶縁劣化の検出を行うことができる。

【0048】

上記各実施の形態では、モータの通常運転を停止し、電磁接触器をOFFにして三相交流電源を遮断してモータの絶縁抵抗を検出する。このため、電源ラインを通して流れる漏れ電流や電源のノイズの影響を受けることがない。また、絶縁抵抗検出時のみ通電する検出抵抗を用いて絶縁抵抗を検出するため、絶縁抵抗検出用抵抗体は、専用の抵抗値を持った抵抗体とすることができる。またモータが地絡していても、保護抵抗があるため、過大な電流が流れることがない。さらに各実施の形態によれば、モータの配線は必ず必要はなく、特別な作業工数も必要ない。さらに、モータを複数台駆動するモータ制御装置においては、複数台のモータに対し1つの絶縁抵抗検出部を構成すればよく、低コスト化が図

10

20

30

40

50

れる。また、1つの絶縁抵抗検出部で各々のモータの絶縁抵抗を検出できる。また、組合せを工夫することで、モータが何台もある場合も、早く故障しているモータを発見できる。また、モータのどの相に絶縁劣化を生じているのかも見極めることができる。

【0049】

上記3つの実施の形態では、絶縁抵抗の検出の際に、負極直流出力部4B, 104Bに分圧抵抗回路7, 107を接続しているが、正極直流出力部4A, 104Aに分圧抵抗回路7, 107を接続してもよい。

【0050】

上記実施の形態では、モータがスター結線された三相励磁巻線を有するものであるが、デルタ結線された三相励磁巻線を有するモータの絶縁抵抗を検出する場合にも本発明を適用できるのは勿論である。

10

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明によれば、モータを回転させることなく、インバータ回路の上段に使用する半導体スイッチ及び下段の半導体スイッチを交互に駆動して励磁巻線に電圧を印加するため、絶縁抵抗を確実に検出することができる。また下段の半導体スイッチがオン状態になっているときに、上段の半導体スイッチのブートストラップ回路をチャージ動作状態にするので、ブートストラップ回路を上段の半導体スイッチのドライブ回路に使用することが可能になる。

【符号の説明】

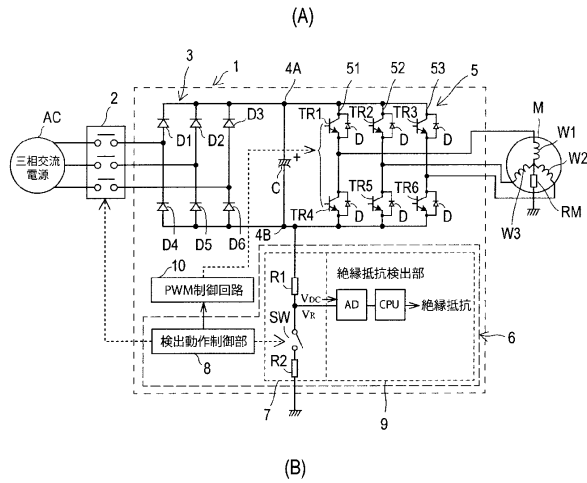
20

【0052】

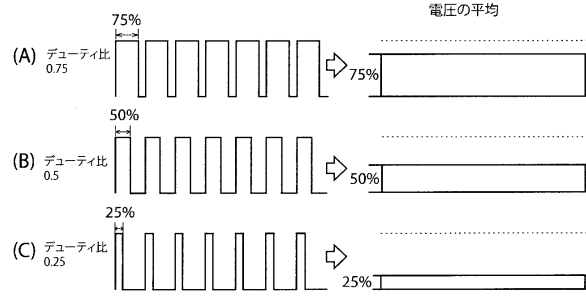
- 1 モータ制御装置
- 2, 102, 202 遮断器
- 3, 103, 203 全波整流回路
- 4A, 104A, 204A 正極直流出力部
- 4B, 104B, 204B 負極直流出力部
- 5, 105, 205, 305, 405 インバータ回路
- 6, 106, 206 絶縁劣化検出装置
- 7, 107, 207 電圧分圧回路
- 8, 108, 208 検出動作制御部
- 9, 109, 209 絶縁抵抗検出部
- 10, 110, 210 PWM制御回路
- TR1 ~ TR6 トランジスタ(半導体スイッチ)
- D ダイオード
- C 平滑用コンデンサ
- R1 第1の抵抗器
- R2 第2の抵抗器
- SW 常開スイッチ回路

30

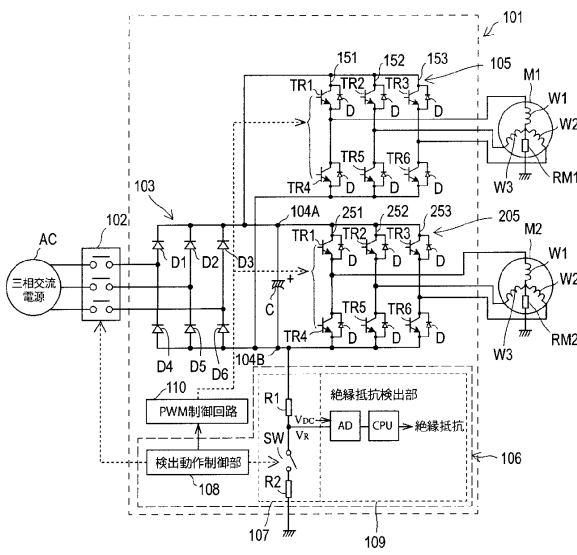
【図 1】



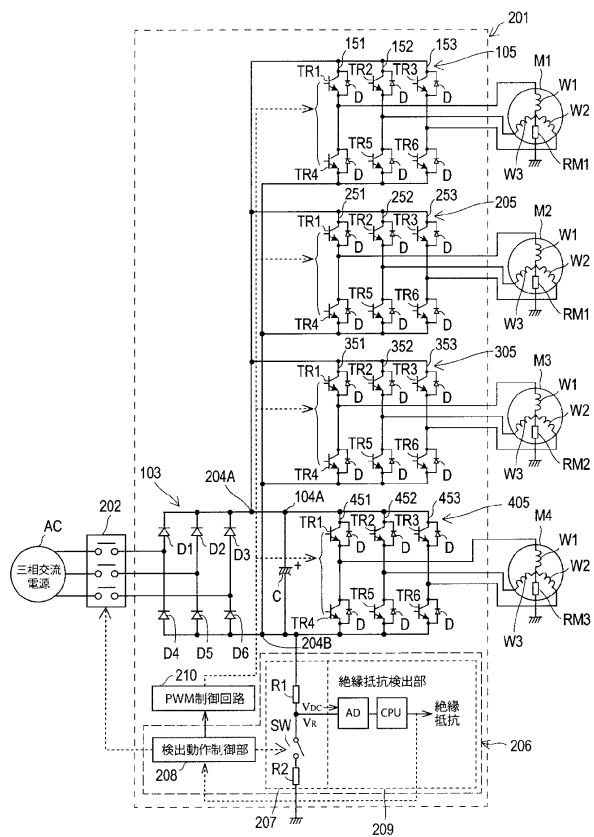
【図 2】



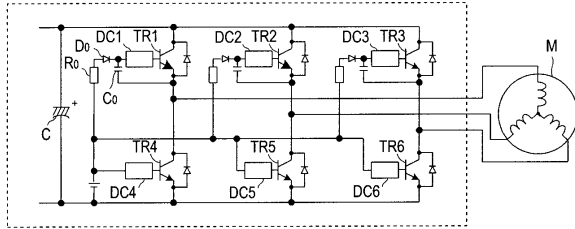
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-204600(JP,A)
特開平5-292755(JP,A)
特開2008-271620(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 31/34
H02K 11/00
H02P 27/06