(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5493988号
(P5493988)
(45)発行日　平成26年5月14日(2014.5.14)　(24)登録日　平成26年3月14日(2014.3.14)

(51)Int.Cl.　F I
H02P 7/06 (2006.01)　H02P 7/06 G

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21)出願番号　特願2010-38779(P2010-38779)
(22)出願日　平成22年2月24日(2010.2.24)
(65)公開番号　特開2011-176935(P2011-176935A)
(43)公開日　平成23年9月8日(2011.9.8)
審査請求日　平成24年8月23日(2012.8.23)

(73)特許権者　301065892
株式会社アドヴィックス
愛知県刈谷市昭和町２丁目１番地
(74)代理人　100100022
弁理士　伊藤　洋二
(74)代理人　100108198
弁理士　三浦　高広
(74)代理人　100111578
弁理士　水野　史博
(72)発明者　岡本　功
愛知県刈谷市昭和町２丁目１番地　株式会社アドヴィックス内

審査官　當間　庸裕

最終頁に続く

(54)【発明の名称】モータ駆動装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電気モータ（２）に電力を供給する直流電源（３）と、前記電気モータ（２）と前記直流電源（３）との間の電力供給経路をオンオフするスイッチング素子（４）とを備える電気モータ（２）の駆動回路に適用され、前記スイッチング素子（４）により前記電気モータ（２）への電力供給を制御するモータ駆動装置において、
前記スイッチング素子（４）をオンからオフに切替えたときの前記電気モータ（２）への電力供給終了に伴って変化する前記電気モータ（２）と前記スイッチング素子（４）との間の接点電位を取得する第１接点電位取得手段と、
前記スイッチング素子（４）にオンしているときの前記電気モータ（２）への電力供給中の前記接点電位を取得する第２接点電位取得手段と、
前記第１接点電位取得手段により取得された前記接点電位に基づいて、前記電気モータ（２）への電力供給停止に伴う前記接点電位の変化の態様が、前記電気モータ（２）および前記スイッチング素子（４）が正常時の態様か、前記電気モータ（２）もしくは前記スイッチング素子（４）が故障時の態様であるかを判定する第１判定手段と、
前記第２接点電位取得手段により取得された前記接点電位が、所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）以上であるか否かを判定する第２判定手段と、
前記第１判定手段にて前記接点電位の変化の態様が前記正常時の態様であると判定されると前記電気モータ（２）および前記スイッチング素子（４）が正常であるとし、前記第１判定手段にて前記接点電位の変化の態様が前記故障時の態様であると判定され、かつ、

前記第２判定手段にて前記接点電位が所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）以上と判定されれば前記電気モータ（２）の故障と特定し、前記第１判定手段にて前記接点電位の変化の態様が前記故障時の態様であると判定され、かつ、前記第２判定手段にて、前記接点電位が所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）未満と判定されれば前記スイッチング素子（４）の故障と特定する故障特定手段と、を備えていることを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項２】

前記第２接点電位取得手段は、前記電気モータ（２）への電力供給が行なわれてから、突入電流の発生期間経過後の前記接点電位を取得することを特徴とする請求項１に記載のモータ駆動装置。

【請求項３】

前記スイッチング素子（４）を第１所定時間（Ｔ１）だけオンして前記電気モータ（２）に対して電力供給を行う第１電力供給制御手段と、

前記スイッチング素子（４）をオンしたときに発生する突入電流の発生期間よりも長い第２所定時間（Ｔ２）だけオンして前記電気モータ（２）に対して電力供給を行う第２電力供給制御手段とを備え、

前記第１接点電位取得手段は、前記第１電力供給制御手段による前記電気モータ（２）への電力供給終了に伴い変化する前記接点電位を取得し、

前記第２接点電位取得手段は、前記第２電力供給制御手段による前記電気モータ（２）への電力供給が開始されてから、前記突入電流の発生期間経過後の前記接点電位を取得し、

前記第１電力供給制御手段による前記電力供給および前記第１接点電位取得手段による前記接点電位の取得を、前記第２電力供給制御手段による前記電力供給および前記第２接点電位取得手段による前記接点電位の取得よりも先に行うことを特徴とする請求項１または２に記載のモータ駆動装置。

【請求項４】

前記第２電力供給制御手段による前記電力供給および前記第２接点電位取得手段による前記接点電位の取得は、前記第１判定手段にて前記接点電位の変化の態様が前記故障時の態様であると判定されたときにのみ行なわれ、前記第１判定手段にて前記接点電位の変化の態様が前記正常時の態様であると判定されたときには行なわれないことを特徴とする請求項３に記載のモータ駆動装置。

【請求項５】

前記第２電力供給制御手段による前記電力供給および前記第２接点電位取得手段による前記接点電位の取得を行うよりも先に、前記第１電力供給制御手段による前記電力供給および前記第１接点電位取得手段による前記接点電位の取得を、複数回行うことを特徴とする請求項３または４に記載のモータ駆動装置。

【請求項６】

前記複数回にわたる前記第１電力供給制御手段による前記電力供給および前記第１接点電位取得手段による前記接点電位の取得において、先に行う電力供給ほど同電力供給の前記第１所定時間が短く、

前記第１電力供給制御手段による次の前記電力供給は、前記第１判定手段にて前記第１接点電位取得により先に取得された前記接点電位に基づく前記接点電位の態様が故障時の態様と判定されたときのみに行われ、前記先に取得された前記接点電位に基づく前記接点電位の変化の態様が正常時の態様と判定されたときは行われないことを特徴とする請求項５に記載のモータ駆動装置。

【請求項７】

前記第１判定手段は、前記第１接点電位取得手段にて取得される前記接点電位が所定の第２しきい電位（Ｖｔｈ２）以下になったか否かを判定すると共に、前記電気モータ（２）への電力供給が終了した時点から当該接点電位が前記第２しきい電位（Ｖｔｈ２）以下になったことが判定される時点までの時間を計時時間（Ｔ）として、該計時時間（Ｔ）が所定のしきい時間（Ｔｔｈ）以上である場合に、前記接点電位の変化の態様が前記正常時

の態様と判定し、該計時時間（Ｔ）が前記しきい時間（Ｔｔｈ）未満である場合に、前記接点電位の変化の態様が前記故障時の態様と判定することを特徴とする請求項１ないし６のいずれか１つに記載のモータ駆動装置。

【請求項８】

前記電気モータ（２）は、車両のブレーキ装置においてブレーキ液圧を加圧する電動ポンプを駆動するものであり、

前記ブレーキ装置を操作するためのブレーキ操作部材（５）の操作量を検出するブレーキ操作量検出手段と、

前記ブレーキ操作量検出手段により検出された操作量が大きいほど、前記しきい時間（Ｔｔｈ）を小さくするブレーキ操作量対しきい時間設定手段と、を備えていることを特徴とする請求項７に記載のモータ駆動装置。

【請求項９】

前記直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、

前記電源電圧検出手段により検出された前記直流電源（３）の電圧が小さいほど、前記しきい時間（Ｔｔｈ）を小さくする電源電圧対しきい時間設定手段と、を備えていることを特徴とする請求項７または８に記載のモータ駆動装置。

【請求項１０】

前記第１接点電位取得手段は、前記電気モータ（２）への電力供給が終了した時点から所定の設定時間（T_{SET}）が経過した時点の前記接点電位を取得し、

前記第１判定手段は、前記第１接点電位取得手段により取得された前記接点電位が所定の設定電位（V_{SET}）以上である場合に、前記接点電位の変化の態様が前記正常時の態様と判定し、前記第１接点電位取得手段により取得された前記接点電位が所定の設定電位（V_{SET}）未満である場合に、前記接点電位の変化の態様が前記故障時の態様と判定することを特徴とする請求項１ないし６のいずれか１つに記載のモータ駆動装置。

【請求項１１】

前記電気モータ（２）は、車両のブレーキ装置においてブレーキ液圧を加圧する電動ポンプを駆動するものであり、

前記ブレーキ装置を操作するためのブレーキ操作部材（５）の操作量を検出するブレーキ操作量検出手段と、

前記ブレーキ操作量検出手段により検出された操作量が大きいほど、前記設定電位（V_{SET}）を小さくするブレーキ操作量対電位設定手段と、を備えていることを特徴とする請求項１０に記載のモータ駆動装置。

【請求項１２】

前記直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、

前記電源電圧検出手段により検出された前記直流電源（３）の電圧が小さいほど、前記設定電位（V_{SET}）を小さくする電源電圧対電位設定手段と、を備えていることを特徴とする請求項１０または１１に記載のモータ駆動装置。

【請求項１３】

前記直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、

前記電源電圧検出手段により検出された前記直流電源（３）の電圧が小さいほど、前記第１しきい電位（Ｖｔｈ１）を小さくする第１しきい電位設定手段と、を備えていることを特徴とする請求項１ないし１２のいずれか１つに記載のモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、スイッチング素子を駆動することによって電気モータへの給電を行うモータ駆動装置に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

従来、特許文献１において、スイッチング素子のオンオフ駆動に基づいて直流電源から

電気モータに給電するモータ駆動を行うに際し、電気モータの故障の発生を判定することができるモータ故障判定装置が開示されている。このモータ故障判定装置では、電気モータとスイッチング素子との間の接点電位をモニタし、電気モータへの給電がオンからオフに切り替わるときに、モータに発生していた逆起電力に基づいて電気モータの故障を判定している。具体的には、電気モータが軸ロックしている場合、電気モータが回転しないため、電気モータへの給電がオンからオフに切り替わったときに発生していた逆起電力が正常時と異なった値となる。これに基づいて、電気モータの軸ロックを検出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特許第２９３５３３５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、モータ駆動を行うための回路の故障には様々な形態があり、電気モータの軸ロック以外にもスイッチング素子の故障等がある。例えば、スイッチング素子が故障した場合、正常時と比較してスイッチング素子での電圧降下が大きくなり、電気モータに印加される電圧が低下してしまう。このような場合、所望のモータ特性を得ることができなくなる。特許文献１に記載のモータ故障判定装置では、電気モータの軸ロック以外の様々な故障について検出することができず、電気モータの軸ロック以外のスイッチング素子の故障についても検出できるようにすることが望まれる。

【０００５】

本発明は上記点に鑑みて、電気モータの故障に加えてスイッチング素子の故障も検出することができるモータ駆動装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記目的を達成するため、請求項１に記載の発明では、スイッチング素子（４）をオンからオフに切替えたときの電気モータ（２）への電力供給終了に伴って変化する電気モータ（２）とスイッチング素子（４）との間の接点電位を取得する第１接点電位取得手段と、スイッチング素子（４）にオンしているときの電気モータ（２）への電力供給中の接点電位を取得する第２接点電位取得手段と、第１接点電位取得手段により取得された接点電位に基づいて、電気モータ（２）への電力供給停止に伴う接点電位の変化の態様が、電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が正常時の態様か、電気モータ（２）もしくはスイッチング素子（４）が故障時の態様であるかを判定する第１判定手段と、第２接点電位取得手段により取得された接点電位が、所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）以上であるか否かを判定する第２判定手段と、第１判定手段にて接点電位の変化の態様が正常時の態様であると判定されると電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が正常であるとし、第１判定手段にて接点電位の変化の態様が故障時の態様であると判定され、かつ、第２判定手段にて接点電位が所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）以上と判定されれば電気モータ（２）の故障と特定し、第１判定手段にて接点電位の変化の態様が故障時の態様であると判定され、かつ、第２判定手段にて、接点電位が所定の第１しきい電位（Ｖｔｈ１）未満と判定されればスイッチング素子（４）の故障と特定する故障特定手段と、を備えていることを特徴としている。

【０００７】

このように、電気モータ（２）への電力供給中の接点電位と電気モータ（２）への電力供給終了に伴い変化する接点電位とに基づいて、電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が正常であるか、いずれかに故障しているかを判定できる。また、電気モータ（２）もしくはスイッチング素子（４）が故障している場合に、いずれが故障しているかを特定することができる。これにより、電気モータ（２）の故障に加えてスイッチング素子（４）の故障も検出することができるモータ駆動装置とすることができる。

【０００８】
請求項２に記載の発明では、第２接点電位取得手段は、電気モータ（２）への電力供給が行なわれてから、突入電流の発生期間経過後の接点電位を取得することを特徴としている。
【０００９】
このように、突入電流の発生期間経過後の接点電位を取得することで、定常状態に移行してからの電気モータ（２）への電力供給中の接点電位を取得することができ、正確な故障判定を行うことができる。
【００１０】
ここで、電気モータ（２）の作動音削減の観点からは、第１所定時間（Ｔ１）および第２所定時間（Ｔ２）を短くして、電気モータ（２）の駆動時間を短くすることが好ましい。
【００１１】
一方、上述したように、故障判定の精度向上の観点からは、第２所定時間（Ｔ２）をスイッチング素子（４）をオンしたときに発生する突入電流の発生期間よりも長くして、当該突入電流の発生期間の経過後の接点電位を取得することが好ましい。この場合、第２所定時間（Ｔ２）は、第１所定時間（Ｔ１）ほど短くすることができない。
【００１２】
そこで、請求項３に記載の発明では、第１電力供給制御手段により、スイッチング素子（４）を第１所定時間（Ｔ１）だけオンして電気モータ（２）に対して電力供給を行うと共に、第２電力供給制御手段により、スイッチング素子（４）をオンしたときに発生する突入電流の発生期間よりも長い第２所定時間（Ｔ２）だけオンして電気モータ（２）に対して電力供給を行い、第１接点電位取得手段は、第１電力供給制御手段による電気モータ（２）への電力供給終了に伴い変化する接点電位を取得し、第２接点電位取得手段は、第２電力供給制御手段による電気モータ（２）への電力供給が開始されてから、突入電流の発生期間経過後の接点電位を取得し、第１電力供給制御手段による電力供給および第１接点電位取得手段による接点電位の取得を、第２電力供給制御手段による電力供給および第２接点電位取得手段による接点電位の取得よりも先に行うことを特徴としている。
【００１３】
このように、第１接点電位取得手段による接点電位の取得を、第２電力供給制御手段による電力供給および第２接点電位取得手段による接点電位の取得よりも先に行うことで、第２所定時間（Ｔ２）よりも短い第１所定時間（Ｔ１）だけ電気モータ（２）を駆動するだけで、電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が正常であるか、いずれかに故障しているかを判定できる。すなわち、故障判定の精度向上と電気モータ（２）の作動音削減との両立を図ることができる。
【００１４】
この場合、請求項４に記載したように、第２電力供給制御手段による電力供給および第２接点電位取得手段による接点電位の取得は、第１判定手段にて接点電位の変化の態様が故障時の態様であると判定されたときにのみ行なわれ、第１判定手段にて接点電位の変化の態様が正常時の態様であると判定されたときには行なわれないようにすれば、正常時の電気モータ（２）の駆動時間を短くできる。したがって、電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が正常である場合には、電気モータ（２）の駆動時間の短縮を図ることで、作動音や振動を長時間発生させずに済み、商品性を低下させないで済む。
【００１５】
請求項５に記載の発明では、第２電力供給制御手段による電力供給および第２接点電位取得手段による接点電位の取得を行うよりも先に、第１電力供給制御手段による電力供給および第１接点電位取得手段による接点電位の取得を、複数回行うことを特徴としている。
【００１６】
このように、第１電力供給制御手段による電力供給および第１接点電位取得手段による

接点電位の取得を、複数回行うようにしている。この回数が多くなるほど、電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）のいずれかが故障しているか否かを正確に判定することができる。

【００１７】

請求項６に記載の発明では、複数回にわたる第１電力供給制御手段による電力供給および第１接点電位取得手段による接点電位の取得において、先に行う電力供給ほど同電力供給の第１所定時間が短く、第１電力供給制御手段による次の電力供給は、第１判定手段にて第１接点電位取得により先に取得された接点電位に基づく接点電位の態様が故障時の態様と判定されたときのみに行われ、先に取得された接点電位に基づく接点電位の変化の態様が正常時の態様と判定されたときは行われないことを特徴としている。

【００１８】

このように、先に実行する電力供給の第１所定時間（Ｔ１）ほど短くし、先の電力供給において電気モータ（２）およびスイッチング素子（４）が故障していないことが判定されると、その後の処理は実行されないようにしているため、電気モータ（２）の駆動時間を短くすることができる。これにより、故障判定の判定精度を高めつつ、電気モータ（２）の作動音や振動の発生時間を短縮することができる。

【００１９】

例えば、請求項７に記載したように、第１判定手段は、第１接点電位取得手段にて取得される接点電位が所定の第２しきい電位（Ｖｔｈ２）以下になったか否かを判定すると共に、電気モータ（２）への電力供給が終了した時点から当該接点電位が第２しきい電位（Ｖｔｈ２）以下になったことが判定される時点までの時間を計時時間（Ｔ）として、該計時時間（Ｔ）が所定のしきい時間（Ｔｔｈ）以上である場合に、接点電位の変化の態様が正常時の態様と判定し、該計時時間（Ｔ）がしきい時間（Ｔｔｈ）未満である場合に、接点電位の変化の態様が故障時の態様と判定することができる。

【００２０】

この場合において、請求項８に記載したように、電気モータ（２）が車両のブレーキ装置においてブレーキ液圧を加圧する電動ポンプの駆動用として適用される場合には、ブレーキ装置を操作するためのブレーキ操作部材（５）の操作量を検出するブレーキ操作量検出手段と、ブレーキ操作量検出手段により検出された操作量が大きいほど、しきい時間（Ｔｔｈ）を小さくするブレーキ操作量対しきい時間設定手段と、を備えることにより、電気モータ（２）に掛かる負荷に応じたしきい時間（Ｔｔｈ）を設定することができる。

【００２１】

すなわち、ブレーキ操作時には、ブレーキ操作に基づくブレーキ液圧が電動ポンプに掛かることから、電動モータ（２）に掛かる負荷が大きくなる。このため、ブレーキ操作部材（５）の操作量に基づいてしきい時間（Ｔｔｈ）を可変とすることで、電動モータ（２）に掛かる負荷に応じたしきい時間（Ｔｔｈ）を設定することができ、電動モータ（２）に掛かる負荷に応じて電力供給停止時の接点電位の変化の態様が変わっても、正確な故障判定を行うことができる。

【００２２】

また、請求項９に記載したように、直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、電源電圧検出手段により検出された直流電源（３）の電圧が小さいほど、しきい時間（Ｔｔｈ）を小さくする電源電圧対しきい時間設定手段と、を備えることにより、電気モータ（２）に印加される電圧に応じたしきい時間（Ｔｔｈ）を設定することもできる。

【００２３】

すなわち、直流電源（３）の電圧レベルは変化することがあり、その場合には、スイッチング素子（４）をオンしたときに電動モータ（２）に対して印加される電圧が変化することになる。このため、直流電源（３）の電圧に対応してしきい時間（Ｔｔｈ）を変化させることで、電動モータ（２）への供給電圧に応じて電力供給停止時のモータ供給電圧の変化の態様が変わっても、正確な故障判定を行うことができる。

【００２４】

また、請求項１０に記載に記載したように、第１接点電位取得手段にて、電気モータ（２）への電力供給が終了した時点から所定の設定時間（T_{SET}）が経過した時点の接点電位を取得させ、第１判定手段は、第１接点電位取得手段により取得された接点電位が所定の設定電位（V_{SET}）以上である場合に、接点電位の変化の態様が正常時の態様と判定し、第１接点電位取得手段により取得された接点電位が所定の設定電位（V_{SET}）未満である場合に、接点電位の変化の態様が故障時の態様と判定することができる。

【００２５】

この場合にも、請求項１１に記載したように、電気モータ（２）が車両のブレーキ装置においてブレーキ液圧を加圧する電動ポンプの駆動用として適用される場合には、ブレーキ装置を操作するためのブレーキ操作部材（５）の操作量を検出するブレーキ操作量検出手段と、ブレーキ操作量検出手段により検出された操作量が大きいほど、設定電位（V_{SET}）を小さくするブレーキ操作量対電位設定手段と、を備えることにより、電気モータ（２）に掛かる負荷に応じた設定電位（V_{SET}）を設定することができる。これにより、請求項８と同様の効果を得ることができる。

【００２６】

また、請求項１２に記載したように、直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、電源電圧検出手段により検出された直流電源（３）の電圧が小さいほど、設定電位（V_{SET}）を小さくする電源電圧対電位設定手段と、を備えることにより、電気モータ（２）に印加される電圧に応じた設定電位（V_{SET}）を設定することもできる。これにより、請求項９と同様の効果を得ることができる。

【００２７】

同様に、上記各請求項に記載した発明に対して、請求項１３にしたように、直流電源（３）の電圧を検出する電源電圧検出手段と、電源電圧検出手段により検出された直流電源（３）の電圧が小さいほど、第１しきい電位（Ｖｔｈ１）を小さくする第１しきい電位設定手段と、を備えることにより、電気モータ（２）に印加される電圧に応じた第１しきい電位（Ｖｔｈ１）を設定することもできる。これにより、請求項９、１２と同様の効果を得ることができる。

【００２８】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【００２９】

【図１】本発明の第１実施形態にかかるモータ駆動装置およびモータ駆動装置１によって駆動される電動モータ２の駆動回路等の概略構成を示した図である。

【図２】故障形態と接点電位（モータ供給電圧や回生電圧）の関係を示したタイミングチャートである。

【図３】電動モータ２をオンしたときのモータ電流の時間変化およびモータ供給電圧の時間変化を示したタイミングチャートである。

【図４】スイッチング素子４への指令信号とそれに対するモータ供給電圧の波形を示したタイミングチャートである。

【図５】故障形態とモータ供給電圧の関係を示したタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００３０】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、図中、同一符号を付してある。

【００３１】

（第１実施形態）

本発明の第１実施形態について説明する。図１は、本実施形態にかかるモータ駆動装置１およびモータ駆動装置１によって駆動される電動モータ２の駆動回路等の概略構成を示した図である。まず、この図を参照して、モータ駆動装置１および電動モータ２の駆動回

路等について説明する。

【００３２】

モータ駆動装置１は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、Ｉ／Ｏなどを備えた周知のマイクロコンピュータによって構成され、予め記憶されたプログラムにしたがって電動モータ２に対する直流電源３からの電力供給を制御することで、電動モータ２を所望回転数に制御するものである。例えば、電動モータ２は、ブレーキ液圧制御用の電動ポンプ（図示せず）の駆動用モータとして適用される。この場合、アンチスキッド制御が実行される場合には、電動モータ２の駆動に基づくポンプ動作によって対象車輪のホイールシリンダから排出されたブレーキ液をマスタシリンダ側に返流し、横滑り防止制御やトラクション制御等が実行される場合には、電動モータ２の駆動に基づくポンプ動作によってマスタシリンダ側からブレーキ液を圧送し、対象車輪のホイールシリンダを加圧する。

【００３３】

このモータ駆動装置１は、電動モータ２の電力供給経路に備えられたスイッチング素子４を制御することで、電動モータ２に対する電力供給を制御する。本実施形態の場合、電動モータ２のハイサイド側にスイッチング素子４を接続したハイサイド駆動の駆動回路とされており、電動モータ２のハイサイド側でスイッチング素子４を制御することにより、電動モータ２への電力供給を制御する。具体的には、スイッチング素子４に対して指令信号を出力することにより、スイッチング素子４のオンオフを制御している。例えば、スイッチング素子４として、還流ダイオード４ａが備えられたＭＯＳトランジスタ４ｂを用いており、ＭＯＳトランジスタ４ｂのゲートに対して印加するゲート電圧を制御することにより、ＭＯＳトランジスタ４ｂをオンオフさせている。

【００３４】

また、モータ駆動装置１は、電動モータ２とスイッチング素子４との間を接続している場所の電位（以下、接点電位という）をモニタしている。本実施形態の場合、電動モータ２をハイサイド駆動しているため、接点電位は、スイッチング素子４をオンしているときには電動モータ２に供給される電圧（以下、モータ供給電圧という）を表す。また、スイッチング素子４をオンからオフに切替えたときには、接点電位は、電動モータ２の回転数に応じた回生電圧を表す。このため、接点電位をモニタすることにより、スイッチング素子４をオンしているときにはモータ供給電圧をモニタでき、スイッチング素子４をオンからオフに切替えたときには回生電圧をモニタできる。そして、モータ駆動装置１は、接点電位のモニタ結果に基づいて、電動モータ２に対して所望の電圧が供給されているか等の判定を行うことで、電動モータ２やスイッチング素子４の故障判定を行っている。この故障判定の詳細については後述する。

【００３５】

また、モータ駆動装置１には、直流電源３の電圧（電源電圧）が入力されており、直流電源３の電圧レベルをモニタできるようになっている。さらに、モータ駆動装置１には、ブレーキペダルやブレーキレバーなどのブレーキ操作部材５の操作量を検出する操作量検出装置６の検出信号が入力されている。この操作量検出装置６の検出信号に基づき、モータ駆動装置１は、ブレーキ操作部材５の操作量もモニタできるようになっている。

【００３６】

続いて、モータ駆動装置１による故障判定の詳細について説明する。本実施形態のモータ駆動装置１は、電動モータ２を駆動するタイミング、例えば上述したアンチスキッド制御や横滑り防止制御もしくはトラクション制御等を実行する際に指令信号を出力し、電動モータ２を駆動するが、それに先立ち、例えばイグニッションスイッチをオンさせたときに行われるイニシャルチェックなどの際に、故障判定を行っている。まず、この故障判定の基本的な考え方について説明する。

【００３７】

判定したい故障の形態としては、回転軸が固着するなどにより電動モータ２が故障した場合と、スイッチング素子４での電圧ドロップが大きくなって電動モータ２に対して所望の電力供給が行えなくなるというスイッチング素子４が故障した場合とがある。直流電源

３の電圧が一定値であった場合に、スイッチング素子４をオンして電動モータ２に対して電力供給を行ったときのモータ供給電圧や電動モータ２をオンからオフに切替えたときの回生電圧の変化の形態が故障の形態に応じて異なってくる。これについて、図２を参照して説明する。

【００３８】

図２は、故障形態と接点電位（モータ供給電圧や回生電圧）の関係を示したタイミングチャートである。図２中実線で示したように、スイッチング素子４をオンしている電力供給中、電動モータ２およびスイッチング素子４が故障していない場合には、電動モータ２に対して直流電源３の電圧からスイッチング素子４での通常の電圧ドロップが差し引かれた電圧がモータ供給電圧となり、接点電位として検出される。そして、スイッチング素子４をオフした直後に、電動モータ２の回転数に応じた回生電圧が接点電位として検出される。このときの回生電圧の変化の態様は、スイッチング素子４がオンしていたときに電動モータ２に印加されていた電圧値や電動モータ２への電圧印加の時間に応じたものとなる。

【００３９】

また、電動モータ２が故障している場合には、図２中破線で示したようにスイッチング素子４をオンしている電力供給中に電動モータ２に対して印加される電圧は電動モータ２が故障していないときと同じであるが、スイッチング素子４をオフした直後の回生電圧の変化の態様は、電動モータ２が故障していないときと異なる。具体的には、電動モータ２に回転軸の固着が発生したときには、電動モータ２の回転が妨げられるため、スイッチング素子４をオフしたと同時に回生電圧が急激に低下する。このときの回生電圧の低下の速さは、電動モータ２が故障していないときと比較して速くなる。したがって、スイッチング素子４をオフした後の接点電位の変化の態様、つまり接点電位の低下の仕方に基づいて、電動モータ２が故障しているか否かを判定することができる。

【００４０】

さらに、スイッチング素子４が故障している場合には、図２中一点鎖線で示したように、スイッチング素子４が故障していないときと比較して、スイッチング素子４をオンしている電力供給中に電動モータ２に対して印加される電圧が小さくなる。つまり、スイッチング素子４での電圧ドロップが大きくなるため、その分、モータ供給電圧が低下する。また、スイッチング素子４をオフした直後の回生電圧の変化の態様についても、スイッチング素子４が故障していない場合と比較して異なったものとなる。すなわち、スイッチング素子４をオンしている電力供給中のモータ供給電圧がスイッチング素子４の故障の有無によって異なっているため、電動モータ２の回転数もスイッチング素子４の故障の有無に応じて異なってくる。このため、回生電圧もスイッチング素子４の故障の有無に応じて異なった値となり、スイッチング素子４が故障している場合には、スイッチング素子４が故障していない場合と比較して、早く接点電位が低い値となる。このとき、電動モータ２が故障している訳ではないため、電動モータ２の回転数の低下は緩やかであり、回生電圧も比較的緩やかに低下していく。したがって、スイッチング素子４をオンしているときの接点電位の高低や、スイッチング素子４をオフした後の接点電位の変化の態様、つまり接点電位の低下の仕方に基づいて、スイッチング素子４が故障しているか否かを判定することができる。

【００４１】

上記のような基本的な考え方に基づいて、本実施形態のモータ駆動装置１では電動モータ２の故障やスイッチング素子４の故障を判定することができる。

【００４２】

ただし、電動モータ２をオフからオンに切替えた瞬間には、突入電流の発生により、電動モータ２に供給される電流（モータ電流）が所定期間（例えば数百ｍｓ）大きな値となるため、スイッチング素子４での電圧ドロップも大きくなる。この様子は、図３（ａ）、（ｂ）に示すモータ電流の時間変化およびモータ供給電圧の時間変化のタイミングチャートのように表される。このため、突入電流が発生している期間中には、モータ供給電圧が

小さな値として検出されてしまい、スイッチング素子４が故障していると誤判定されてしまう可能性がある。したがって、突入電流が発生している期間中は接点電位に基づいてスイッチング素子４が故障していると判定してしまわないようにし、その後の定常状態に移行してからの接点電位に基づいて故障判定を行うことが必要になる。

【００４３】

しかしながら、突入電流が発生している期間を避けてモータ供給電圧が定常状態になるまで待機していると、故障判定に時間が掛かってしまうし、故障判定の際に電動モータ２に対して電力供給を行う時間が増えることになる。この場合、電動モータ２を本来の制御実行の為に回転させるのではなく、故障判定の為に回転させることになるため、電動モータ２の作動音や振動を長時間発生させることとなり、商品性を低下させてしまう。このため、故障判定に必要な時間や故障判定のために電動モータ２を駆動する時間は、できる限り短い方が好ましい。

【００４４】

一方、故障判定をすべて完了する前に電動モータ２もスイッチング素子４も共に故障していないことを判定できるのであれば、故障判定を途中で終了した方がすべて行う場合と比較して、故障判定に掛かる時間の短縮、故障判定のための電動モータ２の駆動時間の短縮を図ることが可能となる。したがって、本実施形態では、以下のようにして故障判定を行っている。これについて、図４を参照して説明する。

【００４５】

図４は、スイッチング素子４への指令信号とそれに対する接点電位の波形を示したタイミングチャートである。具体的には、図４（ａ）がスイッチング素子４への指令信号を示した波形、図４（ｂ）が電動モータ２およびスイッチング素子４が共に正常の場合の接点電位の波形、図４（ｃ）がスイッチング素子４が故障した場合の接点電位の波形、図４（ｄ）が電動モータ２が故障した場合の接点電位の波形を示している。

【００４６】

まず、モータ駆動装置１にて時点ｔａにスイッチング素子４をオンし、その後、スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンさせる指令信号を出力する。このときのスイッチング素子４をオンさせる第１所定時間Ｔ１は、突入電流の発生期間であるか否かに関係なく設定され、その時間Ｔ１中は電動モータ２への電力供給が継続される。その後、モータ駆動装置１にて、スイッチング素子４をオンからオフに切替える。そして、モータ駆動装置１では、スイッチング素子４をオフに切替えたときからの接点電位を取得し、接点電位（回生電圧）の変化の態様を確認する。つまり、接点電位の変化の態様が、電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合に想定される態様であるか、それとも電動モータ２とスイッチング素子４のいずれかが故障している場合に想定される態様であるかを判定する。

【００４７】

具体的には、スイッチング素子４をオフしてから接点電位が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かった時間を計時時間Ｔとして計測し、この計時時間Ｔがしきい時間Ｔｔｈ以上であれば、接点電位の変化の態様が電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合に想定される態様であると判定する。逆に、計時時間Ｔがしきい時間Ｔｔｈ未満であれば、接点電位の変化の態様が電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合に想定される態様でないと判定する。しきい時間Ｔｔｈは、図２中に示したように、電動モータ２およびスイッチング素子４が故障していない正常時に想定されるときの計時時間ｔ１よりも短く、かつ、スイッチング素子４が故障していると想定されるときの計時時間ｔ２よりも長く設定されている。このため、計時時間Ｔがしきい時間Ｔｔｈ以上であるか否かを判定することにより、電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合であるか、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれかが故障している場合であるかを判定できる。

【００４８】

そして、モータ駆動装置１は、接点電位の変化の態様が電動モータ２もスイッチング素

子４も正常である場合に想定される態様、すなわち電動モータ２およびスイッチング素子４が正常で故障は発生していないと判定すると、その時点で故障判定の処理を終了する。この場合、スイッチング素子４への指令信号が図４（ａ）中破線で示したように、スイッチング素子４をオフさせるという信号となり、故障判定の処理が終了となる。なお、この場合には、それ以降スイッチング素子４がオンされないため、図４（ｂ）中の実線で示したように接点電位がゼロになるが、この後の故障判定が続けられた場合との比較を容易にするために、図中破線にて故障判定を続けたとした場合の接点電位の波形を示してある。

【００４９】

一方、接点電位の変化の態様が電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合に想定される態様でない場合（計時時間Ｔ＜しきい時間Ｔｔｈ）には、この後も故障判定を継続する。具体的には、時点ｔｂにおいてスイッチング素子４をオンし、第１所定時間Ｔ１だけ経過した後にスイッチング素子４をオフし、そのときの接点電位の変化の態様を確認するという処理をもう一度繰り返して行う。そして、この処理を２回連続行っても接点電位の変化の態様が電動モータ２もスイッチング素子４も正常である場合に想定される態様でなければ、この後、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを特定するための処理を行う。

【００５０】

すなわち、モータ駆動装置１にて時点ｔｃにスイッチング素子４をオンし、その後、スイッチング素子４を第２所定時間Ｔ２だけオンさせる指令信号を出力する。このときのスイッチング素子４をオンさせる第２所定時間Ｔ２は、第１所定時間Ｔ１よりも長く、かつ、突入電流の発生期間よりも長い時間に設定され、その時間Ｔ２中は電動モータ２への電力供給が継続される。その後、モータ駆動装置１にて、スイッチング素子４をオンからオフに切替える。そして、モータ駆動装置１では、スイッチング素子４をオフに切替えたときからの接点電位を取得し、接点電位の大きさに基づいて、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを特定する。

【００５１】

具体的には、モータ駆動装置１は、接点電位が第１しきい電位Ｖｔｈ１を超えていれば電動モータ２の故障と判定し、接点電位が第１しきい電圧Ｖｔｈを超えていなければスイッチング素子４の故障と判定する。上述したように、電動モータ２が故障しているときには、電動モータ２に対して印加されるモータ供給電圧は正常時と同様の電圧となるが、スイッチング素子４が故障しているときにはスイッチング素子４での電圧ドロップが大きくなるため、モータ供給電圧は正常時よりも低い電圧となる。このため、図２中に示したように、正常時に想定されるモータ供給電圧よりも低く、かつ、スイッチング素子４が故障している時に想定されるモータ供給電圧よりも高い値を第１しきい電圧Ｖｔｈ１として、接点電位が第１しきい電圧Ｖｔｈ１を超えているか否かに基づいて、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを判定することができる。

【００５２】

以上説明したように、本実施形態のモータ駆動装置１では、まず第１所定時間Ｔ１という短時間だけスイッチング素子４をオンしたのちオフし、オフしたときの接点電位の変化の態様に基づいて電動モータ２もしくはスイッチング素子４が故障しているか否かを判定している。次に、第２所定時間Ｔ２という第１所定時間Ｔ１よりも長い時間スイッチング素子４をオンし、そのときの接点電位の大きさに基づいて電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを特定している。これにより、モータ駆動装置１により、電動モータ２の故障に加えてスイッチング素子４の故障も検出することが可能となる。

【００５３】

また、第１所定時間Ｔ１だけスイッチング素子４をオンしたのちオフしたときの接点電位の変化の態様に基づいて電動モータ２とスイッチング素子４のいずれも故障していない場合に、その後の故障判定を行わないようにしている。このため、正常時には、故障判定に掛かる時間を短縮することが可能となり、電動モータ２の作動音や振動を長時間発生させずに済み、商品性を低下させないで済む。

【００５４】
（第２実施形態）
本発明の第２実施形態について説明する。本実施形態のモータ駆動装置１は、第１実施形態に対してしきい時間Ｔｔｈを可変にしたものであり、その他に関しては第１実施形態と同様であるため、第１実施形態と異なる部分についてのみ説明する。
【００５５】
上述したように、しきい時間Ｔｔｈは、スイッチング素子４をオフしてから接点電位（回生電圧）が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かった計時時間Ｔと比較される値である。上記第１実施形態では、イニシャルチェック時にスイッチング素子４をオンさせ、そのときの接点電位を第１しきい電圧Ｖｔｈ１と比較することで、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを判定している。イニシャルチェック時には、基本的にはブレーキ操作が行なわれていないと想定されるため、容易に故障判定を行うことが可能となる。しかしながら、イニシャルチェック時にブレーキ操作が行なわれている可能性もある。また、ブレーキ制御時には、電動モータ２に対してモータ供給電圧を間欠的に印加するという間欠駆動を行うことになり、検出された接点電位がスイッチング素子４をオンさせているときのものであるか否かを判定するのが難しいため、基本的には、ブレーキ制御を実行していないときに故障判定を行うことが望ましい。しかしながら、イニシャルチェック時以降に電動モータ２やスイッチング素子４が故障する事も有り得るため、ブレーキ制御時に電動モータ２を駆動するときに故障判定を行うことも考えられる。
【００５６】
したがって、本実施形態では、ブレーキ操作部材５の操作量に対応した故障判定を行うことで、電動モータ２に掛かる負荷に応じて電力供給停止時の接点電位の変化の態様が変わっても、正確な故障判定が行えるようにする。
【００５７】
具体的には、ブレーキ操作に基づくブレーキ液圧が電動ポンプに掛かることから、電動モータ２の負荷が大きくなり、その負荷の大きさに応じて電力供給停止時の接点電位の変化の態様が変わってくる。このため、モータ駆動装置１は、操作量検出装置６からブレーキ操作部材５の操作量を示す検出信号を受け取り、その検出信号に基づいてブレーキ操作部材５の操作量をモニタし、故障判定時に、そのときのブレーキ操作部材５の操作量に応じてしきい時間Ｔｔｈを可変させる。すなわち、電動モータ２およびスイッチング素子４が故障していなかったとしても、電動モータ２に掛かる負荷が大きくなればなるほど、スイッチング素子４をオフしてから接点電位が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かる計時時間Ｔは小さくなる。したがって、ブレーキ操作部材５の操作量が大きくなるほど、しきい時間Ｔｔｈが小さくなるようにする。
【００５８】
このようにすれば、ブレーキ操作部材５の操作に基づいて電動モータ２に掛かる負荷が増大しても、それに対応してしきい時間Ｔｔｈを可変させられるため、正確な故障判定を行うことが可能となる。
【００５９】
（第３実施形態）
本発明の第３実施形態について説明する。本実施形態のモータ駆動装置１も、第１実施形態に対してしきい時間Ｔｔｈを可変にしたものであり、その他に関しては第１実施形態と同様であるため、第１実施形態と異なる部分についてのみ説明する。
【００６０】
上述したように、しきい時間Ｔｔｈは、スイッチング素子４をオフしてから接点電位が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かった計時時間Ｔと比較される値である。第１実施形態のしきい時間Ｔｔｈは、図２中に示したように、電動モータ２およびスイッチング素子４が故障していない正常時に想定されるときの計時時間ｔ１よりも短く、かつ、スイッチング素子４が故障していると想定されるときの計時時間ｔ２よりも長く設定されている。これは、直流電源３の電圧レベルが一定値（例えば１２Ｖ）である場合を想定し

て設定してある。

【００６１】

しかしながら、直流電源３の電圧レベルは変化することがあり、その場合には、スイッチング素子４をオンしたときに電動モータ２に対して印加される電圧が変化することになる。このため、直流電源３の電圧レベルに応じてモータ供給電圧も変動し、スイッチング素子４をオフしてから接点電位が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かる時間よりも変動する。

【００６２】

したがって、本実施形態では、直流電源３の電圧レベルに対応した故障判定を行うことで、電動モータ２への供給電圧に応じて電力供給停止時の接点電位の変化の態様が変わっても、正確な故障判定が行えるようにする。

【００６３】

具体的には、モータ駆動装置１は、直流電源３の電圧をモニタし、故障判定時に、そのときの直流電源３の電圧に基づいてしきい時間Ｔｔｈを可変させる。すなわち、電動モータ２およびスイッチング素子４が故障していなかったとしても、電動モータ２に印加される電圧が小さくなればなるほど、スイッチング素子４をオフしてから接点電位が第２しきい電位Ｖｔｈ２以下になるまでに掛かる計時時間Ｔは小さくなる。このため、直流電源３の電圧が小さくなるほど、しきい時間Ｔｔｈが小さくなるようにする。

【００６４】

このようにすれば、直流電源３の電圧レベルの変動に応じて電動モータ２に印加される電圧が変動しても、それに対応してしきい時間Ｔｔｈを可変させられるため、正確な故障判定を行うことが可能となる。

【００６５】

（第４実施形態）

本発明の第４実施形態について説明する。本実施形態のモータ駆動装置１は、第１実施形態に対して電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかを判定する手法を変更したものである。その他に関しては第１実施形態と同様であるため、第１実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【００６６】

本実施形態も、上記第１～第３実施形態と同様、スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンした後当該スイッチング素子４をオフして、その後の接点電位の変化の態様に応じて電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかの判定を行う。ただし、本実施形態では、第１～第３実施形態と異なる判定手法を用いている。これについて、図５を参照して説明する。

【００６７】

図５は、故障形態と接点電位（モータ供給電圧や回生電圧）の関係を示したタイミングチャートである。この図に示されるように、電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかに応じて、接点電位の変化の態様が異なってくる。電動モータ２およびスイッチング素子４が正常である場合と比較すると、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれかが故障している場合には、接点電位がより低い値となる。

【００６８】

このため、本実施形態では、モータ駆動装置１にて、スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンさせてからオフしたときに、オフしてから予め決めておいた設定時間T_{SET}が経過したときの接点電位を取得し、その接点電位の大きさに基づいて、電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかを判定する。具体的には、そのときの接点電位が予め決めておいた設定電位V_{SET}以上であれば、電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であると判定し、設定電位V_{SET}未満であれば、電動モータ２もしくはスイッチング素子４が故障していると判定する。

【００６９】

以上のように、スイッチング素子４をオフしてから設定時間T_{SET}が経過したときの接点電位の大きさに基づいて、電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかを判定することができる。そして、上記手法によって電動モータ２およびスイッチング素子４が正常であるか、もしくはこれらのいずれかが故障しているかを判定したのち、正常であればその後は故障判定を終了し、故障していればその後に第２所定時間Ｔ２だけスイッチング素子４をオンにすることで、故障したのが電動モータ２とスイッチング素子４のいずれであるかの特定を行うことができる。このような判定手法によっても、第１実施形態と同様の効果を得ることができる。

【００７０】

なお、本実施形態でも、上記第２実施形態で説明したように、ブレーキ操作部材５の操作量に基づいて設定電位V_{SET}を可変にすることもできる。すなわち、ブレーキ操作部材５の操作量に応じて電動モータ２に掛かる負荷が変化するため、その負荷の大きさに応じて電力供給停止時の接点電位の変化の態様が変わってくる。このため、モータ駆動装置１は、操作量検出装置６からブレーキ操作部材５の操作量を示す検出信号を受け取り、その検出信号に基づいてブレーキ操作部材５の操作量をモニタし、故障判定時に、そのときのブレーキ操作部材５の操作量に応じて設定電位V_{SET}を可変とする。具体的には、ブレーキ操作部材５の操作量が大きいほど設定電位V_{SET}を小さくする。このようにすれば、ブレーキ操作部材５の操作に基づいて電動モータ２に掛かる負荷が増大しても、それに対応して設定電位V_{SET}を可変させられるため、正確な故障判定を行うことが可能となる。

【００７１】

また、上記第３実施形態で説明したように、直流電源３の電圧に基づいて設定電位V_{SET}を可変にすることもできる。すなわち、直流電源３の電圧レベルに応じてモータ供給電圧が変動する。このため、モータ駆動装置１は、直流電源３の電圧をモニタし、故障判定時に、そのときの直流電源３の電圧に基づいて設定電位V_{SET}を可変とする。このようにすれば、直流電源３の電圧レベルの変動に応じて電動モータ２に印加される電圧が変動しても、それに対応して設定電位V_{SET}を可変させられるため、正確な故障判定を行うことが可能となる。

【００７２】

（他の実施形態）

上記第１～第４実施形態では、スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンさせた後に当該スイッチング素子４をオンからオフに切替えて、その後の接点電位（回生電圧）を取得する一連の処理を２回だけ繰り返し実行するようにした。しかしながら、上記一連の処理を、１回だけ実行するようにしても良いし、３回以上繰り返し実行するようにしても良い。上記一連の処理を１回だけ実行するようにすれば、故障判定をシンプルな処理で実現することができる。また、上記一連の処理を繰り返し実行する回数を多くするほど、電気モータ２およびスイッチング素子４のいずれかが故障しているか否かを正確に判定することができる。

【００７３】

上述の如く一連の処理を複数回実行する場合には、各階の第１所定時間Ｔ１を互いに異ならせることが好ましい。異なる条件で取得した複数の回生電圧に基づいて、電気モータ２およびスイッチング素子４のいずれかが故障しているかを判定することにより、その判定精度を一層高めることができる。

【００７４】

この場合、特に、先に実行する処理の第１所定時間Ｔ１ほど短くすることが好ましい。先の処理において電気モータ２およびスイッチング素子４が故障していないことが判定されると、その後の処理は実行されないことから、電気モータ２の駆動時間を短くすることができる。すなわち、故障判定の判定精度を高めつつ、電気モータ２の作動音や振動の発生時間を短縮することができる。

【００７５】

また、この場合、各回の回生電圧の変化態様は、第１所定時間Ｔ１すなわち電気モータ

２への電力供給時間により異なるため、各回で取得した回生電圧を評価するためのしきい値（しきい時間Ｔｔｈ、設定電圧$Ｖ_{SET}$）は、各回の第１所定時間Ｔ１に応じたものにすることが好ましい。これにより、電気モータ２およびスイッチング素子４のいずれかが故障しているか否かをより一層正確に判定することができる。

【００７６】

上記第３実施形態では、直流電源３の電圧に基づいてしきい時間Ｔｔｈを可変にしており、上記第４実施形態では、直流電源３の電圧に基づいて設定電位$Ｖ_{SET}$を可変としている。これらと同様に、上記各実施形態について、直流電源３の電圧に基づいて第１しきい電位Ｖｔｈ１を可変にすることもできる。第１しきい電位Ｖｔｈ１は、電動モータ２もしくはスイッチング素子４が故障していたと判定されたときに、いずれが故障しているかを特定するために、接点電位と比較される値である。このときの接点電位は、回生電圧ではなく、スイッチング素子４をオンしているときのモータ供給電圧である。このモータ供給電圧も、直流電源３の電圧レベルに応じて変動するため、それに応じて第１しきい電位Ｖｔｈ１も可変にするのが好ましい。このため、直流電源３の電圧が小さくなるほど第１しきい電位Ｖｔｈ１も小さくなるようにすることで、より正確に電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを特定することが可能となる。

【００７７】

また、上記各実施形態では、スイッチング素子４としてＭＯＳトランジスタ４ｂを例に挙げて説明したが、ＭＯＳトランジスタ４ｂに限らず、他の素子（例えばＩＧＢＴやリレーなど）を用いることもできる。

【００７８】

さらに、上記実施形態では、電動モータ２とスイッチング素子４が故障しているか否かを判定した後に、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかを特定する判定を行うようにしている。しかしながら、これらは単なる一例を示したに過ぎず、これらの順序を逆にしても良い。すなわち、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障している可能性があるかを特定しておいた後、電動モータ２とスイッチング素子４が故障しているか否かを判定するという故障判定手法であっても良い。また、この場合、スイッチング素子４の１度オンしたときに、同時に、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障している可能性があるかの特定のための判定と、電動モータ２とスイッチング素子４が故障しているか否かの判定を行っても良い。すなわち、第２所定時間Ｔ２だけスイッチング素子４をオンしているときの接点電位に基づき電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障している可能性があるかの特定のための判定を行なっておき、その後、スイッチング素子４をオフしたときの接点電位の変化の態様に基づいて、電動モータ２とスイッチング素子４のいずれが故障しているかの特定のための判定を行うこともできる。

【００７９】

なお、上記各実施形態に記載されたモータ駆動装置１では、予め記憶されたプログラムによって各機能を実現する手段が実現されている。すなわち、モータ駆動装置１のうち、スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンさせる指令信号を出力する手段が第１電力供給制御手段に相当する。スイッチング素子４を第１所定時間Ｔ１だけオンしたのちオフに切替えたときからの接点電位を取得する手段が第１接点電位取得手段に相当する。スイッチング素子４を第２所定時間Ｔ２だけオンさせる指令信号を出力する手段が第２電力供給制御手段に相当する。スイッチング素子４を第２所定時間Ｔ２だけオンしたのちオフに切替えたときからの接点電位を取得する手段が第２接点電位取得手段に相当する。電気モータ２への電力供給停止に伴う接点電位の変化の態様が、電気モータ２およびスイッチング素子４が正常時の態様か、電気モータ２もしくはスイッチング素子４が故障時の態様であるかを判定する手段が第１判定手段に相当する。第２接点電位取得手段により取得された接点電位が第１しきい電位Ｖｔｈ１以上であるか否かを判定する手段が第２判定手段に相当する。第１、第２判定手段の結果に基づいて故障しているのが電動モータ２とスイッチング素子４のいずれであるかを特定する手段が故障特定手段に相当する。ブレーキ操

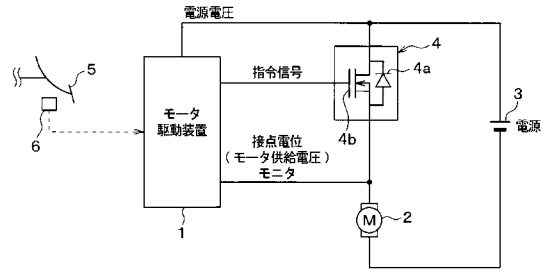
作部材５の操作量が大きいほど、しきい時間Ｔｔｈを小さくする手段がブレーキ操作量対しきい時間設定手段に相当する。直流電源３の電圧が小さいほど、しきい時間Ｔｔｈを小さくする手段が電源電圧対しきい時間設定手段に相当する。ブレーキ操作部材５の操作量が大きいほど、設定電位V_{SET}を小さくする手段がブレーキ操作量対電位設定手段に相当する。直流電源３の電圧が小さいほど、設定電位V_{SET}を小さくする手段が電源電圧対電位設定手段に相当する。

【符号の説明】

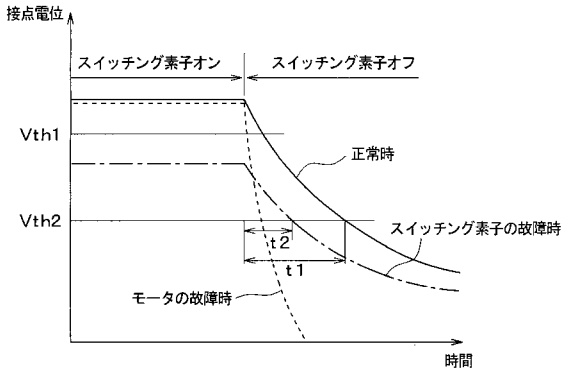
【００８０】

１…モータ駆動装置、２…モータ、３…直流電源、４…スイッチング素子、５…ブレーキ操作部材、６…操作量検出装置

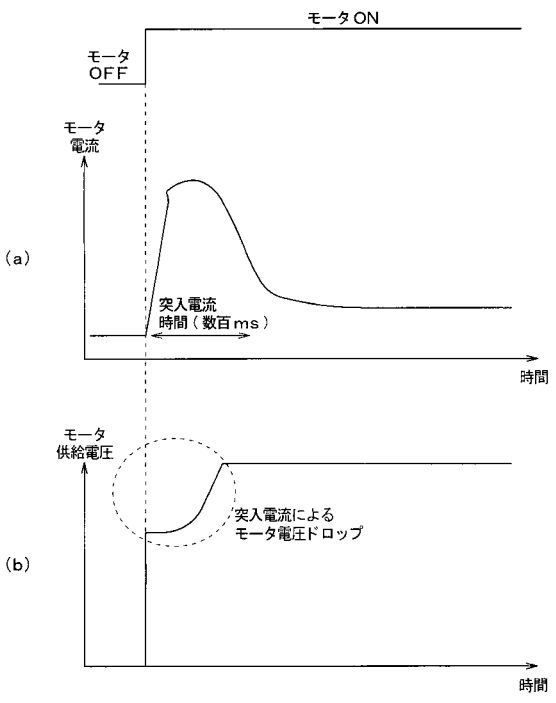
【図１】



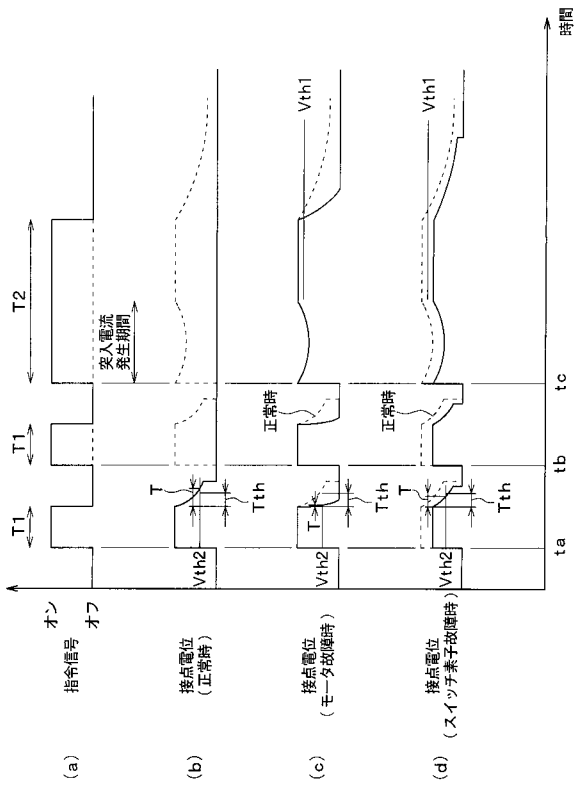
【図２】



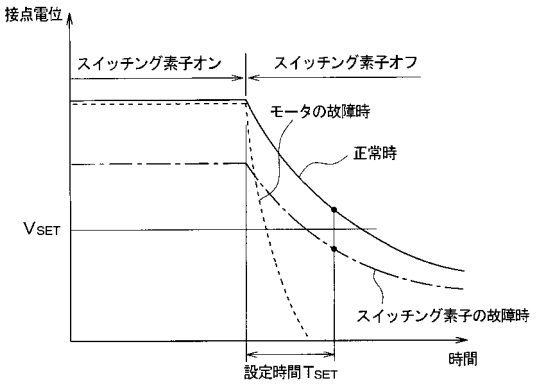
【図３】



【図４】


時間
ta
tb
tc
T2
T1
T1
突入電流
発生期間
Vth1
Vth1
正常時
正常時
T
Tth
T
Tth
T
Tth
Vth2
Vth2
Vth2
オン
オフ
指令信号
接点電位
（正常時）
接点電位
（モータ故障時）
接点電位
（スイッチ素子故障時）
(a)
(b)
(c)
(d)

【図５】


接点電位
スイッチング素子オン
スイッチング素子オフ
モータの故障時
正常時
VSET
スイッチング素子の故障時
時間
設定時間TSET

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０６－３４３２８９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２４１６３７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０４３０５１（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１６５０５５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｐ　　７／０６