

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7160056号  
(P7160056)

(45)発行日 令和4年10月25日(2022.10.25)

(24)登録日 令和4年10月17日(2022.10.17)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 2 M 7/48 (2007.01) H 0 2 M 7/48 M

請求項の数 9 (全24頁)

(21)出願番号	特願2020-22526(P2020-22526)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	令和2年2月13日(2020.2.13)	(74)代理人	100121821 弁理士 山田 強
(65)公開番号	特開2021-129399(P2021-129399 A)	(74)代理人	100139480 弁理士 日野 京子
(43)公開日	令和3年9月2日(2021.9.2)	(74)代理人	100125575 弁理士 松田 洋
審査請求日	令和4年1月13日(2022.1.13)	(74)代理人	100175134 弁理士 北 裕介
		(72)発明者	西端 幸一 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	土井 悠生

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力変換器の制御回路

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1電源(30)と、

多相の回転電機(10)と、

前記回転電機の各相の巻線(11)及び前記第1電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチ(SWH, SWL)を有する電力変換器(15)と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路(50)において、

前記システムには、前記制御回路の電力供給源となる第2電源(31)及び第3電源(63)が備えられ、

前記システムに異常が発生しているか否かを判定する異常判定部と、

前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記第2電源及び前記第3電源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、上下アームのうちいずれか一方のアームにおける前記スイッチであるオン側スイッチをオン状態に駆動制御し、他方のアームにおける前記スイッチであるオフ側スイッチをオフ状態に駆動制御する短絡制御を行う異常時制御部と、

前記第2電源及び前記第3電源を電力供給源とし、上アームの前記スイッチの駆動電源となる上アーム駆動電源(90)と、

前記第2電源及び前記第3電源を電力供給源とし、下アームの前記スイッチの駆動電源となる下アーム駆動電源(91)と、を備える電力変換器の制御回路。

【請求項2】

10

20

前記システムに異常が発生していない場合、前記第 2 電源及び前記第 3 電源のうち前記第 2 電源から電力供給され、前記システムに異常が発生した場合、前記第 2 電源及び前記第 3 電源のうち前記第 3 電源から電力供給されるように構成されている請求項 1 に記載の電力変換器の制御回路。

【請求項 3】

前記システムの異常として前記第 2 電源から前記制御回路に給電できなくなる異常が発生したと判定された場合において前記回転電機の制御量の制御を継続するとき、該異常が発生していない場合よりも前記スイッチのスイッチング周波数を低下させる請求項 2 に記載の電力変換器の制御回路。

【請求項 4】

前記異常時制御部としての第 1 状態制御部 ( 7 2 , 7 6 ) 及び第 2 状態制御部 ( 7 3 , 7 7 ) を備え、

前記第 2 電源及び前記第 3 電源が前記第 1 状態制御部及び前記第 2 状態制御部の電力供給源とされている請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御回路。

【請求項 5】

第 1 電源 ( 3 0 ) と、

多相の回転電機 ( 1 0 ) と、

前記回転電機の各相の巻線 ( 1 1 ) 及び前記第 1 電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチ ( S W H , S W L ) を有する電力変換器 ( 1 5 ) と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路 ( 5 0 ) において、

前記システムには、前記制御回路の電力供給源となる第 2 電源 ( 3 1 ) 及び第 3 電源 ( 6 3 ) が備えられ、

前記システムに異常が発生しているか否かを判定する異常判定部と、

前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記第 2 電源及び前記第 3 電源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、上下アームのうちいずれか一方のアームにおける前記スイッチであるオン側スイッチをオン状態に駆動制御し、他方のアームにおける前記スイッチであるオフ側スイッチをオフ状態に駆動制御する短絡制御を行う異常時制御部と、を備え、

前記異常時制御部としての第 1 状態制御部 ( 7 2 , 7 6 ) 及び第 2 状態制御部 ( 7 3 , 7 7 ) を備え、

前記第 2 電源及び前記第 3 電源が前記第 1 状態制御部及び前記第 2 状態制御部の電力供給源とされ、

前記第 2 電源及び前記第 3 電源を電力供給源として電力を生成する第 1 電力生成部 ( 6 5 ) と、

前記第 2 電源及び前記第 3 電源を電力供給源として電力を生成する第 2 電力生成部 ( 6 7 ) と、を備え、

前記第 1 状態制御部は、前記第 1 電力生成部により生成された電力が供給されることにより動作可能に構成され、

前記第 2 状態制御部は、前記第 2 電力生成部により生成された電力が供給されることにより動作可能に構成されている電力変換器の制御回路。

【請求項 6】

第 1 電源 ( 3 0 ) と、

多相の回転電機 ( 1 0 ) と、

前記回転電機の各相の巻線 ( 1 1 ) 及び前記第 1 電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチ ( S W H , S W L ) を有する電力変換器 ( 1 5 ) と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路 ( 5 0 ) において、

前記システムには、前記制御回路の電力供給源となる第 2 電源 ( 3 1 ) 及び第 3 電源 ( 6 3 ) が備えられ、

前記システムに異常が発生しているか否かを判定する異常判定部と、

前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記第 2 電源及び前記第 3 電

10

20

30

40

50

源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、上下アームのうちいずれか一方のアームにおける前記スイッチであるオン側スイッチをオン状態に駆動制御し、他方のアームにおける前記スイッチであるオフ側スイッチをオフ状態に駆動制御する短絡制御を行う異常時制御部と、を備え、

前記異常時制御部は、前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記電力変換器を安全状態にできる制御が、上下アームの前記スイッチをオフ状態にするシャットダウン制御又は前記短絡制御のいずれであるかを判定し、前記電力変換器を安全状態にできる制御が前記短絡制御であると判定した場合に前記短絡制御を行い、その後、前記電力変換器を安全状態にできる制御が前記シャットダウン制御であると判定した場合、前記短絡制御の実行を停止して前記シャットダウン制御を行う電力変換器の制御回路。

10

【請求項 7】

前記電力変換器の制御を行うためのスイッチング指令を生成して出力するスイッチ指令生成部（72）と、

前記スイッチング指令に基づいて、上下アームの前記スイッチの駆動制御を行うスイッチ駆動部（92a, 93a）と、

前記スイッチ指令生成部の異常が発生したと判定した場合、前記電力変換器を安全状態にできる制御が前記シャットダウン制御又は前記短絡制御のいずれであるかを判定する安全状態判定部（73）と、を備え、

前記安全状態判定部は、前記短絡制御の実行中において前記電力変換器を安全状態にできる制御が前記シャットダウン制御であると判定した場合、前記短絡制御の実行を停止して前記シャットダウン制御を行う請求項 6 に記載の電力変換器の制御回路。

20

【請求項 8】

前記電力変換器を安全状態にできる制御が前記シャットダウン制御又は前記短絡制御のいずれであるか否かは、前記巻線で発生する逆起電圧情報に基づいて判定される請求項 7 に記載の電力変換器の制御回路。

【請求項 9】

第 1 電源（30）と、

多相の回転電機（10）と、

前記回転電機の各相の巻線（11）及び前記第 1 電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチ（SWH, SWL）を有する電力変換器（15）と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路（50）において、

30

前記システムには、前記制御回路の電力供給源となる第 2 電源（31）及び第 3 電源（63）が備えられ、

前記システムに異常が発生しているか否かを判定する異常判定部と、

前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記第 2 電源及び前記第 3 電源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、上下アームのうちいずれか一方のアームにおける前記スイッチであるオン側スイッチをオン状態に駆動制御し、他方のアームにおける前記スイッチであるオフ側スイッチをオフ状態に駆動制御する短絡制御を行う異常時制御部と、を備え、

前記第 3 電源は、前記第 1 電源から電力が供給されることにより電力を生成する電力変換器の制御回路。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第 1 電源と、多相の回転電機と、回転電機の各相の巻線及び第 1 電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチを有する電力変換器と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の制御回路としては、システムに異常が発生したと判定した場合、上下アームの

50

スイッチを強制的にオフ状態に切り替えるシャットダウン制御を行うものが知られている。シャットダウン制御が行われる場合において、回転電機を構成するロータの回転によって巻線に逆起電圧が発生していると、巻線の線間電圧が第1電源の電圧よりも高くなっていることがある。線間電圧が高くなる状況は、例えば、ロータの界磁磁束量が大きかったり、ロータの回転速度が高かったりする場合に発生し得る。

【0003】

巻線の線間電圧が第1電源の電圧よりも高くなる場合、シャットダウン制御が行われていたとしても、スイッチに逆並列に接続されたダイオード、巻線及び第1電源を含む閉回路に巻線で発生した誘起電流が流れるいわゆる回生が実施されることとなる。その結果、電力変換器の第1電源側の直流電圧が大きく上昇し、第1電源、電力変換器及び第1電源に接続された電力変換器以外の機器のうち少なくとも1つが故障する懸念がある。

10

【0004】

このような問題に対処すべく、特許文献1に記載されているように、上下アームのうちいずれか一方のアームにおけるオン側スイッチをオン状態にし、他方のアームにおけるオフ側スイッチをオフ状態にする短絡制御を行う制御回路が知られている。詳しくは、この制御回路では、給電ユニットから給電されることにより動作可能となっており、出力段駆動制御部を有している。出力段駆動制御部は、上記短絡制御を行う。ここで、給電ユニットに異常が発生した場合に備えて、制御回路は、給電ユニットに依存しない第1電源の電力を出力段駆動制御部に供給可能な駆動電源を備えている。この駆動電源からオン側スイッチのゲートに電力が供給される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特表2013-506390号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の構成では、駆動電源の電力が、オン側スイッチ及びオフ側スイッチのうち、オン側スイッチのゲートにのみ供給される。このため、短絡制御において、オン側スイッチはオン状態に駆動制御されるものの、オフ側スイッチは、そのゲート電圧が制御されない状態において成り行きでオフ状態になる。

30

【0007】

ここで、短絡制御を行う場合に上下アーム短絡の発生を抑制する上では、オフ側スイッチがオフ状態になるのを待ってからオン側スイッチをオン状態に切り替えることが要求される。しかしながら、オフ側スイッチが成り行きでオフ状態になるのを待ってからオン側スイッチをオン状態に切り替える場合、システムに異常が発生してから短絡制御が行われるまでの時間が長くなってしまふ。

【0008】

本発明は、システムに異常が発生した場合に短絡制御を迅速に実施することができる電力変換器の制御回路を提供することを主たる目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、第1電源と、  
多相の回転電機と、

前記回転電機の各相の巻線及び前記第1電源に電氣的に接続され、上下アームのスイッチを有する電力変換器と、を備えるシステムに適用される電力変換器の制御回路において、前記システムには、前記制御回路の電力供給源となる第2電源及び第3電源が備えられ、前記システムに異常が発生しているか否かを判定する異常判定部と、

前記異常判定部により異常が発生したと判定された場合、前記第2電源及び前記第3電源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、上下アームのうちいずれか一方のアーム

50

における前記スイッチであるオン側スイッチをオン状態に駆動制御し、他方のアームにおける前記スイッチであるオフ側スイッチをオフ状態に駆動制御する短絡制御を行う異常時制御部と、を備える。

【 0 0 1 0 】

システムには、制御回路の電力供給源となる第 2 電源及び第 3 電源が備えられる。このため、第 2 電源及び第 3 電源のうちいずれか一方を制御回路の電力供給源にできなくなる場合であっても、他方の電源を電力供給源とすることができる。これにより、短絡制御を行うことができる。また、上記他方の電源を電力供給源とできるため、例えば、短絡制御を行うことなく、回転電機の制御量をその指令値に制御する通常制御を継続したりすることができる。

10

【 0 0 1 1 】

また、本発明では、システムに異常が発生したと判定された場合、短絡制御において、第 2 電源及び第 3 電源の少なくとも一方で生成された電力を用いて、オン側スイッチがオン状態に駆動制御され、オフ側スイッチがオフ状態に駆動制御される。このため、オフ側スイッチが成り行きでオフ状態になるのを待ってからオン側スイッチをオン状態に切り替える構成と比較して、システムに異常が発生した場合に短絡制御を迅速に実施することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る制御システムの全体構成図。

20

【 図 2 】 制御回路及びその周辺構成を示す図。

【 図 3 】 上, 下アームドライバ及びその周辺構成を示す図。

【 図 4 】 3 相短絡制御及びシャットダウン制御の処理手順を示すフローチャート。

【 図 5 】 第 2 実施形態に係る 3 相短絡制御及びシャットダウン制御の処理手順を示すフローチャート。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

< 第 1 実施形態 >

以下、本発明に係る制御回路を具体化した第 1 実施形態について、図面を参照しつつ説明する。本実施形態に係る制御回路は、電力変換器としての 3 相インバータに適用される。本実施形態において、インバータを備える制御システムは、電気自動車やハイブリッド車等の車両に搭載される。

30

【 0 0 1 4 】

図 1 に示すように、制御システムは、回転電機 1 0 及びインバータ 1 5 を備えている。回転電機 1 0 は、車載主機であり、そのロータが図示しない駆動輪と動力伝達可能とされている。本実施形態では、回転電機 1 0 として、同期機が用いられており、より具体的には、永久磁石同期機が用いられている。

【 0 0 1 5 】

インバータ 1 5 は、スイッチングデバイス部 2 0 を備えている。スイッチングデバイス部 2 0 は、上アームスイッチ S W H と下アームスイッチ S W L との直列接続体を 3 相分備えている。各相において、上, 下アームスイッチ S W H , S W L の接続点には、回転電機 1 0 の巻線 1 1 の第 1 端が接続されている。各相巻線 1 1 の第 2 端は、中性点で接続されている。各相巻線 1 1 は、電気角で互いに 1 2 0 ° ずらされて配置されている。ちなみに、本実施形態では、各スイッチ S W H , S W L として、電圧制御形の半導体スイッチング素子が用いられており、より具体的には、I G B T が用いられている。上, 下アームスイッチ S W H , S W L には、フリーホイールダイオードである上, 下アームダイオード D H , D L が逆並列に接続されている。

40

【 0 0 1 6 】

各上アームスイッチ S W H の高電位側端子であるコレクタには、高電位側電気経路 2 2 H を介して、「第 1 電源」としての高圧電源 3 0 の正極端子が接続されている。各下アーム

50

ムスイッチ S W L の低電位側端子であるエミッタには、低電位側電気経路 2 2 L を介して、高圧電源 3 0 の負極端子が接続されている。本実施形態において、高圧電源 3 0 は、2 次電池であり、その出力電圧（定格電圧）が例えば百 V 以上である。なお、本実施形態において、高圧電源 3 0 が「第 1 電源」に相当する。

#### 【 0 0 1 7 】

高電位側電気経路 2 2 H には、第 1 遮断スイッチ 2 3 a が設けられ、低電位側電気経路 2 2 L には、第 2 遮断スイッチ 2 3 b が設けられている。各スイッチ 2 3 a , 2 3 b は、例えば、リレー又は半導体スイッチング素子である。ここで、各スイッチ 2 3 a , 2 3 b は、インバータ 1 5 が備える制御回路 5 0 によって駆動されてもよいし、図示しない上位 E C U により駆動されてもよい。上位 E C U は、制御回路 5 0 に対して上位の制御装置である。

10

#### 【 0 0 1 8 】

インバータ 1 5 は、平滑コンデンサ 2 4 を備えている。平滑コンデンサ 2 4 は、高電位側電気経路 2 2 H のうち第 1 遮断スイッチ 2 3 a よりもスイッチングデバイス部 2 0 側と、低電位側電気経路 2 2 L のうち第 2 遮断スイッチ 2 3 b よりもスイッチングデバイス部 2 0 側とを電氣的に接続している。

#### 【 0 0 1 9 】

制御システムは、車載電気機器 2 5 を備えている。電気機器 2 5 は、例えば、電動コンプレッサ及び D C D C コンバータのうち少なくとも一方を含む。電動コンプレッサは、車室内空調装置を構成し、車載冷凍サイクルの冷媒を循環させるべく、高圧電源 3 0 から給電されて駆動される。D C D C コンバータは、高圧電源 3 0 の出力電圧を降圧して車載低圧負荷に供給する。低圧負荷は、図 2 に示す「第 2 電源」としての低圧電源 3 1 を含む。本実施形態において、低圧電源 3 1 は、その出力電圧（定格電圧）が高圧電源 3 0 の出力電圧（定格電圧）よりも低い電圧（例えば 1 2 V ）の 2 次電池であり、例えば鉛蓄電池である。

20

#### 【 0 0 2 0 】

図 1 及び図 2 に示すように、制御システムは、相電流センサ 4 0 及び角度センサ 4 1 を備えている。相電流センサ 4 0 は、回転電機 1 0 に流れる各相電流のうち、少なくとも 2 相分の電流に応じた電流信号を出力する。角度センサ 4 1 は、回転電機 1 0 の電気角に応じた角度信号を出力する。角度センサ 4 1 は、例えば、レゾルバ、エンコーダ又は磁気抵抗効果素子を有する M R センサであり、本実施形態ではレゾルバである。

30

#### 【 0 0 2 1 】

図 1 及び図 2 に示すように、インバータ 1 5 は、放電抵抗体 2 6 及び放電スイッチ 2 7 を備えている。放電抵抗体 2 6 及び放電スイッチ 2 7 は直列接続されている。この直列接続体は、高電位側電気経路 2 2 H のうち第 1 遮断スイッチ 2 3 a よりもスイッチングデバイス部 2 0 側と、低電位側電気経路 2 2 L のうち第 2 遮断スイッチ 2 3 b よりもスイッチングデバイス部 2 0 側とを電氣的に接続している。詳しくは、放電スイッチ 2 7 の高電位側端子であるドレインは、放電抵抗体 2 6 の一端に接続され、放電スイッチ 2 7 の低電位側端子であるソースは、低電位側電気経路 2 2 L に接続されている。放電スイッチ 2 7 は、制御回路 5 0 からの指示により駆動される。

40

#### 【 0 0 2 2 】

続いて、図 2 を用いて、制御回路 5 0 の構成について説明する。制御回路 5 0 は、入力回路 6 1 を備えている。入力回路 6 1 の入力部には、低圧電源 3 1 の正極端子が接続されている。低圧電源 3 1 の負極端子には、接地部位としてのグランドが接続されている。

#### 【 0 0 2 3 】

制御回路 5 0 は、第 1 ダイオード 6 2 a、第 2 ダイオード 6 2 b、及び「第 3 電源」としてのバックアップ電源回路 6 3 を備えている。バックアップ電源回路 6 3 は、第 1、第 2 遮断スイッチ 2 3 a , 2 3 b がオン状態にされた状況下において、平滑コンデンサ 2 4 の出力電圧が供給されることによりバックアップ電源電圧  $V_{b p s}$  を生成する。バックアップ電源回路 6 3 として、種々の電源を用いることができ、例えばスイッチング電源を用

50

いることができる。バックアップ電源回路 6 3 の入力部には、平滑コンデンサ 2 4 の高電位側が接続されている。

【 0 0 2 4 】

第 1 ダイオード 6 2 a のアノードには、入力回路 6 1 の出力部が接続されている。バックアップ電源回路 6 3 の出力部には、第 2 ダイオード 6 2 b のアノードが接続されている。第 2 ダイオード 6 2 b のカソードは、第 1 ダイオード 6 2 a のカソードに接続されている。以降、各ダイオード 6 2 a、6 2 b のカソード側の電圧を低圧側電源電圧  $V_B$  と称することができる。

【 0 0 2 5 】

制御回路 5 0 は、中間電源回路 6 4、「第 1 電力生成部」としてのメイン電源回路 6 5、及び第 1 電源回路 6 6 を備えている。中間電源回路 6 4 には、第 1、第 2 ダイオード 6 2 a、6 2 b のカソードが接続されている。中間電源回路 6 4 は、供給される低圧側電源電圧  $V_B$  を降圧することにより、中間電圧（例えば 6 V）を生成する。メイン電源回路 6 5 は、中間電源回路 6 4 の出力電圧を降圧することにより、メイン電源電圧  $V_m$ （例えば 5 V）を生成する。第 1 電源回路 6 6 は、中間電源回路 6 4 の出力電圧を降圧することにより、第 1 電圧  $V_a$  を生成する。本実施形態において、第 1 電圧  $V_a$  は、メイン電源電圧  $V_m$  よりも低い値（例えば 1 V）にされている。なお、中間電源回路 6 4、メイン電源回路 6 5 及び第 1 電源回路 6 6 として、種々の電源回路を用いることができる。例えば、中間電源回路 6 4 及び第 1 電源回路 6 6 としてスイッチング電源を用いることができ、メイン電源回路 6 5 としてシリーズ電源を用いることができる。

10

20

【 0 0 2 6 】

制御回路 5 0 は、「第 2 電力生成部」としてのサブ電源回路 6 7 と、第 2 電源回路 6 8 とを備えている。サブ電源回路 6 7 には、第 1、第 2 ダイオード 6 2 a、6 2 b のカソードが接続されている。サブ電源回路 6 7 は、供給される低圧側電源電圧  $V_B$  を降圧することにより、サブ電源電圧（例えば 5 V）を生成する。本実施形態では、サブ電源電圧  $V_s$  がメイン電源電圧  $V_m$  と同じ値にされているが、サブ電源電圧  $V_s$  がメイン電源電圧  $V_m$  と同じ値にされていることは必須ではない。

【 0 0 2 7 】

第 2 電源回路 6 8 には、第 1、第 2 ダイオード 6 2 a、6 2 b のカソードが接続されている。第 2 電源回路 6 8 は、供給される低圧側電源電圧  $V_B$  を昇圧することにより、第 2 電圧  $V_r$ （例えば 30 V）を生成する。

30

【 0 0 2 8 】

入力回路 6 1、第 1、第 2 ダイオード 6 2 a、6 2 b、各電源回路 6 4 ~ 6 8 は、制御回路 5 0 の低圧領域に設けられている。バックアップ電源回路 6 3 は、制御回路 5 0 において、低圧領域と高圧領域との境界を跨いで低圧領域及び高圧領域に設けられている。

【 0 0 2 9 】

制御回路 5 0 は、その低圧領域にインターフェース部 7 0 及びレゾルバデジタルコンバータ 7 1 を備えている。インターフェース部 7 0 は、第 2 電源回路 6 8 の第 2 電圧  $V_r$  が供給されることにより動作可能に構成されている。インターフェース部 7 0 は、レゾルバデジタルコンバータ 7 1 からの正弦波状の励磁信号を角度センサ 4 1 に伝えたり、角度センサ 4 1 を構成するレゾルバステータからの角度信号をレゾルバデジタルコンバータ 7 1 に伝えたりする。レゾルバデジタルコンバータ 7 1 は、メイン電源回路 6 5 のメイン電源電圧  $V_m$  が供給されることにより動作可能に構成されている。レゾルバデジタルコンバータ 7 1 は、インターフェース部 7 0 からの角度信号に基づいて、回転電機 1 0 の電気角  $e$  を算出する。算出された電気角  $e$  は、メイン M C U 7 2 及びサブ M C U 7 3 に入力される。

40

【 0 0 3 0 】

メイン M C U 7 2 及びサブ M C U 7 3 は、制御回路 5 0 の低圧領域に設けられている。各 M C U 7 2、7 3 は、C P U と、それ以外の周辺回路とを備えている。周辺回路には、例えば、外部と信号をやり取りするための入出力部と、A D 変換部とが含まれている。メ

50

インMCU72は、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vm及び第1電源回路66の第1電圧Vaが供給されることにより動作可能に構成されている。サブMCU73は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。メインMCU72及びサブMCU73には、相電流センサ40から出力された電流信号Ip<sub>h</sub>が入力される。

【0031】

制御回路50は、その低圧領域に第1,第2CANトランシーバ74,75を備えている。第1CANトランシーバ74は、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vmが供給されることにより動作可能に構成されている。第2CANトランシーバ75は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。

10

【0032】

メインMCU72は、第1CANトランシーバ74及び図示しない第1CANバスを介して上位ECUと情報のやり取りを行う。具体的には、メインMCU72は、第1CANトランシーバ74及び第1CANバスを介して、上位ECUから回転電機10の制御量の指令値を取得する。サブMCU73は、第2CANトランシーバ75及び図示しない第2CANバスを介して上位ECUと情報のやり取りを行う。

【0033】

制御回路50は、その低圧領域に第1ロジック回路76及び第2ロジック回路77を備えている。第1ロジック回路76は、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vmが供給されることにより動作可能に構成されている。第1ロジック回路76には、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが入力される。

20

【0034】

第2ロジック回路77は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。第2ロジック回路77には、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vmと、第1電源回路66の第1電圧Vaとが入力される。

【0035】

なお、本実施形態において、メインMCU72及び第1ロジック回路76が「第1状態制御部」に相当し、サブMCU73及び第2ロジック回路77が「第2状態制御部」に相当する。

【0036】

制御回路50は、電圧センサ78及び過電圧検出部79を備えている。電圧センサ78は、高電位側電気経路22H及び低電位側電気経路22Lに電氣的に接続され、平滑コンデンサ24の端子電圧である高圧側電源電圧Vdcを検出する。検出された高圧側電源電圧Vdcは、過電圧検出部79、メインMCU72及びサブMCU73に入力される。

30

【0037】

過電圧検出部79は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。過電圧検出部79は、検出された高圧側電源電圧Vdcがその上限電圧を超えているか否かを判定する。過電圧検出部79は、高圧側電源電圧Vdcが上限電圧を超えていると判定した場合、メインMCU72、サブMCU73及び第1ロジック回路76に対して過電圧信号Sov<sub>h</sub>を出力する。

40

【0038】

制御回路50は、その低圧領域に速度検出器80を備えている。速度検出器80は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。速度検出器80は、回転電機10のロータの回転速度Nrを検出する。検出された回転速度Nrは、メインMCU72及びサブMCU73に入力される。

【0039】

制御回路50は、その低圧領域にメイン監視部81及びサブ監視部82を備えている。メイン監視部81及びサブ監視部82は、低圧側電源電圧VBが供給されることにより動作可能に構成されている。

【0040】

50

メイン監視部 8 1 は、メイン M C U 7 2 の異常が発生しているか否かを監視する機能を有し、例えばウォッチドックカウンタ ( W D C ) で構成されている。メイン監視部 8 1 は、メイン M C U 7 2 の異常が発生していると判定した場合、第 2 ロジック回路 7 7 に対してメイン異常信号 S g f m を出力する。

【 0 0 4 1 】

サブ監視部 8 2 は、サブ M C U 7 3 の異常が発生しているか否かを監視する機能を有し、例えばファンクションウォッチドックカウンタ ( F - W D C ) で構成されている。サブ監視部 8 2 は、サブ M C U 7 3 の異常が発生していると判定した場合、メイン M C U 7 2 に対してサブ異常信号 S g f s を出力する。なお、サブ監視部 8 2 は、F - W D C に限らず、例えば、W D C 又はウィンドウウォッチドックカウンタ ( W - W D C ) で構成されて

10

【 0 0 4 2 】

制御回路 5 0 は、「上アーム駆動電源」としての上アーム絶縁電源回路 9 0、「下アーム駆動電源」としての下アーム絶縁電源回路 9 1、上アームドライバ 9 2 及び下アームドライバ 9 3 を備えている。各絶縁電源回路 9 0, 9 1 及び各ドライバ 9 2, 9 3 は、制御回路 5 0 において、低圧領域と高圧領域との境界を跨いで低圧領域及び高圧領域に設けられている。本実施形態において、上アームドライバ 9 2 は、各上アームスイッチ S W H に対応して個別に設けられ、下アームドライバ 9 3 は、各下アームスイッチ S W L に対応して個別に設けられている。このため、ドライバ 9 2, 9 3 は合わせて 6 つ設けられている。

【 0 0 4 3 】

各絶縁電源回路 9 0, 9 1 には、第 1, 第 2 ダイオード 6 2 a, 6 2 b のカソードが接続されている。上アーム絶縁電源回路 9 0 は、供給された低圧側電源電圧 V B に基づいて、上アームドライバ 9 2 に供給する上アーム駆動電圧 V d H を生成して出力する。上アーム絶縁電源回路 9 0 は、3 相の上アームドライバ 9 2 それぞれに対して個別に設けられている。上アーム絶縁電源回路 9 0 の上アーム駆動電圧 V d H の情報は、第 1 ロジック回路 7 6 に入力される。

20

【 0 0 4 4 】

下アーム絶縁電源回路 9 1 は、供給された低圧側電源電圧 V B に基づいて、下アームドライバ 9 3 に供給する下アーム駆動電圧 V d L を生成して出力する。本実施形態では、3 相の下アームドライバ 9 3 に対して共通の下アーム絶縁電源回路 9 1 が設けられている。下アーム絶縁電源回路 9 1 の下アーム駆動電圧 V d L の情報は、第 1 ロジック回路 7 6 に入力される。なお、下アーム絶縁電源回路 9 1 は、3 相の下アームドライバ 9 3 それぞれに対して個別に設けられていてもよい。

30

【 0 0 4 5 】

制御回路 5 0 は、その低圧領域に O R 回路 8 3 を備えている。O R 回路 8 3 には、第 1, 第 2 ロジック回路 7 6, 7 7 からのスイッチング指令が入力される。O R 回路 8 3 は、第 1, 第 2 ロジック回路 7 6, 7 7 から出力されるスイッチング指令のうち、少なくとも一方の回路のスイッチング指令がオン指令の場合、上アームドライバ 9 2 に対してオン指令を出力する。一方、O R 回路 8 3 は、第 1, 第 2 ロジック回路 7 6, 7 7 から出力されるスイッチング指令の双方がオフ指令の場合、上アームドライバ 9 2 に対してオフ指令を

40

【 0 0 4 6 】

メイン M C U 7 2 は、回転電機 1 0 の制御量を取得した指令値に制御すべく、スイッチングデバイス部 2 0 の各スイッチ S W H, S W L に対するスイッチング指令を生成する。制御量は、例えばトルクである。メイン M C U 7 2 は、取得した電気角  $e$  及び電流信号  $I p h$  等に基づいて、スイッチング指令を生成する。メイン M C U 7 2 は、第 1 ロジック回路 7 6 及び O R 回路 8 3 を介して上アームドライバ 9 2 にスイッチング指令を出力し、第 1 ロジック回路 7 6 を介して下アームドライバ 9 3 にスイッチング指令を出力する。なお、メイン M C U 7 2 は、各相において、上アームスイッチ S W H と下アームスイッチ S W L とが交互にオンされるようなスイッチング指令を生成する。本実施形態において、メ

50

インMCU72が「スイッチ指令生成部」を含む。

【0047】

続いて、図3を用いて、上、下アームドライバ92, 93について説明する。

【0048】

上アームドライバ92は、上アーム駆動部92aと、上アーム絶縁伝達部92bとを備えている。上アーム駆動部92aは、高圧領域に設けられている。上アーム絶縁伝達部92bは、低圧領域と高圧領域との境界を跨いで低圧領域及び高圧領域に設けられている。上アーム絶縁伝達部92bは、低圧領域及び高圧領域の間を電氣的に絶縁しつつ、OR回路83から出力されたスイッチング指令を上アーム駆動部92aに伝達する。上アーム絶縁伝達部92bは、例えば、フォトカプラ又は磁気カプラである。

10

【0049】

上アームドライバ92のうち、上アーム駆動部92a、及び上アーム絶縁伝達部92bの高圧領域側の構成等は、上アーム絶縁電源回路90の上アーム駆動電圧VdHが供給されることにより動作可能に構成されている。上アームドライバ92のうち、上アーム絶縁伝達部92bの低圧領域側の構成等は、サブ電源回路67のサブ電源電圧Vsが供給されることにより動作可能に構成されている。

【0050】

上アーム駆動部92aは、入力されたスイッチング指令がオン指令である場合、上アームスイッチSWHのゲートに充電電流を供給する。これにより、上アームスイッチSWHのゲート電圧が閾値電圧Vth以上となり、上アームスイッチSWHがオン状態にされる。一方、上アーム駆動部92aは、入力されたスイッチング指令がオフ指令である場合、上アームスイッチSWHのゲートからエミッタ側へと放電電流を流す。これにより、上アームスイッチSWHのゲート電圧が閾値電圧Vth未満となり、上アームスイッチSWHがオフ状態にされる。

20

【0051】

上アーム駆動部92aは、上アームスイッチSWHに異常が発生している旨の情報である上アームフェール信号SgfH等の情報を、上アーム絶縁伝達部92bを介して、メインMCU72、サブMCU73及び第1ロジック回路76に伝達する。上アームスイッチSWHの異常には、過熱異常、過電圧異常及び過電流異常の少なくとも1つが含まれる。

【0052】

下アームドライバ93は、下アーム駆動部93aと、下アーム絶縁伝達部93bとを備えている。本実施形態において、各ドライバ92, 93の構成は基本的には同じである。このため、以下では、下アームドライバ93の詳細な説明を適宜省略する。

30

【0053】

下アームドライバ93のうち、下アーム駆動部93a、及び下アーム絶縁伝達部93bの高圧領域側の構成等は、下アーム絶縁電源回路91の下アーム駆動電圧VdLが供給されることにより動作可能に構成されている。下アームドライバ93のうち、下アーム絶縁伝達部93bの低圧領域側の構成等は、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vmが供給されることにより動作可能に構成されている。

【0054】

下アーム駆動部93aは、入力されたスイッチング指令がオン指令である場合、下アームスイッチSWLのゲートに充電電流を供給する。これにより、下アームスイッチSWLのゲート電圧が閾値電圧Vth以上となり、下アームスイッチSWLがオン状態にされる。一方、下アーム駆動部93aは、入力されたスイッチング指令がオフ指令である場合、下アームスイッチSWLのゲートからエミッタ側へと放電電流を流す。これにより、下アームスイッチSWLのゲート電圧が閾値電圧Vth未満となり、下アームスイッチSWLがオフ状態にされる。

40

【0055】

下アーム駆動部93aは、下アームスイッチSWLに異常が発生している旨の情報である下アームフェール信号SgfL等の情報を、下アーム絶縁伝達部93bを介して、メイ

50

ンMCU72、サブMCU73及び第1ロジック回路76に伝達する。下アームスイッチSWLの異常には、過熱異常、過電圧異常及び過電流異常の少なくとも1つが含まれる。

【0056】

図2の説明に戻り、制御回路50は、絶縁伝達部100及び放電処理部101を備えている。絶縁伝達部100は、低圧領域と高圧領域との境界を跨いで低圧領域及び高圧領域に設けられている。絶縁伝達部100は、低圧領域及び高圧領域の間を電氣的に絶縁しつつ、メインMCU72又はサブMCU73から出力された放電指令CmdADを放電処理部101に伝達する。絶縁伝達部100は、例えば、フォトカプラ又は磁気カプラである。絶縁伝達部100の高圧領域側の構成は、例えば下アーム駆動電圧VdLが供給されることにより動作可能に構成され、絶縁伝達部100の低圧領域側の構成は、例えばメイン電源電圧Vmが供給されることにより動作可能に構成されている。

10

【0057】

放電処理部101は、制御回路50の高圧領域に設けられ、下アーム駆動電圧VdLが供給されることにより動作可能に構成されている。放電処理部101は、放電指令CmdADが入力されることにより、放電スイッチ27の駆動制御を行って平滑コンデンサ24の放電制御を実施する。

【0058】

本実施形態では、制御回路50内の種々の構成又は制御回路50の外部の異常が発生した場合に3相短絡制御(ASC: Active Short Circuit)が実施可能となっている。このような異常は、例えば車両の衝突により発生する。以下、異常発生箇所ごとに、効果の説明も交えながら3相短絡制御について説明する。

20

【0059】

(A) 低圧電源31、入力回路61

低圧電源31から制御回路50へと給電できなくなる異常や、入力回路61の異常が発生し得る。以下、このような異常を(A)の異常と称す。(A)の異常が発生する場合に備えて、本実施形態では、低圧電源31に加えてバックアップ電源回路63が設けられている。これにより、メインMCU72、上アーム絶縁電源回路90及び下アーム絶縁電源回路91に対する給電の冗長性を確保している。

【0060】

つまり、(A)の異常が発生した場合であっても、バックアップ電源回路63を電力供給源として、中間電源回路64、第1電源回路66及びメイン電源回路65が動作する。これにより、メイン電源回路65のメイン電源電圧Vm及び第1電源回路66の第1電圧VaがメインMCU72に供給される。このため、(A)の異常が発生した場合であっても、メインMCU72の動作を継続させることができる。これにより、メインMCU72は、3相短絡制御を実施すべき状況において3相短絡制御を実施できるようになっている。

30

【0061】

なお、バックアップ電源回路63として大容量のものが用いられる場合、メインMCU72は、(A)の異常が発生した場合において通常制御を継続してもよい。本実施形態において、通常制御とは、車両を走行させるべく、回転電機10の制御量を指令値に制御するためのスイッチング指令を生成して出力する制御のことである。

40

【0062】

低圧電源31に加えてバックアップ電源回路63が設けられている上述した構成によれば、さらに、異常発生時に3相短絡制御を迅速に実施できる。

【0063】

つまり、(A)の異常が発生した場合であっても、バックアップ電源回路63から上アーム絶縁電源回路90に給電されているため、上アームドライバ92を構成する上アーム駆動部92aが動作可能となっている。また、(A)の異常が発生した場合であっても、バックアップ電源回路63からサブ電源回路67に給電されている。このため、上アームドライバ92を構成する上アーム絶縁伝達部92bにサブ電源電圧Vsを供給でき、上アーム絶縁伝達部92bが動作可能となっている。したがって、(A)の異常が発生した場

50

合であっても、上アームスイッチSWHを意図どおりの駆動状態に迅速に切り替える駆動制御が可能となっている。

【0064】

また、(A)の異常が発生した場合であっても、バックアップ電源回路63から下アーム絶縁電源回路91に給電されているため、下アームドライバ93を構成する下アーム駆動部93aが動作可能となっている。また、(A)の異常が発生した場合であっても、バックアップ電源回路63からメイン電源回路65に給電されている。このため、下アームドライバ93を構成する下アーム絶縁伝達部93bにメイン電源電圧Vmを供給でき、下アーム絶縁伝達部93bが動作可能となっている。したがって、(A)の異常が発生した場合であっても、下アームスイッチSWLを意図どおりの駆動状態に迅速に切り替える駆動制御が可能となっている。

10

【0065】

以上説明した上、下アームスイッチSWH, SWLを意図どおりの駆動状態に迅速に切り替えることが可能な構成により、3相短絡制御において一方のアームのスイッチが成り行きでオフ状態になるのを待ってから他方のアームのスイッチをオン状態に切り替える構成と比較して、制御回路50の低圧領域側からの指示により短絡制御を迅速に実施することができる。

【0066】

本実施形態において、入力回路61の出力電圧VLは、バックアップ電源回路63のバックアップ電源電圧Vbpsよりも高く設定されている。この設定と、第1,第2ダイオード62a,62bが設けられている構成とにより、(A)の異常が発生していない場合、中間電源回路64、サブ電源回路67、第2電源回路68、上アーム絶縁電源回路90及び下アーム絶縁電源回路91には、入力回路61から電力が供給される。これにより、バックアップ電源回路63から常時電力を出力する必要がなくなり、バックアップ電源回路63の消費電力の低減を図っている。その結果、バックアップ電源回路63の小型化を図ることができる。

20

【0067】

一方、(A)の異常が発生した場合、入力回路61の出力電圧VLが低下するため、バックアップ電源回路63から中間電源回路64、サブ電源回路67、第2電源回路68、上アーム絶縁電源回路90及び下アーム絶縁電源回路91に電力が供給される。

30

【0068】

なお、(A)の異常が発生した場合にバックアップ電源回路63から中間電源回路64、サブ電源回路67、第2電源回路68、上アーム絶縁電源回路90及び下アーム絶縁電源回路91に電力を供給する構成は、「 $VL > Vbps$ 」に設定され、かつ、第1,第2ダイオード62a,62bが設けられている構成に代えて、例えば以下に説明する構成であってもよい。詳しくは、(A)の異常が発生していない場合、バックアップ電源回路63の動作を停止させ、(A)の異常が発生した場合、バックアップ電源回路63を動作させてバックアップ電源回路63から電力を出力させる。

【0069】

バックアップ電源回路63は、高圧電源30から電力が供給されることにより電力を生成する。これにより、電源ソースを増やすことなく、(A)の異常が発生した場合に中間電源回路64、サブ電源回路67、第2電源回路68及び上,下アーム絶縁電源回路90,91に給電でき、3相短絡制御を実施できる。

40

【0070】

図4を用いて、メインMCU72により実行される3相短絡制御処理及びシャットダウン制御処理について説明する。この処理は、(A)の異常以外にも、後に説明する(B)の異常等が発生した場合にも実行される。ただし、ここではまず、(A)の異常が発生する場合について説明する。

【0071】

ステップS10では、(A)の異常が発生したか否かを判定する。(A)の異常が発生

50

したか否かは、例えば、低圧側電源電圧  $V_B$  の検出結果に基づいて判定すればよく、具体的には、検出した低圧側電源電圧  $V_B$  が入力回路 61 の出力電圧  $V_L$  からバックアップ電源電圧  $V_{bps}$  に切り替わったか否かで判定すればよい。なお、ステップ S10 の処理が「異常判定部」に相当する。

【0072】

ステップ S10 においていずれの異常も発生していないと判定した場合には、ステップ S11 に進み、通常制御を継続する。

【0073】

一方、ステップ S10 において (A) の異常が発生していると判定した場合には、ステップ S12 に進み、下アーム ASC 又は上アーム ASC を行う。下アーム ASC は、3 相分の上アームスイッチ SWH に対してオフ指令を出力し、3 相分の下アームスイッチ SWL に対してオン指令を出力する 3 相短絡制御のことである。上アーム ASC は、3 相分の上アームスイッチ SWH に対してオン指令を出力し、3 相分の下アームスイッチ SWL に対してオフ指令を出力する 3 相短絡制御のことである。

10

【0074】

具体的には、ステップ S12 において、下アーム ASC は、第 1 ロジック回路 76 及び OR 回路 83 を介して上アームドライバ 92 にオフ指令を出力し、第 1 ロジック回路 76 を介して下アームドライバ 93 にオン指令を出力する処理である。一方、上アーム ASC は、第 1 ロジック回路 76 及び OR 回路 83 を介して上アームドライバ 92 にオン指令を出力し、第 1 ロジック回路 76 を介して下アームドライバ 93 にオフ指令を出力する処理である。なお、ステップ S12 の処理が「異常時制御部」に相当する。

20

【0075】

ステップ S13 では、速度検出器 80 により検出されたロータの回転速度  $N_r$  と、電圧センサ 78 により検出された高圧側電源電圧  $V_{dc}$  とを取得する。

【0076】

ステップ S14 では、取得した回転速度  $N_r$  に基づいて、「 $V_{demf} = K \times N_r$ 」を用いて巻線 11 に逆起電圧が発生する場合における線間電圧  $V_{demf}$  を推定する。K は、定数であり、ロータの磁極の磁束量 から定まる値である。なお、線間電圧  $V_{demf}$  は、ロータの回転速度  $N_r$  に代えて、例えば電気角  $e$  から算出される電気角速度  $e$  に基づいて推定されてもよい。

30

【0077】

ステップ S15 では、インバータ 15 を安全状態とする制御がシャットダウン制御であるか又は 3 相短絡制御であるかを判定する。この処理は、回生が実施されるか否かを判定するための処理である。具体的には、推定した線間電圧  $V_{demf}$  が、取得した高圧側電源電圧  $V_{dc}$  を超えているか否かを判定する。推定された線間電圧  $V_{demf}$  と比較される値として、検出された高圧側電源電圧  $V_{dc}$  が用いられることにより、巻線 11 に逆起電圧が発生した場合における線間電圧が平滑コンデンサ 24 の端子電圧よりも高くなっていることを的確に判定できる。

【0078】

ステップ S15 において否定判定した場合には、回生が実施されないと判定し、3 相短絡制御を継続しつつ、ステップ S13 に移行する。一方、ステップ S15 において肯定判定した場合には、回生が実施されると判定し、ステップ S16 に進み、3 相短絡制御を停止し、スイッチング指令によりシャットダウン制御を行う。

40

【0079】

上述したステップ S14 の処理は、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の過熱異常の発生を防止するためである。つまり、3 相短絡制御が実施されると、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 内で電流が循環し、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の発熱量が大きくなり、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の過熱異常が発生することが懸念される。一方、巻線 11 に逆起電圧が発生する場合における線間電圧が平滑コンデンサ 24 の端子電圧以下であれば、巻線 11 からスイッチングデバイス部 20

50

を介して平滑コンデンサ 24 側に電流が流れる回生は発生しない。このため、インバータ 15 を安全状態とする制御がシャットダウン制御となった場合には、シャットダウン制御に切り替える。これにより、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の過熱異常の発生を防止する。

【0080】

また、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の熱的な制約で 3 相短絡制御の実施時間に制限がある場合には、回転電機 10 の駆動制御によってロータの回転速度を低下させる動作を実施する。これにより、回転速度  $N_r$  に基づいて推定される線間電圧  $V_{demf}$  が高圧側電源電圧  $V_{dc}$  以下となり、シャットダウン制御に切り替えられる。

【0081】

このように、3 相短絡制御の実行が不要になった場合に 3 相短絡制御が解除されることにより、巻線 11 及びスイッチングデバイス部 20 等の発熱増加を防止して保護を図ったり、車両の退避走行距離を増加させたりすることができる。

【0082】

ステップ S17 では、ステップ S10 で判定した (A) の異常が解消したか否かを判定する。(A) の異常が解消したと判定した場合、ステップ S10 に移行する。

【0083】

なお、(A) の異常が発生した場合、メイン MCU 72 に代えて、第 1 ロジック回路 76 により 3 相短絡制御が実行されてもよい。詳しくは、第 1 ロジック回路 76 は、低圧側電源電圧  $V_B$  の検出結果に基づいて、(A) の異常が発生したか否かを判定する。

【0084】

第 1 ロジック回路 76 は、いずれの異常も発生していないと判定した場合、メイン MCU 72 からのスイッチング指令をそのまま OR 回路 83 及び下アームドライバ 93 に出力する。これにより、通常制御が継続される。

【0085】

一方、第 1 ロジック回路 76 は、(A) の異常が発生したと判定した場合、メイン MCU 72 からのスイッチング指令にかかわらず、OR 回路 83 を介して上アームドライバ 92 にオフ指令を出力し、下アームドライバ 93 にオン指令を出力する下アーム ASC を実施する。その後、第 1 ロジック回路 76 は、(A) の異常が解消したと判定した場合、下アーム ASC を停止し、メイン MCU 72 からのスイッチング指令をそのまま OR 回路 83 及び下アームドライバ 93 に出力する。

【0086】

(B) バックアップ電源回路 63

バックアップ電源回路 63 の異常 (以下、(B) の異常) が発生する場合に備えて、低圧電源 31 が設けられている。これにより、メイン MCU 72、上アーム絶縁電源回路 90 及び下アーム絶縁電源回路 91 に対する給電の冗長性を確保している。また、これにより、3 相短絡制御を迅速に実施できるようになっている。その結果、メイン MCU 72 は、3 相短絡制御を実施すべき状況において 3 相短絡制御を実施できるようになっている。

【0087】

図 4 を用いて、メイン MCU 72 により実行される 3 相短絡制御処理及びシャットダウン制御処理について説明する。

【0088】

ステップ S10 では、(B) の異常が発生したか否かを判定する。(B) の異常が発生したか否かは、例えば、バックアップ電源電圧  $V_{bps}$  の検出結果に基づいて判定すればよく、具体的には、検出したバックアップ電源電圧  $V_{bps}$  がその正常値として取り得る範囲から外れていると判定した場合、(B) の異常が発生したと判定すればよい。

【0089】

ステップ S10 において (B) の異常が発生していると判定した場合には、ステップ S12 に進み、下アーム ASC 又は上アーム ASC を行う。なお、以降の処理は、(A) の場合と同様である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 0 】

## ( C ) サブ電源回路 6 7

サブ電源回路 6 7 の異常 ( 以下、 ( C ) の異常 ) が発生すると、サブ電源回路 6 7 の給電先であるサブ M C U 7 3、第 2 ロジック回路 7 7、及び上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成を動作させることができなくなる。

## 【 0 0 9 1 】

この場合に備えて、本実施形態では、メイン M C U 7 2、第 1 ロジック回路 7 6、及び下アームドライバ 9 3 の低圧領域側の構成の電力供給源を、サブ電源回路 6 7 とは異なるメイン電源回路 6 5 としている。このため、( C ) の異常が発生した場合であっても、メイン電源回路 6 5 からメイン M C U 7 2、第 1 ロジック回路 7 6、及び下アームドライバ 9 3 の低圧領域側の構成に給電できるため、メイン M C U 7 2 の指示により 3 相短絡制御を実施できるようになっている。

10

## 【 0 0 9 2 】

図 4 を用いて、メイン M C U 7 2 により実行される処理について説明する。

## 【 0 0 9 3 】

ステップ S 1 0 では、( C ) の異常が発生したか否かを判定する。( C ) の異常が発生したか否かは、例えば、サブ電源電圧  $V_s$  の検出結果に基づいて判定すればよく、具体的には、サブ電源電圧  $V_s$  がその正常値として取り得る範囲から外れていると判定した場合、( C ) の異常が発生したと判定すればよい。

## 【 0 0 9 4 】

ステップ S 1 0 において ( C ) の異常が発生していると判定した場合、ステップ S 1 2 に進み、スイッチング指令により下アーム A S C を実施する。下アーム A S C を実施するのは、上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成にサブ電源電圧  $V_s$  が供給されず、上アームスイッチ S W H をオン状態にできないためである。なお、以降の処理は、( A ) の場合と同様である。

20

## 【 0 0 9 5 】

なお、( C ) の異常が発生した場合、メイン M C U 7 2 に代えて、第 1 ロジック回路 7 6 により下アーム A S C を実施してもよい。

## 【 0 0 9 6 】

## ( D ) メイン電源回路 6 5

メイン電源回路 6 5 の異常 ( 以下、( D ) の異常 ) が発生すると、メイン M C U 7 2、第 1 ロジック回路 7 6、及び下アームドライバ 9 3 の低圧領域側の構成を動作させることができなくなる。この場合に備えて、本実施形態では、メイン M C U 7 2 及び第 1 ロジック回路 7 6 に加えてサブ M C U 7 3 及び第 2 ロジック回路 7 7 を備え、サブ M C U 7 3、第 2 ロジック回路 7 7、及び上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成の電力供給源を、メイン電源回路 6 5 とは異なるサブ電源回路 6 7 としている。このため、( D ) の異常が発生した場合であっても、サブ電源回路 6 7 からサブ M C U 7 3、第 2 ロジック回路 7 7、及び上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成に給電できるため、第 2 ロジック回路 7 7 の指示により 3 相短絡制御を実施できるようになっている。

30

## 【 0 0 9 7 】

図 4 を用いて、第 2 ロジック回路 7 7 及びサブ M C U 7 3 により実行される処理について説明する。

40

## 【 0 0 9 8 】

ステップ S 1 0 では、第 2 ロジック回路 7 7 は、( D ) の異常が発生しているか否かを判定する。具体的には、第 2 ロジック回路 7 7 は、メイン電源回路 6 5 のメイン電源電圧  $V_m$  の検出結果に基づいて、( D ) の異常が発生しているか否かを判定し、より具体的には、メイン電源電圧  $V_m$  がその正常値として取り得る範囲から外れていると判定した場合、( D ) の異常が発生したと判定すればよい。

## 【 0 0 9 9 】

第 2 ロジック回路 7 7 は、( D ) の異常が発生していると判定した場合、ステップ S 1

50

2において、OR回路83にオン指令を出力し、第1ロジック回路76にシャットダウン指令を出力することにより、上アームASCを実施する。第1ロジック回路76は、シャットダウン指令が入力されたと判定した場合、OR回路83及び下アームドライバ93に出力するスイッチング指令をオフ指令にする。上アームASCを実施するのは、下アームドライバ93の低圧領域側の構成にメイン電源電圧Vmが供給されず、下アームスイッチSWLをオン状態にできないためである。

【0100】

その後、ステップS13では、サブMCU73は、ロータの回転速度Nr及び高圧側電源電圧Vdcを取得する。ステップS14では、サブMCU73は、取得したロータの回転速度Nr及び高圧側電源電圧Vdcに基づいて、(A)と同様に、インバータ15を安全状態とする制御がシャットダウン制御であるか又は3相短絡制御であるかを判定する。

10

【0101】

サブMCU73は、安全状態とする制御がシャットダウン状態であると判定した場合、ステップS16において、第2ロジック回路77にパルス信号としてのASC解除指令を出力する。これにより、第2ロジック回路77は、OR回路83へと出力するスイッチング指令をオフ指令にする。その結果、シャットダウン制御が実施される。

【0102】

ステップS17では、第2ロジック回路77は、(D)の異常が解消したか否かを判定し、解消したと判定した場合、ステップS10に移行する。

【0103】

なお、(D)の異常が発生した場合、第2ロジック回路77に代えて、サブMCU73の指示により上アームASCを実施してもよい。この場合、サブMCU73にもメイン電源電圧Vmが入力されればよい。

20

【0104】

(E)上アーム絶縁電源回路90

上アーム絶縁電源回路90の異常(以下、(E)の異常)が発生すると、上アームドライバ92の高圧領域側の構成が動作できなくなる。この場合に備えて、本実施形態では、下アームドライバ93の高圧領域側の構成に給電する下アーム絶縁電源回路91が備えられ、第1ロジック回路76から下アームASCを実施できるようになっている。

【0105】

図4を用いて、第1ロジック回路76及びメインMCU72により実行される処理について説明する。

30

【0106】

ステップS10では、第1ロジック回路76は、上アーム駆動電圧VdHの検出結果に基づいて、(E)の異常が発生しているか否かを判定する。具体的には、第1ロジック回路76は、上アーム駆動電圧VdHがその正常値として取り得る範囲から外れていると判定した場合、(E)の異常が発生したと判定すればよい。

【0107】

第1ロジック回路76は、(E)の異常が発生していると判定した場合、ステップS12において、OR回路83にオフ指令を出力し、下アームドライバ93にオン指令を出力する下アームASCを実施する。下アームASCを実施するのは、上アームドライバ92の高圧領域側の構成が動作できないためである。

40

【0108】

その後、ステップS13では、メインMCU72は、ロータの回転速度Nr及び高圧側電源電圧Vdcを取得する。ステップS14では、メインMCU72は、取得したロータの回転速度Nr及び高圧側電源電圧Vdcに基づいて、(A)と同様に、インバータ15を安全状態とする制御がシャットダウン制御であるか又は3相短絡制御であるかを判定する。

【0109】

メインMCU72は、安全状態とする制御がシャットダウン状態であると判定した場合

50

、ステップ S 1 6 において、第 1 ロジック回路 7 6 にパルス信号としての A S C 解除指令を出力する。これにより、第 1 ロジック回路 7 6 は、下アームドライバ 9 3 へと出力するスイッチング指令をオフ指令にする。その結果、シャットダウン制御が実施される。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 1 7 では、第 1 ロジック回路 7 6 は、( E ) の異常が解消したか否かを判定し、解消したと判定した場合、ステップ S 1 0 に移行する。

【 0 1 1 1 】

なお、( E ) の異常が発生した場合、第 1 ロジック回路 7 6 に代えて、メイン M C U 7 2 の指示により下アーム A S C を実施してもよい。この場合、メイン M C U 7 2 に上アーム駆動電圧 V d H が入力されればよい。

10

【 0 1 1 2 】

( F ) 下アーム絶縁電源回路 9 1

下アーム絶縁電源回路 9 1 の異常 ( 以下、( F ) の異常 ) が発生すると、下アームドライバ 9 3 の高圧領域側の構成が動作できなくなる。この場合に備えて、本実施形態では、上アームドライバ 9 2 の高圧領域側の構成に給電する上アーム絶縁電源回路 9 0 が備えられ、第 1 ロジック回路 7 6 から上アーム A S C を実施できるようになっている。

【 0 1 1 3 】

図 4 を用いて、第 1 ロジック回路 7 6 及びメイン M C U 7 2 により実行される処理について説明する。

【 0 1 1 4 】

ステップ S 1 0 では、第 1 ロジック回路 7 6 は、下アーム駆動電圧 V d L の検出結果に基づいて、( F ) の異常が発生しているか否かを判定する。具体的には、第 1 ロジック回路 7 6 は、下アーム駆動電圧 V d L がその正常値として取り得る範囲から外れていると判定した場合、( F ) の異常が発生したと判定すればよい。

20

【 0 1 1 5 】

第 1 ロジック回路 7 6 は、( F ) の異常が発生していると判定した場合、ステップ S 1 2 において、O R 回路 8 3 にオン指令を出力し、下アームドライバ 9 3 にオフ指令を出力する上アーム A S C を実施する。上アーム A S C を実施するのは、下アームドライバ 9 3 の高圧領域側の構成が動作できないためである。

【 0 1 1 6 】

その後、ステップ S 1 3 ~ S 1 6 では、メイン M C U 7 2 は、( E ) と同様な処理を行う。ステップ S 1 7 では、第 1 ロジック回路 7 6 は、( F ) の異常が解消したか否かを判定し、解消したと判定した場合、ステップ S 1 0 に移行する。

30

【 0 1 1 7 】

なお、( F ) の異常が発生した場合、第 1 ロジック回路 7 6 に代えて、メイン M C U 7 2 の指示により上アーム A S C を実施してもよい。この場合、メイン M C U 7 2 に下アーム駆動電圧 V d L が入力されればよい。

【 0 1 1 8 】

( G ) メイン M C U 7 2、メイン監視部 8 1

メイン M C U 7 2 又はメイン監視部 8 1 の異常 ( 以下、( G ) の異常 ) が発生すると、メイン M C U 7 2 により通常制御を継続できなくなる。( G ) の異常が発生する場合に備えて、本実施形態では、第 2 ロジック回路 7 7 から上アーム A S C が実施できるようになっている。

40

【 0 1 1 9 】

図 4 を用いて、第 2 ロジック回路 7 7 及びサブ M C U 7 3 により実行される処理について説明する。

【 0 1 2 0 】

ステップ S 1 0 では、第 2 ロジック回路 7 7 は、メイン監視部 8 1 からメイン異常信号 S g f m が入力されたと判定した場合、( G ) の異常が発生していると判定する。

【 0 1 2 1 】

50

そしてステップS 1 2では、第2ロジック回路77は、OR回路83にオン指令を出力し、第1ロジック回路76にシャットダウン指令を出力することにより上アームASCを実施する。上アームASCを実施するのは、第2ロジック回路77の電力供給源と、上アームドライバ92の低圧領域側の構成の電力供給源とがサブ電源電圧Vsで同じためである。

【0122】

その後、ステップS 1 3～S 1 6では、サブMCU73は、(D)と同様な処理を行う。これにより、(G)の異常が発生した場合であっても、3相短絡制御の解除を指示することができる。なお、本実施形態において、ステップS 1 3～S 1 6の処理が「安全状態判定部」に相当する。

【0123】

ステップS 1 7では、第2ロジック回路77は、(G)の異常が解消したか否かを判定し、解消したと判定した場合、ステップS 1 0に移行する。

【0124】

なお、(G)の異常が発生した場合、第2ロジック回路77に代えて、サブMCU73の指示により上アームASCを実施してもよい。この場合、サブMCU73にメイン異常信号Sgfmが入力されればよい。

【0125】

(H)角度センサ41、インターフェース部70、レゾルバデジタルコンバータ71、相電流センサ40、第1CANトランシーバ74

角度センサ41、インターフェース部70及びレゾルバデジタルコンバータ71のうち少なくとも1つの異常である角度検出異常が発生した場合、メインMCU72において電気角 $\theta$ を用いることができなくなるため、通常制御を実施できなくなる。また、相電流センサ40の異常が発生した場合、電流信号Iphを用いることができなくなるため、通常制御を実施できなくなる。また、第1CANトランシーバ74の異常が発生した場合、制御量の指令値を取得できなくなるため、通常制御を実施できなくなる。以下、このような異常を(H)の異常と称す。

【0126】

メインMCU72は、(H)の異常が発生したと判定した場合、スイッチング指令により上アームASC又は下アームASCを実施する。ここで、(H)の異常が発生した場合にメインMCU72により実行される3相短絡制御及びシャットダウン制御は、(A)と同様に実施されればよい。また、角度検出異常が発生したか否かは、例えば、入力される電気角 $\theta$ に基づいて判定すればよく、相電流センサ40の異常が発生したか否かは、例えば、入力される電流信号Iphに基づいて判定すればよい。また、第1CANトランシーバ74の異常が発生したか否かは、例えば、第1CANトランシーバ74からの入力信号に基づいて判定すればよい。

【0127】

(I)上,下アームドライバ92,93、上,下アームスイッチSWH,SWL

上,下アームドライバ92,93の異常又は上,下アームスイッチSWH,SWLの異常を(I)の異常と称することとする。図4を用いて、メインMCU72により実行される3相短絡制御処理及びシャットダウン制御処理について説明する。

【0128】

ステップS 1 0では、上アームフェール信号SgfH及び下アームフェール信号SgfLに基づいて(I)の異常が発生したか否かを判定する。

【0129】

(I)の異常が発生したと判定した場合、ステップS 1 2において、スイッチング指令により3相短絡制御を実施する。

【0130】

詳しくは、各上,下アームスイッチSWH,SWLのうち、いずれの相及びいずれのアームのスイッチに異常が発生したかを特定し、また、その異常がオープン異常又はショー

10

20

30

40

50

ト異常のいずれであるかを特定する。

【0131】

そして、上アームの少なくとも1つのスイッチにショート異常が発生したと判定した場合又は下アームの少なくとも1つのスイッチにオープン異常が発生したと判定した場合、上アームASCを行う。一方、下アームの少なくとも1つのスイッチにショート異常が発生したと判定した場合又は上アームの少なくとも1つのスイッチにオープン異常が発生したと判定した場合、下アームASCを行う。

【0132】

なお、その後のステップS13～S16の処理は、(A)と同様である。ただし、ステップS15において肯定判定した場合にシャットダウン制御に切り替えることができるのは、スイッチのオープン異常が発生した場合であり、ショート異常が発生した場合には切り替えることができない。

10

【0133】

(J)サブMCU73、サブ監視部82、速度検出器80

サブMCU73又はサブ監視部82の異常が発生すると、サブMCU73から3相短絡制御を解除できなくなる。また、速度検出器80の異常が発生すると、線間電圧Vdemfを算出できなくなり、インバータ15を安全状態とする制御がシャットダウン制御又は3相短絡制御であるかを判定できなくなる。以下、このような異常を(J)の異常と称す。

【0134】

図4を用いて、メインMCU72により実行される3相短絡制御処理及びシャットダウン制御処理について説明する。

20

【0135】

ステップS10では、(J)の異常が発生したか否かを判定する。例えば、サブ監視部82のサブ異常信号Sgfs又は速度検出器80の検出結果に基づいて、(J)の異常が発生しているか否かを判定すればよい。

【0136】

(J)の異常が発生したと判定した場合、ステップS12において、スイッチング指令により3相短絡制御を実施する。なお、その後のステップS13～S16の処理は、(A)と同様である。

【0137】

(K)第1,第2遮断スイッチ23a,23b

第1,第2遮断スイッチ23a,23bの少なくとも1つのオープン異常(以下、(K)の異常)が発生すると、平滑コンデンサ24の端子電圧が大きく上昇するため、過電圧検出部79から第1ロジック回路76へと過電圧信号Sovhが入力される。この場合、第1ロジック回路76は、3相短絡制御を実施する。なお、3相短絡制御からシャットダウン制御への切り替えは、(A)と同様に実施すればよい。

30

【0138】

本実施形態において、3相短絡制御を迅速に実施できるようにした理由の1つが、(K)の異常が発生した場合に対処するためである。つまり、第1,第2遮断スイッチ23a,23bの少なくとも一方にオープン異常が発生することがある。この場合において回生が実施されると、平滑コンデンサ24の端子電圧が大きく上昇してその許容上限値を超えてしまい、平滑コンデンサ24が故障し得る。そこで、平滑コンデンサ24の端子電圧の上昇を極力早期に抑制すべく、上,下アームスイッチSWH,SWLを意図どおりの駆動状態に迅速に切り替える駆動制御が可能な構成を採用している。これにより、過電圧検出部79からメインMCU72に過電圧信号Sovhが出力されてから、第1ロジック回路76のスイッチング指令により3相短絡制御が実施されるまでの時間を短縮し、3相短絡制御を迅速に実施できるようにしている。

40

【0139】

ちなみに、(A)～(K)で説明した以外に、メインMCU72は、第2CANトランシーバ75の異常が発生したと判定した場合に3相短絡制御を実施してもよい。

50

## 【 0 1 4 0 】

## &lt; 第 2 実施形態 &gt;

以下、第 2 実施形態について、第 1 実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、メイン M C U 7 2 は、( A ) の異常が発生したと判定した場合において通常制御を継続するとき、いずれの異常が発生していないと判定する場合よりも上、下アームスイッチ S W H , S W L のスイッチング周波数  $f_{s w}$  を低下させる。

## 【 0 1 4 1 】

図 5 に、メイン M C U 7 2 により実行される処理の手順を示す。なお、図 5 において、先の図 4 に示した処理については、便宜上、同一の符号を付している。

## 【 0 1 4 2 】

ステップ S 2 0 では、( A ) の異常が発生しているか否かを判定する。ステップ S 2 0 において肯定判定した場合には、ステップ S 2 1 に進み、スイッチング周波数  $f_{s w}$  を低減する。これにより、上アーム絶縁電源回路 9 0 及び下アーム絶縁電源回路 9 1 の消費電力を低減させることができ、ひいてはバックアップ電源回路 6 3 の消費電力を低減させることができる。その結果、通常制御により車両の走行を継続しつつ、バックアップ電源回路 6 3 の小型化を図ることができる。

## 【 0 1 4 3 】

## &lt; その他の実施形態 &gt;

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

## 【 0 1 4 4 】

・図 4 , 図 5 のステップ S 1 4 において、回転電機 1 0 のロータの温度を検出する温度センサの検出値又はロータの温度を推定する温度推定部の推定値をさらに用いて、線間電圧  $V_{d e m f}$  が推定されてもよい。

## 【 0 1 4 5 】

・線間電圧を検出するセンサが制御システムに備えられる場合、ステップ S 1 5 において高圧側電源電圧  $V_{d c}$  と比較される線間電圧は、推定値ではなく、線間電圧の検出値であってもよい。

## 【 0 1 4 6 】

・ステップ S 1 5 において線間電圧  $V_{d e m f}$  と比較される値は、検出された高圧側電源電圧  $V_{d c}$  に限らず、例えば予め定められた判定電圧であってもよい。判定電圧は、例えば、高圧電源 3 0 の端子電圧の正常値が取り得る範囲の最小値に設定されていればよい。

## 【 0 1 4 7 】

・放電処理部 1 0 1 に、下アーム駆動電圧  $V_{d L}$  に加え、高圧電源 3 0 又は低圧電源 3 1 を電力供給源とする電源回路の電力が供給されてもよい。これにより、放電処理部 1 0 1 の電力供給源を冗長化することができる。

## 【 0 1 4 8 】

・平滑コンデンサ 2 4 の放電制御を行うための絶縁伝達部 1 0 0 及び放電処理部 1 0 1 が制御回路 5 0 に備えられていなくてもよい。

## 【 0 1 4 9 】

・上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成に、サブ電源電圧  $V_{s}$  に代えて低圧側電源電圧  $V_{B}$  が供給されてもよい。この場合、サブ電源回路 6 7 の異常が発生した場合であっても、上アームドライバ 9 2 の低圧領域側の構成が動作できるため、メイン M C U 7 2 の制御により車両の走行を継続させることができる。

## 【 0 1 5 0 】

・サブ M C U 7 3 は、メイン M C U 7 2 のように、通常制御のためのスイッチング指令を生成する機能を備えていてもよい。

## 【 0 1 5 1 】

・速度検出器 8 0 により検出された回転速度  $N_r$  が、C A N トランシーバ及び C A N バスを介してメイン M C U 7 2 及びサブ M C U 7 3 に入力されてもよい。

## 【 0 1 5 2 】

10

20

30

40

50

・バックアップ電源回路 63 は、高圧電源 30 及び低圧電源 31 以外の別の電源から電力が供給されることにより電力を生成してもよい。この場合であっても、例えば (A) の異常が発生した場合に中間電源回路 64、サブ電源回路 67、第 2 電源回路 68 及び上、下アーム絶縁電源回路 90、91 に給電でき、3 相短絡制御を実施できる。

【0153】

・各ドライバ 92、93 として、低圧領域及び高圧領域の境界を跨がず、高圧領域のみに設けられるドライバが用いられてもよい。

【0154】

・先の図 1 に示す構成において、平滑コンデンサ 24 と各遮断スイッチ 23a、23b との間に昇圧コンバータが備えられていてもよい。

10

【0155】

・スイッチングデバイス部を構成するスイッチとしては、IGBT に限らず、例えばボディダイオードを内蔵する N チャンネル MOSFET であってもよい。

【0156】

・スイッチングデバイス部を構成する各相各アームのスイッチとしては、互いに並列接続された 2 つ以上のスイッチであってもよい。この場合、互いに並列接続されたスイッチの組み合わせとしては、例えば、SiC のスイッチング素子及び Si のスイッチング素子の組み合わせ、又は IGBT 及び MOSFET の組み合わせであってもよい。

【0157】

・回転電機の制御量としては、トルクに限らず、例えば、回転電機のロータの回転速度であってもよい。

20

【0158】

・回転電機としては、3 相のものに限らない。また、回転電機としては、永久磁石同期機に限らず、例えば巻線界磁型同期機であってもよい。また、回転電機としては、同期機に限らず、例えば誘導機であってもよい。さらに、回転電機としては、車載主機として用いられるものに限らず、電動パワーステアリング装置や空調用電動コンプレッサを構成する電動機等、他の用途に用いられるものであってもよい。

【0159】

・本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストールーションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

30

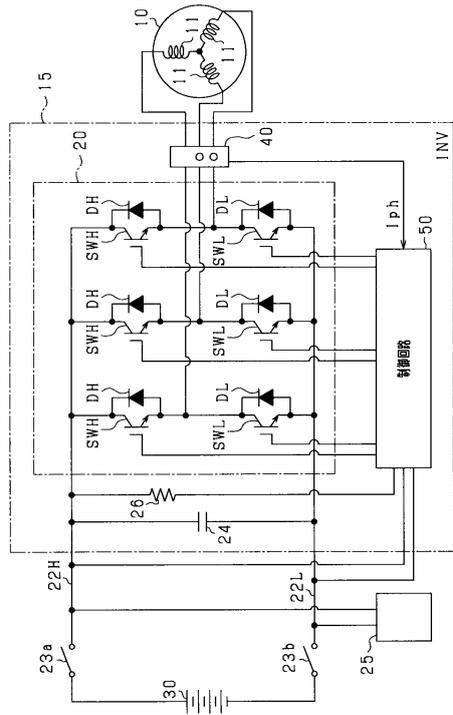
【符号の説明】

40

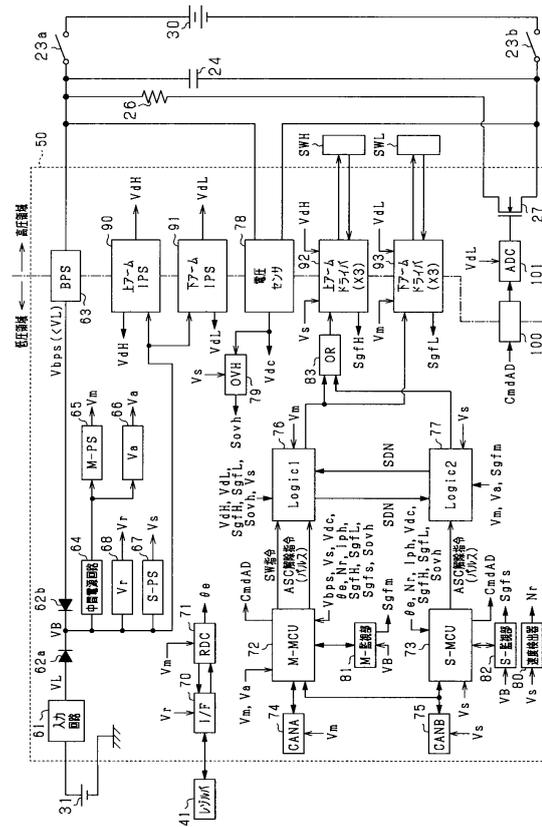
【0160】

10 ... 回転電機、15 ... インバータ、24 ... 平滑コンデンサ、50 ... 制御回路。

【図面】  
【図 1】



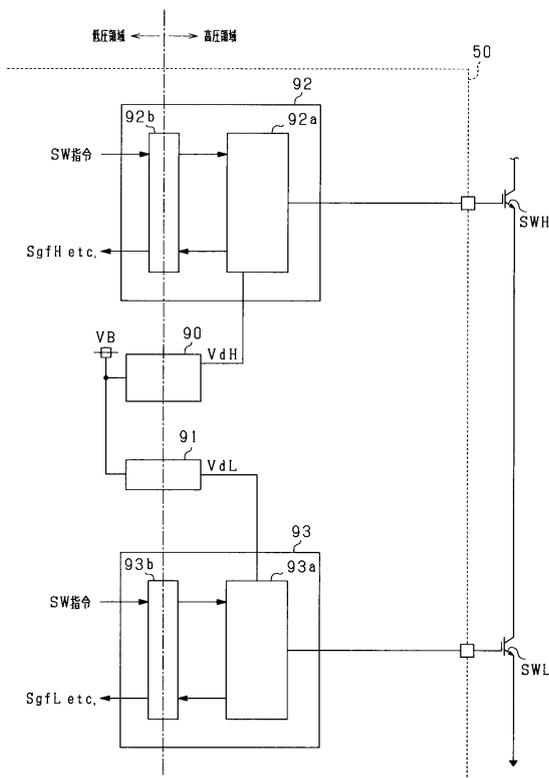
【図 2】



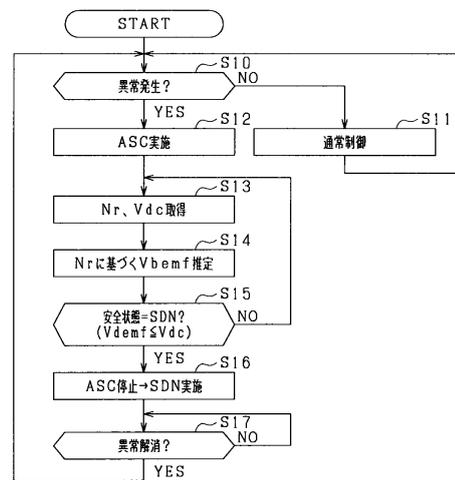
10

20

【図 3】



【図 4】

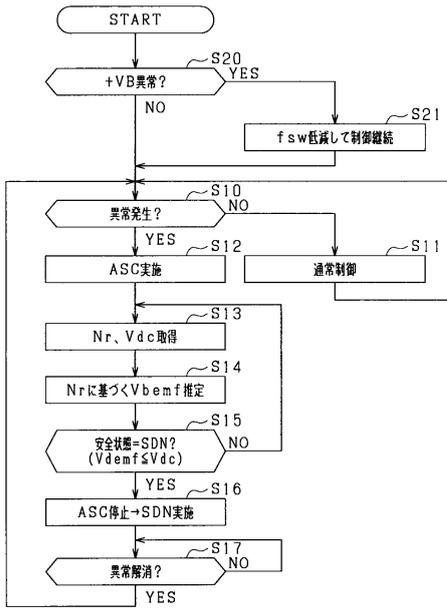


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2018/030381(WO, A1)  
国際公開第2018/185812(WO, A1)  
特開2017-225236(JP, A)  
特表2013-506390(JP, A)  
特開2016-220337(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H02M 1/00-7/98