

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6769247号
(P6769247)

(45) 発行日 令和2年10月14日(2020.10.14)

(24) 登録日 令和2年9月28日(2020.9.28)

(51) Int. Cl.		F I	
H02P	29/028	(2016.01)	H02P 29/028
B62D	6/00	(2006.01)	B62D 6/00
B62D	5/04	(2006.01)	B62D 5/04
H02P	21/06	(2016.01)	H02P 21/06
H02P	27/08	(2006.01)	H02P 27/08

請求項の数 10 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-216418 (P2016-216418)
 (22) 出願日 平成28年11月4日(2016.11.4)
 (65) 公開番号 特開2018-74880 (P2018-74880A)
 (43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)
 審査請求日 令和1年6月18日(2019.6.18)

(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
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100139480
 弁理士 日野 京子
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (74) 代理人 100175134
 弁理士 北 裕介
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに独立した第1電機子巻線群(11)、及び、第2電機子巻線群(12)を含む回転電機(10)と、

前記第1電機子巻線群に電力を供給する第1電源システム(21)と、

前記第2電機子巻線群に電力を供給する第2電源システム(22)と、

前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力出力の制御に用いられる所定の状態量を検出するセンサ(26, 28)と、

前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第1異常判定部(41)と、

前記第1異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた前記電力出力の制御を実施し、前記第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、前記第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第2異常判定部(41)と、

前記第2異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力供給を禁止する禁止部と、を備え、

前記センサは、前記回転電機の回転角度を検出する第1角度センサ(28)を含み、

前記回転電機の回転角度を検出する第2角度センサ(29)と、
前記第1角度センサの検出値に基づいて、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力出力の制御を実施する第1制御部と、
前記第2角度センサの検出値に基づいて、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群への電力出力の制御を実施する第2制御部と、を更に備え、
前記第1異常判定部は、前記第1角度センサに異常が生じているか否かを判定し、
前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記第1角度センサに前記異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を0Aに変更するとともに、前記第1角度センサに異常が生じているか否かを判定する回転電機システム(90)。

10

【請求項2】

前記第1異常判定部は、前記第1電機子巻線群、及び前記第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じているか否かを判定し、
 前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記ショート異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れるq軸電流を0A、d軸電流を0A以外の所定値に変更するとともに、前記ショート異常が生じているか否かを判定する請求項1に記載の回転電機システム。

【請求項3】

互いに独立した第1電機子巻線群(11)、及び、第2電機子巻線群(12)を含む回転電機(10)と、

20

前記第1電機子巻線群に電力を供給する第1電源システム(21)と、
前記第2電機子巻線群に電力を供給する第2電源システム(22)と、
前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力出力の制御に用いられる所定の状態量を検出するセンサ(26,28)と、

前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第1異常判定部(41)と、

前記第1異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた前記電力出力の制御を実施し、前記第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、前記第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第2異常判定部(41)と、

30

前記第2異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力供給を禁止する禁止部と、を備え、

前記第1異常判定部は、前記第1電機子巻線群、及び前記第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じているか否かを判定し、

前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記ショート異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れるq軸電流を0A、d軸電流を0A以外の所定値に変更するとともに、前記ショート異常が生じているか否かを判定する回転電機システム。

40

【請求項4】

前記センサは、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を検出する電流センサ(26)を含み、

前記第1異常判定部は、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定し、

前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記電流センサに異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電機子巻線群を含む回路の時定数より長い周期で、かつ、実効値が0となるように前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を変化させるとともに、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定する請求項1乃至3のいずれか1項に記載の回転電機システム。

50

【請求項 5】

互いに独立した第 1 電機子巻線群 (1 1)、及び、第 2 電機子巻線群 (1 2) を含む回転電機 (1 0) と、

前記第 1 電機子巻線群に電力を供給する第 1 電源システム (2 1) と、

前記第 2 電機子巻線群に電力を供給する第 2 電源システム (2 2) と、

前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群への電力出力の制御に用いられる所定の状態量を検出するセンサ (2 6 , 2 8) と、

前記第 1 電機子巻線群、前記第 1 電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第 1 異常判定部 (4 1) と、

前記第 1 異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第 1 異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた前記電力出力の制御を実施し、前記第 1 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、前記第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記第 1 電機子巻線群、前記第 1 電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第 2 異常判定部 (4 1) と、

前記第 2 異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群への電力供給を禁止する禁止部と、を備え、

前記センサは、前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群に流れる電流を検出する電流センサ (2 6) を含み、

前記第 1 異常判定部は、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定し、

前記第 2 異常判定部は、前記第 1 異常判定部により前記電流センサに異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第 1 電機子巻線群を含む回路の時定数より長い周期で、かつ、実効値が 0 となるように前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群に流れる電流を変化させるとともに、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定する回転電機システム。

【請求項 6】

前記第 2 異常判定部は、前記第 1 異常判定部により異常が生じていると判定された後に前記異常が生じていると判定される前と比較して、前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流を 2 倍にすることで、前記第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【請求項 7】

前記第 1 異常判定部は、前記第 1 電機子巻線群、及び前記第 1 電源システムの少なくとも一方においてオープン異常が生じているか否かを判定し、

前記第 2 異常判定部は、前記第 1 異常判定部により前記オープン異常が生じていると判定されたことを条件として、前記オープン異常が生じていると判定された後に前記オープン異常が生じていると判定される前と比較して、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の指令値の変更を実施せず、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の指令値と、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の検出値との差分を算出し、その差分を前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流の指令値に加算することで、前記第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記オープン異常が生じているか否かを判定する請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【請求項 8】

互いに独立した第 1 電機子巻線群 (1 1)、及び、第 2 電機子巻線群 (1 2) を含む回転電機 (1 0) と、

前記第 1 電機子巻線群に電力を供給する第 1 電源システム (2 1) と、

前記第 2 電機子巻線群に電力を供給する第 2 電源システム (2 2) と、

前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群への電力出力の制御に用いられる所定の状態量を検出するセンサ (2 6 , 2 8) と、

10

20

30

40

50

前記第 1 電機子巻線群、前記第 1 電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第 1 異常判定部 (4 1) と、

前記第 1 異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第 1 異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた前記電力出力の制御を実施し、前記第 1 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、前記第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記第 1 電機子巻線群、前記第 1 電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第 2 異常判定部 (4 1) と、

前記第 2 異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第 1 電源システムから前記第 1 電機子巻線群への電力供給を禁止する禁止部と、を備え、

前記第 1 異常判定部は、前記第 1 電機子巻線群、及び前記第 1 電源システムの少なくとも一方においてオープン異常が生じているか否かを判定し、

前記第 2 異常判定部は、前記第 1 異常判定部により前記オープン異常が生じていると判定されたことを条件として、前記オープン異常が生じていると判定された後に前記オープン異常が生じていると判定される前と比較して、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の指令値の変更を実施せず、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の指令値と、前記第 1 電機子巻線群に流れる電流の検出値との差分を算出し、その差分を前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流の指令値に加算することで、前記第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記オープン異常が生じているか否かを判定する回転電機システム。

【請求項 9】

前記第 2 異常判定部は、前記第 2 電機子巻線群に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲で、前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流を増加させる請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【請求項 10】

前記回転電機システムは、ドライバによる操舵トルクに応じたトルクを出力する電動パワーステアリング装置 (5) に適用されるものである請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の回転電機システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

互いに独立した第 1 電機子巻線群、及び、第 2 電機子巻線群を含む回転電機を備える回転電機システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、回転電機における異常判定を行う構成が記載されている。特許文献 1 の構成では、回転電機に供給される電圧が所定値以上であるタイミングにおいて、回転電機の巻線に流れる電流が閾値以下の状態が所定時間継続した場合に、断線が生じていると判定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 213666 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

回転電機において異常な状態が所定時間継続した場合に、回転電機に異常が発生していると判定する特許文献 1 に記載の構成では、ノイズなどにより一時的に異常な状態が発生した場合に異常が発生していると誤判定をすることを抑制し、異常判定の精度を向上させ

10

20

30

40

50

ることができる。しかしながら、実際に回転電機に異常が生じている場合、回転電機が正常にトルクを出力できなくなる。このため、異常判定に所定時間を要することで、その所定時間にわたって出力トルクが変動することが懸念される。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、回転電機の異常発生時に回転電機の出力トルクが変動することを抑制するとともに、回転電機の異常判定の精度を向上させることが可能な回転電機システムを提供することを主たる目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の構成は、互いに独立した第1電機子巻線群(11)、及び、第2電機子巻線群(12)を含む回転電機(10)と、前記第1電機子巻線群に電力を供給する第1電源システム(21)と、前記第2電機子巻線群に電力を供給する第2電源システム(22)と、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力出力の制御に用いられる所定の状態量を検出するセンサ(26, 28)と、前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第1異常判定部(41)と、前記第1異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた前記電力出力の制御を実施し、前記第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、前記第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記第1電機子巻線群、前記第1電源システム、及び、前記センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する第2異常判定部(41)と、前記第2異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力供給を禁止する禁止部と、を備える回転電機システム(90)である。

【0007】

第1の構成の回転電機は、互いに独立した第1電機子巻線群、及び、第2電機子巻線群を含むものである。さらに、第2異常判定部は、第1異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、第1異常判定部により生じていると判定された異常の種類に応じた第1電源システムから第1電機子巻線群への電力出力の制御を実施する。第1電源システムから第1電機子巻線群への電力出力を継続することで、第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを抑制しつつ異常判定が可能な状態を維持する。さらに、第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、第2電機子巻線群に流れる電流を増加させることで、第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。これにより、第1電機子巻線群、第1電源システム、及び、センサの少なくともいずれかに異常が生じている場合であっても、第2異常判定部による異常判定中において回転電機全体としての出力トルクが変動することを抑制することができる。

【0008】

さらに、第2異常判定部は、第1異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、第1電機子巻線群、第1電源システム、及び、センサの少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する。禁止部は、第2異常判定部により異常が生じていると判定されたことを条件として、第1電源システムから第1電機子巻線群への電力供給を禁止する。第1異常判定部と第2異常判定部とで重畳的に異常判定を実施することで、異常判定の精度を向上させることができる。即ち、回転電機の異常判定の精度を損なわずに、回転電機の異常発生時に回転電機の出力トルクが変動することを抑制するとともに出力トルクが変動する期間を短くすることができる。

【0009】

第2の構成は、第1の構成において、前記センサは、前記回転電機の回転角度を検出する第1角度センサ(28)を含み、前記回転電機の回転角度を検出する第2角度センサと

10

20

30

40

50

、前記第1角度センサの検出値に基づいて、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群への電力出力の制御を実施する第1制御部と、前記第2角度センサの検出値に基づいて、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群への電力出力の制御を実施する第2制御部と、を備え、前記第1異常判定部は、前記第1角度センサに異常が生じているか否かを判定し、前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記第1角度センサに前記異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を0 Aに変更するとともに、前記第1角度センサに異常が生じているか否かを判定する。

【0010】

第2の構成では、第1制御部は、第1角度センサの検出値に基づいて、第1電機子巻線群への電力出力の制御を実施し、第2制御部は、第2角度センサの検出値に基づいて、第2電機子巻線群への電力出力の制御を実施する。第1制御部及び第2制御部が、異なる角度センサの検出値を用いて、電機子巻線への電力出力の制御をそれぞれ実施する構成とすることで、第1制御部による制御と、第2制御部による制御との一方に異常が生じた場合であっても、回転電機の駆動を継続できる。

【0011】

さらに、本構成の第2異常判定部は、第1異常判定部により第1角度センサに異常が生じていると判定されたことを条件として、第1電源システムから第1電機子巻線群に流れる電流を0 Aに変更する。これにより、誤った回転角度の検出値に基づいて、第1電機子巻線群に電力供給がされることを抑制し、回転電機の出力トルクが変動することを抑制することができる。また、第2電機子巻線群に電流が流れることで回転電機の回転は継続されるため、第1角度センサに異常が生じているかの判定を実施することが可能となる。

【0012】

第3の構成は、第1又は第2の構成において、前記第1異常判定部は、前記第1電機子巻線群、及び前記第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じているか否かを判定し、前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記ショート異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れるq軸電流を0 A、d軸電流を0 A以外の所定値に変更するとともに、前記ショート異常が生じているか否かを判定する。

【0013】

第1電機子巻線群及び第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じている状況で、第1電源システムから第1電機子巻線群に対する電力供給を継続すると、大電流が流れることで配線や素子に損傷が生じることが懸念される。そこで、第1異常判定部により第1電機子巻線群、及び第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じていると判定されたことを条件として、第1電源システムから第1電機子巻線群に流れるq軸電流を0 A、d軸電流を0 A以外の所定値に変更する。これにより、第1電源システムから第1電機子巻線群に対して大電流が流れることが抑制され、また、第1電源システムから第1電機子巻線群に電流が流れるため、実際にショート異常が生じているか否かの判定を行うことが可能になる。

【0014】

第4の構成は、第1乃至第3の構成のいずれかにおいて、前記センサは、前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を検出する電流センサ(26)を含み、前記第1異常判定部は、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定し、前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記電流センサに異常が生じていると判定されたことを条件として、前記第1電機子巻線群を含む回路の時定数より長い周期で、かつ、実効値が0となるように前記第1電源システムから前記第1電機子巻線群に流れる電流を変化させるとともに、前記電流センサに異常が生じているか否かを判定する。

【0015】

大きなインダクタンス成分を有する電機子巻線を含む回路はローパスフィルタとして作用する。そこで、電機子巻線を含む回路の時定数より長い周期、かつ、実効値が0となる

10

20

30

40

50

ように第1電源システムから第1電機子巻線群に流れる電流を変化させる。これにより、誤った電流の検出値に基づいて、第1電機子巻線群に電力供給がされて回転電機の出力トルクが変動することを抑制しつつ、電流センサに異常が生じているか否かを判定することが可能になる。

【0016】

第5の構成は、第2乃至第4の構成のいずれかにおいて、前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により異常が生じていると判定された後に前記異常が生じていると判定される前と比較して、前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群に流れる電流を2倍にすることで、前記第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。

10

【0017】

第2乃至第4の構成のいずれかにおいて、第2異常判定部は、第1異常判定部により角度センサに異常が生じていると判定された後に、角度センサに異常が生じていると判定される前と比較して、第2電源システムから第2電機子巻線群に流れる電流を2倍にする。第1電機子巻線群に流れる電流(q軸電流)を0Aとすると、第1電機子巻線群に電流が流れることに伴い発生する回転電機の出力トルクが0になり、例えば、電機子巻線として、第1電機子巻線群と第2電機子巻線群のみを有する構成では、回転電機の出力トルクが半減する。そこで、第2電源システムから第2電機子巻線群に流れる電流を2倍にすることで、第2電機子巻線群に電流が流れることに伴い発生する回転電機の出力トルクが2倍になり、第1電機子巻線群に流れる電流を0Aにしたことに伴う回転電機の出力トルクの減少を簡易な制御で補うことができる。

20

【0018】

第6の構成は、第1乃至第5の構成のいずれかにおいて、前記第1異常判定部は、前記第1電機子巻線群、及び前記第1電源システムの少なくとも一方においてオープン異常が生じているか否かを判定し、前記第2異常判定部は、前記第1異常判定部により前記オープン異常が生じていると判定されたことを条件として、前記オープン異常が生じていると判定された後に前記オープン異常が生じていると判定される前と比較して、前記第1電機子巻線群に流れる電流の指令値の変更を実施せず、前記第1電機子巻線群に流れる電流の指令値と、前記第1電機子巻線群に流れる電流の検出値との差分を算出し、その差分を前記第2電源システムから前記第2電機子巻線群に流れる電流の指令値に加算することで、前記第2電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させるとともに、前記オープン異常が生じているか否かを判定する。

30

【0019】

第1電源システム及び第1電機子巻線群を構成する相のうち、1相にオープン異常が生じている場合、その1相についてのみ電流が流れなくなる。その結果、第1電源システムから第1電機子巻線群に対して電力供給が継続されるものの、第1電気巻線に流れる電流の目標値に比べて第1電機子巻線群に流れる電流の実際値が小さくなる状態が生じ、第1電機子巻線群に電流が流れることで生じる回転電機のトルクが減少することが懸念される。

【0020】

40

そこで、第6の構成の第2異常判定部は、第1異常判定部により第1電機子巻線群、及び第1電源システムの少なくとも一方においてオープン異常が生じていると判定されたことを条件として、オープン異常が生じていると判定された後にオープン異常が生じていると判定される前と比較して、第1電機子巻線群に流れる電流の指令値の変更を実施せず第1電源システムから第1電機子巻線群に対する電力供給を継続する。これにより、第1電機子巻線群を構成する複数の相の一つにオープン異常が発生し、他の相が正常である場合、その正常な相に電流を流しトルクを出力することができる。さらに、第6の構成の第2異常判定部は、第1電機子巻線群に流れる電流の目標値と、第1電機子巻線群に流れる電流の検出値との差分を算出し、その差分を第2電源システムから第2電機子巻線群に流れる電流の目標値に加算する。当該構成により、第1電機子巻線群に流れる電流の目標値に

50

比べて第 1 電気巻線に流れる電流の実際値（検出値）が減少していても、その減少分に相当する電流が第 2 電機子巻線群に流れることで、回転電機の出力トルクが減少することを抑制することができる。

【0021】

第 7 の構成は、第 1 乃至第 6 の構成のいずれかにおいて、前記第 2 異常判定部は、前記第 2 電機子巻線群に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲で、前記第 2 電源システムから前記第 2 電機子巻線群に流れる電流を増加させる。

【0022】

第 2 異常判定部は、具体的には、第 2 電機子巻線に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲で、第 2 電源システムから第 2 電機子巻線群に流れる電流を増加させる。第 2 電機子巻線に流すことが可能な電流の最大値は、例えば、第 2 電源システムの出力可能な最大電流や、第 2 電機子巻線群の特性に基づいて設定される。

10

【0023】

第 8 の構成は、第 1 乃至第 7 の構成のいずれかにおいて、前記回転電機システムは、ドライバによる操舵トルクに応じたトルクを出力する電動パワーステアリング装置（5）に適用されるものである。

【0024】

車両が所定速度よりも高い速度で走行している場合、電動パワーステアリング装置を構成する回転電機に要求される出力トルクは、比較的小さい値となる。つまり、車両の走行中における回転電機の出力トルクは、回転電機が出力可能な最大トルクに対して余裕がある状況となっている。このため、車両の通常走行中において、第 1 電源システムから第 1 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクが減少したとしても、第 2 電源システムから第 2 電機子巻線群に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させることで出力トルクの減少を十分に補うことができる。つまり、回転電機システムが電動パワーステアリング装置に適用される構成では、車両の走行中において第 1 異常判定部により異常が生じていると判定された場合に、回転電機に要求される出力トルクを出力しながら、第 2 異常判定部による異常判定を実施することができる。このため、車両の走行中における安全性を向上させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】ステアリングシステムの全体構成を表す図。

【図 2】電動パワーステアリング装置の電氣的構成を表す図。

【図 3】制御部による制御を表す制御ブロック図。

【図 4】回転電機制御装置と自律運転制御装置との関係を表す図。

【図 5】角度センサの出力電圧を表す図。

【図 6】ショート異常に係る異常判定処理を表すフローチャート。

【図 7】オープン異常に係る異常判定処理を表すフローチャート。

【図 8】第 1 角度センサに係る異常判定処理を表すフローチャート。

【図 9】第 1 電流検出部に係る異常判定処理を表すフローチャート。

【図 10】自律制御と手動制御との切り替え処理を表すフローチャート。

30

40

【発明を実施するための形態】

【0026】

本実施形態における「回転電機システム」を図 1～図 3 に示す。本実施形態の「回転電機システム」は、ドライバによるステアリング操作を補助するための電動パワーステアリング装置 5 を含むステアリングシステム 90 に適用される。

【0027】

図 1 は、ステアリングシステム 90 の全体構成を示す。ステアリングシステム 90 は、ハンドル（ステアリングホイール）91、ステアリングシャフト 92、ピニオンギア 96、ラック軸 97、車輪 98、および、電動パワーステアリング装置 5 を備えている。

【0028】

50

ハンドル 9 1 (ステアリングホイール) に接続されたステアリングシャフト 9 2 には、操舵トルクを検出するためのトルクセンサ 9 4 が設けられている。トルクセンサ 9 4 は、ステアリングシャフト 9 2 の回転に伴うトルクを電圧に変換して出力する。ステアリングシャフト 9 2 の先端にはピニオンギア 9 6 が設けられており、ピニオンギア 9 6 はラック軸 9 7 に噛み合っている。ラック軸 9 7 の両端には、タイロッド等を介して一对の車輪 9 8 が回転可能に連結されている。

【 0 0 2 9 】

運転者がハンドル 9 1 を回転させると、ハンドル 9 1 に接続されたステアリングシャフト 9 2 が回転する。ステアリングシャフト 9 2 の回転運動は、ピニオンギア 9 6 によってラック軸 9 7 の直線運動に変換され、ラック軸 9 7 の変位量に応じた角度に一对の車輪 9 8 が操舵される。

10

【 0 0 3 0 】

電動パワーステアリング装置 5 は、操舵アシストトルクを発生するモータ 1 0 (回転電機)、モータ 1 0 を駆動する回転電機制御装置 1、及び、回転軸の回転を減速してステアリングシャフト 9 2 に伝達する減速ギア 9 を含む。本実施形態のモータ 1 0 は 3 相交流ブラシレスモータであり、減速ギア 9 を正逆回転させる。

【 0 0 3 1 】

図 2 に示すように、モータ 1 0 は、3 相ブラシレスモータであって、いずれも図示しないロータおよびステータを有する。ロータは、円筒状の部材であり、その表面に永久磁石が貼り付けられ、磁極を有する。ステータには、2 組の巻線群 1 1, 1 2 (電機子巻線群) が巻回される。

20

【 0 0 3 2 】

第 1 巻線群 1 1 は、U 1 コイル 1 1 1、V 1 コイル 1 1 2、及び、W 1 コイル 1 1 3 から構成される。第 2 巻線群 1 2 は、U 2 コイル 1 2 1、V 2 コイル 1 2 2、及び、W 2 コイル 1 2 3 から構成される。

【 0 0 3 3 】

第 1 巻線群 1 1 と第 2 巻線群 1 2 とは、電気的には独立しているが、同一のステータに巻回されており、モータ 1 0 が構成する磁気回路により磁氣的に結合されている。また、第 1 巻線群 1 1 の U 1 コイル 1 1 1 と、第 2 巻線群 1 2 の U 2 コイル 1 2 1 とは、位相が 3 0 ° ずれた位置に配置される。V 相、W 相についても同様である。

30

【 0 0 3 4 】

回転電機制御装置 1 は、第 1 インバータ部 2 1、第 2 インバータ部 2 2、第 1 電流検出部 2 6 (電流センサ)、第 2 電流検出部 2 7、第 1 角度センサ 2 8、第 2 角度センサ 2 9、第 1 電源リレー 3 1、第 2 電源リレー 3 2、第 1 コンデンサ 3 3、第 2 コンデンサ 3 4、駆動回路 (ブリドライバ) 3 5、及び、制御部 4 1 を備える。

【 0 0 3 5 】

第 1 インバータ部 2 1 は、6 つのスイッチング素子 (以下、「スイッチ」と記載する。) 2 1 1 ~ 2 1 6 を有し、第 1 巻線群 1 1 のコイル 1 1 1、1 1 2、1 1 3 への通電を切り替える。

【 0 0 3 6 】

高電位側に設けられる上アームスイッチ 2 1 1, 2 1 2, 2 1 3 のドレインは、第 1 上側母線 2 1 8 を経由してバッテリー 3 0 の正極側とそれぞれ接続されている。上アームスイッチ 2 1 1, 2 1 2, 2 1 3 のソースは、低電位側に設けられる下アームスイッチ 2 1 4, 2 1 5, 2 1 6 のドレインとそれぞれ接続されている。下アームスイッチ 2 1 4, 2 1 5, 2 1 6 のソースは、第 1 下側母線 2 1 9 を経由してバッテリー 3 0 の負極側と接続される。上アームスイッチ 2 1 1, 2 1 2, 2 1 3 と下アームスイッチ 2 1 4, 2 1 5, 2 1 6 との接続点は、それぞれ、U 1 コイル 1 1 1、V 1 コイル 1 1 2、W 1 コイル 1 1 3 の一端と接続される。

40

【 0 0 3 7 】

第 2 インバータ部 2 2 は、6 つのスイッチ 2 2 1 ~ 2 2 6 を有し、第 2 巻線群 1 2 のコ

50

イル 1 2 1、1 2 2、1 2 3 への通電を切り替える。

【 0 0 3 8 】

高電位側に設けられる上アームスイッチ 2 2 1、2 2 2、2 2 3 のドレインは、第 2 上側母線 2 2 8 を経由してバッテリー 3 0 の正極側とそれぞれ接続されている。上アームスイッチ 2 2 1、2 2 2、2 2 3 のソースは、低電位側に設けられる下アームスイッチ 2 2 4、2 2 5、2 2 6 のドレインとそれぞれ接続されている。下アームスイッチ 2 2 4、2 2 5、2 2 6 のソースは、第 2 下側母線 2 2 9 を経由してバッテリー 3 0 の負極側と接続される。上アームスイッチ 2 2 1、2 2 2、2 2 3 と下アームスイッチ 2 2 4、2 2 5、2 2 6 との接続点は、それぞれ、U 2 コイル 1 2 1、V 2 コイル 1 2 2、W 2 コイル 1 2 3 の一端と接続される。

10

【 0 0 3 9 】

本実施形態のスイッチ 2 1 1 ~ 2 1 6、2 2 1 ~ 2 2 6 は、いずれも M O S F E T (金属酸化物絶縁効果トランジスタ) であるが、I G B T (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) やサイリスタや機械式のリレースイッチなどとしてもよい。

【 0 0 4 0 】

第 1 電流検出部 2 6 は、電流検出素子 2 6 1、2 6 2、2 6 3 から構成される。電流検出素子 2 6 1 は、スイッチ 2 1 4 の低電位側に設けられ、U 1 コイル 1 1 1 に通電される電流である U 1 電流 I_{u1} を検出する。電流検出素子 2 6 2 は、スイッチ 2 1 5 の低電位側に設けられ、V 1 コイル 1 1 2 に通電される電流である V 1 電流 I_{v1} を検出する。電流検出素子 2 6 3 は、スイッチ 2 1 6 の低電位側に設けられ、W 1 コイル 1 1 3 に通電される電流である W 1 電流 I_{w1} を検出する。

20

【 0 0 4 1 】

第 2 電流検出部 2 7 は、電流検出素子 2 7 1、2 7 2、2 7 3 から構成される。電流検出素子 2 7 1 は、スイッチ 2 2 4 の低電位側に設けられ、U 2 コイル 1 2 1 に通電される電流である U 2 電流 I_{u2} を検出する。電流検出素子 2 7 2 は、スイッチ 2 2 5 の低電位側に設けられ、V 2 コイル 1 2 2 に通電される電流である V 2 電流 I_{v2} を検出する。電流検出素子 2 7 3 は、スイッチ 2 2 6 の低電位側に設けられ、W 2 コイル 1 2 3 に通電される電流である W 2 電流 I_{w2} を検出する。本実施形態の電流検出素子 2 6 1 ~ 2 6 3、2 7 1 ~ 2 7 3 は、シャント抵抗である。なお、シャント抵抗に代えてホール素子などを用いてもよい。

30

【 0 0 4 2 】

角度センサ 2 8、2 9 は、ともにモータ 1 0 の回転角を検出する。角度センサ 2 8、2 9 は、それぞれ、モータ 1 0 の回転子側に設けられる磁気発生部である磁石と、当該磁石に近接して設けられる磁気検出素子とによって構成され、モータ 1 0 の回転角度に応じた電圧を出力する。角度センサ 2 8、2 9 を構成する磁気検出素子は、具体的には、トンネル磁気抵抗 (TMR: Tunnel Magneto Resistance) 素子である。なお、角度センサ 2 8、2 9 を構成する磁気検出素子としてホール素子などを用いてもよい。角度センサ 2 8、2 9 により検出されたモータ 1 0 の電気角 θ は、制御部 4 1 へ出力される。

【 0 0 4 3 】

角度センサ 2 8、2 9 は、モータ 1 0 の回転子の回転角度に応じた正弦波電圧と、当該正弦波に対して 9 0 度位相が進んだ余弦波電圧とを出力する。また、角度センサ 2 8、2 9 における異常などに対応すべく、角度センサ 2 8、2 9 はそれぞれ、第 1 の余弦波電圧 V_{x1} 、及び第 1 の正弦波電圧 V_{y1} を出力する第 1 磁気検出素子と、第 2 の余弦波電圧 V_{x2} 、及び第 2 の正弦波電圧 V_{y2} を出力する第 2 磁気検出素子と、を備える構成としている。角度センサ 2 8、2 9 がそれぞれ正常な場合、余弦波電圧 V_{x1} と余弦波電圧 V_{x2} とは略等しい値となり、正弦波電圧 V_{y1} と正弦波電圧 V_{y2} とは略等しい値となる。

40

【 0 0 4 4 】

後述する制御部 4 1 は、余弦波電圧 V_{x1} 、 V_{x2} と正弦波電圧 V_{y1} 、 V_{y2} との比 (V_{y1} / V_{x1} 、 V_{y2} / V_{x2}) の逆正接を算出することで、モータ 1 0 の電気角 θ

50

を取得する。ここで、第1角度センサ28の出力値に基づいて取得されるモータ10の電気角の検出値を1と表し、第2角度センサ29の出力値に基づいて取得されるモータ10の電気角の検出値を2と表す。

【0045】

第1電源リレー31は、バッテリー30から第1インバータ部21への電力供給を遮断可能に設けられている。第2電源リレー32は、バッテリー30から第2インバータ部22への電力供給を遮断可能に設けられている。本実施形態において、電源リレー31、32は、スイッチ211などと同様にMOSFETとしているが、IGBTやサイリスタや機械式のリレースイッチなどとしてもよい。

【0046】

また、電源リレー31、32をMOSFETとする場合、バッテリー30が誤って逆向きに接続された場合にダイオードを経由して逆向きの電流が流れるのを防ぐべく、ダイオードの向きが反対向きとなるように電源リレー31、32と直列に接続される図示しない逆接保護リレーをそれぞれ設けることが好ましい。

【0047】

第1コンデンサ33は、バッテリー30及び第1インバータ部21の入力側と並列に接続される。第2コンデンサ34は、バッテリー30及び第2インバータ部22の入力側と並列に接続される。コンデンサ33、34は、電荷を蓄えることで、インバータ部21、22への入力電圧を安定化させたり、サージ電流などのノイズ成分を抑制したりする。

【0048】

本実施形態では、第1巻線群11、ならびに、第1巻線群11の通電制御に係る第1インバータ部21、第1電流検出部26、第1角度センサ28、第1電源リレー31、及び、第1コンデンサ33を「第1系統101」とし、第2巻線群12、ならびに、第2巻線群12の通電制御に係る第2インバータ部22、第2電流検出部27、第2角度センサ29、第2電源リレー32、及び、第2コンデンサ34を「第2系統102」とする。

【0049】

制御部41は、電動パワーステアリング装置5全体の制御を司るものであり、各種演算を実行するマイクロコンピュータ等により構成される。制御部41における各処理は、ROMなどに予め記憶されたプログラムをCPUで実行することによるソフトウェアによって実施されてもよいし、専用の電子回路によるハードウェアによって実施されてもよい。

【0050】

制御部41は、信号生成部48を有する。信号生成部48は、トルクセンサ94から取得される操舵トルク、および、角度センサ28、29から取得される電気角1、2などに基づき、スイッチ211~216、221~226のオンオフを制御する制御信号を生成する。生成された制御信号は、駆動回路35を経由して、スイッチ211~216、221~226のゲートに出力される。制御部41は、スイッチ211~216、221~226のオンオフ動作を制御することにより、モータ10の駆動を制御する。なお、図2においては、信号生成部48以外の制御部41の構成の記載を省略している。

【0051】

制御部41の詳細を図3に示す。図3では、第1系統101の制御（「第1制御部」としての制御）に係る構成を記載している。また、制御部41は、第2系統102の制御に係る構成を備えているが、図3では省略している。

【0052】

制御部41は、3相2相変換部510、減算器512、513、制御器514、515、dq非干渉電圧演算部516、517、非干渉電圧補正部518、519、及び、2相3相変換部520を有する。

【0053】

3相2相変換部510は、第1電流検出部26により検出されたU1電流検出値 I_{u1} 、V1電流検出値 I_{v1} 、及び、W1電流検出値 I_{w1} を、電気角1に基づいてUVW座標系からdq座標系に変換し、第1巻線群11のd軸電流検出値 I_{d1} 、及び、q軸電

10

20

30

40

50

流検出値 I_{q1} を算出する。ここで、 d q 軸の電流検出値 I_{d1} , I_{q1} は、3相の電流検出値 I_{u1} , I_{v1} , I_{w1} を d q 変換した値であり、いずれも電流検出値の概念に含まれるものである。

【0054】

d 軸減算器 512 は、 d 軸電流偏差 I_{d1} を算出する。 d 軸電流偏差 I_{d1} は、 d 軸電流指令値 I_{d1}^* とフィードバック制御の対象である d 軸電流検出値 I_{d1} との偏差である。 q 軸減算器 513 は、 q 軸電流偏差 I_{q1} を算出する。 q 軸電流偏差 I_{q1} は、 q 軸電流指令値 I_{q1}^* とフィードバック制御の対象である q 軸電流検出値 I_{q1} との偏差である。

【0055】

d 軸制御器 514 は、 d 軸電流偏差 I_{d1} が 0 に収束するように、 PI 演算により基本 d 軸電圧指令値 $V_{d1}^*_{-b}$ を算出する。 q 軸制御器 515 は、 q 軸電流偏差 I_{q1} が 0 に収束するように、 PI 演算により基本 q 軸電圧指令値 $V_{q1}^*_{-d}$ を算出する。制御器 514 , 515 は PID 演算などを実施してもよい。

【0056】

d q 非干渉電圧演算部 516 は、 q 軸電流偏差 I_{q1} に基づき、 d 軸非干渉化電圧 V_{d1}_{-dc} を算出する。 d q 非干渉電圧演算部 517 は、 d 軸電流偏差 I_{d1} に基づき、 q 軸非干渉化電圧 V_{q1}_{-dc} を算出する。

【0057】

d 軸非干渉電圧補正部 518 は、基本 d 軸電圧指令値 $V_{d1}^*_{-b}$ から d 軸非干渉化電圧 V_{d1}_{-dc} を減算することで、 d 軸電圧指令値 V_{d1}^* を算出する。 q 軸非干渉電圧補正部 519 は、基本 q 軸電圧指令値 $V_{q1}^*_{-b}$ に q 軸非干渉化電圧 V_{q1}_{-dc} を加算することで、 q 軸電圧指令値 V_{q1}^* を算出する。

【0058】

2相3相変換部 520 は、電気角 θ に基づき、 d 軸電圧指令値 V_{d1}^* および q 軸電圧指令値 V_{q1}^* を d q 座標系から UVW 座標系に変換する逆 d q 変換を行い、 U 相電圧指令値 V_{u1}^* 、 V 相電圧指令値 V_{v1}^* 、及び、 W 相電圧指令値 V_{w1}^* を算出する。

【0059】

2相3相変換部 520 により算出された電圧指令値 V_{u1}^* , V_{v1}^* , V_{w1}^* は、信号生成部 48 (図2参照) に出力される。信号生成部 48 では、電圧指令値 V_{u1}^* , V_{v1}^* , V_{w1}^* に基づいて、スイッチ 211 ~ 216 のオンオフを制御する制御信号を生成する。具体的には、信号生成部 48 は、各電圧指令値 V_{u1}^* , V_{v1}^* , V_{w1}^* に応じた電圧が出力されるように PWM 演算を実施する。生成された制御信号は、駆動回路 35 (図2参照) を経由して、第1インバータ部 21 に出力される。図3においては、信号生成部 48 および駆動回路 35 の記載を省略している。

【0060】

制御部 41 による第2系統 102 の制御(「第2制御部」としての制御)は、上述した第1系統 101 の制御と同等であるため説明を省略する。本実施形態では、第1制御部としての「制御部 41」は、第1角度センサ 28 の検出値 θ に基づいて第1インバータ部 21 の制御を行い、第2制御部としての「制御部 41」は、第2角度センサ 29 の検出値 θ に基づいて第2インバータ部 22 の電力制御を行う。ここで、第1インバータ部 21 の制御主体と、第2インバータ部 22 の制御主体とは異なる装置であってもよい。

【0061】

以上説明したように、本実施形態の電動パワーステアリング装置 5 は、互いに磁氣的に結合する複数の巻線群 11 , 12 を有するモータ 10 の駆動を制御するものであって、インバータ部 21 , 22 と、制御部 41 と、を備える。

【0062】

インバータ部 21 , 22 は、巻線群 11 , 12 毎に設けられている。第1インバータ部 21 は、第1巻線群 11 の各相に対応して設けられる上アームスイッチ 211 ~ 213、及び、上アームスイッチ 211 ~ 213 の低電位側に接続される下アームスイッチ 214

10

20

30

40

50

～ 216 を有する。第 2 インバータ部 22 は、第 2 巻線群 12 の各相に対応して設けられる上アームスイッチ 221～223、及び、上アームスイッチ 221～223 の低電位側に接続される下アームスイッチ 224～226 を有する。制御部 41 は、インバータ部 21, 22 を制御する。具体的には、制御部 41 は、インバータ部 21, 22 のスイッチ 211～216、221～226 のオンオフ作動を制御する。

【0063】

図 4 に示すように、回転電機制御装置 1 (制御部 41) は、車両の自律運転用の制御を行う制御装置 60 と、表示装置 61 との通信を行う。

【0064】

制御装置 60 は、ドライバなどによって操作される操作部 63 からの入力信号に応じて、ドライバの操作に応じて車両の走行状態を制御する手動制御と、車両の走行状態を各種センサからの入力に応じて自律的に制御する自律制御とを切り替えて実施する。

10

【0065】

ここで、制御装置 60 が実施する自律制御は、ドライバの操作に応じた制御と、自律的な制御とを組み合わせたものを含み、例えば、ドライバの操作に応じた車両の加減速に関する制御と、車両の操舵を自律的に行う制御と、を組み合わせたものを含むものである。制御装置 60 は、自律制御時には、車両に取り付けられたカメラなどを含む各種センサから入力される情報に基づいて、車両の操舵を自律的に制御する。

【0066】

表示装置 61 は、車両の速度などの情報を表示する一般的なものであり、液晶ディスプレイを含む表示部と、当該表示部を制御する制御部とを含むものである。操作部 62 は、機械的に操作されるスイッチや、タッチパネルに対する入力や音声による入力などによって操作されるソフトウェア的なものを含むものである。

20

【0067】

制御装置 60 は、操作部 62 に対するドライバによる操作に応じて、手動制御から自律制御への切り替えを行う。制御装置 60 は、車両の操舵を自律的に制御する場合、モータ 10 が出力すべきトルク量 (トルク指令値) を回転電機制御装置 1 に通知する。回転電機制御装置 1 は、モータ 10 からそのトルク指令値に応じたトルクを出力させる制御を実施する。なお、制御装置 60 から回転電機制御装置 1 に対し、トルク指令値に代えて、ステアリングシャフト 92 の回転角度などを通知するものであってもよい。

30

【0068】

ここで、モータ 10 を含む電動パワーステアリング装置 5 に異常が生じている状態では、自律制御を正常に実施できない。そこで、制御装置 60 は、電動パワーステアリング装置 5 に異常が生じている場合に、通常制御から自律制御への切り替えを禁止する。なお、通常制御から自律制御への切り替えを禁止する主体は制御部 41 であってもよい。

【0069】

制御部 41 は、電動パワーステアリング装置 5 の異常判定を行う。具体的には、制御部 41 は、第 1 巻線群 11、第 1 巻線群 11 に電力供給を行う第 1 インバータ部 21 及び第 1 巻線群 11 と第 1 インバータ部 21 との間の配線を含む「第 1 電源システム」、並びに、第 1 インバータ部 21 から第 1 巻線群 11 への電力出力の制御に用いられる所定の状態量 (I_1 , I_{d1} , I_{q1}) を検出する第 1 電流検出部 26 及び第 1 角度センサ 28 の異常を判定する。また、制御部 41 は、第 2 巻線群 12、第 2 巻線群 12 に電力供給を行う第 2 インバータ部 22 及び第 2 巻線群 12 と第 2 インバータ部 22 との間の配線を含む「第 2 電源システム」、並びに、第 2 インバータ部 22 から第 2 巻線群 12 への電力出力の制御に用いられる所定の状態量 (I_2 , I_{d2} , I_{q2}) を検出する第 2 電流検出部 27 及び第 2 角度センサ 29 の異常を判定する。

40

【0070】

電動パワーステアリング装置 5 の異常判定時において、巻線群 11, 12 のうち制御部 41 による異常判定の対象とされる方が「第 1 電機子巻線群」に相当し、異常判定の対象とされない方が「第 2 電機子巻線群」に相当する。以下の説明では第 1 巻線群 11 を異常

50

判定の対象である「第1電機子巻線群」とし、第2巻線群12を異常判定の対象でない「第2電機子巻線群」とする。制御部41は、第2巻線群12を含む第2系統102の異常判定も行うものであるが、第1巻線群11を含む第1系統の異常判定と同等であるため、第2系統102の異常判定についての説明は省略する。

【0071】

「第1異常判定部」としての制御部41は、第1巻線群11、第1巻線群11に電力供給を行う電源システム、第1電流検出部26、及び第1角度センサ28の少なくともいずれかに異常が生じているか否かを判定する。「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により異常が生じていると判定されたことを条件として、「第1異常判定部」としての制御部41により生じていると判定された異常の種類に応じた第1インバータ部21の電力出力の制御を実施する。また、「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により異常が生じていると判定されたことを条件として、第1巻線群11に電流が流れることで生じる出力トルクが減少する場合に、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させることで、第2巻線群12に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。この際、第2巻線群12に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲で、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させる。

【0072】

さらに、「第2異常判定部」としての制御部41は、第1巻線群11、第1巻線群11に電力供給を行う電源システム、第1電流検出部26及び第1角度センサ28の少なくともいずれかに異常が生じているか否かを再度判定する。そして、「禁止部」としての制御部41は、「第2異常判定部」としての制御部41により異常が生じていると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を禁止する。

【0073】

「第1異常判定部」及び「第2異常判定部」としての制御部41は、以下に説明するショート異常、オープン異常、第1電流検出部26の異常、及び、第1角度センサ28の異常を判定する。以下、オープン異常、第1電流検出部26の異常、及び、第1角度センサ28の異常にそれぞれについて説明する。

【0074】

制御部41によるショート異常の判定について説明する。「第1異常判定部」としての制御部41は、巻線群11及び巻線群11に電力供給を行う第1電源システムの少なくとも一方においてショート異常が生じているか否かを判定する。ここで、第1巻線群11に電力供給を行う第1電源システムとは、バッテリー30と第1インバータ部21との間の配線（第1上側母線218、及び第1下側母線219）、巻線群11に電力供給を行う第1インバータ部21、及び第1巻線群11と第1インバータ部21との間の配線を含むものである。また、ショート異常は、第1巻線群11が筐体などと接触することで生じる地絡や、第1インバータ部21におけるスイッチ211～216におけるショート故障（閉着）や、バッテリー30と第1インバータ部21との間の配線が筐体などと接触することで生じる地絡や、第1巻線群11と第1インバータ部21との間の配線が筐体などと接触することで生じる地絡を含むものである。

【0075】

制御部41は、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値や、バッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値に基づいて、ショート異常の発生を判定する。より具体的には、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値が所定の閾値を超える場合に、第1巻線群11、又は、第1巻線群11と第1インバータ部21との間の配線におけるショート異常が発生していると判定する。また、制御部41は、バッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値が所定値を超える場合に、バッテリー30と第1インバータ部21との間の配線、又は、第1インバータ部21におけるショート異常が発生していると判定する。

【0076】

「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11に流す電流量を減少させる。これにより、第1巻線群11、及び、第1インバータ部21を含む電源システムにおいて短絡電流が流れることで、第1巻線群11、及び、第1インバータ部21を含む電源システムに損傷が生じることを抑制する。また、「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定されたことを条件として、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させることで、第2巻線群12に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。

【0077】

具体的には、「第2異常判定部」としての制御部41は、巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1}^* を0Aに設定し、d軸電流の指令値 I_{d1}^* を10Aに設定する。また、制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定される前と比較して、第2巻線群12に流れるq軸電流の指令値 I_{q2}^* を2倍に設定する。なお、制御部41は、d軸電流指令値 I_{d2}^* を2倍に設定してもよい。当該制御により、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定される前と同等のトルクをモータ10から出力することが可能になる。

【0078】

「第2異常判定部」としての制御部41は、第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる電流を減少させた状態で、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w2} の検出値や、バッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値に基づいて、ショート異常の発生を再び判定する。そして、「禁止部」としての制御部41は、「第2異常判定部」としての制御部によりショート異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を禁止する。

【0079】

次に、制御部41によるオープン異常の判定について説明する。「第1異常判定部」としての制御部41は、第1巻線群11及び第1巻線群11に電力供給を行う電源システムの少なくとも一方においてオープン異常が生じているか否かを判定する。オープン異常は、第1巻線群11における断線や、第1インバータ部21におけるスイッチ211~216におけるオープン故障(開固着)や、バッテリー30と第1インバータ部21との間の配線における断線や、第1巻線群11と第1インバータ部21との間の配線における断線を含むものである。

【0080】

制御部41は、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値や、バッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値に基づいて、オープン異常の発生を判定する。より具体的には、第1インバータ部21が所定電圧を出力している状況下で第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w2} の検出値が所定の閾値を下回る場合に、第1巻線群11、第1巻線群11と第1インバータ部21との間の配線、又は、第1インバータ部21におけるオープン異常が発生していると判定する。また、制御部41は、第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1}^* 、 V_{v1}^* 、 V_{w1}^* が0より大きい所定電圧とされている状況下でバッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値が所定値を下回る場合に、バッテリー30と第1インバータ部21との間の配線、又は、第1インバータ部21におけるオープン異常が発生していると判定する。

【0081】

「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりオープン異常が発生していると判定されたことを条件として、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させることで、第2巻線群12に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。具体的には、制御部41は、第1インバータ部21から第1巻線群11への出力電流の指令値 I_{q1}^* と検出値 I_{q1} との差分を算出し、その差分を第2インバータ部22から第2巻線群12への出力電流の指令値 I_{q2}^* に加算

10

20

30

40

50

する。当該制御により、「第1異常判定部」としての制御部41によりオープン異常が発生していると判定される前と同等のトルクをモータ10から出力することが可能になる。

【0082】

また、「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりオープン異常が発生していると判定された場合、オープン異常が生じていると判定された後にオープン異常が生じていると判定される前と比較して、第1インバータ部21から第1巻線群11への出力電流の指令値 I_{d1*} 、 I_{q1*} の変更を実施せず、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力出力を継続する。当該制御により、第1巻線群11、第1インバータ部21、又は、第1巻線群11と第1インバータ部21との配線において、U相、V相、及びW相のいずれか1つの相にオープン異常が発生し、他の2相が正常である場合、その正常な2相に電流を流しトルクを出力することができる。

10

【0083】

「第2異常判定部」としての制御部41は、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値や、バッテリー30から第1インバータ部21への入力電流の検出値に基づいて、オープン異常の発生を再び判定する。そして、「禁止部」としての制御部41は、「第2異常判定部」としての制御部によりオープン異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を禁止する。

【0084】

次に、制御部41による第1電流検出部26における異常の判定について説明する。「第1異常判定部」としての制御部41は、第1電流検出部26に異常が生じているか否かを判定する。第1電流検出部26による電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の合計値の大きさは、第1電流検出部26が正常な場合略0となり、相電流を検出する検出素子261~263や、検出素子261~263と制御部41との配線などにおいて異常が生じていると0より大きい値となる。そこで、制御部41は、第1電流検出部26による電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の合計値の大きさが所定値より大きい(略0となっていない)場合に、第1電流検出部26に異常が生じていると判定する。

20

【0085】

「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により第1電流検出部26に異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11に流す電流量を減少させる。これにより、第1巻線群11に対して過剰な電流が流れ、モータ10の出力トルクが変動することを抑制する。また、「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により第1電流検出部26に異常が発生していると判定されたことを条件として、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させることで、第2巻線群12に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。

30

【0086】

具体的には、「第2異常判定部」としての制御部41は、第1巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1*} を0Aに設定する。さらに、制御部41は、第1インバータ部21から見た第1巻線群11側の回路の時定数より長い周期、かつ、第1インバータ部21から出力される電力の実効値が0となるようにd軸電流の指令値 I_{d1*} を変化させる。当該制御により、第1巻線群11に電流が流れることに伴うヨーレイトの変動が抑制される。また、第1インバータ部21から第1巻線群11に電流が流れるため、第1電流検出部26の異常判定が継続できる。さらに、制御部41は、モータ10からトルクが出力されてから車両のヨーレイトが変化するまでの応答時間であるヨーレイト時定数より短い周期で、d軸電流の指令値 I_{d1*} を変化させるとよい。

40

【0087】

また、制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定される前と比較して、第2巻線群12に流れるq軸電流の指令値 I_{q1*} を2倍に設定する。なお、制御部41は、d軸電流指令値 I_{d2*} を2倍に設定しても

50

よい。当該制御により、「第1異常判定部」としての制御部41によりショート異常が発生していると判定される前と同等のトルクをモータ10から出力することができる。

【0088】

「第2異常判定部」としての制御部41は、第1電流検出部26の検出値に基づいて、第1電流検出部26における異常の発生の有無を再び判定する。そして、「禁止部」としての制御部41は、「第2異常判定部」としての制御部41により第1電流検出部26に異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を禁止する。

【0089】

次に、制御部41による第1角度センサ28の異常の判定について説明する。「第1異常判定部」としての制御部41は、第1角度センサ28に異常が生じているか否かを判定する。第1角度センサ28は、同一の回転角度を出力する2つの検出素子を備えている。これらの検出素子が正常である場合、検出素子の出力値は同じ値となる。そこで、制御部41は、第1角度センサ28を構成する2つの検出素子の出力値を比較して、所定値以上のずれが生じていた場合に第1角度センサ28に異常が生じていると判定する。

【0090】

具体的には、制御部41は、第1角度センサ28の第1磁気検出素子が出力する余弦波電圧 V_{x1} と、第1角度センサ28の第2磁気検出素子が出力する余弦波電圧 V_{x2} とを比較する。また、制御部41は、第1角度センサ28の第1磁気検出素子が出力する正弦波電圧 V_{y1} と第1角度センサ28の第2磁気検出素子が出力する正弦波電圧 V_{y2} とを比較する。図5に各磁気検出素子が出力する余弦波電圧 V_{x1} 、 V_{x2} と、正弦波電圧 V_{y1} 、 V_{y2} とを示す。制御部41は、余弦波電圧 V_{x1} 、 V_{x2} の間で所定値以上の差異が生じている場合、又は、正弦波電圧 V_{y1} 、 V_{y2} の間で所定値以上の差異が生じている場合、第1角度センサ28に異常が生じていると判定する。

【0091】

「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により第1角度センサ28に異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11に流す電流量を減少させる。これにより、モータ10の出力トルクが変動することを抑制する。また、「第2異常判定部」としての制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により第1角度センサ28に異常が発生していると判定されたことを条件として、第2インバータ部22から第2巻線群12に流れる電流を増加させることで、第2巻線群12に電流が流れることで生じる出力トルクを増加させる。

【0092】

具体的には、「第2異常判定部」としての制御部41は、第1巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1}^* 及びd軸電流の指令値 I_{d1}^* を0Aに設定する。また、制御部41は、「第1異常判定部」としての制御部41により第1角度センサ28に異常が発生していると判定される前と比較して、第2巻線群12に流れるq軸電流の指令値 I_{q2}^* を2倍に設定する。なお、制御部41は、d軸電流指令値 I_{d2}^* を2倍に設定してもよい。当該制御により、「第1異常判定部」としての制御部41により第1角度センサ28に異常が発生していると判定される前と同等のトルクをモータ10から出力することができる。

【0093】

「第2異常判定部」としての制御部41は、第1角度センサ28の出力と第2角度センサ29の出力との比較を行い、第1角度センサ28における異常の発生の有無を再び判定する。そして、「禁止部」としての制御部41は、「第2異常判定部」としての制御部41により第1角度センサ28に異常が発生していると判定されたことを条件として、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を禁止する。

【0094】

図6にショート異常の判定処理を表すフローチャートを示す。当該判定処理は、制御部

10

20

30

40

50

41により実施される。ステップS01～S05の処理が、「第1異常判定部」による処理に相当する。ステップS06～S12の処理が、「第2異常判定部」による処理に相当する。

【0095】

ステップS01において、第1電流検出部26から、第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値を取得する。ステップS02において、各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値に基づいて、ショート異常が生じているか否かを判定する。具体的には、相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の少なくとも一つが所定の閾値を超えている否かに基づき、ショート異常が生じているか否かを判定する。ステップS02の判定に用いる閾値は、モータ10が正常動作している場合の各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の最大値より大きく設定されるとともに、第1巻線群11、又は、第1インバータ部21と第1巻線群11との間の配線に過電流が生じているか否かを判定可能な値に設定されており、例えば、200Aに設定されている。

10

【0096】

ショート異常が生じていないと判定される場合(S02:NO)、ステップS03において、第1異常カウンタを0に初期化し、所定の待機時間の経過後、ステップS01以降の処理を再度行う。なお、第1異常カウンタの初期値は0である。ショート異常が生じていると判定される場合(S02:YES)、ステップS04において、第1異常カウンタを1増加させる。

【0097】

ステップS04の処理の後、ステップS05において、第1異常カウンタが所定値(例えば、5)以上であるか否かを判定する。第1異常カウンタが所定値より小さい場合(S05:NO)、所定の待機時間が経過するまで待機し、ステップS01以降の処理を再度行う。

20

【0098】

第1異常カウンタが所定値以上である場合(S05:YES)、ステップS06において、第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる電流量を減少させる。具体的には、第1巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1*} を0Aに設定し、d軸電流の指令値 I_{d1*} を10Aに設定する。ステップS07において、第2インバータ部22から第2巻線群12に流す電流を2倍に増加させる。この際、第2インバータ部22から第2巻線群12に流す電流が、第2巻線群12に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲となるように制限を行う。ステップS07の後、所定の待機時間が経過するまで待機する。

30

【0099】

ステップS08において、第1電流検出部26から、第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値を取得する。ステップS09において、各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値に基づいて、ショート異常が生じているか否かを判定する。具体的には、各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の少なくとも一つが所定の閾値(200A)を超えている否かに基づき、ショート異常が生じているか否かを判定する。なお、ステップS02の判定に用いる閾値と、ステップS09の判定に用いる閾値とは、異なる値であってもよい。

40

【0100】

ショート異常が生じていると判定される場合(S09:YES)、ステップS10において、第2異常カウンタを1増加させる。なお、第2異常カウンタの初期値は0である。ステップS11において、第2異常カウンタが所定値(例えば、5)以上であるか否かを判定する。第2異常カウンタが所定値より小さい場合(S11:NO)、所定の待機時間が経過するまで待機し、ステップS08以降の処理を再度行う。第2異常カウンタが所定値以上の場合(S11:YES)、ステップS12において、第1インバータ部21から第1巻線群11への電力供給を停止し、処理を終了する。

【0101】

また、ショート異常が生じていないと判定される場合(S09:NO)、ステップS1

50

3において、第2異常カウンタを0に初期化する。ステップS14において、正常カウンタを1増加させる。なお、正常カウンタの初期値は0である。ステップS15において、正常カウンタが所定値（例えば、5）以上であるか否かを判定する。正常カウンタが所定値より小さい場合（S15：NO）、所定の待機時間が経過するまで待機し、ステップS09以降の処理を再度行う。正常カウンタが所定値以上の場合（S15：YES）、ステップS16において、第1異常カウンタ及び正常カウンタを初期化した後、所定の待機時間が経過するまで待機し、ステップS01以降の処理を再度行う。

【0102】

図7にオープン異常の判定処理を表すフローチャートを示す。当該判定処理は、制御部41により実施される。図6と同等の処理については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。また、図6に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタと、図7に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタとは、説明の便宜上同一の名前を付しているが異なる変数である。

10

【0103】

図7に示すフローチャートでは、図6のステップS01の処理に代えてステップS21の処理を行い、ステップS02の処理に代えてステップS22の処理を行い、ステップS06の処理を省略し、ステップS07の処理に代えてステップS23の処理を行い、ステップS08の処理に代えてステップS24の処理を行い、ステップS09の処理に換えてステップS25の処理を行う。図7に示すステップS21、S22、S03～S05の処理が、「第1異常判定部」による処理に相当する。ステップS23～S25、S10～S16の処理が、「第2異常判定部」による処理に相当する。

20

【0104】

ステップS21において、第1電流検出部26から第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値を取得し、バッテリー30の出力電圧（電源電圧）の検出値を取得し、第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1*} 、 V_{v1*} 、 V_{w1*} を取得し、モータ10の回転速度を取得する。ステップS22において、ステップS21で取得した値に基づいて、オープン異常が生じているか否かを判定する。具体的には、各相の電流の検出値が所定の閾値を下回り、かつ、電源電圧の検出値が所定の閾値を超え、第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1*} 、 V_{v1*} 、 V_{w1*} が所定の閾値を超え、かつ、モータ10の回転速度が所定の閾値を下回るか否かを判定する。

30

【0105】

ステップS22において、各相の電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の判定に用いる閾値は、第1インバータ部21から第1巻線群11に電流が流れていないことを判定可能な値に設定され、例えば、30Aに設定される。また、電源電圧の検出値の判定に用いる閾値は、バッテリー30から第1インバータ部21に電力が供給されていることを判定可能な値に設定され、例えば、9Vに設定される。第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1*} 、 V_{v1*} 、 V_{w1*} の判定に用いる閾値は、第1インバータ部21から第1巻線群11に電力が出力されていることを判定可能な値に設定され、例えば、5Vに設定される。モータ10の回転速度の判定に用いる閾値は、第1インバータ部21から第1巻線群11に電流が流れていないことを判定可能な値に設定され、例えば、500rpmに設定される。なお、電源電圧の検出値の判定や、回転速度の判定は省略してもよい。

40

【0106】

オープン異常が生じていると判定される場合（S22：YES）、ステップS04以降の処理を行い、オープン異常が生じていないと判定される場合（S22：NO）、ステップS05以降の処理を行う。

【0107】

ステップS05において肯定的な判断が行われた場合（S05：YES）、ステップS23において、第2インバータ部22から第2巻線群12への出力電流を増加させる。具

50

体的には、第1インバータ部21から第1巻線群11への出力電流の指令値 I_{q1}^* と検出値 I_{q1} との差分を算出し、その差分を第2インバータ部22から第2巻線群12への出力電流の指令値 I_{q2}^* に加算する。この際、第2インバータ部22から第2巻線群12に流す電流が、第2巻線群12に流すことが可能な電流の最大値を超えない範囲となるように制限を行う。ステップS23の後、所定の待機時間の経過後、ステップS24以降の処理を行う。

【0108】

ステップS24において、第1電流検出部26から第1インバータ部21から第1巻線群11に流れる相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値を取得し、バッテリー30の出力電圧（電源電圧）の検出値を取得し、第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1}^* 、 V_{v1}^* 、 V_{w1}^* を取得し、モータ10の回転速度を取得する。ステップS25において、ステップS24で取得した値に基づいて、オープン異常が生じているか否かを判定する。具体的には、具体的には、各相の電流の検出値が所定の閾値を下回り、かつ、電源電圧の検出値が所定の閾値を超え、第1インバータ部21の出力電圧の指令値 V_{u1}^* 、 V_{v1}^* 、 V_{w1}^* が所定の閾値を超え、かつ、モータ10の回転速度が所定の閾値を下回るか否かを判定する。なお、ステップS22の判定に用いる閾値と、ステップS25の判定に用いる閾値とは、異なる値であってもよい。

【0109】

ステップS25において、肯定的な判断がなされた場合、つまり、オープン異常が生じていると判定される場合（S25：YES）、ステップS10の処理を行う。ステップS25において、否定的な判断がなされた場合、つまり、オープン異常が生じていないと判定される場合（S25：NO）、ステップS13の処理を行う。

【0110】

図8に第1角度センサ28の異常判定処理を表すフローチャートを示す。当該判定処理は、制御部41により実施される。図6と同等の処理については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。また、図6、7に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタと、図8に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタとは、説明の便宜上同一の名前を付しているが異なる変数である。

【0111】

図8に示すフローチャートでは、図6のステップS01の処理に代えてステップS31の処理を行い、ステップS02の処理に代えてステップS32の処理を行い、ステップS06の処理に代えてステップS33の処理を行い、ステップS08の処理に代えてステップS34の処理を行い、ステップS09の処理に代えてステップS35の処理を行う。図8に示すステップS31、S32、S03～S05の処理が、「第1異常判定部」による処理に相当する。ステップS33、S07、S34、S35、S10～S16の処理が、「第2異常判定部」による処理に相当する。

【0112】

ステップS31において、第1角度センサ28から余弦波電圧 V_{x1} 、 V_{x2} 及び正弦波電圧 V_{y1} 、 V_{y2} を取得する。ステップS32において、第1角度センサ28に異常が生じているか否かを判定する。具体的には、余弦波電圧 V_{x1} と余弦波電圧 V_{x2} との差が所定の閾値より大きいか、又は、正弦波電圧 V_{y1} と正弦波電圧 V_{y2} との差が所定の閾値より大きい場合、第1角度センサ28に異常が生じていると判定する。なお、余弦波電圧 V_{x1} と正弦波電圧 V_{y1} に基づく回転角度の検出値と、余弦波電圧 V_{x2} と正弦波電圧 V_{y2} に基づく回転角度の検出値とを比較し、所定値以上の差が生じている場合に第1角度センサ28に異常が生じていると判定する構成としてもよい。

【0113】

第1角度センサ28に異常が生じている場合（S32：YES）、ステップS04以降の処理を行い、第1角度センサ28に異常が生じていない場合（S32：NO）、ステップS03以降の処理を行う。

【0114】

ステップS05において肯定的な判断が行われた場合(S05: YES)、ステップS33において、第1インバータ部21から第1巻線群11に流す電流量を減少させる。具体的には、第1巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1}^* 、及び、d軸電流の指令値 I_{d1}^* をそれぞれ0Aに設定する。ステップS33の後、ステップS07以降の処理を行う。

【0115】

ステップS34において、第1角度センサ28から余弦波電圧 V_{x1} 、 V_{x2} 及び正弦波電圧 V_{y1} 、 V_{y2} を取得する。ステップS35において、第1角度センサ28に異常が生じているか否かを判定する。具体的には、余弦波電圧 V_{x1} と余弦波電圧 V_{x2} との差が所定の閾値より大きいか、又は、正弦波電圧 V_{y1} と正弦波電圧 V_{y2} との差が所定の閾値より大きい場合、第1角度センサ28に異常が生じていると判定する。なお、余弦波電圧 V_{x1} と正弦波電圧 V_{y1} に基づく回転角度の検出値と、余弦波電圧 V_{x2} と正弦波電圧 V_{y2} に基づく回転角度の検出値とを比較し、所定値以上の差が生じている場合に第1角度センサ28に異常が生じていると判定する構成としてもよい。また、ステップS32とステップS34とで異なる閾値を用いてもよい。

10

【0116】

第1角度センサ28に異常が生じている場合(S35: YES)、ステップS10以降の処理を行い、第1角度センサ28に異常が生じていない場合(S35: NO)、ステップS13以降の処理を行う。

20

【0117】

図9に第1電流検出部26の異常判定処理を表すフローチャートを示す。当該判定処理は、制御部41により実施される。図6と同等の処理については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。また、図6～8に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタと、図8に示すフローチャートにおける第1異常カウンタ、第2異常カウンタ、及び、正常カウンタとは、説明の便宜上同一の名前を付しているが異なる変数である。

【0118】

図9に示すフローチャートでは、図6のステップS02の処理に代えてステップS41の処理を行い、ステップS06の処理に代えてステップS42の処理を行い、ステップS09の処理に換えてステップS43の処理を行う。図9に示すステップS01、S41、S03～S05の処理が、「第1異常判定部」による処理に相当する。ステップS42、S07、S08、S43、S10～S16の処理が、「第2異常判定部」による処理に相当する。

30

【0119】

ステップS41において、ステップS01において取得した第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値に基づいて、第1電流検出部26に異常が生じているか否かを判定する。具体的には、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の合計値の大きさが所定の閾値(例えば、5A)より大きいか否かを判定する。第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の合計値は、第1電流検出部26が正常な場合、略0Aとなる。そこで、ステップS41において判定に用いる閾値を0Aより大きい所定の閾値に設定することで、第1電流検出部26の異常(例えば、相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値のうち1つ又は2つが0Aに固着する異常)を判定することができる。なお、第1インバータ部21から第1巻線群11に所定値以上の電圧が出力され、かつ、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の少なくともいずれか1つが0Aに固着している場合に、第1電流検出部26に異常が生じていると判定する構成としてもよい。

40

【0120】

ステップS05において肯定的な判断が行われた場合(S05: YES)、ステップS42において、第1インバータ部21から第1巻線群11に流す電流量を減少させる。具

50

体的には、第1巻線群11に流れるq軸電流の指令値 I_{q1} を0Aに設定する。さらに、第1インバータ部21から見た第1巻線群11側の回路の時定数より長い周期、かつ、モータ10からトルクが出力されてから車両のヨーレイトが変化するまでの応答時間であるヨーレイト時定数より短い周期で、かつ、実効値が0となるようにd軸電流の指令値 I_{d1} を変化させる。これにより、第1巻線群11に電流が流れることでモータ10にトルクが発生し、車両のヨーレイトが変化するのを抑制しつつ、第1インバータ部21から第1巻線群11に電流を流すことができる。

【0121】

ステップS43において、ステップS08において取得した第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値に基づいて、第1電流検出部26に異常が生じているか否かを判定する。具体的には、第1電流検出部26による相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} の検出値の合計値の大きさが所定の閾値（例えば、5A）より大きいか否かを判定する。ステップS41で用いる閾値と、ステップS43で用いる閾値とは異なる値であってもよい。

10

【0122】

図10に手動制御から自律制御への切り替え処理を表すフローチャートを示す。当該処理は、制御装置60によって所定周期毎に実施される。

【0123】

ステップS51において、手動制御から自律制御への切り替え指令が入力されているか否かを判定する。切り替え指令が入力されていない場合（S51:NO）、そのまま処理を終了する。切り替え指令が入力されている場合（S51:YES）、ステップS52において、電動パワーステアリング装置5が正常であるか否かの判定を行う。具体的には、制御部41から制御装置60に対して、電動パワーステアリング装置5に異常が生じている旨の通知がなされているか否かを判定する。電動パワーステアリング装置5が正常である場合（S52:NO）、ステップS53において、手動制御から自律制御への切り替えを行い、処理を終了する。電動パワーステアリング装置5が異常である場合（S52:YES）、ステップS54において、手動制御から自律制御への切り替えを禁止し、処理を終了する。

20

【0124】

（他の実施形態）

30

・上記実施形態の制御部41は、ショート異常、オープン異常、第1電流検出部26の異常、及び、第1角度センサ28の異常を判定する。これを変更し、制御部41が、ショート異常、オープン異常、第1電流検出部26の異常、及び、第1角度センサ28の異常のうち少なくともいずれかが一つを判定する構成としてもよい。

【0125】

・上記実施形態のモータ10は、2つの巻線群11、12を備える構成としたが、これを変更し、3つ以上の巻線群を備える構成としてもよい。

【0126】

・上記実施形態のモータ10として、永久磁石型ブラシレスモータを用いたがこれを変更してもよい。例えば、界磁巻線型ブラシレスモータを用いてもよい。

40

【0127】

・自律運転制御装置60による自律運転制御は省略してもよい。

【0128】

・回転電機システムは、ステアリングシステム以外に適用されるものであってもよい。即ち、車両の動力源として動作する回転電機を含む回転電機システムに本実施形態の構成を適用してもよい。

【符号の説明】

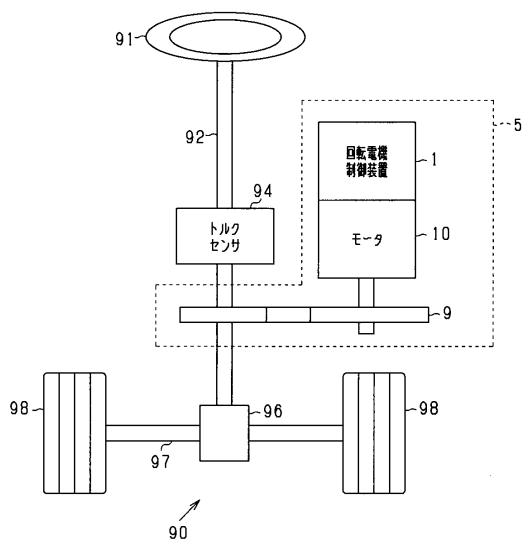
【0129】

10...モータ、11...第1巻線群、12...第2巻線群、21...第1インバータ部（第1電源システム）、22...第2インバータ部（第2電源システム）、26...第1電流検出部

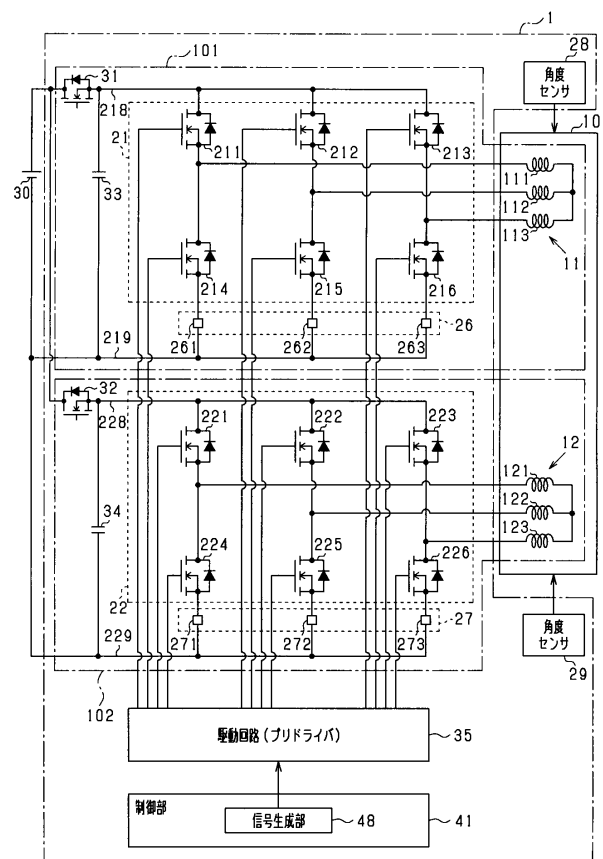
50

、 28 ... 第 1 角度センサ、 41 ... 制御部、 90 ... ステアリングシステム（回転電機システム）。

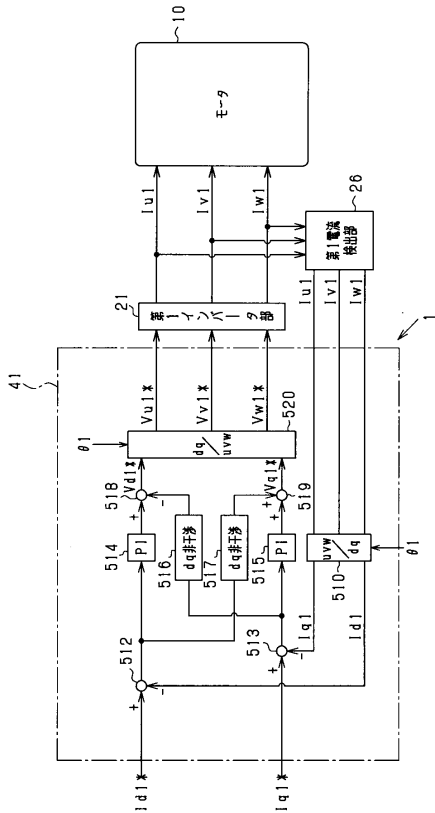
【図 1】



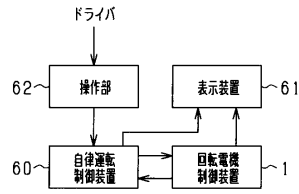
【図 2】



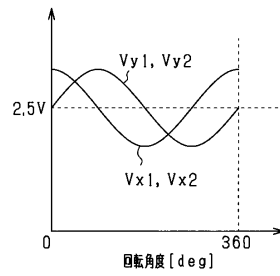
【図3】



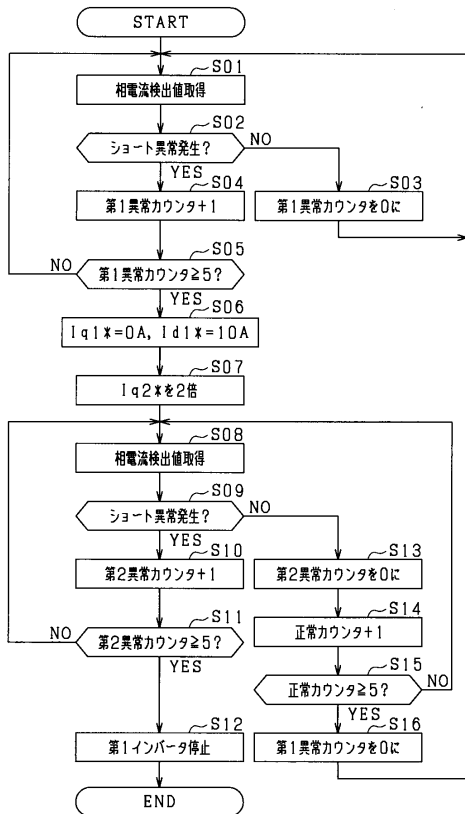
【図4】



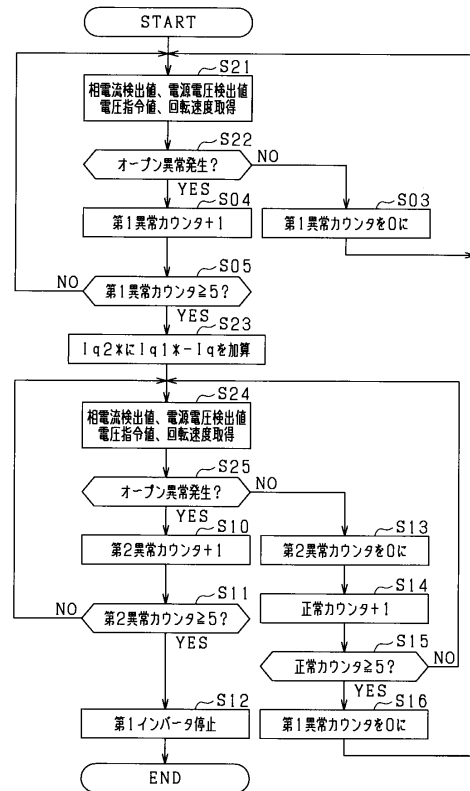
【図5】



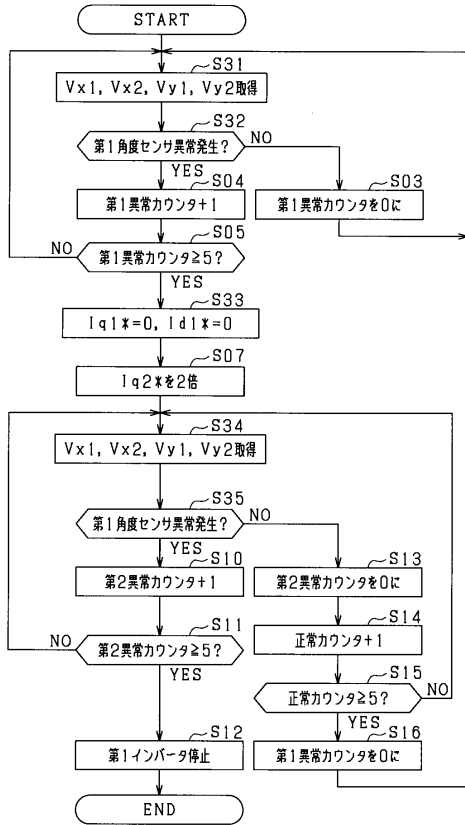
【図6】



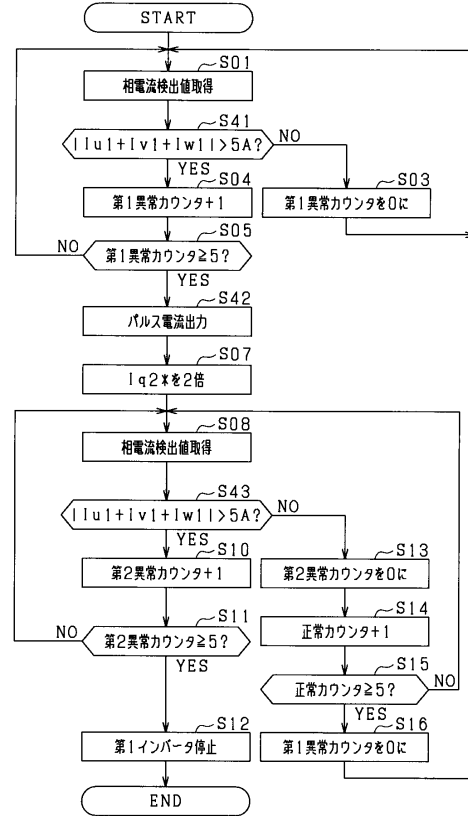
【図7】



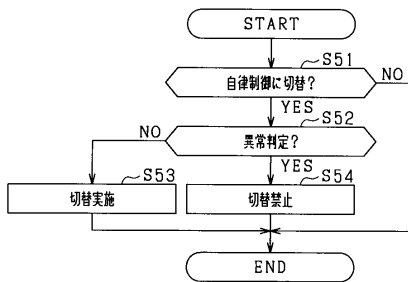
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 P 25/024 (2016.01) H 0 2 P 25/024
B 6 2 D 119/00 (2006.01) B 6 2 D 119:00

(72)発明者 林 喜隆
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 池田 貴俊

(56)参考文献 特開2016-055825(JP,A)
特開2015-202019(JP,A)
特開平01-156172(JP,A)
特開2004-201364(JP,A)
特開2016-019330(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 P 2 9 / 0 2 8
B 6 2 D 5 / 0 4
B 6 2 D 6 / 0 0
H 0 2 P 2 1 / 0 6
H 0 2 P 2 5 / 0 2 4
H 0 2 P 2 7 / 0 8
B 6 2 D 1 1 9 / 0 0