

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2019年3月14日(14.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/049249 A1

(51) 国際特許分類:  
H02P 29/028 (2016.01) H02P 25/22 (2006.01)  
H02P 5/46 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/032190

(22) 国際出願日: 2017年9月7日(07.09.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 滝澤 勇二 (TAKIZAWA Yuji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 池田 絃子 (IKEDA Hiroko); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 一将 (ITO Kazumasa); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山口 信一 (YAMAGUCHI Shinichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

廣谷 迪(HIROTANI Yu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 阿久津 悟(AKUTSU Satoru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大岩 増雄, 外 (OIWA Masuo et al.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目3番8号 Hyogo (JP).

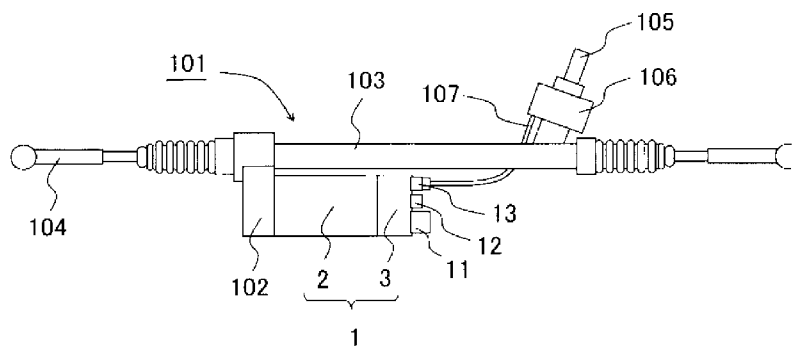
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) Title: PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 永久磁石式同期モータ、及び電動パワーステアリング装置

図1



(57) Abstract: This permanent magnet synchronous motor and this electric power steering device are driven by a first system that includes a first armature coil (71) and a first control device and by a second system that includes a second armature coil (72) and a second control device and are configured such that if one system fails, driving by the one system is stopped but is taken over by driving by the other system for continued operation.

(57) 要約: 第1の電機子巻線(71)と第1の制御装置を含む第1のシステムと、第2の電機子巻線(72)と第2の制御装置とを含む第2のシステムとにより駆動され、一方のシステムが故障したときは、一方のシステムによる駆動を停止するとともに、他方のシステムにより駆動を継続するようにした永久磁石式同期モータ及び電動パワーステアリング装置。



MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

## 明 細 書

発明の名称：

**永久磁石式同期モータ、及び電動パワーステアリング装置**

技術分野

[0001] この発明は、永久磁石からなる界磁極を有する永久磁石式同期モータ、及びその永久磁石式同期モータを駆動源として用いる電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 周知のように電動パワーステアリング装置は、例えば駆動装置と一体に構成された駆動装置一体型の永久磁石式同期モータにより発生させた補助トルクにより、自動車等の車両の運転者がステアリングホイールを操作するステアリングトルクを補助する役割を担っている。又、近年では、電動パワーステアリング装置は、自動車の自動運転システムに於いて、車載カメラや車載レーダー等によって検知した路上の障害物を、運転者がステアリングの操作に関与することなく自動的に回避するためのアクチュエータとしての役割を担うようになってきている。従って、このような電動パワーステアリング装置に於いては、ステアリングホイールの操作を補助する補助トルクや、自動運転時に於ける障害物を回避するのに必要なトルクが、突然に消失しないことが重要である。

[0003] 例えば、電動パワーステアリング装置の駆動源として設けられた永久磁石式同期モータでは、固定子に設けられた電機子巻線が短絡故障した場合に、回転子に設けられた永久磁石からの磁束が回転子の回転に伴って回転することで固定子に設けられた電機子巻線に鎖交し、電機子巻線に於けるインピーダンスの小さな短絡回路に大きな短絡電流が流れることがある。この場合、短絡電流により発生した磁束は、いわゆる反作用磁束として永久磁石式同期モータの回転を阻害する制動トルクを発生させ、電動パワーステアリング装置の動作に不具合を生じさせることがある。

[0004] 前述のような不具合を避けるために、永久磁石式同期モータの電機子巻線を電氣的に独立した2組の電機子巻線により構成すれば、一方の電機子巻線が故障した場合に、その故障した一方の電機子巻線への通電を停止し、正常な他方の電機子巻線により必要なトルクを発生させることができる。

[0005] 例えば、特許文献1に開示された永久磁石式同期モータは、固定子鉄心の多数のティースのうち1つ置きのティースに固定子巻線が巻回され、この固定子巻線は、スター結線又はデルタ結線された独立した2組の三相電機子巻線を構成しており、一方の三相電機子巻線に短絡故障などが発生しても、他方の三相電機子巻線が正常であることにより、前述の制動トルクを低減させ、同期モータの信頼性を高めることができるように構成されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特表2010-531130号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、一方の電機子巻線の短絡故障により流れる短絡電流によって発生した反作用磁束は、短絡故障した一方の電機子巻線の短絡回路以外の、正常な他方の電機子巻線にも鎖交するので、正常な電機子巻線に接続されたモータ駆動装置の駆動電圧に影響を与え、意図したモータ制御が困難になる場合がある。何故なら、2組の電機子巻線が同一の固定子鉄心に巻回されているので、2つの電機子巻線に対する磁路が共有されており、相互インダクタンスによって2つの電機子巻線が磁氣的に密に結合されているからである。

[0008] 従って、電動パワーステアリング装置に用いられる2組の電機子巻線を備えた永久磁石式同期モータに於いては、一方の電機子巻線の故障時に正常な他方の電機子巻線によりステアリング操作を継続するために、2組の電機子巻線同士が電氣的に互いに独立していることは勿論、磁氣的にも互いに密に

結合していない構成を備えることが重要な課題となる。

[0009] この発明は、2組の電機子巻線を備えた永久磁石式同期モータに於ける前述のような課題を解決するためになされたものであり、2組の電機子巻線のうち一方の電機子巻線を含む系統に故障が生じても、他方の電機子巻線を含む系統により所望のトルクを得ることができる永久磁石式同期モータを提供することを目的とする。

[0010] 又、この発明は、駆動源としての永久磁石式モータの2組の電機子巻線のうち、一方の電機子巻線を含む系統に故障が生じても、他方の電機子巻線を含む系統により所望のトルクを得ることができる電動パワーステアリング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

[0011] この発明による永久磁石式同期モータは、  
内周部に複数のティースを備え、前記内周部に囲まれた空間を有する固定子鉄心と、  
前記複数のティースのうちの1つ置きのティースに巻回された電機子巻線と、  
前記固定子鉄心の前記空間に挿入され、永久磁石により構成された界磁極を有する回転子と、  
を備え、  
前記電機子巻線は、互いに独立した第1の電機子巻線と第2の電機子巻線に分離され、  
前記第1の電機子巻線は、第1の制御装置に接続され、  
前記第2の電機子巻線は、第2の制御装置に接続され、  
前記第1の電機子巻線と前記第1の制御装置を含む第1の系統と、前記第2の電機子巻線と前記第2の制御装置とを含む第2の系統と、により駆動され得るように構成された永久磁石式同期モータであって、  
前記第1の系統と前記第2の系統のうちの一方の系統が故障したときは、前記一方の系統による前記駆動を停止するとともに、他方の系統により前記

駆動を継続するように構成されている、  
ことを特徴とする。

- [0012] 又、この発明による電動パワーステアリング装置は、  
内周部に複数のティースを備え、前記内周部に囲まれた空間を有する固定子鉄心と、  
前記複数のティースのうちの1つ置きのティースに巻回された電機子巻線と、  
前記固定子鉄心の前記空間に挿入され、永久磁石により構成された界磁極を有する回転子と、  
を備え、  
前記電機子巻線は、互いに独立した第1の電機子巻線と第2の電機子巻線に分離され、  
前記第1の電機子巻線は、第1の制御装置に接続され、  
前記第2の電機子巻線は、第2の制御装置に接続され、  
前記第1の電機子巻線と前記第1の制御装置を含む第1の系統と、前記第2の電機子巻線と前記第2の制御装置とを含む第2の系統と、により駆動され得るように構成され、  
前記第1の系統と前記第2の系統のうちの一方の系統が故障したときは、前記一方の系統による前記駆動を停止するとともに、他方の系統により前記駆動を継続するように構成された永久磁石式同期モータを備え、  
前記永久磁石式同期モータが発生したトルクを車両の操舵に関与させるように構成されている、  
ことを特徴とする。

### 発明の効果

- [0013] この発明による永久磁石式同期モータによれば、内周部に複数のティースを備え、前記内周部に囲まれた空間を有する固定子鉄心と、前記複数のティースのうちの1つ置きのティースに巻回された電機子巻線と、前記固定子鉄心の前記空間に挿入され、永久磁石により構成された界磁極を有する回転子

とを備え、前記電機子巻線は、互いに独立した第1の電機子巻線と第2の電機子巻線に分離され、前記第1の電機子巻線は、第1の制御装置に接続され、前記第2の電機子巻線は、第2の制御装置に接続され、前記第1の電機子巻線と前記第1の制御装置を含む第1の系統と、前記第2の電機子巻線と前記第2の制御装置とを含む第2の系統と、により駆動され得るように構成された永久磁石式同期モータであって、前記第1の系統と前記第2の系統のうちの一方の系統が故障したときは、前記一方の系統による前記駆動を停止するとともに、他方の系統により前記駆動を継続するように構成されているので、一方の系統に故障が生じても他方の系統により所望のトルクを得ることができる永久磁石式同期モータを得ることができる。

[0014] 又、この発明による電動パワーステアリング装置によれば、内周部に複数のティースを備え、前記内周部に囲まれた空間を有する固定子鉄心と、前記複数のティースのうちの1つ置きにティースに巻回された電機子巻線と、前記固定子鉄心の前記空間に挿入され、永久磁石により構成された界磁極を有する回転子とを備え、前記電機子巻線は、互いに独立した第1の電機子巻線と第2の電機子巻線に分離され、前記第1の電機子巻線は、第1の制御装置に接続され、前記第2の電機子巻線は、第2の制御装置に接続され、前記第1の電機子巻線と前記第1の制御装置を含む第1の系統と、前記第2の電機子巻線と前記第2の制御装置とを含む第2の系統と、により駆動され得るように構成され、前記第1の系統と前記第2の系統のうちの一方の系統が故障したときは、前記一方の系統による前記駆動を停止するとともに、他方の系統により前記駆動を継続するように構成された永久磁石式同期モータを備え、前記永久磁石式同期モータが発生したトルクを車両の操舵に関与させるように構成されているので、一方の系統に故障が生じても他方の系統により所望のトルクを得ることができ車両の操舵をスムーズに継続することが可能な電動パワーステアリング装置を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]この発明の実施の形態1による電動パワーステアリング装置の構成図で

ある。

[図2]この発明の実施の形態1による永久磁石式同期モータの構成図である。

[図3]この発明の実施の形態2による永久磁石式同期モータの構成図である。

[図4]この発明の実施の形態2による永久磁石式同期モータの説明図である。

[図5]この発明の実施の形態3による永久磁石式同期モータの構成図である。

[図6]この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータの概略展開図である。

[図7]比較例としての永久磁石式同期モータの概略展開図である。

[図8]この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータの模式展開図である。

### 発明を実施するための形態

#### [0016] 実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による電動パワーステアリング装置の構成図である。図1に於いて、運転者がステアリングホイール（図示せず）を操作すると、運転者が操舵した操舵力がステアリングシャフト（図示せず）を介して、電動パワーステアリング装置101のシャフト105に伝達される。シャフト105に伝達された操舵トルクは、トルクセンサ106により検出されて電気信号に変換され、ケーブル107を通じて駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1のトルクセンサ信号コネクタ13を介して制御装置3に入力される。駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1は、モータ部2と、後述するように駆動装置等を備えた制御装置3と、減速機構を内蔵したギアボックス102とが一体に固定されている。駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1の詳細については後述する。

[0017] 又、制御装置3へは、車載ネットワーク（図示せず）の車両速度等の情報が車両信号コネクタ12から入力され、更に、バッテリー等の車載電源（図示せず）からの電力が電源コネクタ11から入力される。駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1の制御装置3は、入力された運転者による操舵トルクや車両速度等の情報から、モータ部2が出力すべきトルクを演算し、制御

装置 3 に設けられた後述するインバータを含む駆動装置を通じてモータ部 2 の電機子巻線に電流を供給する。

[0018] 駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 の出力軸としての回転軸は、その軸方向が電動パワーステアリング装置 101 のハウジング 103 の軸方向と平行になるように取り付けられている。駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 の出力トルクは、ベルトやボールねじが内蔵されたギアボックス 102 を介して減速され、ハウジング 103 内のラック軸を並進運動させる推力に変換され、シャフト 105 から電動パワーステアリング装置 101 に入力された運転者の操舵力を補助する。ラック軸の並進運動による推力によりタイロッド 104 がその軸方向に移動し、車両の操舵輪である前輪（図示せず）を転舵させる。

[0019] 電動パワーステアリング装置 101 によって、運転者は小さな操舵力で車両自体の重量が荷重されている前輪を転舵するための大きな操舵力を得ることができ、車両を左右にスムーズに旋回することができる。

[0020] 尚、自動運転の車両では、車載カメラや車載レーダー等によって検知された障害物を避ける場合や、走行車線を維持又は変更する場合には、電動パワーステアリング装置 101 アクチュエータとして動作し、運転者のステアリングホイール操作に関わりなく、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 が車両を操舵すべき必要なトルクを出力する。

[0021] 以上のように、運転者のステアリング操作の補助を行なう補助トルクや自動運転時の転舵トルクを発生するように構成された電動パワーステアリング装置に於いては、車両の運転中に運転者のステアリング操作の補助を行なう補助トルクや自動運転時の転舵トルクを失わないことが重要である。

[0022] そのため、トルクを出力し電動パワーステアリング装置 101 にそのトルクを伝達する駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 では、故障時に突然にトルクが消失することがないように、インバータを含む駆動装置と、この駆動装置を制御する制御回路と、永久磁石式同期モータとをそれぞれ独立した 2 つの系統に冗長化し、故障した系統を永久磁石式同期モータの制御及び

駆動から切り離し、正常な系統により継続して永久磁石式同期モータから所望のトルクを出力させるように駆動する必要がある。2つの系統に於ける制御装置及び駆動装置は、互いに電氣的に独立していれば1つの系統の故障の影響を受けなくて済むが、永久磁石式同期モータは、電氣的だけでなく磁氣的にも2つの系統が互いに切り離されている必要がある。

[0023] 正常な系統で継続して永久磁石式同期モータからトルクを出力させるために、電氣的だけでなく磁氣的にも2つの系統が互いに切り離されている必要がある理由は、磁氣的に2つの系統が互いに分離されていない場合には、永久磁石式同期モータに於ける2つの系統間の磁氣的な結合である相互インダクタンスが大きい場合、故障した一方の系統への電流供給を停止しても、永久磁石の回転に伴う鎖交磁束により、インピーダンスの小さな一方の系統の電機子巻線の短絡回路に大きな電流が流れ、これを1次電流として相互インダクタンスにより結合した他方の正常な系統の電機子巻線に2次電流が流れ、永久磁石式同期モータに継続してトルクを発生させるための正常な他方の系統の電流を乱してしまうからである。

[0024] 従って、故障時に継続して出力すべきトルクを確実に発生するためには、2つの系統の磁氣的な結合が小さい、即ち相互インダクタンスが小さい2つの系統により、永久磁石式同期モータを冗長化することが要求される。

[0025] 尚、2つの系統の磁氣的な結合が小さい永久磁石式同期モータを得る構成として、1つの駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ内にそれぞれの系統に対応した2つの鉄心、即ち2つの固定子を有する構造とすることが考えられるが、この場合は大型で重量が重く、電動パワーステアリング装置への搭載性や自動車の燃費が悪化するため、車両への搭載にはそぐわないことは言うまでもない。

[0026] 図2は、この発明の実施の形態1による永久磁石式同期モータの構成図であって、図1に示す電動パワーステアリング装置101に於ける駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1に相当する。図2に於いて、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1のモータ部2に於ける固定子4は、磁性薄板を軸

方向に積層して構成された固定子鉄心5を備えている。複数個のティースとしての12個のティース6は、所定の角度としての30度の角度間隔で固定子鉄心5の内周部に形成されている。

[0027] 電機子巻線7は、12個のティース6のうち一つ置きに集中巻線により巻回されている。電機子巻線7は、互いに独立した三相デルタ結線若しくは三相スター結線された2組の電機子巻線、即ち、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72とにより構成されている。

[0028] 第1の電機子巻線71は、第1のU相電機子巻線71Uと、第1のV相電機子巻線71Vと、第1のW相電機子巻線71Wとからなり、第1のU相電機子巻線71Uと第1のV相電機子巻線71Vと第1のW相電機子巻線71Wは、それぞれ3つ置きのティース6に巻回されている。

[0029] 第2の電機子巻線72は、第2のU相電機子巻線72Uと、第2のV相電機子巻線72Vと、第2のW相電機子巻線72Wとからなり、第2のU相電機子巻線72Uと第2のV相電機子巻線72Vと第2のW相電機子巻線72Wは、それぞれ3つ置きのティース6に巻回されている。

[0030] 第1のU相電機子巻線71Uと第2のU相電機子巻線72Uは、巻線が巻回されていないティース61を挟んでそのティース61の両側のティースに巻回され、第1のV相電機子巻線71Vと第2のV相電機子巻線72Vは、巻線が巻回されていないティース62を挟んでそのティース62の両側のティースに巻回され、第1のW相電機子巻線71Wと第2のW相電機子巻線72Wは、巻線が巻回されていないティース63を挟んでそのティース63の両側のティースに巻回されている。

[0031] そして、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72は、1つ置きのティースに交互に巻回されている。第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72は、このように1つ置きのティースに交互に巻回されているので、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72との間の磁気的な結合が小さく、相互インダクタンスが小さいので、一方の電機子巻線に短絡事故が生じて短絡電流が流れても他方の電機子巻線に流れる電機子電流に悪影響を与えるこ

とは少なくなる。

[0032] 駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1に於ける制御装置3は、第1のマイクロコンピュータ14aと、第1のインバータ15aと、第1のフィルタコイル18aと、第1の電源リレー19aと、第1のトルクセンサ信号インターフェイス20aと、第1の車両信号インターフェイス21aと、第1の駆動回路22aとを備えている。第1のインバータ15aは、例えば、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたU相上アーム及びU相下アームと、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたV相上アーム及びV相下アームと、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたW相上アーム及びW相下アームと、からなる三相ブリッジ回路（図示せず）により構成されている。

[0033] 第1のインバータ15aは、例えば二次電池からなる車載バッテリー等の出力に基づいて直流電力を出力する電力源に接続された第1の電源コネクタ11aから、第1のフィルタコイル18aと第1の電源リレー19aを介して直流電力が供給される。第1のマイクロコンピュータ14aは、第1のトルクセンサ信号コネクタ13aから第1のトルクセンサ信号インターフェイス20aを介して車両の運転者による第1の操舵トルク信号が入力されるとともに、第1の車両信号コネクタ12aから第1の車両信号インターフェイス21aを介して車速等の第1の車両信号が入力される。更に、第1のマイクロコンピュータ14aは、第1の電流センサ23aが検出した第1のインバータ15aの出力電流に対応する第1のインバータ出力電流信号が入力される。

[0034] 第1のマイクロコンピュータ14aは、入力された前述の第1の操舵トルク信号と車速等の第1の車両信号と第1のインバータ出力電流信号等に基づいて、第1のインバータ15aに対する目標出力電流値を演算し、その演算結果に基づく第1の指令信号を第1の駆動回路22aに与える。第1の駆動回路22aは、第1のマイクロコンピュータ14aから与えられた第1の指令信号に基づいて、第1のインバータ15aの各半導体スイッチング素子をPWM (Pulse Width Modulation) 制御し、出力目

標電流値に追従するようにフィードバック制御された三相出力電流を第1のインバータ15aから出力させる。

[0035] 第1のインバータ15aの三相出力電流は、モータ部2の第1の電機子巻線を構成する第1のU相電機子巻線71U、第1のV相電機子巻線71V、及び第1のW相電機子巻線71Wに供給され、固定子4に第1の回転磁界を発生させる。永久磁石を界磁極として備えた回転子は、第1の回転磁界の回転に基づいて駆動力が付与されて回転する。

[0036] 第1のインバータ15aは、第1の駆動装置を構成し、第1のマイクロコンピュータ14aと、第1のフィルタコイル18aと、第1の電源リレー19aと、第1のトルクセンサ信号インターフェイス20aと、第1の車両信号インターフェイス21aと、第1の駆動回路22aは、第1の制御装置を構成する。

[0037] 更に、前述の第1のマイクロコンピュータ14aと、第1のインバータ15aと、第1のフィルタコイル18aと、第1の電源リレー19aと、第1のトルクセンサ信号インターフェイス20aと、第1の車両信号インターフェイス21aと、第1の駆動回路22aと、第1のU相電機子巻線71Uと第1のV相電機子巻線71Vと第1のW相電機子巻線71Wからなる第1の電機子巻線は、永久磁石式同期モータ1の第1の系統を構成する。

[0038] 又、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1に於ける制御装置3は、第2のマイクロコンピュータ14bと、第2のインバータ15bと、第2のフィルタコイル18bと、第2の電源リレー19bと、第2のトルクセンサ信号インターフェイス20bと、第2の車両信号インターフェイス21bと、第2の駆動回路22bとを備えている。第2のインバータ15bは、例えば、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたU相上アーム及びU相下アームと、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたV相上アーム及びV相下アームと、それぞれ半導体スイッチング素子を備えたW相上アーム及びW相下アームと、からなる第2の三相ブリッジ回路（図示せず）により構成されている。

[0039] 第2のインバータ15bは、例えば二次電池からなる車載バッテリー等の出力に基づいて直流電力を出力する電力源に接続された第2の電源コネクタ11bから、第2のフィルタコイル18bと第2の電源リレー19bを介して直流電力が供給される。第2のマイクロコンピュータ14bは、第2のトルクセンサ信号コネクタ13bから第2のトルクセンサ信号インターフェイス20bを介して車両の運転者による第2の操舵トルク信号が入力されるとともに、第2の車両信号コネクタ12bから第2の車両信号インターフェイス21bを介して車速等の第2の車両信号が入力される。更に、第2のマイクロコンピュータ14bは、第2の電流センサ23bが検出した第2のインバータ15bの出力電流に対応する第2のインバータ出力電流信号が入力される。

[0040] 第2のマイクロコンピュータ14bは、入力された前述の第2の操舵トルク信号と車速等の第2の車両信号と第2のインバータ出力電流信号等に基づいて、第2のインバータ15bに対する目標出力電流値を演算し、その演算結果に基づく第2の指令信号を第2の駆動回路22bに与える。第2の駆動回路22bは、第2のマイクロコンピュータ14bから与えられた第2の指令信号に基づいて、第2のインバータ15bの各半導体スイッチング素子をPWM制御し、出力目標電流値に追従するようにフィードバック制御された三相出力電流を第2のインバータ15bから出力させる。

[0041] 第2のインバータ15bの三相出力電流は、モータ部2の第2の電機子巻線を構成する第2のU相電機子巻線72U、第2のV相電機子巻線72V、及び第2のW相電機子巻線72Wに供給され、固定子4に第2の回転磁界を発生させる。永久磁石を界磁極として備えた回転子は、第2の回転磁界の回転に基づいて駆動力が付与されて回転する。

[0042] 第2のインバータ15bは、第2の駆動装置を構成し、第2のマイクロコンピュータ14bと、第2のフィルタコイル18bと、第2の電源リレー19bと、第2のトルクセンサ信号インターフェイス20bと、第2の車両信号インターフェイス21bと、第2の駆動回路22bは、第2の制御装置を

構成する。

[0043] 前述の第2のマイクロコンピュータ14bと、第2のインバータ15bと、第2のフィルタコイル18bと、第2の電源リレー19bと、第2のトルクセンサ信号インターフェイス20bと、第2の車両信号インターフェイス21bと、第2の駆動回路22bと、第2のU相電機子巻線72Uと第2のV相電機子巻線72Vと第2のW相電機子巻線72Wからなる第2の電機子巻線は、永久磁石式同期モータ1の第2の系統を構成する。

[0044] 故障が発生していない通常時に於いて、第1の制御装置と前記第2の制御装置は、第1の電機子巻線71と前記第2の電機子巻線72に供給する電流量の配分比率を不等分とするように構成されていてもよい。

[0045] 前述の第1の系統と第2の系統は、共に車両信号を介して、ブレーキ制御やシャーシ制御等の他の車両システムと協調して、永久磁石式同期モータ1に於けるモータ部2を制御するよう構成されているほか、第1の系統と第2の系統は、通信装置17により同期信号を介して互いに同期してモータ部2を制御するように構成されている。

[0046] ここで、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1の故障時の動作について説明する。例えば、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1の第2の系統に於ける第2の電機子巻線を構成する第2のU相電機子巻線72U、第2のV相電機子巻線72V、及び第2のW相電機子巻線72Wの何れかに短絡などの故障が生じた場合を例として説明する。

[0047] 第2の電機子巻線72に短絡などの故障が生じると、第2の系統に於ける第2のマイクロコンピュータ14bは、第2の電機子巻線72の故障を検知して第2の駆動回路22bに指令を与えて第2のインバータ15bの駆動を停止させ、第2の電機子巻線72に対する駆動電流としての三相電機子電流を「0」とする。これにより、第2の系統によりモータ部2に発生していたトルクは「0」となり、モータ全体の出力トルクは第1の系統によるトルクのみとなり正常時の2分の1以下となるが、完全に電動パワーステアリング装置の機能を失うことはなく、転舵を継続することができる。

- [0048] 更に、第1のU相電機子巻線71Uと第2のU相電機子巻線72Uは、巻線が巻回されていないティース61を挟んでそのティース61の両側のティースに巻回され、第1のV相電機子巻線71Vと第2のV相電機子巻線72Vは、巻線が巻回されていないティース62を挟んでそのティース62の両側のティースに巻回され、第1のW相電機子巻線71Wと第2のW相電機子巻線72Wは、巻線が巻回されていないティース63を挟んでそのティース63の両側のティースに巻回されているので、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72との間の磁気的な結合が小さく相互インダクタンスが小さくなる。その結果、一方の電機子巻線に短絡事故が生じて短絡電流が流れても他方の電機子巻線に流れる電機子電流に悪影響を与えることは少なくなる。
- [0049] 又、第2の系統による永久磁石式同期モータの駆動を停止すると同時に、第1の系統による駆動電流を正常時の2倍に増加させる制御を行うことにより、第1の系統により発生されるトルクも2倍となり、第2の系統により発生していたトルクの消滅を補ってモータ全体の出力トルクを正常時と変わらないものとすることもできる。
- [0050] 尚、一方の系統が故障したときは、他方の系統は、一方の系統に故障が生じていない通常時の最大電流を超えた電流量により前記駆動を行うように構成されていてもよい。
- [0051] 更に、この発明の実施の形態1による駆動装置一体型の永久磁石式同期モータによれば、前述のように、第1のU相電機子巻線71Uと第2のU相電機子巻線72Uは、巻線が巻回されていないティース61を挟んでそのティース61の両側のティースに巻回され、第1のV相電機子巻線71Vと第2のV相電機子巻線72Vは、巻線が巻回されていないティース62を挟んでそのティース62の両側のティースに巻回され、第1のW相電機子巻線71Wと第2のW相電機子巻線72Wは、巻線が巻回されていないティース63を挟んでそのティース63の両側のティースに巻回されている。つまり、第1の系統に於ける第1の電機子巻線71と第2の系統に於ける第2の電機子巻線72が、交互にティース6に巻回されている。

[0052] 従って、例えば、第2の系統の故障で第2の系統の駆動電流を「0」とした場合に、固定子4の発熱は、第1の系統の3つ置きのティースに分散されるので、モータ部2の温度が局所的に上昇することがなく、故障後に電動パワーステアリング装置が補助トルクを継続して出力することができる時間を長くすることができ、運転者のステアリングホイールの操作を軽減することができる。

[0053] 以上のように構成されたこの実施の形態1による電動パワーステアリング装置は、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータの故障時に於いても、その機能を維持することができるため、車両の安全性を向上させることができる。

[0054] 実施の形態2.

図3は、この発明の実施の形態2による永久磁石式同期モータの構成図であって、図1に示す電動パワーステアリング装置101の駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ1として用いられる。実施の形態1と異なる点は、正常時において、制御装置3の第1のマイクロコンピュータ14aと第2のマイクロコンピュータ14bとが同期信号を介して互いに同期してモータ部2を制御していないことである。その他の構成は実施の形態1と同様である。

[0055] 前述のように、第1のU相電機子巻線71Uと第2のU相電機子巻線72Uは、巻線が巻回されていないティース61を挟んでそのティース61の両側のティースに巻回され、第1のV相電機子巻線71Vと第2のV相電機子巻線72Vは、巻線が巻回されていないティース62を挟んでそのティース62の両側のティースに巻回され、第1のW相電機子巻線71Wと第2のW相電機子巻線72Wは、巻線が巻回されていないティース63を挟んでそのティース63の両側のティースに巻回されているので、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72との間の磁気的な結合が小さく相互インダクタンスが小さくなる。

[0056] 従って、互いの駆動電流の影響を受けずに、第1の制御装置に於ける第1のマイクロコンピュータ14aと、第2の制御装置に於ける第2のマイクロ

コンピュータ 14 b は、それぞれモータ部 2 の回転位置を検出する角度検出装置（図示せず）の信号を得て、共通する 1 つのロータ（図示せず）を独立して駆動することができる。

[0057] 図 4 は、この発明の実施の形態 2 による永久磁石式同期モータの説明図であって、故障時の動作と効果を説明する説明図である。図 4 では、説明の便宜上、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータを、第 1 の系統により制御される駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 a と第 2 の系統により制御される駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 b に模式的に分離して図示しており、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 a は、モータ部 2 a と制御装置 3 a とを備え、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 b は、モータ部 2 b と制御装置 3 b を備える。例えば、図 4 に示すように、第 2 の系統の電機子巻線 7 1 を構成する第 2 の U 相電機子巻線 7 2 U と第 2 の V 相電機子巻線 7 2 V との間に短絡事故が生じた場合、第 2 の U 相電機子巻線 7 2 U と第 2 の V 相電機子巻線 7 2 V に短絡電流が流れ、その短絡電流に基づく磁束Φが流れる。しかしこの磁束Φは、正常な第 1 の電機子巻線 7 1 を構成する第 1 の U 相電機子巻線 7 1 U のほか、第 1 の V 相電機子巻線 7 1 V 及び第 2 の W 相電機子巻線 7 2 W が巻回されているティースを実質的に通過することはない。

[0058] 従って、第 2 の系統に於ける第 2 の電機子巻線 7 2 に短絡等の事故が発生しても、正常な第 1 の系統に於ける第 1 の電機子巻線 7 1 の制御に実質的に悪影響を与えることはない。同様に、第 1 の系統に於ける第 1 の電機子巻線 7 1 に短絡等の事故が発生した場合でも、正常な第 2 の系統に於ける第 2 の電機子巻線 7 2 の制御に実質的に悪影響を与えることはない。

[0059] 更に、この発明の実施の形態 2 による制御装置一体型の永久磁石式同期モータによれば、制御装置 3 の第 1 のマイクロコンピュータ 14 a と第 2 のマイクロコンピュータ 14 b とが同期信号を介して互いに同期してモータ部 2 を制御していないこともあり、故障した第 2 の系統の駆動電流を「0」とした場合は、固定子鉄心 5 が第 1 の系統と第 2 の系統で共通しているにも関わ

らず、あたかも2つの駆動装置一体型の永久磁石式同期モータが存在していてそのうち1つの永久磁石式同期モータが故障し、残りの正常な駆動装置一体型の永久磁石式同期モータにより電動パワーステアリング装置にトルクを出力するのと同様の動作を行うことができる。

[0060] 以上述べたように、この発明の実施の形態2による制御装置一体型の永久磁石式同期モータによれば、搭載性や重量に制約がある電動パワーステアリング装置の冗長化を、1つの駆動装置一体型の永久磁石式同期モータで実現できるので従来の駆動装置一体型の永久磁石式同期モータにはない大きな利点である。

[0061] 又、例えば、車両を駐車時から発進する場合、車両速度が遅く、且つ、運転者は大きくステアリングホイールを操作するため、電動パワーステアリング装置も大きな補助トルクを出力する。このとき、ステアリングホイールを左右どちらかにいっぱいまで切ると、モータ部の三相の電機子巻線の電流値が固定したロック状態となり、電流が一番多く流れる相の発熱量が大きくなるので、その発熱を抑えるために電機子巻線の電流量を絞らなければならない。

[0062] しかし、この発明の実施の形態2による制御装置一体型の永久磁石式同期モータによれば、第1の系統と第2の系統でモータ部や制御装置の温度上昇に差がある場合には、より温度が高い系統の電流量を減らし、残りの系統の電流量を逆に増加させることで、補助トルクを減らさずに転舵可能となる。このように、第1の系統と第2の系統とで電流量を個別に制御できるのは、第1の系統と第2の系統との間の相互インダクタンスが小さく、各系統で独立して制御することができるからであり、その効果は大きい。

[0063] 尚、この発明の実施の形態2による制御装置一体型の永久磁石式同期モータによれば、実施の形態1の場合と同様に、第1のU相電機子巻線71Uと第2のU相電機子巻線72Uは、巻線が巻回されていないティース61を挟んでそのティース61の両側のティースに巻回され、第1のV相電機子巻線71Vと第2のV相電機子巻線72Vは、巻線が巻回されていないティース

6 2 を挟んでそのティース 6 2 の両側のティースに巻回され、第 1 の W 電機子巻線 7 1 W と第 2 の W 相電機子巻線 7 2 W は、巻線が巻回されていないティース 6 3 を挟んでそのティース 6 3 の両側のティースに巻回されている。つまり、第 1 の系統に於ける第 1 の電機子巻線と第 2 の系統に於ける第 2 の電機子巻線が、交互にティースに巻回されている。

[0064] 従って、例えば、第 2 の系統の故障で第 2 の系統の駆動電流を「0」とした場合に、固定子 4 の発熱は、第 1 の系統の 3 つ置きに分散されるので、モータ部 2 の温度が局所的に上昇することがなく、故障後に電動パワーステアリング装置が補助トルクを継続して出力することができる時間を長くすることができ、運転者のステアリングホイールの操作を軽減することができる。

[0065] 実施の形態 3.

図 5 は、この発明の実施の形態 3 による永久磁石式同期モータの構成図であって、図 1 に示す電動パワーステアリング装置 1 0 1 の駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ 1 として用いられる。図 5 に於いて、第 1 の U 相電機子巻線 7 1 U と第 1 の V 相電機子巻線 7 1 V は、巻線が巻回されていないティース 6 1 を挟んでそのティース 6 1 の両側のティースに巻回され、第 1 の V 相電機子巻線 7 1 V と第 1 の W 相電機子巻線 7 1 W は、巻線が巻回されていないティース 6 4 を挟んでそのティース 6 4 の両側のティースに巻回され、第 1 の W 相電機子巻線 7 1 W と第 2 の U 相電機子巻線 7 2 U は、巻線が巻回されていないティース 6 2 を挟んでそのティース 6 2 の両側のティースに巻回されている。

[0066] 更に、第 2 の U 相電機子巻線 7 2 U と第 2 の V 相電機子巻線 7 2 V は、巻線が巻回されていないティース 6 5 を挟んでそのティース 6 5 の両側のティースに巻回され、第 2 の V 相電機子巻線 7 2 V と第 2 の W 相電機子巻線 7 2 W は、巻線が巻回されていないティース 6 3 を挟んでそのティース 6 3 の両側のティースに巻回され、第 2 の W 相電機子巻線 7 2 W と第 1 の U 相電機子巻線 7 1 U は、巻線が巻回されていないティース 6 6 を挟んでそのティース

66の両側のティースに巻回されている。

[0067] 即ち、この発明の実施の形態3による永久磁石式同期モータは、固定子4の軸心Xを通る半径方向の直線Yに対して線対称に、第1の系統に於ける第1の電機子巻線71と第2の系統に於ける第2の電機子巻線72が配置されている。つまり、軸線と直交する方向の固定子4の断面に於ける直線Yにより仕切られる一方の半円部に、第1の電機子巻線71を構成する第1のU相電機子巻線71Uと第1のV相電機子巻線71Vと第1のW相電機子巻線71Wが配置され、軸線と直交する方向の固定子4の断面に於ける直線Yにより仕切られる他方の半円部に、第2の電機子巻線72を構成する第2のU相電機子巻線72Uと第2のV相電機子巻線72Vと第2のW相電機子巻線72Wが配置されている。その他の構成は、実施の形態1と同様である。

[0068] 以上のように構成されたこの発明の実施の形態3による永久磁石式同期モータに於いて、例えば、第1の系統の温度上昇が大きい場合に、第1の系統の駆動電流を小さくし、第2の系統の駆動電流を増やすことで、モータ部2の温度分布を平均化しやすくなり、その結果、正常時の電動パワーステアリング装置で補助トルクを継続出力できる時間を長くすることができ、運転者のステアリングホイール操作を軽減できる。

[0069] 又、第1の電機子巻線71と第2の電機子巻線72が固定子4に対して線対称に半分に分かれているので、第1の系統の結線16aと第2の系統の結線16bを幾何学的な干渉なく配置し易くなる。特に集中巻モータでは、第1のインバータ15aと第2のインバータ15bにそれぞれ各相毎に1つのティースに配線することができるので、結線が簡単となる特徴がある。

[0070] 実施の形態4.

図6は、この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータの概略展開図である。図6に於いて、固定子4は、磁性薄板が軸方向に積層されて構成された固定子鉄心5と、固定子鉄心5の内周部に形成された複数個のティース6と、1つ置きのティース6に集中巻きされた電機子巻線7とを備えている。実施の形態4に於ける電機子巻線7の配置は、前述の実施の3の場合と

同様である。

[0071] 即ち、電機子巻線 7 は、第 1 の電機子巻線 7 1 と第 2 の電機子巻線 7 2 とから構成されており、第 1 の電機子巻線 7 1 は、第 1 の U 相電機子巻線 7 1 U と、第 1 の V 相電機子巻線 7 1 V と、第 1 の W 相電機子巻線 7 1 W とから構成され、それぞれ 1 つ置き of ティース 6 に集中巻きされている。第 2 の電機子巻線 7 2 は、第 2 の U 相電機子巻線 7 2 U と、第 2 の V 相電機子巻線 7 2 V と、第 2 の W 相電機子巻線 7 2 W とから構成され、それぞれ 1 つ置き of ティース 6 に集中巻きされている。そして、第 1 の電機子巻線と第 2 の電機子巻線は、前述の図 5 の実施の形態 3 の場合と同様に、固定子 4 の一方の半円部に第 1 の電機子巻線が配置され、固定子の他方の半円部に第 2 の電機子巻線が配置されている。

[0072] 図 7 は、比較例としての永久磁石式同期モータの概略展開図であって、固定子 4 は、固定子鉄心 5 の全てのティース 6 に電機子巻線 7 を巻回した場合を示している。図 6 に示すこの発明の実施の形態 4 による永久磁石式同期モータは、固定子鉄心 5 の軸方向の両端部からそれぞれ軸方向に突出する電機子巻線 7 の巻線端部 7 c の軸方向の高さが、比較例の図 7 に示す永久磁石式同期モータの巻線端部 7 c の軸方向の高さより相対的に大きくなっているのは、固定子 4 に於ける起磁力を従来の固定子に於ける起磁力と同等にするために巻数が増加しているためである。

[0073] 図 6 に於いて、この発明の実施の形態 4 による永久磁石式同期モータは、電機子巻線 7 が 1 つ置き of ティース 6 に巻回されているので、電機子巻線 7 が巻回されていないティース 6 の軸方向の両側にそれぞれ空間 A、B が形成されている。空間 A を備えた固定子 4 の軸方向の一端には制御装置 3 が固定され、空間 B を備えた固定子 4 の軸方向の他端には金属製のモータの筐体 8 が固定されている。

[0074] 制御装置 3 は、少なくともインバータの発熱を逃がすアルミニウム製のヒートシンク 9 と、絶縁筐体 10 と、第 1 の系統に於ける樹脂製の筐体を有する第 1 の電源コネクタ 11 a と、第 2 の系統に於ける樹脂製の筐体を有する

第2の電源コネクタ11bと、第1の系統に於ける筐体を有する第1の車両信号コネクタ12aと、第2の系統に於ける樹脂製の筐体を有する第2の車両信号コネクタ12bと、第1の系統に於ける樹脂製の筐体を有する第1のトルクセンサ信号コネクタ13aと、第2の系統に於ける樹脂製の筐体を有する第2のトルクセンサ信号コネクタ13bとを備えている。

[0075] 前述の第1の電源コネクタ11aと、第2の電源コネクタ11bと、第1の車両信号コネクタ12aと、第2の車両信号コネクタ12bと、第1のトルクセンサ信号コネクタ13aと、第2のトルクセンサ信号コネクタ13bは、それぞれ絶縁筐体10の軸方向端面に固定されている。

[0076] ヒートシンク9は、固定子4の軸方向の一端を実質的に閉塞するように固定子4に固定され、モータの筐体8は固定子4の軸方向の他端を実質的に閉塞するように固定子4に固定されている。モータの筐体8には、図1に示す電動パワーステアリング装置101のギアボックス102が装着される。

[0077] 図8は、この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータの模式展開図であって、この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータを、より具体的に示している。図8に於いて、ヒートシンク9の内端面には、電機子巻線が巻回されていないティースの軸方向の端面に当接する突出部91が設けられている。又、電機子巻線が巻回されていないティースは、固定子鉄心の軸方向に延長されてヒートシンク9の内端面に当接する鉄心51を備えている。電機子巻線7の一方の巻線端部7cは、固定子鉄心5の軸方向の一端とヒートシンク9の内端面に形成される空間に配置されている。突出部91と鉄心51は、永久磁石式同期モータの構成部品の一部である。

[0078] 前述の図6に示す空間Aには、電機子巻線7に於ける第1の電機子巻線と第1のインバータ15aとを接続する第1のターミナル30aが配置されている。尚、電機子巻線7に於ける第2の電機子巻線と第2のインバータ15bとを接続する第2のターミナルも同様に配置されているが図示を省略している。電機子巻線が巻回されていないティース6の軸方向の一端とヒートシンク9の内端面との間の空間には、永久磁石式同期モータの回転子の回転角

度を検出する角度検出装置に於ける半導体磁気センサ40が配置されている。永久磁石式同期モータの温度を検出する温度センサ50は、電機子巻線7を包囲している絶縁物に接して設けられている。第1のターミナル30aと、第2のターミナルと、半導体磁気センサ40と、温度センサ50は、永久磁石式同期モータの構成部品の一部である。

[0079] 前述の第1のターミナル30a及び第2のターミナルは、ヒートシンク9に設けられた貫通穴を貫通する導体により制御装置3の絶縁筐体10に設けられた第1の電源コネクタ11a、第2の電源コネクタ11bにそれぞれ接続されている。半導体磁気センサ40及び温度センサ50は、それぞれヒートシンク9に設けられた貫通穴を貫通する導体により制御装置3の第1のマイクロコンピュータ14a（図示せず）及び第2のマイクロコンピュータ14b（図示せず）にそれぞれ接続されている。

[0080] 固定子4の軸方向の他端に固定された金属製のモータの筐体8の内壁面には、電機子巻線が巻回されていないティース6の軸方向の他端に存在する前述の空間Bに対応して、モータの筐体8の剛性を高くするための複数のリブ81、及び電動パワーステアリング装置101のギアボックス102と結合するための複数のネジ穴82が設けられている。ネジ穴82が設けられた筐体8は、永久磁石式同期モータの構成部品の一部である。

[0081] 以上述べたように、この発明の実施の形態4による永久磁石式同期モータによれば、前述のように構成されているので、従来の永久磁石式モータでは固定子の上方や下方に配置されていた構成部品を、固定子の軸方向で且つ固定子と同じ外形の内側に配置することができ、駆動装置一体型の永久磁石式同期モータの外形及び軸方向長さを小さくすることができる。従って、車両や電動パワーステアリング装置との幾何学的な干渉の少ない搭載性のよい駆動装置一体型の永久磁石式同期モータを実現することができる。

[0082] 又、例えば、前述の図6に示す空間Aには、制御装置のインバータの発熱を逃がすアルミニウム製のヒートシンク9の突出部91を配置し、更に固定子鉄心5の突出部を構成する鉄心51を配置することで、電機子巻線7での

発熱やヒートシンク 9 の熱を固定子鉄心 5 に逃がしやすくし、ステアリング操作を継続できる時間を長くすることができる。

[0083] 尚、以上述べたこの発明の実施の形態 1 から 4 による永久磁石式同期モータによれば、三相の電機子巻線を備えた場合を示したが、三相以外の多相の電機子巻線であってもよい。又、固定子は、12 個のティースの例を示したが、12 個のティースに限定されるものではない。

[0084] 尚、この発明は前述の実施の形態 1 から 4 による永久磁石式同期モータ及び電動パワーステアリング装置に限定されるものではなく、この発明の趣旨を逸脱しない範囲に於いて、実施の形態 1 から 4 の構成を適宜組み合わせたり、その構成に一部変形を加えたり、構成を一部省略することが可能である。

### 産業上の利用可能性

[0085] この発明による永久磁石式同期モータ及び電動パワーステアリング装置は、少なくとも自動車等の車両の分野に利用することができる。

### 符号の説明

[0086] 1、1 a、1 b 駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ、2、2 a、2 b モータ部、3、3 a、3 b 制御装置、4 固定子、5 固定子鉄心、5 1 突出部を構成する鉄心、6、6 1、6 2、6 3、6 4 ティース、7 電機子巻線、7 1 U 第 1 の U 相電機子巻線、7 1 V 第 1 の V 相電機子巻線、7 1 W 第 1 の W 相電機子巻線、7 2 U 第 2 の U 相電機子巻線、7 2 V 第 2 の V 相電機子巻線、7 2 W 第 2 の W 相電機子巻線、8 筐体、8 1 リブ、8 2 ネジ穴、9 ヒートシンク、9 1 突出部、10 絶縁筐体、11、11 a、11 b 電源コネクタ、12 車両信号コネクタ、12 a 第 1 の車両信号コネクタ、12 b 第 2 の車両信号コネクタ、13 トルクセンサ信号コネクタ、13 a 第 1 のトルクセンサ信号コネクタ、13 b 第 2 の車両信号コネクタ、14 a 第 1 のマイクロコンピュータ、14 b 第 2 のマイクロコンピュータ、15 a 第 1 のインバータ、15 b 第 2 のインバータ、16 a 第 1 の系統の結線、16 b 第 2 の系統の結線、

17 通信装置、18 a 第1のフィルタコイル、18 b 第2のフィルタコイル、19 a 第1の電源リレー、19 b 第2の電源リレー、20 a 第1のトルクセンサ信号インターフェイス、20 b 第2のトルクセンサ信号インターフェイス、21 a 第1の車両信号インターフェイス、21 b 第2の車両信号インターフェイス、22 a 第1の駆動回路、22 b 第2の駆動回路、23 a 第1の電流センサ、23 b 第2の電流センサ、101 電動パワーステアリング装置、102 ギアボックス、103 ハウジング、104 タイロッド、105 シャフト、106 トルクセンサ、107 ケーブル

-

## 請求の範囲

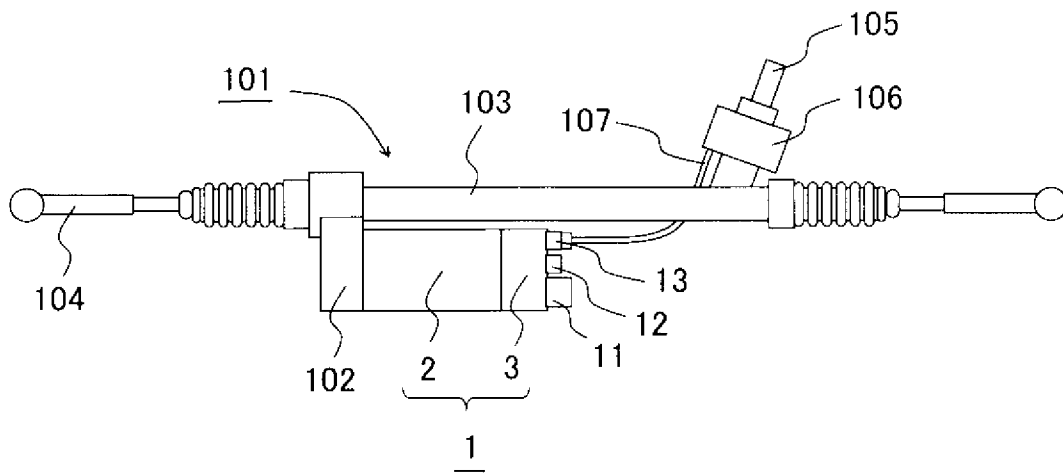
- [請求項1] 内周部に複数のティースを備え、前記内周部に囲まれた空間を有する固定子鉄心と、
- 前記複数のティースのうちの1つ置きのティースに巻回された電機子巻線と、
- 前記固定子鉄心の前記空間に挿入され、永久磁石により構成された界磁極を有する回転子と、
- を備え、
- 前記電機子巻線は、互いに独立した第1の電機子巻線と第2の電機子巻線に分離され、
- 前記第1の電機子巻線は、第1の制御装置に接続され、
- 前記第2の電機子巻線は、第2の制御装置に接続され、
- 前記第1の電機子巻線と前記第1の制御装置を含む第1の系統と、
- 前記第2の電機子巻線と前記第2の制御装置とを含む第2の系統と、
- により駆動され得るように構成された永久磁石式同期モータであって、
- 、
- 前記第1の系統と前記第2の系統のうちの一方の系統が故障したときは、前記一方の系統による前記駆動を停止するとともに、他方の系統により前記駆動を継続するように構成されている、
- ことを特徴とする永久磁石式同期モータ。
- [請求項2] 前記故障が発生していない通常時に於いて、
- 前記第1の制御装置と前記第2の制御装置は、互いに同期して動作するように構成されている、
- ことを特徴とする請求項1に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項3] 前記故障が発生していない通常時に於いて、
- 前記第1の制御装置と前記第2の制御装置は、互いに同期することなくそれぞれ独立して動作するように構成されている、
- ことを特徴とする請求項1に記載の永久磁石式同期モータ。

- [請求項4] 前記一方の系統が故障したときは、  
前記他方の系統は、前記一方の系統に故障が生じていない通常時の最大電流を超えた電流量により前記駆動を行うように構成されている、  
、  
ことを特徴とする請求項1から請求項3のうちの何れか一項に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項5] 前記故障が発生していない通常時に於いて、  
前記第1の制御装置と前記第2の制御装置は、前記第1の電機子巻線と前記第2の電機子巻線に供給する電流量の配分比率を不等分とするように構成されている、  
ことを特徴とする請求項1に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項6] 前記第1の電機子巻線と前記第2の電機子巻線は、前記1つ置きのティースに交互に巻回されている、  
ことを特徴とする請求項1から請求項5のうちのいずれか一項に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項7] 前記第1の電機子巻線は、第1の巻線ブロックとして前記ティースに巻回され、  
前記第2の電機子巻線は、第2の巻線ブロックとして前記ティースに巻回され、  
前記第1の巻線ブロックと前記第2の巻線ブロックは、前記固定子鉄心に対称に配置されている、  
ことを特徴とする請求項1から請求項5のうちのいずれか一項に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項8] 前記電機子巻線が巻回されていないティースの軸方向の少なくとも一方の端部に対応して、永久磁石式同期モータの構成部品が配置されている、  
ことを特徴とする請求項1から請求項7のうちのいずれか一項に記載の永久磁石式同期モータ。

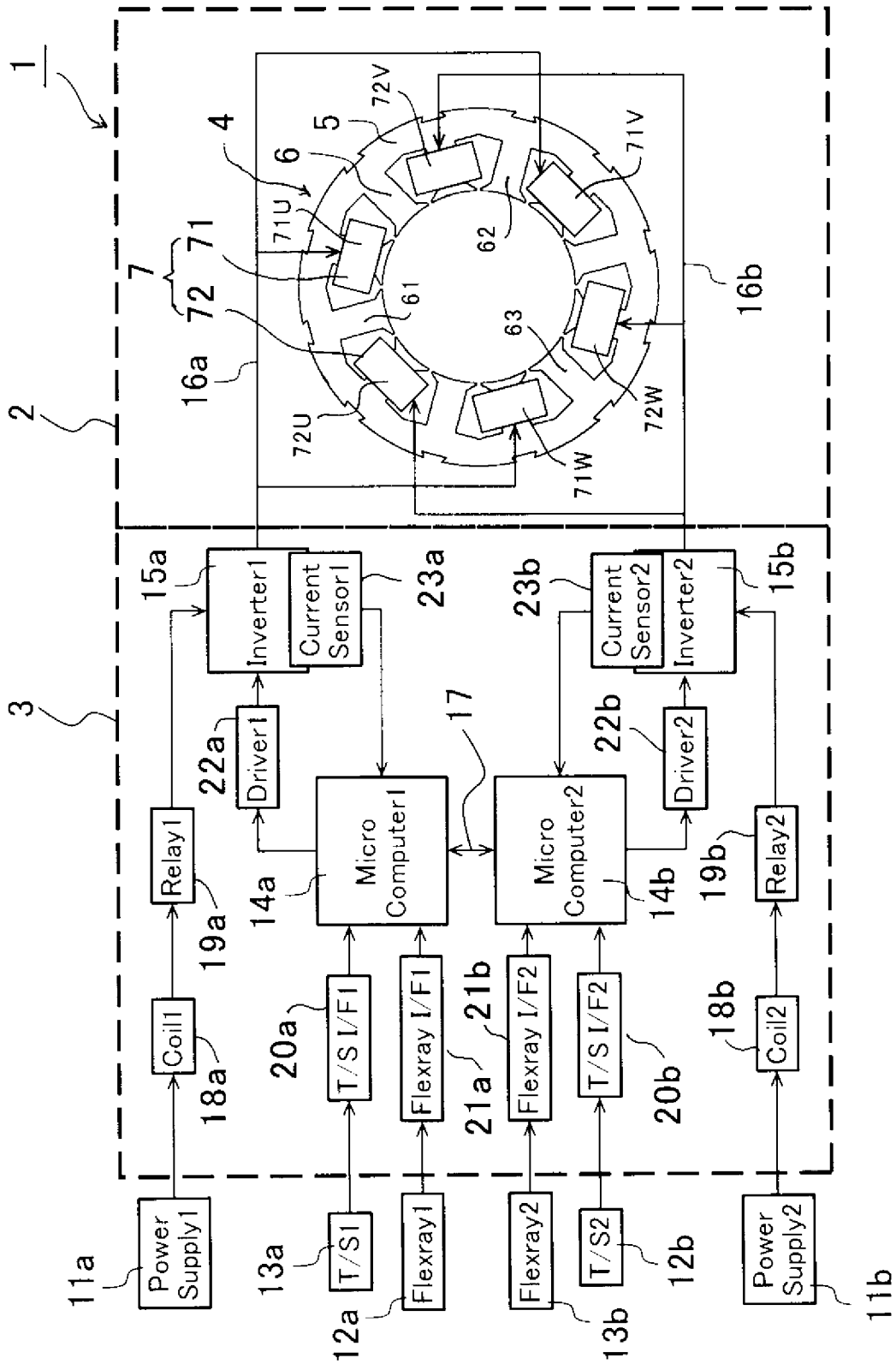
- [請求項9] 前記構成部品は、前記第1の制御装置と前記第1の電機子巻線とを接続する第1のターミナルと、前記第2の制御装置と前記第2の電機子巻線とを接続する第2のターミナルと、のうちの少なくとも一方のターミナルである、  
ことを特徴とする請求項8に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項10] 前記第1の制御装置と前記第2の制御装置とを冷却するヒートシンクを備え、  
前記構成部品は、前記ヒートシンクに設けられた突出部である、  
ことを特徴とする請求項8に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項11] 前記構成部品は、前記電機子巻線が巻回されていないティースから前記固定子鉄心の軸方向に延長された鉄心である、  
ことを特徴とする請求項8に記載の駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ。
- [請求項12] 前記構成部品は、永久磁石式同期モータを他の構成部材に固定するための取付け部である、  
ことを特徴とする請求項8に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項13] 前記構成部品は、前記回転子の回転角度を検出する角度検出装置に於ける磁気センサである、  
ことを特徴とする請求項8に記載の駆動装置一体型の永久磁石式同期モータ。
- [請求項14] 前記構成部品は、永久磁石式同期モータの温度を検出する温度センサである、  
ことを特徴とする請求項8に記載の永久磁石式同期モータ。
- [請求項15] 請求項1から請求項14のうちのいずれか一項に記載の永久磁石式同期モータを備え、  
前記永久磁石式同期モータが発生したトルクを車両の操舵に関与させるように構成されている、  
ことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[図1]

図 1

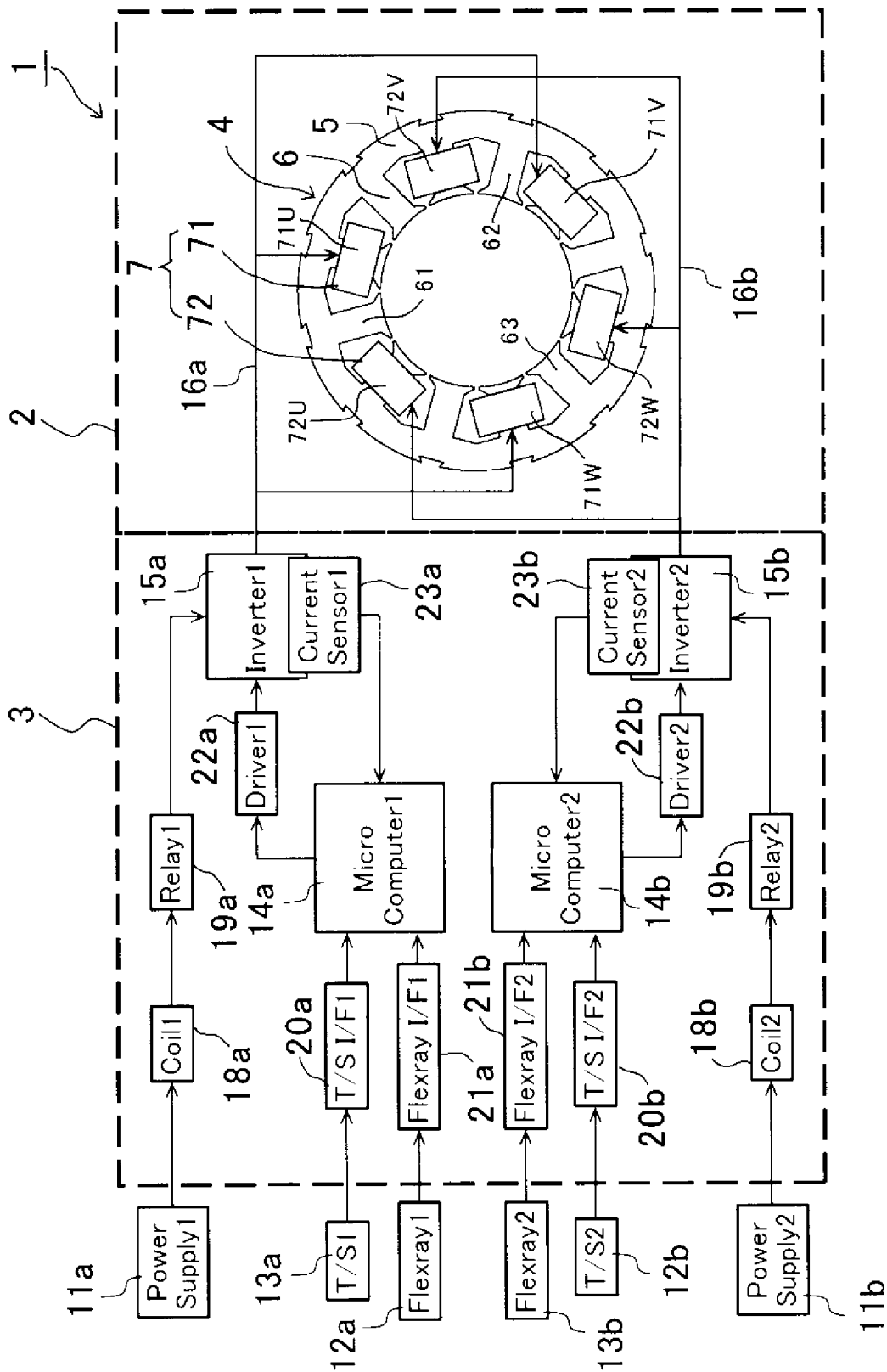


[図2]



[図2]

[図3]



[図3]

[图4]

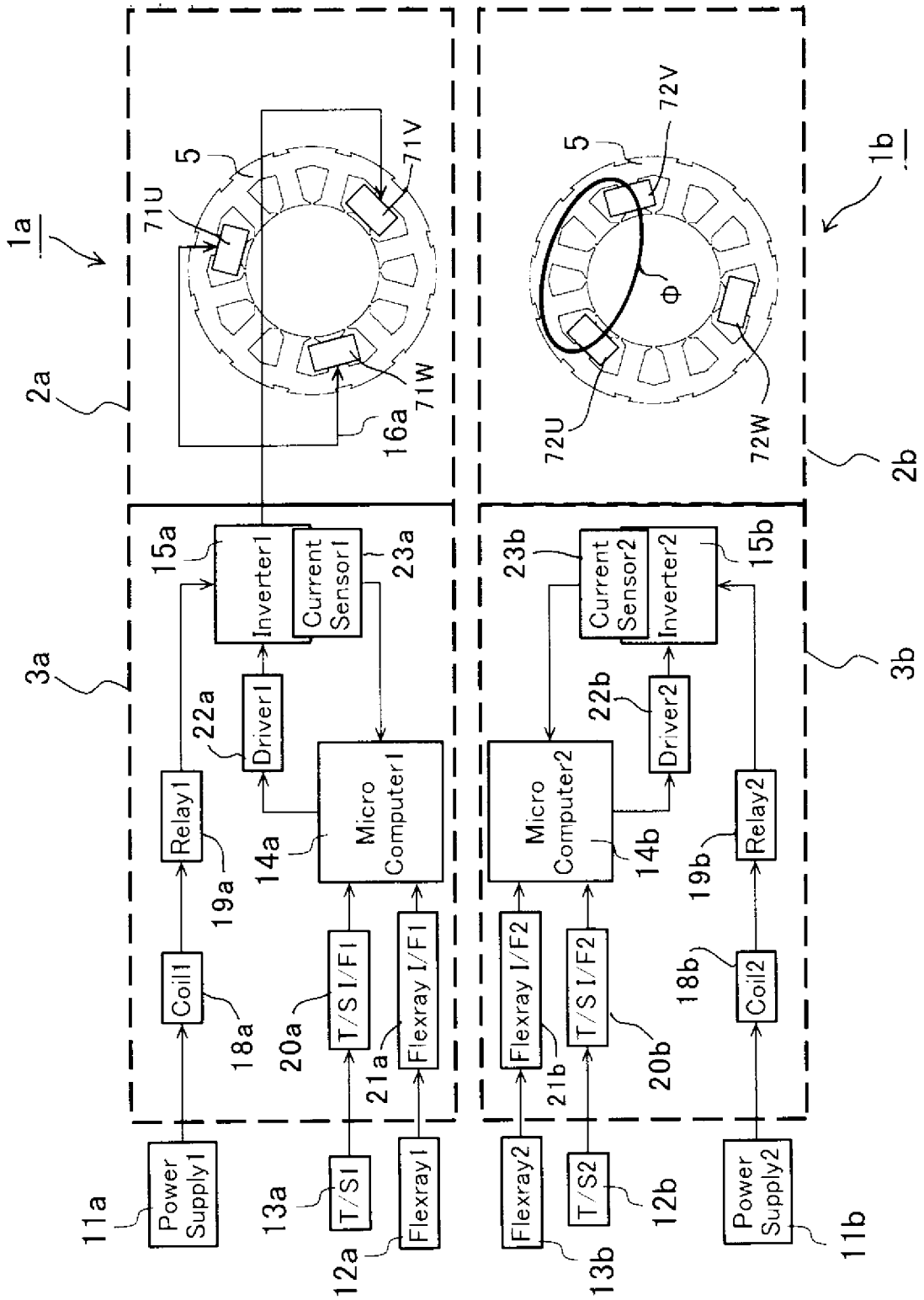
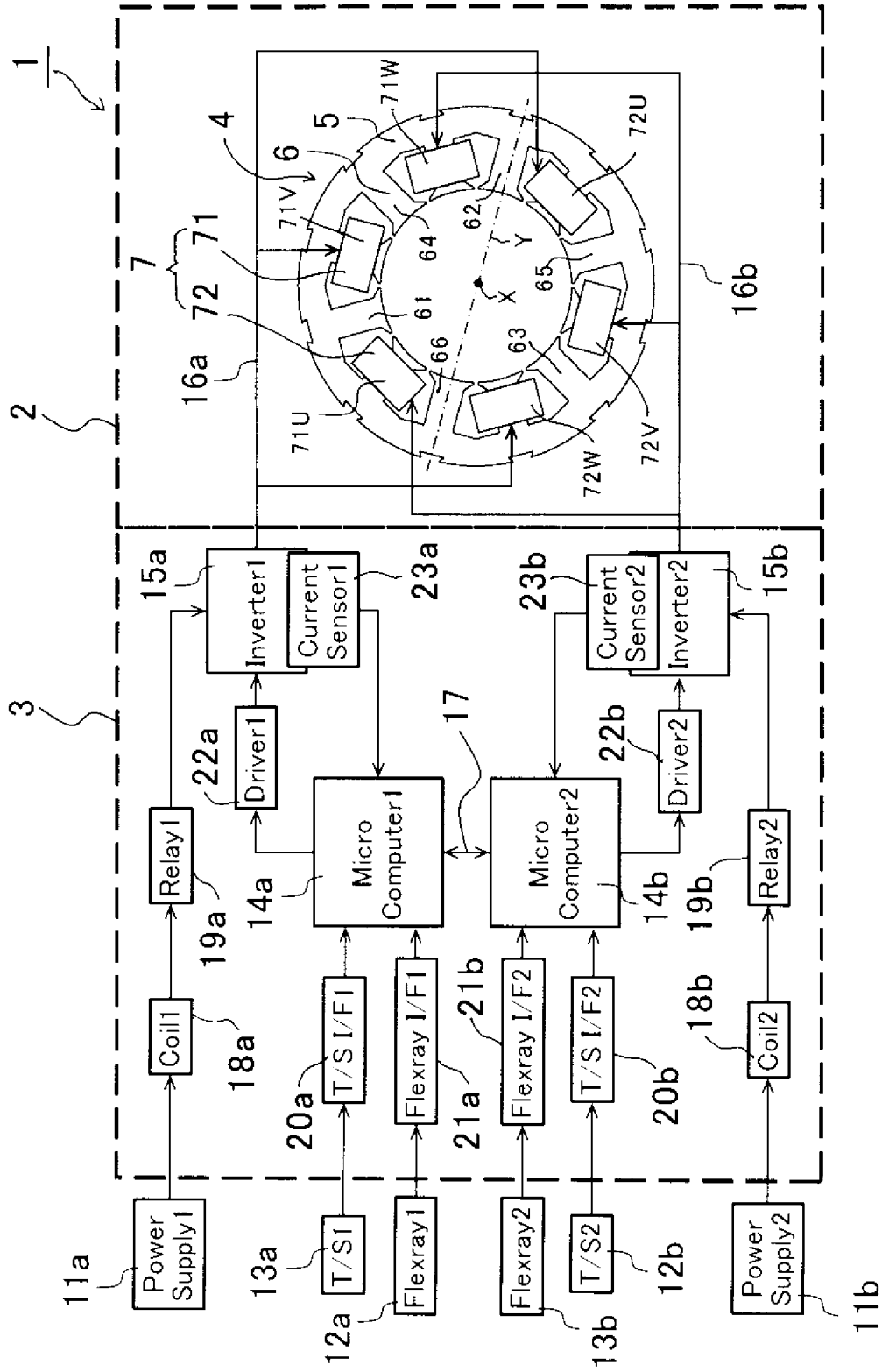


图 4

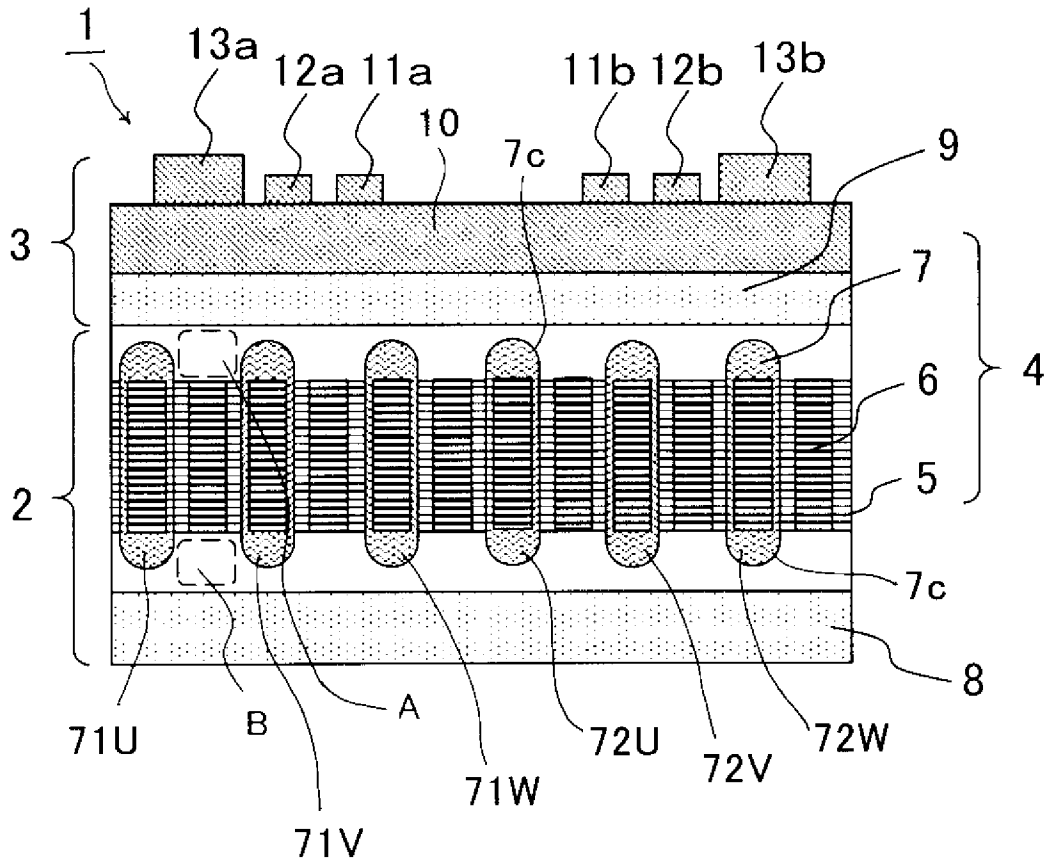
[図5]



[図5]

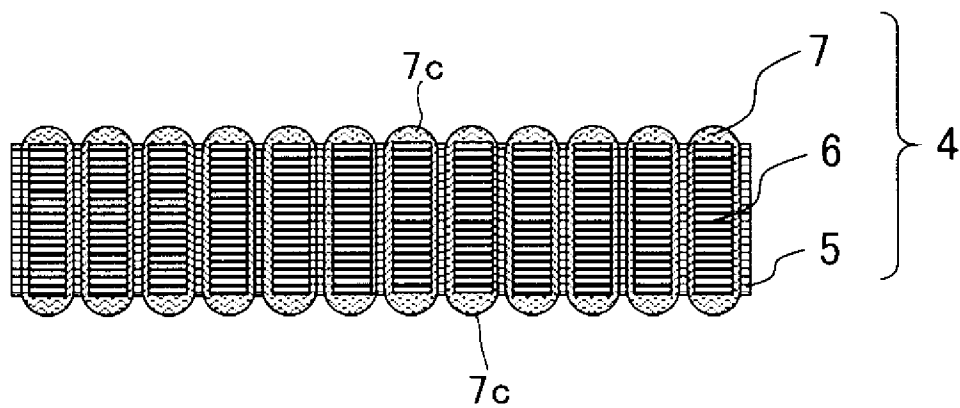
[図6]

図 6



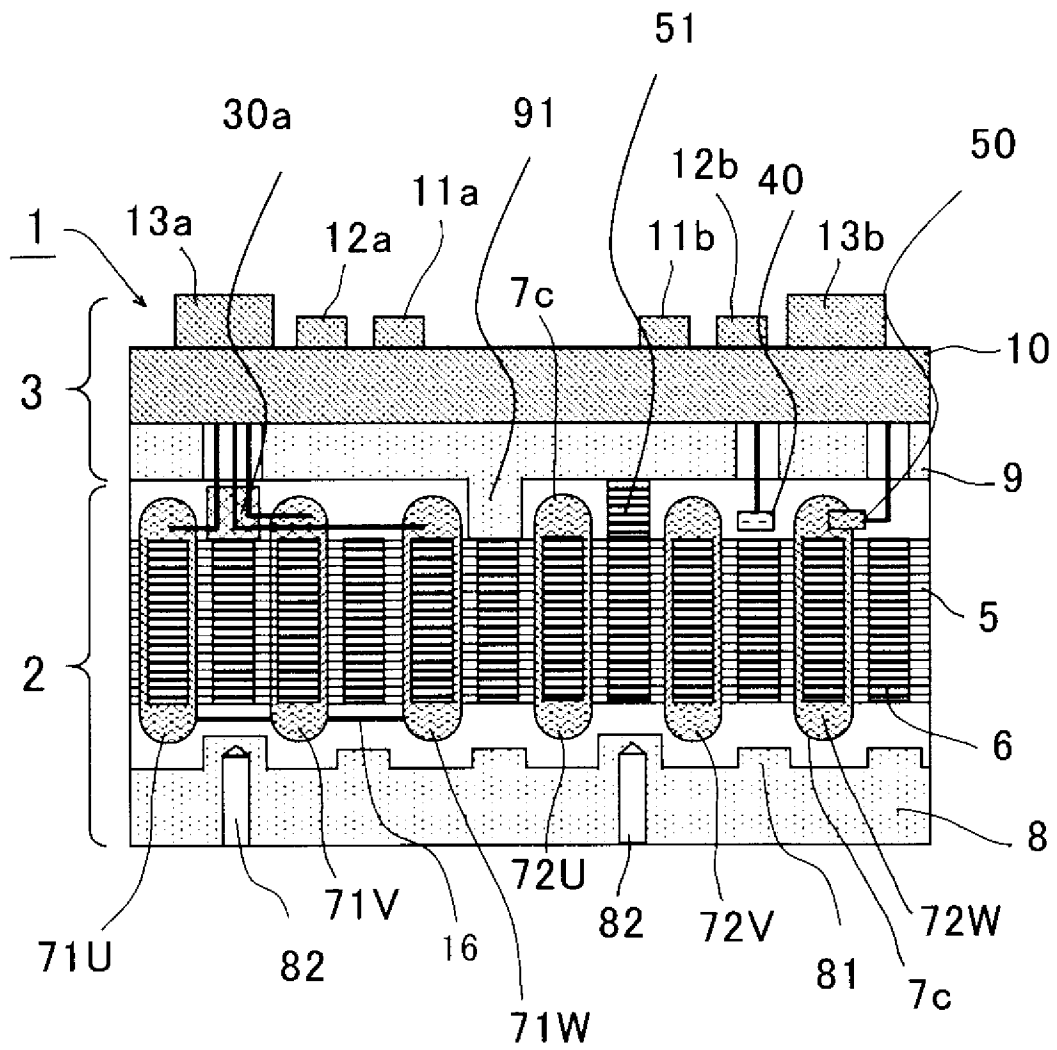
[図7]

図 7



[図8]

図 8



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/032190

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. H02P29/028 (2016.01) i, H02P5/46 (2006.01) i, H02P25/22 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02P29/028, H02P5/46, H02P25/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2017  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2016/135840 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 01 September 2016, paragraphs [0026]-[0103], fig. 1, 2, claim 1 & US 2017/0237377 A1, paragraphs [0048]-[0126], fig. 1, 2, claim 1	1-15
Y	JP 2010-531130 A (ROBERT BOSCH GMBH) 16 September 2010, paragraphs [0004]-[0038], fig. 6-11, claims 9-14 & US 2010/0289370 A1, paragraphs [0004]-[0043], fig. 6-11, claims 9-14	1-15
Y	JP 2016-19330 A (DENSO CORP.) 01 February 2016, paragraphs [0038]-[0044], fig. 4 & US 2016/0006387 A1, paragraphs [0075]-[0086], fig. 4	4, 6-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05.12.2017	Date of mailing of the international search report 12.12.2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H02P29/028(2016.01)i, H02P5/46(2006.01)i, H02P25/22(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H02P29/028, H02P5/46, H02P25/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2016/135840 A1（三菱電機株式会社）2016.09.01, 段落 [0026]-[0103]、図 1-2、請求項 1 & US 2017/0237377 A1, 段落 [0048]-[0126]、図 1-2、請求項 1	1-15
Y	JP 2010-531130 A（ローベルト ボツシユ ゲゼルシヤフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング）2010.09.16, 段落 [0004]-[0038]、図 6-11、請求項 9-14 & US 2010/0289370 A1, 段落 [0004]-[0043]、図 6-11、請求項 9-14	1-15

C 欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 05.12.2017	国際調査報告の発送日 12.12.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 森山 拓哉 電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2016-19330 A (株式会社デンソー) 2016.02.01, 段落 [0038]-[0044]、図4 & US 2016/0006387 A1, 段落[0075]-[0086]、 図4	4, 6-15