

(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
2021年10月14日(14.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/205596 A1

(51) 国際特許分類:
G01D 5/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/015954

(22) 国際出願日: 2020年4月9日(09.04.2020)

(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:池田 紘子(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). 藤倉 昇平(FUJIKURA Shohei); 〒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). 森 辰也(MORI Tatsuya); 〒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 憲司(IKEDA Kenji);

〒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). 久保 建太(KUBO Kenta); 〒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). 松永 俊宏(MATSUNAGA Toshihiro); 〒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).

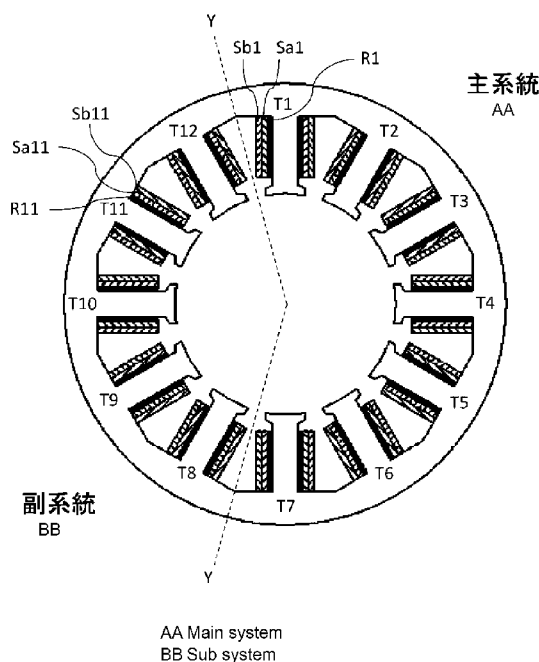
(74) 代理人: 特許業務法人ぱるも特許事務所 (PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目3番8号 Hyogo (JP).

(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,

(54) Title: REDUNDANT RESOLVER AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE EQUIPPED WITH REDUNDANT RESOLVER

(54) 発明の名称: 冗長レゾルバ及び冗長レゾルバを搭載した電動パワーステアリング装置

図5



(57) Abstract: The present invention is characterized by comprising: a resolver body (4) including a rotor (42) having N_x (N_x is a natural number) salient poles, a stator (41) facing the rotor (42) and having N_s (N_s is an integer of 3 or more) teeth (411) arranged in the circumferential direction, and an exciting winding (R) wound around the teeth and a two-phase output winding (Sa, Sb); and exciting circuits (511, 512) that apply a voltage to the exciting winding (R), wherein the exciting winding and the two-phase output winding wound around N_{sm} (N_{sm} is an integer of 2 or more) teeth out of the N_s teeth are used as a main system (101), the exciting winding and the two-phase output winding wound around $N_s - N_{sm}$ teeth are used as a sub system (102), and the number N_{sm} of teeth corresponding to the main system (101) is larger than the number $N_s - N_{sm}$ of teeth corresponding to the sub system (102).

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: N_x (N_x は自然数) 個の突極を有する回転子 (4 2)、回転子 (4 2) と対向し周方向に N_s (N_s は3以上の整数) 個配置されたティース (4 1 1) を有する固定子 (4 1)、ティースに巻回された励磁巻線 (R) 及び2相の出力巻線 (S a、S b)、を有するレゾルバ本体 (4) と、励磁巻線 (R) に電圧を印加する励磁回路 (5 1 1、5 1 2) とを有し、 N_s 個のティースのうち N_{sm} (N_{sm} は2以上の整数) 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を主系統 (1 0 1) とし、 $N_s - N_{sm}$ 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を副系統 (1 0 2) とし、主系統 (1 0 1) に対応するティース数 N_{sm} が副系統 (1 0 2) に対応するティース数 $N_s - N_{sm}$ より多いことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

冗長レゾルバ及び冗長レゾルバを搭載した電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本願は、冗長レゾルバ及び冗長レゾルバを搭載した電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 回転子と固定子の空隙におけるパーミアンスの変化を利用したレゾルバにおいて、異なる励磁回路に接続された２組の励磁巻線を有する多重系のレゾルバ、いわゆる冗長レゾルバが知られている。

[0003] 例えば、特許文献１においては、２つの励磁巻線を有する冗長レゾルバにおいて、軸方向寸法を小さくするために、一つのレゾルバ固定子を周方向に分割し、第一系統、第二系統とすることで冗長化したものが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第４１４７９３０号

特許文献２：特開２００９－２２２４３５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献１では、第一系統および第二系統を構成するティースの数が、レゾルバステータの全ティース数の半数であるため、一重系のレゾルバと比較して角度検出精度が悪化するという課題があった。

[0006] このような冗長レゾルバにおける角度検出精度の悪化を抑制するために、２つのレゾルバを軸線方向に２段積みし、一方のレゾルバには第一出力巻線のみを巻回し、他方のレゾルバには第二出力巻線のみを巻回したものが開示されている（例えば、特許文献２参照）。

しかし、特許文献2では、2つのレゾルバを、シャフトを介して2段積みしているため、一系統レゾルバに比べ、軸線方向寸法が2倍に増大するという課題があった。

[0007] 本願は、上記の課題を解決するための技術を開示するものであり、大型化することなく、主系統の角度検出精度が高い冗長レゾルバ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

[0008] 本願に開示される冗長レゾルバは、

N_x (N_x は自然数) 個の突極を有する回転子、回転子と対向し周方向に N_s (N_s は3以上の整数) 個配置されたティースを有する固定子、ティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線、を有するレゾルバ本体と、

励磁巻線に電圧を印加する励磁回路とを有し、

N_s 個のティースのうち N_{sm} (N_{sm} は2以上の整数) 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を主系統とし、 $N_s - N_{sm}$ 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を副系統としたものであって、

主系統における前記2相の出力巻線の電圧を入力し主系統における角度を演算する主系統演算部、

副系統における前記2相の出力巻線の電圧を入力し副系統における角度を演算する副系統演算部、を備え、

主系統に対応するティース数 N_{sm} が副系統に対応するティース数 $N_s - N_{sm}$ より多いことを特徴とするものである。

発明の効果

[0009] 本願に開示される冗長レゾルバによれば、主系統を構成するステータのティース数を全ティース数の半数より多くすることで、大型化することなく、角度検出精度が向上する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態1に係る冗長レゾルバを回転電機に取り付けた例を示す図で

ある。

[図2]制御回路のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]実施の形態1に係る冗長レゾルバの構成を示す図である。

[図4]実施の形態1に係る冗長レゾルバのレゾルバ本体の断面図である。

[図5]実施の形態1に係る冗長レゾルバの固定子の断面図である。

[図6]実施の形態1に係る冗長レゾルバの励磁巻線の巻数を示す図である。

[図7]実施の形態1に係る冗長レゾルバの出力巻線の巻数を示す図である。

[図8]実施の形態1に係る冗長レゾルバと比較例との角度検出精度を示す図である。

[図9]実施の形態1に係る冗長レゾルバの主系統のティースの数と角度検出精度の関係を示す図である。

[図10]実施の形態2に係る冗長レゾルバの構成を示す図である。

[図11]実施の形態2に係る冗長レゾルバの主系統の励磁信号および副系統の励磁信号を示す図である。

[図12]実施の形態2に係る冗長レゾルバの主系統の出力信号波形を示す図である。

[図13]実施の形態2に係る冗長レゾルバの副系統の出力信号波形を示す図である。

[図14]実施の形態3に係る電動パワーステアリング装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本実施の形態について図を参照して説明する。なお、各図中、同一符号は、同一または相当する部分を示すものとする。

実施の形態1.

〈励磁同期〉

以下、実施の形態1に係る冗長レゾルバについて説明する。

図1は、本実施の形態1に係る冗長レゾルバ1を回転電機に取り付けた例を示す図である。なお、回転電機2のシャフト3に取り付けた例を示すが、

その他、種々の装置の回転部（回転体）の回転軸であれば、取り付け対象は回転電機に限るものではない。

[0012] 図1において、冗長レゾルバ1は回転電機2の回転軸であるシャフト3に取り付けられている。冗長レゾルバ1は、センサであるレゾルバ本体4とそれを制御する制御回路5とを具備する。レゾルバ本体4は、一对の固定子41と回転子42とを備え、固定子41には巻線43が巻回されている。回転子42はシャフト3を介して回転電機2の回転部と接続されている。制御回路5は、巻線43のうち後述する励磁巻線に交流電圧を印加して励磁する励磁回路51と巻線43のうち後述する出力巻線の信号波形から回転角度を演算する角度演算部52とを備える。図3で後述するように、励磁回路51および角度演算部52は、主系統と副系統に励磁回路511、512、角度演算部521、522を備える。

[0013] 制御回路5のマイコンのハードウェアの一例を図2に示す。プロセッサ500と記憶装置510から構成され、図示していないが、記憶装置510はランダムアクセスメモリ等の揮発性記憶装置と、フラッシュメモリ等の不揮発性の補助記憶装置とを具備する。また、フラッシュメモリの代わりにハードディスクの補助記憶装置を具備してもよい。プロセッサ500は、記憶装置510から入力されたプログラムを実行することにより、例えば、角度演算部52での角度演算を行う。この場合、補助記憶装置から揮発性記憶装置を介してプロセッサ500にプログラムが入力される。また、プロセッサ500は、演算結果等のデータを記憶装置510の揮発性記憶装置に出力してもよいし、揮発性記憶装置を介して補助記憶装置にデータを保存してもよい。

なお、制御回路5内のハードウェアはマイコンでなくてもよく、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、簡単な論理回路、またはリレーなどでもよい。

[0014] 図3は、本実施の形態1に係る冗長レゾルバ1の構成を示す図である。図

において冗長レゾルバ1は主系統101のレゾルバと副系統102のレゾルバとを備えている。主系統101のレゾルバ及び副系統102のレゾルバは、巻線43の構成として、第一出力巻線S_a、第二出力巻線S_b、励磁巻線Rを有している。第一出力巻線S_a及び第二出力巻線S_bは角度演算部521、522にそれぞれ接続され、励磁巻線Rは励磁回路511、512にそれぞれ接続されている。主系統101の角度演算部521および副系統102の角度演算部522は角度演算部通信器6により接続されている。角度演算部通信器6には、主系統検出角度 θ_m と副系統検出角度 θ_s が入力され、主系統101および副系統102がいずれも正常な場合は主系統検出角度 θ_m を、例えば制御装置13（図14参照）へ出力する。

[0015] 角度演算部通信器6には、主系統検出角度 θ_m と副系統検出角度 θ_s が入力され、主系統101が故障している場合には、副系統検出角度 θ_s を制御装置13へ出力する。また、副系統102が故障している場合には、主系統検出角度 θ_m を制御装置13へ出力する。同様に、主系統101の励磁回路511と副系統102の励磁回路512は励磁回路通信器7により接続されている。励磁回路通信器7では、主系統101の励磁回路511および副系統102の励磁回路512から出力される主系統励磁信号および副系統励磁信号の位相を一致させ、主系統101と副系統102との間の磁気干渉を回避している。このように、角度演算部521、522及び励磁回路511、512は各系統に設けられ、冗長性を確保している。

[0016] 図4は、図1中、X-X線のレゾルバ本体4の断面図である。図4において、ヨーク412とティース411を有する固定子41の各ティース411に巻線43が巻回されている。突極部を有する回転子42はシャフト3に取り付けられている。本実施の形態1において、冗長レゾルバ1の固定子のティース411の数 N_s は12、回転子42の突極の数 N_x を5とする。突極の数 N_x は軸倍角とも呼ばれている。

[0017] 図5は、図4から回転子42とシャフト3を除いた図で固定子41の断面図に相当し、主系統101及び副系統102のレゾルバの一部構成を示す図

である。上述したように、冗長レゾルバ1の固定子41のティース411の数 N_s は12である。図5中、各ティース411を時計方向にティースT1～ティースT12とすると、図中Y-Y線で分けられるように、ティースT1～ティースT7からなる主系統ティース、ティースT8～ティースT12からなる副系統ティースに周方向に2分割されている。つまり、主系統ティースの数は7つ、副系統ティースの数は5となり、主系統ティースの数が多構成である。この主系統ティースは主系統101のレゾルバを、副系統ティースは副系統102のレゾルバを構成し、両者で二重系の冗長レゾルバ1を構成している。

[0018] 次に、各ティースT1～T12に巻回される巻線43について説明する。

各ティースT1～T12には、1相の励磁巻線Rと、2相の出力巻線である第一出力巻線S_a、第二出力巻線S_bからなる巻線群が巻回されている。つまり、主系統ティースT1～T7には、主系統101の励磁巻線R1～R7、主系統101の第一出力巻線S_a1～S_a7、主系統101の第二出力巻線S_b1～S_b7が巻回されている。同様に、副系統ティースT8～T12には、副系統102の励磁巻線R8～R12、副系統102の第一出力巻線S_a8～S_a12、副系統102の第二出力巻線S_b8～S_b12が巻回されている（図5中では、ティースT1の第一出力巻線S_a1、第二出力巻線S_b1、励磁巻線R1、ティースT11の第一出力巻線S_a11、第二出力巻線S_b11、励磁巻線R11のみを示している）。

[0019] 主系統101の励磁巻線R1～R7および副系統102の励磁巻線R8～R12はそれぞれレゾルバの延出部（図示せず）に設けられた励磁端子（図示せず）を介して主系統101の励磁回路511、副系統102の励磁回路512に接続されている。

[0020] 主系統101の第一出力巻線S_a1～S_a7、主系統101の第二出力巻線S_b1～S_b7はそれぞれレゾルバの延出部に設けられた出力端子（図示せず）を介して主系統101の角度演算部521に接続されている。副系統102の第一出力巻線S_a8～S_a12、副系統102の第二出力巻線S_b

8～S b 1 2はそれぞれレゾルバの延出部に設けられた出力端子（図示せず）を介して副系統1 0 2の角度演算部5 2 2に接続されている。主系統1 0 1の角度演算部5 2 1および副系統1 0 2の角度演算部5 2 2は、それぞれ第一出力巻線S a 及び第二出力巻線S bの2相の出力巻線から出力される出力信号により、回転子の主統検出角度 θ_m および副系統検出角度 θ_s を計算して出力する（図3参照）。

[0021] 図5中、ティースT 1に着目すると、まず励磁巻線R 1が巻回され、次に第一出力巻線S a 1、第二出力巻線S b 1の順で巻回されている。すなわち、励磁巻線R 1を先に巻き、その上から2相の出力巻線を巻いた構成となっている。この2相の第一出力巻線S a 1、第二出力巻線S b 1の巻回する順序はこの順に限らず、いずれを先に巻回してもよい。また、2相の第一出力巻線S a 1、第二出力巻線S b 1のうちいずれか1相の出力巻線を巻回しないティースを設ける場合がある。ティースT 1を含む固定子鉄心と巻線R 1、S a 1、S b 1とは絶縁紙、塗装、樹脂等（図示せず）により絶縁されている。なお、ティースT 1について説明したが、他のティースT 2～T 1 2も同様の方法で励磁巻線R 2～R 1 2、第一出力巻線S a 2～S a 1 2、第二出力巻線S b 2～S b 1 2が巻回されている。

[0022] 励磁巻線R 1～R 7、第一出力巻線S a 1～S a 7、第二出力巻線S b 1～S b 7は、それぞれ直列に接続される。同様に、励磁巻線R 8～R 1 2、第一出力巻線S a 8～S a 1 2、第二出力巻線S b 8～S b 1 2もそれぞれ直列に接続される。

なお、ここではそれぞれの巻線は、ティースT 1～T 7およびティースT 8～T 1 2の順に直列に接続されとしたが、巻き始めのティースはそれぞれ系統内の任意のティースT iであって、かつ隣接するティースから順に直列に接続されていても、同様の効果が得られる。

[0023] また、1相の励磁巻線Rと2相の出力巻線である第一出力巻線S a、第二出力巻線S bを周方向に並べて巻回するものとしたがこの限りではなく、径方向に並べる、あるいはティースごとに巻回する順序を変更する等しても同

様の効果を得ることができる。

[0024] 次に、本実施の形態1に係る冗長レゾルバの主系統101の励磁巻線R1～R7および副系統102の励磁巻線R8～R12の巻数について説明する。図6は本実施の形態1に係る冗長レゾルバにおける巻線の分布を示す図である。図において、励磁巻数を振幅で規格化し、主系統ティースT1～T7および副系統ティースT8～T12に巻かれる励磁巻線Rの巻数を連続的に示している。レゾルバの励磁巻線には、巻き方向（+）、巻き方向（-）が定義されている。本実施の形態1における冗長レゾルバ1では、励磁巻線Rの巻方向（+）と巻方向（-）が交互に配置されている。巻方向（+）および巻方向（-）は、巻線の互いに異なる巻極性を表し、あるコイルの巻線の方法を巻き方向（+）で表すと、巻線が逆向きに巻かれているコイルは巻き方向（-）と表現する。巻き方向（+）の巻数と巻き方向（-）の巻数は、絶対値が同じである。よって、励磁巻線Rの空間次数 N_e は6である。すなわち、巻き方向（+）の巻数を+X回とすると巻き方向（-）の巻数は、-X回となる。なお、ここでは巻き方向（+）、巻き方向（-）が交互に巻かれており、励磁巻線Rの空間次数が6であるとしたが、この限りではなく、巻き方向（+）、巻き方向（-）が2ティースごとに配置された励磁巻線の空間次数が3となる巻線配置など、ほかの巻線配置であってもよい。

[0025] 図7は、本実施の形態に係る冗長レゾルバ1の主系統101の第一出力巻線S_{a1}～S_{a7}、第二出力巻線S_{b1}～S_{b7}と副系統102の第一出力巻線S_{a8}～S_{a12}、第二出力巻線S_{b8}～S_{b12}の巻数の分布を示す図である。図において、出力巻数を振幅で規格化し、主系統ティースT1～T7および副系統ティースT8～T12に巻かれる出力巻線の巻数を連続的に示している。i番目のティースに巻回される第一出力巻線、第二出力巻線の巻数 $N_{s_{ai}}$ および $N_{s_{bi}}$ は巻線の位相差が90°であり、以下の式（1）で表すことができる。

[0026]

[数1]

数1

$$\begin{aligned}
 N_{Sai} &= N_1 \cos \left\{ \left| N_e \pm N_x \right| \frac{1}{N_s} 2(i-1)\pi + \theta_{teeth} + \alpha \right\} \\
 N_{Sbi} &= N_1 \cos \left\{ \left| N_e \pm N_x \right| \frac{1}{N_s} 2(i-1)\pi + \theta_{teeth} + \beta \right\} \\
 |\alpha - \beta| &= 90^\circ
 \end{aligned}$$

式(1)

[0027] ここで、 N_1 は出力巻線の巻数の振幅、 θ_{teeth} はティースの周方向位置を表している。励磁巻線Rの空間次数 N_e が6、軸倍角 N_x が5であるから、ここでは出力巻線の空間次数は1である。出力巻線は、ティースの周方向に正弦波状に分布している。巻数が小数になる場合は四捨五入して整数としている。ここで同図において、出力巻線の巻数は、その振幅、すなわち N_1 で規格化している。

[0028] 図8は、本実施の形態1に係る冗長レゾルバ1と、比較例、すなわち主系統ティースの数が6である冗長レゾルバの角度検出精度を比較したものである。縦軸は角度誤差の電気角5次成分を、比較例の値で規格化している。主系統ティースの数を7とすることで、出力信号を得るティースの数が増えるため、主系統101の角度検出精度を向上することができるといった効果を得ることができる。

[0029] 本実施の形態1に係る冗長レゾルバ1は、主系統101の角度演算部521と副系統102の角度演算部522の間で通信し、主系統検出角度 θ_m を制御装置13へ入力し、回転電機2を制御している。角度演算部521または角度演算部通信器6で主系統101の故障を検知した場合には副系統検出角度 θ_s を制御装置13に入力する。角度演算部522または角度演算部通信器6で副系統102の故障を検知した場合には主系統検出角度 θ_m を制御装置13に入力する。このように、本実施の形態1に係る冗長レゾルバでは、一重系レゾルバと同等の寸法でありながら冗長化が可能となり、かつ、ス

テータを半分に分けて冗長化した冗長レゾルバと比較して、正常時の角度検出精度を向上することができる。

[0030] 図9は、主系統ティースの数を3から11まで変化させたときの角度検出精度を示すものである。ここで、縦軸は角度誤差の電気角5次成分を、比較例の値で規格化している。主系統ティースの数を7以上、すなわち全ティースの数の半数より多くすることにより、主系統ティースと副系統ティースの数が同数であるときと比べ、角度検出精度を向上することが可能である。

[0031] ここで、本実施の形態1に係る冗長レゾルバの軸倍角 N_x を5、ティースの数 N_s を12としたが、この限りではなく、 N_x は自然数、 N_s は3以上の整数であれば、他の数であっても同様の効果を得ることができる。

[0032] 実施の形態2.

〈励磁周波数分離〉

図10は、本実施の形態2に係る冗長レゾルバ1aの構成を示す図である。図において冗長レゾルバ1aは主系統101aのレゾルバと副系統102aのレゾルバとを備えている。主系統101aの励磁回路511aと副系統102aの励磁回路512aは励磁回路通信器により接続されておらず、互いに独立している。このような構成にすることにより、励磁回路通信器による共通故障を防ぐことができるため、冗長レゾルバの安全性をより向上することができるといった効果を得ることができる。

[0033] 上述したように、本実施の形態2に係る冗長レゾルバ1aは、主系統101aの励磁巻線R1～R7に励磁信号を与える励磁回路511aと副系統102aの励磁巻線R8～R12に励磁信号を与える励磁回路512aとは互いに独立して、冗長性を確保している。

[0034] しかし、互いに独立させることにより、主系統101aの励磁信号および副系統102aの励磁信号を同期させることが難しい。励磁回路511aおよび励磁回路512aを構成する、例えばマイコンには製造上ばらつきがあるため、主系統101aの励磁信号および副系統102aの励磁信号の周波数を同等に設計しても、完全に一致せず、微小な差が生じる。これにより、

主系統 101a の励磁信号および副系統 102a の励磁信号の差異は一定ではなく時刻とともに変化し、他系統に影響を及ぼし、角度検出精度悪化の原因となる。

[0035] このため、それぞれの励磁回路 511a、512a から異なる周波数の励磁信号を、対応する励磁巻線 R に供給する。図 11 は、本実施の形態 2 に係る冗長レゾルバ 1 の主系統 101a の励磁信号および副系統 102a の励磁信号を示したものである。主系統 101a の励磁信号の周波数 f_1 は 10 kHz、副系統 102a の励磁信号の周波数 f_2 は 20 kHz である。なお、縦軸は励磁信号の電圧を振幅で規格化している。

[0036] さらに、主系統 101a の角度演算部 521a および副系統 102a の角度演算部 522a はそれぞれ他系統の周波数成分を除去する機能を有する。つまり、主系統 101a の第一出力信号、主系統 101a の第二出力信号から副系統 102a の励磁信号による成分を除去し、主系統 101a の励磁信号による成分のみを取り出す。また、副系統 102a の第一出力信号、副系統 102a の第二出力信号から主系統 101a の励磁信号による成分を除去し、副系統 102a の励磁信号による成分のみを取り出す。以下に、他系統の周波数成分を除去する方法について説明する。

[0037] 図 12 は、主系統 101a の出力信号の波形を説明する図で、上から順に、主系統 101a の出力信号、主系統 101a の励磁信号、副系統 102a の励磁信号の波形を示している。主系統 101a の出力信号は、本来、主系統 101a の励磁信号に対応した周波数 f_1 の波形となるところ、副系統 102a の励磁信号の周波数 f_2 の成分が加算された波形となる。

[0038] 図 12 に示すように、主系統 101a の励磁信号の $+A$ 、 $-A$ のそれぞれは、信号の正のピーク、負のピークに相当する。しかし、それぞれ副系統 102a の励磁信号成分 $+B_n$ が加算されるため、主系統 101a の出力信号では正弦波から歪んだ波形となることがわかる。そのため、この主系統 101a の出力信号を周期 $1/f_1$ でサンプルし、そのまま逆正接演算を行うと、副系統の励磁信号周波数 f_2 の成分に起因した誤差を生ずる。

[0039] そこで、主系統101aの出力信号を $2/f_1$ でサンプルし、 $\{(A+B_n) - (-A+B_n)\}/2$ とする。これにより、主系統101aの励磁信号周波数 f_1 の成分Aのみを抽出し、副系統102aの励磁信号周波数 f_2 の成分 B_n を除去することが可能となり、回転角度の検出精度を向上することが可能である。

[0040] 図13は、副系統102aの出力信号の波形を説明する図で、上から順に、副系統102aの出力信号、副系統102aの励磁信号、主系統101aの励磁信号の波形を示している。副系統102aの出力信号は、本来、副系統102aの励磁信号に対応した周波数 f_2 の波形となるところ、主系統101aの励磁信号の周波数 f_1 の成分が加算された波形となる。図に示すように、副系統102aの励磁信号の $+B$ 、 $-B$ 、 $+B$ 、 $-B$ のそれぞれは信号の正のピーク、負のピークに相当する。しかし、それぞれ主系統101aの励磁信号成分 $+A_{n1}$ 、 $+A_{n2}$ 、 $-A_{n1}$ 、 $-A_{n2}$ が加算されるため、副系統102aの出力信号では正弦波から歪んだ波形となることがわかる。そのため、この副系統102aの出力信号を周期 $1/f_2$ でサンプルし、そのまま逆正接演算を行うと、主系統101aの励磁信号周波数 f_1 の成分に起因した誤差を生ずる。

[0041] そこで、副系統102aの出力信号を $2/f_2$ でサンプルし、 $\{(B+A_{n1}) + (B-A_{n1}) - (-B+A_{n2}) - (-B-A_{n2})\}/4$ とする。これにより、副系統102aの励磁信号周波数 f_2 の成分Bのみを抽出し、主系統101aの励磁信号周波数 f_1 の成分 A_n を除去することが可能となり、回転角度の検出精度を向上することが可能である。

[0042] 本実施の形態2における冗長レゾルバでは、一円状の固定子に主系統101aと副系統102aが配置されている。そして、系統ごとに異なる周波数の励磁信号を供給し、各角度演算部521a、522aにおいて他系統の励磁信号の影響を除去している。このことにより、主系統101aと副系統102aとは独立した状態、すなわち、主系統101aに着目すると、副系統102aのティースに巻回された副系統102aの励磁巻線Rには励磁信号

が印加されず、副系統１０２ａが断線等の故障が起きた場合と同様の物理状態となる。逆に副系統１０２ａに着目すると、主系統１０１ａが断線等の故障が起きた場合と同様の物理状態となる。このことは、独立した励磁回路５１１ａ、５１２ａから互いに異なる周波数の励磁信号を供給することで、他系統の信号に影響しない信号が得られる、という優位性を示唆している。

このような構成にすることにより、励磁回路通信器による共通故障が起きないため安全性を向上することができるといった効果を得ることができる。また、主系統と副系統間の磁気干渉を回避することができるため、角度検出精度を向上することができる。

[0043] 実施の形態３．

〈電動パワーステアリングへの搭載〉

以上説明した冗長レゾルバ１は、車両用の電動パワーステアリング装置に適用することができる。

以下、実施の形態３に係る電動パワーステアリング装置について図１４を用いて説明する。

[0044] 図１４は、自動車等の車両に搭載される電動パワーステアリング装置の概略構成図である。図１４において、シャフト８の一端には運転者が操作するステアリングホイール（図示せず）が連結されており、運転者がステアリングホイールを操舵し、そのトルクがシャフト８に伝達される。シャフト８はハウジング９内のラック軸（図示せず）に連結されている。ラック軸の両端には、それぞれ前右輪用タイロッド１０ａ、前左輪用タイロッド１０ｂが連結され、前右輪用タイロッド１０ａにはナックルアーム（図示せず）を介して右輪（図示せず）が連結され、前左輪用タイロッド１０ｂにはナックルアーム（図示せず）を介して左輪（図示せず）が連結されている。運転者のステアリングホイール操作に応じて、左右の前輪が操向される。なお、ラックブーツ１４は異物が装置内に侵入しないように設けられている。

[0045] 電動パワーステアリング装置は、運転者が行うステアリングホイール操作をアシストする。そのアシストは運転者がステアリングホイールを操舵し、

操舵トルクを発生させた場合、その操舵トルクを補助する補助トルクを発生させることにより行われる。この補助トルクは、図1で説明したように、永久磁石型回転電機である回転電機2を動力源として発生させる。運転者がステアリングホイールを操舵すると、シャフト8に取り付けられたトルクセンサ11によりトルクが検知される。検知されたトルクは主系統電力供給源20および副系統電力供給源21に伝達される。また、車速などの車両の情報も電気信号に変換され主系統電力供給源20および副系統電力供給源21に伝達される。主系統電力供給源20および副系統電力供給源21は検知されたトルクと車速などの車両の情報から、必要なアシストトルクを演算し、回転電機の制御装置13（インバータなど）を通じて回転電機2に電流を供給する。制御装置13には電源22から電源コネクタを介して電力が供給される。また、図1で説明したように、回転電機2のシャフト3に冗長レゾルバ1が取り付けられている。冗長レゾルバ1は、回転電機2の回転子の回転角を検出し、それに対応する回転角度信号を出力する。なお、制御装置13は、制御回路5同様、図2で示したハードウェア構成で構成されていてもよい。

[0046] 回転電機2は、ラック軸の移動方向（矢印Z）に平行な向きに配置されている。回転電機2で発生したトルクはギヤボックス12内のベルト及びボールネジに伝達され、ハウジング8内部にあるラック軸を矢印Zの方向に動かす推力を発生させる。この推力により、運転者の操舵力をアシストする。回転電機2による推力と運転者による操舵力により前右輪用タイロッド10a及び前左輪用タイロッド10bが動作し、両輪が転舵され車両を旋回させることができる。

[0047] このように、回転電機2のトルクによってアシストされるため、運転者は少ない操舵力で車両を旋回させることができる。本実施の形態に係る電動パワーステアリング装置においては、上記実施の形態1または2の冗長レゾルバ1を回転電機2の回転角度検出用に適用した。電動パワーステアリング装置においては、回転電機2が発生するコギングトルク及びトルクリップルは

ギヤを介して運転者に伝わるため、良好な操舵感覚を得るためにはコギングトルク及びトルクリップルが小さい方が望ましい。また、回転電機2が動作するときの振動及び騒音も小さい方が望ましい。

[0048] このため、回転電機2の回転角度を精度よく検知することで回転電機を円滑に制御することが可能となり、回転角度の検出精度が低い場合よりもトルクリップルの発生を抑制することが可能となる。また、振動及び騒音についても同様である。そのため、上記実施の形態1または2の冗長レゾルバ1を回転電機2に搭載した電動パワーステアリング装置は、運転者に良好な操舵感を提供することが可能となる。

[0049] さらに、実施の形態1または2の冗長レゾルバ1は、一系統が故障した場合であっても他系統で回転角度を高精度に検出することが可能であり、継続してアシスト力を出力することができる。なお、図1において、回転電機に冗長レゾルバ1を取り付けて示したが、冗長レゾルバ1の本体を回転電機内部に取り付け、制御回路5は回転電機2の外部に設けることができることは言うまでもない。

[0050] 本開示は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0051] 1：冗長レゾルバ、2：回転電機、3：シャフト、4：レゾルバ本体、5：制御回路、6：角度演算部通信器、7：励磁回路通信器、101、101a：主系統、102、102a：副系統、511、511a、512、512

a : 励磁回路、5 2 1、5 2 1 a、5 2 2、5 2 2 a : 角度演算部

請求の範囲

- [請求項1] N_x (N_x は自然数) 個の突極を有する回転子、前記回転子と対向し周方向に N_s (N_s は3以上の整数) 個配置されたティースを有する固定子、前記ティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線、を有するレゾルバ本体と、
- 前記励磁巻線に電圧を印加する励磁回路とを有し、
- N_s 個のティースのうち N_{sm} (N_{sm} は2以上の整数) 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を主系統とし、 $N_s - N_{sm}$ 個のティースに巻回された励磁巻線及び2相の出力巻線を副系統とした冗長レゾルバであって、
- 前記主系統における2相の出力巻線の電圧を入力し前記主系統における角度を演算する主系統角度演算部、
- 前記副系統における2相の出力巻線の電圧を入力し前記副系統における角度を演算する副系統角度演算部、
- を備え、
- 前記主系統に対応するティース数 N_{sm} が前記副系統に対応するティース数 $N_s - N_{sm}$ より多いことを特徴とする冗長レゾルバ。
- [請求項2] 前記主系統角度演算部と前記副系統角度演算部とが、角度演算部通信器と接続されていることを特徴とする、請求項1に記載の冗長レゾルバ。
- [請求項3] 前記励磁回路は、前記主系統に対応する前記励磁巻線に電圧を印加する主系統励磁回路および前記副系統に対応する前記励磁巻線に電圧を印加する副系統励磁回路から構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の冗長レゾルバ。
- [請求項4] 前記主系統励磁回路と前記副系統励磁回路とが、励磁回路通信器と接続されていることを特徴とする請求項3に記載の冗長レゾルバ。
- [請求項5] 前記主系統励磁回路が前記励磁巻線に供給する交流電圧の主系統励磁周波数と、前記副系統励磁回路が前記励磁巻線に供給する交流電圧

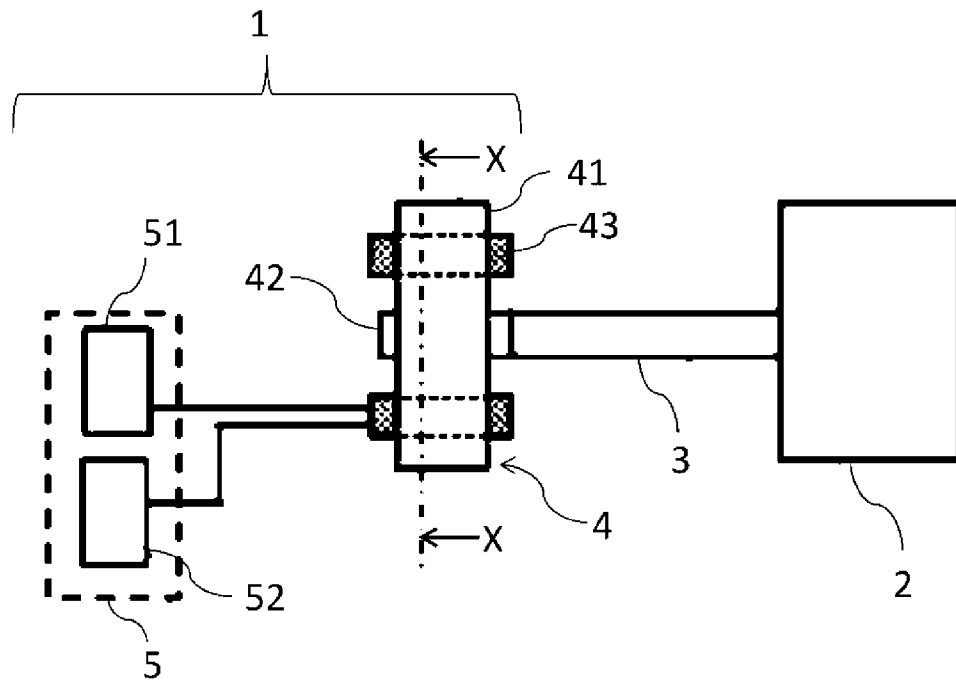
の副系統励磁周波数とが異なる周波数であることを特徴とする、請求項3に記載の冗長レゾルバ。

[請求項6] 前記主系統励磁周波数と前記副系統励磁周波数とを用いて、前記主系統角度演算部は、前記副系統の励磁信号成分を除去し、かつ、前記副系統角度演算部は、前記主系統の励磁信号成分を除去することを特徴とする請求項5に記載の冗長レゾルバ。

[請求項7] 請求項1から6のいずれか一項に記載の冗長レゾルバを搭載した電動パワーステアリング装置。

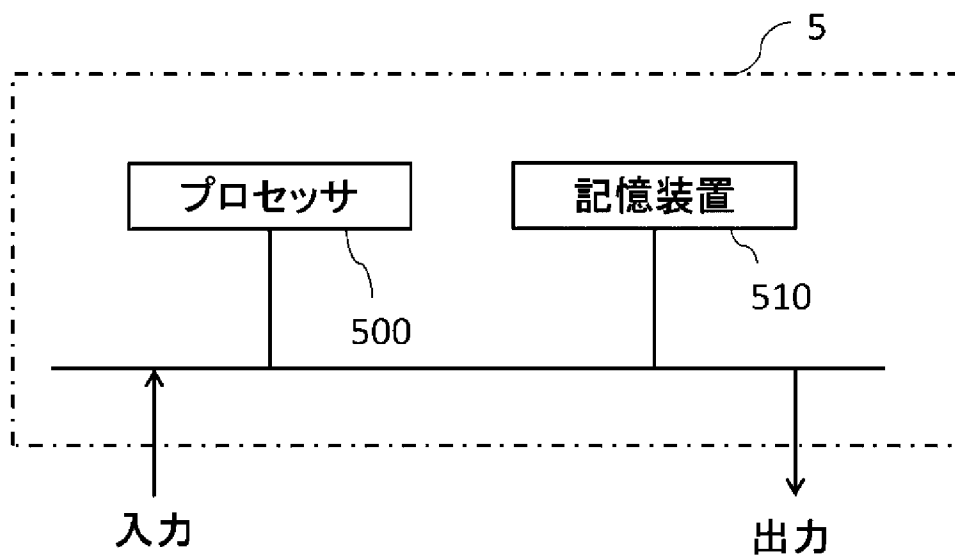
[図1]

図1



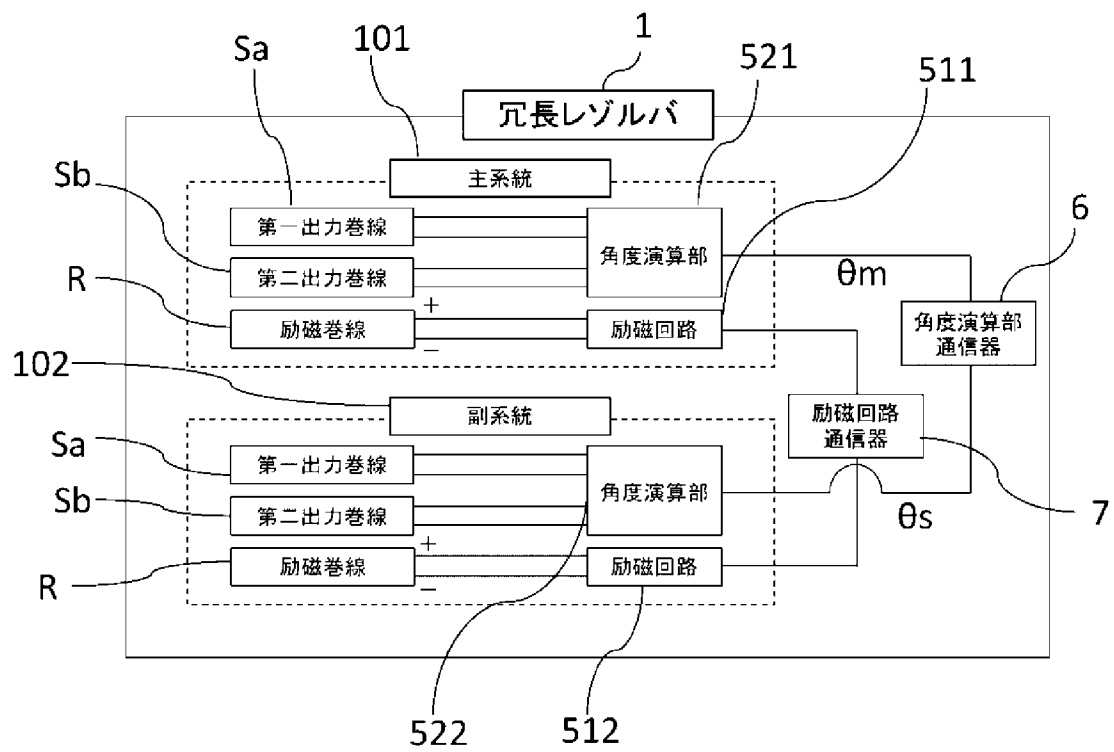
[図2]

図2



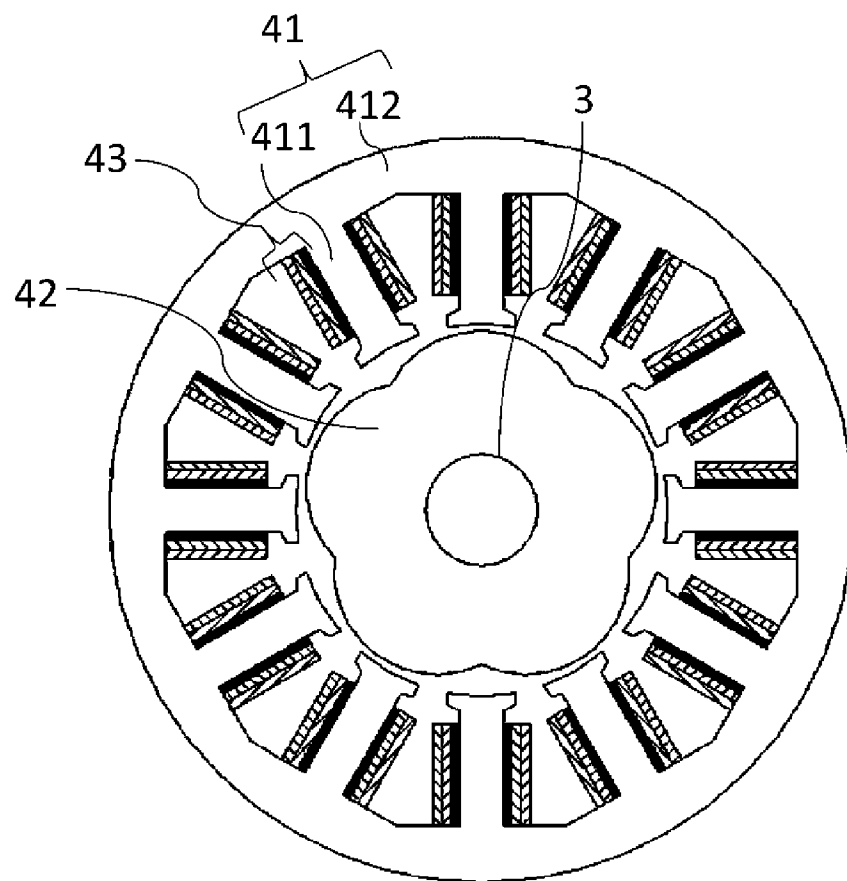
[図3]

図3



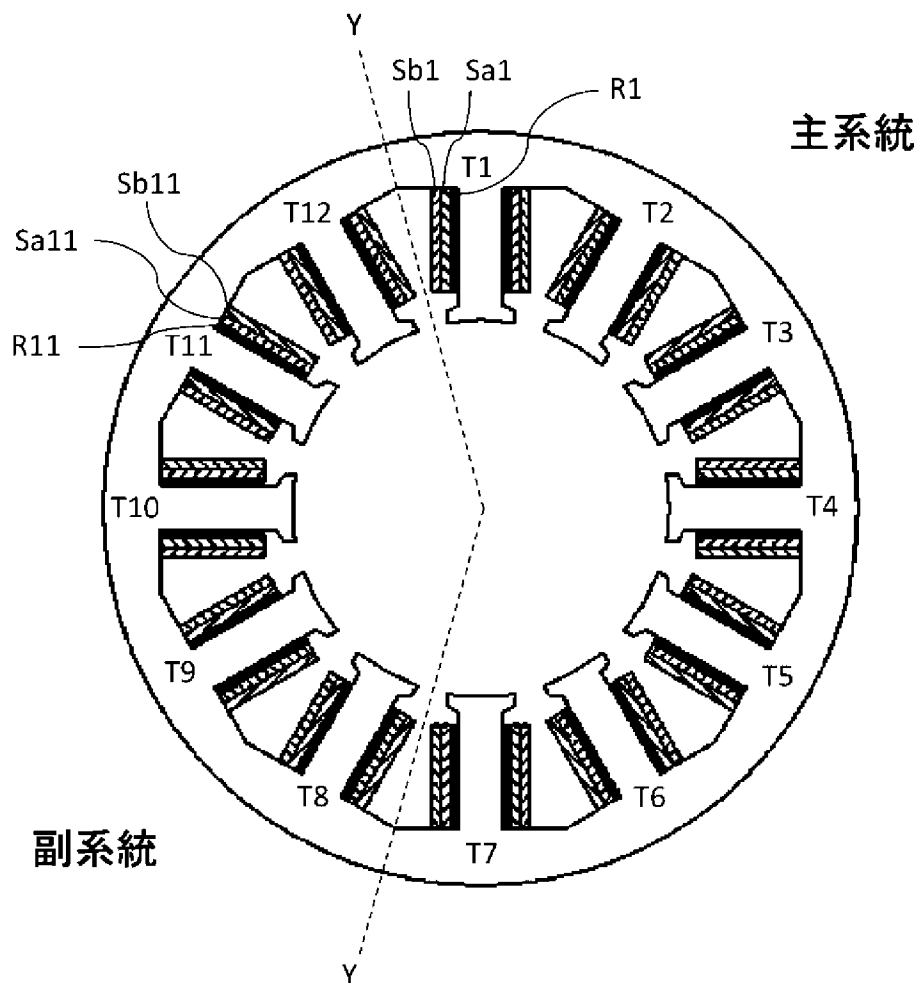
[図4]

図4



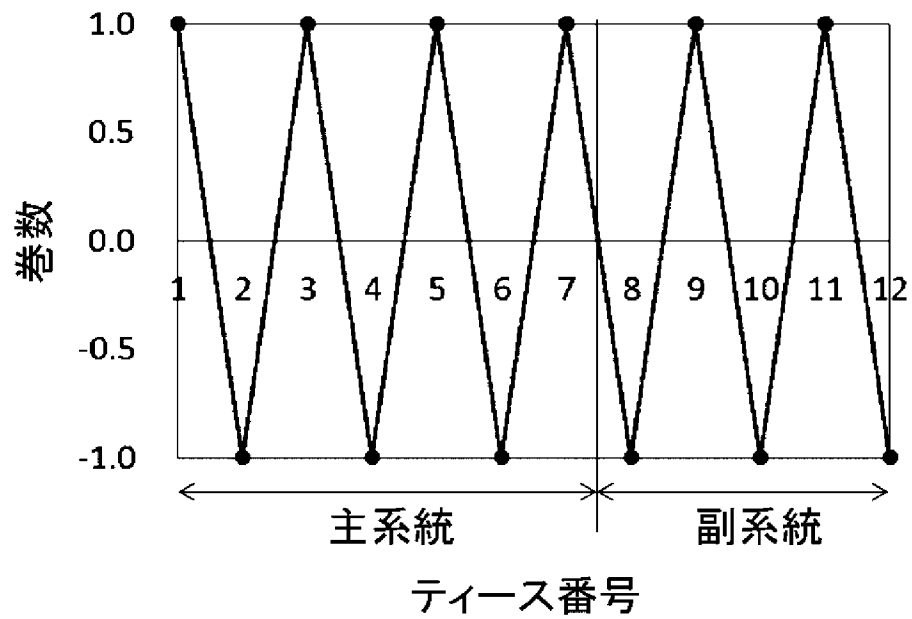
[図5]

図5



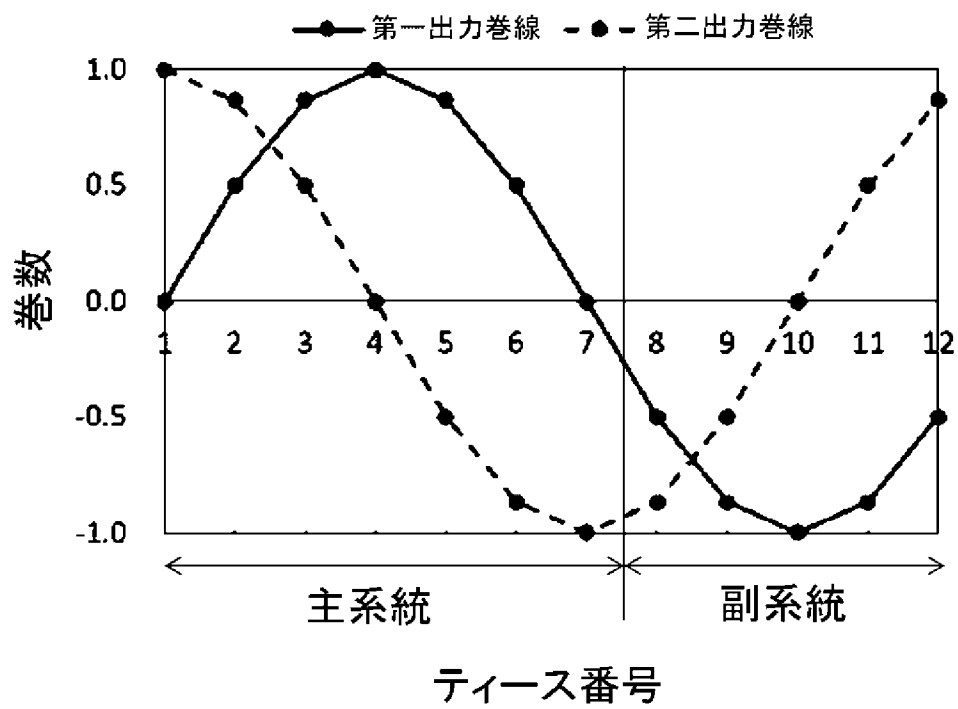
[図6]

図6



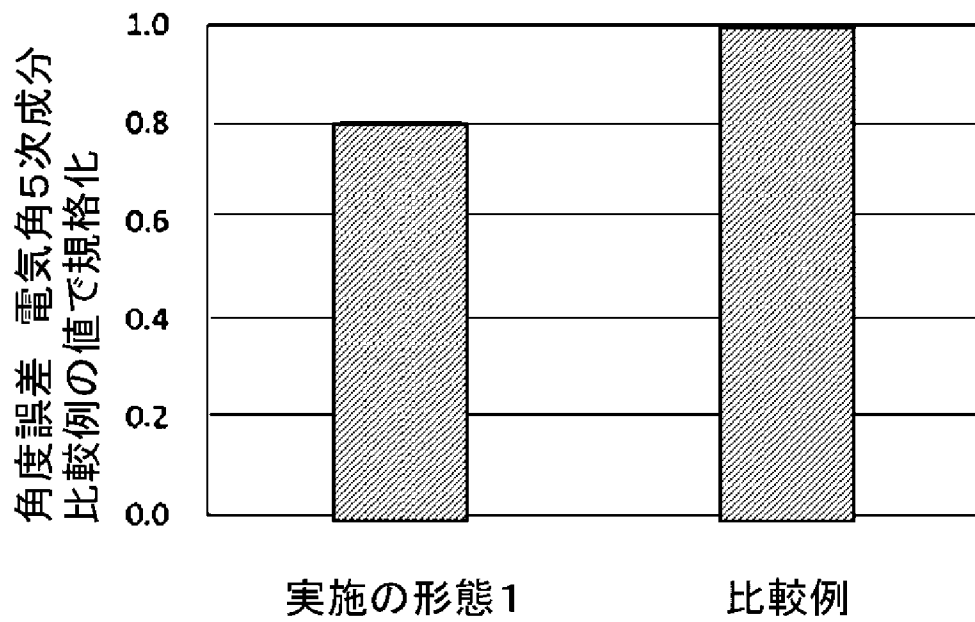
[図7]

図7



[図8]

図8



[図9]

図9

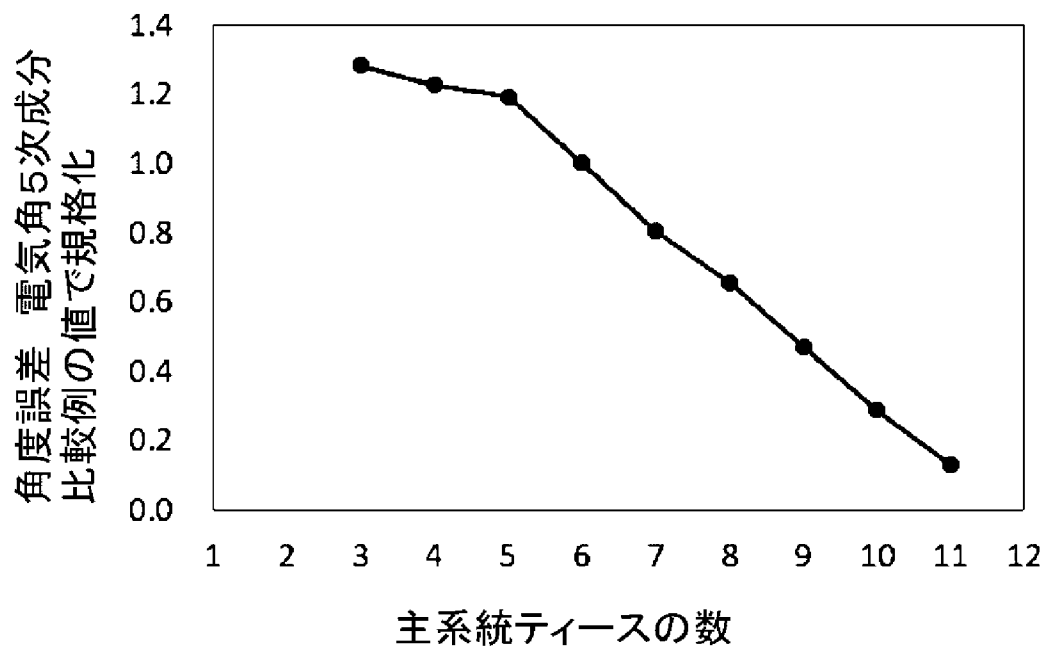
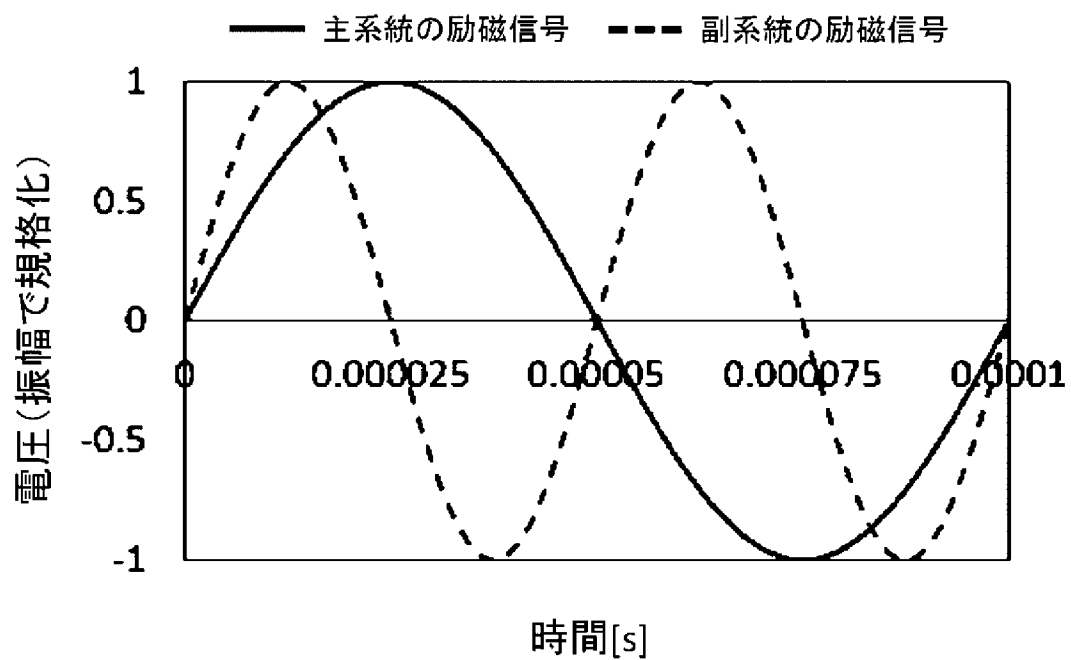
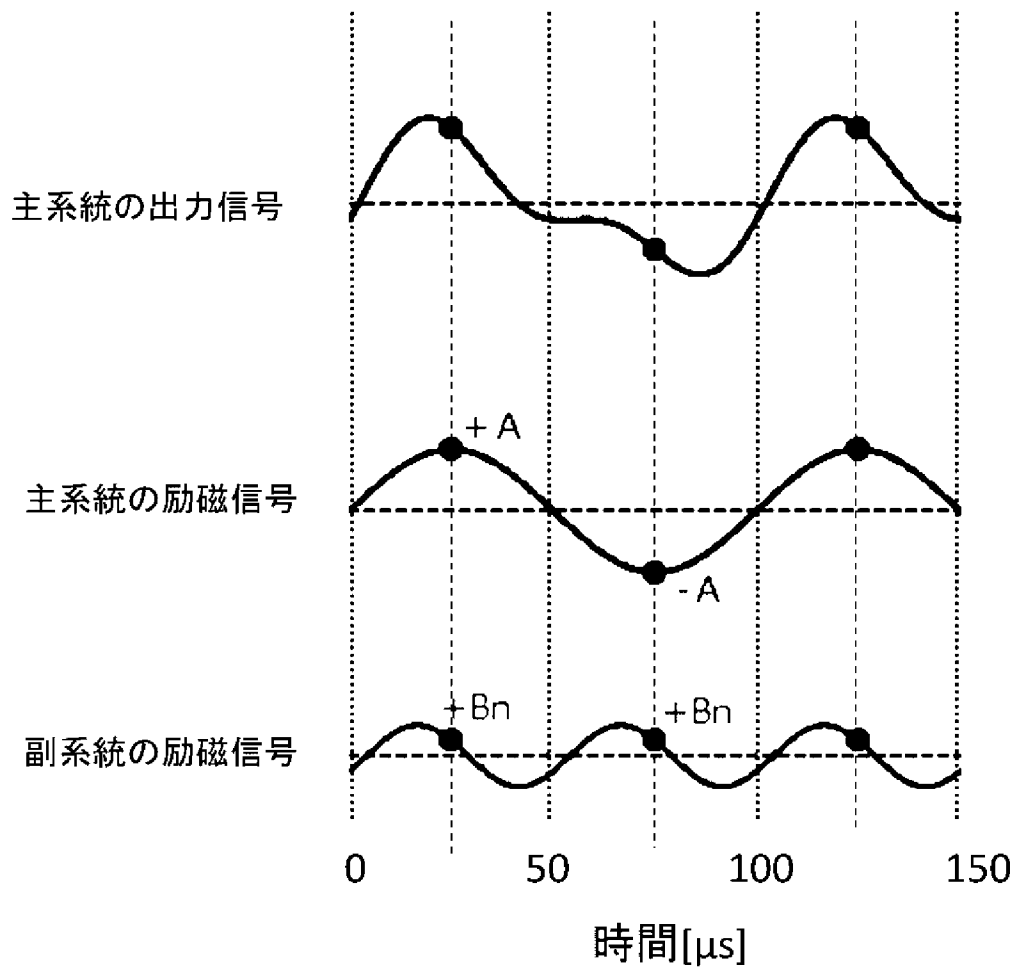


図10



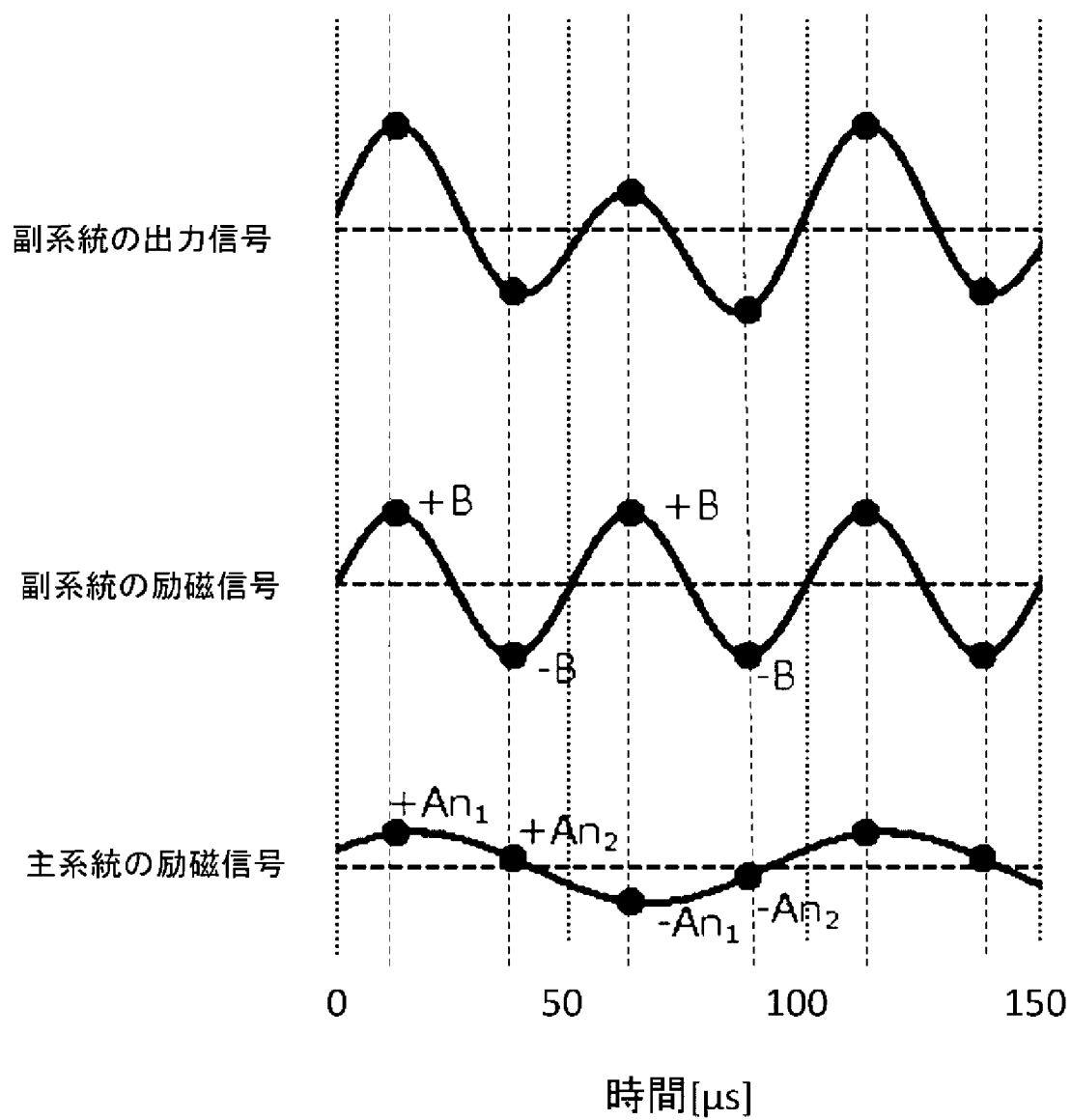
[図12]

図12



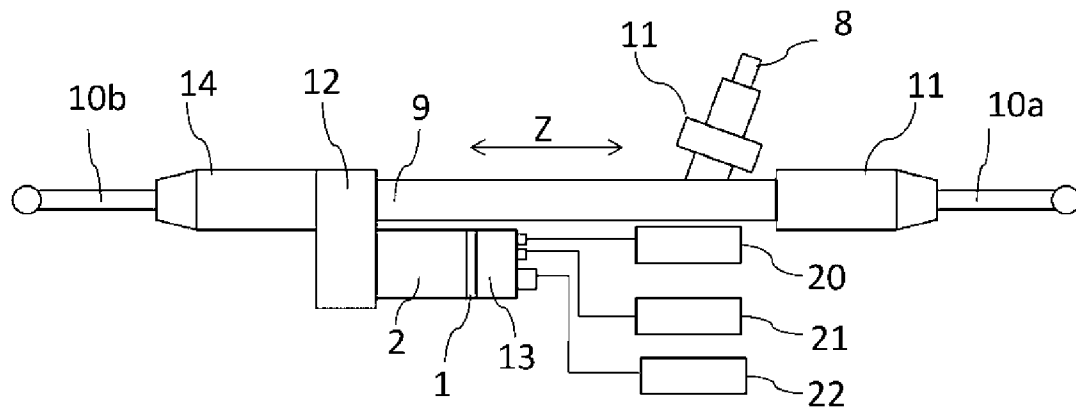
[図13]

図13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/015954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01D5/20 (2006.01) i

FI: G01D5/20 110H

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. G01D5/00-5/252, G01D5/39-5/62, G01B7/00-7/34, H02K3/00-3/52

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 2018-185221 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 22	1, 3
Y	November 2018, paragraphs [0010]-[0022], [0054]-[0062], fig. 1-4, 17-19	2, 4-7
Y	JP 2020-24104 A (DENSO CORP.) 13 February 2020, paragraphs [0009], [0036], fig. 1, 4	2, 4-7
Y	JP 2010-2205 A (NSK LTD.) 07 January 2010, paragraphs [0077], [0078], fig. 13	4, 7
Y	JP 2013-53890 A (JAPAN AVIATION ELECTRONICS INDUSTRY LTD.) 21 March 2013, paragraphs [0033]-[0040], fig. 2, 3	5-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"T" 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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02.06.2020

Date of mailing of the international search report
16.06.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/015954

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-247828 A (TAMAGAWA SEIKI CO., LTD.) 09 December 2013, entire text	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/015954

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-185221 A	22.11.2018	(Family: none)	
JP 2020-24104 A	13.02.2020	(Family: none)	
JP 2010-2205 A	07.01.2010	(Family: none)	
JP 2013-53890 A	21.03.2013	US 2013/0060518 A1 EP 2565587 A1 paragraphs [0032]- [0043], fig. 4, 5 CN 102980594 A	
JP 2013-247828 A	09.12.2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01D 5/20(2006.01)i FI: G01D5/20 110H														
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）） G01D5/00-5/252, G01D5/39-5/62, G01B7/00-7/34, H02K3/00-3/52 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
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												
X	JP 2018-185221 A（三菱電機株式会社）22.11.2018（2018-11-22） [0010]-[0022], [0054]-[0062], 図1-4, 17-19	1, 3												
Y		2, 4-7												
Y	JP 2020-24104 A（株式会社デンソー）13.02.2020（2020-02-13） [0009], [0036], 図1, 4	2, 4-7												
Y	JP 2010-2205 A（日本精工株式会社）07.01.2010（2010-01-07） [0077]-[0078], 図13	4, 7												
Y	JP 2013-53890 A（日本航空電子工業株式会社）21.03.2013（2013-03-21） [0033]-[0040], 図2-3	5-7												
A	JP 2013-247828 A（多摩川精機株式会社）09.12.2013（2013-12-09） 全文	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 02.06.2020	国際調査報告の発送日 16.06.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 佐々木 祐 2F 4633 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/015954

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-185221	A	22.11.2018	(ファミリーなし)	
JP	2020-24104	A	13.02.2020	(ファミリーなし)	
JP	2010-2205	A	07.01.2010	(ファミリーなし)	
JP	2013-53890	A	21.03.2013	US 2013/0060518 A1	
				EP 2565587 A1	
				[0032]-[0043], Figs. 4-5	
				CN 102980594 A	
JP	2013-247828	A	09.12.2013	(ファミリーなし)	