

(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/073199 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/18 (2006.01) H02K 3/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/077539
- (22) 国際出願日: 2016 年 9 月 16 日(16.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-211873 2015 年 10 月 28 日(28.10.2015) JP
- (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). 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). 中野 正嗣(NAKANO, Masatsugu); 〒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). 岡崎 広大(OKAZAKI, Kodai); 〒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). 川村

浩司(KAWAMURA, Koji); 〒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).

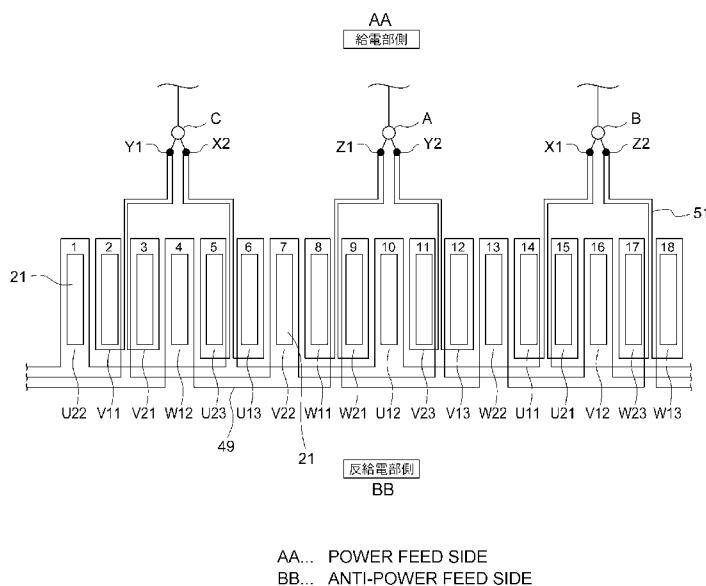
- (74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目 1 番 1 号 国際ビルディング 8 階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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),

[続葉有]

(54) Title: ROTATING ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 回転電機

【図7】



(57) Abstract: A rotating electric machine is provided with: a rotor having a plurality of magnetic poles; and a stator having a stator core and an armature winding, said stator core having teeth that are provided enclosing the rotor and extend from a core back toward an inner side direction of the rotor, said armature winding being wound around the stator core. The armature winding is constituted by a plurality of same phase winding portions in which, among coil portions formed by concentratedly winding conducting wires around the respective teeth, same phase coil portions are connected to each other via jumper wires in a series circuit configuration, and which have lead-out wires at both ends thereof. The lead-out wires of the respective same phase winding portions are led out toward one of the axial directions of the rotor from the same phase coil portions disposed adjacent to each other in the circumferential direction of the stator core, and all the jumper wires of the respective same phase winding portions are led out toward the other of the axial directions of the rotor.

(57) 要約:

[続葉有]



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))

回転電機は、複数の磁極を有する回転子と、この回転子を囲って設けられ、コアバックから前記回転子の内側方向に延びたティースを有する固定子鉄心、この固定子鉄心に巻装された電機子巻線を有する固定子と、を備えている。電機子巻線は、各ティースに導線が集中的に巻回されたコイル部のうち同相のコイル部同士が渡り線を介して直列回路で接続されているとともに両端部に引き出し線を有する複数の同相巻線部で構成されている。各前記同相巻線部のそれぞれの各引き出し線は、固定子鉄心の周方向で隣接して配置された同相の前記コイル部から前記回転子の軸線方向の一方に引き出され、各同相巻線部の全ての渡り線は、前記回転子の軸線方向の他方に引き出される。

明 細 書

発明の名称： 回転電機

技術分野

[0001] この発明は、各ティースに導線が集中的に巻回された複数の同相のコイル部が渡り線を介して直列回路で接続されているとともに両端部に引き出し線を有する複数の同相巻線部で構成された電機子巻線を備えた回転電機に関するものである。

背景技術

[0002] 固定子鉄心のティースに導線が巻回されたコイル部のうち、同相のコイル部が周方向に隣り合って配置されている箇所を少なくとも2組以上有し、かつこれら周方向に隣り合う2つの同相のコイル部が同一の直列回路に接続し、接続数を減少させ、また渡り線を短くするために連続的に他の相のティースに導線を巻回し、引き出し線の隣り合う異相を接続することで Δ 結線を構成した電機子巻線を有する回転電機が知られている（例えば、特許文献1参照）。

また、部品点数の増加を抑えるために周方向に隣り合う2つの同相のコイル部が互いに異なる直列回路に接続されており、これらの周方向に隣り合う2つの同相のコイル部の引き出し線を接続することで並列回路を構成した電機子巻線を備えたモータが知られている（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-191757号公報

特許文献2：特開2010-193675号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載の回転電機では、同一の回路上の同相のコイル部を給電部側で接続しているため、回転電機の固定子軸線方向長さが

長くなり、さらに巻線作業が困難で、製造性が悪化してしまうといった問題点があった。

また、隣り合う2つの同相のコイル部が同一の直列回路に接続されているため、並列回路を構成する際には、互いに異なる直列回路に接続された同相のコイル部を並列に接続するための渡り線が必要となり、より回転電機の固定子軸線方向長さが長くなり、製造性が悪化するという問題点があった。

[0005] また、特許文献2に記載のモータでは、同一の直列回路上の同相のコイル部を反給電部側と給電部側の両方で接続し、固定子軸線方向長さを短縮しているが、一つのスロット内には、ティースに巻回されたコイル部だけでなく、異なる相の渡り線が配置されているので、巻線の作業性が悪いという問題点があった。

[0006] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、固定子軸線方向長さを短縮して小型化し、さらに巻線の作業性が向上した回転電機を得ることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] この発明に係る回転電機は、複数の磁極を有する回転子と、この回転子を囲って設けられ、固定子鉄心およびこの固定子鉄心に巻装された電機子巻線を有する固定子と、を備え、前記固定子鉄心は、円環状のコアバックと、前記コアバックから前記回転子の内径側方向に延びた複数のティースとを有し、前記電機子巻線は、複数の同相巻線部で構成され、各前記同相巻線部は、同相の複数のコイル部を有し、前記複数のコイル部は、前記複数のティースのそれぞれに導線が集中的に巻回されて構成され、各前記同相巻線部では、同相の複数のコイル部同士が渡り線を介して直列に接続され、各前記同相巻線部からは、複数の引き出し線がそれぞれ引き出されており、互いに異なる2つの前記同相巻線部のうち、一方の前記同相巻線部では、前記引き出し線が引き出された前記コイル部が第1のコイル部とされ、他方の前記同相巻線部では、前記引き出し線が引き出された前記コイル部が第2のコイル部とされており、前記第1のコイル部の相は、前記第2のコイル部の相と同相であ

り、前記第１のコイル部は、前記第２のコイル部に前記固定子鉄心の周方向で隣接して配置され、各前記同相巻線部のそれぞれの各前記引き出し線は、前記回転子の軸線方向の一方に引き出され、各前記同相巻線部の全ての渡り線は、前記回転子の軸線方向の他方に引き出される。

発明の効果

[0008] この発明に係る回転電機によれば、各同相巻線部のそれぞれの各引き出し線は、固定子鉄心の周方向で隣接して配置された同相のコイル部から回転子の軸線方向の一方に引き出され、渡り線は、前記回転子の軸線方向の他方に引き出されているので、渡り線が交差したり、周方向に渡り線が引き回される箇所を削減できるため、巻線の接続を容易にし、製造性を向上し、さらに固定子軸線方向長さ L を短縮できるため、回転電機を小型化できる。

また、隣接したティース間のスロット内に異相の渡り線が混在しないため、占積率が向上する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]この発明の実施の形態１の電動機が搭載される自動車の電動パワーステアリング装置の構成を示す構成図である。

[図2]図１の電動駆動装置を示す断面図である。

[図3]図２の電動機を示す正断面図である。

[図4]図３の固定子を示す正断面図である。

[図5]図４の電機子巻線を示す回路図である。

[図6]図２の電動機及びECUを示す回路図である。

[図7]図１の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図8]図３のV I I I - V I I I 線に沿った矢視断面図である。

[図9]従来の電動機を示す要部断面図である。

[図10]この発明の実施の形態２の電動機を示す正断面図である。

[図11]図１０の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図12]この発明の実施の形態３の電動機を示す正断面図である。

[図13]図１２の電機子巻線を示す回路図である。

[図14]図 1 2 の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図15]この発明の実施の形態 4 の電動機の第 2 の U 相巻線部を構成するコイル部が発生する起磁力の強さを示す説明図である。

[図16]全ての導線のターン数が同じとした場合の電動機の第 2 の U 相巻線部を構成するコイル部が発生する起磁力の強さを示す説明図である。

[図17]この発明の実施の形態 5 の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図18]図 1 4 の電機子巻線を示す回路図である。

[図19]この発明の形態 5 の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図20]この発明の実施の形態 5 の電動機を示す正断面図である。

[図21]この発明の実施の形態 6 の電動機と ECU の回路説明図である。

[図22]この発明の実施の形態 7 の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図23]この発明の実施の形態 7 の電動機を示す正断面図である。

[図24]この発明の実施の形態 8 の電動機の電機子巻線を示す回路図である。

[図25]この発明の実施の形態 8 の電動機の電機子巻線の結線説明図である。

[図26]この発明の実施の形態 9 の永久磁石型集中巻電動機を示す正断面図である。

[図27]この発明の実施の形態 10 の永久磁石型集中巻電動機を示す正断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、この発明の各実施の形態の電動機について図に基づいて説明するが、各実施の形態において、同一、または相当部材、部位については、同一符号を付して説明する。

[0011] 実施の形態 1 .

図 1 は、この発明の実施の形態 1 の電動機 1 が搭載された自動車の電動パワーステアリング装置を示す構成図、図 2 は、図 1 の電動駆動装置 100 を示す断面図、図 3 は、図 2 の電動機 1 を示す正断面図、図 4 は、図 3 の固定子 5 を示す正断面図である。

この電動パワーステアリング装置は、回転電機である電動機 1 と、ECU

2 (Electric Control Unit) 2 とからなる電動駆動装置 100 を備えている。

この電動パワーステアリング装置では、運転者はステアリングホイール（図示しない）を操舵し、そのトルクがステアリングシャフト（図示せず）を介してシャフト 101 に伝達される。このときトルクセンサ 102 が検出したトルクは電気信号に変換されケーブル（図示しない）を通じて第 1 のコネクタ 103 を介して ECU 2 に伝達される。

[0012] 一方、車速などの自動車の情報は、電気信号に変換され第 2 のコネクタ 105 を介して ECU 2 に伝達される。

ECU 2 は、このトルクと車速などの自動車の情報から、必要なアシストトルクを演算し、インバータを通じてハウジング 108 内のラック軸（図示せず）と平行に配置された電動機 1 に電流を供給する。

また、ECU 2 への電源供給は、バッテリーやオルタネータから電源コネクタ 106 を介して送られる。

電動機 1 で発生したトルクは、ベルト（図示せず）とボールネジ（図示せず）が内蔵されたギヤボックス 107 によって減速されラック軸を矢印 d の方向に動かす推力を発生させ、運転者の操舵力をアシストする。

これにより、タイロッド 109 が動き、タイヤが転舵して車両を旋回させることができる。

この結果、運転者は、電動機 1 のトルクによってアシストされ、少ない操舵力で車両を旋回させることができる。

なお、ラックブーツ 110 は異物が装置内に侵入しないように設けられている。

[0013] 電動駆動装置 100 の電動機 1 は、固定子 5 と、この固定子 5 が内壁面に固定された円筒形状のフレーム 6 と、フレーム 6 の片側開口部を複数本のボルト 8 で固定して覆ったハウジング 7 と、回転子 13 と、を備えている。

[0014] 固定子 5 は、電磁鋼板等の磁性体のコアシートを積層して構成された固定子鉄心 3 と、この固定子鉄心 3 に収められた電機子巻線 4 と、を有している。

[0015] 回転子 13 は、ハウジング 7 に嵌着された第 1 の軸受 9 と壁部 12 に嵌着された第 2 の軸受 10 とにより両端部が支持されたシャフト 11 と、このシャフト 11 が貫通した回転子鉄心 14 と、この回転子鉄心 14 の周方向に沿って等間隔で 14 個貼り付けられた永久磁石 15 と、を有している。

なお、図 2、図 3 では省略されているが、永久磁石 15 の外側に永久磁石 15 の保護と飛散防止用にステンレスやアルミニウムなどの非磁性材料を円筒状にしたカバーで覆う場合がある。

[0016] 電動駆動装置 100 の ECU 2 は、電機子巻線 4 と接続した給電部 16 を有しており、給電部 16 を通じて U 相、V 相、W 相の三相交流電流を電機子巻線 4 に供給することで、回転子 13 は回転する。

以後、電動機 1 において、給電部 16 と接続する側、即ち ECU 2 側を電機子巻線 4 の給電部側、給電部 16 と反対側、即ちプーリ 17 側を電機子巻線 4 の反給電部側と呼ぶ。

[0017] なお、上記電動駆動装置 100 では、電動機 1 と ECU 2 とがシャフト 11 の軸線方向に一体になって配置されているが、この限りではなく、ECU 2 が電動機 1 の径方向に配置されていてもよく、また電動機 1 と ECU 2 とが別体となってもよい。

[0018] ここで、電動機 1 の一方のコイルエンド 50 もしくは渡り線の端面から他方のコイルエンド 50 もしくは渡り線の端面までの長さを、固定子軸線方向長さ L と呼ぶこととする。

この固定子軸線方向長さ L が短縮することで、電動機 1 の長さが短縮することになり、さらには電動駆動装置 100 の軸線方向長さが短縮することとなる。

[0019] 固定子 5 の固定子鉄心 3 は、円環状のコアバック 20 と、コアバック 20 から内径方向に延びた計 18 か所のティース 21 と、を有し、隣接したティース 21 間にはスロット 22 が形成されている。

固定子 5 の電機子巻線 4 は、各ティース 21 に導線が集中的に巻回されて構成されている。

なお、図3及び図4では簡単のため、電機子巻線4と固定子鉄心3との間に設けられるインシュレータは省略されている。また、便宜的に図4では、ティース21には1～18まで番号を割り振っている。

電機子巻線4のティース21の各々に集中的に導線が巻回されたものを、以後「コイル部」と呼称する。

また、図4において、各ティース21に設けられたコイル部が、U、V、Wの3相の何れのコイル部か分かるように、便宜的に番号を付けて表している。

U相は、U11、U12、U13、U21、U22、U23の6個のコイル部、V相は、V11、V12、V13、V21、V22、V23の6個のコイル部、W相は、W11、W12、W13、W21、W22、W23の6個のコイル部からそれぞれ構成され、図4に示すように、各コイル部は、ティース21の番号1～18のそれぞれに対応して、時計方向に、U22、V11、V21、W12、U21、U11、V22、W13、W23、U12、V23、V13、W22、U13、U23、V12、W21、W11の順に並んで配置されている。

[0020] 図5は、電動機1の電機子巻線4を示す巻線回路図である。

電機子巻線4は、第1の電機子巻線部23と、第2の電機子巻線部24とから構成されている。

第1の電機子巻線部23は、第1のU相巻線部U1と、第1のV相巻線部V1と、第1のW相巻線部W1とから構成されている。第1のU相巻線部U1は、同相のコイル部であるU11、U12及びU13が直列に接続された同相巻線部である。第1のV相巻線部V1は、同相のコイル部であるV11、V12及びV13が直列に接続された同相巻線部である。第1のW相巻線部W1は、同相のコイル部であるW11、W12及びW13が直列に接続された同相巻線部である。

第2の電機子巻線部24は、第2のU相巻線部U2と、第2のV相巻線部V2と、第2のW相巻線部W2とから構成されている。第2のU相巻線部U

2は、同相のコイル部であるU 2 1、U 2 2及びU 2 3が直列に接続された同相巻線部である。第2のV相巻線部V 2は、同相のコイル部であるV 2 1、V 2 2及びV 2 3が直列に接続された同相巻線部である。第2のW相巻線部W 2は、同相のコイル部であるW 2 1、W 2 2及びW 2 3が直列に接続された同相巻線部である。

隣接した、各コイル部U 1 1、U 1 2、U 1 3、U 2 1、U 2 2、U 2 3、V 1 1、V 1 2、V 1 3、V 2 1、V 2 2、V 2 3、W 1 1、W 1 2、W 1 3、W 2 1、W 2 2、W 2 3同士は、渡り線4 9を介して接続されており、各同相巻線部U 1、U 2、V 1、V 2、W 1、W 2の両端部からはそれぞれ引き出し線5 1が導出している。

第1のU相巻線部U 1と第2のU相巻線部U 2とは、引き出し線5 1を介して並列回路で接続され、第1のV相巻線部V 1と第2のV相巻線部V 2とは、引き出し線5 1を介して並列回路で接続され、また第1のW相巻線部W 1と第2のW相巻線部W 2とは、引き出し線5 1を介して並列回路で接続されている。

そして、電機子巻線4は、それぞれが△結線接続部A、B、Cで接続されて△結線を構成している。

[0021] 図6は、電動機1及びECU2の回路図である。

なお、電動機1については、電機子巻線4のみを示している。

また、ECU2については、インバータ28のパワー回路部のみを示す。

ECU2は1台のインバータ28から構成されていて、このインバータ28から第1の電機子巻線部23及び第2の電機子巻線部24にそれぞれ3相の電流を供給する。

ECU2にはバッテリーなどの電源29から直流電源が供給されており、ノイズ除去用のコイル30を介して、電源リレー31に接続されている。

なお、図6では電源29がECU2の内部にあるかのように描かれているが、実際はバッテリー等の外部の電源からコネクタを介して、電力が供給される。

電源リレー 31 は、1 個設けられていて、2 個の MOS-FET で構成され故障時などは電源リレー 31 を開放して、過大な電流が流れないように動作する。

また、図 6 では、電源 29、コイル 30、電源リレー 31 の順に接続されているが、電源リレー 31 は、コイル 30 よりも電源 29 に近い位置に設けられてもよいことは言うまでもない。

なお、コンデンサ 33 は平滑コンデンサである。

また、図 6 では 1 個のコンデンサ 33 で構成されているが、複数のコンデンサを並列に接続して構成してもよいことは言うまでもない。

[0022] インバータ 28 は、6 個の MOS-FET を用いたブリッジで構成され、第 1 の MOS-FET 34、第 2 の MOS-FET 35 が直列接続され、第 3 の MOS-FET 36、第 4 の MOS-FET 37 が直列接続され、第 5 の MOS-FET 38、第 6 の MOS-FET 39 が直列接続されて、さらにこの 3 組の MOS-FET が並列に接続されている。さらに、下側の 3 つの第 2 の MOS-FET 35、第 4 の MOS-FET 37、第 6 の MOS-FET 39 GND (グラウンド) 側にはそれぞれ、電流値の検出に用いられる、第 1 のシャント 40、第 2 のシャント 41 及び第 3 のシャント 42 がそれぞれ接続されている。なお、シャント 40、41、42 は 3 個の例を示したが、2 個のシャントであってもよいし、1 個のシャントであっても電流検出は可能であるため、そのような構成であってもよいことは言うまでもない。

[0023] 電動機 1 側への電流の供給は、図 6 に示すように第 1 の MOS-FET 34、第 2 の MOS-FET 35 の間から給電部 16 を通じて電動機 1 の第 1 の U 相巻線部 U1 と第 2 の U 相巻線部 U2 へ、第 3 の MOS-FET 36、第 4 の MOS-FET 37 の間から給電部 16 を通じて電動機 1 の第 1 の V 相巻線部 V1 と第 2 の V 相巻線部 V2 へ、第 5 の MOS-FET 38、第 6 の MOS-FET 39 の間から給電部 16 を通じて電動機 1 の第 1 の W 相巻線部 W1 と第 2 の W 相巻線部 W2 へそれぞれ供給される。

電動機 1 と ECU 2 の電氣的接続は 3 相分で計 3 箇所であるが、電動機 1

内部で第1の電機子巻線部23と第2の電機子巻線部24に別れる。

また、電動機1の相電流が大きい場合、並列回路の数が少ないとコイルの線径が大きくなりすぎて、ティース21に集中巻で巻線する際に工作性が非常に低くなる。

しかしながら、この実施の形態1の電機子巻線4は、第1の電機子巻線部23と第2の電機子巻線部24の並列回路で構成されているため、1つの電機子巻線の場合に比べてコイルの線径を小さくすることができる。

例えば、固定子鉄心3の直径が80mm～90mm程度の電動機1において、直径1mm前後の導線を用いることができるため、巻線作業性が高く、大量生産に適しているという効果がある。

[0024] 図7は、電機子巻線4の結線説明図で、18個のコイル部U11、U12、U13、U21、U22、U23、V11、V12、V13、V21、V22、V23、W11、W12、W13、W21、W22、W23がどのように電氣的に接続されているかを示す図である。

18個並んだ四角形は1番から18番までのティース21を表している。

コイル部U11とU12とU13が連続的に直列接続されて第1のU相巻線部U1を構成している。このとき、U12は、U11及びU13とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、コイル部U21とU22とU23が連続的に直列接続されて第2のU相巻線部U2を構成している。このとき、U22は、U21及びU23とは導線の巻き方向が逆方向となっている。コイル部V11とV12とV13が連続的に直列接続されて第1のV相巻線部V1を構成している。このとき、V12は、V11及びV13とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、コイル部V21とV22とV23が連続的に直列接続されて第2のV相巻線部V2を構成している。このとき、V22は、V21及びV23とは導線の巻き方向が逆方向となっている。コイル部W11とW12とW13が連続的に直列接続されて第1のW相巻線部W1を構成している。このとき、W12は、W11及びW13とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、コイル部W21とW22とW23が

連続的に直列接続されて第2のW相巻線部W2を構成している。このとき、W22は、W21及びW23とは導線の巻き方向が逆方向となっている。

[0025] このような構成にすると、直列回路上の3つの同相のコイル部は、一方方向に3つのティース21を飛び越えて4番目のティース21に導線を巻回してそれぞれ構成され、隣接した同相のコイル部間の渡り線49を短くすることができ、電気抵抗を低減できるといった効果が得られる。

[0026] この実施の形態1の電動機1では、固定子鉄心3の周方向に隣り合って一对の同相巻線部の各同相のコイル部が配置されており、それぞれの同相巻線部のコイル部は、固定子鉄心3の時計方向、及び反時計方向に、それぞれ3か所のティース21を飛び越えて4番目のティース21に配置されている。

図4において、14番目の第1のU相巻線部U1のコイル部U11は、10番目のU12、6番目のU13とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。また、U11に隣接した15番目の第2のU相巻線部U2のコイル部U21は、1番目のU22、5番目のU23とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。

2番目の第1のV相巻線部V1のコイル部V11は、16番目のV12、12番目のV13とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。また、V11に隣接した3番目の第2のV相巻線部V2のコイル部V21は、7番目のV22、11番目のV23とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。

8番目の第1のW相巻線部W1のW相コイル部W11は、4番目のW12、18番目のW13とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。また、W11に隣接した9番目の第2のW相巻線部W2のコイル部W21は、13番目のW22、17番目のW23とそれぞれ渡り線49を介して連続的に接続されている。

[0027] また、第1のU相巻線部U1では、U11、U13から導出した引き出し線51が軸線方向一方へ引き出され、U11とU12とU13が渡り線49を介して軸線方向他方で連続的に接続される。同様に、第2のU相巻線部U2

では、U 2 1、U 2 3から導出した引き出し線5 1が軸線方向一方へ引き出され、U 2 1とU 2 2とU 2 3が渡り線4 9を介して軸線方向他方で連続的に接続される。

第1のV相巻線部V 1では、V 1 1、V 1 3から導出した引き出し線5 1が軸線方向一方へ引き出され、V 1 1とV 1 2とV 1 3が渡り線4 9を介して軸線方向他方で連続的に接続される。同様に、第2のV相巻線部V 2では、V 2 1、V 2 3から導出した引き出し線5 1が軸線方向一方へ引き出され、V 2 1とV 2 2とV 2 3が渡り線4 9を介して軸線方向他方で連続的に接続される。

第1のW相巻線部W 1では、W 1 1、W 1 3から導出した引き出し線5 1が軸線方向一方へ引き出され、W 1 1とW 1 2とW 1 3が渡り線4 9を介して軸線方向他方で連続的に接続される。同様に、第2のW相巻線部W 2では、W 2 1、W 2 3から導出した引き出し線5 1が軸線方向一方へ引き出され、W 2 1とW 2 2とW 2 3が渡り線4 9を介して軸線方向他方で連続的に接続される。

[0028] このように、この実施の形態1における電動機1では、引き出し線5 1は、各直列回路で構成された、第1及び第2の各相巻線部U 1、U 2、V 1、V 2、W 1、W 2の導線の巻き始めと巻き終わりから、軸線方向一方に、電動機1全体として1 2本出る。

そして、固定子鉄心3に巻装されたコイル部のうち、U 1 1とU 2 1、U 1 3とU 2 3、V 1 1とV 2 1、V 1 3とV 2 3、W 1 1とW 2 1、W 1 3とW 2 3といった、周方向に同相のコイル部が2つ隣り合う箇所から引き出し線5 1が出る構造となる。即ち、互いに異なる2つの同相巻線部U 1とU 2、V 1とV 2、W 1とW 2のうち、一方の同相巻線部U 1、V 1、W 1では、引き出し線5 1が引き出されたコイル部U 1 1、U 1 3、V 1 1、V 1 3、W 1 1、W 1 3が第1のコイル部とされ、他方の同相巻線部U 2、V 2、W 2では、引き出し線5 1が引き出されたコイル部U 2 1、U 2 3、V 2 1、V 2 3、W 2 1、W 2 3が第2のコイル部とされており、第1のコイル

部は、第2のコイル部に固定子鉄心3の周方向で隣接して配置されている。

また、第1のコイル部の相は、第1のコイル部に隣接して配置されている第2のコイル部の相と同相になっている。一方、同相巻線部を接続する渡り線49は軸線方向他方に引き出される。

[0029] 図7において、X1は、周方向に隣り合うU11とU21を接続した並列回路接続部である。同様に、X2は、周方向に隣り合うU13とU23を接続した並列回路接続部である。

また、Y1は、周方向に隣り合うV11とV21を接続した並列回路接続部である。同様に、Y2は、周方向に隣り合うV13とV23を接続した並列回路接続部である。

また、Z1は、周方向に隣り合うW11とW21を接続した並列回路接続部Z1である。同様に、Z2は、周方向に隣り合うW13とW23を接続した並列回路接続部Z2である。

[0030] この実施の形態1における電動機1では、6つの並列回路接続部X1、X2、Y1、Y、Z1、Z2を有する3相2並列電動機1である。

これら6つの並列回路接続部X1、X2、Y1、Y、Z1、Z2のうち、周方向に隣り合う異相の並列回路接続部X1、X2、Y1、Y、Z1、Z2を接続することにより、電機子巻線4は、△結線を構成する。

即ち、Aは、周方向に隣り合う並列回路接続部Y2と並列回路接続部Z1を接続した△結線接続部であり、Bは、周方向に隣り合う並列回路接続部X1と並列回路接続部Z2を接続した△結線接続部であり、Cは、周方向に隣り合う並列回路接続部X2と並列回路接続部Y1を接続した△結線接続部である。

[0031] この形態1における電動機1では、これらの各△結線接続部A、B、Cに外部の給電部16から給電し、駆動する。

なお、ここでは、給電部16と並列回路接続部X1、X2、Y1、Y、Z1、Z2及び△結線接続部A、B、Cは別部材としたが、給電部16が、並列回路接続部または△結線接続部、あるいはその両方を兼ねていてもよい。

[0032] 図8は、図3のV | | | - V | | | 線に沿った矢視断面図、図9は、従来の電動機1の図8の断面に対応した部位の断面図である。

従来の電動機1では、同一の直列回路上のコイル部（例えば、第1のU相巻線部U1のU12とU13）が、給電部側で渡り線49を介して接続されているため、給電部側で渡り線49が交差する箇所ができてしまう。このため、給電部側の渡り線49の数や、渡り線49が交差する箇所が多くなってしまう。

また、図4で示したように、一般に、固定子鉄心3のスロット22は内周側を短辺、外周側を長辺とした台形状となっている。このため、ティース21には、内周側よりも外周側により多くの巻線が巻回されることとなり、コイルエンド50には、図9で示したような空きスペースS1が形成される。

同図で示した従来の電動機1では、この空きスペースS1はデッドスペースとなっており、結果として電動機1の固定子軸線方向長さL1が長くなってしまう。

[0033] これに対して、この実施の形態1における電動機1では、直列回路上に接続された同相のコイル部を接続する渡り線49がプーリ17側で接続されているため、反給電部側の空きスペースS1を有効に活用することができ、結果として電動機1の固定子軸線方向長さL2は、上記L1と比較して短くなる。

また、例えば、U11、U12及びU13で直列回路を構成する第1のU相巻線部U1と、U21、U22及びU23で直列回路を構成する第2のU相巻線部U2とは、プーリ17側で渡り線49が互いに交差する箇所は一つもないため、巻線作業が容易になり、工作性が向上する。

また、給電部側の空きスペースS2で、隣り合うU相コイル部U11とU21、U13とU23、V11とV21、V13とV23、W11とW21、W13とW23をそれぞれ引き出し線51を介して並列回路接続部X1、X2、Y1、Y2、Z1、Z2で接続し、さらにそれぞれを△結線接続部A

、B、Cで接続することで3相2並列の Δ 結線を構成することができるため、電動機1の固定子軸線方向長さ L_2 を短縮し、小型軽量の電動機1を得ることができる。

なお、ここでは、直列回路に接続される各同相のコイル部が連続的に巻回され、反給電部側の空きスペース S_1 には渡り線49を配置されたとしたが、空きスペース S_1 に収まる結線板等の部材を設け、渡り線を配置しても同様の効果が得られる。

また、ひとつのスロット22には単一の相のコイル部のみが配置され、異相のコイル部が混在しないため、占積率を向上し、かつ、トルクを向上することができるといった効果が得られる。

さらに、各直列回路を構成する同相のコイル部のうち、引き出し線51の無い同相のコイル部である U_{12} 、 U_{22} 、 V_{12} 、 V_{22} 、 W_{12} 、 W_{22} の導線のターン数を T (T は自然数)とすると、各直列回路を構成するコイル部のうち、引き出し線51を有する同相のコイル部である U_{11} 、 U_{13} 、 U_{21} 、 U_{23} 、 V_{11} 、 V_{13} 、 V_{21} 、 V_{23} 、 W_{11} 、 W_{13} 、 W_{21} 、 W_{23} の導線のターン数は $T \pm 0.5 \times (2n - 1)$ (n は自然数) ターンとなるため、全てのコイル部のターン数を整数とした場合と比べ、占積率を向上し、トルクを向上することができるといった効果が得られる。

[0034] 実施の形態2.

図10は、この発明の実施の形態2の電動機1を示す縦断面図である。

この電動機1は、回転子13の極数が28、固定子鉄心3のティース21の数が36である。

回転子13は、シャフト11とシャフト11の外側に回転子鉄心14が設けられ、さらに回転子鉄心14の外周面に永久磁石15が周方向に等間隔に28個貼り付けられている。

なお、図10では省略しているが永久磁石15の外側に永久磁石15の保護と飛散防止用にステンレスやアルミニウムなどの非磁性材料を円筒状にしたカバーで覆う場合がある。

[0035] 固定子 5 は、固定子鉄心 3 と、この固定子鉄心 3 に巻装された電機子巻線 4 と、を備えている。

固定子鉄心 3 は、円環状のコアバック 20 と、コアバック 20 から内径方向に延び、スロット 22 を形成する計 36 個のティース 21 と、を有する。

電機子巻線 4 は、各ティース 21 に導線を集中的に巻回された各コイル部により構成されている。

なお、図 10 では簡単のため、電機子巻線 4 と固定子鉄心 3 との間に設けられるインシュレータや固定子鉄心 3 の外周に設けられるフレームを省略している。また、便宜的にティース 21 には 1～36 までの番号を割り振っている。

ティース 21 の各々に導線を集中的に巻回された構成された各コイル部について、U、V、W の 3 相のいずれの相のコイル部が分かるように、便宜的に番号を付けて表している。

U、V、W 各相は、U 相は、U11、U12、U13、U21、U22、U23、U31、U32、U33、U41、U42、U43 の 12 個のコイル部、V 相は、V11、V12、V13、V21、V22、V23、V31、V32、V33、V41、V42、V43 の 12 個のコイル部、W 相は、W11、W12、W13、W21、W22、W23、W31、W32、W33、W41、W42、W43 の 12 個のコイル部からそれぞれ構成されている。

[0036] 図 10 に示すように、各相のコイル部は、ティース 21 の番号 1～36 のそれぞれに対応して、U41、V32、W41、W31、U42、V31、V41、W32、U43、U13、V42、W33、W23、U12、V43、V13、W2、U11、U21、V12、W21、W11、U2、V11、V21、W12、U23、U33、V2、W13、W43、U32、V23、V33、W42、U31 の順に並んでいる構成となっている。

[0037] 図 11 は、電機子巻線 4 の結線説明図で、36 個のコイル部がどのように電氣的に接続されているかを示す図である。

36個並んだ四角形は、1番から36番までの各ティース21を表しており、各ティース21に巻装されているコイル部をU41、V32、W41、W31、U42、V31、V41、W32、U43、U13、V42、W33、W23、U12、V43、V13、W2、U11、U21、V12、W21、W11、U22、V11、V21、W12、U23、U33、V22、W13、W43、U32、V23、V33、W42、U31と示している。

U11とU12とU13が直列接続されて同相巻線部である第1のU相巻線部U1を構成している。このとき、U12は、U11及びU13とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、U21とU2とU23が直列接続されて同相巻線部である第2のU相巻線部U2を構成している。このとき、U22は、U21及びU23とは導線の巻き方向が逆方向となっている。U31とU32とU33が直列接続されて同相巻線部である第3のU相巻線部U3を構成している。このとき、U32は、U31及びU33とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、U41とU42とU43が直列接続されて同相巻線部である第4のU相巻線部U4を構成している。このとき、U42は、U41及びU43とは導線の巻き方向が逆方向となっている。

V11とV12とV13が直列接続されて同相巻線部である第1のV相巻線部V1を構成している。このとき、V12は、V11及びV13とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、V21とV22とV23が直列接続されて同相巻線部である第2のV相巻線部V2を構成している。このとき、V22は、V21及びV23とは導線の巻き方向が逆方向となっている。V31とV32とV33が直列接続されて同相巻線部である第3のV相巻線部V3を構成している。このとき、V32は、V31及びV33とは導線の巻回方向が逆方向となっている。また、V41とV42とV43が直列接続されて同相巻線部である第4のV相巻線部V4を構成している。このとき、V42は、V41及びV43とは導線の巻き方向が逆方向となっている。

W11とW12とW13が直列接続されて同相巻線部である第1のW相巻

線部W 1を構成している。このとき、W 1 2は、W 1 1及びW 1 3とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、W 2 1とW 2 2とW 2 3が直列接続されて同相巻線部である第2のW相巻線部W 2を構成している。このとき、W 2 2は、W 2 1及びW 2 3とは導線の巻き方向が逆方向となっている。W 3 1とW 3 2とW 3 3が直列接続されて同相巻線部である第3のW相巻線部W 3を構成している。このとき、W 3 2は、W 3 1及びW 3 3とは導線の巻き方向が逆方向となっている。また、W 4 1とW 4 2とW 4 3が直列接続されて同相巻線部である第4のW相巻線部W 4を構成している。このとき、W 4 2は、W 4 1及びW 4 3とは導線の巻き方向が逆方向となっている。

なお、図11において、同相巻線部である、第1のU相巻線部U 1、第2のU相巻線部U 2、第3のU相巻線部U 3、第4のU相巻線部U 4、第1のV相巻線部V 1、第2のV相巻線部V 2、第3のV相巻線部V 3、第4のV相巻線部V 4、第1のW相巻線部W 1、第2のW相巻線部W 2、第3のW相巻線部W 3及び第4のW相巻線部W 4の各符号、U 1、U 2、U 3、W 4、V 1、V 2、V 3、V 4、W 1、W 2、W 3及びW 4は省略している。

[0038] この発明の実施の形態2における電動機1において、直列接続されている第1のU相巻線部U 1では、U 1 1とU 1 2とU 1 3が、U 1 1、U 1 3の軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。同様に、第2のU相巻線部U 2では、U 2 1とU 2 2とU 2 3が、U 2 1、U 2 3の軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。また、第3のU相巻線部U 3では、U 3 1とU 3 2とU 3 3が、U 3 1、U 3 3の軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。また、第4のU相巻線部U 4では、U 4 1とU 4 2とU 4 3が、U 4 1、U 4 3の軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。第1のV相巻線部V 1では、V 1 1とV 1 2とV 1 3が、V 1 1、V 1 3の軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。

同様に、第2のV相巻線部V2では、V21とV22とV23が、V21、V23の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。また、第3のV相巻線部V3では、V31とV32とV33が、V31、V33の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。また、第4のV相巻線部V4では、V41とV42とV43が、V41、V43の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。

第1のW相巻線部W1では、W11とW12とW13が、W11、W13の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。同様に、第2のW相巻線部W2では、W21とW22とW23が、W21、W23の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続され、また、第3のW相巻線部W3では、W31とW32とW33が、W31、W33の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。また、第4のW相巻線部W4では、W41とW42とW43が、W41、W43の軸線方向一方に引き出し線51が引き出され、渡り線49を介して軸線方向他方で接続される。

[0039] このように、この発明の実施の形態2の電動機1では、引き出し線51は、各直列回路に接続された導線の巻き始めと巻き終わりから、軸線方向一方に、電動機1全体として24本出る。

即ち、固定子鉄心3に巻装されたコイル部のうち、U11とU21、U23とU33、U31とU41、U43とU13、V11とV21、V23とV33、V31とV41、V43とV13、W11とW21、W23とW33、W31とW41、W43とW13といった、周方向に同相のコイル部が2つ隣り合う箇所から引き出し線51が出る構造となる。即ち、U1～U4、V1～V4、W1～W4のそれぞれの相において、互いに異なる2つの同相巻線部のうち、一方の同相巻線部では、引き出し線51が引き出されたコ

イル部U 1 1、U 2 3、U 3 1、U 4 3、V 1 1、V 2 3、V 3 1、V 4 3、W 1 1、W 2 3、W 3 1、W 4 3が第1のコイル部とされ、他方の同相巻線部では、引き出し線5 1が引き出されたコイル部U 2 1、U 3 3、U 4 1、U 1 3、V 2 1、V 3 3、V 4 1、V 1 3、W 2 1、W 3 3、W 4 1、W 1 3が第2のコイル部とされており、第1のコイル部は、第2のコイル部に固定子鉄心3の周方向で隣接して配置されている。また、第1のコイル部の相は、第1のコイル部に隣接して配置されている第2のコイル部の相と同相になっている。一方、同相巻線部を接続する渡り線4 9は軸線方向他方に引き出される。

これらの周方向に隣り合う2つの同相コイル部から出された引き出し線5 1を接続することで、各相が一組の4並列回路からなる構成となる。

ここで、周方向に隣り合うU 1 1とU 2 1を接続して一次並列回路接続部X 2とする。

同様に、周方向に隣り合うU 2 3とU 3 3を接続して一次並列回路接続部X 3とする。また、周方向に隣り合うU 3 1とU 4 1を接続して一次並列回路接続部X 4とする。また、周方向に隣り合うU 4 3とU 1 3を接続して一次並列回路接続部X 1とする。また、周方向に隣り合うV 1 1とV 2 1を接続して一次並列回路接続部Y 2とする。同様に、周方向に隣り合うV 2 3とV 3 3を接続して一次並列回路接続部Y 3とする。また、周方向に隣り合うV 3 1とV 4 1を接続して一次並列回路接続部Y 4とする。また、周方向に隣り合うV 4 3とV 1 3を接続して一次並列回路接続部Y 1とする。また、周方向に隣り合うW 1 1とW 2 1を接続して一次並列回路接続部Z 2とする。同様に、周方向に隣り合うW 2 3とW 3 3を接続して一次並列回路接続部Y 3とする。また、周方向に隣り合うW 3 1とW 4 1を接続して一次並列回路接続部Z 4とする。また、周方向に隣り合うW 4 3とW 1 3を接続して一次並列回路接続部Z 1とする。

この実施の形態2における電動機1は、12か所の一次並列回路接続部を有する3相4並列電動機1である。

これら12か所の一次並列回路接続部X1、X2、X3、X4、Y1、Y2、Y3、Y4、Z1、Z2、Z3、Z4のうち、機械角180度おきに配置された同相の一次並列回路接続部を接続する。一次並列回路接続部X1と一次並列回路接続部X3を接続し、二次並列回路接続部P2とする。また、一次並列回路接続部X2と一次並列回路接続部X4を接続し、二次並列回路接続部P1とする。また、一次並列回路接続部Y1と一次並列回路接続部Y3を接続し、二次並列回路接続部Q2とする。また、一次並列回路接続部Y2と一次並列回路接続部Y4を接続し、二次並列回路接続部Q1とする。また、一次並列回路接続部Z1と一次並列回路接続部Z3を接続し、二次並列回路接続部R2とする。また、一次並列回路接続部Z2と一次並列回路接続部Z4を接続し、二次並列回路接続部R1とする。

[0040] この発明の実施の形態2における電動機1では、これらの△結線接続部A、△結線接続部B、△結線接続部Cに外部の給電部16から給電し、駆動する。

なお、ここでは、給電部16と一次並列回路接続部X1、X2、X3、X4、Y1、Y2、Y3、Y4、Z1、Z2、Z3、Z4、二次並列回路接続部P1、P2、Q1、Q2、R1、R2及び△結線接続部A、B、Cは、別部材としたが、給電部16が、一次並列回路接続部、二次並列回路接続部または△結線接続部のいずれか、あるいはその全てを兼ねていてもよい。

[0041] このような構成にすることによって、4並列回路を構成するための渡り線49は必要となるが、従来の構造と比較すると、給電部側及び反給電部側の空きスペースS1、S2を有効に活用できるため、固定子軸線方向長さLを低減し、電動機1の固定子軸線方向長さLを短縮し、小型軽量の電動機1を得ることができる。

[0042] また、この実施の形態1では、磁極数14、ティース21の数18、実施の形態2では、磁極数28、ティース21の数36であるが、上記実施の形態1及び2の電動機1から磁極数とティース21の数を一般化すると、磁極数をM、ティース21の数をN、nを自然数としたとき、 $M = (18 \pm 4)$

n 、 $N = 18n$ の関係で表される。

そして、この関係で電動機 1 の磁極数及びティース 21 の数を定めることで、給電部側で導線が交差する箇所が削減でき、製造性が向上し、固定子軸線方向長さ L を短縮することができる。

また、占積率が向上し、かつトルクを向上することができる。

[0043] 実施の形態 3.

図 12 は、この発明の実施の形態 3 の電動機 1 を示す縦断面図である。

この電動機は、回転子 13 の極数が 10、固定子鉄心 3 のティース 21 の数が 12 である。

回転子 13 は、シャフト 11 と、シャフト 11 の外側に設けられた回転子鉄心 14 と、回転子鉄心 14 の外周面に周方向に等間隔に 10 個貼り付けられた永久磁石 15 と、を有している。

なお、図 12 では省略しているが永久磁石 15 の外側に永久磁石 15 の保護と飛散防止用にステンレスやアルミニウムなどの非磁性材料を円筒状にしたカバーで覆う場合がある。

[0044] 固定子 5 は、固定子鉄心 3 と、この固定子鉄心 3 に巻装された電機子巻線 4 と、を有している。

固定子鉄心 3 は、円環状のコアバック 20 と、コアバック 20 から内径方向に延び、スロット 22 を形成する計 12 個のティース 21 と、を有する。この例では、各ティース 21 が、ティース 21 の先端部から周方向両側へ突出する鰐部を有しており、隣接する 2 つのティース 21 の鰐部同士が繋がっている。

電機子巻線 4 は、各ティース 21 に導線を集中的に巻回された各コイル部により構成されている。

なお、図 12 では簡単のため、電機子巻線 4 と固定子鉄心 3 との間に設けられるインシュレータや固定子鉄心 3 の外周に設けられるフレームを省略している。また、便宜的にティース 21 には 1～12 までの番号を割り振っている。

ティース 21 の各々に導線を集中的に巻回された構成された各コイル部について、U、V、W の 3 相のいずれの相のコイル部か分かるように、便宜的に番号を付けて表している。

U 相は、U 11、U 12、U 21、U 22 の 4 個のコイル部、V 相は、V 11、V 12、V 21、V 22 の 4 個のコイル部、W 相は、W 11、W 12、W 21、W 22 の 4 個のコイル部からそれぞれ構成されている。

図 12 に示すように、各相のコイル部は、ティース 21 の番号 1 ~ 12 のそれぞれに対応して、U 11、U 21、W 12、W 22、V 11、V 21、U 12、U 22、W 11、W 21、V 12、V 22 の順に並んで配置されている。

[0045] 図 13 は、電動機の電機子巻線 4 を示す巻線回路図である。

電機子巻線 4 は、第 1 の電機子巻線部 23 と、第 2 の電機子巻線部 23 とから構成されている。

第 1 の電機子巻線部 23 は、第 1 の U 相巻線部 U 1 と、第 1 の V 相巻線部 V 1 と、第 1 の W 相巻線部 W 1 とから構成されている。第 1 の U 相巻線部 U 1 は、同相のコイル部である U 11、U 12 が直列に接続された同相巻線部である。第 1 の V 相巻線部 V 1 は、同相のコイル部である V 11、V 12 が直列に接続された同相巻線部である。第 1 の W 相巻線部 W 1 は、同相のコイル部である W 11、W 12 が直列に接続された同相巻線部である。

第 2 の電機子巻線部は、第 2 の U 相巻線部 U 2 と、第 2 の V 相巻線部 V 2 と、第 2 の W 相巻線部 W 2 とから構成されている。第 2 の U 相巻線部 U 2 は、同相のコイル部である U 21、U 22 が直列に接続された同相巻線部である。第 2 の V 相巻線部 V 2 は、同相のコイル部である V 21、V 22 が直列に接続された同相巻線部である。第 2 の W 相巻線部 W 2 は、同相のコイル部である W 21、W 22 が直列に接続された同相巻線部である。

隣接した、各コイル部 U 11、U 12、U 21、U 22、V 11、V 12、V 21、V 22、W 11、W 12、W 21、W 22 同士は、渡り線 49 を介して接続されており、各同相巻線部 U 1、U 2、V 1、V 2、W 1、W 2

の両端部からはそれぞれ引き出し線 5 1 が導出している。

第 1 の U 相巻線部 U 1 と第 2 の U 相巻線部 U 2 とは、軸線方向の一方に引き出された引き出し線 5 1 を介して並列回路で接続され、同様に、第 1 の V 相巻線部 V 1 と第 2 の V 相巻線部 V 2 とは、軸線方向の一方に引き出された引き出し線 5 1 を介して並列回路で接続され、また第 1 の W 相巻線部 W 1 と第 2 の W 相巻線部 W 2 とは、軸線方向の一方に引き出された引き出し線 5 1 を介して並列回路で接続されている。

そして、電機子巻線 4 は、それぞれが Δ 結線接続部 A、B、C で接続されて Δ 結線を構成している。

[0046] 図 1 4 は、電機子巻線 4 の結線説明図で、12 個のコイル部がどのように電氣的に接続されているかを示す図である。

12 個並んだ四角形は、1 番から 12 番までの各ティース 2 1 を表しており、各ティース 2 1 に巻装されているコイル部を U 1 1、U 2 1、W 2 1、W 2 2、V 1 1、V 1 2、U 2 1、U 2 2、W 1 1、W 1 2、V 2 1、V 2 2 と示している。

U 1 1 と U 1 2 が直列接続されて同相巻線部である第 1 の U 相巻線部 U 1 を構成している。このとき、U 1 1 と U 1 2 は導線の巻き方向が逆方向となっている。また、U 2 1 と U 2 2 が直列接続されて同相巻線部である第 2 の U 相巻線部 U 2 を構成している。このとき、U 2 1 と U 2 2 は導線の巻き方向が逆方向となっている。

V 1 1 と V 1 2 が直列接続されて同相巻線部である第 1 の V 相巻線部 V 1 を構成している。このとき、V 1 1 と V 1 2 は導線の巻き方向が逆方向となっている。また、V 2 1 と V 2 2 が直列接続されて同相巻線部である第 2 の V 相巻線部 V 2 を構成している。このとき、V 2 1 と V 2 2 は導線の巻き方向が逆方向となっている。

W 1 1 と W 1 2 が直列接続されて同相巻線部である第 1 の W 相巻線部 W 1 を構成している。このとき、W 1 1 と W 1 2 は導線の巻き方向が逆方向となっている。また、W 2 1 と W 2 2 が直列接続されて同相巻線部である第 2 の

W相巻線部W 2を構成している。このとき、W 2 1とW 2 2は導線の巻き方向が逆方向となっている。

なお、図14において、同相巻線部である、第1のU相巻線部U 1、第2のU相巻線部U 2、第1のV相巻線部V 1、第2のV相巻線部V 2、第1のW相巻線部W 1、第2のW相巻線部W 2の各符号、U 1、U 2、V 1、V 2、W 1、W 2は省略している。

[0047] この発明の実施の形態3における電動機において、直列接続されている第1のU相巻線部U 1では、U 1 1とU 1 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。同様に、第2のU相巻線部U 2では、U 2 1とU 2 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。第1のV相巻線部V 1では、V 1 1とV 1 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。同様に、第2のV相巻線部V 2では、V 2 1とV 2 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。第1のW相巻線部W 1では、W 1 1とW 1 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。同様に、第2のW相巻線部W 2では、W 2 1とW 2 2が、軸線方向一方に引き出し線5 1が引き出され、渡り線4 9を介して軸線方向他方で接続される。

[0048] このように、この発明の実施の形態3の電動機では、引き出し線5 1は、各直列回路に接続された導線の巻き始めと巻き終わりから、軸線方向一方に、電動機全体として1 2本出る。

即ち、固定子鉄心3に巻装されたコイル部のうち、U 1 1とU 2 1、U 1 2とU 2 2、V 1 1とV 2 1、V 1 2とV 2 2、W 1 1とW 2 1、W 1 2とW 2 2といった、周方向に同相のコイル部が2つ隣り合う箇所から引き出し線5 1が出る構造となる。即ち、互いに異なる2つの同相巻線部U 1とU 2、V 1とV 2、W 1とW 2のうち、一方の同相巻線部U 1、V 1、W 1では、引き出し線5 1が引き出されたコイル部U 1 1、U 1 2、V 1 1、V 1 2

、W 1 1、W 1 2 が第 1 のコイル部とされ、他方の同相巻線部 U 2、V 2、W 2 では、引き出し線 5 1 が引き出されたコイル部 U 2 1、U 2 2、V 2 1、V 2 2、W 2 1、W 2 2 が第 2 のコイル部とされており、第 1 のコイル部は、第 2 のコイル部に固定子鉄心 3 の周方向で隣接して配置されている。また、第 1 のコイル部の相は、第 1 のコイル部に隣接して配置されている第 2 のコイル部の相と同相になっている。一方、同相巻線部を接続する渡り線 4 9 は軸線方向他方に引き出される。

これらの周方向に隣り合う 2 つの同相コイル部から出された引き出し線 5 1 を接続することで、各相が一組の 2 並列回路からなる構成となる。

[0049] 図 1 4 において、X 1 は、周方向に隣り合う U 1 1 と U 2 1 を接続した並列回路接続部である。同様に、X 2 は、周方向に隣り合う U 1 2 と U 2 2 を接続した並列回路接続部である。

また、Y 1 は、周方向に隣り合う V 1 1 と V 2 1 を接続した並列回路接続部である。同様に、Y 2 は、周方向に隣り合う V 1 2 と V 2 2 を接続した並列回路接続部である。

また、Z 1 は、周方向に隣り合う W 1 1 と W 2 1 を接続した並列回路接続部 Z 1 である。同様に、Z 2 は、周方向に隣り合う W 1 2 と W 2 2 を接続した並列回路接続部 Z 2 である。

[0050] この実施の形態 3 における電動機では、6 つの並列回路接続部 X 1、X 2、Y 1、Y、Z 1、Z 2 を有する 3 相 2 並列電動機である。

これら 6 つの並列回路接続部 X 1、X 2、Y 1、Y、Z 1、Z 2 のうち、周方向に隣り合う異相の並列回路接続部 X 1、X 2、Y 1、Y、Z 1、Z 2 を接続することにより、電機子巻線 4 は、 Δ 結線を構成する。

即ち、A は、周方向に隣り合う並列回路接続部 Y 2 と並列回路接続部 Z 1 を接続した Δ 結線接続部であり、B は、周方向に隣り合う並列回路接続部 X 1 と並列回路接続部 Z 2 を接続した Δ 結線接続部であり、C は、周方向に隣り合う並列回路接続部 X 2 と並列回路接続部 Y 1 を接続した Δ 結線接続部である。

[0051] この形態3における電動機では、これらの各 Δ 結線接続部A、B、Cに外部の給電部から給電し、駆動する。

なお、ここでは、給電部と並列回路接続部X1、X2、Y1、Y、Z1、Z2及び Δ 結線接続部A、B、Cは別部材としたが、給電部が、並列回路接続部または Δ 結線接続部、あるいはその両方を兼ねていてもよい。

[0052] この実施の形態1における電動機1では、直列回路上に接続された同相のコイル部を接続する渡り線49がプーリ17側で接続されているため、反給電部側の空きスペースS1を有効に活用することができ、結果として電動機1の固定子軸線方向長さL2は、上記L1と比較して短くなる。

このような構成にすることによって、プーリ側で渡り線49が互いに交差する箇所は一つもないため、巻線作業が容易になり、工作性が向上する。

また、給電部側の空きスペースS2で、隣り合うU相コイル部U11とU21、U12とU22、V11とV21、V12とV22、W11とW21、W12とW22をそれぞれ引き出し線51を介して並列回路接続部X1、X2、Y1、Y2、Z1、Z2で接続し、さらにそれぞれを Δ 結線接続部A、B、Cで接続することで3相2並列の Δ 結線を構成することができるため、電動機の固定子軸線方向長さL2を短縮し、小型軽量の電動機を得ることができる。

なお、ここでは、直列回路に接続される各同相のコイル部が連続的に巻回され、反給電部側の空きスペースS1には渡り線49を配置されとしたが、空きスペースS1に収まる結線板等の部材を設け、渡り線49を配置しても同様の効果が得られる。

また、ひとつのスロット22には単一の相のコイル部のみが配置され、異相のコイル部が混在しないため、占積率を向上し、かつ、トルクを向上することができるといった効果が得られる。

また、この実施の形態3では、磁極数10、ティース21の数12であるが、上記実施の形態3の電動機から磁極数とティース21の数を一般化すると、磁極数をM、ティースの数をN、nを自然数としたとき、 $M = (12 \pm$

2) n 、 $N = 12n$ の関係で表される。

そして、この関係で電動機の磁極数及びティース 21 の数を定めることで、給電部側で導線が交差する箇所が削減でき、製造性が向上し、固定子軸線方向長さ L を短縮することができる。

また、占積率が向上し、かつトルクを向上することができる。

[0053] 実施の形態 4.

この実施の形態 4 の電動機 1 では、各直列回路を構成するコイル部のうち、引き出し線 51 の無いコイル部である U_{12} 、 U_{22} 、 V_{12} 、 V_{22} 、 W_{12} 、 W_{22} の導線のターン数を T_1 (T_1 は自然数)、各直列回路を構成するコイル部のうち、引き出し線 51 を有するコイル部である U_{11} 、 U_{13} 、 U_{21} 、 U_{23} 、 V_{11} 、 V_{13} 、 V_{21} 、 V_{23} 、 W_{11} 、 W_{13} 、 W_{21} 、 W_{13} の導線のターン数を T_2 (T_2 は 0.5 の奇数倍) としたとき、 $T_1 > T_2$ の関係にある。

[0054] 図 15 は、この実施の形態 4 の同相巻線部である第 2 の U 相巻線部 U_2 における相コイル部 U_{21} 、 U_{22} 、 U_{23} の電気角位相をベクトル図で示したものであり、ベクトルの長さが各ティース 21 に巻装されたコイル部が発生する起磁力の強さを示し、ベクトルの角度が各ティース 21 に巻装されたコイル部の電気角位相を示している。

コイル部が発生する起磁力の強さは導線のターン数と電流の大きさの積に比例するため、同図のベクトルの長さはターン数に比例する。

[0055] コイル部 U_{21} 、 U_{22} 、 U_{23} は順に電気角位相差 20° で固定子 5 の周方向に配置される。よって、電気角位相差が最も大きいのはコイル部 U_{21} と U_{23} であり、その電気角位相差は 40° である。ここで、コイル部 U_{21} を基準として電気角 $\theta = 0^\circ$ とおくと、コイル部 U_{22} の電気角は 20° であり $\theta_2 = 20^\circ$ となり、コイル U_{23} の電気角は 40° であり $\theta_3 = 40^\circ$ となる。

この実施の形態 4 では、コイル部 U_{22} の導線のターン数が、直列接続された他のコイル部より大きい多巻コイルであり、発生する電磁界がコイル部

U 2 1、U 2 3より強いため、ベクトル長さが他に比べて大きく示されている。

比較用に、すべてのコイル部の導線のターン数が等しい構成の第2の電機子巻線部24におけるコイル部U 2 1、U 2、U 2 3に発生する起磁力ベクトルを図16に示す。

U相が発生する起磁力の強さは、合成ベクトルの長さで表される。

したがって、この発明の形態4の電動機1では、すべてのコイル部のターン数が等しい場合と比較し、電気角位相が中央に位置するベクトルが大きくなり、合成ベクトル長さが増加し、起磁力の強さを増加させることができる。

これにより、電動機1の固定子5と回転子13の磁氣的空隙部間における磁束密度を増加させ、トルクを向上させることができる。

[0056] 実施の形態5.

図17は、この発明の実施の形態5の電動機1における電機子巻線4の結線説明図で、18個のコイル部がどのように電氣的に接続されているかを示す図であり、図18は、図17の電機子巻線4の回路図である。

図17において、18個並んだ四角形は1番から18番までのティース21を表しており、各ティース21に導線が巻き回されているコイル部がU 2 2、V 1 1、V 2 1、W 1 2、U 2 3、U 1 3、V 2 2、W 1 1、W 2 1、U 1 2、V 2 3、V 1 3、W 2 2、U 1 1、U 2 1、V 1 2、W 2 3、W 1 3である。

導線の巻き方向が同じとなっている、U 1 1とU 2 2とU 1 3は直列接続されて第1のU相巻線部U 1を構成している。

このとき、同一直列回路上の隣接した各同相のコイル部同士は、互いに4箇所のティース21を飛び越えて5番目のティース21に配置されている。

なお、U 2 1とU 1 2とU 2 3が直列接続されて構成された第2のU相巻線部U 2、V 1 1とV 2 2とV 1 3が直列接続されて第1のV相巻線部V 1、V 2 1とV 1 2とV 2 3が直列接続されて第2のV相巻線部V 2、W 1 1

とW 2 2とW 1 3が直列接続されて第1のW相巻線部W 1、及びW 1 1とW 2 2とW 1 3と直列接続された第2のW相巻線部W 2についても、第1のU相巻線部U 1と同様に、各相コイル部での導線の巻き方向が同じであり、また同一直列回路上の隣接した各同相コイル部同士は、互いに4箇所ティース2 1を飛び越えて5番目のティース2 1に配置されている。

[0057] このような結線としたときも、実施の形態1及び2の電動機1と同様の効果が得られる。

さらに、電動機1に作用する空間次数2の電磁加振力を大幅に低減することができる。

これは、図4に示すように、例えばコイル部U 1 1、U 2 2、U 1 3、コイル部U 2 1、U 1 2、U 2 3のように機械角200度の間に分散して配置された3つのコイル部が直列接続され、また第1のU相巻線部U 1と第2のU相巻線部U 2とが互いに機械角180度ずれた位置に配置されているので、第1のU相巻線部U 1と第2のU相巻線部U 2の電流がアンバランスになったときの電磁力をより小さくすることができるためである。

第1のV相巻線部V 1、第2のV相巻線部V 2、第1のW相巻線部W 1、第2のW相巻線部W 2も、第1のU相巻線部U 1、第2のU相巻線部U 2と同様の配置である。

したがって、製造上、抵抗値やインダクタンスの値等にはばらつきが生じ、電動機1を構成する第1の電機子巻線部2 3と第2の電機子巻線部2 4の電流にアンバランスが発生しても、アンバランスな電磁力が小さくなって振動を小さくできるという効果がある。

特に、上記電動機1が搭載された電動パワーステアリング装置においては、電動機1が発生するコギングトルクや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やトルクリップルが小さい方が望ましく、電動機1が動作するときの振動・騒音も小さいことができる効果が大である。

[0058] 実施の形態6.

図 19 は、この発明の実施の形態 6 の電動機 1 における電機子巻線 4 の結線説明図、図 20 は、この発明の実施の形態 6 の電動機 1 を示す正断面図、図 21 は実施の形態 6 における電動機 1 と ECU 2 の回路を説明する説明図である。

この実施の形態 6 の電動機 1 の構成は、図 7 に示した実施の形態 1 の電機子巻線 4 の結線説明図から分かるように、各引き出された各引き出し線 51 の接続対象が異なる他は、実施の形態 1 のものと同じである。

この実施の形態では、各相における周方向に隣り合う 2 つの同相のコイルである、コイル部 U11、U21、コイル部 U13、U23、コイル部 V11、V21、コイル部 V13、V23、コイル部 W11、W21、コイル部 W13、W23 からそれぞれ引き出し線 51 が出されており、コイル部 U11 と V13 を接続して Δ 結線接続部 C1 とする。

同様に、コイル部 U21 と V23 を接続して Δ 結線接続部 C2 とする。また、コイル部 W11 と U13 を接続して Δ 結線接続部 B1 とする。また、コイル部 W21 と U23 を接続して Δ 結線接続部 B2 とする。また、コイル部 V11 と W13 を接続して Δ 結線接続部 A1 とする。コイル部 V21 と W23 を接続して Δ 結線接続部 A2 とする。

[0059] 図 20 から分かるように、 Δ 結線接続部 A1 は、 Δ 結線接続部 A2 よりも電動機 1 の外周側に配置されている。また、 Δ 結線接続部 B1 は、 Δ 結線接続部 B2 よりも電動機 1 の外周側に配置されている。また、 Δ 結線接続部 C1 は、 Δ 結線接続部 C2 よりも電動機 1 の外周側に配置されている。

このような構造にすることにより、給電部側で導線が交差する箇所が一つもなくなるので、巻線作業が容易となり、製造性が向上する。また、固定子軸線方向長さ L を短縮し、電動機 1 を小型軽量化できる。

なお、 Δ 結線接続部 A1、 Δ 結線接続部 A2、 Δ 結線接続部 B1、 Δ 結線接続部 B2、 Δ 結線接続部 C1 及び Δ 結線接続部 C2 の配置については、 Δ 結線接続部 A1 を Δ 結線接続部 A2 よりも電動機 1 の内周側に配置し、 Δ 結線接続部 B1 を Δ 結線接続部 B2 よりも電動機 1 の内周側に配置し、 Δ 結線

接続部C 1を Δ 結線接続部C 2よりも電動機1の内周側に配置するようにしても、同様の効果が得られることは、言うまでもない。

[0060] 図21において、電動機1の電機子巻線4は第1のU相巻線部U 1、第1のV相巻線部V 1、第1のW相巻線部W 1によって構成される第1の電機子巻線部2 3と第2のU相巻線部U 2、第2のV相巻線部V 2、第2のW相巻線部W 2によって構成される第2の電機子巻線部2 4とから構成される。

ECU 2は2台の第1及び第2のインバータ2 8 A、2 8 Bから構成されていて、それぞれのインバータ2 8 A、2 8 Bから2つの電機子巻線部2 3、2 4に3相の電流を供給する。ECU 2にはバッテリーなどの電源2 9から直流電源が供給されており、ノイズ除去用のコイル3 0を介して、電源リレー3 1 A、3 1 Bが接続されている。図21では電源2 9がECU 2の内部にあるかのように描かれているが、実際はバッテリー等の外部の電源からコネクタを介して、電力が供給される。

2個の電源リレー3 1 A、3 1 Bは、それぞれ2個のMOS-FETで構成され故障時などは電源リレー3 1 A、3 1 Bを開放して、過大な電流が流れないようにする。

なお、図21では、電源リレー3 1 A、3 1 Bは、電源2 9、コイル3 0の順に接続されているが、コイル3 0よりも電源2 9に近い位置に設けられてもよいことは言うまでもない。

コンデンサ3 3 A、3 3 Bは、平滑コンデンサである。

図21ではそれぞれ1個のコンデンサ3 3 A、3 3 Bで構成されているが、複数のコンデンサを並列に接続されて構成してもよいことは言うまでもない。

それぞれのインバータ2 8 A、2 8 Bは、それぞれ6個のMOS-FETを用いたブリッジで構成されている。

第1のインバータ2 8 Aでは、第1のMOS-FET 3 4 A、第2のMOS-FET 3 5 Aが直列接続され、第3のMOS-FET 3 6 A、第4のMOS-FET 3 7 Aが直列接続され、第5のMOS-FET 3 8 A、第6の

MOS-FET 39 Aが直列接続されている。さらに、この直列に接続された3組のMOS-FETが並列に接続されている。

さらに、下側の3つの第2のMOS-FET 35 A、第4のMOS-FET 37 A、第6のMOS-FET 39 AのGND（グラウンド）側にはそれぞれ第1のシャント40 A、第2のシャント41 A及び第3のシャント42 Aが接続されている。これらシャント40 A、41 A、42 Aは、電流値の検出に用いられる。

なお、シャント40 A、41 A、42 Aは、3個の例を示したが、2個のシャントであってもよいし、1個のシャントであっても電流検出は可能であるため、そのような構成であってもよいことは言うまでもない。

[0061] 電動機1側への電流の供給は、図21に示すように第1のMOS-FET 34 A、第2のMOS-FET 35 Aの間から給電部16を通じて電動機1の第1のU相巻線部U1へ、第3のMOS-FET 36 A、第4のMOS-FET 37 Aの間から給電部16を通じて電動機1の第1のV相巻線部V1へ、第5のMOS-FET 38 A、第6のMOS-FET 39 Aの間から給電部16を通じて電動機1の第1のW相巻線部W1へそれぞれ供給される。

[0062] 第2のインバータ28 Bも同様の構成で、インバータ28 Bでは、第1のMOS-FET 34 B、第2のMOS-FET 35 Bが直列接続され、第3のMOS-FET 36 B、第4のMOS-FET 37 Bが直列接続され、第5のMOS-FET 38 B、第6のMOS-FET 39 Bが直列接続されている。さらに、この直列に接続された3組のMOS-FETが並列に接続されている。さらに、下側の3つの第2のMOS-FET 35 B、第4のMOS-FET 37 B、第6のMOS-FET 39 BのGND（グラウンド）側にはそれぞれ第1のシャント40 B、第2のシャント41 B及び第3のシャント42 Bが接続されている。これらシャント40 B、41 B、42 Bは、電流値の検出に用いられる。なお、シャント40 B、41 B、42 Bは、3個の例を示したが、2個のシャントであってもよいし、1個のシャントであっても電流検出は可能であるため、そのような構成であってもよいことは言う

までもない。

[0063] 電動機 1 側への電流の供給は、図 2 1 に示すように第 1 の MOS-FET 3 4 B、第 2 の MOS-FET 3 5 B の間から給電部 1 6 を通じて電動機 1 の第 2 の U 相巻線部 U 2 へ、第 3 の MOS-FET 3 6 B、第 4 の MOS-FET 3 7 B の間から給電部 1 6 を通じて電動機 1 の第 2 の V 相巻線部 V 2 へ、第 5 の MOS-FET 3 8 B、第 6 の MOS-FET 3 9 B の間から給電部 1 6 を通じて電動機 1 の第 2 の W 相巻線部 W 2 へそれぞれ供給される。

[0064] 2 台のインバータ 2 8 A、2 8 B は、電動機 1 に備えられた MR センサ等の回転角度センサ 1 2 0 によって検出した回転角度に応じて制御回路（図示しない）から MOS-FET に信号を送ることでスイッチングし、第 1 の電機子巻線部 2 3 と第 2 の電機子巻線部 2 4 に所望の 3 相電流を供給する。

図 1 9、図 2 0 で示した Δ 結線接続部 A 1、 Δ 結線接続部 B 1、 Δ 結線接続部 C 1 は、図 2 1 で示した第 1 のインバータ 2 8 A に接続される。また、図 1 9、図 2 0 で示した Δ 結線接続部 A 2、 Δ 結線接続部 B 2、 Δ 結線接続部 C 2 は、図 2 1 で示した第 2 のインバータ 2 8 B に接続される。

なお、ここでは、給電部 1 6 と Δ 結線接続部 A 1、B 1、C 1、A 2、B 2、C 2 は別部材としたが、給電部 1 6 が、 Δ 結線接続部を兼ねていてもよい。

[0065] この実施の形態 6 の電動機 1 によれば、次のような効果が得られる。

まず、図 2 1 では 2 個の電機子巻線部 2 3、2 4 を、電動機 1 の外部で並列接続しているので、電動機 1 内部で短絡が生じても電氣的に独立した回路であれば、正常なインバータ 2 8 A、2 8 B と電機子巻線部 2 3、2 4 でトルクを発生できるので短絡時の影響を低減できるという効果がある。

また、1 台のインバータ 2 8 のみで電動機 1 を駆動した場合、電機子巻線 4 の配置がアンバランスになり電動機 1 の振動、騒音が増大するといった課題がある。

これに対して、この実施の形態 5 の電動機 1 によれば、実施の形態 1 の電動機 1 と同様に、第 1 の電機子巻線部 2 3 の構成要素であるコイル部と、第

2の電機子巻線部24の構成要素であるコイル部とは、固定子鉄心3の周方向に沿って各ティース21に交互に配置されており、コイル部がこのように配置された第1の電機子巻線部23及び第2の電機子巻線部24に、それぞれのインバータ28A、28Bから個別に通電されるので、電動機1の振動、騒音が低減される。

また、2台のインバータ28A、28Bで電動機1を駆動した場合、2台のインバータ28A、28Bの電流、電圧にアンバランスが生じると電動機1の振動、騒音が増大するといった課題がある。

これに対して、この実施の形態6の電動機1によれば、実施の形態1の電動機1と同様に、第1の電機子巻線部23と第2の電機子巻線部24とのそれぞれのコイル部が互いに180度回転対称に配置されているため、振動、騒音が低減される。

なお、図21では、モータリレーのない例を示したが、モータリレーを設けることで、故障時にはモータリレーを開放することでブレーキトルクを小さくするなどの対策を講じることができる。

また、この実施の形態6の電動機1では、実施の形態1の電動機1と同様に、U相、V相及びV相の各同相巻線部の3個のコイル部の中間のコイル部の導線の巻き方向が、他の2個のコイル部の導線の巻き方向と異なっていたが、実施の形態5の電動機1と同様に、U相、V相及びV相の各同相巻線部の3個のコイル部の導線の巻き方向が、3個とも同じで、また同一直線回路上の隣接した各同相コイル部同士は、互いに4箇所のティース21を飛び越えて5番目のティース21に配置することで、実施の形態5の電動機1と同様に、種々のばらつきに起因して発生する振動騒音が低減できるといった効果がある。そして、仮に2個のインバータ28A、28Bが故障した場合でもアンバランスな電磁力が小さくなって振動を小さくできるという効果がある。

[0066] 実施の形態7.

図22は、この発明の実施の形態7の電動機1の電機子巻線4の結線説明

図、図 23 は、この電動機 1 の正断面図である。

この実施の形態 7 の電動機 1 の構成は、図 7 に示した実施の形態 1 の電機子巻線 4 の結線説明図から分かるように、各引き出された各引き出し線 51 の接続対象が異なる他は、実施の形態 1 のものと同じである。

この電動機 1 では、各相の周方向に隣り合う 2 つの同相コイル部である、コイル部 U11、U21、コイル部 U13、U23、コイル部 V11、V21、コイル部 V13、V23、コイル部 W11、W21、コイル部 W13、W23 から引き出し線 51 がそれぞれ出されており、U11 と V13 を接続して Δ 結線接続部 C1 とする。同様に、U21 と W23 を接続して Δ 結線接続部 B2 とする。また、W11 と U13 を接続して Δ 結線接続部 B1 とする。また、W21 と V23 を接続して Δ 結線接続部 A2 とする。また、V11 と W13 を接続して Δ 結線接続部 A1 とする。また、V21 と U23 を接続して Δ 結線接続部 C2 とする。

同図で示した Δ 結線接続部 A1、 Δ 結線接続部 B1、 Δ 結線接続部 C1 を図 21 で示した第 1 のインバータ 28A に接続する。同様に、同図で示した Δ 結線接続部 A2、 Δ 結線接続部 B2、 Δ 結線接続部 C2 を図 21 で示した第 2 のインバータ 28B に接続する。

[0067] この実施の形態 7 の電動機 1 によれば、図 23 からわかるように、給電部側で各ティース 21 の上には 1 本の導線のみが配置される構成となるので、巻線作業が容易となり、製造性が向上する。また、固定子軸線方向長さ L を短縮し、電動機 1 を小型軽量化できるといった効果が得られる。

なお、この実施の形態 7 の電動機 1 では、実施の形態 1 の電動機 1 と同様に、U 相、V 相及び W 相の各同相巻線部の 3 個のコイル部の中間のコイル部の導線の巻き方向が、他の 2 個のコイル部の導線の巻き方向と異なっていたが、実施の形態 4 の電動機 1 と同様に、U 相、V 相及び W 相の各同相巻線部の 3 個のコイル部の導線の巻き方向が、3 個とも同じで、また同一直線回路上の隣接した各同相コイル部同士は、互いに 4 箇所のティース 21 を飛び越えて 5 番目のティース 21 に配置することで、実施の形態 5 の電動機 1 と同

様に、種々のばらつきに起因して発生する振動騒音が低減できるといった効果がある。そして、仮に2個のインバータ28A、28Bが故障した場合でもアンバランスな電磁力が小さくなって振動を小さくできるという効果がある。

[0068] 実施の形態8.

図24は、この発明の実施の形態8における電動機1の巻線回路図、図25は、この電動機1の電機子巻線4の結線説明図である。

この実施の形態8の電動機1の構成は、図7に示した実施の形態1の電機子巻線4の結線説明図から分かるように、各引き出された各引き出し線51の接続対象が異なる他は、実施の形態1のものと同一である。

この実施の形態8では、図24において左側はU1-とV1-とW1-を電氣的に接続して中性点N1としY結線としている。一方、右側はU2-とV2-とW2-を電氣的に接続して中性点N2としている。

また、隣り合う3つの異相の接続部である、並列回路接続部X2、並列回路接続部Y1、並列回路接続部Z1を接続し、中性点とする。また、他方の隣り合う3つの接続部である、並列回路接続部X1、並列回路接続部Y2、並列回路接続部Z2に外部の三相交流電源から給電し、駆動する。

このような構成にすることによって、中性点を接続するための渡り線49は必要となるが、給電部側に導線が交差する箇所が一つもなく、巻線作業が容易になり、工作性が向上する。

また、電動機1の固定子軸線方向長さLを短縮し、小型軽量の電動機1を得ることができる。

さらに、各直列回路を構成するコイル部のうち、引き出し線51をもたないコイル部であるU12、U22、コイル部V12、V22、コイル部W12、W22の導線のターン数をT（Tは自然数）とすると、各直列回路を構成するコイル部のうち、引き出し線51を有するコイル部であるU11、U13、U21、U23、V11、V13、V21、V23、W11、W13、W21、W13の導線のターン数は $T \pm 0.5$ ターンとなるため、全ての

コイル部のターン数を整数とした場合と比べ、占積率を向上し、トルクを向上することができるといった効果が得られる。

なお、この実施の形態 8 の電動機 1 では、実施の形態 1 の電動機 1 と同様に、U 相、V 相及び W 相の各同相巻線部の 3 個のコイル部の中間のコイル部の導線の巻き方向が、他の 2 個のコイル部の導線の巻き方向と異なっていたが、実施の形態 5 の電動機 1 と同様に、U 相、V 相及び W 相の各同相巻線部の 3 個のコイル部の導線の巻き方向が、3 個とも同じで、また同一直線回路上の隣接した各同相コイル部同士は、互いに 4 箇所 of ティース 21 を飛び越えて 5 番目の ティース 21 に配置しても同様の効果を得ることができる。

[0069] 実施の形態 9.

図 26 は、この発明の実施の形態 9 の電動機 1 を示す正断面図である。

この実施の形態 9 の電動機では、回転子 13 は、シャフト 11 と、シャフト 11 の外側に設けられた回転子鉄心 14 と、この回転子鉄心 14 に周方向に等間隔に 14 個埋め込まれている断面形状が四角形状の永久磁石 15 と、を備えている。

一般にこのような磁石埋め込み型の電動機 1 は、図 3 に示す表面磁石型に比べて、等価的なエアギャップが小さく、トルクを向上することができる。

固定子 5 の構成は実施の形態 1 の電動機 1 と同じであり、固定子軸線方向長さ L を短縮することができる。即ち、高トルク化と小型化の両立が可能となる。

さらに、永久磁石 15 は、断面形状が四角形状であるため、永久磁石 15 の加工コストを低減でき、また永久磁石を飛散防止するために、表面の各永久磁石を円筒形状のカバーで覆うことは不要となるため、電動機 1 を低コスト化できるという効果がある。

[0070] 実施の形態 10.

図 27 は、この発明の実施の形態 10 の電動機 1 を示す正断面図である。

この実施の形態 10 の電動機では、回転子 13 は、シャフト 11 と、シャフト 11 の外側に設けられた回転子鉄心 14 と、この回転子鉄心 14 に周方

向に等間隔に 14 個埋め込まれている、径方向長さが周方向長さに比べて長い永久磁石 15 と、を備えている。

この実施の形態の場合、隣り合う永久磁石 15 の向かい合う面が互いに同じ極になるように着磁されている。

このような着磁方向とすることで、磁束を回転子鉄心 14 に集中させて、磁束密度を高めるという効果がある。また、隣り合う永久磁石 15 の間には回転子鉄心 14 が介在する。この回転子鉄心 14 の固定子 5 側に対向する面は曲面部を有し、その曲面の形状が隣り合う永久磁石 15 間の中間地点において固定子 5 との空隙長が短くなるような凸形状の曲面を形成している。

このような形状により、空隙に発生する磁束密度の波形を滑らかにできるため、コギングトルクやトルクリップルを小さくすることができる。

さらに、永久磁石 15 の内径側の端面に接するように非磁性部を設けている。

ここは、空気としてもよいし、樹脂を充填してもよいし、ステンレスやアルミニウムのような非磁性の金属を挿入してもよい。

このようにすることで、永久磁石 15 の漏れ磁束を低減することができる。

隣り合う永久磁石 15 の間の回転子鉄心 14 とシャフト 11 の外周を囲うように設けられた回転子鉄心 14 の間に連結部が設けられている。これは両者を機械的に連結する働きを持っている。

また、永久磁石 15 は、径方向長さが周方向長さに比べて長いいため、磁束を回転子鉄心 14 に集中させることができ高トルクとなる。

また、固定子 5 は、実施の形態 1 の固定子 5 と同じであり、固定子軸線方向長さ L を短縮することができる。即ち、高トルク化と小型化の両立が可能となる。

[0071] なお、上記各実施の形態では、回転電機として、三相の電機子巻線を有する電動機について説明したが、これは一例であり、三相以外の多相の電機子巻線を有する電動機であってもよい。

また、電動パワーステアリング装置に搭載される電動機は一例であり、工作用、運搬用等に利用される電動機であってもよい。

また、発電機にもこの発明は適用できる。

符号の説明

[0072] 1 電動機（回転電機）、2 ECU、3 固定子鉄心、4 電機子巻線、5 固定子、6 フレーム、7ハウジング、8 ボルト、9 第1の軸受、10 第2の軸受、11 シャフト、12 壁部、13 回転子、14 回転子鉄心、15 永久磁石、16 給電部、20 コアバック、21 ティース、22 スロット、23 第1の電機子巻線部、24 第2の電機子巻線部、28 インバータ、28A 第1のインバータ、28B 第2のインバータ、29 電源、30 コイル、31、31A、31B 電源リレー、33、33A、33B コンデンサ、34、34A、34B 第1のMOS-FET、35、35A、35B 第2のMOS-FET、36、36A、36B 第3のMOS-FET、37、37A、37B 第4のMOS-FET、38、38A、38B 第5のMOS-FET、39、39A、39B 第6のMOS-FET、40 第1のシャント、41 第2のシャント、42 第3のシャント、49 渡り線、50 コイルエンド、51 引き出し線、100 電源駆動装置、101 シャフト、102 トルクセンサ、103 第1のコネクタ、105 第2のコネクタ、106 電源コネクタ、107 ギヤボックス、108 ハウジング、109 タイロッド、120 回転角度センサ、121 センサ用永久磁石、122 制御基板、A、B、C Δ結線接続部、X1、X2、Y1、Y2、Z1、Z2 並列回路接続部、X1、X2、X3、X4、Y1、Y2、Y3、Y4、Z1、Z2、Z3、Z4 一次並列回路接続部、P1、P2、Q1、Q2、R1、R2 二次並列回路接続部、U1～U4 第1～第4のU相巻線部（同相巻線部）、V1～V4 第1～第4のV相巻線部（同相巻線部）、W1～W4 第1～第4のW相巻線部（同相巻線部）、S1、S2 空きスペース。

請求の範囲

[請求項1]

複数の磁極を有する回転子と、

この回転子を囲って設けられ、固定子鉄心およびこの固定子鉄心に巻装された電機子巻線を有する固定子と、を備え、

前記固定子鉄心は、円環状のコアバックと、前記コアバックから前記回転子の内径側方向に延びた複数のティースとを有し、

前記電機子巻線は、複数の同相巻線部で構成され、

各前記同相巻線部は、同相の複数のコイル部を有し、

前記複数のコイル部は、前記複数のティースのそれぞれに導線が集中的に巻回されて構成され、

各前記同相巻線部では、同相の複数のコイル部同士が渡り線を介して直列に接続され、

各前記同相巻線部からは、複数の引き出し線がそれぞれ引き出されており、

互いに異なる2つの前記同相巻線部のうち、一方の前記同相巻線部では、前記引き出し線が引き出された前記コイル部が第1のコイル部とされ、他方の前記同相巻線部では、前記引き出し線が引き出された前記コイル部が第2のコイル部とされており、

前記第1のコイル部の相は、前記第2のコイル部の相と同相であり、

前記第1のコイル部は、前記第2のコイル部に前記固定子鉄心の周方向で隣接して配置され、

各前記同相巻線部のそれぞれの各前記引き出し線は、前記回転子の軸線方向の一方に引き出され、

各前記同相巻線部の全ての渡り線は、前記回転子の軸線方向の他方に引き出される回転電機。

[請求項2]

前記回転子の磁極数をM、前記ティースの数をN、nを自然数としたとき、 $M = (18 \pm 4)n$ 、 $N = 18n$ で表される請求項1に記載の

回転電機。

- [請求項3] 各前記同相巻線部は、それぞれ3個の前記コイル部を有し、
3個の前記コイル部は、それぞれ同じ方向に連続的に3個の前記ティースを飛び越えて4番目の前記ティースに導線を巻回して構成されている請求項2に記載の回転電機。
- [請求項4] 3個の前記コイル部は、それぞれ同じ方向に連続的に4個の前記ティースを飛び越えて5番目の前記ティースに導線を巻回して構成されている請求項2に記載の回転電機。
- [請求項5] 直列接続された3個の前記コイル部のうち中間の前記コイル部は、他の2個の前記コイル部よりも前記導線の巻回数が多い請求項2に記載の回転電機。
- [請求項6] 前記回転子の磁極数を M 、前記ティースの数を N 、 n を自然数としたとき、 $M = (12 \pm 2)n$ 、 $N = 12n$ で表される請求項1に記載の回転電機。
- [請求項7] 前記電機子巻線は、各前記同相巻線部の各前記引き出し線同士が接続されて並列回路を構成している請求項1～6の何れか1項に記載の回転電機。
- [請求項8] 前記回転電機は、電動機であり、
各前記引き出し線は、前記回転子の前記軸線方向に配置された、前記電機子巻線に電気を供給する給電部と接続されている請求項1～7の何れか1項に記載の回転電機。
- [請求項9] 前記電機子巻線は、前記コイル部が複数のU相コイル部からなる第1のU相巻線部、前記コイル部が複数のV相コイル部からなる第1のV相巻線部、及び前記コイル部が複数のW相コイル部からなる第1のW相巻線部から構成された第1の電機子巻線部と、
前記コイル部が複数のU相コイル部からなる第2のU相巻線部、前記コイル部が複数のV相コイル部からなる第2のV相巻線部、及び前記コイル部が複数のW相コイル部からなる第2のW相巻線部から構成

された第２の電機子巻線部と、から構成され、

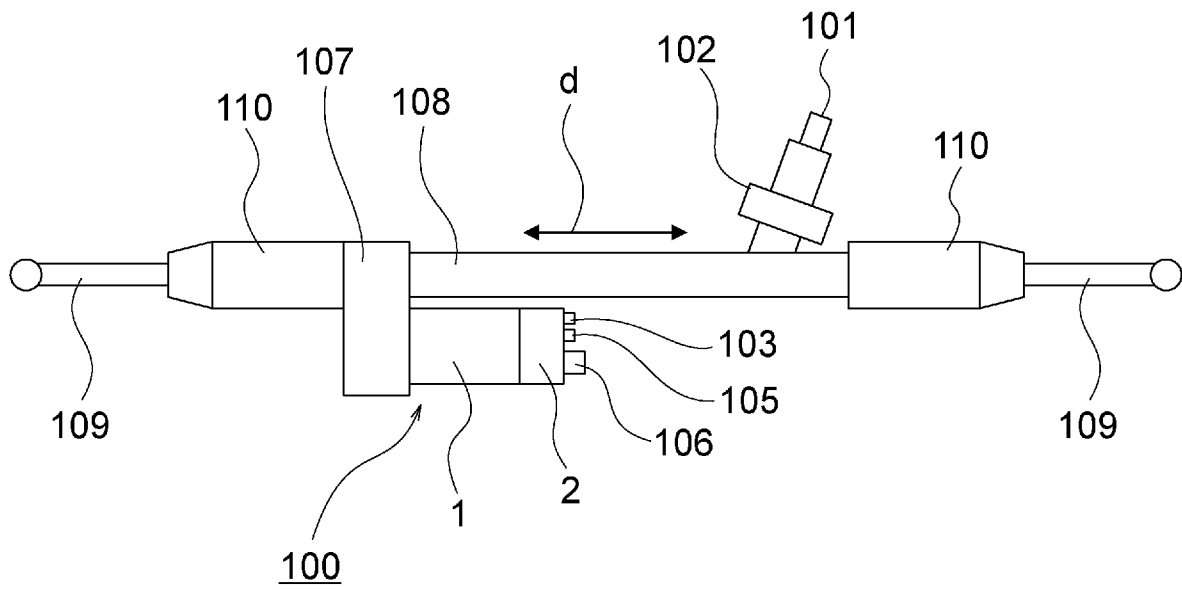
前記第１の電機子巻線部は、前記給電部を介して第１のインバータに接続され、

前記第２の電機子巻線部は、前記給電部を介して第２のインバータに接続される請求項８に記載の回転電機。

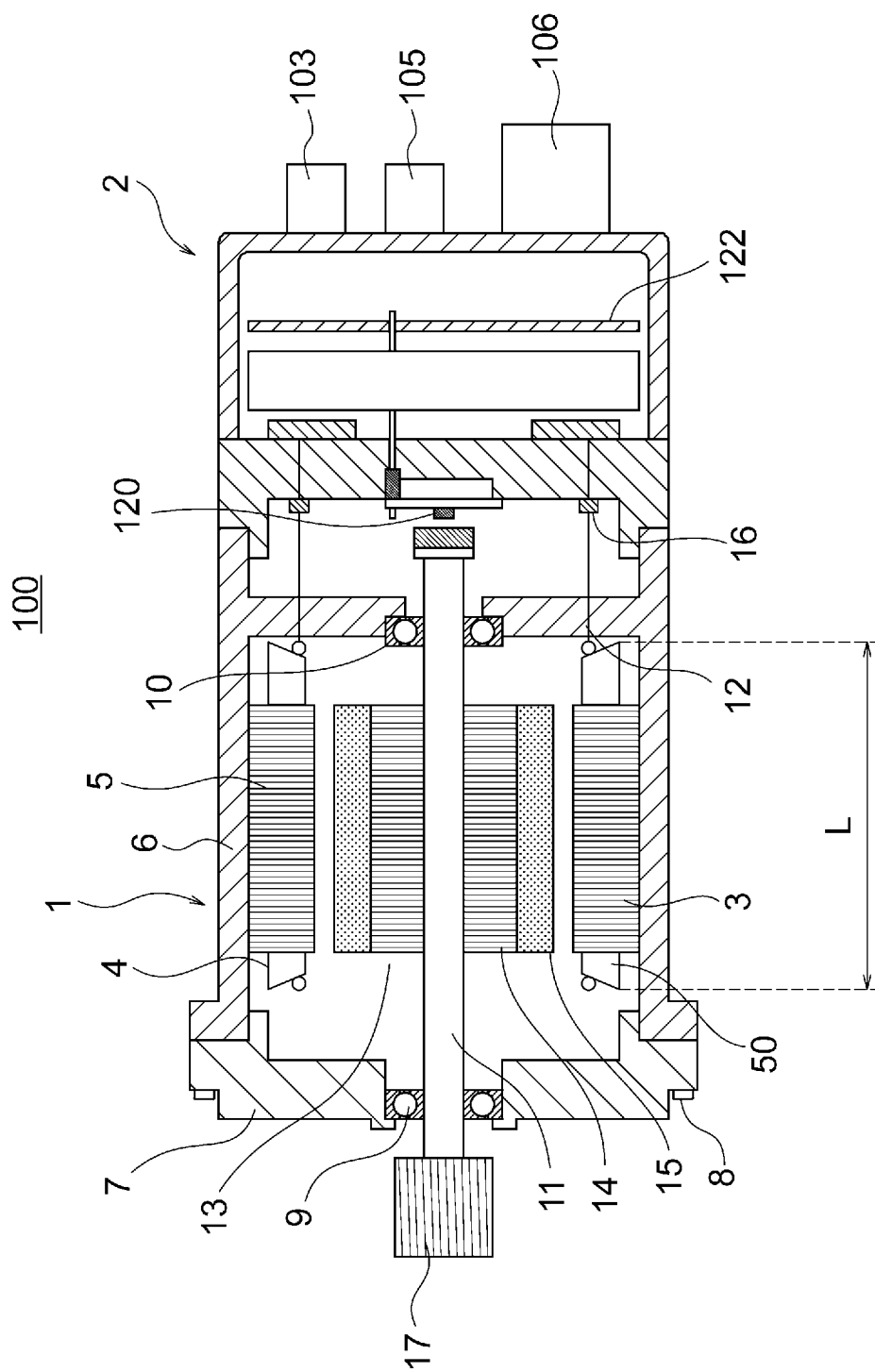
[請求項１０] 各前記引き出し線は、それぞれ異なる相のコイル部から導出された前記引き出し線と接続されている請求項９に記載の回転電機。

[請求項１１] 前記電動機は、電動パワーステアリング装置に搭載される請求項８～１０の何れか１項に記載の回転電機。

[図1]



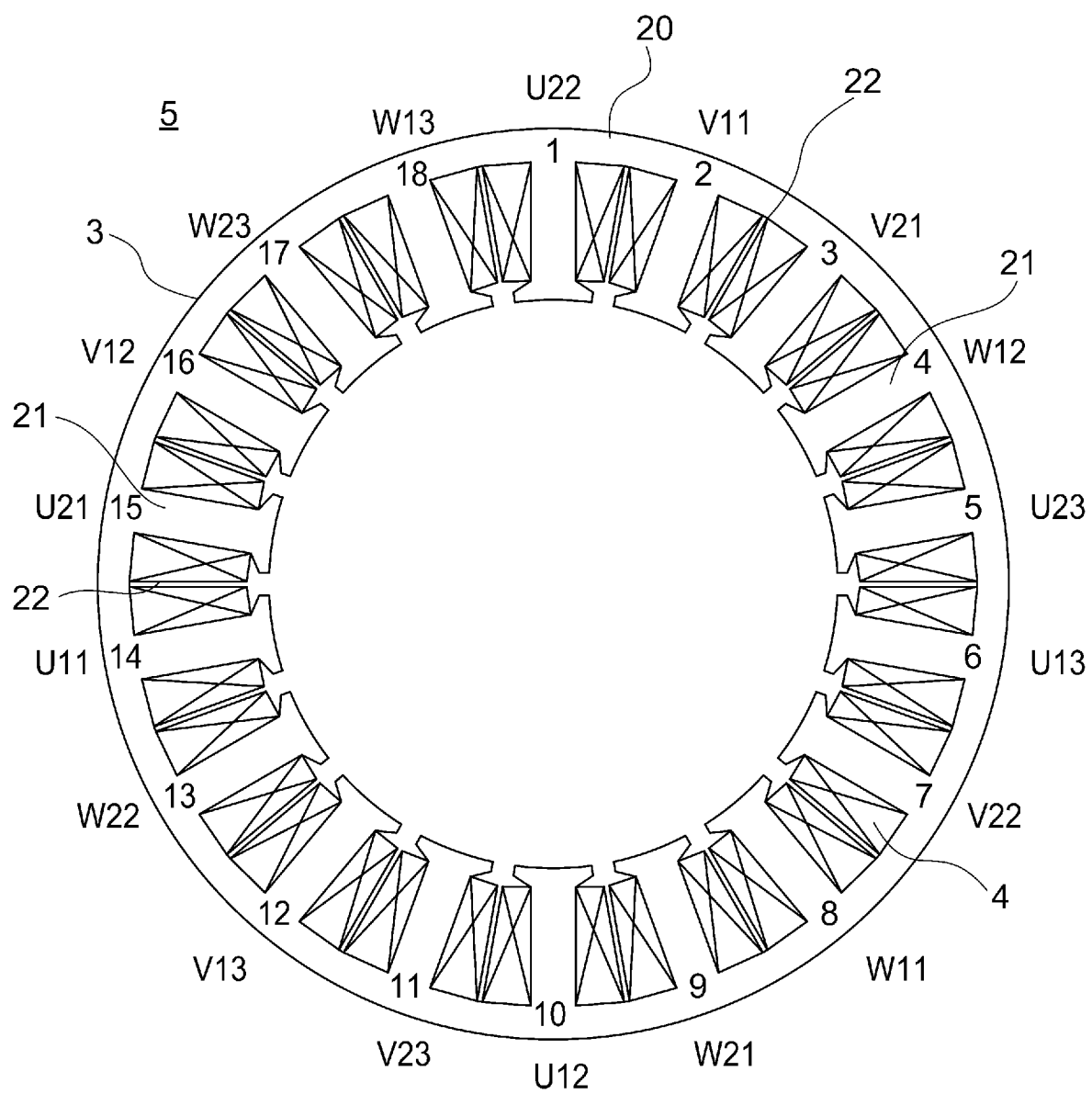
[図2]



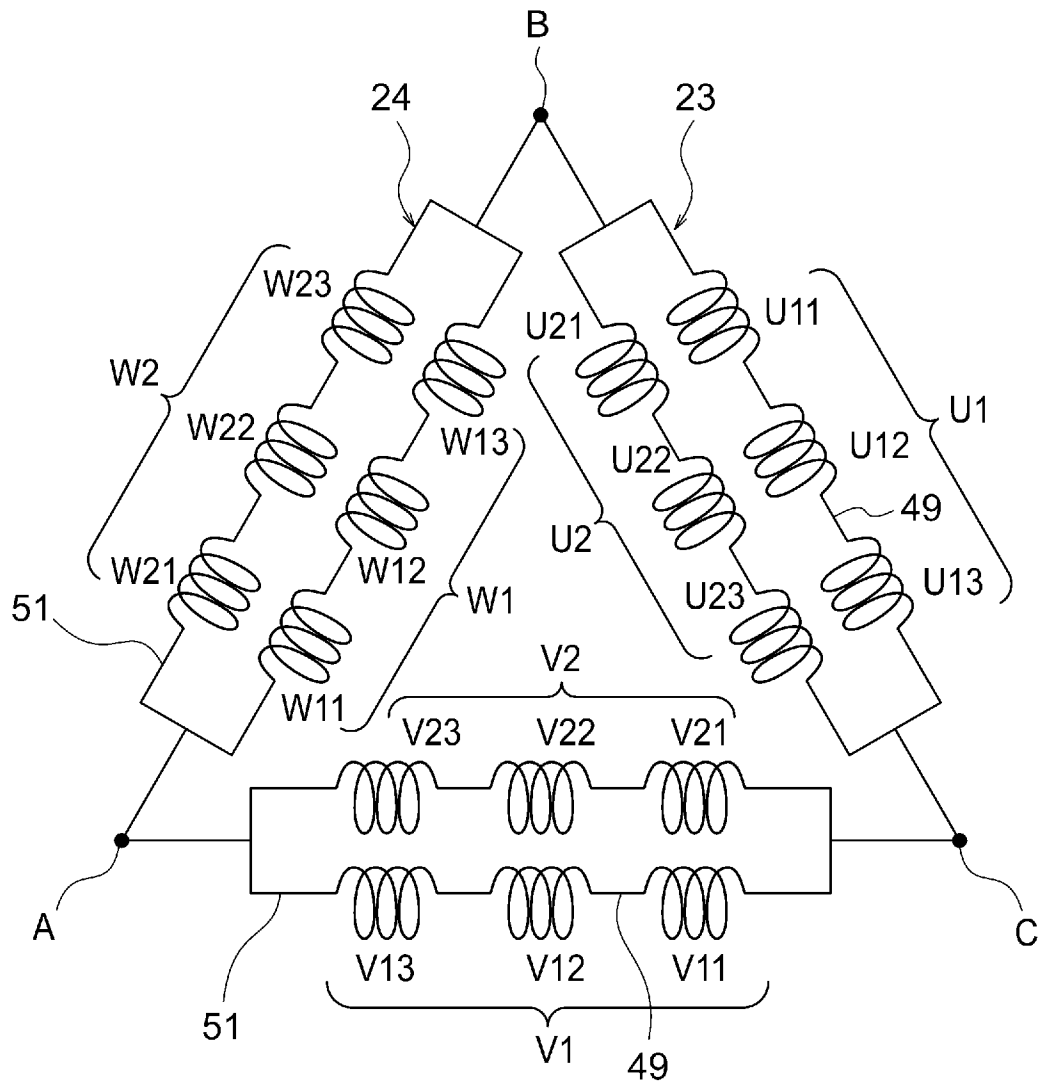
反給電部側

給電部側

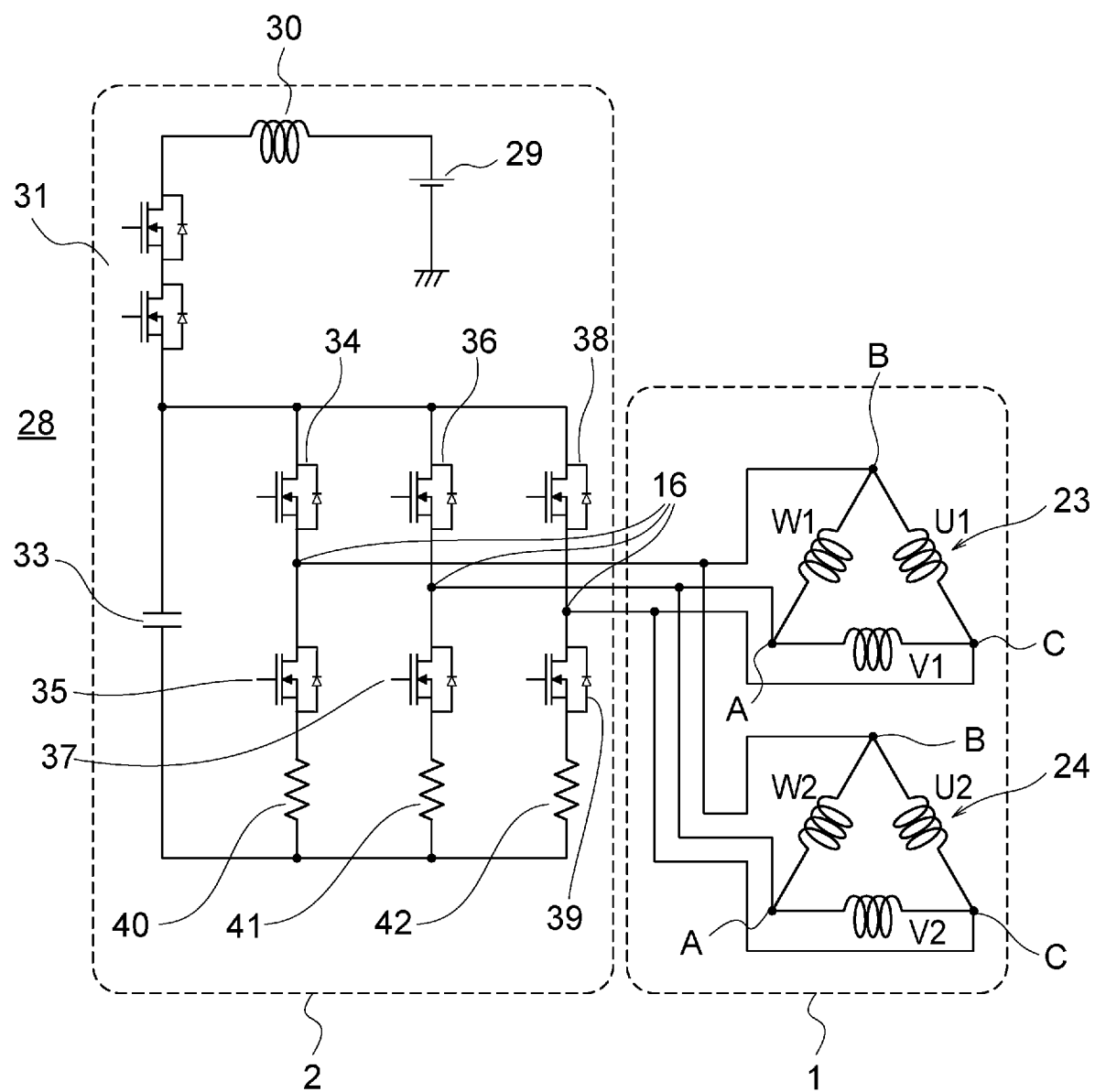
[図4]



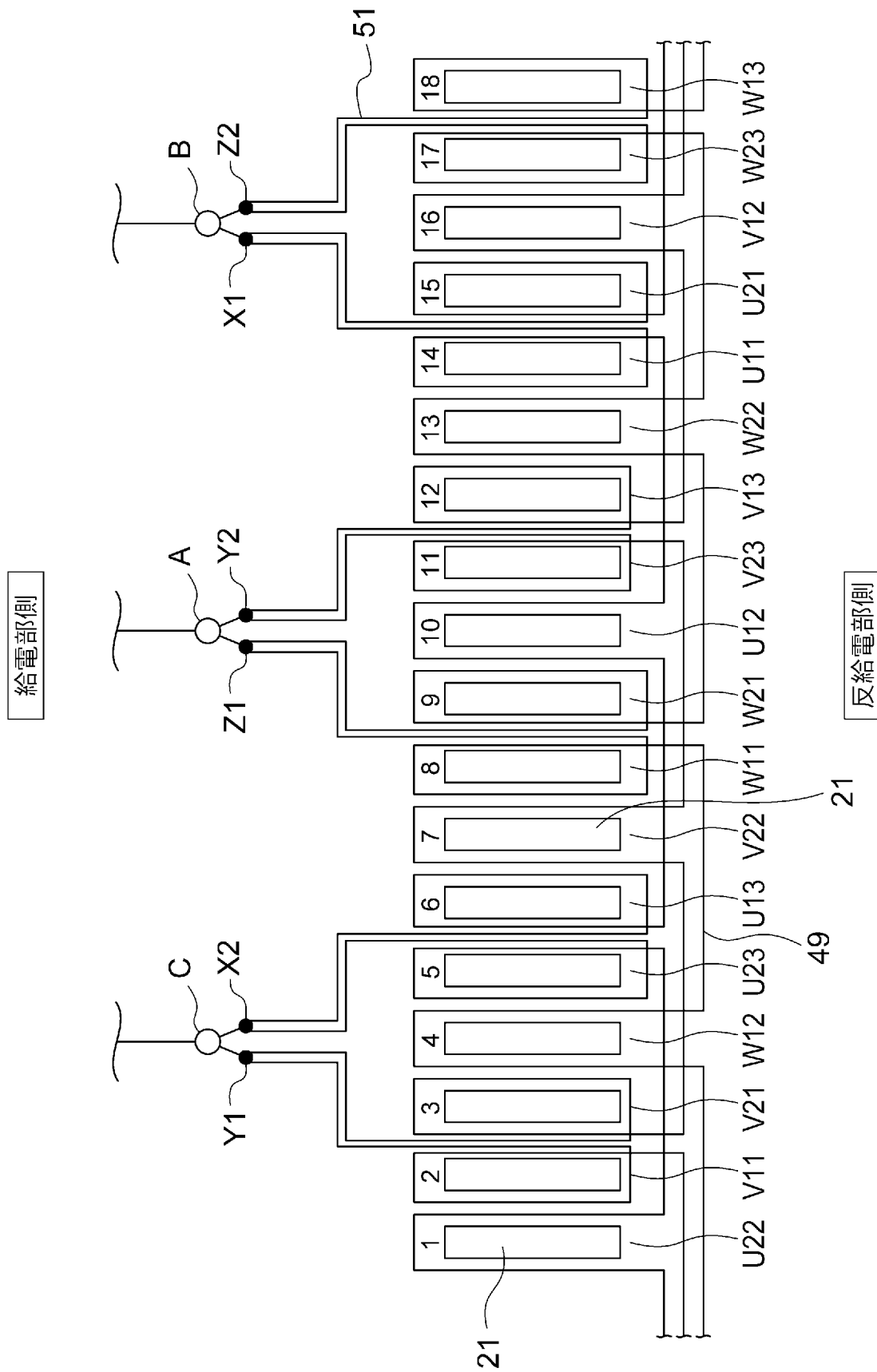
[図5]



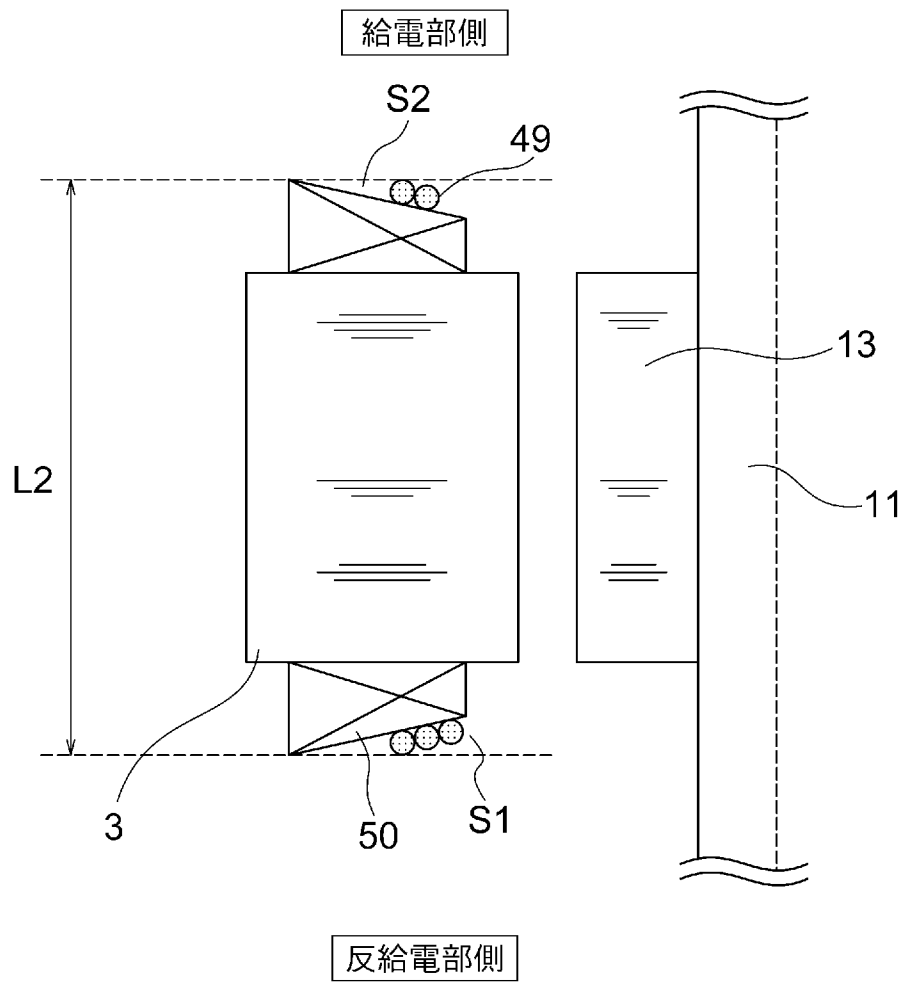
[図6]



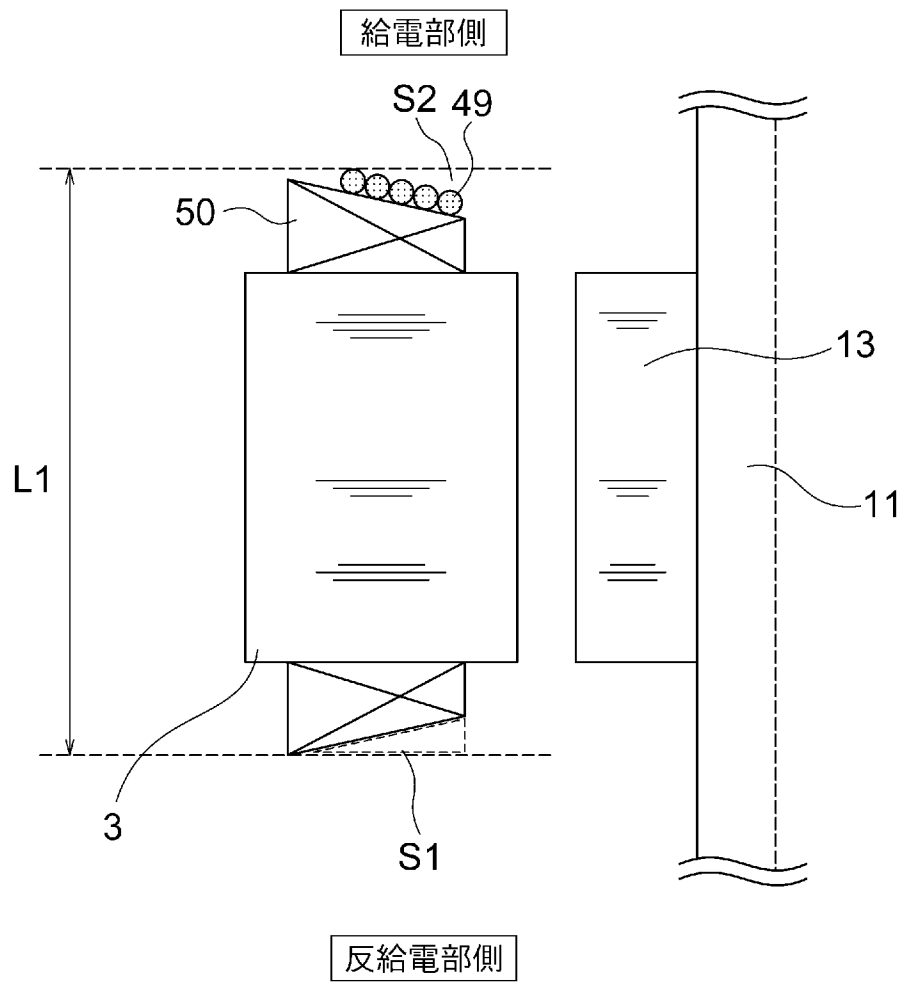
[図7]



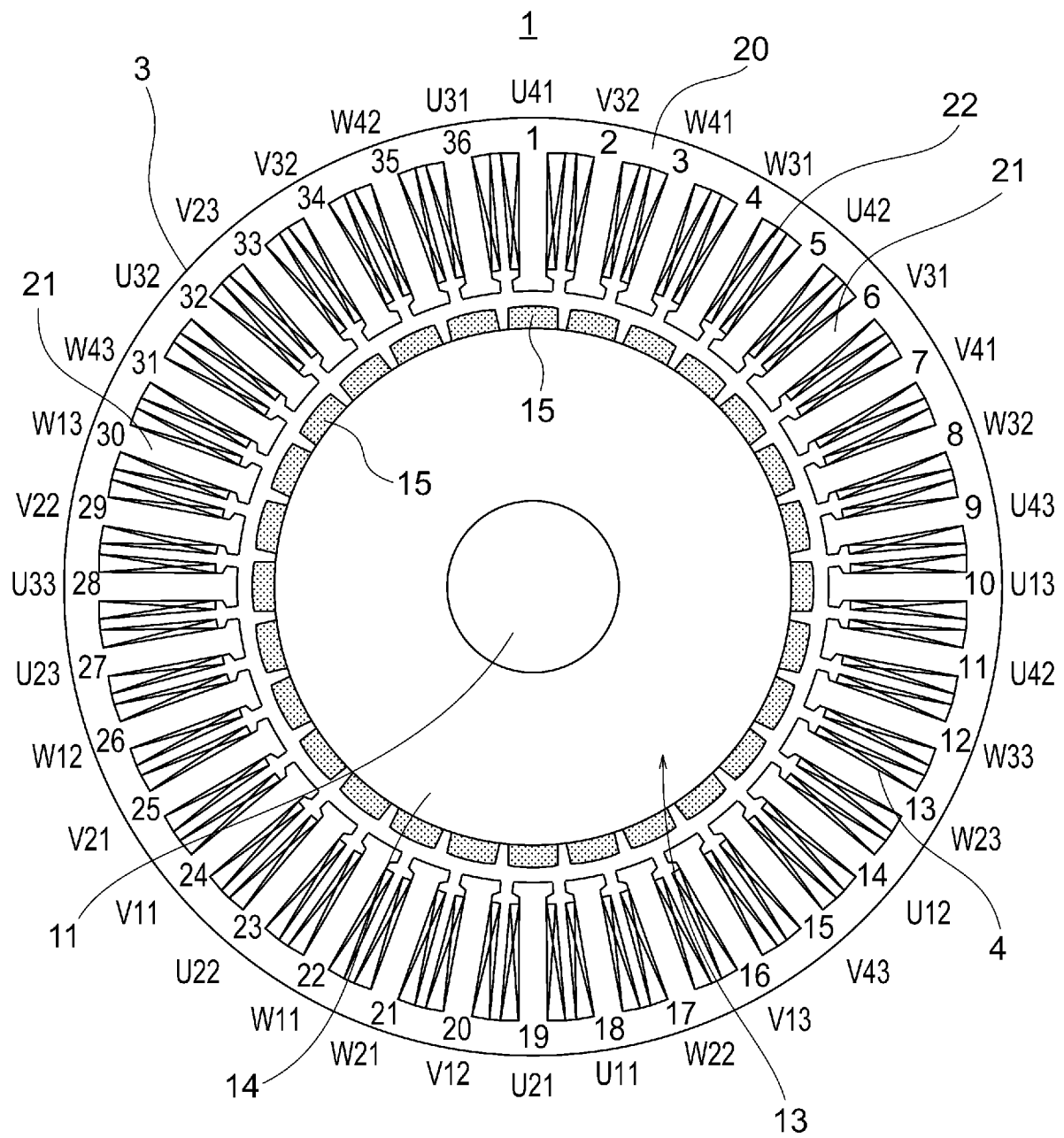
[図8]



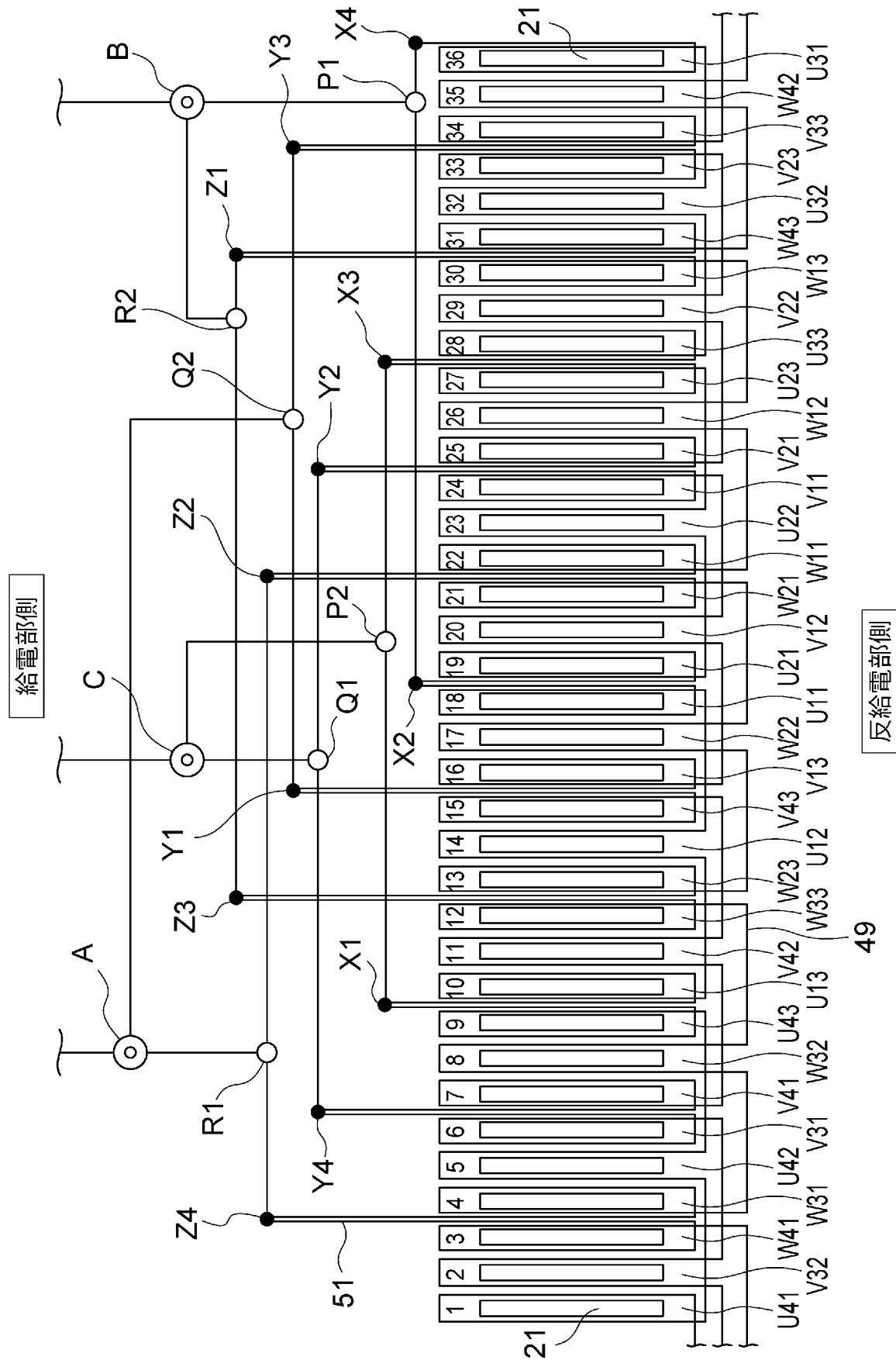
[図9]



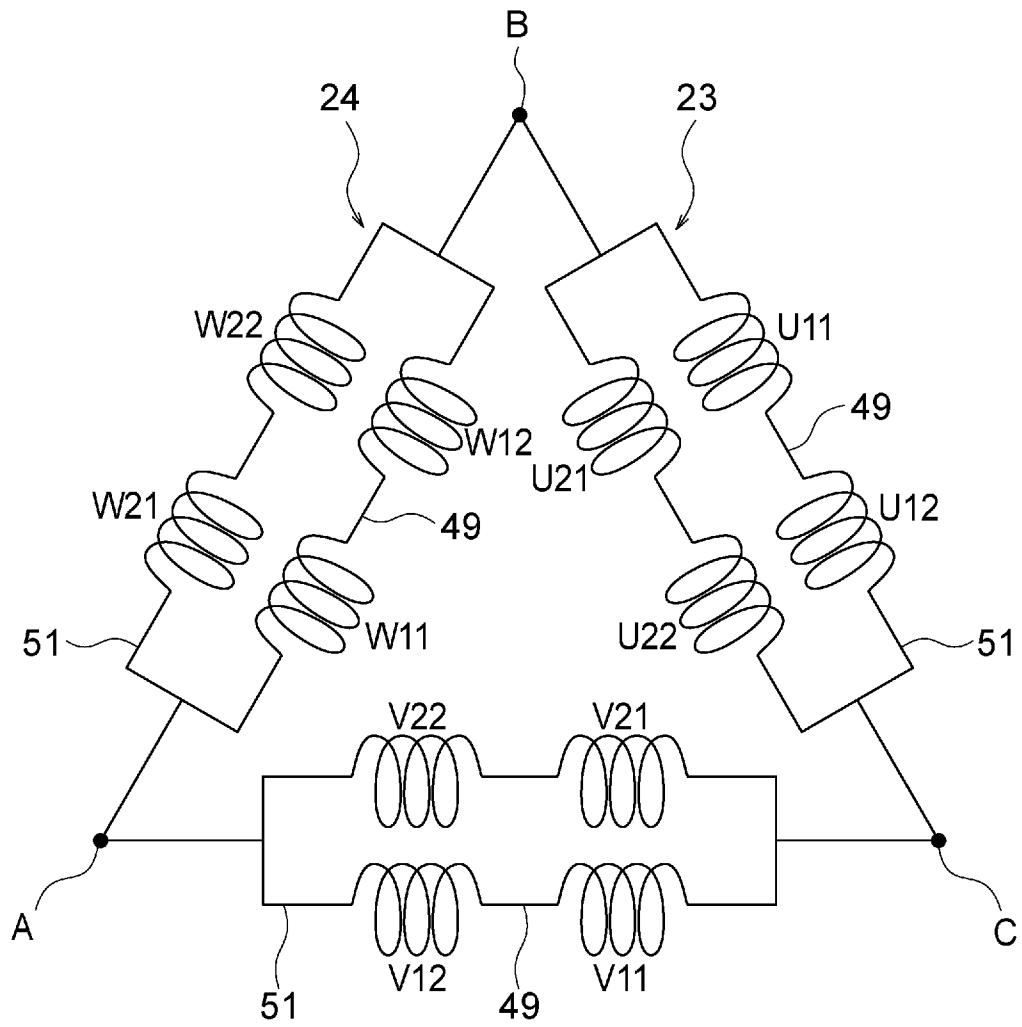
[図10]



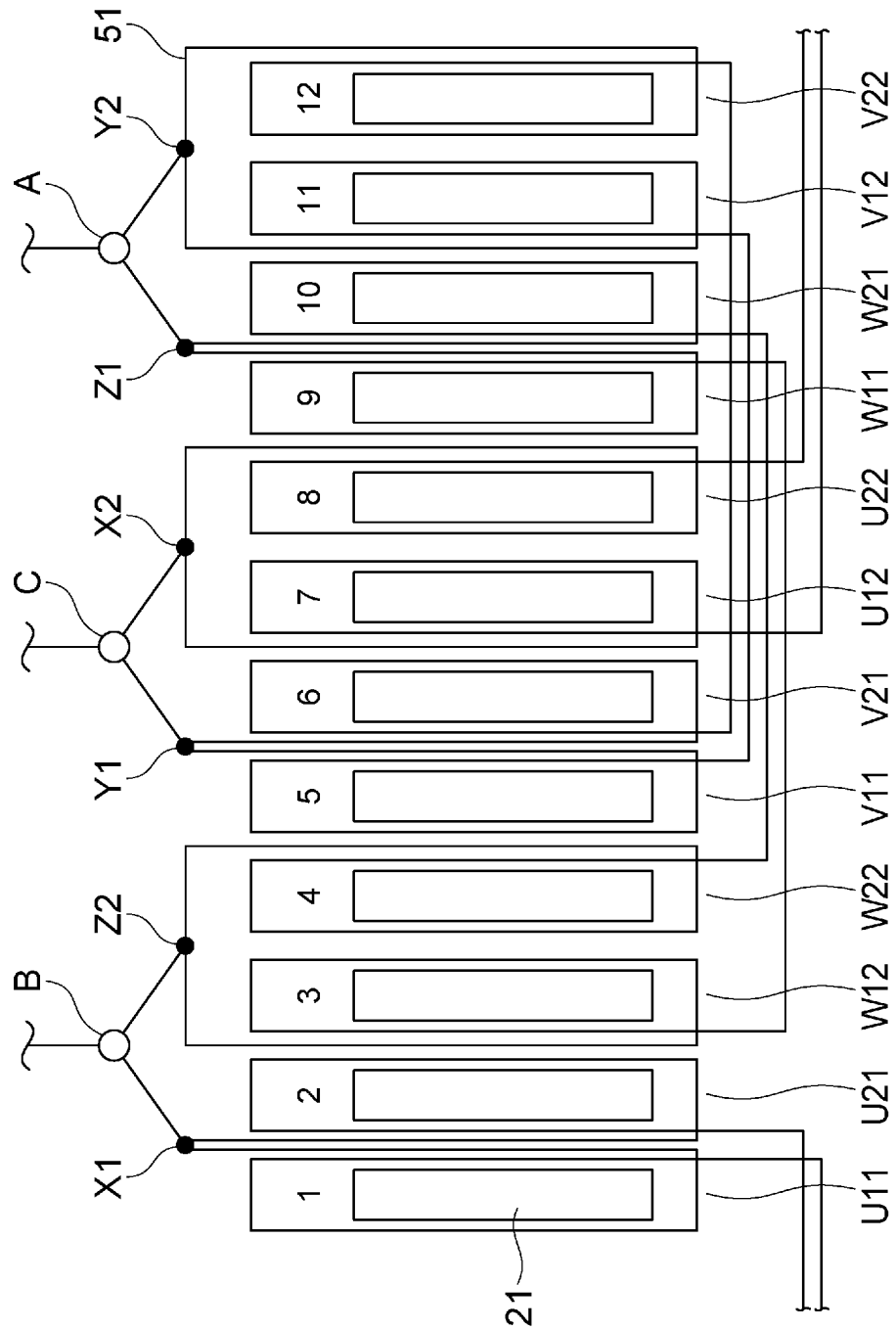
[図11]



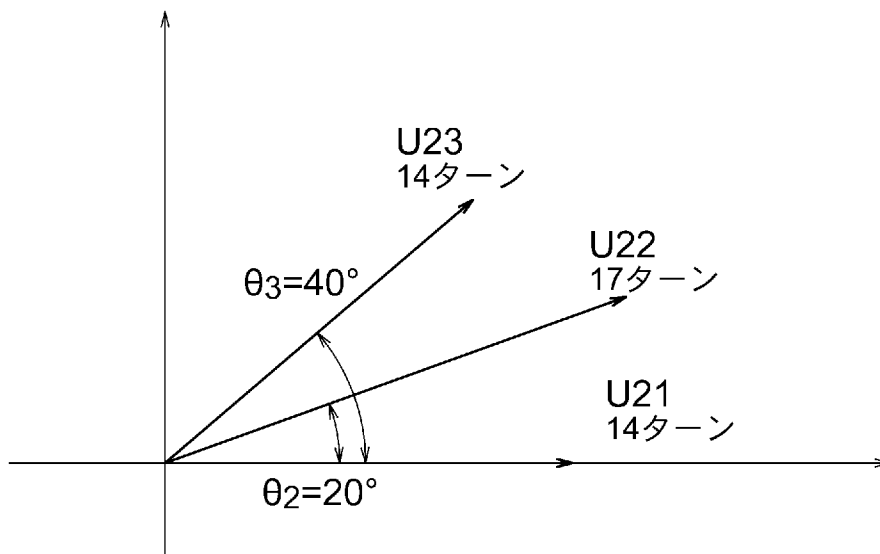
[図13]



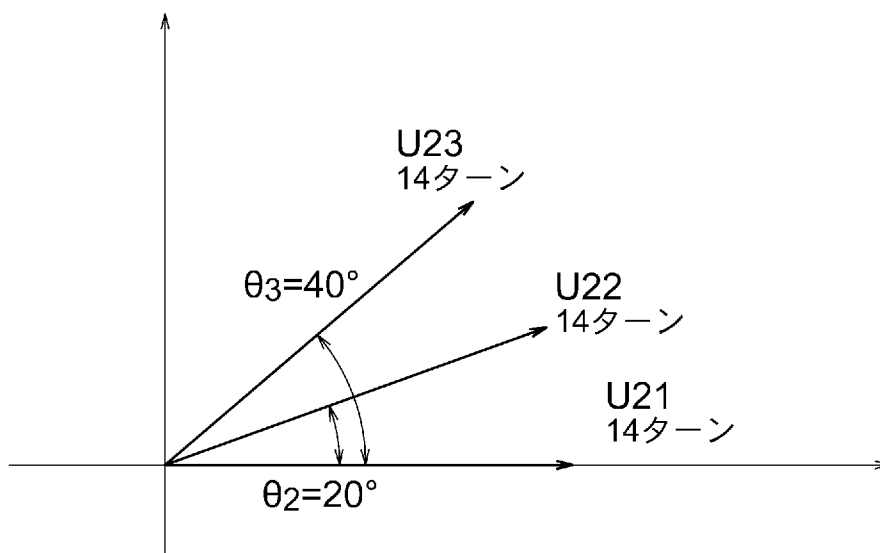
[図14]



[図15]



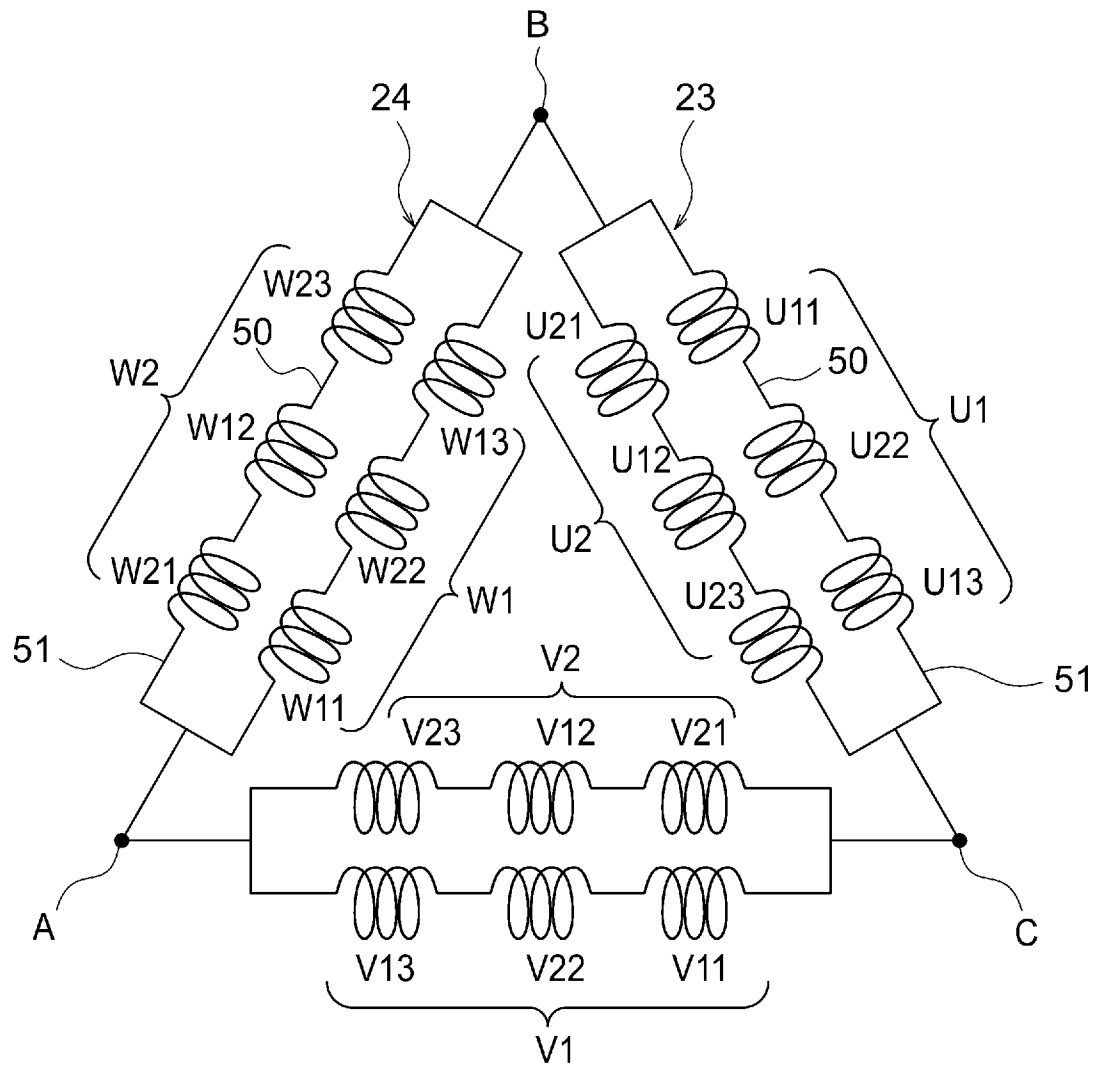
[図16]



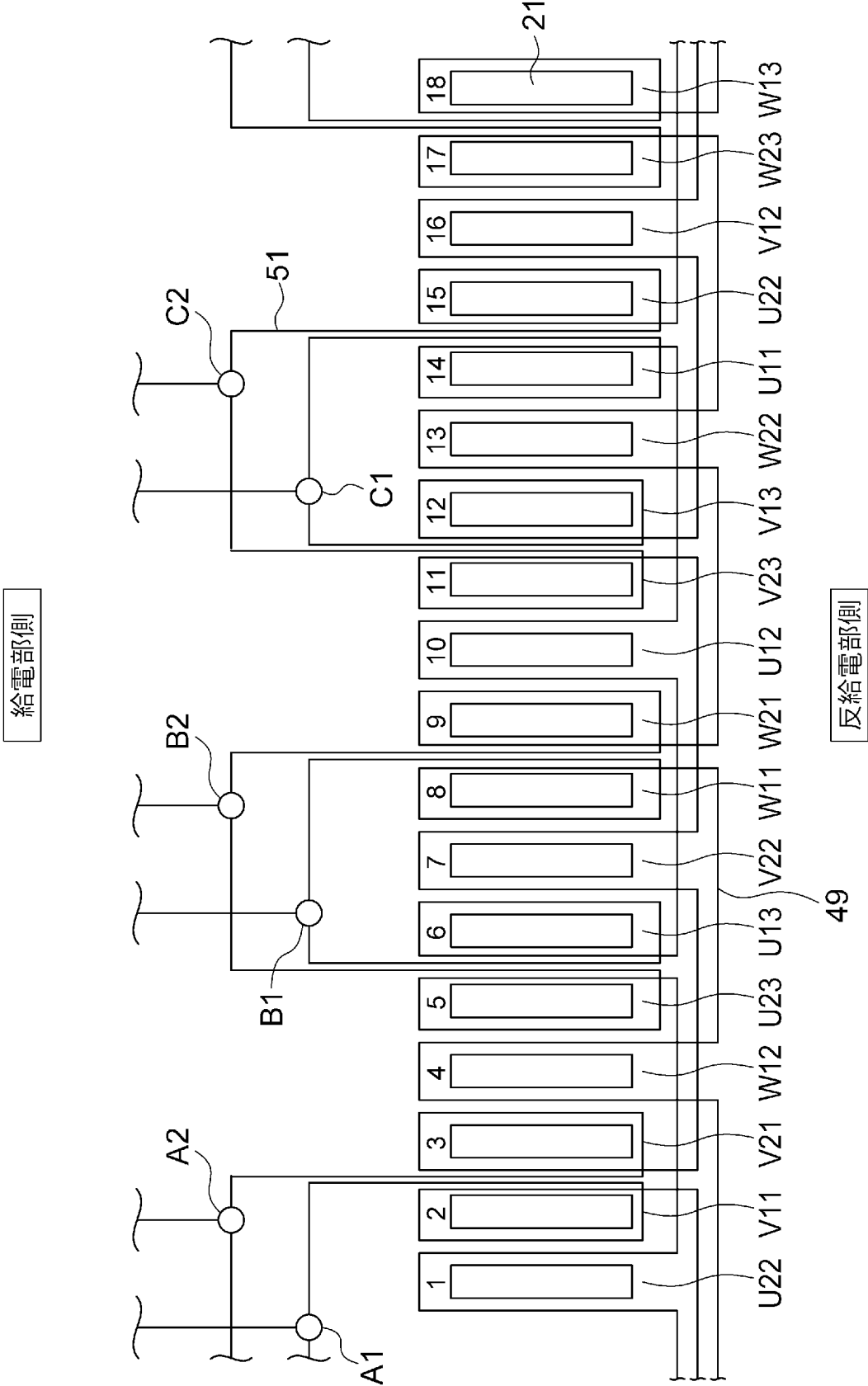
給電部側



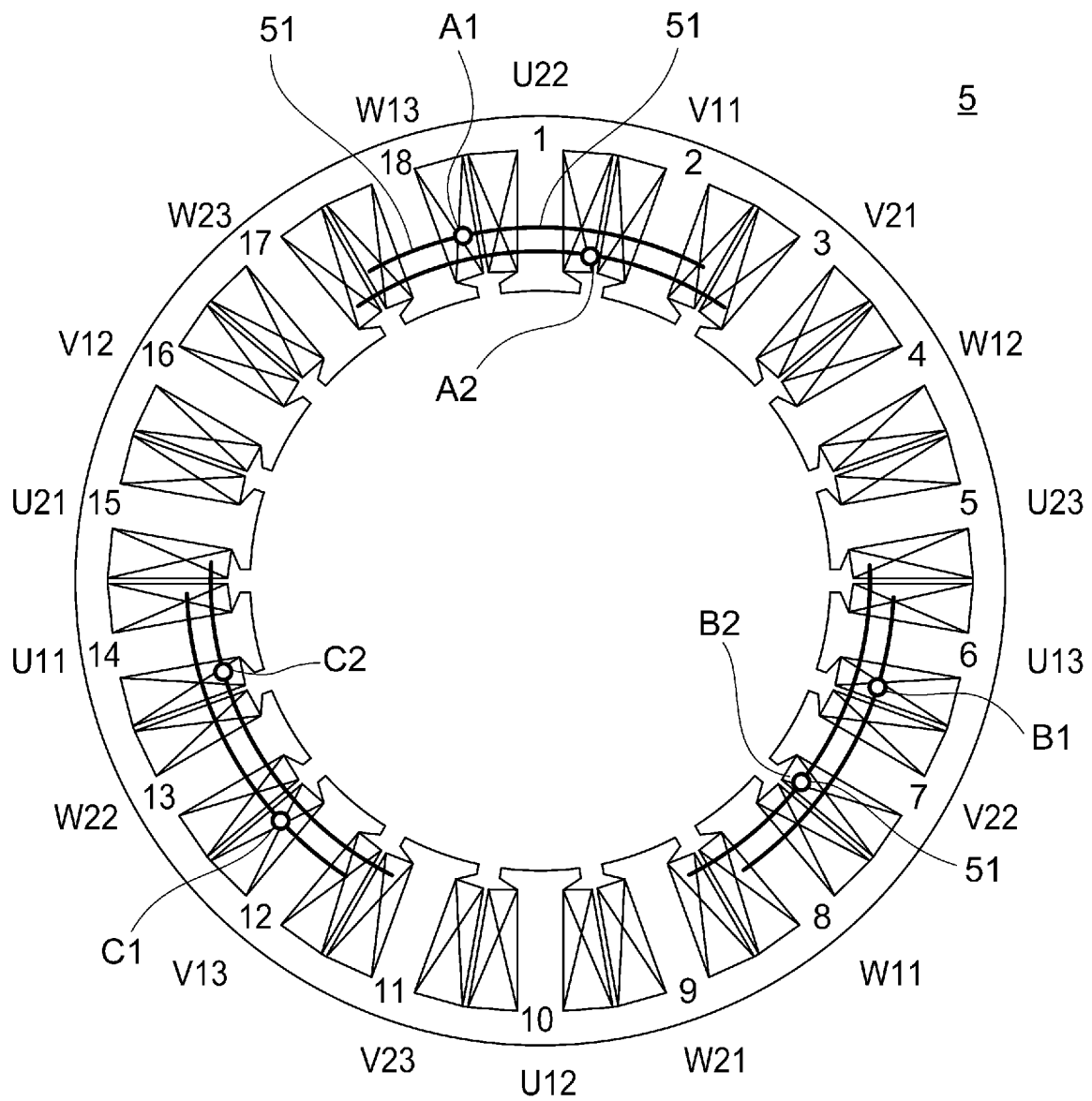
[図18]



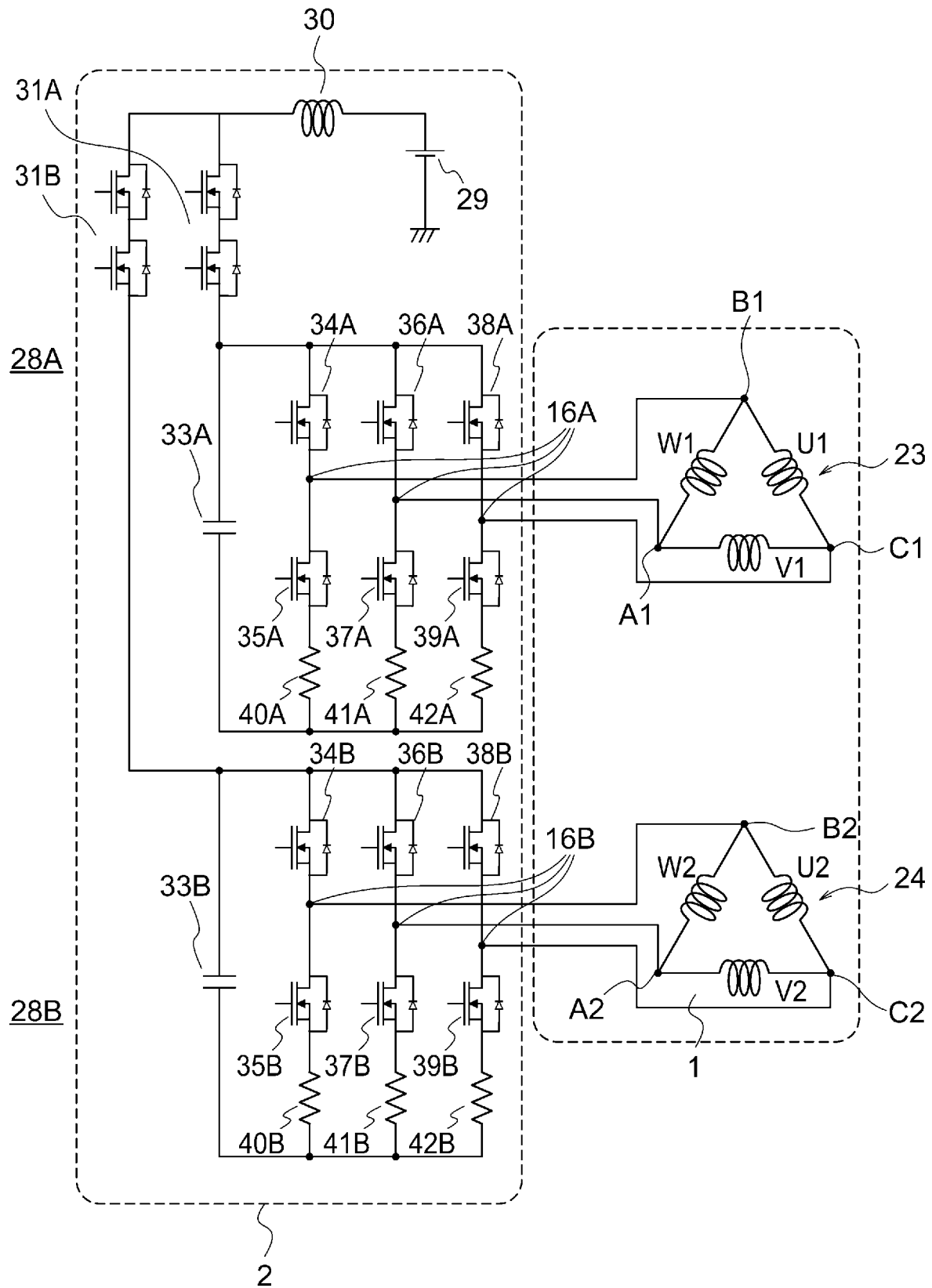
[図19]



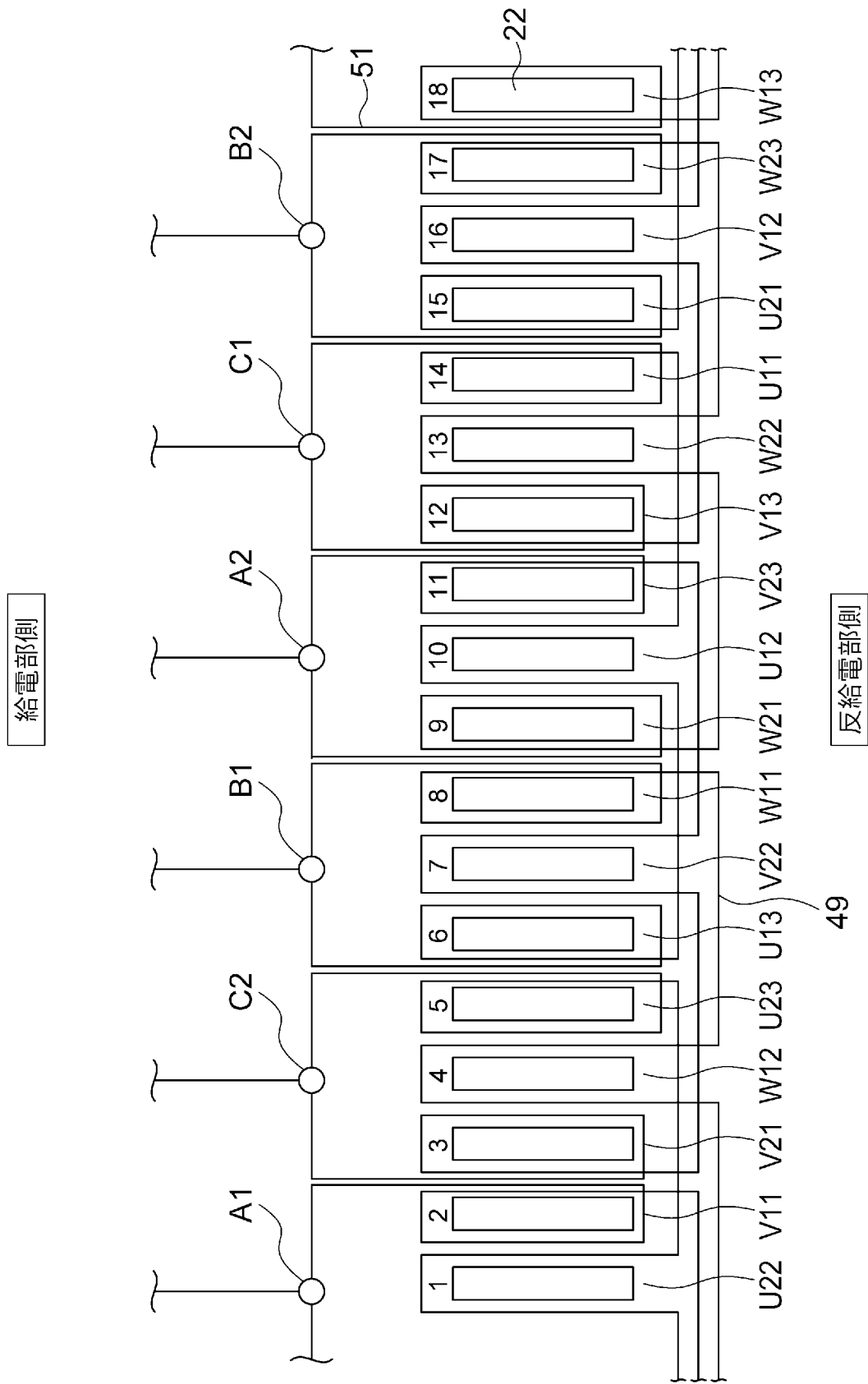
[図20]



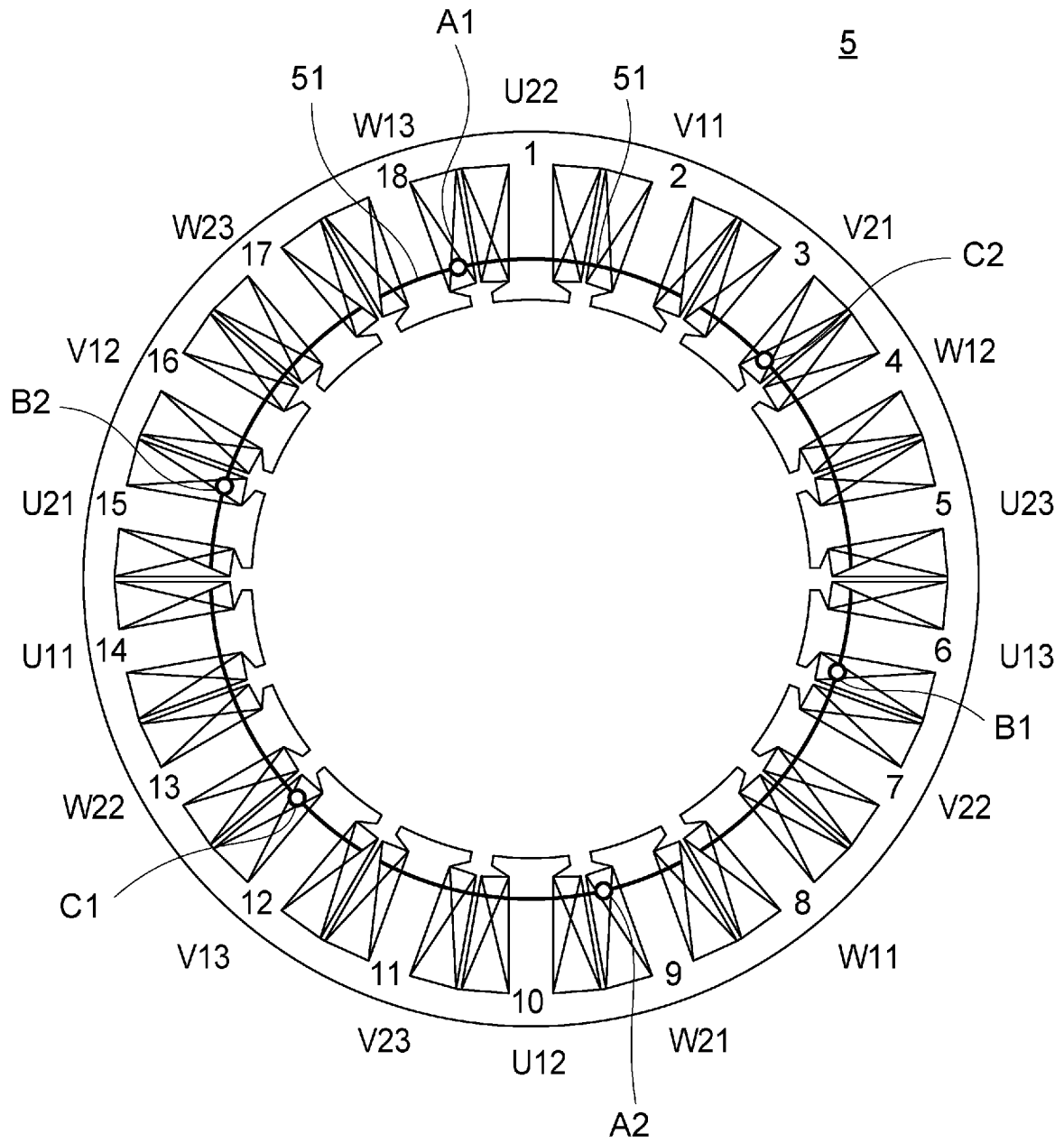
[図21]



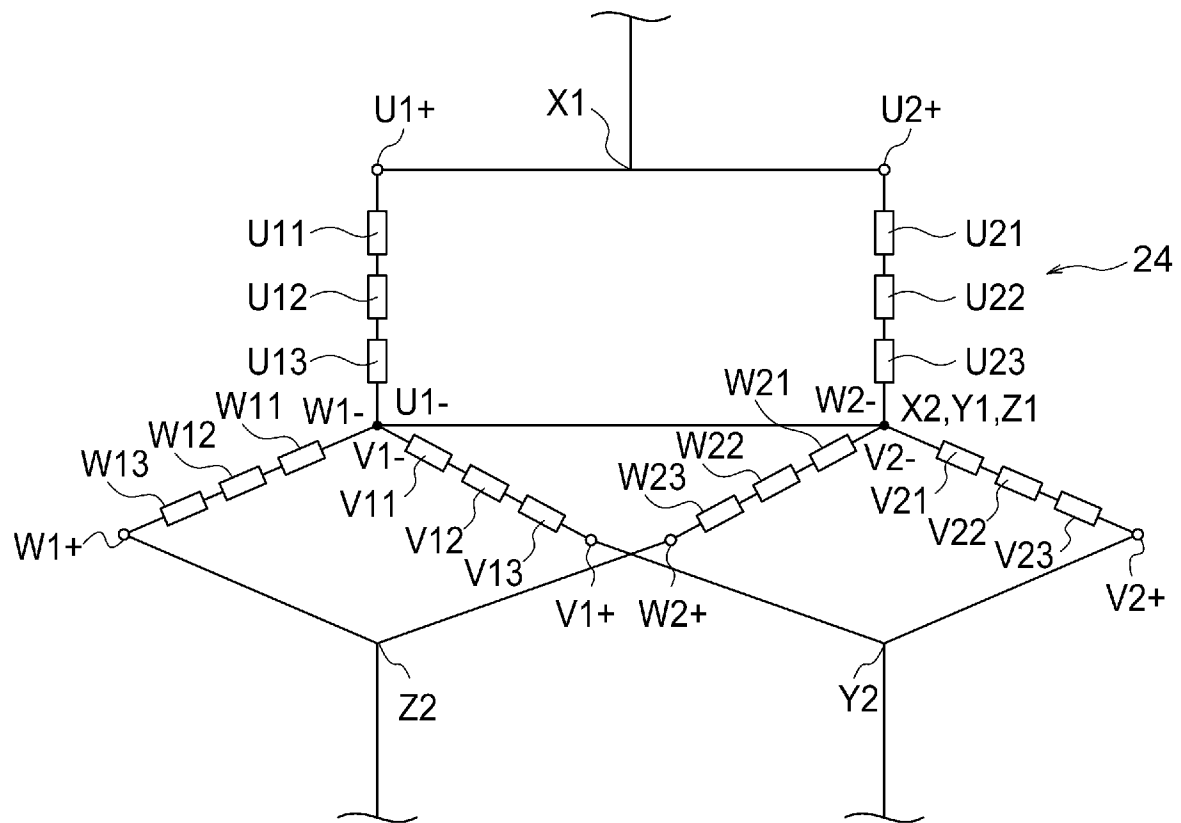
[図22]



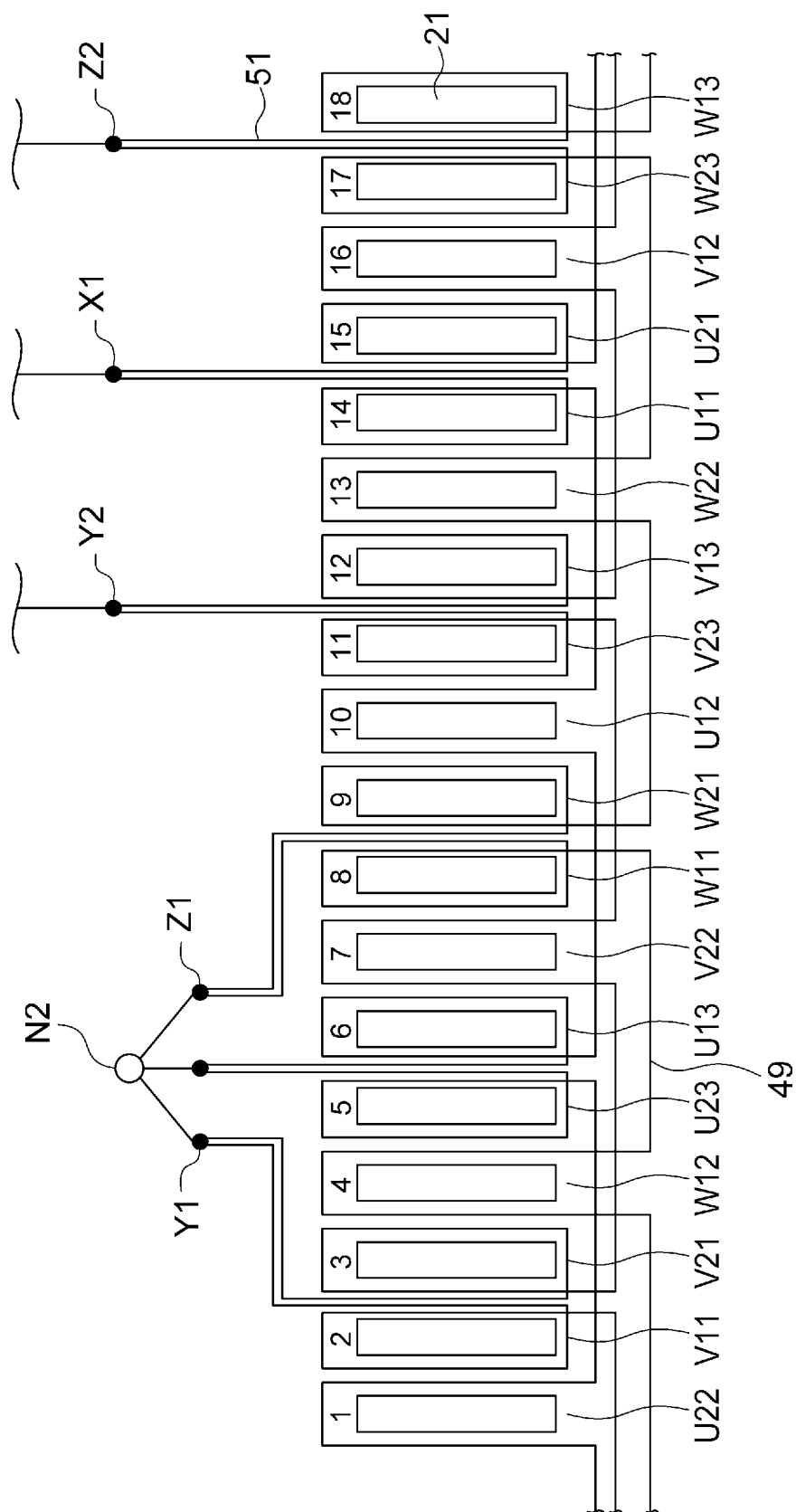
[図23]



[図24]

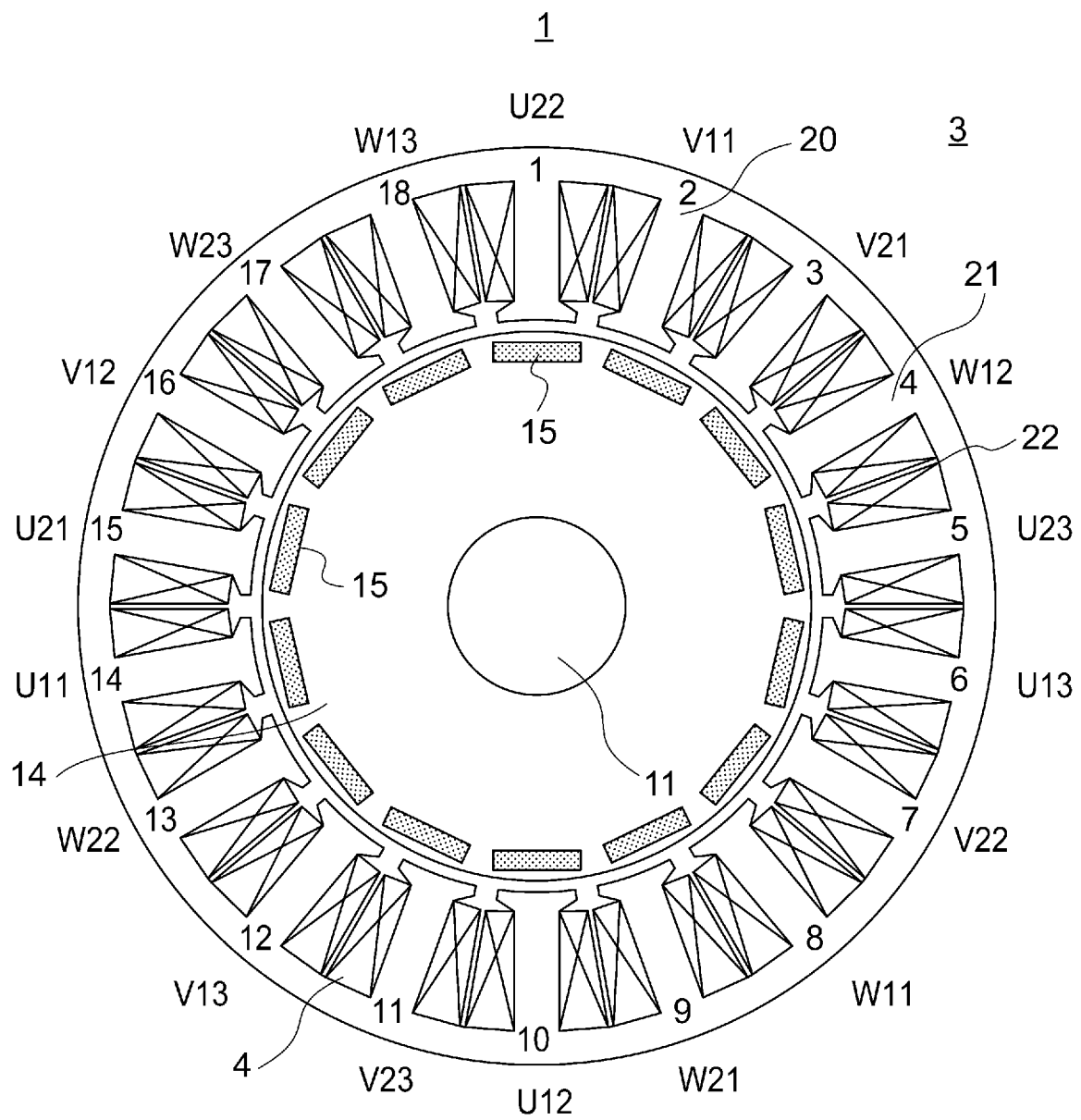


給電部側



反給電部側

[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K3/18(2006.01)i, H02K3/28(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)

H02K3/18, H02K3/28

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2014-107983 A (Mitsuba Corp.), 09 June 2014 (09.06.2014), paragraphs [0016] to [0048]; fig. 1 to 7 & WO 2014/083947 A1 & EP 2928048 A1 paragraphs [0019] to [0073]; fig. 1 to 7 & CN 104205577 A	1-2, 6-11 3-5
Y A	JP 2007-215272 A (Asmo Co., Ltd.), 23 August 2007 (23.08.2007), paragraph [0141]; fig. 22 & US 2007/0182271 A1 paragraph [0198]; fig. 22 & DE 102007006095 A1	1-2, 6-11 3-5

☐ 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
09 November 2016 (09.11.16)

Date of mailing of the international search report
22 November 2016 (22.11.16)

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. H02K3/18(2006.01)i, H02K3/28(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. H02K3/18, H02K3/28

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 A	JP 2014-107983 A（株式会社ミツバ）2014.06.09, 段落 0016-0048, 図 1-7 & WO 2014/083947 A1 & EP 2928048 A1, 段落 0019-0073, 図 1-7 & CN 104205577 A	1-2, 6-11 3-5
Y A	JP 2007-215272 A（アスモ株式会社）2007.08.23, 段落 0141, 図 22 & US 2007/0182271 A1, 段落 0198, 図 22 & DE 102007006095 A1	1-2, 6-11 3-5

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

「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

「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

「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）

「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

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.11.2016

国際調査報告の発送日

22.11.2016

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）

宮地 将斗

3 V

5 0 6 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3357