

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6650336号  
(P6650336)

(45) 発行日 令和2年2月19日 (2020.2.19)

(24) 登録日 令和2年1月22日 (2020.1.22)

(51) Int.Cl.

H02K 3/18 (2006.01)

F I

H02K 3/18

J

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-90040 (P2016-90040)  
 (22) 出願日 平成28年4月28日 (2016.4.28)  
 (65) 公開番号 特開2017-200335 (P2017-200335A)  
 (43) 公開日 平成29年11月2日 (2017.11.2)  
 審査請求日 平成31年1月10日 (2019.1.10)

(73) 特許権者 000232999  
 日立オートモティブシステムズエンジニア  
 リング株式会社  
 茨城県ひたちなか市高場2477番地  
 (74) 代理人 100098660  
 弁理士 戸田 裕二  
 (72) 発明者 田子 一農  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株  
 式会社 日立製作所内  
 (72) 発明者 金澤 宏至  
 茨城県ひたちなか市高場2477番地 日  
 立オートモティブシステムズエンジニアリ  
 ング株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

集中巻固定子と永久磁石式回転子を備えるブラシレスモータにおいて、  
 直列に巻回されるティースの数が3以上であり、  
 口出し線に接続されるティースの巻線に隣接して接続される巻線がある場合はそれらの  
 合計巻回数を端巻回数とし、

あるいは、前記口出し線に接続されるティースの巻線に隣接して接続される巻線がない  
 場合は前記口出し線に接続されるティースの巻線の巻回数を端巻回数とし、

前記口出し線に接続されるティースの巻線あるいは隣接して接続される巻線から隣接よ  
 り遠くのティースの巻線と渡り線で接続されて、別の口出し線に接続されるティースの巻  
 線あるいは隣接して接続される巻線ではないティースの巻線の巻回数を中巻回数とし、

あるいは、前記の渡り線で接続された隣接より遠くのティースの巻線に隣接して接続さ  
 れる巻線がある場合はそれらの合計巻回数を中巻回数とし、あるいは、前記の渡り線で接  
 続された隣接より遠くのティースの巻線が存在しない場合は中巻回数を0とするとき、

前記端巻回数が半整数であり、前記中巻回数が整数であるように、巻回された固定子巻  
 線で構成されるブラシレスモータ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のブラシレスモータであって、

前記口出し線に接続されるティースの巻線の巻回数を半整数とし、

前記別の口出し線に接続されるティースの巻線の巻回数を半整数とし、

10

20

前記口出し線に接続されるティースの巻線とは渡り線で隣接より遠くに接続されており、

前記別の口出し線に接続されるティースの巻線とも渡り線で隣接より遠くに接続されているティースの巻線の巻回数を整数とするように巻回された固定子巻線で構成される、14極18スロットまたは22極18スロットまたはその倍数の極スロット組合せの、集中巻固定子と永久磁石式回転子を備えるブラシレスモータ。

【請求項3】

請求項1に記載のブラシレスモータであって、

前記口出し線に接続されるティースの巻線とそれに隣接して接続される巻線の合計巻回数を半整数とし、

10

前記口出し線に接続されるティースの巻線に隣接して接続される巻線から渡り線で隣接より遠くに接続され、

前記別の口出し線に接続されるティースの巻線の巻回数を半整数とするように巻回された固定子巻線で構成される、14極18スロットまたは22極18スロットまたはその倍数の極スロット組合せの、集中巻固定子と永久磁石式回転子を備えるブラシレスモータ。

【請求項4】

請求項1ないし3に記載のいずれかのブラシレスモータであって、

電動パワーステアリング又は電動ブレーキの自動車補機に用いられるブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石式集中巻ブラシレスモータおよびこれを用いた電動パワーステアリング装置などの自動車用電動補機システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電動化による油圧の代替や、ハイブリッド自動車、電気自動車の市場拡大の流れを受けて、電動パワーステアリング（以下、EPS）装置の装着率が急速に増大している。

【0003】

EPS装置では、電気モータがステアリングホイール操作をアシストすることから、運転者はステアリングホイールを介して、モータのトルク脈動を手に感じることになる。このため、EPS用モータでは、コギングトルクをモータによるアシストトルクの1/1000程度に、トルク脈動をアシストトルクの1%程度に小さくする必要がある。

30

【0004】

さらに、近年、アイドリングストップやブレーキなどの運転操作の一部を自動化する機能を搭載した車の普及を背景に、運転快適性の向上とともに車室内の静音化が進展している。この結果、車室内騒音の低減の観点から、EPS装置などの電装品に対して低振動、低騒音が求められている。また、同時に、モータを含めた装置価格の低減が求められている。

【0005】

40

車室内の振動、騒音に繋がるモータ起因の加振源としては、モータによるトルクの変動成分（コギングトルクやトルク脈動）と、モータの固定子と回転子の間に発生する電磁加振力がある。前者は、モータの出力軸を介して、後者によるモータの振動エネルギーは、EPS装置の機械部品などを介して、車室内へ伝搬する。これらが放射音として車室内で放射され、騒音になる。EPS装置以外の電装品に関しても同様のメカニズムで車室内の騒音が発生する。

【0006】

モータの価格は、磁石、巻線などの材料の費用と製造に伴う費用からなる。このため、高出力密度で、出力の対サイズ、対磁石質量の比が大きく、材料費用を抑制できるモータであることが望ましい。また、製造が容易で、必要なマンパワー、製造装置が少なくて済

50

むモータが望ましい。

【 0 0 0 7 】

モータをEPS装置に用いる際の得失を以下に簡略に述べる。分布巻方式では、コギングトルクやトルク脈動を小さくでき、電磁加振力の空間次数を大きくして振動を小さくできるが、集中巻方式に比べて複雑で軸方向サイズが大きく、製造コストが高いことが知られている。

【 0 0 0 8 】

また、集中巻方式では、モータの極数とスロット数の比を10：12もしくは14：12となるようにすると、回転次数が高いためにコギングトルクやトルク脈動を低減できるが、電磁加振力は空間次数が2次であるため振動が問題になることが知られている。また、極数とスロット数の比が8：12のモータでは、電磁加振力の空間次数が4次で振動は小さいが、コギングトルクやトルク脈動を低減する技術が課題になることが知られている。

10

【 0 0 0 9 】

これに対して、モータの極数とスロット数の比が14：18の集中巻方式モータの特徴を、以下に、文献を引用して説明する。例えば特開昭62-110468（以下、特許文献1）や特開平9-172762（以下、特許文献2）に記載のように、巻線係数が0.902であり、8：12のモータより大きく出力密度が高いこと、コギングトルクの次数が126で小さいことが記載されている。

【 0 0 1 0 】

また、非特許文献1には、前記の巻線係数0.902のモータの3相巻線の配置が記載されており、3相の結線をすれば、巻線係数0.902のモータを構成できることが記載されている。この結線は、3相のうちの1つの相の巻線に関して、6直列、3直列2並列、2直列3並列、6並列のいずれかで構成してよい。

20

【 0 0 1 1 】

ここで、巻線は、回転軸方向に積層された固定子コアのティースに巻回されている。電源もしくは中性点への口出し線と、複数ティースを直列巻する時の隣接より遠くのティースへ渡るための渡り線は、ティースの軸方向端部に巻線の端部として配置される。

【 0 0 1 2 】

特許文献3及び特許文献4には、前記の非特許文献1に記載の3相巻線の配置で、口出し線と、渡り線が、回転軸方向の同じ側の巻線端部に配置されている例が記載されている。

30

【 0 0 1 3 】

特許文献5には、前記の非特許文献1に記載の3相巻線の配置で、口出し線と、渡り線が、回転軸方向の同じ側の巻線端部に配置されている例が記載されているとともに、空間2次の電磁加振力が極数とスロット数の比を10：12のモータと比べて小さいことが記載されている。

【 0 0 1 4 】

14極18スロットモータでは、3相のうちの1つの相の巻線を、6直列、3直列2並列、2直列3並列、6並列のいずれかで構成してよいが、6直列、3直列2並列が通常用いられる。このとき、前記の特許文献3、特許文献4、特許文献5のように口出し線と渡り線を同じ巻線端部に配置する構成では、口出し線6本から12本を接続する作業と、隣接より遠くのティースへの渡り線6本から18本を接続するかまたは巻線端部へ収納する作業が必要となり、同じ巻線端部ではスペースが限られるため、前記の作業を実施する際の手順の複雑さと追加部材による製造コストの増加が問題になる。

40

【 0 0 1 5 】

前記の先行技術において、口出し線と渡り線が、回転軸の同じ側に配置されているのは、各ティースの巻回数を整数としているためである。巻回数が整数のとき、巻き初めの巻線端部と巻き終わりの巻線端部は同じ側になる。

【 0 0 1 6 】

一方、巻回数が半整数のとき、巻き初めの巻線端部と巻き終わりの巻線端部は逆側にな

50

る。また、通常、各ティースの巻回数を同一とするが、2本のティースを直列巻する時は、巻回数を半整数にすると、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線を、逆側の巻線端部に配置できる。

【0017】

しかし、巻回数を半整数にして直列巻する時は、3本以上の奇数本ティースの場合、口出し線が両側の巻線端部に配置される。また、巻回数を半整数にして直列巻する時は、3本以上のティースの場合、隣接より遠くのティースへの渡り線が部分的に口出し線と同じ側の巻線端部に配置される。このため、巻線に関わる製造作業が煩雑になる。

【0018】

また、ティースごとに巻回数を変える場合、3相の起磁力のバランスを崩さず、トルク変動の悪化を起こさない工夫が必要である。このため、3本以上のティースを直列巻する時は、整数の同一巻回数が最も判りやすい構成である。しかし、製造コスト低減のためには、モータ特性を損なうことなく、効率よく、巻線製造作業ができる巻線の構成と方法が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0019】

【特許文献1】特開昭62-110468

【特許文献2】特開平9-172762

【特許文献3】DE 10 2011 078 157 A1\_2013.01.03

【特許文献4】DE 10 2011 084 716 A1\_2013.04.18

【特許文献5】W02013-080374A1\_20130612

【非特許文献】

【0020】

【非特許文献1】International Conferences on Electrical Machines、September 2004、F. Libert、J. Soulard、 “ Investigation on Pole-Slot Combinations for Permanent-Magnet Machines with Concentrated Windings、 ”

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

このような背景に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、集中巻ブラシレスモータにおいて、巻線に関わる製造作業を効率化することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0022】

前記の課題は、集中巻固定子と永久磁石式回転子を備えるブラシレスモータにおいて、口出し線に接続されるティースの巻線の巻回数を半整数とし、あるいは、口出し線に接続されるティースの巻線に隣接して接続される巻線がある場合はそれらの合計巻回数を半整数とし、前記の口出し線に接続されるティースの巻線あるいはそれに隣接して接続されるティースの巻線とは渡り線で隣接より遠くに接続されるティースの巻線の巻回数を、あるいは、前記の渡り線で隣接より遠くに接続されるティースの巻線に隣接して接続されるティースの巻線の合計巻回数を、整数とするように巻回された固定子巻線により解決できる。

【0023】

その他の解決手段は、実施形態において適宜記載する。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線とを、軸方向逆側の巻線端部に配置することができるので、巻線に関わる製造作業を効率化できる効果がある。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

【図 1】14極18スロット永久磁石型集中巻モータの固定子の回転軸に垂直な断面の正面図。固定子巻線の相配置を含む。

【図 2】本発明の実施形態 1 を示す図で、固定子巻線間の接続と口出し線及び渡り線への接続と配置を説明する図。

【図 3 ( A )】本発明の実施形態 1 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 3 ( B )】本発明の実施形態 1 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 4 ( A )】本発明の実施形態 1 を示す図で、2 並列 Y 結線接続を説明する図。

10

【図 4 ( B )】本発明の実施形態 1 を示す図で、2 並列 結線接続を説明する図。

【図 4 ( C )】本発明の実施形態 1 を示す図で、直列 Y 結線接続を説明する図。

【図 4 ( D )】本発明の実施形態 1 を示す図で、直列 結線接続を説明する図。

【図 5】本発明の実施形態 2 を示す図で、固定子巻線間の接続と口出し線及び渡り線への接続と配置を説明する図。

【図 6 ( A )】本発明の実施形態 2 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 6 ( B )】本発明の実施形態 2 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 7】本発明の実施形態 3 を示す図で、固定子巻線間の接続と口出し線及び渡り線への接続と配置を説明する図。

20

【図 8】本発明の実施形態 3 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 9】本発明の実施形態 4 を示す図で、固定子巻線間の接続と口出し線及び渡り線への接続と配置を説明する図。

【図 1 0】本発明の実施形態 4 を示す図で、渡り線の干渉を避けて固定子を製造する手順例を説明する図。

【図 1 1】本発明の実施形態 4 を示す図で、トルクの計算結果を説明する図。

【図 1 2】本発明の実施形態 4 を示す図で、トルクリップルの計算結果を説明する図。

【発明を実施するための形態】

30

## 【 0 0 2 6 】

次に、本発明を実施するための形態（「実施形態」という）について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図面において、同様の構成要素については、同一の符号を付して説明を省略する。

## 【 0 0 2 7 】

なお、本実施例のEPS装置向け永久磁石式ブラシレスモータは、その他の自動車用電動補機装置へも適用可能である。さらには、低振動化が好ましい産業用のブラシレスモータ全般にも適用可能である。

## 【 0 0 2 8 】

以下では、巻線係数0.902の14極18スロットモータを例にとり、図を用いて説明する。巻回されたティースの相と巻回方向（もしくは電流方向）は、図 1 に示すようになる。図 1 に示すように、1 8 スロットの固定子を構成するティースに記号を付けて区別する。ティースの記号の付け方は、反時計まわりの方向に隣接して並ぶ順に、T1、 T2、 T3、 T4、 T5、 T6、 T7、 T8、 T9、 T10、 T11、 T12、 T13、 T14、 T15、 T16、 T17、 T18 のように示す。前記の各ティースに巻回される巻線は、それぞれ、U1a、 V1a、 V2b、 W1b、 U2b、 U3a、 V3a、 W2a、 W3b、 U4b、 V4b、 V5a、 W4a、 U5a、 U6b、 V6b、 W5b、 W6aのように、記号を付けて区別する。U、V、Wの記号はU相、V相、W相を表し、数字は各相がティースの並びに沿って何個目に現れるかを表し、aとbは巻回方向（または電流方向）の順逆を表す。

40

6 0 ° 毎の回転対称の位置にある巻線の組：U1a、 W1b、 V3a、 U4b、 W4a、 V6bを組

50

Aとする。60°毎の回転対称の位置にある巻線の組：V1a、U2b、W2a、V4b、U5a、W5bを組Bとする。60°毎の回転対称の位置にある巻線の組：V2b、U3a、W3b、V5a、U6b、W6aを組Cとする。

【0029】

どの組も、Ua、Wb、Va、Ub、Wa、Vbの順で等間隔に配置されており、この6巻線によるトルクリップルの次数は $6 \times \text{極対数}(7) = 42$ 次であり、14極18スロットでの次数と変わらない。これは、3相の起磁力のバランスが保たれるためである。したがって、組A、組B、組Cの巻回数が違うモータであっても、各組内で巻回数が同じであれば、このモータのトルクリップルは、全ての巻回数が前記モータの平均巻回数のモータのトルクリップルと同程度になる。また、トルクは、全ての巻回数が同じ平均巻回数のモータのトルクとほぼ一致すると考えられる。すなわち、組ごとに、巻回数を変えても問題がない。

10

【0030】

以上で説明したように、14極18スロットまたは22極18スロットまたはその倍数の極スロット組合せのモータの例にとると、組A、組B、組Cのそれぞれを、異なる巻数で巻回しても3相起磁力のバランスを崩さず、トルク変動・加振力の悪化が起きない構成になる。また、前記のモータ以外でも、巻線の直列数が3以上であって、巻回数の違いによるトルク変動・加振力の悪化影響が小さい場合には、口出し線と隣接より遠くのティースへの渡り線とを軸方向逆側の巻線端部に配置するために、異なる巻数で巻回してよい。

【0031】

(第1の実施形態)

20

図1から図4(D)を用いて、本発明の第1の実施形態による永久磁石式14極18スロットブラシレスモータの構成を説明する。

【0032】

図1において、U5a、U1a、U3aを3直列巻線とし、同様にV1a、V3a、V5aとW2a、W4a、W6aを3直列巻線として、これらをタイプaの3直列巻線とする。また、U2b、U4b、U6bを3直列巻線とし、同様にV4b、V6b、V2bとW5b、W1b、W3bを3直列巻線として、これらをタイプbの3直列巻線とする。前記の各3直列巻線において、3直列の巻線の巻回数を、この順に、半整数Na、整数N、半整数Nbとする。

【0033】

このとき、組A：U1a、W1b、V3a、U4b、W4a、V6bの巻回数は整数Nであり、組B：V1a、U2b、W2a、V4b、U5a、W5bの巻回数は半整数Naであり、組C：V2b、U3a、W3b、V5a、U6b、W6aの巻回数は半整数Nbであり、各組の中では同じ巻回数になる。

30

【0034】

前記のように、3直列巻線と巻回数を構成した時に、ティースT1からT18をこの順に並べて巻回した時の、各巻線の接続と口出し線及び渡り線の配置を、図2を用いて説明する。

【0035】

図2は、図1のティース及び巻線の周方向の並びを展開して、T1を左側にしてT18を右側にして直線状に並べて図示したものである。図2の上下方向が回転軸の方向であり、ティースに巻回された巻線の上側の端部に口出し線が配置され、下側の端部に渡り線が配置される図になっている。

40

【0036】

図2において、巻線の口出し線に、U、V、Wの各相と、a、bの巻線タイプと、電流方向の順逆(a、b)を1文字ずつ用いて記号を付けて、区別する。例えば、口出し線Vaaに接続される巻線V1aは、半整数Na回の巻回数のため、渡り線はVaaと逆側になって巻線V3aに渡り、V3aは整数N回の巻回数のため、渡り線はVaaと逆側になって巻線V5aに渡り、V5aは半整数Nb回の巻回数のため、口出し線VabはVaaと同じ側になる。このように、前記の3直列巻線と巻回数を用いることにより、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線と、を逆側に配置できる。ここで、図2の符号a1とa2は、渡り線がa1とa2でつながっていることを表す。

50

## 【 0 0 3 7 】

以下では、分割された固定子コアのティースに巻回して3直列巻線を作成しておき、固定子に組み立てる手順の例を、図3(A)と図3(B)を用いて説明する。図3(A)と図3(B)は、口出し線を下にして、分割コアを挿入して組み立てていく例での、渡り線側(上側)から見た巻線端部の正面図であり、挿入された分割コア巻線と渡り線の配置が示されている。

## 【 0 0 3 8 】

最初に、タイプaの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てるとする。第1に、U5a、U1a、U3aの3直列巻線とT14、T1、T6のティースを含む分割コアを配置する。第2に、V1a、V3a、V5aの3直列巻線とT2、T7、T12のティースを含む分割コアを配置する。第3に、W2a、W4a、W6aの3直列巻線とT8、T12、T18のティースを含む分割コアを配置する。

10

## 【 0 0 3 9 】

このとき、図3(A)に示すように、U5a、U1a、U3aの3直列巻線の渡り線501と502は、V相のV1aの分割コアを配置する際とW相のW6aの分割コアを配置する際に干渉する。そこで、渡り線501と502を内径側に変形させておくことにより、V相のV1aの分割コアとW相のW6aの分割コアを配置することができる。

## 【 0 0 4 0 】

また、V3a、V5a間の渡り線503は、W相のW2aの分割コアを配置する際に干渉する。そこで、この渡り線503を内径側に変形させておくことにより、W相のW2aの分割コアを配置することができる。その他の渡り線504、505、506は変形させずに、巻線端部に配置することが可能である。図3(A)は、この時点での配置を示している。

20

## 【 0 0 4 1 】

次に、タイプaの渡り線501ないし506をすべて内径側に変形させておき、タイプbの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てる手順の例を、図3(B)を用いて説明する。

## 【 0 0 4 2 】

第4に、U2b、U4b、U6bの3直列巻線とT5、T10、T15のティースを含む分割コアを配置する。第5に、V4b、V6b、V2bの3直列巻線とT11、T16、T3のティースを含む分割コアを配置する。第6に、W5b、W1b、W3bの3直列巻線とT17、T4、T9のティースを含む分割コアを配置する。

## 【 0 0 4 3 】

このとき、図3(A)の場合と同様に、U2b、U4b、U6bの3直列巻線の渡り線は、V相のV4bの分割コアを配置する際とW相のW3bの分割コアを配置する際に干渉する。そこで、内径側に変形させておくことにより、V相のV4bの分割コアとW相のW3bの分割コアを配置することができる。

30

## 【 0 0 4 4 】

また、V6b、V2b間の渡り線は、W相のW5bの分割コアを配置する際に干渉する。そこで、内径側に変形させておくことにより、W相のW5bの分割コアを配置することができる。前記のようにして、全ての分割コアを配置した後に、内径側に変形させたタイプbの3本の渡り線を巻線端部に配置する。

## 【 0 0 4 5 】

図3(B)は、この時点での配置を示しており、巻線端部のタイプbの渡り線を破線で示している。最後に、内径側に変形させたタイプaの6本の渡り線を巻線端部に配置し、固定子巻線の組立てが完了する。第1例は、変形させて巻線端部に配置する渡り線が9本である。

40

## 【 0 0 4 6 】

このような配置にすると、口出し線側は、Y結線での中性点と電源端子への接続が、結線での電源端子への接続を実施すればよく、渡り線の処理が不要になるため、追加部材や複雑な処理手順を用いる必要がなくなるため、作業効率を向上し、製造コストを低減できる。

## 【 0 0 4 7 】

50

前記の3直列巻線と巻回数を用いたときの、2並列Y結線での巻線の結線配置例を図4(A)に示す。タイプaの3直列巻線のみでY結線を構成し、また、タイプbの3直列巻線のみでY結線を構成して、両者の外部端子を並列に接続する。

【0048】

前記のタイプaの3直列巻線U5a、U1a、U3aのU5aを口出し側に配置し、U3aを中性点側に配置し、その他の3直列巻線も同様に、口出し側と中性点側の対応をとって、配置すると、図4(A)の左側の結線配置になる。

【0049】

図4(A)において、図2の口出し線Uab、Vab、Wabは中性点301に接続され、図2の口出し線Uaa、Vaa、Waaは電源への口出し線である。タイプbの3直列巻線でY結線を構成することも同様であるため説明を省略する。UaaとUbaをU相電源端子に接続し、VaaとVbaをV相電源端子に接続し、WaaとWbaをW相電源端子に接続することで、2並列Y結線が構成できる。

10

【0050】

前記の3直列巻線と巻回数を用いたときの、2並列結線での巻線の結線配置例を図4(B)に示す。タイプaの3直列巻線のみで結線を構成し、また、タイプbの3直列巻線のみで結線を構成して、両者の外部端子を並列に接続する。

【0051】

図4(A)に示されるように、前記のタイプaの3直列巻線U5a、U1a、U3aの口出し線UaaとW2a、W4a、W6aの口出し線Wabとを端子351に接続する。U5a、U1a、U3aの口出し線UabとV1a、V3a、V5aの口出し線Vaaとを端子352に接続する。V1a、V3a、V5aの口出し線VabとW2a、W4a、W6aの口出し線Waaとを端子353に接続する。これらのように接続すると図4(B)の左側の結線配置になる。

20

【0052】

タイプbの3直列巻線で結線を構成することも同様であるため説明を省略する。端子351と端子354からU相電源端子に接続し、端子352と端子355からV相電源端子に接続し、端子353と端子356からW相電源端子に接続することで、2並列結線が構成できる。

【0053】

前記の3直列巻線と巻回数を用いたときの、直列Y結線での巻線の結線配置例を図4(C)に示す。前記のタイプaの3直列巻線U5a、U1a、U3aのU5aを口出し側に配置し、UabとUbaを接続して6直列として、Ubbを中性点303に接続する。

30

【0054】

その他の3直列巻線も同様に、対応する口出し線を、口出し側、直列接続、中性点側に配置すると、図4(C)の結線配置になる。図4(C)において、口出し線Ubb、Vbb、Wbbは中性点301に接続され、口出し線Uaa、Vaa、Waaは電源への口出し線である。UaaをU相電源端子に接続し、VaaをV相電源端子に接続し、WaaをW相電源端子に接続することで、直列Y結線が構成できる。なお、6直列巻線を構成する際に、U3aとU2bの巻回数を整数として渡り線でU3aとU2bを接続することも考えられるが、渡り線による干渉が煩雑になるので、本例では口出し線UabとUbaの接続を用いた。

【0055】

40

前記の3直列巻線と巻回数を用いたときの、直列結線での巻線の結線配置例を図4(D)に示す。前記のタイプaの3直列巻線U5a、U1a、U3aの口出し線Uabを前記のタイプbの3直列巻線U2b、U4b、U6bの口出し線Ubaと接続し、V1a、V3a、V5aの口出し線VabをV4b、V6b、V2bの口出し線Vbaと接続し、W2a、W4a、W6aの口出し線WabをW5b、W1b、W3bの口出し線Wbaと接続して6直列とする。前記のタイプaの3直列巻線U5a、U1a、U3aの口出し線UaaとW5b、W1b、W3bの口出し線Wbbとを端子357に接続し、U2b、U4b、U6bの口出し線UbbとV1a、V3a、V5aの口出し線Vaaとを端子358に接続し、V4b、V6b、V2bの口出し線VbbとW2a、W4a、W6aの口出し線Waaとを端子359に接続すると、図4(D)の結線配置になる。図4(D)において、端子357からU相電源端子に接続し、端子358からV相電源端子に接続し、端子359からW相電源端子に接続することで、直列結線が構成できる。

50



## 【 0 0 5 6 】

前記の Y 結線と 結線の構成例は、3 直列巻線を構成する以下に述べる実施形態においても、巻線構成順序に対応して配置すれば、まったく同様に構成できる。このため、以下の実施形態では、Y 結線と 結線の構成例の説明を省略する。

## 【 0 0 5 7 】

( 第 2 の実施形態 )

図 5 から図 6 ( D ) を用いて、本発明の第 2 の実施形態による永久磁石式 14 極 18 スロットブラシレスモータの構成を説明する。

## 【 0 0 5 8 】

図 5 において、U3a、U1a、U2b を 3 直列巻線とし、同様に V5a、V3a、V4b と W6a、W4a、W5b を 3 直列巻線として、これらをタイプ a の 3 直列巻線とする。また、U6b、U4b、U5a を 3 直列巻線とし、同様に V2b、V6b、V1a と W3b、W1b、W2a を 3 直列巻線として、これらをタイプ b の 3 直列巻線とする。

## 【 0 0 5 9 】

前記の各 3 直列巻線において、3 直列の巻線の巻回数を、この順に、半整数  $N_a$ 、整数  $N$ 、半整数  $N_b$  とする。このとき、組 A : U1a、W1b、V3a、U4b、W4a、V6b の巻回数は整数  $N$  であり、組 B : V1a、U2b、W2a、V4b、U5a、W5b の巻回数は半整数  $N_b$  であり、組 C : V2b、U3a、W3b、V5a、U6b、W6a の巻回数は、半整数  $N_a$  であり、各組の中では同じ巻回数になる。

## 【 0 0 6 0 】

前記のように、3 直列巻線と巻回数を構成した時に、ティース T1 から T18 をこの順に並べて巻回した時の、各巻線の接続と口出し線及び渡り線の配置を、図 5 を用いて説明する。

## 【 0 0 6 1 】

ここで、巻線の口出し線に、U、V、W の各相と、a、b の巻線タイプと、電流方向の順逆 ( a、b ) を 1 文字ずつ用いて記号を付けて区別する。例えば、口出し線 Vaa に接続される巻線 V5a は、半整数  $N_a$  回の巻回数のため、渡り線は Vaa と逆側になって巻線 V3a に渡り、V3a は整数  $N$  回の巻回数のため、渡り線は Vaa と逆側になって巻線 V4b に渡り、V4b は半整数  $N_b$  回の巻回数のため、口出し線 Vab は Vaa と同じ側になる。

## 【 0 0 6 2 】

このように、前記の 3 直列巻線と巻回数を用いることにより、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線を逆側に配置できる。

## 【 0 0 6 3 】

以下では、分割された固定子コアのティースに巻回して 3 直列巻線を作成しておき、固定子に組み立てる手順の例を、図 6 ( A ) と図 6 ( B ) を用いて説明する。

## 【 0 0 6 4 】

図 6 ( A ) と図 6 ( B ) は、口出し線を下にして、分割コアを挿入して組み立てていく例での、渡り線側 ( 上側 ) から見た巻線端部の正面図であり、挿入された分割コア巻線と渡り線の配置が示されている。

## 【 0 0 6 5 】

最初に、タイプ a の 3 直列巻線を U 相、V 相、W 相の順に組み立てるとする。第 1 に、U3a、U1a、U2b の 3 直列巻線を含む分割コアを配置し、第 2 に、V5a、V3a、V4b の 3 直列巻線を含む分割コアを配置し、第 3 に、W6a、W4a、W5b の 3 直列巻線を含む分割コアを配置していく。このとき、図 6 ( A ) に示すように、分割コアは干渉することなく、配置することができる。図 6 ( A ) は、この時点での配置を示している。

## 【 0 0 6 6 】

次に、タイプ a の渡り線 511 ないし 516 をすべて内径側に変形させておき、タイプ b の 3 直列巻線を U 相、V 相、W 相の順に組み立てる手順の例を、図 6 ( B ) を用いて説明する。

第 4 に、U6b、U4b、U5a の 3 直列巻線を含む分割コアを配置し、第 5 に、V2b、V6b、V1a の 3 直列巻線を含む分割コアを配置し、第 6 に、W3b、W1b、W2a の 3 直列巻線を含む分割コ

10

20

30

40

50

アを配置していく。このとき、図6(A)の場合と同様に、各3直列巻線の渡り線と、分割コアは干渉することなく、全ての分割コアを配置することができる。

【0067】

図6(B)は、この時点での配置を示している。前記のようにして、全ての分割コアを配置した後に、内径側に変形させたタイプaの6本の渡り線を巻線端部に配置し、固定子巻線の組立てが完了する。第2例は、変形させて巻線端部に配置する渡り線が6本である。

このような配置にすると、口出し線側は、Y結線での中性点と電源端子への接続か、結線での電源端子への接続を実施すればよく、渡り線の処理が不要になるため、追加部材や複雑な処理手順を用いる必要がなくなるため、作業効率を向上し、製造コストを低減できる。

【0068】

(第3の実施形態)

図7と図8を用いて、本発明の第3の実施形態による永久磁石式14極18スロットブラシレスモータの構成を説明する。

【0069】

図7において、U3a、U2b、U1aを3直列巻線とし、同様にV5a、V4b、V3aとW6a、W5b、W4aを3直列巻線として、これらをタイプaの3直列巻線とする。また、U6b、U5a、U4bを3直列巻線とし、同様にV2b、V1a、V6bとW3b、W2a、W1bを3直列巻線として、これらをタイプbの3直列巻線とする。

【0070】

前記の各3直列巻線において、3直列の巻線の巻回数を、この順に、整数N、半整数Na、半整数Nbとする。このとき、組A：U1a、W1b、V3a、U4b、W4a、V6bの巻回数は、半整数Nbであり、組B：V1a、U2b、W2a、V4b、U5a、W5bの巻回数は、半整数Naであり、組C：V2b、U3a、W3b、V5a、U6b、W6aの巻回数は、整数Nであり、各組の中では同じ巻回数になる。

【0071】

前記のように、3直列巻線と巻回数を構成した時に、ティースT1からT18をこの順に並べて巻回した時の、各巻線の接続と口出し線及び渡り線の配置を、図7を用いて説明する。ここで、巻線の口出し線に、U、V、Wの各相と、a、bの巻線タイプと、電流方向の順逆(a、b)を1文字ずつ用いて記号を付けて、区別する。

【0072】

例えば、口出し線Vaaに接続される巻線V5aは、整数N回の巻回数のため、渡り線はVaaと同じ側になって隣接する巻線V4bに渡り、V4bは半整数Na回の巻回数のため、渡り線はVaaと逆側になって巻線V3aに渡り、V3aは半整数Nb回の巻回数のため、口出し線VabはVaaと同じ側になる。このとき、V4bの巻回方向は、V5a、V3aとは逆方向になっている。

【0073】

このように、前記の3直列巻線と巻回数を用いることにより、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線を逆側に配置できる。

【0074】

以下では、分割された固定子コアのティースに巻回して3直列巻線を作成しておき、固定子に組み立てる手順の例を、図8を用いて説明する。図8は、口出し線を下にして、分割コアを挿入して組み立てていく例での、渡り線側(上側)から見た巻線端部の正面図であり、挿入された分割コア巻線と渡り線の配置が示されている。

【0075】

最初に、タイプaの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てることは、図6(A)の場合と同様に、各3直列巻線の渡り線と、分割コアが干渉することなく、配置することができるので、説明を省略する。

【0076】

なお、隣接する巻線への渡り線の場合は、間に他のティースが挿入されることはないの

10

20

30

40

50

で、干渉は生じない。このため、口出し線と同じ側に配置されても問題はない。本例では、口出し線と逆側になる渡り線は6本である。

【0077】

次に、タイプaの渡り線521、522、523の3本をすべて内径側に変形させておき、タイプbの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てる手順の例を、図8を用いて説明する。

第4に、U6b、U5a、U4bの3直列巻線含む分割コアを配置し、第5に、V2b、V1a、V6bの3直列巻線を含む分割コアを配置し、第6に、W3b、W2a、W1bの3直列巻線を含む分割コアを配置していく。このとき、図6(A)の場合と同様に、各3直列巻線の渡り線と、分割コアは干渉することなく、全ての分割コアを配置することができる。図8は、この時点での配置を示している。

10

【0078】

前記のようにして、全ての分割コアを配置した後に、内径側に変形させたタイプaの3本の渡り線を巻線端部に配置し、固定子巻線の組立てが完了する。第3例は、変形させて巻線端部に配置する渡り線が3本であるため、作業効率が高い。また、第1例と第2例に比べて、渡り線の長さがほぼ半減するため、巻線抵抗が改善する。

【0079】

このような配置にすると、口出し線側は、Y結線での中性点と電源端子への接続か、結線での電源端子への接続を実施すればよく、渡り線の処理が不要になるため、追加部材や複雑な処理手順を用いる必要がなくなるため、作業効率を向上し、製造コストを低減できる。

20

【0080】

(第4の実施形態)

図9と図10を用いて、本発明の第4の実施形態による永久磁石式14極18スロットブラシレスモータの構成を説明する。

【0081】

図1において、U3a、U2b、U1aを3直列巻線とし、同様にV5a、V4b、V3aとW6a、W5b、W4aを3直列巻線として、これらをタイプaの3直列巻線とする。また、U6b、U5a、U4bを3直列巻線とし、同様にV2b、V1a、V6bとW3b、W2a、W1bを3直列巻線として、これらをタイプbの3直列巻線とする。前記の各3直列巻線において、3直列の巻線の巻回数を、この順に、半整数 $N_a$ 、整数 $N$ 、半整数 $N_b$ とする。このとき、組A：U1a、W1b、V3a、U4b、W4a、V6bの巻回数は、半整数 $N_b$ であり、組B：V1a、U2b、W2a、V4b、U5a、W5bの巻回数は、整数 $N$ であり、組C：V2b、U3a、W3b、V5a、U6b、W6aの巻回数は、半整数 $N_a$ であり、各組の中では同じ巻回数になる。

30

【0082】

前記のように、3直列巻線と巻回数を構成した時に、ティースT1からT18をこの順に並べて巻回した時の、各巻線の接続と口出し線及び渡り線の配置を、図9を用いて説明する。ここで、巻線の口出し線に、U、V、Wの各相と、a、bの巻線タイプと、電流方向の順逆(a、b)を1文字ずつ用いて記号を付けて、区別する。

【0083】

例えば、口出し線Vaaに接続される巻線V5aは、半整数 $N_a$ 回の巻回数のため、渡り線はVa aと逆側になって隣接する巻線V4bに渡り、V4bは整数 $N$ 回の巻回数のため、渡り線はVaaと逆側になって巻線V3aに渡り、V3aは半整数 $N_b$ 回の巻回数のため、口出し線VabはVaaと同じ側になる。このとき、V4bの巻回方向は、V5a、V3aとは逆方向になっている。

40

【0084】

このように、前記の3直列巻線と巻回数を用いることにより、口出し線と、隣接より遠くのティースへの渡り線を逆側に配置できる。

【0085】

以下では、分割された固定子コアのティースに巻回して3直列巻線を作成しておき、固定子に組み立てる手順の例を、図10を用いて説明する。図10は、口出し線を下にして、分割コアを挿入して組み立てていく例での、渡り線側(上側)から見た巻線端部の正面

50

図であり、挿入された分割コア巻線と渡り線の配置が示されている。

【0086】

最初に、タイプaの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てることは、図6(A)の場合と同様に、各3直列巻線の渡り線と、分割コアが干渉することなく、配置することができるので、説明を省略する。

【0087】

なお、隣接する巻線への渡り線の場合は、間に他のティースが挿入されることはないので、干渉は生じない。本例では、口出し線と逆側になる渡り線は、隣接する巻線への渡り線が6本、隣接より遠くの巻線への渡り線が6本である。

【0088】

次に、タイプaの渡り線531、532、533の3本をすべて内径側に変形させておき、タイプbの3直列巻線をU相、V相、W相の順に組み立てる手順の例を、図10を用いて説明する。

【0089】

第4に、U6b、U5a、U4bの3直列巻線含む分割コアを配置し、第5に、V2b、V1a、V6bの3直列巻線を含む分割コアを配置し、第6に、W3b、W2a、W1bの3直列巻線を含む分割コアを配置していく。このとき、図6(A)の場合と同様に、各3直列巻線の渡り線と、分割コアは干渉することなく、全ての分割コアを配置することができる。図10は、この時点での配置を示している。

【0090】

前記のようにして、全ての分割コアを配置した後に、内径側に変形させたタイプaの3本の渡り線531、532、533を巻線端部に配置し、固定子巻線の組立てが完了する。第4例は、変形させて巻線端部に配置する渡り線が3本であるため、作業効率が高い。また、第1例と第2例に比べて、渡り線の長さがほぼ半減するため、巻線抵抗が改善する。

【0091】

このような配置にすると、口出し線側は、Y結線での中性点と電源端子への接続か、結線での電源端子への接続を実施すればよく、渡り線の処理が不要になるため、追加部材や複雑な処理手順を用いる必要がなくなるため、作業効率を向上し、製造コストを低減できる。

【0092】

本発明の第4の実施形態において、半整数 $N_b = 8.5$ 、整数 $N = 6$ 、半整数 $N_a = 6.5$ としたときに、永久磁石式14極18スロットブラシレスモータのトルクとトルクリップルに関して、計算機シミュレーションを実施して、半整数 $N_b = 8.5$ 、整数 $N = 6$ 、半整数 $N_a = 7$ の時のトルクとトルクリップルに対して比較した。半整数 $N_b = 8.5$ 、整数 $N = 6$ 、半整数 $N_a = 6.5$ の異数巻でのトルク値の同数巻に対する比を、電流値を横軸にして、図11に示す。異数巻の方が0.4~0.5%、トルク値が増加する結果となったが、平均巻数が同じであれば、トルク値はほぼ同じになるという結果が得られた。

【0093】

また、異数巻と同数巻のトルクリップルの計算値を、電流値を横軸にしたグラフで図12に示す。電流が小さい時は、異数巻と同数巻のトルクリップルはほぼ等しく、電流値が大きくなっても、1%以下の値となった。また、異数巻と同数巻のトルクリップル計算値の最大値がほぼ等しかった。

【0094】

この結果から、本発明で実施したような、組A、組B、組Cの巻回数が違うモータであっても、各組内で巻回数が同じであれば、このモータのトルクリップルは、全ての巻回数が前記モータの平均巻回数のモータのトルクリップルと同程度になり、また、トルクは、全ての巻回数が同じ平均巻回数のモータのトルクとほぼ一致することが裏付けられたと考えられる。これにより、半発明は、モータの特性を損なうことなく、製造の作業効率を向上できる効果を持つと考えられる。

【符号の説明】

【0095】

10

20

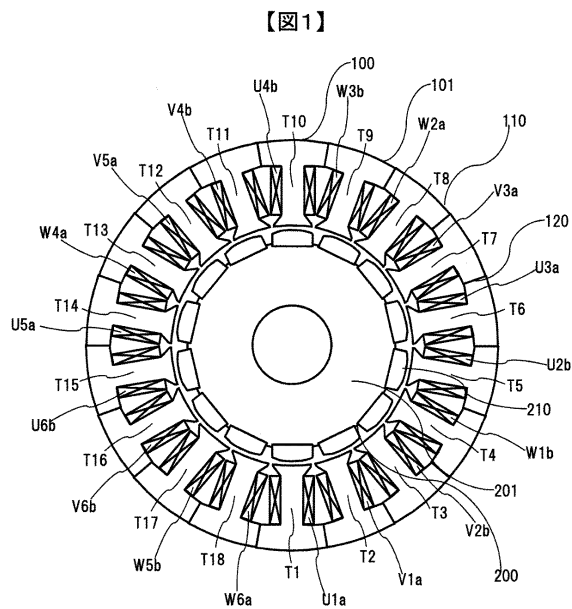
30

40

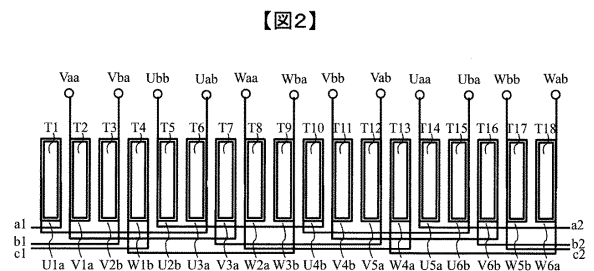
50

100...固定子、101...固定子コア、110...コアバック、120...分割固定子コアの嵌合部、T1ないしT18...ティース、U1a、V1a、V2b、W1b、U2b、U3a、V3a、W2a、W3b、U4b、V4b、V5a、W4a、U5a、U6b、V6b、W5b、W6a...固定子巻線、200...回転子、201...回転子コア、210...永久磁石、301ないし303...中性点、351ないし359...端子、501ないし506...渡り線、511ないし516...渡り線、521ないし523...渡り線、531ないし533...渡り線

【図1】

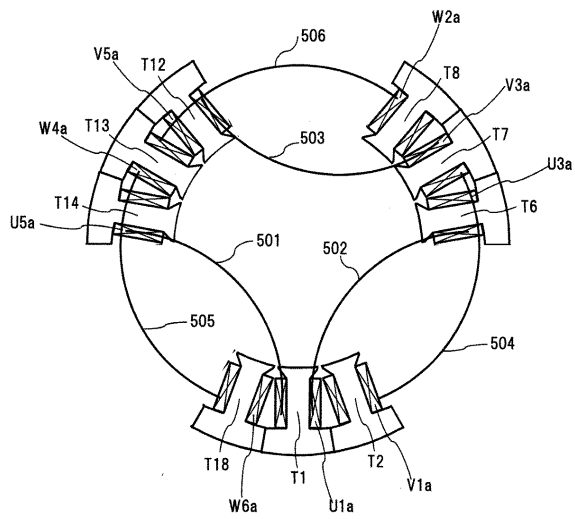


【図2】



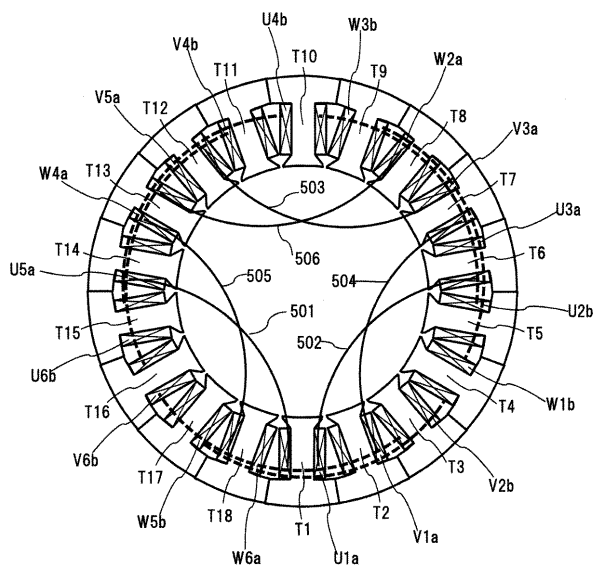
【図3(A)】

【図3(A)】



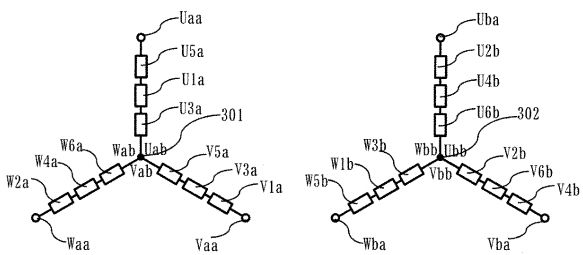
【図3(B)】

【図3(B)】



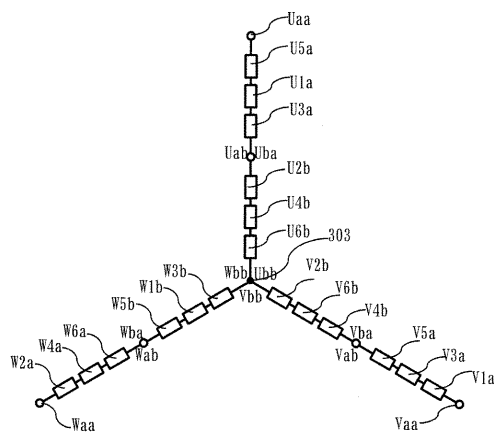
【図4(A)】

【図4A)】



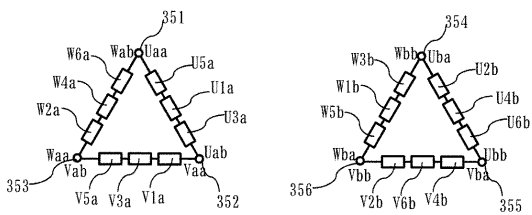
【図4(C)】

【図4(C)】



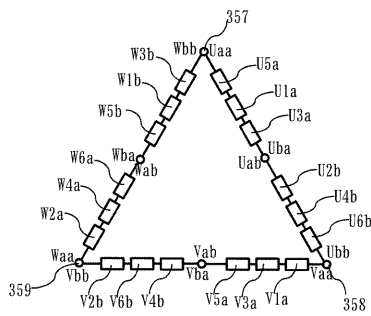
【図4(B)】

【図4(B)】



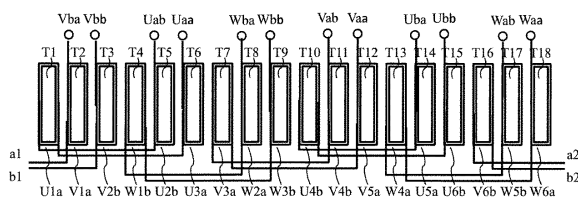
【 図 4 ( D ) 】

【図4(D)】



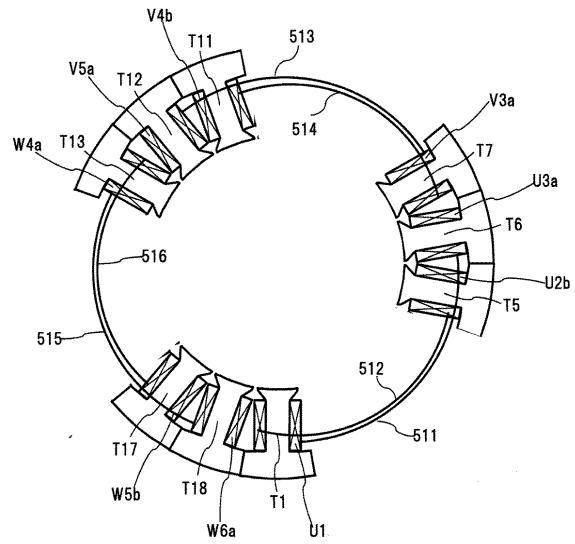
【 図 5 】

【図5】



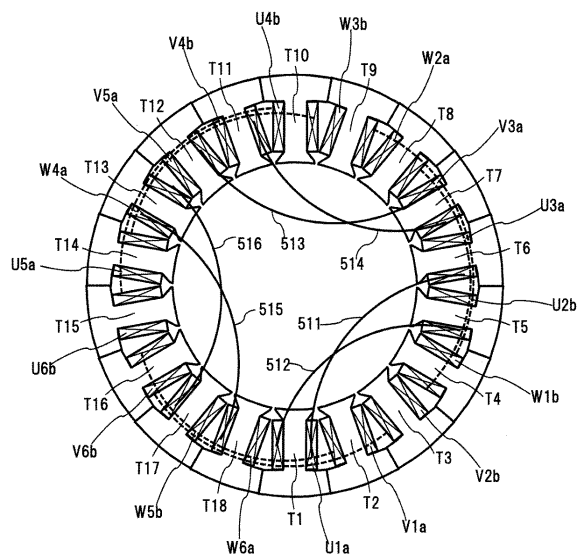
【図 6 (A)】

【図6(A)】



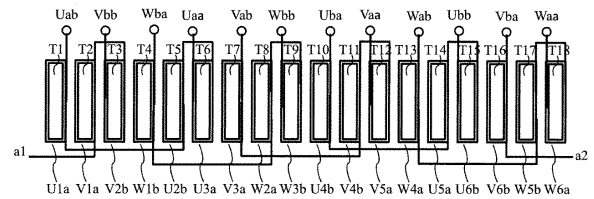
【 図 6 ( B ) 】

【図6(B)】

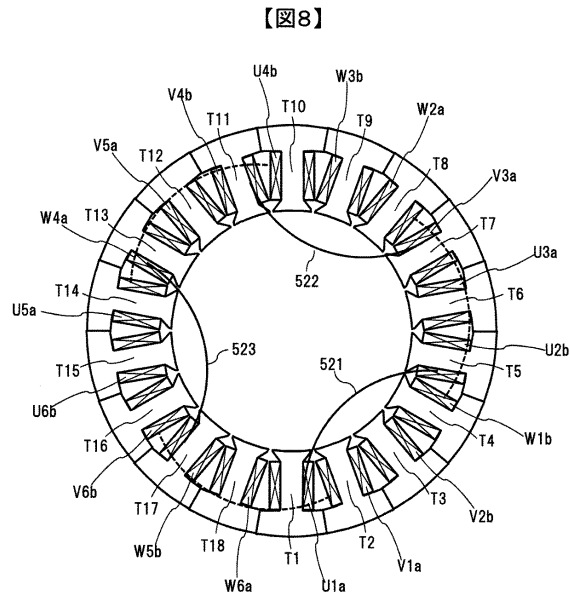


【圖 7】

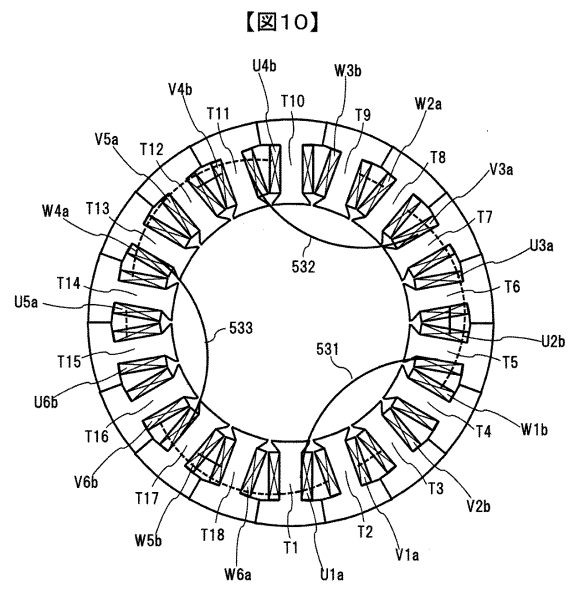
【図7】



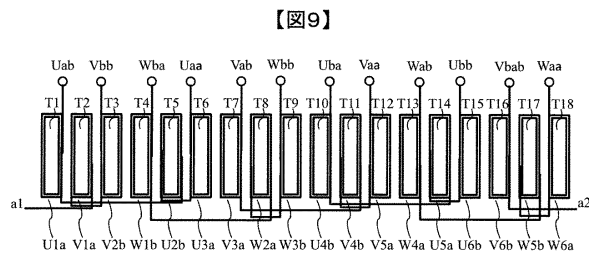
【図 8】



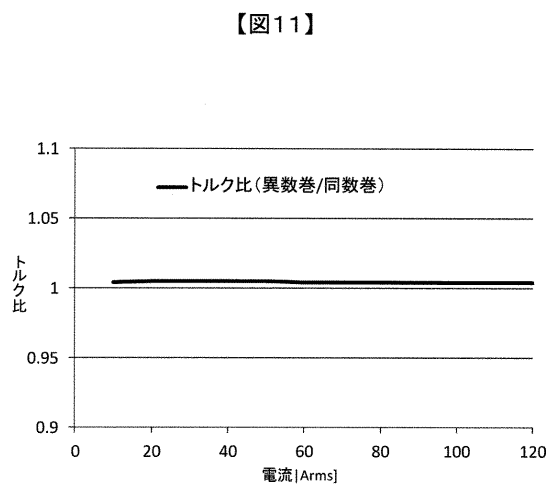
【図 10】



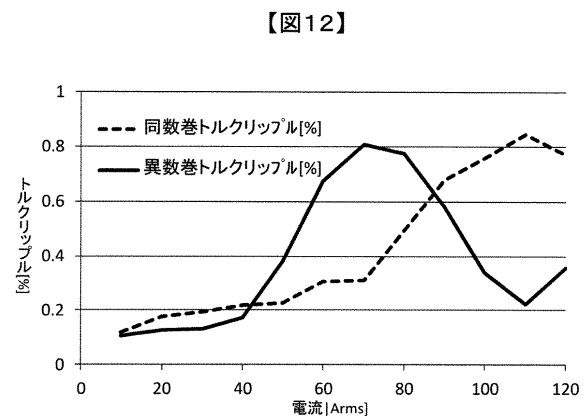
【図 9】



【図 11】



【図 12】





---

フロントページの続き

(72)発明者 北村 英樹

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社 日立製作所内

(72)発明者 中山 賢治

茨城県ひたちなか市高場2477番地 日立オートモティブシステムズエンジニアリング株式会社  
内

審査官 三澤 哲也

(56)参考文献 特開2016-52224(JP,A)

国際公開第2013/136646(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H02K 3/18

H02K 15/04