

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-84635

(P2015-84635A)

(43) 公開日 平成27年4月30日(2015.4.30)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
H 0 2 K 3 / 2 8 (2006.01) H 0 2 K 3 / 2 8 N 5 H 6 0 3

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-156229 (P2014-156229)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成26年7月31日 (2014. 7. 31)		株式会社デンソー
(31) 優先権主張番号	特願2013-192933 (P2013-192933)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(32) 優先日	平成25年9月18日 (2013. 9. 18)	(74) 代理人	110000604
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		特許業務法人 共立
		(72) 発明者	田村 暁斗
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		F ターム (参考)	5H603 AA07 BB01 BB02 BB07 BB09
			BB12 CA01 CA05 CB01 CC03
			CC07 CC17 CD02 CD06 CD11

(54) 【発明の名称】 回転電機の固定子

(57) 【要約】

【課題】 コイルエンド部の軸方向長さの増加を抑制しつつ、各相巻線を構成する並列巻線間に発生する循環電流を完全に防止し得るようにした回転電機の固定子を提供する。

【解決手段】 固定子20は、複数のスロット31を有する固定子コア30と、スロット31に収容されて固定子コア30に巻装された三相の相巻線よりなる固定子巻線40とを備えている。固定子巻線40は、複数の導体セグメント50の端末同士を所定のパターンで接続してなる各相巻線を星型結線で結線して波巻きで形成されている。各スロット31には、各相巻線が径方向1列に6本ずつ収容されている。各相巻線は、スロット31内の各層において、周方向に隣接する2個のスロットA、Bごとに同相の相巻線が収容され、且つ並列接続された4本の並列巻線により構成されている。各並列巻線は、各スロット31内の全ての層において、隣接する2個のスロットA、Bの両方に均等に配置されている。

【選択図】 図10

	A	B
第6層	2	2
第5層	2	2
第4層	2	2
第3層	2	2
第2層	2	2
第1層	2	2

並列巻線U1～U4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周方向に配列された複数のスロット（31）を有する固定子コア（30）と、前記スロットに収容されて前記固定子コアに巻装されたそれぞれ電氣的位相の異なる三相（U相，V相，W相）の相巻線（41U，41V，41W）よりなる固定子巻線（40）と、を備えた回転電機の固定子（20）において、

前記固定子巻線は、U字形状をなす複数の導体セグメント（50）を前記固定子コアの軸方向一端側から前記スロットに挿入して、軸方向他端側に延出した一对の開放端部を互いに周方向反対側へ捻った後、所定の捻り部（55）の端末同士を所定のパターンで電氣的に接続してなる各前記相巻線を星型結線で結線することにより形成され、

各前記スロットには、各前記相巻線のスロット収容部が径方向1列に偶数本ずつ収容され、

各前記相巻線は、各前記スロット内に収容された第m層（mは1以上の自然数）と第m+1層の前記スロット収容部同士が電氣的に接続されているとともに、前記スロット内の各層において、周方向に隣接する2個の前記スロットごとに同相の前記相巻線が収容されて、且つ、各前記相巻線は、それぞれ並列接続された4×n本（nは1以上の自然数）の並列巻線（U1～U4，V1～V4，W1～W4）により構成され、

各前記並列巻線は、各前記スロット内の全ての層において、前記周方向に隣接する2個の前記スロットの両方に均等に配置されていることを特徴とする回転電機の固定子。

【請求項 2】

各前記並列巻線は、前記固定子巻線の前記捻り部と反対側に形成されるコイルエンド部（41）において、5スロットピッチと7スロットピッチの組み合わせにより、周方向全域において、各前記スロット内の各層で前記周方向に隣接する2個の前記スロットを入れ替わりながら巻回されていることを特徴とする請求項1に記載の回転電機の固定子。

【請求項 3】

前記導体セグメントは、互いに平行な一对の直線部（51）と、一对の前記直線部の一端同士を連結するターン部（52）とからなり、

前記固定子巻線の軸方向一端側に複数の前記ターン部により形成されたコイルエンド部（41）において、前記ターン部同士の軸方向の重なりが多くても1重であることを特徴とする請求項1又は2に記載の回転電機の固定子。

【請求項 4】

各前記相巻線を構成する前記並列巻線の本数をP本とし、各前記スロット内に収容される各前記相巻線の本数をQ本としたときに、PとQの組み合わせが（4－6）（4－10）（8－6）（8－10）（8－12）の何れかであることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載の回転電機の固定子。

【請求項 5】

各前記並列巻線は、前記固定子コアへの巻き始め側を基準として、各前記スロット内の第E層（Eは2以上の偶数）と第E+1層との間を層渡りする渡り線（57）が全て6スロットピッチとされているとともに、

前記渡り線は、前記固定子巻線の前記捻り部と反対側に形成されるコイルエンド部（41）の周方向の所定範囲に配置され、前記渡り線が配置されている前記所定範囲内に、各前記並列巻線の巻き始め端部と巻き終わり端部が位置していることを特徴とする請求項1～4の何れか一項に記載の回転電機の固定子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両等に搭載されて電動機や発電機として使用される回転電機の固定子に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来、車両に搭載されて使用される回転電機として、回転可能に設けられた回転子と、該回転子と径方向に対向して配置され周方向に配列された複数のスロットを有する固定子コア、及び該固定子コアのスロットに巻装された複数の相巻線よりなる固定子巻線を有する固定子と、を備えたものが一般に知られている。

【0003】

そして、特許文献1には、更なる大電流化を実現でき、しかも引き出し線や接続線を簡素化できる回転電機用電機子（固定子）に関する技術が開示されている。この特許文献1には、固定子コアのスロットに挿入した複数の導体セグメントの所定の開放端部同士を、固定子コアの軸方向一端側で溶接等により接続することにより、固定子コアに重ね巻きて巻装された三相の相巻線よりなる固定子巻線が開示されている。この固定子巻線の各相巻線は、それぞれ並列接続された4本の並列巻線により構成されている。さらに、特許文献1には、周方向に隣接する2個のスロットごとに同相の相巻線が均一に収容されることが開示されている。

10

【0004】

また、特許文献2には、分布巻きの複数倍スロットにおいて、多数の並列巻きをしても循環電流を抑制できる固定子に関する技術が開示されている。この特許文献2には、固定子コアに波巻きで巻装された多相の相巻線よりなる固定子巻線が開示されている。この固定子巻線の各相巻線は、それぞれ並列接続された複数本の並列巻線により構成されている。さらに、特許文献2には、周方向に隣接する2個のスロットに収容された同相の相巻線が、各スロットの異なる層に層渡りする際に、当該2個のスロット間でスイッチすることが開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-110361号公報

【特許文献2】特開2014-96857号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上記の特許文献1に開示された固定子巻線は、複数のU字状導体セグメントの所定の開放端部同士を接続して形成されていることから、各スロットに導体セグメントのスロット収容部が径方向1列に偶数本ずつ収容されている。特許文献1の場合には、基本となる2種類の外側導体セグメントと内側導体セグメントにより形成されており、外側導体セグメントは各スロットの第1層と第4層に収容され、内側導体セグメントは各スロットの第2層と第3層に収容されている。

30

【0007】

これら外側及び内側導体セグメントは、通常、6スロットごとのスロットに（6スロットピッチで）収容されて巻装されている。この場合、図17に示すように、第2層と第3層に収容される内側導体セグメント71と、第1層と第4層に収容される外側導体セグメント72が2重に重なった状態になる。

40

【0008】

しかし、第1層と第4層の間を層渡りする渡り線は、5スロットピッチと7スロットピッチの2種類が存在する。この場合、図18に示すように、第2層と第3層に収容される内側導体セグメント71と、第1層と第4層に収容される5スロットピッチの外側導体セグメント72Aと、第1層と第4層に収容される7スロットピッチの外側導体セグメント72Bが3重に重なった状態になる。そのため、固定子巻線の軸方向端部に形成されるコイルエンド部の軸方向長さが増加してしまうという欠点がある。

【0009】

また、各スロットに導体セグメントのスロット収容部が径方向1列に6本ずつ収容されている場合には、各スロットの第3層と第4層に収容される第1導体セグメント75と、

50

各スロットの第2層と第5層に收容される第2導体セグメント76と、各スロットの第1層と第6層に收容される第3導体セグメント77A、77Bが用いられる。この場合には、図19に示すように、第3層と第4層に收容される第1導体セグメント75と、第2層と第5層に收容される第2導体セグメント76と、第1層と第6層に收容される5スロットピッチの第3導体セグメント77Aと、第1層と第6層に收容される7スロットピッチの第3導体セグメント77Bが4重に重なった状態になる。そのため、固定子巻線の軸方向端部に形成されるコイルエンド部の軸方向長さが更に増加してしまうこととなる。

【0010】

一方、特許文献2の固定子巻線は、固定子コアに波巻きで巻装される波巻きタイプであるため、特許文献1において発生する、コイルエンド部の軸方向長さの増加を抑制することができる。また、特許文献2の固定子巻線は、第2層と第3層の間を渡り線が層渡りする際に、特許文献1のように、同相の相巻線が收容された周方向に隣接する2個のスロット間でスイッチすることで、並列巻線間の電位差を低減して循環電流の発生を抑制することができる。

【0011】

しかし、特許文献1及び特許文献2ともに、並列巻線が周方向に隣接する2個のスロットに均等に配置されること、又は2個のスロット間でスイッチすることは記載されているが、スロット内の何層目に配置されるかまでは考慮されていない。そのため、径方向の巻線位置のバランスがとれていないため、並列巻線間での循環電流の発生を完全に無くすることはできない。

【0012】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、コイルエンド部の軸方向長さの増加を抑制しつつ、各相巻線を構成する並列巻線間に発生する循環電流を完全に防止し得るようにした回転電機の固定子を提供することを解決すべき課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するためになされた本発明は、

周方向に配列された複数のスロット(31)を有する固定子コア(30)と、前記スロットに收容されて前記固定子コアに巻装されたそれぞれ電氣的位相の異なる三相(U相、V相、W相)の相巻線(41U、41V、41W)よりなる固定子巻線(40)と、を備えた回転電機の固定子(20)において、

前記固定子巻線は、U字形状をなす複数の導体セグメント(50)を前記固定子コアの軸方向一端側から前記スロットに挿入して、軸方向他端側に延出した一対の開放端部を互いに周方向反対側へ捻った後、所定の捻り部(55)の端末同士を所定のパターンで電氣的に接続してなる各前記相巻線を星型結線で結線することにより形成され、

各前記スロットには、各前記相巻線のスロット收容部が径方向1列に偶数本ずつ收容され、

各前記相巻線は、各前記スロット内に收容された第m層(mは1以上の自然数)と第m+1層の前記スロット收容部同士が電氣的に接続されているとともに、前記スロット内の各層において、周方向に隣接する2個の前記スロットごとに同相の前記相巻線が收容されて、且つ、各前記相巻線は、それぞれ並列接続された $4 \times n$ 本(nは1以上の自然数)の並列巻線(U1~U4、V1~V4、W1~W4)により構成され、

各前記並列巻線は、各前記スロット内の全ての層において、前記周方向に隣接する2個の前記スロットの両方に均等に配置されていることを特徴とする。

【0014】

本発明によれば、各相巻線は、各スロット内に收容された第m層(mは1以上の自然数)と第m+1層のスロット收容部同士が電氣的に接続されて波巻き仕様にされているので、コイルエンド部の軸方向長さの増加を抑制することができる。また、各相巻線は、それぞれ並列接続された $4 \times n$ 本(nは1以上の自然数)の並列巻線(U1~U4、V1~V4、W1~W4)により構成され、各並列巻線は、各スロット内の全ての層において、周

10

20

30

40

50

方向に隣接する２個のスロットの両方に均等に配置されている。これにより、各相巻線を構成する並列巻線間の平衡をとり、並列巻線間に発生する循環電流を完全に防止することができる。

【００１５】

なお、この欄および特許請求の範囲で記載された各部材や部位の後の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的な部材や部位との対応関係を示すものであり、特許請求の範囲に記載された各請求項の構成に何ら影響を及ぼすものではない。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】実施形態１に係る固定子を搭載した回転電機の軸方向断面図である。

10

【図２】実施形態１に係る固定子の全体斜視図である。

【図３】図２のＤ部の拡大図である。

【図４】実施形態１において固定子コアのスロットに導体セグメントを挿入する状態を示す説明図である。

【図５】実施形態１に係る固定子の部分断面図である。

【図６】実施形態１に係る固定子巻線の結線図である。

【図７Ａ】実施形態１に係る固定子巻線の巻線仕様図であって左側半分を示す。

【図７Ｂ】実施形態１に係る固定子巻線の巻線仕様図であって右側半分を示す。

【図８】実施形態１に係る固定子巻線において１本の並列巻線（Ｕ３）のスロット収容部の位置及び軌跡を示す説明図である。

20

【図９】実施形態１に係る固定子巻線を構成する相巻線のターン部の状態を示す説明図であって、（ａ）は通常部を示し、（ｂ）はスイッチ部を示す。

【図１０】実施形態１において２個ずつ配置された各相スロットの各層に配置された相巻線の本数を示す説明図である。

【図１１】比較例１に係る固定子巻線において１本の並列巻線（Ｕ３）のスロット収容部の配置位置及び軌跡を示す説明図である。

【図１２】比較例１において２個ずつ配置された各相スロットの各層に配置された相巻線の本数を示す説明図である。

【図１３Ａ】実施形態２に係る固定子巻線の巻線仕様図であって左側半分を示す。

【図１３Ｂ】実施形態２に係る固定子巻線の巻線仕様図であって右側半分を示す。

30

【図１４】実施形態２に係る固定子巻線において１本の並列巻線（Ｕ３）のスロット収容部の位置及び軌跡を示す説明図である。

【図１５】実施形態２において２個ずつ配置された各相スロットの各層に配置された相巻線の本数を示す説明図である。

【図１６】回転電機において回転子が偏心している状態を示す説明図である。

【図１７】特許文献１に係る固定子巻線のコイルエンド部において通常の重ね巻きの状態を模式的に示す説明図である。

【図１８】特許文献１に係る固定子巻線のコイルエンド部において通常の重ね巻きに加えて第１層と第４層間の５－７スロットピッチの渡り線を有する場合を模式的に示す説明図である。

40

【図１９】特許文献１に係る固定子巻線のコイルエンド部において通常の重ね巻きに加えて第１層と第６層間の５－７スロットピッチの渡り線を有する場合を模式的に示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明に係る回転電機の固定子の実施形態について図面を参照して具体的に説明する。

【００１８】

〔実施形態１〕

本実施形態に係る固定子２０が搭載された回転電機１は、車両用電動機として使用され

50

るものである。この回転電機 1 は、図 1 に示すように、有底筒状の一对のハウジング部材 10a, 10b が開口部同士で接合されてなるハウジング 10 と、ハウジング 10 に軸受け 11, 12 を介して回転自在に支承される回転軸 13 に固定された回転子 14 と、ハウジング 10 内の回転子 14 を包囲する位置でハウジング 10 に固定された固定子 20 と、を備えている。

【0019】

回転子 14 は、固定子 20 の内周側と径方向に対向する外周側に、周方向に所定距離を隔てて極性が交互に異なるように配置された複数の磁極を有する。これらの磁極は、回転子 14 の所定位置に埋設された複数の永久磁石により形成されている。回転子 14 の磁極の数は、回転電機により異なるため限定されるものではない。本実施形態では、8 極（N 極：4、S 極：4）の回転子が用いられている。

10

【0020】

次に、図 2～図 10 を参照して固定子 20 について説明する。固定子 20 は、図 2 及び図 3 に示すように、周方向に複数のスロット 31 を有する円環状の固定子コア 30 と、固定子コア 30 のスロット 31 に巻装された三相（U 相、V 相、W 相）の固定子巻線 40 と、を備えている。

【0021】

固定子コア 30 は、円環状の複数の電磁鋼板を固定子コア 30 の軸方向に積層して形成された一体型のものである。この固定子コア 30 は、円環状のバックコア 33 と、バックコア 33 から径方向内方へ突出し周方向に所定距離を隔てて配列された複数のティース 34 とからなり、隣り合うティース 34 の間にスロット 31 が形成されている。固定子コア 30 に形成されたスロット 31 の数は、回転子 14 の磁極数（8 磁極）に対し、固定子巻線 40 の一相あたり 2 個の割合で形成されている。本実施形態では、 $8 \times 3 \times 2 = 48$ より、スロット数は 48 個とされている。即ち、48 個のスロット 31 は、周方向に順番に繰り返し 2 個ずつ配置された U 相スロット、V 相スロット及び W 相スロットよりなる。

20

【0022】

固定子巻線 40 は、図 6 に示すように、それぞれ 4 本の並列巻線 U1～U4, V1～V4, W1～W4 が並列接続された各相巻線 41U, 41V, 41W の巻線端が星型結線で結線されている。この固定子巻線 40 は、U 字形状をなす複数の導体セグメント 50 を固定子コア 30 の軸方向一端側からスロット 31 に挿入して、軸方向他端側に延出した一对の開放端部を互いに周方向反対側へ捻った後、所定の捻り部の端末同士が溶接により接合されて所定のパターンで電氣的に接続されている。この導体セグメント 50 は、断面が長方形の導体と、導体の外周面を被覆する絶縁被膜とからなる平角線を U 字形状に折り曲げて形成されている。

30

【0023】

U 字形状の導体セグメント 50 は、図 4 に示すように、互いに平行な一对の直線部 51, 51 と、一对の直線部 51, 51 の一端同士を連結するターン部 52 とからなる。ターン部 52 の中央部には、固定子コア 30 の端面 30a に沿って延びる頭頂段部 53 が設けられており、頭頂段部 53 の両側には、固定子コア 30 の端面 30a に対して所定の角度で傾斜した傾斜部 54 が設けられている。なお、符号 24 は、固定子コア 30 と固定子巻線 40 との間を電気絶縁するインシュレータである。

40

【0024】

図 4 には、周方向に隣接する同一相の 2 個のスロット 31A, 31B に挿入配置される 2 個で一組の導体セグメント 50A, 50B が示されている。この場合、2 個の導体セグメント 50A, 50B は、それらの一对の直線部 51, 51 が、同一のスロット 31 ではなく、隣接した 2 個のスロット 31A, 31B に別々に軸方向一端側（図 4 の上側）から挿入される。即ち、図 4 の右側にある 2 個の導体セグメント 50A, 50B において、一方の導体セグメント 50A は、一方の直線部 51 が一のスロット 31A の最外層（第 6 層）に挿入され、他方の直線部 51 が固定子コア 30 の反時計回り方向に 1 磁極ピッチ（N S 磁極ピッチ）離れた他のスロット（図示せず）の第 5 層に挿入される。

50

【0025】

そして、他方の導体セグメント50Bは、一方の直線部51がスロット31Aと隣接したスロット31Bの最外層（第6層）に挿入され、他方の直線部51が固定子コア30の反時計回り方向に1磁極ピッチ（NS磁極ピッチ）離れた他のスロット（図示せず）の第5層に挿入される。即ち、2個の導体セグメント50A、50Bは、周方向に1スロットピッチずれた状態に配置される。このようにして、全スロット31に対して偶数本の導体セグメント50の直線部51が挿入配置される。本実施形態の場合には、各スロット31内に、合計6本の直線部51が径方向1列に整列した状態で収容されている。

【0026】

スロット31から軸方向他端側（図4の下側）へ延出した一对の直線部51、51の開放端部は、固定子コア30の端面30aに対して所定の角度をもって斜めに斜行するように互いに周方向反対側へ捻られて、略半磁極ピッチ分の長さの捻り部55（図2参照）が形成されている。そして、固定子コア30の軸方向他端側において、導体セグメント50の所定の捻り部55の先端部同士が例えば溶接により接合されて所定のパターンで電氣的に接続される。即ち、所定の導体セグメント50が直列に接続されて、各スロット31内に収容された第m層（mは1以上の自然数）と第m+1層のスロット収容部（直線部51）同士が電氣的に接続されることにより、固定子コア30のスロット31に沿って周方向に波巻きにて巻回された3本の相巻線41U、41V、41Wよりなる固定子巻線40が形成される。

【0027】

なお、固定子巻線40の各相について、基本となるU字形状の導体セグメント50により、固定子コア30の周方向に6周する巻線（コイル）が形成される。しかし、固定子巻線40の各相について、出力用引き出し線及び中性点用引き出し線と接続されたセグメント、並びに1周目と2周目、・・・、5周目と6周目をそれぞれ接続するターン部を有するセグメントは、基本となる導体セグメント50とは異なる異形セグメント（図示せず）で構成される。これら異形セグメントを用いて、図6に示すように、固定子巻線40の各相巻線41U、41V、41Wの巻線端が星型結線により結線される。

【0028】

このようにして固定子コア30に巻装された固定子巻線40の軸方向一端側には、固定子コア30の軸方向一端側の端面30aからスロット31の外部に突出した複数のターン部により全体としてリング状の第1コイルエンド部41（図2参照）が形成されている。また、固定子巻線40の軸方向他端側には、固定子コア30の軸方向他端側の端面からスロット31の外部に突出した複数の捻り部55及び端末接合部56により全体としてリング状の第2コイルエンド部42（図2参照）が形成されている。

【0029】

以下、固定子巻線40の巻線仕様について、図7A、図7B、図8～図10を参照して説明する。なお、固定子巻線40を構成する三相の相巻線41U、41V、41Wは、電氣的位相が異なるだけで巻線仕様が同じであるため、それらの代表としてU相巻線41Uの巻線仕様を説明する。

【0030】

なお、図8において、周方向に隣接して2個ずつ配置されたU相スロットA、Bは、それぞれ6スロットごとに配置されている。図8の上方のU相スロットA、Bは、図7Aに示される2番スロット（UA）及び3番スロット（UB）である。各U相スロットA、Bには、U相巻線41Uが径方向1列に偶数本（本実施形態では6本）ずつ収容されている（図5参照）。また、U相スロットのA-A、A-B、B-Bを結ぶ実線は、導体セグメントのターン部側を示し、U相スロットのA-A、A-B、B-Bを結ぶ破線は、導体セグメントの捻り側（溶接側）を示す。

【0031】

U相巻線41Uの並列巻線U3は、図8に示すように、始端側のスロット収容部が2番スロット（UA）の第6層（最外層）に収容され、図8の（1）の位置から内周側に向か

10

20

30

40

50

って時計回り方向に周回を開始する。そして、始端側から2番目以降のスロット収容部は、8番スロット(UA)の第5層、14番スロット(UA)の第6層、20番スロット(UA)の第5層、27番スロット(UB)の第6層、33番スロット(UB)の第5層、39番スロット(UB)の第6層、45番スロット(UB)の第5層に順番に収容されて1周する。このとき、20番スロット(UA)の第5層から27番スロット(UB)の第6層へ移る際には、U相スロットAから7スロット飛び越えてU相スロットBにスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第6層及び第5層には、図10に示すように、並列巻線U3のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

【0032】

続いて、45番スロット(UB)の第5層から6スロット離れた3番スロット(UB)の第4層に渡り線57で層渡りして2周目の周回を開始する。この場合、渡り線57は、固定子コア30への巻き始め側(外周側)を基準として、各U相スロットA、B内の第E層($E=2$ で第2層(第5層))と第 $E+1$ 層($E=2$ で第3層(第4層))との間を層渡りしている。

【0033】

そして、2周目の2番目以降のスロット収容部は、9番スロット(UB)の第3層、15番スロット(UB)の第4層、21番スロット(UB)の第3層、26番スロット(UA)の第4層、32番スロット(UA)の第3層、38番スロット(UA)の第4層、44番スロット(UA)の第3層に順番に収容されて1周する。このとき、21番スロット(UB)の第3層から26番スロット(UA)の第4層へ移る際には、U相スロットBから5スロット飛び越えてU相スロットAにスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第4層及び第3層には、図10に示すように、並列巻線U3のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

【0034】

続いて、44番スロット(UA)の第3層から6スロット離れた2番スロット(UA)の第2層に渡り線57で層渡りして3周目の周回を開始する。この場合、渡り線57は、固定子コア30への巻き始め側(外周側)を基準として、各U相スロットA、B内の第E層($E=4$ で第4層(第3層))と第 $E+1$ 層($E=4$ で第5層(第2層))との間を層渡りしている。

【0035】

そして、3周目の2番目以降のスロット収容部は、8番スロット(UA)の第1層(最内層)、14番スロット(UA)の第2層、20番スロット(UA)の第1層、27番スロット(UB)の第2層、33番スロット(UB)の第1層、39番スロット(UB)の第2層、45番スロット(UB)の第1層に順番に収容されて1周し、終端側が引き出される。このとき、20番スロット(UA)の第1層から27番スロット(UB)の第2層へ移る際には、U相スロットAから7スロット飛び越えてU相スロットBにスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第2層及び第1層には、図10に示すように、並列巻線U3のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

【0036】

なお、この並列巻線U3の渡り線57は、全て6スロットピッチとされているとともに、固定子巻線40の第1コイルエンド部41の周方向の所定範囲(44番スロットから3番スロットの間)に配置されている。そして、渡り線57が配置されている所定範囲内に、並列巻線U3の巻き始め端部(2番スロット)と巻き終わり端部(45番スロット)が位置している。

【0037】

そして、並列巻線U4は、始端側のスロット収容部が3番スロット(UB)の第6層(最外層)に収容され、図8の(2)の位置から内周側に向かって時計回り方向に周回を開始し3周する。この場合にも、21番スロット(UB)から26番スロット(UA)、及

10

20

30

40

50

び20番スロット(UA)から27番スロット(UB)へ移る際には、U相スロットのAとBの間でスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第1層～第6層の全ての層において、図10に示すように、並列巻線U4のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

【0038】

また、並列巻線U1は、始端側のスロット収容部が2番スロット(UA)の第1層(最内層)に収容され、図8の(3)の位置から外周側に向かって反時計回り方向に周回を開始し3周する。この場合にも、32番スロット(UA)から27番スロット(UB)、及び33番スロット(UB)から26番スロット(UA)へ移る際には、U相スロットのAとBの間でスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第1層～第6層の全ての層において、図10に示すように、並列巻線U1のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

10

【0039】

また、並列巻線U2は、始端側のスロット収容部が3番スロット(UB)の第1層(最内層)に収容され、図8の(4)の位置から外周側に向かって反時計回り方向に周回を開始し3周する。この場合にも、33番スロット(UB)から26番スロット(UA)、及び32番スロット(UA)から27番スロット(UB)へ移る際には、U相スロットのAとBの間でスイッチしている。これにより、U相スロットA、Bの第1層～第6層の全ての層において、図10に示すように、並列巻線U2のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

20

【0040】

よって、各並列巻線U1～U4は、各U相スロットA、B内の全ての層において、周方向に隣接する2個のU相スロットA、Bの両方に均等に配置されている。

【0041】

なお、並列巻線U3と並列巻線U4のスイッチ部においては、図9(b)に示すように、7スロットを飛び越える一方の並列巻線U3が、5スロット飛び越える他方の並列巻線U4を跨ぐ状態となる。また、スイッチ部以外の通常部においては、図9(a)に示すように、並列巻線U3と並列巻線U4が、第6層と第5層の間、第4層と第3層の間、第2層と第1層の間でそれぞれ交差した状態となる。

【0042】

30

なお、V相巻線41Vの並列巻線V1～V4及びW相巻線41Wの並列巻線W1～W4は、上記のU相巻線41Uの並列巻線U1～U4と同じであるので説明を省略する。

【0043】

以上のように構成された本実施形態の固定子20によれば、各相巻線41U、41V、41Wは、各スロット31内に収容された第m層(mは1以上の自然数)と第m+1層のスロット収容部同士が電氣的に接続されて波巻き仕様にされているので、第1及び第2コイルエンド部41、42の軸方向長さの増加を抑制することができる。

【0044】

特に、本実施形態では、固定子巻線40の軸方向一端側に複数のターン部52により形成された第1コイルエンド部41において、ターン部52同士の軸方向の重なりが多くても1重である。即ち、5スロットピッチと7スロットピッチのスイッチ部(図9(b)参照)の1重の重なりだけであるので、第1コイルエンド部41の軸方向長さの増加を抑制することができる。

40

【0045】

また、各並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4は、各相スロットA、B内の全ての層において、周方向に隣接する2個の相スロットA、Bの両方に均等に配置されている。これにより、各相巻線41U、41V、41Wを構成する並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4間の平衡をとり、並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4間に発生する循環電流を完全に防止することができる。

【0046】

50

また、各並列巻線 U 1 ～ U 4, V 1 ～ V 4, W 1 ～ W 4 の渡り線 5 7 は、全て 6 スロットピッチとされているとともに、渡り線 5 7 は、第 1 コイルエンド部 4 1 の周方向の所定範囲に配置され、渡り線 5 7 が配置されている所定範囲内に、各並列巻線 U 1 ～ U 4, V 1 ～ V 4, W 1 ～ W 4 の巻き始め端部と巻き終わり端部が位置している。そのため、渡り線 5 7 を 6 スロットピッチとすることで、結線部における第 1 コイルエンド部 4 1 の軸方向高さを低減することができる。また、これに合わせて、巻き始め端部と巻き終わり端部の異形線の軸方向高さも低減することができるので、結線部の軸方向高さを低減することができる。

【0047】

また、固定子コア 3 0 は、周方向に順番に繰り返し 2 個ずつ配置された U 相スロット、V 相スロット及び W 相スロットよりなる複数のスロット 3 1 を有し、各相スロットには、各相巻線 4 1 U, 4 1 V 4 1 W が径方向 1 列に 6 層ずつ収容され、各相巻線 4 1 U, 4 1 V 4 1 W は、それぞれ並列接続された 4 本の並列巻線 U 1 ～ U 4, V 1 ～ V 4, W 1 ～ W 4 により構成されていることで、4 ターンと 2 ターンの間となる 3 ターンの特性を有する固定子巻線 4 0 を実現することができる。

【0048】

ここでのターン数は、1 極当たりの 1 並列巻線の入る本数を表すもので、(ターン数) = (スロット倍数) × (スロット内の巻線の本数) / (並列巻線の本数) から求められる。本実施形態の場合、スロット倍数が 2 であり、スロット内の巻線の本数が 6 であり、並列巻線の本数が 4 であるので、 $2 \times 6 / 4 = 3$ から、3 ターンとなる。

【0049】

なお、図 1 1 に示す比較例 1 の巻線のように、例えば各並列巻線のスロット収容部が通常通りの 6 スロットピッチで飛び続ける場合には、各並列巻線のスロット収容部が、各相スロット内の第 1 層～第 6 層の各層において、2 個ずつ配置された各相スロットの片方の相スロットに入り続けるため、各相巻線における 4 本の並列巻線間の平衡がとれない。

【0050】

即ち、図 1 2 に示すように、図 1 1 の (1) 及び (3) の位置から周回を開始する並列巻線 (1) (3) のスロット収容部は、各相スロット内の第 1 層～第 6 層の各層において、2 個ずつ配置された各相スロットの一方の相スロット A に 4 本配置され、他方の相スロット B には 0 本となる。また、図 1 1 の (2) 及び (4) の位置から周回を開始する並列巻線 (2) (4) のスロット収容部は、各相スロット内の第 1 層～第 6 層の各層において、一方の相スロット B に 4 本配置され、他方の相スロット A には 0 本となる。したがって、比較例 1 の場合には、並列巻線間の循環電流発生を防止することができない。

【0051】

〔実施形態 2〕

実施形態 2 に係る回転電機の固定子 (図示せず) は、基本的構成が実施形態 1 のものと同じであり、固定子巻線 4 0 を構成する各相巻線 4 1 U, 4 1 V 4 1 W の巻線仕様が実施形態 1 のものと異なる。よって、実施形態 1 と共通する部材や構成については、同じ符号を付して詳しい説明は省略し、以下、異なる点及び重要な点について説明する。

【0052】

実施形態 2 の固定子巻線 4 0 は、実施形態 1 と同様に、それぞれ 4 本の並列巻線 U 1 ～ U 4, V 1 ～ V 4, W 1 ～ W 4 が並列接続された各相巻線 4 1 U, 4 1 V 4 1 W の巻線端が星型結線で結線されている (図 6 参照)。そして、U 字形状をなす複数の導体セグメントを所定のパターンで電氣的に接続して形成されている点も実施形態 1 と同様である。

【0053】

以下、実施形態 2 の固定子巻線 4 0 の巻線仕様について、図 1 3 A、図 1 3 B、図 1 4, 図 1 5 を参照して説明する。なお、実施形態 2 の場合にも、固定子巻線 4 0 を構成する三相の相巻線 4 1 U, 4 1 V 4 1 W は、電氣的位相が異なるだけで巻線仕様が同じであるため、それらの代表として U 相巻線 4 1 U の巻線仕様を説明する。

【0054】

なお、図 1 4 において、周方向に隣接して 2 個ずつ配置された U 相スロット A, B は、それぞれ 6 スロットごとに配置されている。図 1 4 の上方の U 相スロット A, B は、図 1 3 A に示される 2 番スロット (U A) 及び 3 番スロット (U B) である。各 U 相スロット A, B には、U 相巻線 4 1 U が径方向 1 列に偶数本 (本実施形態では 6 本) ずつ収容されている (図 5 参照)。また、U 相スロットの A-A、A-B、B-B を結ぶ実線は、導体セグメントのターン部側を示し、U 相スロットの A-A、A-B、B-B を結ぶ破線は、導体セグメントの捻り側 (溶接側) を示す。

【0055】

U 相巻線 4 1 U の並列巻線 U 3 は、図 1 4 に示すように、始端側のスロット収容部が 2 番スロット (U A) の第 6 層 (最外層) に収容され、図 1 4 の (1) の位置から内周側に向かって時計回り方向に周回を開始する。そして、始端側から 2 番目以降のスロット収容部は、8 番スロット (U A) の第 5 層、1 5 番スロット (U B) の第 6 層、2 1 番スロット (U B) の第 5 層、2 6 番スロット (U A) の第 6 層、3 2 番スロット (U A) の第 5 層、3 9 番スロット (U B) の第 6 層、4 5 番スロット (U B) の第 5 層に順番に収容されて 1 周する。

【0056】

このとき、8 番スロット (U A) の第 5 層から 1 5 番スロット (U B) の第 6 層へ、及び 3 2 番スロット (U A) の第 5 層から 3 9 番スロット (U B) の第 6 層へ移る際には、U 相スロット A から 7 スロット飛び越えて U 相スロット B にスイッチしている。また、2 1 番スロット (U B) の第 5 層から 2 6 番スロット (U A) の第 6 層へ移る際には、U 相スロット B から 5 スロット飛び越えて U 相スロット A にスイッチしている。即ち、並列巻線 U 3 の 1 周目は、5 スロットピッチと 7 スロットピッチの組み合わせにより、2 個ずつ配置された U 相スロット A, B の両方を周方向の全域で交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U 相スロット A, B の第 6 層及び第 5 層には、図 1 5 に示すように、並列巻線 U 3 のスロット収容部が U 相スロット A, B の両方に 2 本ずつ均等に配置されている。

【0057】

続いて、4 5 番スロット (U B) の第 5 層から 6 スロット飛び越えて 3 番スロット (U B) の第 4 層に層渡りして 2 周目の周回を開始する。この場合、渡り線 5 7 は、固定子コア 3 0 への巻き始め側 (外周側) を基準として、各 U 相スロット A, B 内の第 E 層 ($E = 2$ で第 2 層 (第 5 層)) と第 $E + 1$ 層 ($E = 2$ で第 3 層 (第 4 層)) との間を層渡りしている。

【0058】

そして、2 周目の 2 番目以降のスロット収容部は、9 番スロット (U B) の第 3 層、1 4 番スロット (U A) の第 4 層、2 0 番スロット (U A) の第 3 層、2 7 番スロット (U B) の第 4 層、3 3 番スロット (U B) の第 3 層、3 8 番スロット (U A) の第 4 層、4 4 番スロット (U A) の第 3 層に順番に収容されて 1 周する。

【0059】

このとき、9 番スロット (U B) の第 3 層から 1 4 番スロット (U A) の第 4 層へ、及び 3 3 番スロット (U B) の第 3 層から 3 8 番スロット (U A) の第 4 層へ移る際には、U 相スロット B から 5 スロット飛び越えて U 相スロット A にスイッチしている。また、2 0 番スロット (U A) の第 3 層から 2 7 番スロット (U B) の第 4 層へ移る際には、U 相スロット A から 7 スロット飛び越えて U 相スロット B にスイッチしている。即ち、並列巻線 U 3 の 2 周目も、5 スロットピッチと 7 スロットピッチの組み合わせにより、2 個ずつ配置された U 相スロット A, B の両方を周方向の全域で交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U 相スロット A, B の第 4 層及び第 3 層には、図 1 5 に示すように、並列巻線 U 3 のスロット収容部が U 相スロット A, B の両方に 2 本ずつ均等に配置されている。

【0060】

続いて、4 4 番スロット (U A) の第 3 層から 6 スロット飛び越えて 2 番スロット (U

10

20

30

40

50

A) の第 2 層に層渡しして 3 周目の周回を開始する。この場合、渡り線 5 7 は、固定子コア 3 0 への巻き始め側 (外周側) を基準として、各 U 相スロット A, B 内の第 E 層 ($E = 4$ で第 4 層 (第 3 層)) と第 $E + 1$ 層 ($E = 4$ で第 5 層 (第 2 層)) との間を層渡ししている。

【0061】

そして、3 周目の 2 番目以降のスロット収容部は、8 番スロット (U A) の第 1 層 (最内層)、1 5 番スロット (U B) の第 2 層、2 1 番スロット (U B) の第 1 層、2 6 番スロット (U A) の第 2 層、3 2 番スロット (U A) の第 1 層、3 9 番スロット (U B) の第 2 層、4 5 番スロット (U B) の第 1 層に順番に収容されて 1 周し、終端側が引き出される。

【0062】

このとき、8 番スロット (U A) の第 1 層から 1 5 番スロット (U B) の第 2 層へ、及び 3 2 番スロット (U A) の第 1 層から 3 9 番スロット (U B) の第 2 層へ移る際には、U 相スロット A から 7 スロット飛び越えて U 相スロット B にスイッチしている。また、2 1 番スロット (U B) の第 1 層から 2 6 番スロット (U A) の第 2 層へ移る際には、U 相スロット B から 5 スロット飛び越えて U 相スロット A にスイッチしている。即ち、並列巻線 U 3 の 3 周目も、5 スロットピッチと 7 スロットピッチの組み合わせにより、2 個ずつ配置された U 相スロット A, B の両方を周方向の全域で交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U 相スロット A, B の第 2 層及び第 1 層には、図 1 5 に示すように、並列巻線 U 3 のスロット収容部が U 相スロット A, B の両方に 2 本ずつ均等に配置されている。

【0063】

なお、この並列巻線 U 3 の渡り線 5 7 は、全て 6 スロットピッチとされているとともに、固定子巻線 4 0 の第 1 コイルエンド部 4 1 の周方向の所定範囲 (4 4 番スロットから 3 番スロットの間) に配置されている。そして、渡り線 5 7 が配置されている所定範囲内に、並列巻線 U 3 の巻き始め端部 (2 番スロット) と巻き終わり端部 (4 5 番スロット) が位置している。

【0064】

そして、並列巻線 U 4 は、始端側のスロット収容部が 3 番スロット (U B) の第 6 層 (最外層) に収容され、図 1 4 の (2) の位置から内周側に向かって時計回り方向に周回を開始し 3 周する。この並列巻線 U 4 の場合にも、並列巻線 U 3 と同様に、6 スロット飛びと 5 スロット飛び又は 7 スロット飛びとを交互に繰り返しながら巻回されている。即ち、並列巻線 U 4 は、固定子コア 3 0 のスロット 3 1 に沿って周方向に 3 周する間の全域において、5 スロットピッチと 7 スロットピッチの組み合わせにより、2 個ずつ配置された U 相スロット A, B の両方を交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U 相スロット A, B の第 1 層～第 6 層の各層には、図 1 5 に示すように、並列巻線 U 4 のスロット収容部が U 相スロット A, B の両方に 2 本ずつ均等に配置されている。

【0065】

また、並列巻線 U 1 は、始端側のスロット収容部が 2 番スロット (U A) の第 1 層 (最内層) に収容され、図 1 4 の (3) の位置から外周側に向かって反時計回り方向に周回を開始し 3 周する。この並列巻線 U 1 の場合にも、並列巻線 U 3 と同様に、6 スロット飛びと 5 スロット飛び又は 7 スロット飛びとを交互に繰り返しながら巻回されている。即ち、並列巻線 U 1 は、固定子コア 3 0 のスロット 3 1 に沿って周方向に 3 周する間の全域において、5 スロットピッチと 7 スロットピッチの組み合わせにより、2 個ずつ配置された U 相スロット A, B の両方を交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U 相スロット A, B の第 1 層～第 6 層の各層には、図 1 5 に示すように、並列巻線 U 1 のスロット収容部が U 相スロット A, B の両方に 2 本ずつ均等に配置されている。

【0066】

また、並列巻線 U 2 は、始端側のスロット収容部が 2 番スロット (U A) の第 1 層 (最内層) に収容され、図 1 4 の (4) の位置から外周側に向かって反時計回り方向に周回を

10

20

30

40

50

開始し3周する。この並列巻線U2の場合にも、並列巻線U3と同様に、6スロット飛びと5スロット飛び又は7スロット飛びとを交互に繰り返しながら巻回されている。即ち、並列巻線U2は、固定子コア30のスロット31に沿って周方向に3周する間の全域において、5スロットピッチと7スロットピッチの組み合わせにより、2個ずつ配置されたU相スロットA、Bの両方を交互に入れ替わりながら巻回されている。これにより、U相スロットA、Bの第1層～第6層の各層には、図15に示すように、並列巻線U1のスロット収容部がU相スロットA、Bの両方に2本ずつ均等に配置されている。

【0067】

よって、各並列巻線U1～U4は、各U相スロットA、B内の全ての層において、周方向に隣接する2個のU相スロットA、Bの両方に均等に配置されている。

10

【0068】

なお、各並列巻線U1～U4の5スロットピッチと7スロットピッチのスイッチ部においては、図9(b)に示すように、7スロットを飛び越える一方の並列巻線U1～U4が、5スロット飛び越える他方の並列巻線U1～U4を跨ぐ状態となる。即ち、5スロットピッチと7スロットピッチのスイッチ部による1重の重なりだけであるので、第1コイルエンド部41の軸方向長さの増加が抑制される。

【0069】

以上のように構成された実施形態2の固定子によれば、第1及び第2コイルエンド部41、42の軸方向長さの増加を抑制しつつ、各相巻線41U、41V、41Wを構成する並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4間に発生する循環電流を完全に防止することができると、実施形態1と同様の作用効果を奏する。

20

【0070】

特に、実施形態2では、各並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4は、固定子巻線40の第1コイルエンド部41において、5スロットピッチと7スロットピッチの組み合わせにより、周方向全域において、各スロット31内の各層で周方向に隣接する2個の各相スロットA、Bを入れ替わりながら巻回されている。そのため、周方向において通過するスロット31の偏りがなくなり、回転子14の偏心に伴う各並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4間の不平衡を抑制し、循環電流の発生を確実に防止することができる。

【0071】

30

なお、上記実施形態1では、図16に示すように、スイッチ部が周方向の1箇所にあり、固定子コア30の右半分では並列巻線のスロット収容部が一方の相スロットAに入り続け、固定子コア30の左半分では並列巻線のスロット収容部が他方の相スロットBに入り続けるようにされていた。このように、周方向において通過するスロット31の偏りがある場合には、回転子14が偏心していると、並列巻線間の平衡が崩れ易くなる。

【0072】

したがって、上記実施形態2のように、並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4が、2個ずつ配置された各相スロットA、Bの両方を周方向の全域で交互に入れ替わりながら巻回されていることによって、回転子14の偏心に伴う並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4間の不平衡を抑制し、循環電流の発生を効果的に防止することが可能となる。

40

【0073】

〔他の実施形態〕

本発明は、上記の実施形態1、2に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更することが可能である。

【0074】

例えば、上記の実施形態1、2では、各スロット31に収容される相巻線41U、41V、41Wの本数が6本とされ、各相巻線41U、41V、41Wを構成する並列巻線U1～U4、V1～V4、W1～W4の本数が $4 \times n$ 本($n=1$ で4本)とされて、3ターンの特性を有する固定子巻線40を実現していた。表1に示すように、スロット31内の

50

巻線の本数と並列巻線の本数との組み合わせを種々変更することにより、所望のターン数の特性を有する固定子巻線を得ることができる。この場合、並列巻線の本数をP本とし、スロット内に収容される相巻線41U、41V、41Wの本数をQ本としたときに、PとQの組み合わせが(4-6)(4-10)(8-6)(8-10)(8-12)の何れかである場合には、奇数ターンや小数点ターンの特性を有する固定子巻線を実現することができる。

【0075】

【表1】

スロット内の巻線の本数	並列巻線の並列数	ターン数
6	1	12
	2	6
	4	3
	8	1.5
8	1	16
	2	8
	4	4
	8	2
10	1	20
	2	10
	4	5
	8	2.5
12	1	24
	2	12
	4	6
	8	3

【0076】

また、上記の実施形態1、2では、同相の相巻線41U、41V、41Wが収容された周方向に隣接する2個のスロット31は、周方向に順番に繰り返して2個ずつ配置されたU相スロット、V相スロット及びW相スロットにより構成されていたが、スロット31内の各層において、周方向に隣接する2個のスロット31ごとに同相の相巻線41U、41V、41Wが収容されるようにしてもよい。

【0077】

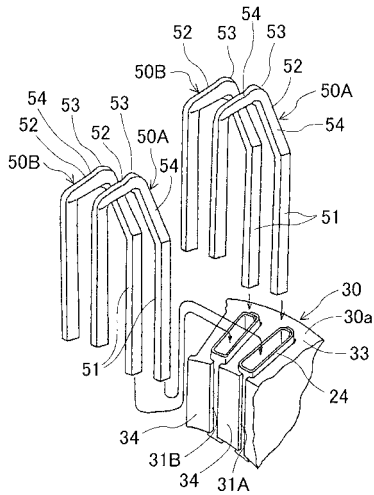
また、上記の実施形態1、2では、本発明に係る回転電機の固定子を車両用電動機に適用した例を説明したが、本発明は、車両に搭載される回転電機としての発電機あるいは電動機、さらには両者を選択的に使用し得る回転電機にも適用することができる。

【符号の説明】

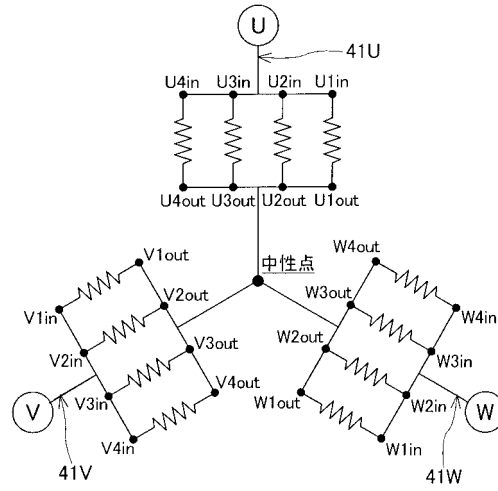
【0078】

- 1…車両用電動機（回転電機）、
- 20…固定子、
- 30…固定子コア、
- 31…スロット、
- 40…固定子巻線、
- 41…第1コイルエンド部、
- 42…第2コイルエンド部、
- 50…導体セグメント、

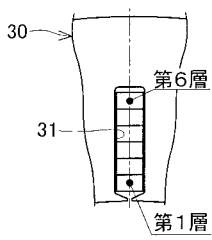
【図 4】



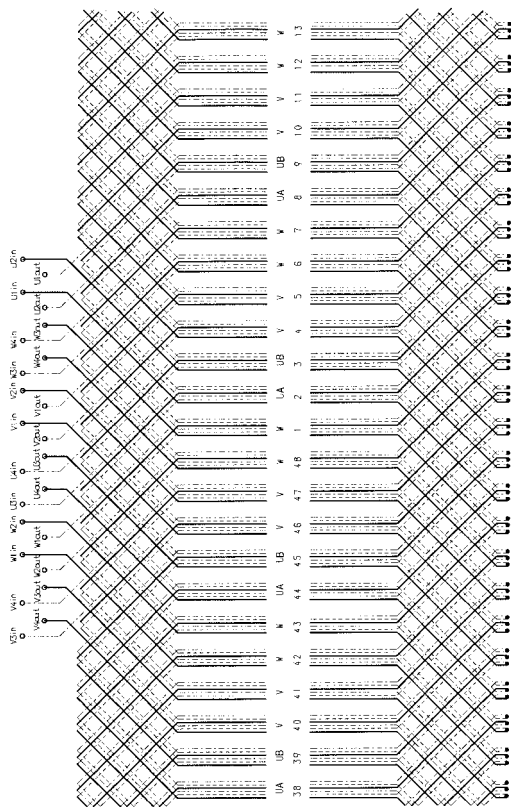
【図 6】



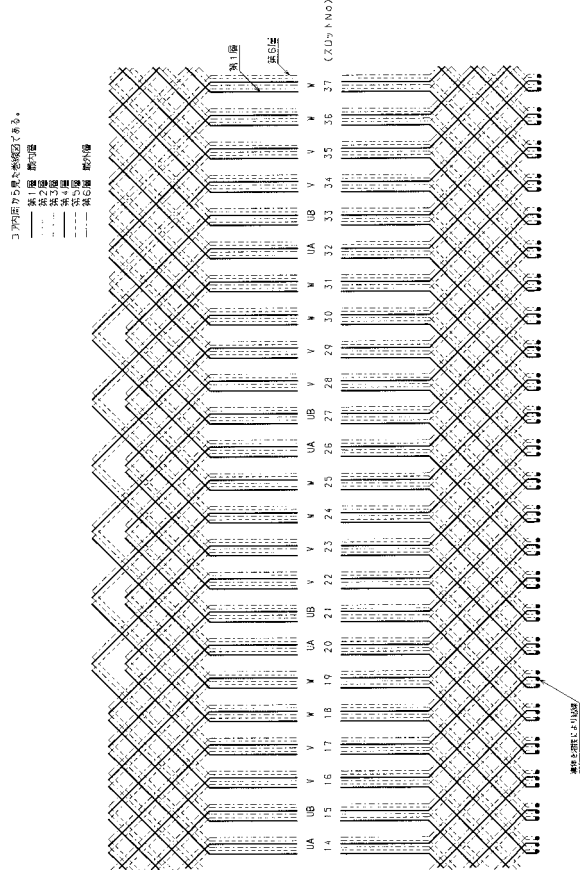
【図 5】



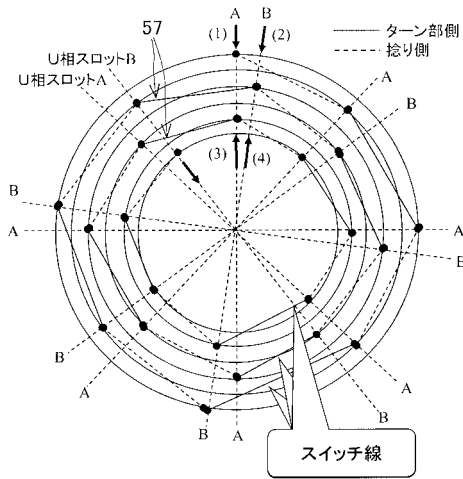
【図 7 A】



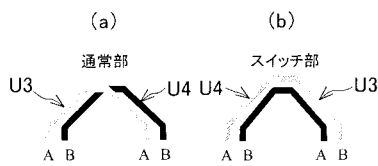
【図 7 B】



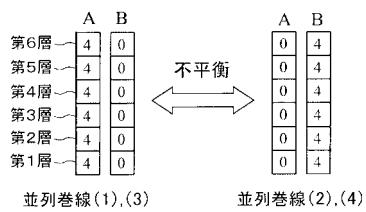
【図 8】



【図 9】



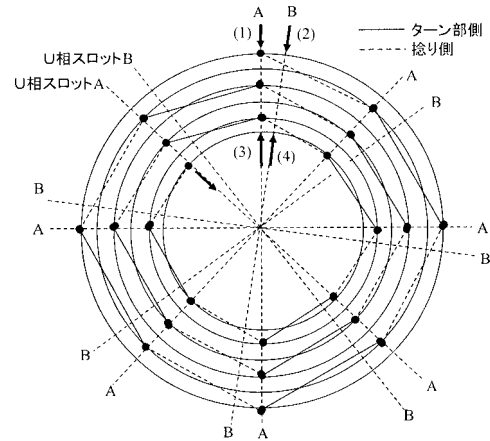
【図 12】



【図 10】



【図 11】



【図 13 A】

