

(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  
2014 年 11 月 27 日(27.11.2014)



(10) 国際公開番号

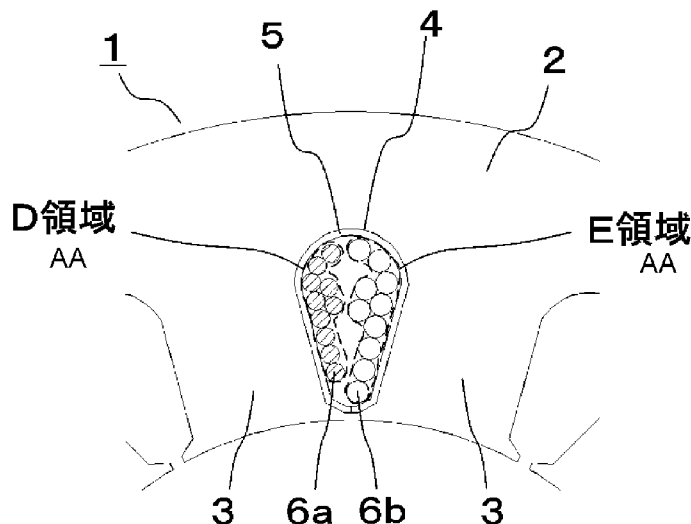
WO 2014/188466 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H02K 3/02* (2006.01) *H02K 3/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/003180
- (22) 国際出願日: 2013 年 5 月 20 日(20.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堀坂 健太郎(HORISAKA, Kentaro); 〒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). 仲 興起(NAKA, Koki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山口 信一(YAMAGUCHI, Shinichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 原川 雅哉(HARAKAWA, Masaya); 〒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). 安藤 和秋(ANDO, Kazuaki); 〒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). 尾崎 健太(OZAKI, Kenta); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高橋 省吾, 外(TAKAHASHI, Shogo et al.); 〒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 知的財産センター内 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,

[続葉有]

(54) Title: STATOR AND ELECTRIC MOTOR USING SAME

(54) 発明の名称: 固定子及びこの固定子を使用する電動機



AA Region

(57) Abstract: Provided is a configuration capable of reducing the resistance of a winding when materials having different electrical resistivities are used for the winding. A stator according to the present invention comprises: a cylindrical stator core (2); a plurality of tooth portions (3) provided along a circumferential direction of the stator core (2); and windings (6) disposed in a plurality of slots (4) provided between the tooth portions (3) and wound around the tooth portions (3). The windings (6) are each made of materials having different electrical resistivities. The ratio of the section area of a material having a high electrical resistivity in the slots (4) to the section area of a material having a low electrical resistivity in the slots (4) is larger than or equal to 1 and less than or equal to the ratio of the electrical resistivity of the material having the high electrical resistivity to the electrical resistivity of the material having the low electrical resistivity.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/188466 A1



LS, LT, 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, 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.

パ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

巻線に電気抵抗率の異なる材料を使用する場合における、巻線の抵抗を低減できる構成を提供する。この発明に係る固定子は、円筒形状のステータコア 2 と、ステータコア 2 の周方向に沿って設けられた複数のティース部 3 と、ティース部 3 の間に設けられる複数のスロット 4 内に配置され、ティース部 3 に巻回される巻線 6 とを備える。巻線 6 は、電気抵抗率の異なる材料で構成される。スロット 4 内における電気抵抗率の低い材料の断面積に対する電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が 1 以上であり、かつ、電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率以下である。

## 明 細 書

**発明の名称 : 固定子及びこの固定子を使用する電動機**

### 技術分野

[0001] 本発明は、電動機、及びこの電動機に使用する固定子に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来の固定子において、ステータコアは、積層鋼板よりなる。ステータコアには、インシュレータが組み込まれる。インシュレータは、合成樹脂製絶縁体である。環状体のステータコアは、内周を周方向に等分する複数箇所に、径方向内側に突出した歯部が一体に形成される。各歯部には、インシュレータを介して線材が巻きつけられ、複数層の巻線部が形成される。巻線部を構成する線材は、最も最内側の1層がアルミニウム線で、残りの外側の5層が銅線である（特許文献1参照）。

[0003] 従来の他の固定子において、固定子鉄心の固定子スロット内には、絶縁物が敷かれる。主巻線は、この絶縁物の内側に収納されている。主巻線は、主マグネット・ワイヤーを乱巻きに巻回して成る。マグネット・ワイヤーの本数は、例えば34本である。補助巻線は、隣接する主巻線の相互間に形成される空間に収める。補助巻線は、補助マグネット・ワイヤーを主巻線と同数巻回して形成される。補助マグネット・ワイヤーの線径は、主マグネット・ワイヤーの154/1000である。

[0004] 従来の他の固定子において、補助巻線を形成する補助マグネット・ワイヤーには、アルミニウムを使用する。主巻線のマグネット・ワイヤーには、銅を使用する（特許文献2参照）。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-183788号公報（例えば、段落0028、0030、0032、及び図1）

[0006] 特許文献2：特開平 1 0－1 7 4 3 3 0 号公報（例えば、段落 0 0 0 9、0 0 1 8、及び図 1）

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献 1 及び特許文献 2 には、固定子の巻線に銅線とアルミニウム線を使用する技術が記載されている。しかし、特許文献 1 及び特許文献 2 は、巻線に電気抵抗率の異なる材料を使用する場合における、巻線の抵抗を低減するための構成は、開示されていない。

[0008] 本発明は、巻線に電気抵抗率の異なる材料を使用する場合における、巻線の抵抗を低減できる構成を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] この発明に係る固定子は、円筒形状のステータコアと、ステータコアの周方向に沿って設けられた複数のティース部と、ティース部の間に設けられる複数のスロット内に配置され、ティース部に巻回される巻線とを備え、巻線は、

- （1）電気抵抗率の異なる材料で構成され、
- （2）スロット内における電気抵抗率の低い材料の断面積に対する電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が 1 以上であり、
- （3）かつ電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率以下である。

## 発明の効果

[0010] 本発明によれば、巻線に電気抵抗率の異なる材料を使用する場合において、巻線の抵抗を低減できる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施の形態 1 における電動機を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態 1 におけるステータの断面図である。

[図3]本発明の実施の形態 1 におけるステータの一部の断面図である。

[図4]本発明の実施の形態2におけるステータの一部の断面図である。

[図5]本発明の実施の形態3におけるステータの一部の断面図である。

[図6]本発明の実施の形態4におけるステータの一部の断面図である。

[図7]本発明の実施の形態5におけるステータの一部の断面図である。

[図8]本発明の実施の形態1乃至実施の形態5に係る電線の材料の組合せと電気抵抗率の比率の一覧表である。

## 発明を実施するための形態

### [0012] 実施の形態1

本発明の実施の形態1に係る電動機の構造を、図1を参照して説明する。

図1は、本実施の形態1に係る電動機の構造を示す図である。

[0013] 図1に示すように、電動機は、回転する部分である回転子（以下の説明において、ロータとする）と、ロータに回転力を発生させる部分である固定子（以下の説明において、ステータ1とする）から構成される。ロータには、径方向の中心にシャフトが固定される。ロータは、複数の永久磁石を配置して構成する。ステータ1は、円筒形状をしており、径方向外側からロータを覆っている。ステータ1は、シャフトを中心として円周方向に複数のコイルを配置して構成する。交流電源は、交流電流をステータ1のコイルに供給する。また、シャフトには、負荷が接続されている。

[0014] ステータ1のコイルは、電流が流れると、図1のように磁束 $\phi$ を発生させる。ロータの永久磁石は、磁束 $\phi$ の方向に磁力を受ける。ロータは、永久磁石が受ける磁力により駆動する。

[0015] 次に、電動機の動作を説明する。ロータを回転させる場合、コイルが作る磁界の向きを円周方向に次々と移動させる。これは、ステータ1の複数のコイルに対し、交流電流を供給することにより実現できる。ステータ1の複数のコイルは、時計回りまたは反時計回りの磁界（以下の説明において、回転磁界とする）を生成する。図1に示す例において、複数のコイルは、時計回りの回転磁界を生成している。永久磁石は、回転磁界の回転方向に磁力を受ける。永久磁石が回転磁界に引っ張られることにより、ロータは、回転磁界

と同じ方向に回転する。

[0016] ロータが回転する時、シャフトは、ロータとともに回転する。シャフトの回転力は、負荷へと伝達される。つまり、ロータに発生した回転力は、シャフトを介して負荷へと伝達する。

[0017] 次に、実施の形態 1 に係るステータ 1 の構成を説明する。図 2 は、実施の形態 1 に係るステータ 1 の断面図である。図 2 に示すように、ステータ 1 は、主に円筒形状をしたステータコア 2 とティース部 3 とで構成される。ティース部 3 は、図 2 に示すように、ステータコア 2 の内周に設ける。実施の形態 1 において、ティース部 3 は、図 2 に示す周方向に沿って、ステータ 1 内に 12 個設ける。

[0018] 各ティース部 3 の間には、スロット 4 を設ける。スロット 4 は、各ティース部 3 の間の空間部分である。実施の形態 1 において、スロット 4 は、図 2 に示す周方向に沿って、ステータ 1 内に 12 個設ける。

[0019] 図 3 は、本発明の実施の形態 1 におけるステータ 1 の一部の断面図であり、図 2 の C 部を拡大した図である。図 3 において、ステータコア 2 には、ティース部 3 を設ける。各ティース部 3 の間には、スロット 4 を設ける。絶縁紙 5 は、スロット 4 の内部に、スロット 4 の形状に沿って設ける。

[0020] 図 3 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、同一のスロット 4 内に設ける。銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、ステータコア 2 のティース部 3 に巻回する。なお、以下において、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b を合わせて、巻線 6 とする。

[0021] 次に、実施の形態 1 に係る原理を説明する。巻線 6 の抵抗を、巻線抵抗 R とする。巻線 6 として電線 A、B を用いる場合、巻線抵抗 R は、下記の式 1 により表される。

[0022] [数 1]

$$R = (\rho_A \times n_A \times \frac{L}{S_A} + \rho_B \times n_B \times \frac{L}{S_B}) \times a \quad (\text{式 1})$$

[0023] ただし、式 1 において、 $\rho_A$ 、 $\rho_B$  は、電線 A、B の電気抵抗率である。 $n_A$

、 $n_B$ は、電線A、Bの巻回数である。 $L$ は、平均周長である。 $S_A$ 、 $S_B$ は、電線A、Bの断面積である。 $a$ は、スロット数及び巻線6の結線の方法によって決定する定数である。

[0024] また、スロット4の面積 $A_S$ と電線A、Bの断面積 $S_A$ 、 $S_B$ の関係は、下記の式2により表される。

[0025] [数2]

$$As \times \eta = S_A \times n_A + S_B \times n_B \quad (\text{式2})$$

[0026] ただし、式2において、 $\eta$ は占積率である。占積率とは、スロット4の面積 $A_S$ に対する巻線6が占める面積の比率である。

[0027] さらに、電線Aと電線Bの巻回数の総和を $N$ とする。巻回数の総和 $N$ のうち、電線Aの割合を $x$ とする。また、電線Bの断面積 $S_B$ を、電線Aの断面積 $S_A$ の $y$ 倍とする。このとき、式2より、下記の式3が導かれる。

[0028] [数3]

$$S_A = \frac{As \times \eta}{N \{x + y(1-x)\}} \quad (\text{式3})$$

[0029] よって、式1、式3より、巻線抵抗 $R_{(x,y)}$ は、下記の式4により表される。

[0030] [数4]

$$R(x,y) = \frac{\rho_A \times N^2 \times L \times a}{As \times \eta} \times \{x + y \times (1-x)\} \left\{ x + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{(1-x)}{y} \right\} \quad (\text{式4})$$

[0031] 電線A、Bの断面積 $S_A$ 、 $S_B$ が同一の場合、巻線抵抗は、 $R_{(x,1)}$ である。巻線抵抗 $R_{(x,y)}$ を $R_{(x,1)}$ よりも小さくする条件は、下記の式5により表される。

[0032] [数5]

$$\begin{aligned} R(x,y) &< R(x,1) \\ \frac{\rho_A \times N^2 \times L \times a}{As \times \eta} \times \{x + y \times (1-x)\} \left\{ x + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{(1-x)}{y} \right\} &< \frac{\rho_A \times N^2 \times L \times a}{As \times \eta} \times \{x + 1 \times (1-x)\} \left\{ x + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{(1-x)}{y} \right\} \\ \{x + y \times (1-x)\} \left\{ x + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{(1-x)}{y} \right\} &< \{x + 1 \times (1-x)\} \left\{ x + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{(1-x)}{y} \right\} \end{aligned} \quad (\text{式5})$$

[0033] 式5を整理すると、下記の式6が導かれる。

[0034] [数6]

$$y^2 - \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} + 1\right)y + \frac{\rho_B}{\rho_A} < 0 \quad (\text{式6})$$

$$\left(y - \frac{\rho_B}{\rho_A}\right)(y - 1) < 0$$

[0035] 式6からわかるように、 $1 < y < \rho_B / \rho_A$ の場合、同一のスロット4内に混在する電線A、Bの巻線抵抗 $R_{(x,y)}$ は、電線A、Bの断面積 $S_A$ 、 $S_B$ が同一の場合よりも小さくなる。また、 $1 < y < \rho_B / \rho_A$ とは、次の2つの点を導く数式である。第1の点は、スロット4における電気抵抗率の低い材料の断面積に対する電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が、1以上であるような構成とする点である。第2の点は、前記比率が、前記電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する前記電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率以下であるような構成とする点である。

[0036] また、式6からわかるように、 $y = \rho_B / \rho_A$ の場合、同一のスロット4内に混在する電線A、Bの巻線抵抗 $R_{(x,y)}$ は、電線A、Bの断面積 $S_A$ 、 $S_B$ が同一の場合と同等となる。

[0037] 次に、実施の形態1に係るステータ1の構成について、詳細に説明する。実施の形態1においては、図3に示すように、電線Aとして銅線6aを、電線Bとしてアルミニウム線6bを、それぞれ使用する。また、図3に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bの巻線方法は、集中巻である。

[0038] 図3において、領域Dは、スロット4内で銅線6aが占める領域を表す。つまり、領域Dは、スロット4内における銅線6aの断面積の総和である。図3において、領域Eは、スロット4内でアルミニウム線6bが占める領域を表す。つまり、領域Eは、スロット4内におけるアルミニウム線6bの断面積の総和である。図3において、領域Dと領域Eを合わせた領域の面積に対し、アルミニウム線6bが占める領域Eの面積の比率は、50%より大きく61%より小さい範囲である。

[0039] ここで、銅の電気抵抗率 $\rho_A$ は、 $16.8 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ である。アルミニウムの

電気抵抗率  $\rho_B$  は、 $26.5 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$  である。また、銅線 6 a の断面積を  $S_{\text{銅}}$ 、アルミニウム線 6 b の断面積を  $S_A$  とする。

[0040] 上述のとおり、 $y$  は(電線 B の断面積)/(電線 A の断面積)であるから、 $y = S_A/S_{\text{銅}}$  と表される。よって、式 6 の「 $1 < y < \rho_B/\rho_A$ 」は、下記の式 7 のように言い換えることができる。

[0041] [数 7]

$$1 < \frac{S_A}{S_{\text{銅}}} < \frac{26.5}{16.8}$$

$$\frac{26.5}{16.8} \approx 1.58$$

(式 7)

[0042] さらに、下記の式 8 が成立する。

[0043] [数 8]

$$1 + \frac{S_{\text{銅}}}{S_A} = \frac{S_A + S_{\text{銅}}}{S_A}$$

(式 8)

[0044] 式 7 と式 8 より、下記の式 9 が導かれる。

[0045] [数 9]

$$0.5 < \frac{S_A}{S_A + S_{\text{銅}}} < \frac{1}{1 + \frac{16.8}{26.5}}$$

$$\frac{1}{1 + \frac{16.8}{26.5}} \approx 0.61$$

(式 9)

[0046] つまり、式 9 が示すように、スロット 4 内における巻線 6 の占有面積のうち、当該スロット 4 内のアルミニウム線 6 b の占有面積の比率を、50% より大きく 61% より小さい範囲とする。なお、占有面積とは、電線の断面積と巻数の積のことである。

[0047] 言い換えると、図 3 において、領域 D と領域 E を合わせた領域の面積に対

し、アルミニウム線 6 b が占める領域 E の面積の比率を、50%より大きく 61%より小さい範囲とする。これにより、上記の式 6 において説明したように、巻線抵抗 R を、銅線 6 a の断面積  $S_{銅}$  とアルミニウム線 6 b の断面積  $S_{アル}$  とが同一の場合よりも、低減できる。

[0048] なお、同一のスロット 4 内において、銅線 6 a の占有面積とアルミニウム線 6 b の占有面積が、同じになるような構成としてもよい。また、スロット 4 内における巻線 6 の占有面積のうち、当該スロット 4 内のアルミニウム線 6 b の占有面積の比率を 61%としてもよい。

#### [0049] 実施の形態 2

次に、実施の形態 2 に係るステータ 1 及び電動機の構成を説明する。実施の形態 1 と同一または同等の手段、構成に関しては、同一の名称と符号とを用いて説明を省略する。

[0050] 実施の形態 2 では、スロット内における電気抵抗率の低い材料の断面積に対する電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が、電気抵抗率の低い材料の電気抵抗率に対する電気抵抗率の高い材料の電気抵抗率の比率の平方根と同等である固定子について、特に説明する。

[0051] 図 4 は、本発明の実施の形態 2 におけるステータ 1 の一部の断面図である。なお、図 4 は、図 2 の C 部を拡大した図である。

[0052] 図 4 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、同一のスロット 4 内に設ける。銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、ステータコア 2 のティース部 3 に巻回する。また、図 4 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の巻線方法は、集中巻である。

[0053] 図 4 において、同一のスロット 4 内に配置される巻線 6 は、巻回数が 20 ターンである。また、同一のスロット 4 内に設けられる巻線 6 は、占有面積が、スロット 4 の面積の 55%である。

[0054] また、実施の形態 2 においては、図 4 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の巻回数は、ともに 10 ターンである。銅線 6 a の線径は、0.45 mm である。アルミニウム線 6 b の線径は、0.55 mm である。

[0055] 次に、実施の形態 2 に係る原理を説明する。実施の形態 2 では、巻線抵抗  $R_{(x,y)}$  の最小値を求めるため、実施の形態 1 の式 4 を  $y$  で偏微分する。これにより、下記の式 10 が導かれる。

[0056] [数10]

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} R(x,y) &= \frac{\partial}{\partial y} \frac{\rho_A \times N^2 \times L \times a}{As \times \eta} \times \left\{ x^2 + xy(1-x) + \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{x(1-x)}{y} + \frac{\rho_B}{\rho_A} (1-x)^2 \right\} \\ &= \frac{\rho_A \times N^2 \times L \times a}{As \times \eta} \times \left\{ x(1-x) - \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{x(1-x)}{y^2} \right\} \end{aligned} \quad (\text{式 10})$$

[0057] 式 10 において、下記の式 11 を満たすとき、巻線抵抗  $R_{(x,y)}$  は最小値をとる。

[0058] [数11]

$$\frac{\partial}{\partial y} R(x,y) = 0 \quad (\text{式 11})$$

[0059] 式 10、式 11 より、下記の式 12 が導かれる。

[0060] [数12]

$$\left\{ x(1-x) - \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{x(1-x)}{y^2} \right\} = x(1-x) \left( 1 - \frac{\rho_B}{\rho_A} \frac{1}{y^2} \right) = 0 \quad (\text{式 12})$$

[0061] つまり、式 12 より、下記の式 13 が成り立つ場合、巻線抵抗  $R_{(x,y)}$  は、最も小さくなる。

[0062] [数13]

$$y = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}} \quad (\text{式 13})$$

[0063] 次に、実施の形態 2 に係るステータ 1 の構成について、詳細に説明する。実施の形態 2 においては、図 4 に示すように、電線 A として銅線 6 a を、電線 B としてアルミニウム線 6 b を、それぞれ使用する。

[0064] 実施の形態 2 では、スロット 4 の断面積に占める銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の断面積の比率を、1.26 倍とする。これは、銅の電気抵抗率 16

、 $8 \text{ n } \Omega \cdot \text{m}$ とアルミニウムの電気抵抗率 $26.5 \text{ n } \Omega \cdot \text{m}$ の比率の平方根と同一である。

[0065] 銅線6aとアルミニウム線6bの巻回数は、ともに10ターンとする。この場合、銅線6aの線径は、 $0.45 \text{ mm}$ とする。アルミニウム線6bの線径は、 $0.55 \text{ mm}$ とする。これにより、上記の断面積の比率の1.26倍を満たす。つまりこの場合、巻線抵抗を最も小さくすることができる。

[0066] なお、一般的に流通している電線の径は、離散的な値をとる。また、巻回数は自然数をとる。このため、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率を、電気抵抗率の比率の平方根と同等にすることは、通常困難である。よって、上記の断面積の比率が、1.26倍でなく1.3倍となるように、電線の径を選択する。これにより、巻線抵抗を最も小さくできる。

[0067] また、上記の断面積の比率が、1.2倍～1.4倍の範囲となるように、電線の径を選択しても良い。巻線抵抗を最も小さくできる場合の断面積の比率は、1.2倍～1.4倍の範囲に含まれる。このため、1.2倍～1.4倍の範囲となるように電線の径を選択することで、巻線抵抗を最も小さくできる。なお、上記の断面積の比率が、この1.2倍～1.4倍の範囲にあることを、同等とみなすことができる範囲にあるという。

[0068] 実施の形態3

次に、実施の形態3に係るステータ1及び電動機の構成を説明する。実施の形態1乃至実施の形態2と同一または同等の手段、構成に関しては、同一の名称と符号とを用いて説明を省略する。

[0069] 図5は、本発明の実施の形態3におけるステータ1の一部の断面図である。なお、図5は、図2のC部を拡大した図である。

[0070] 図5に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bは、同一のスロット4内に設ける。銅線6aとアルミニウム線6bは、ステータコア2のティース部3に巻回する。また、図5に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bの巻線方法は、集中巻である。

[0071] 図5において、同一のスロット4内に設けられる巻線6は、巻回数が20

ターンである。また、同一のスロット4内に設けられる巻線6は、占有面積が、スロット4の面積の55%である。

[0072] 実施の形態3においては、図5に示すように、銅線6aの巻回数は、8ターンである。アルミニウム線6bの巻回数は、12ターンである。この場合、銅線6aの線径は、0.4mmとする。アルミニウム線6bの線径は、0.55mmとする。これにより、スロット4の断面積に占める銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率が、1.26倍となる。この場合、実施の形態2の記載のとおり、巻線抵抗を最も小さくできる。

[0073] つまり、銅線6aとアルミニウム線6bの巻回数が異なる場合にも、上記の断面積の比率が1.26倍となるような構成とすることで、巻線抵抗を最も小さくできる。

[0074] なお、一般的に流通している電線の径は、離散的な値をとる。また、巻回数は自然数をとる。このため、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率を、電気抵抗率の比率の平方根と同等にすることは、通常困難である。よって、上記の断面積の比率が、1.26倍でなく1.3倍となるように、電線の径を選択する。これにより、巻線抵抗を最も小さくできる。

[0075] また、上記の断面積の比率が、1.2倍～1.4倍の範囲となるように、電線の径を選択しても良い。巻線抵抗を最も小さくできる場合の断面積の比率は、1.2倍～1.4倍の範囲に含まれる。このため、1.2倍～1.4倍の範囲となるように電線の径を選択することで、巻線抵抗を最も小さくできる。なお、上記の断面積の比率が、この1.2倍～1.4倍の範囲にあることを、同等とみなすことができる範囲にあるという。

[0076] 実施の形態4

次に、実施の形態4に係るステータ1及び電動機の構成を説明する。実施の形態1乃至実施の形態3と同一または同等の手段、構成に関しては、同一の名称と符号とを用いて説明を省略する。

[0077] 図6は、本発明の実施の形態4におけるステータ1の一部の断面図である。なお、図6は、図2のC部を拡大した図である。

[0078] 図6に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bは、同一のスロット4内に配置する。銅線6aとアルミニウム線6bは、ステータコア2のティース部3に巻回する。また、図6に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bの巻線方法は、集中巻である。

[0079] 図6において、同一のスロット4内に設けられる巻線6は、巻回数が20ターンである。また、同一のスロット4内に配置される巻線6は、占有面積が、スロット4の面積の55%である。

[0080] また、実施の形態4においては、図6に示すように、銅線6aとアルミニウム線6bの巻回数は、ともに10ターンである。銅線6aの線径は、0.4mmであり、アルミニウム線6bの線径は、0.6mmである。

[0081] 次に、実施の形態4に係る原理を説明する。実施の形態4では、実施の形態1に記載した電線A、Bの比重を $\delta_A$ 、 $\delta_B$ とする。このとき、巻線6の重量mは、下記の式14により表される。

[0082] [数14]

$$\begin{aligned} m &= (\delta_A \times n_A \times L \times S_A + \delta_B \times n_B \times L \times S_B) \times a \\ &= N \times L \times S_A \times \delta_A \times a \times \left\{ \frac{\delta_B}{\delta_A} x + y(1-x) \right\} \quad (\text{式14}) \end{aligned}$$

[0083] 実施の形態1の式3、上記の式14より、下記の式15が導かれる。

[0084] [数15]

$$\begin{aligned} m &= N \times L \times \delta_A \times a \times \frac{As \times \eta}{N \times \{x + y(1-x)\}} \times \left\{ \frac{\delta_B}{\delta_A} x + y(1-x) \right\} \\ &= L \times \delta_A \times a \times As \times \eta \times \left\{ 1 + \frac{(\frac{\delta_B}{\delta_A} - 1)x}{x + y(1-x)} \right\} \quad (\text{式15}) \end{aligned}$$

[0085] つまり、式15より、yが増加するにつれ、巻線の重量mは一意に減少する。よって、 $1 \leq y \leq \rho_B / \rho_A$ の範囲において、巻線の重量mは、 $y = \rho_B / \rho_A$ の場合に最も軽くなる。

[0086] 次に、実施の形態4に係るステータ1の構成について、詳細に説明する。

実施の形態4においては、図6に示すように、電線Aとして銅線6aを、電線Bとしてアルミニウム線6bを、それぞれ使用する。

[0087] 実施の形態4では、スロット4の断面積に占める銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率を、1.58倍とする。これは、銅の電気抵抗率 $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ とアルミニウムの電気抵抗率 $2.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ の比率と同一である。

[0088] 銅線6aとアルミニウム線6bの巻回数は、ともに10ターンとする。この場合、銅6aの線径は、0.4mmとする。アルミニウム線6bの線径は、0.6mmとする。これにより、上記の断面積の比率の1.58倍を満たす。つまりこの場合、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる。

[0089] なお、一般的に流通している電線の径は、離散的な値をとる。また、巻回数は自然数をとる。このため、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率を、電気抵抗率の比率と同等にすることは、通常困難である。よって、上記の断面積の比率が、1.58倍でなく1.6倍となるように、電線の径を選択する。これにより、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる。

[0090] また、上記の断面積の比率が、1.5倍～1.7倍の範囲となるように、電線の径を選択しても良い。銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる場合の断面積の比率は、1.5倍～1.7倍の範囲に含まれる。このため、1.5倍～1.7倍の範囲となるように電線の径を選択することで、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる。なお、上記の断面積の比率が、この1.5倍～1.7倍の範囲にあることを、同等とみなすことができる範囲にあるという。

[0091] 実施の形態 5

次に、実施の形態 5 に係るステータ 1 及び電動機の構成を説明する。実施の形態 1 乃至実施の形態 4 と同一または同等の手段、構成に関しては、同一の名称と符号とを用いて説明を省略する。

[0092] 図 7 は、本発明の実施の形態 5 におけるステータ 1 の一部の断面図である。なお、図 7 は、図 2 の C 部を拡大した図である。

[0093] 図 7 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、同一のスロット 4 内に配置する。銅線 6 a とアルミニウム線 6 b は、ステータコア 2 のティース部 3 に巻回する。また、図 7 に示すように、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の巻線方法は、集中巻である。

[0094] 図 7 において、同一のスロット 4 内に配置される巻線 6 は、巻回数が 20 ターンである。また、同一のスロット 4 内に配置される巻線 6 は、占有面積が、スロット 4 の面積の 55% である。

[0095] 実施の形態 5 においては、図 7 に示すように、銅線 6 a の巻回数は、8 ターンである。アルミニウム線 6 b の巻回数は、12 ターンである。この場合、銅線 6 a の線径は、0.35 mm とする。アルミニウム線 6 b の線径は、0.55 mm とする。これにより、スロット 4 の断面積に占める銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の断面積の比率が、1.58 倍となる。この場合、実施の形態 4 の記載のとおり、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線 6 の重量を最も軽くすることができる。

[0096] つまり、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の巻回数が異なる場合にも、上記の断面積の比率が 1.58 倍となるような構成とすることで、銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線 6 の重量を最も軽くすることができる。

[0097] また、上記の断面積の比率が、1.5 倍～1.7 倍の範囲となるように、電線の径を選択しても良い。銅線 6 a とアルミニウム線 6 b の断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線 6 の重量を最も軽くす

ることができる場合の断面積の比率は、1.5倍～1.7倍の範囲に含まれる。このため、1.5倍～1.7倍の範囲となるように電線の径を選択することで、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる。なお、上記の断面積の比率が、この1.5倍～1.7倍の範囲にあることを、同等とみなすことができる範囲にあるという。

[0098] なお、一般的に流通している電線の径は、離散的な値をとる。また、巻回数は自然数をとる。このため、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積の比率を、電気抵抗率の比率と同等にすることは、通常困難である。よって、上記の断面積の比率が、1.58倍でなく1.6倍となるように、電線の径を選択する。これにより、銅線6aとアルミニウム線6bの断面積を同一とした場合と比較して巻線抵抗を同等とし、かつ巻線6の重量を最も軽くすることができる。

[0099] なお、実施の形態1乃至実施の形態5において、銅線6aとアルミニウム線6bの巻線方法は、集中巻としたが、これに限るものではない。例えば、銅線6aとアルミニウム線6bの巻線方法は、分布巻としても良い。

[0100] また、実施の形態1乃至実施の形態5において、ステータ1は、12個のティース部3と、12個のスロット4を有する構成としたが、これに限るものではない。例えば、ティース部3及びスロット4の数は、3個、6個、9個、またはそれ以上とするなど、各種の構成としてよい。

[0101] 実施の形態1乃至実施の形態5においては、電線Aとして銅線6aを、電線Bとしてアルミニウム線6bを、それぞれ使用している。銅線6aは、電気抵抗率が低く、エネルギーの損失が少ない。一方、アルミニウム線6bは、銅線6aと比べて、軽量で安価である。つまり、実施の形態1乃至実施の形態5において、銅線6aとアルミニウム線6bとを使用することで、ステータ1を軽量化し、かつコストの低減を図ることができる。

[0102] しかし、実施の形態1乃至実施の形態5において、電線Aとして銅線6aを、電線Bとしてアルミニウム線6bを、それぞれ使用したが、これに限る

ものではない。例えば、電線A、電線Bの材料としては、銀、銅、金、アルミニウム等を選択して使用することができる。

[0103] 図8は、本発明の実施の形態1乃至実施の形態5に係る電線の材料の組合せと電気抵抗率の比率の一覧表である。電気抵抗率の比率とは、電気抵抗率の小さい金属に係る電気抵抗率に対する電気抵抗率の大きい金属に係る電気抵抗率の比率である。なお、各材料の電気抵抗率は、20℃において、銀は $15.9 \text{ n}\Omega\text{m}$ 、銅は $16.8 \text{ n}\Omega\text{m}$ 、金は $22.1 \text{ n}\Omega\text{m}$ 、アルミニウムは $26.5 \text{ n}\Omega\text{m}$ である。

[0104] 図8において、縦列の電線Aは電気抵抗率の小さい金属、横列の電線Bは電気抵抗率の大きい金属である。図8内の数値は、電線A、Bの電気抵抗率の比率 $\rho_B/\rho_A$ を示す。例えば、図8において、電線Aとしての銅に対する電線Bとしてのアルミニウムの電気抵抗率の比率は、20℃において、1.58である。図8内の値は、すべて20℃での値であり、温度が変化するに従って値も変化する。

[0105] 実施の形態1乃至実施の形態5に係る電線の材料は、銀、銅、金、アルミニウムの中から異種金属を2種類選択する。つまり、電線Aの材料は、銀、銅、金の中から1つを選び、電線Bの材料は、電線Aよりも電気抵抗率の高い材料を選ぶ。具体的には、電線Aに銀を選んだ場合、電線Bは、銅、金、アルミニウムの中から1つを選ぶ。電線Aに銅を選んだ場合、電線Bは、金、アルミニウムの中から1つを選ぶ。電線Aに金を選んだ場合、電線Bは、アルミニウムを選ぶ。電線A及び電線Bの材料として、これらの材料の組合せを選んだとしても、実施の形態1乃至実施の形態5に係るステータ1及び電動機において得られる効果を妨げるものでないことは、明らかである。

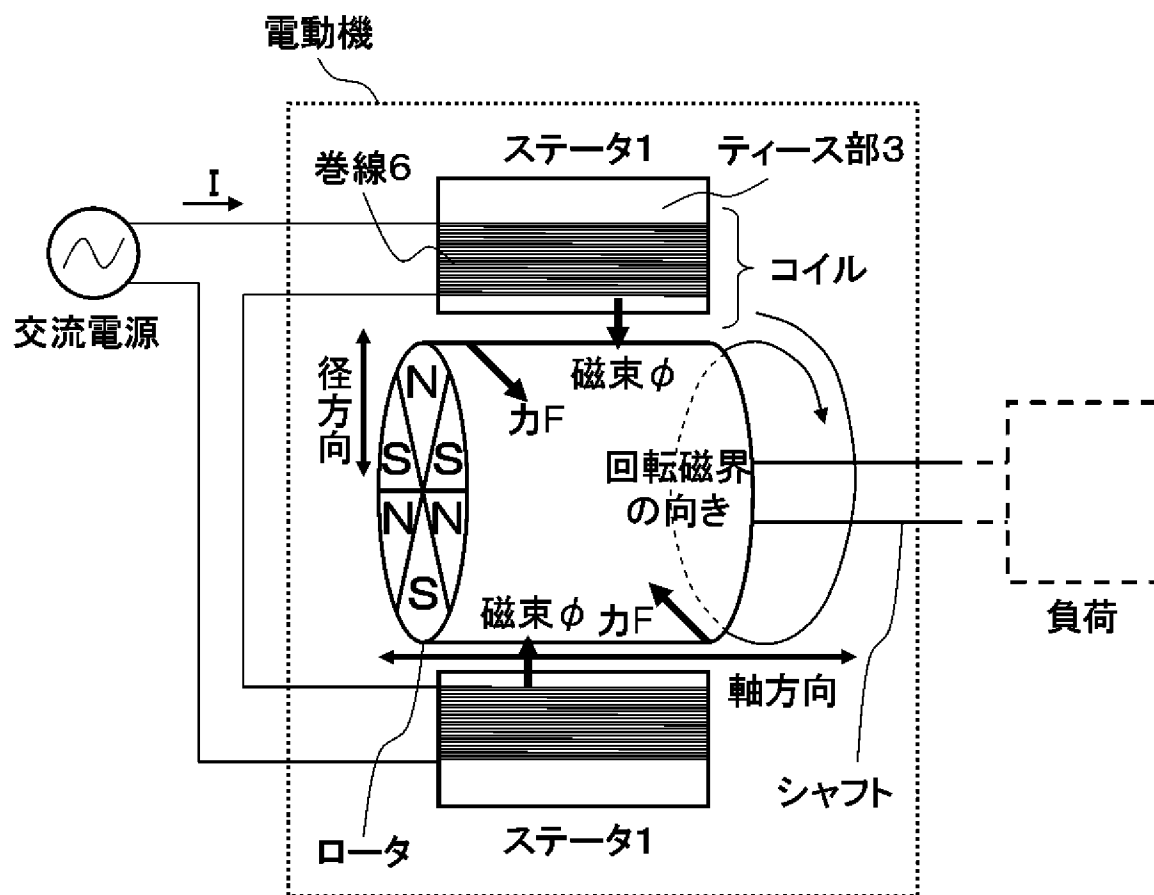
## 符号の説明

[0106] 1 ステータ、2 ステータコア、3 ティース部、4 スロット、5 絶縁紙、6 a 銅線、6 b アルミニウム線

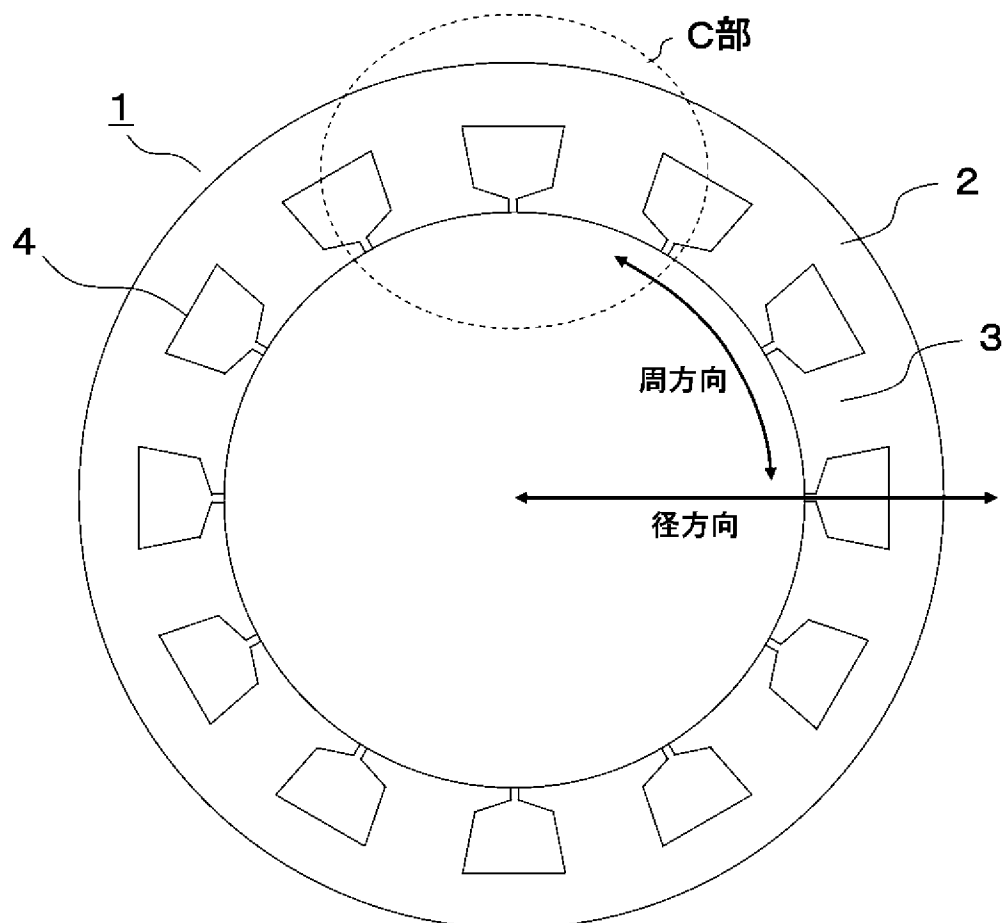
## 請求の範囲

- [請求項1] 円筒形状のステータコアと、  
前記ステータコアの周方向に沿って設けられた複数のティース部と、  
前記ティース部の間に設けられる複数のスロット内に配置され、前記ティース部に巻回される巻線とを備え、  
前記巻線は、電気抵抗率の異なる材料で構成され、  
前記スロット内における電気抵抗率の低い材料の断面積に対する電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が1以上であり、かつ、前記電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する前記電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率以下であることを特徴とする固定子。
- [請求項2] 前記スロット内における前記電気抵抗率の低い材料の断面積に対する前記電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が、前記電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する前記電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率の平方根と同等とみなすことができる範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の固定子。
- [請求項3] 前記スロット内における前記電気抵抗率の低い材料の断面積に対する前記電気抵抗率の高い材料の断面積の比率が、前記電気抵抗率の低い材料の当該電気抵抗率に対する前記電気抵抗率の高い材料の当該電気抵抗率の比率と同等とみなすことができる範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の固定子。
- [請求項4] 前記巻線は、前記電気抵抗率の低い材料が銅、前記電気抵抗率の高い材料がアルミニウム  
であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の固定子。
- [請求項5] 請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の固定子と、  
この固定子により生じる磁界にもとづき回転する回転子と、  
この回転子に固定され、前記回転子の回転力を外部の部材に伝達するシャフトとを備えたことを特徴とする電動機。

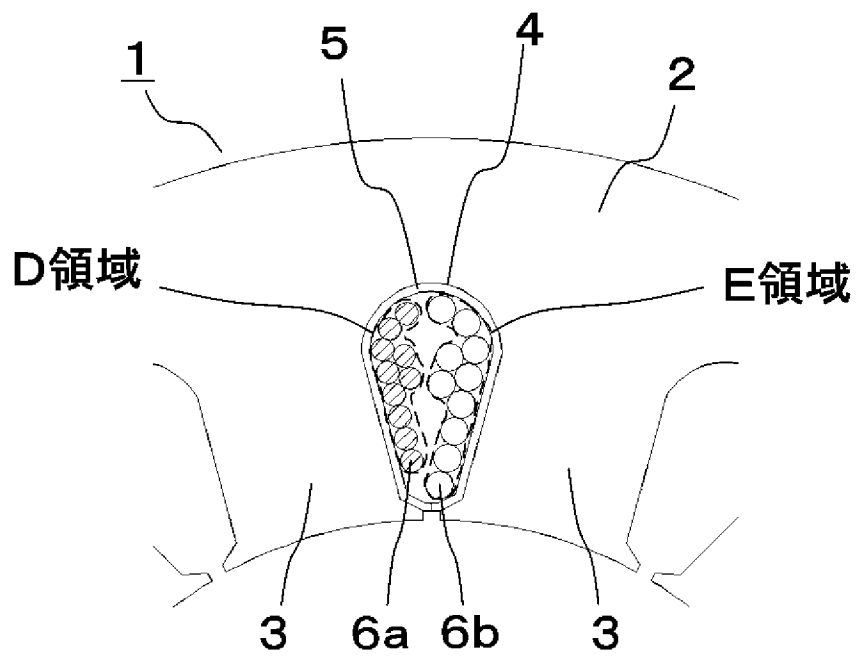
[図1]



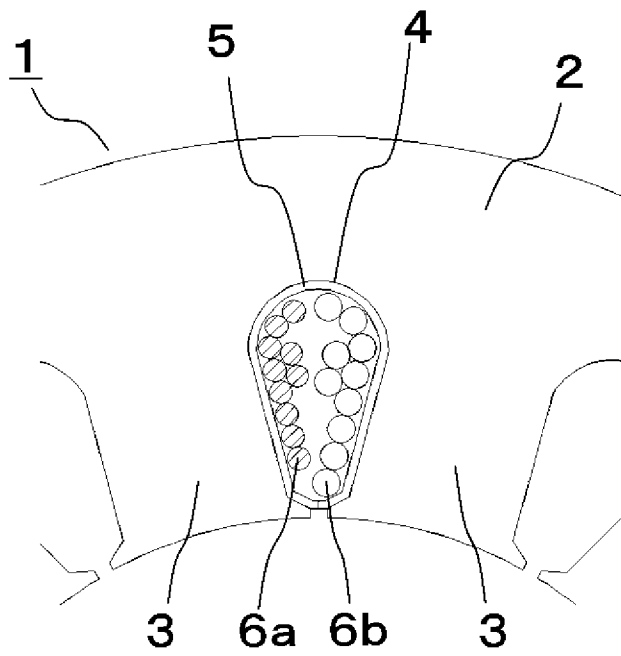
[図2]



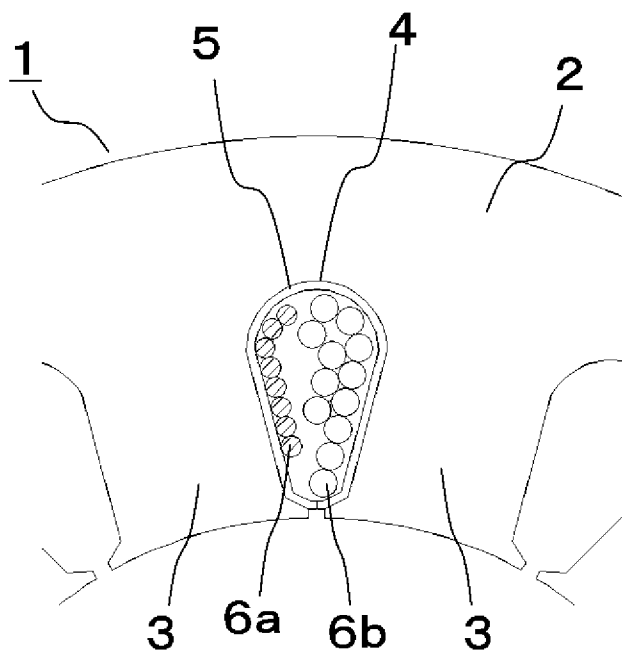
[図3]



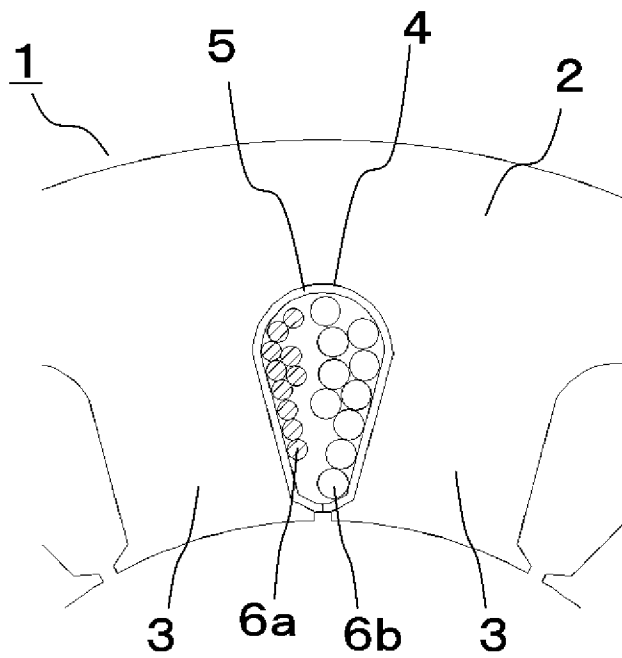
[図4]



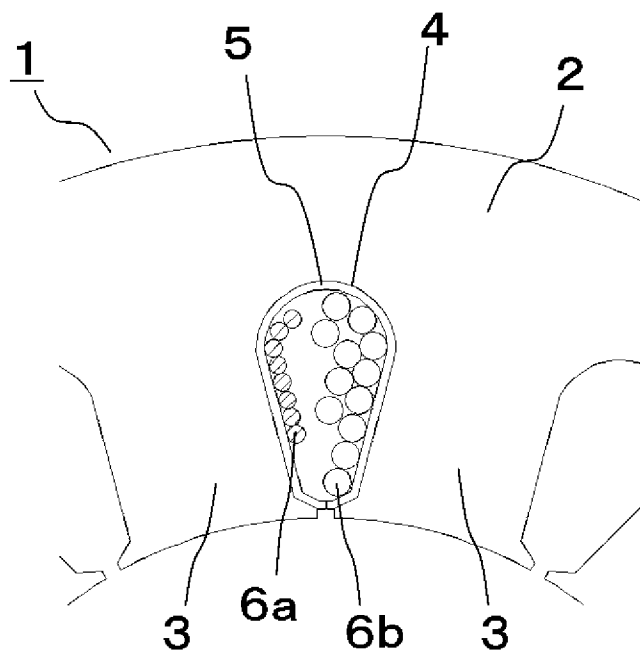
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

|     |        | 電線B |      |      |        |
|-----|--------|-----|------|------|--------|
|     |        | 銀   | 銅    | 金    | アルミニウム |
| 電線A | 銀      |     | 1.06 | 1.39 | 1.67   |
|     | 銅      |     |      | 1.32 | 1.58   |
|     | 金      |     |      |      | 1.20   |
|     | アルミニウム |     |      |      |        |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/003180

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K3/02(2006.01) i, H02K3/18(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)

H02K3/02, H02K3/18

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 | 1996-2013 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2013 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2013 |

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 2010-183741 A (Aisin AW Co., Ltd.),<br>19 August 2010 (19.08.2010),<br>paragraphs [0031], [0068], [0072]; fig. 1, 12<br>(Family: none) | 1, 3-5<br>2           |
| A         | JP 2004-153874 A (Nissan Motor Co., Ltd.),<br>27 May 2004 (27.05.2004),<br>paragraphs [0046] to [0054]; fig. 17 to 19<br>(Family: none)   | 1-5                   |
| A         | JP 2005-278373 A (JATCO Ltd.),<br>06 October 2005 (06.10.2005),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                            | 1-5                   |

☒ 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  
02 July, 2013 (02.07.13)

Date of mailing of the international search report  
16 July, 2013 (16.07.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/003180

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                            | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-183788 A (JTEKT Corp.),<br>19 August 2010 (19.08.2010),<br>paragraph [0032]; fig. 1<br>(Family: none) | 1-5                   |
| A         | JP 10-174330 A (Toshiba Corp.),<br>26 June 1998 (26.06.1998),<br>paragraph [0018]; fig. 1<br>(Family: none)   | 1-5                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K3/02(2006.01)i, H02K3/18(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（I P C））

Int.Cl. H02K3/02, H02K3/18

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 | 1971-2013年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2013年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2013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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X<br>A          | JP 2010-183741 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 2010.08.19, 段落 0031, 0068, 0072, 図 1, 12 (ファミリーなし) | 1, 3-5<br>2    |
| A               | JP 2004-153874 A (日産自動車株式会社) 2004.05.27, 段落 0046-0054, 図 17-19 (ファミリーなし)               | 1-5            |
| A               | JP 2005-278373 A (ジャトコ株式会社) 2005.10.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)                               | 1-5            |

☒ 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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.07.2013

国際調査報告の発送日

16.07.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

松永 謙一

3 V

2925

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                  |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2010-183788 A (株式会社ジェイテクト) 2010.08.19, 段落 0032, 図 1 (ファミリーなし) | 1-5            |
| A                     | JP 10-174330 A (株式会社東芝) 1998.06.26, 段落 0018, 図 1 (ファミリーなし)       | 1-5            |