

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 4 区分
 【発行日】平成 24 年 9 月 20 日 (2012.9.20)

【公開番号】特開 2012-147670 (P2012-147670A)
 【公開日】平成 24 年 8 月 2 日 (2012.8.2)
 【年通号数】公開・登録公報 2012-030
 【出願番号】特願 2012-98087 (P2012-98087)
 【国際特許分類】

H 0 2 K 3/04 (2006.01)

H 0 2 K 17/12 (2006.01)

【F I】

H 0 2 K 3/04

H 0 2 K 17/12 A

【手続補正書】

【提出日】平成 24 年 8 月 3 日 (2012.8.3)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円心状に配置された複数の鉄心と、

銅よりも体積抵抗率が高い材料を含む電線が前記複数の鉄心に巻かれた複数のコイルと

、

前記複数のコイルに交流電流を印加することにより回転する回転子

とを備え、

前記電線の交流抵抗値が、前記電線と同じ線径及び同じ長さからなる銅線の交流抵抗値に一致する第 1 の周波数と、前記第 1 の周波数よりも周波数が大きく、前記電線の交流抵抗値が前記銅線の交流抵抗値に一致する第 2 の周波数を有し、

前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数の間において前記電線の交流抵抗値が前記銅線の交流抵抗値よりも小さく、

前記第 1 の周波数から前記第 2 の周波数までの周波数帯域に前記コイルが使用される周波数が収まるように、前記コイルに印加する交流電流の周波数が制御されることを特徴とする電気モータ。

【請求項 2】

前記コイルに印加する交流電流の周波数が前記インバータ方式により制御されることを特徴とする請求項 1 に記載の電気モータ。

【請求項 3】

前記電線が、アルミニウム線又は銅被覆アルミニウム線からなることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電気モータ。

【請求項 4】

前記交流電流が、前記交流電流の基本波の周波数成分の 1 / 3 以上の振幅を持つ高周波成分を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電気モータ。

【請求項 5】

前記電線の断面形状が、円形、扁平又は長方形であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の電気モータ。

【請求項 6】

前記電線の線径が、 $0.2\text{ mm} \sim 1.8\text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の電気モータ。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

【図 1】図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電線の一例を示す断面図である。図 1 (b) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電線の他の一例を示す断面図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る表皮効果を説明するための模式図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る近接効果を説明するための模式図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態に係る近接効果を説明するための他の概略図である。

【図 5】2 層構造の導線の断面図である。

【図 6】電流が流れている導線表面の電磁界を示す概略図である。

【図 7】外部磁界が印加された場合の 2 層構造の導線の断面図である。

【図 8】外部磁界が印加された場合の導線表面の電磁界を示す概略図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施の形態に係る各電線及び比較例に係る C u 線についての周波数と交流抵抗との関係を表したグラフである。

【図 10】本発明の第 1 の実施の形態に係る黄銅線及び比較例に係る C u 線を素線として用いた磁場発生コイルの作製条件を表した表である。

【図 11】本発明の第 1 の実施の形態に係る黄銅線及び比較例に係る C u 線を素線として用いた磁場発生コイルの周波数と交流抵抗との関係を表すグラフである。

【図 12】本発明の第 1 の実施の形態に係る黄銅線及び比較例に係る C u 線を素線として用いた磁場発生コイルの周波数と交流抵抗との関係を表す表である。

【図 13】本発明の第 1 の実施の形態に係る黄銅線及び C u 線についての周波数と交流抵抗との関係を表したグラフである。

【図 14】本発明の第 1 の実施の形態に係る近接効果成分と表皮効果成分の周波数と交流抵抗との関係を表したグラフである。

【図 15】本発明の第 1 の実施の形態に係る各種材料の交流抵抗及び C u 線との交流抵抗比の計算結果を表す表である。

【図 16】本発明の第 1 の実施の形態に係る電線の設計装置の一例を示す概略図である。

【図 17】本発明の第 1 の実施の形態に係る電線の設計方法及び製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 18】本発明の第 2 の実施の形態に係る電線の一例を示す断面図である。

【図 19】本発明の第 2 の実施の形態に係る C C A 線及び C u 線における周波数と交流抵抗との関係を表したグラフである。

【図 20】高周波トランスの一次巻線電流波形を表すグラフである。

【図 21】基準周波数及び高調波成分を説明するためのグラフである。

【図 22】C C A 巻線と銅巻線の損失を表す表である。

【図 23】本発明の第 2 の実施の形態に係る電線の設計装置の一例を示す概略図である。

【図 24】本発明の第 2 の実施の形態に係る電線の設計方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 25】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例に係る電気モータの一例を示す概略図である。

【図 26】比較例に係る C u 線をコイルに使用した場合の動作周波数 20 Hz 時の電流応答を表すグラフである。

【図 27】比較例に係る C u 線をコイルに使用した場合の動作周波数 50 Hz 時の電流応答を表すグラフである。

【図 28】図 26 と図 27 を重ね合せた応答を表すグラフである。

【図 29】図 26 の電流の周波数スペクトルを表すグラフである。

【図 30】比較例に係る半径が 0.8 mm の Cu 線の表皮効果による高周波抵抗を表すグラフである。

【図 31】比較例に係る半径が 0.8 mm の Cu 線の近接効果による高周波損失 ($H_0 = 1 \text{ A/mm}$) を表すグラフである。

【図 32】比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性を表すグラフである。

【図 33】比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性を表すグラフである。

【図 34】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 1) を表すグラフである。

【図 35】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 2) を表すグラフである。

【図 36】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性 (その 1) を表すグラフである。

【図 37】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性 (その 2) を表すグラフである。

【図 38】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例において異なる α 値に対して CCA 線が Cu 線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図 39】本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の実施例において異なる半径 r 値に対して CCA 線が Cu 線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図 40】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る電気モータの一例を示す概略図である。

【図 41】半径が 1.0 mm の本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線の表皮効果による高周波抵抗を表すグラフである。

【図 42】半径が 1.0 mm の本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線の近接効果による高周波損失 ($H_0 = 1 \text{ A/mm}$) を表すグラフである。

【図 43】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 1) を表すグラフである。

【図 44】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 2) を表すグラフである。

【図 45】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性 (その 1) を表すグラフである。

【図 46】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性 (その 2) を表すグラフである。

【図 47】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例において異なる α 値に対して CCA 線が Cu 線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図 48】本発明の第 2 の実施の形態の第 2 の実施例において異なる半径 r 値に対して CCA 線が Cu 線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図 49】本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る電気モータの一例を示す概略図である。

【図 50】半径が 1.2 mm の本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線の表皮効果による高周波抵抗を表すグラフである。

【図 51】半径が 1.2 mm の本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線の近接効果による高周波損失 ($H_0 = 1 \text{ A/mm}$) を表すグラフである。

【図 52】本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 1) を表すグラフである。

【図 53】本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例に係る Cu 線で巻いたコイルの高周波抵抗静特性 (その 2) を表すグラフである。

【図 54】本発明の第 2 の実施の形態の第 3 の実施例に係る CCA 線、Al 線及び比較例

に係るCu線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性（その１）を表すグラフである。

【図５５】本発明の第２の実施の形態の第３の実施例に係るCCA線、A1線及び比較例に係るCu線で巻いたコイルの高周波抵抗動特性（その２）を表すグラフである。

【図５６】本発明の第２の実施の形態の第３の実施例において異なる α 値に対してCCA線がCu線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図５７】本発明の第２の実施の形態の第３の実施例において異なる半径 r 値に対してCCA線がCu線より動特性高周波抵抗が小さくなる周波数帯域を表す表である。

【図５８】図５８（a）は、本発明の第３の実施の形態に係る電線の一例を示す断面図である。図５８（b）は、本発明の第３の実施の形態に係る電線の他の一例を示す断面図である。

【図５９】本発明の第３の実施の形態に係る黄銅線及びCu線における周波数と交流抵抗との関係を表したグラフである。

【図６０】本発明の第３の実施の形態に係る電線の材料及び線径をふって測定した基準直流抵抗及び第２の周波数を表した表である。

【図６１】本発明の第３の実施の形態に係る基準直流抵抗と第２の周波数との関係を表したグラフである。

【図６２】黄銅巻線と銅巻線の損失を表す表である。

【図６３】本発明の第３の実施の形態に係る電線の設計装置の一例を示す概略図である。

【図６４】本発明の第３の実施の形態に係る電線の設計方法及び製造方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図６５】本発明の第４の実施の形態に係る高周波電線の一例を示す断面図である。

【図６６】比較例に係るCu線の磁界強度分布を表すグラフである。

【図６７】比較例に係るCu線の電流密度分布を表すグラフである。

【図６８】本発明の第４の実施の形態に係る高周波電線の材料の体積抵抗率を表す表である。

【図６９】比較例に係るCu線の磁界強度分布を表す他のグラフである。

【図７０】比較例に係るCu線の損失分布を表すグラフである。

【図７１】本発明の第４の実施の形態に係るケイ素青銅線の磁界強度分布を表すグラフである。

【図７２】本発明の第４の実施の形態に係るケイ素青銅線の損失分布を表すグラフである。

【図７３】本発明の第４の実施の形態に係る黄銅線の磁界強度分布を表すグラフである。

【図７４】本発明の第４の実施の形態に係る黄銅線の損失分布を表すグラフである。

【図７５】本発明の第４の実施の形態に係るリン青銅線の磁界強度分布を表すグラフである。

【図７６】本発明の第４の実施の形態に係るリン青銅線の損失分布を表すグラフである。

【図７７】本発明の第４の実施の形態に係る黄銅線、リン青銅線及びケイ素青銅線と、比較例に係るCu線の周波数と交流抵抗（近接効果成分）との関係を表すグラフである。

【手続補正３】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００６９

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００６９】

図１４に、直径 0.4 mm の黄銅線についての外部磁界強度 H が 1 A/mm における表皮効果成分 R_s と直流抵抗 R_{dc} との和及び近接効果成分 R_p の計算結果を示す。直流抵抗 R_{dc} は、式（１）で周波数を 0 としたときの値である。図９、図１１～図１３に示すように黄銅線等が銅よりも高い体積抵抗率であるにも関わらず、所定の周波数帯域においてCu線よりも低い交流抵抗となる現象の理由は、図１４に示すように交流抵抗が近接効果に大きく依存し、且つ、体積抵抗率が高いと近接効果が小さくなる周波数帯域が存在す

ることによるものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0175

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0175】

図14に、直径0.4mmの黄銅線についての外部磁界強度Hが1A/mmにおける周波数と、表皮効果成分 R_s と直流抵抗成分 R_{dc} との和及び近接効果成分 R_p との関係を示す。直流抵抗 R_{dc} は、周波数が0のときの交流抵抗の値である。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0177

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0177】

ここで、導体に適用する金属の体積抵抗率を断面積で除した単位長さ当たりの直流抵抗を「基準直流抵抗」と定義する。図60に示すように、導体の材料と線径をふって、基準直流抵抗及び第2の周波数を計算により求めた。図60では、導体の材料として、図58(a)に示した導体部31が純アルミニウムのもので、図58(b)に示した中心導体32がアルミニウムからなり、被覆層33の断面積が電線全体の断面積の5%のもの(5%CCA)、図58(b)に示した中心導体32がアルミニウムからなり、被覆層33の断面積が電線全体の断面積の10%のもの(10%CCA)、図58(b)に示した中心導体32がアルミニウムからなり、被覆層33の断面積が電線全体の断面積の15%のもの(15%CCA)、図58(b)に示した中心導体32が合金アルミニウムからなり、被覆層33の断面積が電線全体の断面積の5%のもの(5%CCA(合金Al))、並びに図58(a)に示した導体部31がそれぞれ黄銅、ケイ素青銅及びリン青銅からなるものについての計算結果を示す。CCA線の体積抵抗率については2層の断面積比で換算して求めた等価体積抵抗率とした。計算結果について回帰分析を行った結果、図61に実線で示すような回帰直線が得られた。即ち、基準直流抵抗を R_{dc} 、第2の周波数を f_2 として、次式(53)の関係があることが見出された。

【数 1】

$$f_2 = 10^{(0.925 \times \log_{10} R_{dc} + 2.24)} \dots (53)$$