

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-538485

(P2010-538485A)

(43) 公表日 平成22年12月9日(2010.12.9)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H01F 41/02	(2006.01)	H01F 41/02	B		5E062
H01F 27/245	(2006.01)	H01F 27/24	A		5H601
H01F 3/02	(2006.01)	H01F 3/02			
H02K 1/02	(2006.01)	H02K 1/02	Z		

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-523528 (P2010-523528)	(71) 出願人	591010893
(86) (22) 出願日	平成20年9月8日 (2008.9.8)		ティッセンクルップ エレクトリカル ス
(85) 翻訳文提出日	平成22年5月6日 (2010.5.6)		ティール ゲゼルシャフト ミット ベシ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/061884		ュレンクテル ハフツング
(87) 国際公開番号	W02009/030779		Thyssenkrupp Electri
(87) 国際公開日	平成21年3月12日 (2009.3.12)		kal Steel GmbH
(31) 優先権主張番号	102007042619.6		ドイツ連邦共和国, デー 4 5 8 8 1
(32) 優先日	平成19年9月7日 (2007.9.7)		ゲルゼンキルヒェン, クルトーシューマッハ
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ーシュトラーセ 95
		(74) 代理人	100095614
			弁理士 越川 隆夫
		(72) 発明者	ブリュディニー ジャン フランソワ
			フランス共和国 59830 ヴァンネヘ
			ン, リュ ジャン バティスト トンネル
			26

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気コアおよび磁気コアを電気機械に使用する方法

(57) 【要約】

【課題】 より良いエネルギー性能を有する磁気コアを設計することおよびこのような磁気コアの有利な使用を行うことにある。

【解決手段】 透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなる磁気コア。連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっている。上記磁気コアの使用方法も開示する。

【選択図】 図 1 3

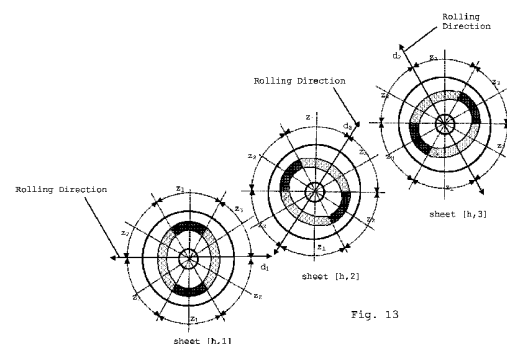


Fig. 13

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなる磁気コアにおいて、連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっていることを特徴とする磁気コア。

【請求項 2】

前記磁気コアの電気鋼板のスタックは、方向性電気鋼板で作られていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気コア。

【請求項 3】

前記シフト角は、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群について同じであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気コア。

10

【請求項 4】

前記電気鋼板の透磁率の優先方向は、それぞれの鋼板の圧延方向に対して本質的に平行であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

【請求項 5】

前記シフト角は、 50° と 70° との間にあることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

【請求項 6】

個々の鋼板は、 $500\mu\text{m}$ から $230\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さを有することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

20

【請求項 7】

前記単一鋼板は、 800A / m の磁界強度 H に露出されたときに、 1.85T より大きい磁束密度 $B_{800\text{A}/\text{m}}$ を有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の磁気コアを電気回転機械のステータおよび／またはロータとして使用することを特徴とする磁気コアの使用方法。

【請求項 9】

前記ステータの 2 つの連続歯の間の角度は、シフト角の整数因子であることを特徴とする請求項 8 記載の磁気コアの使用方法。

30

【請求項 10】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の磁気コアを変圧器の構造に使用することを特徴とする磁気コアの使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなる磁気コアに関する。また、磁気コアが可変磁界を受ける交流電気機械のエネルギー効率を高めるための、方向性鋼板 (grain oriented sheets) からなる磁気コアを製造する技術を開示する。

【背景技術】

40

【0002】

広範囲の電気機械は、しばしば、実質的に電気鋼板で作られた磁気コア（以下、「MC」 (Magnetic Cores) と呼ぶ）を有している。本来、実質的に磁気コアを形成する電気鋼板の特性は、電気機械の種々の特性に影響を与える。特に、磁気コアには、方向性電気鋼板が使用される。

【0003】

図 1 (a) に示す方向性（以下、「GO」 (Grain Oriented) と呼ぶ）電気鋼板の顕微鏡組織は、結晶が、圧延方向（以下、「RD」 (Rolling Direction) と呼ぶ）に平行な $\langle 001 \rangle$ 結晶軸方向 ($\langle 001 \rangle$ crystallographic direction) に整合していること、および横方向は、結晶の $\langle 110 \rangle$ 結晶軸方向に平行であることを示している。

50

【0004】

角度 α_1 は、鋼板の各結晶のRDと $\langle 001 \rangle$ 方向との間の差として定義される。この角度は、図1(b)に概略的に示されている。磁束がRDに沿って流れる場合には、角度 α_1 がゼロに近いほど、磁気性能は向上する。

【0005】

図2には、3%シリコンを含有する鋼板の単結晶磁気挙動が示されている。下記非特許文献1にも同様に示されているように、磁界強度H(キロアンペア/メートル:kA/m)に対する磁束密度J(テスラ:T)を、ミラー指数により表される3つの結晶方向すなわち磁化容易軸 $\langle 001 \rangle$ 、磁化最困難軸 $\langle 111 \rangle$ および中間軸 $\langle 110 \rangle$ についてプロットした。

10

【0006】

工業的に製造されるGO鋼板およびストリップが単結晶として挙動する場合には、磁化容易軸はRDに近接していることが分かるであろう。したがって、 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸に一致する磁化困難軸(該磁化困難軸は、立方晶の $\langle 001 \rangle$ 軸に対して 54.74° の角度を形成する。図3参照)は、RDから 54.74° の角度に近接していると理解すべきである。

【0007】

GOグレード鋼板は、種々のセクタに切断された鋼板を用いることにより、高出力回転電気機械(1mより大きいステータ直径)に既に使用されている。図4は、この設計を用いたこのような機械のMCの一部を示すものである。RDが実際に歯軸(tooth axis)に整合するように、GOを用いてこれらのセグメントを作る機会を得ることができるであろう。最高磁束密度を受ける歯内の磁束は、角度 α_2 (この角度は、磁束密度の方向と、歯の結晶のミラー指数 $\langle 001 \rangle$ により与えられる方向に一致するRDとの間の角度として定義され、 0° に近い)で作用することが理解されよう。これは、角度 α_2 がほぼ 90° に等しく、磁束方向の変化に対応して変化する他の領域をもつセグメントコアでは異なっている。

20

【0008】

このアセンブリの問題を示すため、GOを用いて作られたトーラス形MCを考察する。図5に示すこのトーラスは、この図面に示すように構成されたコイルにより付勢される。このMCは、 α が連続的に変化するという特性をもつ単方向磁界を受ける。本明細書では、単方向磁界とは、磁界の方向が、時計回り方向であるか反時計回り方向であるかを問わず、MC内で変化しないことをいう。

30

【0009】

第1概要では、RDを考慮に入れて、図6に示すように、2つずつ対をなして組合せることができる6つの領域に特徴付けることができる。 Z_2 領域では、角度 α_2 (ここでも、角度 α_2 は、磁束密度の方向と、結晶のミラー指数 $\langle 001 \rangle$ により与えられる方向に一致するRDとの間の角度として定義される)はゼロであると考えることができる。領域 Z_1 、 Z_3 についても 60° に等しいと考えることができる(空間的周期性(spatial periodicity)によれば、 $\alpha_2 = 120^\circ$ は $\alpha_2 = 60^\circ$ と同じである)。異なる領域が同じ角度をカバーするので、エネルギー性能の低下は重大であり、これは単に、磁束路のせいで全ての可能な値をとらなくてはならない α_2 のためである。

40

【0010】

損失による大きいエネルギー消失により、機械の全体としてのエネルギー効率は低下するであろう。

【0011】

このため、単方向磁界の場合には、トーラス形MCに多くの問題が生じることが理解されよう。

【0012】

前述のような交流回転電気機械の回転磁界についても同じ傾向がある。

【先行技術文献】

50

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献1】P. Brissonneau著「磁気および磁気材料（"Magnetisme et materiaux magnetiques"）」

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

解決すべき問題は、より良いエネルギー性能を有する磁気コアを設計することにある。また、このような磁気コアの有利な使用を行うことにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記問題は、特許請求の範囲の請求項1に記載の特徴を有する本発明の磁気コアおよび請求項8に記載の特徴を有する本発明の磁気コアの使用方法により解決される。

【0016】

本発明によれば、透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなる磁気コアが開示される。連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっている。

【0017】

また本発明によれば、透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなる磁気コアを電気回転機械のステータおよび／またはロータとして使用することを開示する。この場合にも、連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっている。

【0018】

また、透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板をスタッキングすることからなる、電気回転機械用磁気コアの組立て方法も開示される。連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっている。

【0019】

鋼板は任意の方向にスタックされる。スタックされる鋼板は、オーバーラップさせてもさせなくてもよい。透磁率の優先方向は、透磁率が相対的に最大になる方向に定めることができかつ鋼板の圧延方向に対する空間角に定めることができる。各鋼板群は、同数の単一鋼板で構成するか、数を変えることもできる。

【0020】

連続する単一鋼板間および／または連続する鋼板群間の所定のシフト角による透磁率の優先方向の差は、磁束を、最小磁気リラクタンスの原理により鋼板から鋼板へと「ジャンプ」させ、これにより、磁束路に沿うより高い磁化を達成することを可能にする。

【0021】

このコアの有利な実施形態は次の通りである。

【0022】

本発明の一例示実施形態によれば、磁気コアの電気鋼板のスタックは方向性電気鋼板で作られる。これは、透磁率の優先方向をもつ電気鋼板の容易な製造を可能にする技術的効果を有する。

【0023】

本発明の一例示実施形態では、シフト角は、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群について同じである。連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群のシフト角は、 0° と 180° との間のシフト角に定めることができる。シフト角を、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群について同じにすることによって、磁化の対称的分布を形成し、これにより磁束路に沿う局部的効率を高める技術的効果が得られる。

【0024】

本発明の一例示実施形態によれば、電気鋼板の透磁率の優先方向は、それぞれの鋼板の圧延方向に対して本質的に平行である。これにより、製造プロセスのパラメータに基いて

10

20

30

40

50

透磁率の優先方向を容易に決定できる。

【0025】

本発明の一例示実施形態では、シフト角は、 50° と 70° との間、より詳しくは 55° と 65° との間、特に 60° に近い角度である。これは、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群の相対透磁率の相対的に最小なものを、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群の相対透磁率の相対的に最大なものに隣接させる技術的效果を有し、これにより、磁束が高い相対透磁率をもつ領域を通して連続的に流れることができるようにする。 60° のシフト角は、3相電気機械に特に適している。

【0026】

本発明の一例示実施形態によれば、個々の鋼板は、 $500\mu\text{m}$ から $230\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さを有する。これは、渦電流によるエネルギー消失を低減させ、かつ磁束を、一電気鋼板から連続する電気鋼板へと「ジャンプ」させることを容易にするという技術的效果を有する。

【0027】

本発明の一例示実施形態では、単一鋼板は、 $800\text{A}/\text{m}$ の磁界強度 H に露出されたときに、 1.85T より大きい磁束密度 $B_{800\text{A}/\text{m}}$ を有する。これは、高い飽和磁束密度を確保し、これにより磁気コアのワット損を低減させる技術的效果を有する。

【0028】

本発明の一例示実施形態によれば、ステータの2つの連続歯 (successive teeth) の間の角度がシフト角の整数因子 (integer divisor) である磁気コアの使用方法が開示される。これは、各歯に最適磁束を確保し、これにより全体としてステータの効率を高める技術的效果を有する。

【0029】

本発明の一例示実施形態では、磁気コアを変圧器の構造に使用方法が開示される。これは、変圧器の効率を向上させる技術的效果を有する。

【0030】

本発明の一例示実施形態によれば、電気鋼板の圧延方向をマーキングする段階と、電気鋼板をスタンピングまたはレーザカッティングする段階とを有する電気回転機械用磁気コアの組立て方法が開示される。連続する単一鋼板または連続する鋼板群の透磁率の優先方向間の所定のシフト角は、圧延方向と、結晶軸の $\langle 111 \rangle$ ミラー指数に一致する方向との間の角度 (この角度は、立方晶の $\langle 001 \rangle$ 軸から 54.74° の角度である) に近い。これは、磁気コアの組立て中の電気鋼板の容易な配向を可能にする技術的效果を有する。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】例示のGO電気鋼板の顕微鏡組織を示す概略図である。

【図2】3%シリコンを含有する単結晶鋼板の磁束密度と磁界強度との間の変化を示すグラフである。

【図3】例示の立方晶の角度と結晶軸との間の関係を示す概略図である。

【図4】種々のセクタに切断鋼板を用いた従来技術による例示の回転電気機械を示す概略図である。

【図5】従来技術のコイルにより付勢される、GOを用いたトラス形MCを示す概略図である。

【図6】従来技術によるGOおよび磁束を用いたMCを示す断面図である。

【図7】RDから種々の角度で、GOから切断したエプスタインストリップを示す図面である。

【図8】エプスタインストリップについての磁束密度と負担磁界強度との関係を示すグラフである。

【図9】磁界の方向と圧延方向との間の角度と、飽和磁束密度の変化との関係を示すグラ

10

20

30

40

50

フである。

【図 1 0】磁界の方向と圧延方向との間の角度と、最大相対透磁率の変化との関係を示すグラフである。

【図 1 1】磁界の方向と圧延方向との間の種々の角度についての磁束密度に対する鉄ワット損の変化との関係を示すグラフである。

【図 1 2】従来技術によるアセンブリ G O 0 0 ° に一致する G O 鋼板のシフトされないスタックの一例を示す概略図である。

【図 1 3】本発明の一例示実施形態による 2 つの連続 G O 鋼板間の 6 0 ° の角度でシフトされた G O 鋼板のスタックを示す概略図である。

【図 1 4】本発明の一例示実施形態による G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての印加電圧に対する磁化電流成分の変化を示すグラフである。

【図 1 5】本発明の一例示実施形態による G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての印加電圧に対する磁束密度の変化を示すグラフである。

【図 1 6】本発明の一例示実施形態による G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての印加電圧に対する鉄ワット損の変化を示すグラフである。

【図 1 7】本発明の一例示実施形態による N O 鋼板の例示スタックおよび G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての印加電圧に対する磁化電流成分の変化を示すグラフである。

【図 1 8】本発明の一例示実施形態による N O 鋼板の例示スタックおよび G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての印加電圧に対する鉄ワット損の変化を示すグラフである。

【図 1 9】本発明の一例示実施形態による N O 鋼板の例示スタックおよび G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての磁化電流を示すグラフである。

【図 2 0】本発明の一例示実施形態による N O 鋼板の例示スタックおよび G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての鉄ワット損を示すグラフである。

【図 2 1】本発明の一例示実施形態による G O 鋼板のシフトされていないスタックおよびシフトされたスタックの一例についての磁化電流時間フェーザー (magnetizing current time phasors) を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0 0 3 2】

実際の G O 鋼板およびストリップが単結晶磁気挙動を呈するか否かをチェックするため、図 7 に示すように、R D から種々の角度 α_3 で切断されたエプスタインストリップについて実験が行われた。使用された G O 材料のグレードは Powercore C 140-35 (登録商標) であり、エプスタインフレーム内で 5 0 H z で試験された。作動プロセスは、これらのストリップで作られた M C の消磁からなり、その後、8 0 0 A / m まで磁界強度範囲を変化させることにより一連のループを作る。エプスタインストリップでは、磁束は、主として角度 α_3 に沿って流れることに留意されたい。

【0 0 3 3】

図 8 には、負担最大磁界強度 (H) に対する最大磁束密度値 B (テスラ : T) がプロットされている。B および H の値は、各 B (H) ループから演繹される。

【0 0 3 4】

磁界の方向と、0 °、5 5 ° および 9 0 ° の圧延方向との間の角度 α_3 に対して得られる結果は、図 2 に示された結果と同様な形状を呈している。すなわち、

- ・ $\alpha_3 = 0^\circ$ は、 $\langle 0 0 1 \rangle$ 結晶軸方向と同様であり、
- ・ $\alpha_3 = 90^\circ$ は、 $\langle 1 1 0 \rangle$ 結晶軸方向と同様であり、

・ $\alpha_3 = 55^\circ$ は、 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸方向と同様である。

【0035】

このため、GO材料の磁気結晶異方性は、3%シリコンを含有する鋼の単結晶と同様である。

【0036】

$\alpha_3 = 0^\circ$ の場合には磁界の方向に一致しかつRDが平行であり、これらの性能は、

- ・ 高い飽和磁束密度レベル B_{sat}
- ・ 非常に高い最大相対透磁率 μ_{rmax}

から得られる。

【0037】

相対透磁率 μ_r は最大磁束密度 B_{max} (H_{max}) のプロットから演繹され、 μ_{rmax} は相対透磁率 μ_r と最大磁界強度 H_{max} との関係のプロットの最大値である。

【0038】

これらの全ての性能は、

- ・ α_3 による飽和磁束密度 B_{sat} (T) の変化 (図9)
- ・ α_3 による最大相対透磁率 μ_{rmax} の変化 (図10)
- ・ 種々の α_3 についての磁束密度 B (T) による鉄ワット損 (iron power dissipation losses: W/kg) の変化 (図11)

を示す図9～図12から明らかなように、 α_3 がゼロから逸脱しているため低下される。

【0039】

$\alpha_3 = 0$ の場合に得られる低下した鉄ワット損は、非常に薄いヒステリシスループから生じる。

【0040】

最も厳しい場合は、 $\alpha_3 = 55^\circ$ に一致する。この角度は、最小相対透磁率の方向に一致する困難軸 $\langle 111 \rangle$ と、RDに一致する単結晶の $\langle 001 \rangle$ 軸との間の角度 54.74° にかなり良く一致する。したがって、磁気結晶異方性を考慮に入れてGO鋼板のスタックで作られたMCを製造するのに、これらの性能を使用できる。

【0041】

トラスは、 $n = 5$ ターンからなるコイル (ワイヤ断面は 1.5 mm^2 に等しい) を受入れるべく専用化されたMCを作るため積重ねられた円形鋼板からなる。電氣的に絶縁されたこれらの鋼板は直径Dが 10 cm であり、かつこれらの軸線に平行に直径dが 1.6 cm の孔がドリリングされる。

【0042】

MCは、この各端部が、2つのジョーの間にクランプされる。その長さLは、試験された各組について 6.7 cm に等しい。したがって、アセンブリを圧縮する応力は、各プロトタイプ (原型) について同じであると考えられる。

【0043】

2つの異なるアセンブリ状況、すなわち、図12に示すように、GO鋼板 (アセンブリGO 00°) の変位されないスタックと、2つの連続鋼板 (アセンブリGO 60°) の間で 60° に等しい角度で変位されたGO鋼板のスタック (図13参照) とを試験しかつ比較した。

【0044】

図10に示すプロトタイプを用いて実験を行った。各MCが200個作られ、 0.35 mm 厚のGO鋼板が、Powercore C 140-35 (登録商標) 電気鋼板グレードでスタンピングされた。この目的は、GO 60° およびGO 00° アセンブリの性能を比較することにある。すなわち、

・ 図14に示す曲線は、上記両形状について、印加電圧Vに対する有効 $I_{\mu a}$ および無効 $I_{\mu r}$ 磁化電流 I_{μ} 成分の変化を示すものである。所与の電圧Vしたがってほぼ所与の磁束密度Bについて、アセンブリGO 60° は、下方の電流成分、特に $I_{\mu r}$ に関する電流成分を必要とすることに留意されたい。

10

20

30

40

50

・電圧 V が 0 V から 5 V に変化すると、両形状についての電圧 V による磁束密度 B の演繹される変化は、特性が事実上一体に融合すること、およびアセンブリ $\text{GO } 00^\circ$ について、 $V = 0\text{ V}$ に対する 0 T から、 $V = 5\text{ V}$ に対する 1.556 T までリニアに増加することを示している（アセンブリ $\text{GO } 60^\circ$ に対しては 1.572 T ）。 $V = 2\text{ V}$ の近傍の磁束密度 B (V) のズームを示す図 15 は、無効磁化電流成分は低い、アセンブリ $\text{GO } 60^\circ$ は、所与の V に対してより高い磁束密度 B を呈していることを強調している（この特徴は、主として、アセンブリ $\text{GO } 60^\circ$ に対しては低い、コイルの抵抗電圧降下によるものである）。 $V = 4.5\text{ V}$ に対する有効相対透磁率 μ_r は、アセンブリ $\text{GO } 00^\circ$ に対して $\mu_r = 2680$ 、アセンブリ $\text{GO } 60^\circ$ に対して $\mu_r = 18810$ を与え、これは興味深い差異である。図 10 に戻ってみると、 $\mu_r = 18810$ は、それぞれ、 $\alpha_3 = 0^\circ$ および $\alpha_3 = 55^\circ$ から得られる平均相対透磁率の値 20000 に近いことが分かるであろう。

・図 16 には、 V^2 での鉄ワット損の変化 P_μ が示されている。アセンブリ $\text{GO } 60^\circ$ は、より弱い鉄損 (iron losses) をもたらしことが理解されよう。また、これらの損失は、 $V^2 = 20\text{ V V}$ ($V = 4.5\text{ V}$) まで、 V^2 の関数として明らかにリニアな態様で増加する。この値 $V = 4.5\text{ V}$ は、図 14 に示された $I_{\mu a}$ 変化と矛盾しない ($V = 4.5\text{ V}$ より大きいこの電流成分の速い成長)。かくして、飽和は、 $V > 4.5\text{ V}$ ($B > 1.42\text{ T}$) に対する MC 挙動に顕著に影響を与えるべく開始すると結論付けることができる。この磁束密度飽和レベルは、それぞれ $\alpha_3 = 0^\circ$ および 55° に対して図 8 に示された曲線 $B(H)$ から演繹される量の平均値にほぼ一致することが理解されよう。

【0045】

これらの基本的考察は、磁束が、最小磁気リラクタンスの経路にしたがって、一銅板から隣接銅板へと進行いわばジャンプすることを良く示している。この特徴は、整合形態 ($\text{GO } 00^\circ$) と比較した形態 $\text{GO } 60^\circ$ について、小さい鉄ワット損および同じ供給電圧の下での小さい磁化電流をもたらし、これは、間接的に、コイル抵抗における小さい銅損 (copper losses) をもたらし。

【0046】

これらの条件では、所与の電圧 V についてのピーク磁束密度は、 $\text{GO } 60^\circ$ の方が $\text{GO } 00^\circ$ より高い。 $\text{GO } 60^\circ$ シフト銅板を組立てるには注意を要するため、経済の見地から見れば労働コストは高くなる。しかしながら、所与の B についてのワット損 (鉄 + 銅) でのゲインは、電気装置のエネルギー効率の向上を考慮に入れたとき、この技術を有益なものとする。整合形態 $\text{GO } 00^\circ$ と比較した $\text{GO } 60^\circ$ の優れた性能を証明して、非方向性 (non oriented sheets) (以下、「NO」とも呼ぶ) 銅板を用いて比較がなされる。

【0047】

GO は前の文節 (パラグラフ) で引用されたものである。NO に関しては 2 つのグレードがある。すなわち、

・ $\text{TO } 400-50\text{ AP}$ (50 Hz および 1.5 T で、鉄ワット損: 4 W/k g 、厚さ: 0.5 mm)

・ $\text{TO } \text{H-M } 600-50$ (50 Hz および 1.5 T で、鉄ワット損: 6 W/k g 、厚さ: 0.5 mm)

NO は、いかなる特殊警戒もなくして重畳される (アセンブリ損)。この方法で組立てられた装置は、基準 $\text{NO } 400-50$ および $\text{NO } 600-50$ がマークされる。

【0048】

同じ体積の鉄を得るには、NO を用いた MC が、140 枚の銅板で作られる。

【0049】

図 16 の曲線は、 V による電流 i_μ の変化を示す。図 17 の曲線は、 V による鉄ワット損 P_μ の変化を示す。これらの鉄ワット損には、渦電流損およびヒステリシス損が含まれる。 0.5 mm 厚の NO は 0.35 mm 厚の GO より大きい損失を生じることを示すこれらの曲線から 1 つの結論を引出すことはかなり困難である。なぜならば、渦電流損は銅板

の厚さの 2 乗の関数であることが知られているからである。したがって、渦電流損は、0.35 mm 厚の GO および 0.5 mm 厚の NO の 1/2 ほど小さい。0.35 mm 厚に対する曲線は 0.5 mm に対する曲線より小さいことは、優先的論理であると考えられる。

【0050】

適当な比較を行うには、0.5 mm NO の曲線から、同じ金属学的組成を有するが同じ鉄体積を維持する 0.35 mm 厚の鋼板のワット損に理論的切替えるのが有効である。この切替えを行うには、NO について、渦電流損が 50 Hz で全鉄損の 1/8 に過ぎないことを示すことを述べた文献に言及するだけでよい。したがって、0.5 mm 厚をもつ NO から得られる曲線を簡単に補正できる。好ましくない場合（渦電流損が全損失の 1/5 に等しい場合）を考慮するときは、V 識別された NO 400-35 および NO 600-35 によるワット損 P'_{μ} の変化を与える補正曲線を得る（図 18 参照）。ワット損 P'_{μ} は、下記関係を用いて得ることができる。

【0051】

【数 1】

$$P'_{\mu} = P_{\mu} \left[\frac{4}{5} + \frac{1}{5} \left(\frac{0.35}{0.50} \right)^2 \right]$$

【0052】

渦電流の寄与に関してなされる評価を考察すると、得られる曲線はオリジナルの曲線に非常に近接している。

【0053】

同じ厚さの鋼板については、組立て技術の如何にかかわらず、GO は、NO より非常に小さい（NO 400-35 について 2 に近い比）鉄ワット損を呈する。

【0054】

GO 60° についての鉄ワット損は、NO の鉄ワット損のスケールで GO 00° に比べてそれほど小さくはない。

【0055】

実際に、シフトによりもたらされる長所は、磁化電流に非常に明瞭に現れる（図 17 の曲線参照）。 $V = 3 \text{ V}$ について得られた図 19 および図 20 のグラフ（ B は約 1 T。これは、MC の幾つかの部品は、特に GO について非常に高い磁束密度に寄与することを意味する）は、この特性を示している（形態 NO 400-35 および NO 600-35 についての電流 I'_{μ} は、鉄ワット損についての補正を考慮に入れて、 I_{μ} 値から演繹される。補正された値は、最初の値に非常に近い）。MC が重要な飽和レベルに到達すると、電流のこの特性は、それでも鉄ワット損に関する非常に満足できる性能を維持しつつ消失する。

【0056】

図 21 のグラフは、 $V = 3 \text{ V}$ の場合の、形態 GO 00° および GO 60° についての磁化電流時間フェーザー（magnetizing currents time phasors） $\underline{I}_{\mu}$ を示すものである。GO 60° については、この電流が減少するだけでなく、 $\underline{I}_{\mu}$ とその有効分 $I_{\mu a}$ との間の角度 ϕ_{μ} の減少により、力率 $\cos(\phi_{\mu})$ も改善される。これにより更に、磁化電流により誘起されるグリッドの電圧降下も生じる。

【0057】

結論として、GO を用いて MC を作ることは興味深いものである。なぜならば、鉄損および磁化電流が大幅に低減されるからである。

【0058】

GO 60° アセンブリは、磁化電流の大幅な低減により、整合アセンブリ GO 00° と比較して鉄ワット損が小さい。この磁化電流の低減は、主として成分 $I_{\mu r}$ に作用し、これは、 $\mu_r \text{ GO } 60^{\circ} \gg \mu_r \text{ GO } 00^{\circ}$ として解釈できる。 $I_{\mu r}$ のこの顕著な低減は、MC の磁束密度が高い場合でも、力率の大きな改善をもたらす。電流の減少および力率の向上のダブル効果は、グリッド供給電圧の降下に非常に有利な効果を与え

10

20

30

40

50

、これは大きな経済的利益を意味する。特殊な切断を必要としない本発明のアセンブリは、過度の付加労働コストが不要であり、したがって、非常に広い適用分野をカバーする低出力交流回転電気機械の製造に完全に適応できることに留意されたい。

【0059】

本発明のアセンブリGO 60°はトーラス形装置に興味深い性能をもたらし、特に、所与の効果に応答することを意図する場合には、他の整合（ゼロ以外の全てのシフト角）も、或る電気装置には有益である。

【符号の説明】

【0060】

GO 方向性
RD 圧延方向
MC 磁気コア
NO 非方向性

10

【図1】

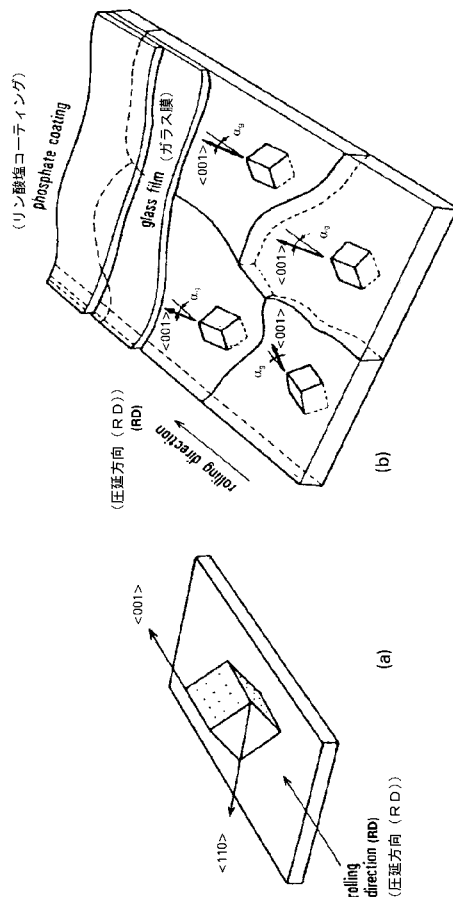


Fig. 1

【図2】

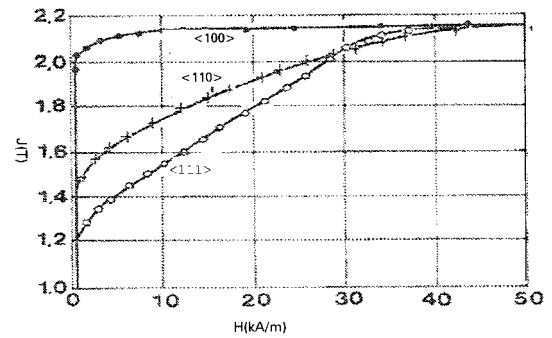


Fig. 2

【図3】

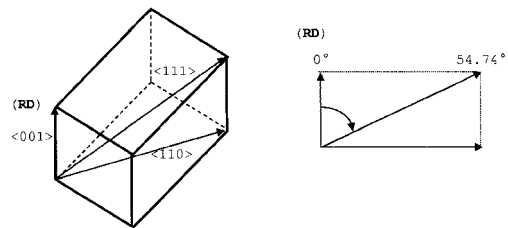
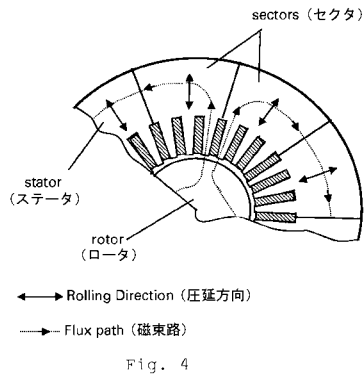
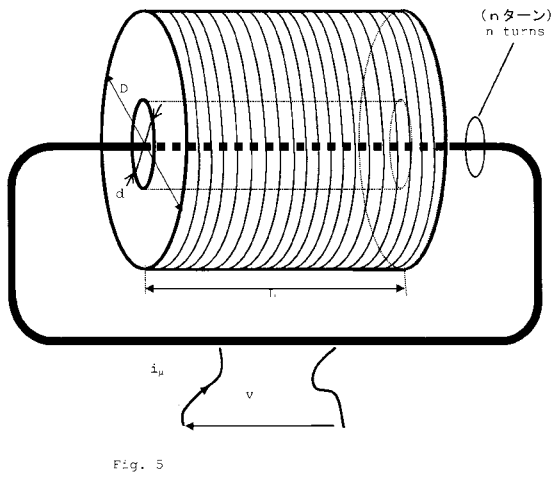


Fig. 3

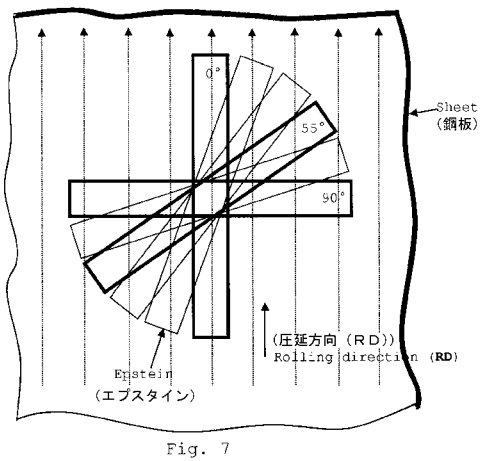
【図 4】



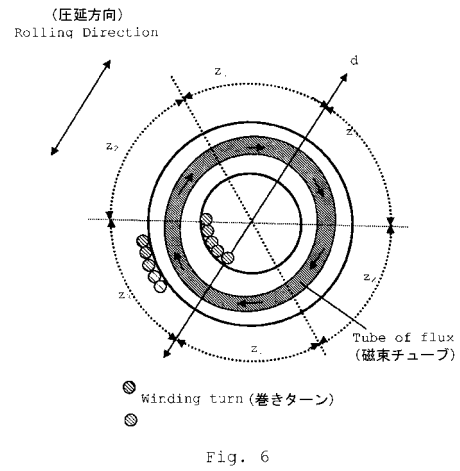
【図 5】



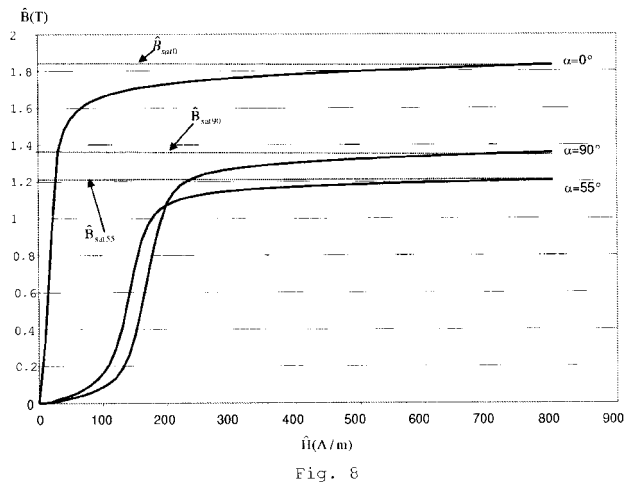
【図 7】



【図 6】



【図 8】



【図 9】

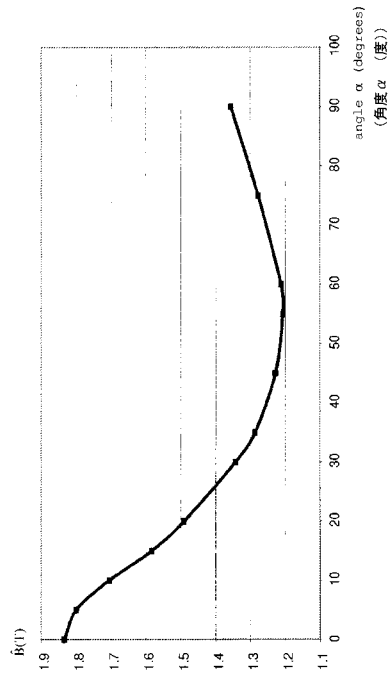


Fig. 9

【図 10】

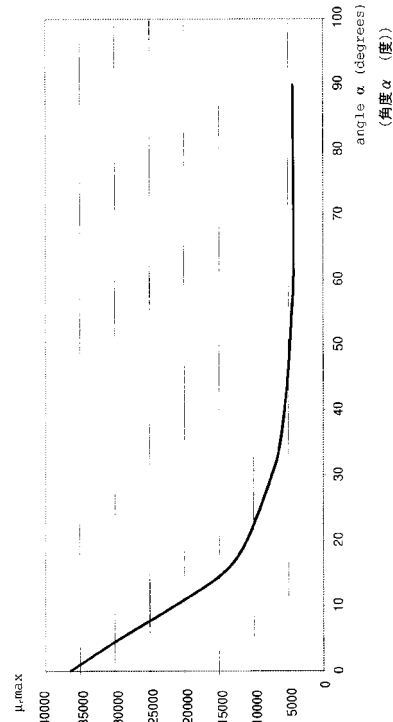


Fig. 10

【図 11】

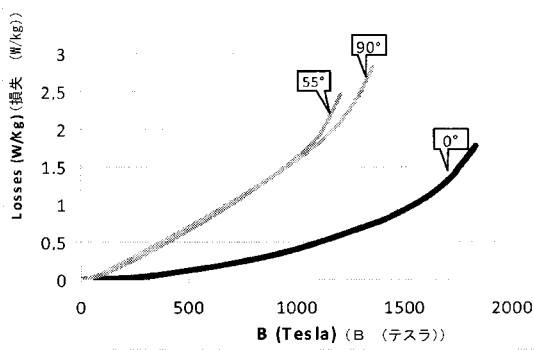


Fig. 11

【図 12】

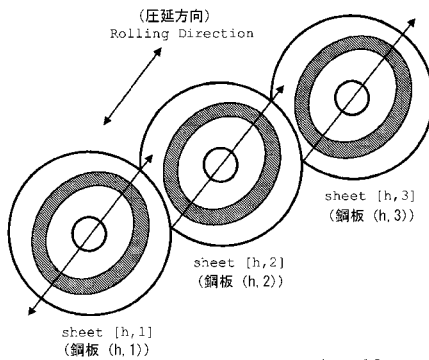


Fig. 12

【図 13】

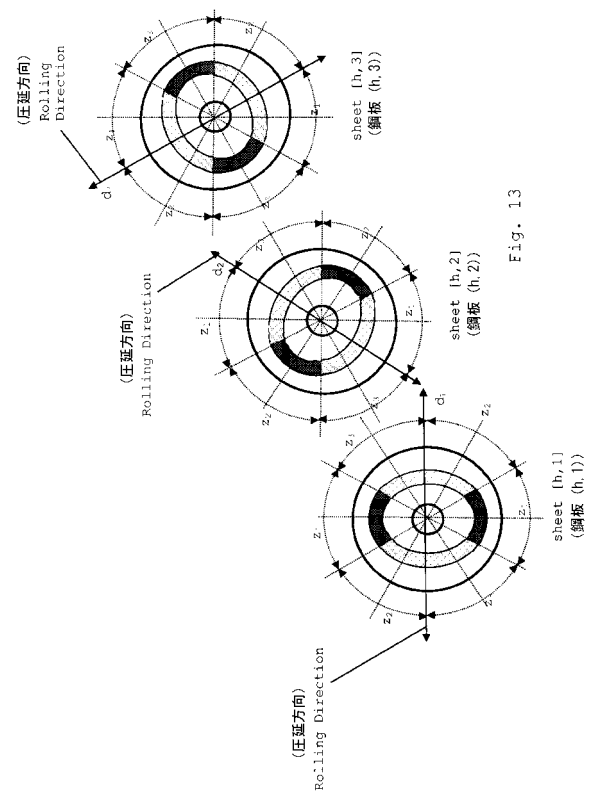


Fig. 13

【図 14】

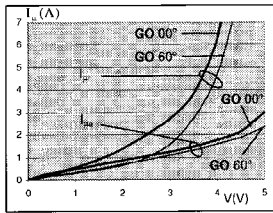


Fig. 14

【図 17】

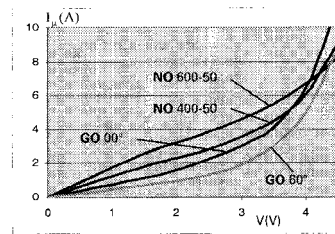


Fig. 17

【図 15】

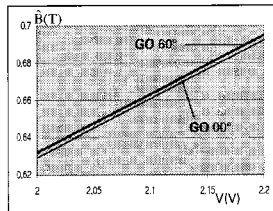


Fig. 15

【図 18】

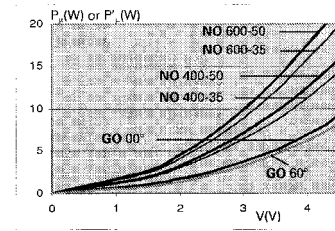


Fig. 18

【図 16】

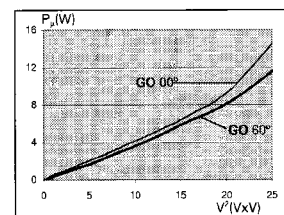


Fig. 16

【図 19】

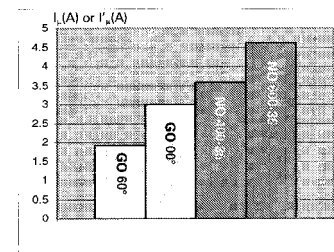


Fig. 19

【図 20】

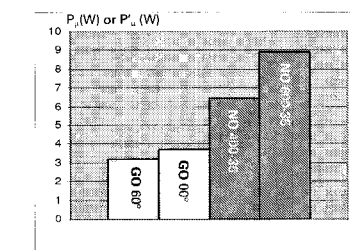
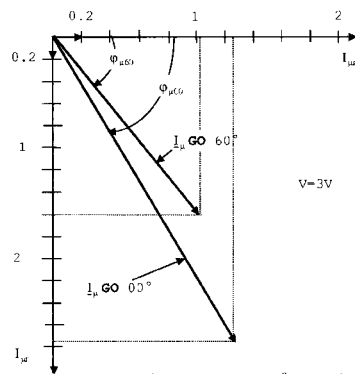


Fig. 20

【図 21】



(2つのGOアセンブリの I_u)
Figure 21 : I_u for the 2 GO assemblies

【手続補正書】

【提出日】平成22年5月12日(2010.5.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

上記問題は、特許請求の範囲の請求項1に記載の特徴を有する本発明の磁気コアおよび請求項6に記載の特徴を有する本発明の磁気コアの使用方法により解決される。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

本発明の一例示実施形態では、シフト角は、 50° と 70° との間、より詳しくは 55° と 65° との間、特に 60° に近い角度である。これは、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群の相対透磁率の相対的に最小なものを、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群の相対透磁率の相対的に最大なものに隣接させる技術的效果を有し、これにより、磁束が高い相対透磁率をもつ領域を通して連続的に流れることができるようになる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

本発明の一例示実施形態によれば、個々の鋼板は、 $500\mu\text{m}$ から $230\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さを有する。これは、渦電流によるエネルギー消失を低減せるという技術的效果を有する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

これらの全ての性能は、

- ・ α_3 による飽和磁束密度 B_{sat} (T) の変化 (図9)

- ・ α_3 による最大相対透磁率 μ_{rmax} の変化 (図10)

- ・ 種々の α_3 についての磁束密度 B (T) による鉄ワット損 (iron power dissipation losses: W/kg) の変化 (図11)

を示す図9－図11から明らかなように、 α_3 がゼロから逸脱しているため低下される。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

図5に示すプロトタイプを用いて実験を行った。各MCが200個作られ、 0.35m

m厚のGO鋼板が、Powercore C 140-35（登録商標）電気鋼板グレードでスタンピングされた。この目的は、GO 60°およびGO 00°アセンブリの性能を比較することにある。すなわち、

- ・図14に示す曲線は、上記両形状について、印加電圧Vに対する有効 $I_{\mu a}$ および無効 $I_{\mu r}$ 磁化電流 I_{μ} 成分の変化を示すものである。所与の電圧Vしたがってほぼ所与の磁束密度Bについて、アセンブリGO 60°は、下方の電流成分、特に $I_{\mu r}$ に関する電流成分を必要とすることに留意されたい。

- ・電圧Vが0Vから5Vに変化すると、両形状についての電圧Vによる磁束密度Bの演繹される変化は、特性が事実上一体に融合すること、およびアセンブリGO 00°について、V=0Vに対する0Tから、V=5Vに対する1.556Tまでリニアに増加することを示している（アセンブリGO 60°に対しては1.572T）。V=2Vの近傍の磁束密度B（V）のズームを示す図15は、無効磁化電流成分は低い、アセンブリGO 60°は、所与のVに対してより高い磁束密度Bを呈していることを強調している（この特徴は、主として、アセンブリGO 60°に対しては低い、コイルの抵抗電圧降下によるものである）。V=4.5Vに対する有効相対透磁率 μ_r は、アセンブリGO 00°に対して $\mu_r = 2680$ 、アセンブリGO 60°に対して $\mu_r = 18810$ を与え、これは興味深い差異である。図10に戻ってみると、 $\mu_r = 18810$ は、それぞれ、 $\alpha_3 = 0^\circ$ および $\alpha_3 = 55^\circ$ から得られる平均相対透磁率の値20000に近いことが分かるであろう。

- ・図16には、 V^2 での鉄ワット損の変化 P_{μ} が示されている。アセンブリGO 60°は、より弱い鉄損（iron losses）をもたらすことが理解されよう。また、これらの損失は、 $V^2 = 20VV$ （V=4.5V）まで、 V^2 の関数として明らかにリニアな態様で増加する。この値V=4.5Vは、図14に示された $I_{\mu a}$ 変化と矛盾しない（V=4.5Vより大きいこの電流成分の速い成長）。かくして、飽和は、 $V > 4.5V$ （ $B > 1.42T$ ）に対するMC挙動に顕著に影響を与えるべく開始すると結論付けることができる。この磁束密度飽和レベルは、それぞれ $\alpha_3 = 0^\circ$ および 55° に対して図8に示された曲線B（H）から演繹される量の平均値にほぼ一致することが理解されよう。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0049】

図17の曲線は、Vによる電流 I_{μ} の変化を示す。図18の曲線は、Vによる鉄ワット損 P_{μ} の変化を示す。これらの鉄ワット損には、渦電流損およびヒステリシス損が含まれる。0.5mm厚のNOは0.35mm厚のGOより大きい損失を生じることを示すこれらの曲線から1つの結論を引出すことはかなり困難である。なぜならば、渦電流損は鋼板の厚さの2乗の関数であることが知られているからである。したがって、渦電流損は、0.35mm厚のGOおよび0.5mm厚のNOの1/2ほど小さい。0.35mm厚に対する曲線は0.5mmに対する曲線より小さいことは、優先的論理であると考えられる。

【手続補正7】

【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】

透磁率の既知の優先方向をもつ電気鋼板のスタックからなり、連続する単一鋼板および／または一群の鋼板の透磁率の優先方向は、スタック内で所定のシフト角だけ異なっている磁気コアにおいて、前記磁気コアの電気鋼板のスタックは、方向性電気鋼板で作られて

おり、シフト角は、 50° と 70° との間にあることを特徴とする磁気コア。

【請求項 2】

前記シフト角は、連続する各対の単一鋼板または連続する鋼板群について同じであることを特徴とする請求項 1 記載の磁気コア。

【請求項 3】

前記電気鋼板の透磁率の優先方向は、それぞれの鋼板の圧延方向に対して本質的に平行であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気コア。

【請求項 4】

個々の鋼板は、 $500\text{ }\mu\text{m}$ から $230\text{ }\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さを有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

【請求項 5】

前記単一鋼板は、 $800\text{ A} / \text{メートル (m)}$ の磁界強度 H に露出されたときに、 1.85 T より大きい磁束密度 $B_{800\text{ A} / \text{m}}$ を有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の磁気コア。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項記載の磁気コアを電気回転機械のステータおよび／またはロータとして使用することを特徴とする磁気コアの使用方法。

【請求項 7】

前記ステータの 2 つの連続歯の間の角度は、シフト角の整数因子であることを特徴とする請求項 6 記載の磁気コアの使用方法。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】

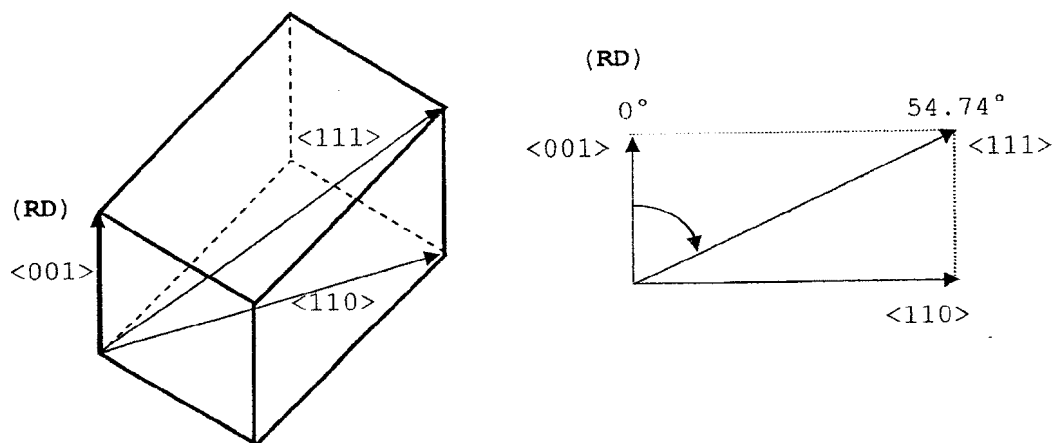


Fig. 3

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/061884

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H02K1/06		
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) H02K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 08 223831 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 30 August 1996 (1996-08-30) paragraphs [0001], [0004], [0007], [0034], [0045] figure 14	1-8, 10
X	EP 1 503 486 A (FANUC LTD [JP]) 2 February 2005 (2005-02-02) paragraphs [0012], [0117] - [0120] figures 21-23	1-5, 7, 9, 10
☐ 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 document 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 2 December 2008		Date of mailing of the international search report 10/12/2008
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3018		Authorized officer Czogalla, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2008/061884

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 8223831	A	30-08-1996	NONE
EP 1503486	A	02-02-2005	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 カスウレ ベルトラン

フランス共和国 6 2 1 6 1 マロウィユ, リュ デュ パラディ オ シュヴァオ 1 7

(72)発明者 レメトル レジス

フランス共和国 6 2 4 0 0 ベトゥーン, リュ デ ラ デリヴランス 1 1 3

(72)発明者 ヴァンサン ジャン ノエル

フランス共和国 5 9 1 3 0 ランベルサール, リュ デ ランドレス 1 3 8

Fターム(参考) 5E062 AA04 AC01

5H601 AA24 CC01 CC02 EE27 EE35 FF03 GA02 GC02 GC12 GC25

HH02 HH09 KK08