

(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2013-148512

(P2013-148512A)

(43) 公開日 平成25年8月1日(2013.8.1)

(51) Int.Cl.
G01R 15/20 (2006.01)

F I
G O 1 R 15/02 C

テーマコード (参考)
2 G O 2 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2012-10304 (P2012-10304)
(22) 出願日 平成24年1月20日 (2012.1.20)

(71) 出願人 000000011
アイシン精機株式会社
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(74) 代理人 100107308
弁理士 北村 修一郎
(74) 代理人 100114959
弁理士 山▲崎▼ 徹也
(72) 発明者 安井 彰広
愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内
(72) 発明者 加藤 学
愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内

最終頁に続く

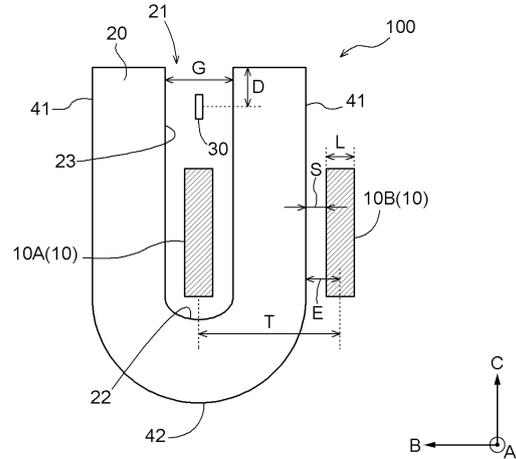
(54) 【発明の名称】 電流センサ

(57) 【要約】

【課題】コンパクトで正確に電流測定を行うことが可能な電流センサを提供する。

【解決手段】電流センサ100は、並設される少なくとも3つのバスバー10と、U字状に平板の磁性体コアを積層して形成され、U溝底部22の側に夫々のバスバー10のAC面と平行な面とコア20のU溝側壁23の面とが互いに平行かつコアの積層方向と被測定電流の流れ方向を一致させて挿通される複数のコア20と、U字状の開口部21の側に磁界の強さを検出する検出素子30とを備え、コア20は、バスバー10の軸方向視Aにおいて、コア20と、当該コア20のU溝に挿通されるバスバー10に隣接する他のバスバー10との隙間Sが、開口部21の間隔方向の長さGの1/2になるように形成され、隙間Sの公差が、前記隙間Sの好適値を中央値として、互いに隣接するバスバー10の間隔Tの値から、開口部21の間隔方向の長さGの3/2の値を減じた値に設定されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3相モータと当該3相モータに通電するインバータとを接続する平板状の導体からなり、前記平板状の厚さに平行な方向に沿って並設される少なくとも3つのバスバーと、

U字状の磁性体からなる平板を積層してコアが形成され、前記平板を積層したコアのU字状の溝の内側に夫々の前記バスバーが、当該バスバーの板幅方向の面と前記平板を積層したコアのU字状のU溝内側の側壁の面とが互いに平行になるように挿通される複数のコアと、

前記コアの各開口部の側に検出方向を前記開口部の間隔方向に沿うように配置され、磁界の強さを検出する検出素子と、を備え、

前記コアは、前記バスバーの軸方向視において、前記コアと、当該コアのU溝に挿通されるバスバーに隣接する他のバスバーとの隙間が、前記開口部の間隔方向の長さの1/2になるように形成され、前記隙間の公差が、前記隙間を中央値として、互いに隣接するバスバーの間隔の値から、前記開口部の間隔方向の長さの3/2の値を減じた値に設定されてある電流センサ。

【請求項 2】

前記検出素子は、前記開口部から少なくとも1.5mm以上前記U字状の底部の側に入り込んで配置されてある請求項1に記載の電流センサ。

【請求項 3】

前記U字状のコアの構成部位の中で、前記バスバーの断面を通るバスバーの幅方向と直交する面とコアが交差する面の断面積の一方よりも、前記バスバー断面中央を通るバスバーの厚さ方向に直行する面とコアが交差する面の断面積が広く構成されている請求項1又は2に記載の電流センサ。

【請求項 4】

前記コアは、前記開口部の側の外側角部が、前記開口部における前記コアのバスバーの厚さ方向と平行な方向の寸法である板幅の半分以下の半径を有する円の円弧形状で面取加工されている請求項1から3のいずれか一項に記載の電流センサ。

【請求項 5】

前記バスバーは、前記コアを前記間隔方向から見て前記コアと重複する部分の前記開口部の側が切り欠かれている請求項1から4のいずれか一項に記載の電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導体に流れる電流を測定する電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、モータを駆動源とするハイブリッド車両や電気自動車が普及している。モータ出力を適切に制御する上で、モータに流れる電流を測定することは重要である。このような電流の測定方法として、例えばDCブラシレスモータとインバータとを接続するバスバーに流れる電流に応じて当該バスバーの周囲に生じる磁界を磁性体からなるコアで集磁してホール素子等の磁気検出素子により検出し、当該検出された磁界に基づいてバスバーに流れる電流を演算して求めるものがある。

【0003】

一方、ハイブリッド車両や電気自動車への搭載を考慮した場合、このようなモータに流れる電流を測定する電流センサは、小型化、軽量化、多連化が求められる。小型化や多連化を行うことにより、並設されるバスバー間の距離が短くなり、コアの外形寸法も小さくなる。これにより、検出感度のリニアリティが確保できなかつたり、ヒステリシス特性が悪化したりする。また、外乱が増加することもある。そこで、下記に出典を示す特許文献1及び2に記載の技術が検討された。

【0004】

特許文献 1 に記載の電流センサは、被測定電流が流れる導体と前記導体を囲うように配され、ギャップを有する環状の磁性シールド板と前記環状の磁性シールド板の内側に配された磁電変換素子とを有して構成される。磁電変換素子は電流による磁界の磁束密度を検知する。当該磁電変換素子は、前記環状の磁性シールド板のギャップと前記導体の間において、導体に流れる電流に応じて発生する磁界の磁束密度が最小となる位置付近に配置される。

【 0 0 0 5 】

特許文献 2 に記載の電流計測装置は、磁性体コアと第 1 及び第 2 磁気センサと電流検出回路とを備えて構成される。磁性体コアは電流が流れる電流路を囲むように配置され、複数のギャップを備えて構成される。第 1 及び第 2 磁気センサは各々異なるギャップに配置される。電流検出回路は電流路に流れる電流を検出する際、第 1 磁気センサの出力と第 2 磁気センサの出力から磁性体コアの残留磁束密度を補正して、ヒステリシスによる誤差を取り除く。

10

【 0 0 0 6 】

特許文献 3 に記載の電流検出装置は、電流が流れる複数のバスバーと、当該複数のバスバーに流れる電流を検出する複数の電流センサを備えて構成される。前記複数のバスバーは、少なくとも一部が互いに平行に設けられ、前記複数の電流センサは、平行に設けられたバスバーにおいて各バスバーに沿って交互にずれた位置に配設される。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 1 5 1 7 4 3 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 6 - 7 1 4 5 7 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 6 - 1 1 2 9 6 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 に記載の技術では、環状の磁性シールド板のギャップ端面から外れた位置に磁電変換素子を配置するため、シールド板が有する磁束密度を増大させる効果が磁電変換素子の内部まで届きにくいいため、検出する磁束密度が大きく低下する。このため、磁電変換素子の S / N 比が小さくなる。また、磁束密度が低下するため、高感度な磁電変換素子を用いる必要がある。

30

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 2 に記載の技術では、2つのコの字状の磁性体コアが互いに開口部を対向させて2つのギャップを有する形状で構成される。このため、外部磁界が生じると、当該外部磁界が磁性体コアにより集磁され、集磁された磁界が2つのギャップを通過して反対側の磁性体コアへ渡るため、2つのギャップにおける第 1 及び第 2 磁気センサに大きな影響を与える。このように、特許文献 2 に記載の技術では外部磁界に対して弱くなる。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 3 に記載の技術では、複数の電流センサの検出部、及び磁気シールドは、各バスバーに沿って交互にずれた位置、すなわち、バスバーの延在方向に対して直交する方向から見た場合には複数の電流センサは千鳥状に配置される。しかし、特許文献 3 の形状では磁気シールドが検出部から離れているため、シールド効果が十分でない。また、シールド効果を高めるには、バスバーの延在方向へ磁気シールドを大きくする必要はあるが、その場合、装置が大型化してしまう。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、上記問題に鑑み、コンパクトで正確に電流測定を行うことが可能な電流センサを提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

50

上記目的を達成するための本発明に係る電流センサの特徴構成は、

3相モータと当該3相モータに通電するインバータとを接続する平板状の導体からなり、前記平板状の厚さに平行な方向に沿って並設される少なくとも3つのバスバーと、

U字状の磁性体からなる平板を積層してコアが形成され、前記平板を積層したコアのU字状の溝の内側に夫々の前記バスバーが、当該バスバーの板幅方向の面と前記平板を積層したコアのU字状のU溝内側の側壁の面とが互いに平行になるように挿通される複数のコアと、

前記コアの各開口部の側に検出方向を前記開口部の間隔方向に沿うように配置され、磁界の強さを検出する検出素子と、を備え、

前記コアは、前記バスバーの軸方向視において、前記コアと、当該コアのU溝に挿通されるバスバーに隣接する他のバスバーとの隙間が、前記開口部の間隔方向の長さの $1/2$ になるように形成され、前記隙間の公差が、前記隙間の値を中央値として、互いに隣接するバスバーの間隔の値から、前記開口部の間隔方向の長さの $3/2$ の値を減じた値で設定されてある点にある。

【0013】

このような特徴構成とすれば、U字状のコアの開口部の形状に応じて、外部磁界（例えば並設されるバスバーからの磁界等の外乱）を最も抑制できる、コアのバスバー断面を通るバスバーの厚さ方向と平行な方向の寸法である板幅や、コアと隣接するバスバーとの隙間を設定することができ、目標とする外部磁界による影響度に対して、コアの開口部から検出素子までの深さが最小となるコアの形状を容易に特定することができ、小型のコアの設計を容易に行うことが可能となる。

【0014】

また、前記検出素子は、前記開口部から少なくとも 1.5mm 以上前記U字状の底部の側に入り込んで配置されてあると好適である。

【0015】

このような構成とすれば、開口部と検出素子との間のコアを、外部磁界に対するシールドとして作用させることができる。すなわち、外部磁界が検出素子に達するまでに当該外部磁界をコアに引き寄せることができるので、外部磁界の影響を低減することが可能となる。

【0016】

また、前記U字状のコアの構成部位の中で、前記バスバーの断面を通るバスバーの幅方向と直交する面とコアが交差する面の断面積の一方よりも、前記バスバー断面中央を通るバスバーの厚さ方向に直行する面とコアが交差する面の断面積が広く構成されていると好適である。

【0017】

ここで、U字状のコアにおいて磁気飽和が最も起こりやすい部位は、コア内磁束が多くなる底部である。一方、バスバーの断面を通るバスバーの幅方向と直交する面とコアが交差する面の断面積が大きい程、底部のコア内磁束が多くなる。したがって、上記バスバーの幅方向と直交する面とコアが交差する面の断面積を、当該断面における磁束密度がバスバー断面中央を通るバスバーの厚さ方向に直交する面とコアが交差する断面における磁束密度と同等になるまで小さくすることでコアを小型化しつつ、底部の磁束密度を低く保って、磁気飽和を抑制することが可能となる。

【0018】

また、前記コアは、前記開口部の側の外側角部が、前記開口部における前記コアのバスバーの厚さ方向と平行な方向の寸法である板幅の半分以下の半径を有する円の円弧形状で面取加工されていると好適である。

【0019】

このような構成とすれば、コアのU溝上端の開口部の板幅を大きく維持することができる。したがって、外部磁界がコアに引き寄せられ易くなるので、検出素子に到達する外部磁界を弱めることができる。すなわち、コアの外部磁界に対するシールド効果を高めるこ

10

20

30

40

50

とができるので、電流を精度良く測定することが可能となる。

【0020】

また、前記バスバーは、前記コアを前記間隔方向から見て前記コアと重複する部分の前記開口部の側が切り欠かれていると好適である。

【0021】

このような構成とすれば、検出素子を更にコアのU溝の奥側に配置することが可能となる。したがって、隣接するバスバーからの磁界による検出素子への影響を低減することができる。また、検出素子をコアの奥側に配置することでコアの磁路長が短くなるため反磁界が増加し、ヒステリシスも低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】電流センサを模式的に示した斜視図である。

【図2】電流センサを模式的に示した正面図である。

【図3】並設されているバスバーに電流センサを配設した場合の例を模式的に示した図である。

【図4】本電流センサの利点を模式的に示した図である。

【図5】電流センサの側面図である。

【図6】コアのサイズの設定に関する特性を示した図である。

【図7】コアのサイズの設定に関する特性を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。本発明に係る電流センサ100は、導体に流れる被測定電流を測定することが可能なように構成されている。ここで、導体に電流が流れる場合には、当該電流の大きさに応じて導体を軸心として磁界が発生する（アンペールの右手の法則）。本電流センサ100は、このような磁界において磁束密度を検出し、検出された磁束密度に基づいて導体に流れる電流（電流値）を測定する。

【0024】

図1には本実施形態に係る電流センサ100の斜視図が示される。図1には、平板状の導体からなるバスバー10が示されるが、当該バスバー10が延在する方向を延在方向Aとし、バスバー10の厚さ方向をB、バスバー10の幅方向をCとする。図2には、バスバー10の延在方向A視における電流センサ100を模式的に示した図が示される。以下、図1及び図2を用いて説明する。

【0025】

本電流センサ100は、バスバー10、コア20、検出素子30を備えて構成される。バスバー10は、上述のように平板状の導体から構成される。このバスバー10は、図示しない3相モータと当該3相モータに通電するインバータとを接続するのに利用される。3相モータは、ハイブリッド車両や電気自動車等の動力源に用いられる。インバータは、バッテリー等から出力される直流電力を交流電力に変換する。バスバー10は、このようなインバータにより交流電力に変換された電力を3相モータに供給する。なお、前記3相モータの回生ブレーキのように発電としての使用時には、電力の流れが逆になるが、構成は前記インバータ-3相モータと同じである。

【0026】

したがって、バスバー10は、バスバー10の厚さに平行な方向（図3のBの方向）に沿って少なくとも3つ並設される。このような複数のバスバー10が並設された形態を示す図が図3に示される。図3（b）はバスバー10が延在する方向視における模式図であり、図3（a）はその上面図である。図3に示されるように、複数のバスバー10同士の間隔が短くとも、各バスバー10にコア20を配置できるように、コア20は、バスバー10の上面視において、千鳥状に配置される。すなわち、互いに隣接するバスバー10に付設されるコア20は、バスバー10の延在方向の手前側と奥側とに交互に位置をずらして配置される。したがって、隣接するコア20の間にはバスバー10のみが配置され、当

10

20

30

40

50

該バスバー 10 に付設されるコア 20 はバスバー 10 の延在方向に位置をずらして配置される。

【0027】

バスバー 10 をこのように配置することにより、バスバー 10 のピッチを狭めることが可能となる。なお、図 1 においては、理解を容易にするためにバスバー 10 は 1 つのみ示され、図 2 においては 2 つのバスバー 10 が示される。このようなバスバー 10 には、本電流センサ 100 により測定される被測定電流が流れる。

【0028】

図 1 及び図 2 に戻り、コア 20 は、U 字状の金属磁性体よりなる平板を積層して形成される。上記金属磁性体は、軟磁性の金属であり、電磁鋼板（珪素鋼板）やパーマロイ、パーメンジュール等が相当する。コア 20 の積層面は、図 1 及び図 2 における BC 面に平行な面となる。

10

【0029】

また、本実施形態に係るコア 20 は、図 1 及び図 2 に示されるように、U 字状を形成する U 溝底部 22 の側にバスバー 10 の夫々の AC 面と平行な面とコア 20 の U 溝側壁 23 の面とが互いに平行かつコアの積層方向と被測定電流の流れ方向を一致させて挿通される。コア 20 に挿通されたバスバー 10 は、少なくともコア 20 の内面と空隙を有して構成される。これにより、コア 20 とバスバー 10 とを絶縁することが可能となる。また、上述のようにバスバー 10 は複数備えられる、したがって、コア 20 も複数から構成される（図 3 参照）。

20

【0030】

また、コア 20 は、コア 20 の構成部位の中で、バスバー 10 を通る AB 面に平行な面と交差するコア 20 の断面の一方の面積（側壁部 41 の断面積）よりも、バスバー 10 の中央を通る AC 面に平行な面と交差するコア 20 の断面の面積（底部 42 の断面積）が広く構成されている。磁性体で磁気飽和を最も起こし易い部位は、コア内磁束が多くなる底部 42 である。また、側壁部 41 の断面積が大きい程、底部 42 の磁束密度が高くなる。したがって、側壁部 41 の断面積を、側壁部 41 のコア内磁束密度が底部 42 と同等になるまで小さくすることで小型化でき、且つ、底部 42 の磁束密度を低く保ち、磁気飽和を抑制することができる。

【0031】

検出素子 30 は、U 字状の開口部 21 の側に検出方向を開口部 21 の間隔方向（B 方向）に沿うように配置される。開口部 21 とは、U 溝の開口端部である。このため、検出素子 30 は、バスバー 10 よりも U 溝の開口端部に近い側に配置される。また、コア 20 の U 溝に配置された検出素子 30 とバスバー 10 との間は、空隙を有して構成される。これにより、検出素子 30 とバスバー 10 とを絶縁することが可能となる。ここで、コア 20 には、バスバー 10 に流れる電流に応じて生じた磁界が集磁される。集磁された磁界は、検出素子 30 の配された近傍ではコア 20 の開口部 21 の間隔方向の磁界となる。

30

【0032】

検出素子 30 は、検出方向を B 方向に一致させて配置される。したがって、バスバー 10 に流れる被測定電流により形成される磁界の強さを効果的に検出することが可能となる。

40

【0033】

ここで、検出素子 30 が検出するヒステリシスは、コア 20 を構成する磁性体の保持力とコア 20 の形状に起因する反磁界（コア 20 の磁化に応じて、コア 20 の磁化を打消すように内部に発生する磁界）が影響するので、反磁界を大きくすることにより低減できる。一方、反磁界は、パーミアンス係数 P_c が小さいと、大きくなる。検出素子 30 を含むギャップ部とコア 20 とで形成される磁気回路のパーミアンス係数 P_c は、以下の（1）式で示される。ヒステリシスとは、検出誤差の一つであり、バスバー 10 に通電後に電流をゼロに戻した際に、検出素子 30 が検出する磁界のことをいう。

【0034】

50

【数 1】

$$P_c = \frac{L_m}{A_m} \times \frac{\mu_0 \cdot A_g}{L_g} \times \frac{\sigma}{f} \quad \dots(1)$$

ここで、 A_m はコアの断面積、 A_g はギャップの断面積、 L_m はコアの磁路長、 L_g はギャップ長、 f は起磁力損失係数、 σ は漏れ係数、 μ_0 はギャップ部の透磁率である。

【0035】

(1)式より、磁路長 L_m を短くすることにより、パーミアンス係数 P_c が小さくなる。このため、反磁界を大きくすることができるので、ヒステリシスを低減できる。したがって、検出素子30をU溝の奥側に近づけてコア20と検出素子30とで形成される磁路長を短くすることにより(図4(a)参照)、ヒステリシスを低減できる。

10

【0036】

また、検出素子30をU溝底部22に近づけることにより(図4(a)参照)、検出素子30がコア20の開口部21から離れるので、図4(b)のように、外部磁界がコア20に引き寄せられて、検出素子30への影響を低減することができる。このように、検出素子30をU溝の奥側に近づけることにより、コア20の外部磁界に対するシールド効果を向上させることが可能である。このため、検出素子30の検出対象であるバスバー10(図2の10A)と隣接するバスバー10(図2の10B)との間隔 T が狭くなり、隣接するバスバー10Bから受ける磁界の強さが強くなった場合でも、バスバー10Aに流れる電流を精度良く測定することが可能となる。

20

【0037】

図5には、図1におけるV-V線断面図が示される。図5に示されるように、バスバー10は、コア20を開口部21の間隔方向(図1におけるBの方向)から見てコア20と重複する部分の開口部21の側が切り欠かれ、切欠部11が形成されている。これにより、検出素子30をよりU溝の奥側に配置することが可能となる。したがって、間隔 T が狭くなり、隣接するバスバー10Bから受ける磁界の強さが強くなった場合でも、シールド効果が向上するため、バスバー10Aに流れる電流を精度良く測定することが可能となる。また、コア20と検出素子30とで形成される磁路長が短くなるため、ヒステリシスも低減することができる。

30

【0038】

ただし、バスバー10の軸方向に垂直な面の断面積や切欠部11の切欠深さ(図3におけるC方向の深さ)は、バスバー10に流れる電流に応じて設定される。すなわち、バスバー10の電気抵抗により、電流が流れた際に、過大に発熱するのを防止するためである。バスバー10全体ではなく、切欠部11のみの断面積を小さくすることで、断面積を小さくしたことによる発熱の増加を最小限に抑えることができる。これにより、バスバー10の発熱を抑えつつ、精度良く電流を測定することが可能となる。

【0039】

また、バスバー10とコア20の内周面との距離を短くすると好適である。このような方法として、例えば、コア20の板幅を広げて構成することが考えられる。これにより、磁路長を短くし、コア20の断面積を広くすることができるので、ヒステリシスの低減効果を更に高めることが可能となる。また、コア20の開口部21が小さくなるので、シールド効果を更に高めることが可能である。

40

【0040】

また、本願発明の発明者により以下のことが見出された。

コア20は、バスバー10の軸方向視において、コア20と、当該コア20のU溝に挿通されるバスバー10(図2における10A)に隣接する他のバスバー10(図2における10B)との隙間 S が、開口部21の間隔方向Bの長さ G の $1/2$ になるように形成すると好適である。コア20と他のバスバー10Bとの隙間 S とは、コア20の外面と、当該外面に対向する他のバスバー10Bの外面とで形成される隙間である。したがって、換

50

言すれば、バスバー 10 の軸方向視において、コア 20 の外面と、当該外面に対向する他のバスバー 10 B の中心部との間隔 E は、開口部 21 の間隔方向 B の長さ G とバスバー 10 の厚さ L との和の $1/2$ になるように構成すると好適である。

【0041】

このような結果を示すシミュレーション結果が図 6 に示される。図 6 は、ギャップの長さ G を変更し、外乱影響が一定の割合となる場合の間隔 E と開口部 21 から検出素子 30 までの距離 D との関係を示した図である。つまり、図 6 に示した距離 D の値よりも、コア 20 の距離 D を大きく設計することで、外乱影響を一定の割合以下にすることができる。ただし、バスバー 10 の板厚は 2 mm である。ここで、外乱影響とは並設する他の相のバスバー 10 に発生する磁界から受ける検出誤差のことである。例えば、「隣接するバスバー 10 B のみに通電した場合に、バスバー 10 A の磁界を検出する検出素子 30 の出力」を「バスバー 10 A のみに通電した場合に、当該バスバー 10 A の磁界を検出する検出素子 30 の出力」で除した値を外乱影響として考えることができる。

10

【0042】

図 6 に示されるように、長さ G が 4 mm の場合には少なくとも距離 D が開口部 21 から 1.5 mm 以上の位置に配置すると、外乱影響を一定の割合以下に維持することができる。また、長さ G が 5 mm の場合には少なくとも距離 D が開口部 21 から約 1.9 mm 以上の位置に配置すると、外乱影響を一定の割合以下に維持することができる。また、長さ G が 6 mm の場合には少なくとも距離 D が開口部 21 から 2.6 mm 以上の位置に配置すると、外乱影響を一定の割合以下に維持することができる。同様に、長さ G が 7 mm の場合には少なくとも距離 D が開口部 21 から 3.6 mm 以上の位置に配置すると、外乱影響を一定の割合以下に維持することができる。

20

【0043】

したがって、検出素子 30 は、開口部 21 から少なくとも 1.5 mm 以上 U 溝底部 22 の側に入り込んで配置すると好適である。

【0044】

また、本願発明の発明者により以下が見出された。

前記隙間 S の好適値は、検出誤差の内の外乱影響について最小限にできる値であるが、検出誤差には外乱影響のほかにヒステリシスや磁気飽和の影響等があるため、外乱以外の検出誤差にも対応できるように、前記隙間 S の好適値に公差を設ける。隙間 S の公差が、前記隙間 S の好適値を中央値として、互いに隣接するバスバー 10 (10 A, 10 B) の間隔 T の値から、開口部 21 の間隔方向 B の長さ G の $3/2$ の値を減じた値で設定すると好適である。

30

図 7 には、ギャップの長さ G を変更した場合における、間隔 E とコア 20 の断面磁束密度との関係を示した図である。ここで、断面磁束密度とは、コア 20 内部の磁束密度が最大となる箇所において、コア 20 内部を通る磁束密度のベクトルに直交する面でコア 20 を切断した断面の磁束密度を平均した値のことである。コア 20 の断面磁束密度が高くなると、コア 20 が磁気飽和し、検出値のリニアリティが確保できなくなる。図 7 において、リニアリティが確保できるコア 20 の断面磁束密度の許容値を飽和磁束密度の 60% とすると、この場合の各ギャップの長さ G に対応する間隔 E の上限許容値は次のようになる。長さ G が 4 mm の場合には間隔 E が 4.8 mm、長さ G が 5 mm の場合には間隔 E が 4.7 mm、長さ G が 6 mm の場合には間隔 E が 4.4 mm、長さ G が 7 mm の場合には間隔 E が 4.1 mm となる。これらに対して各間隔 E の好適値との差異を求めると、長さ G が 4 mm の場合には間隔 E が 1.8 mm、長さ G が 5 mm の場合には間隔 E が 1.2 mm、長さ G が 6 mm の場合には間隔 E が 0.4 mm となる。また、長さ G が 7 mm の場合には間隔 E が -0.4 mm となり、公差がマイナスとなるため、求める精度を出すことができない。一方、図 6 から明らかな通り、ギャップの長さ G が大きい程、間隔 E の変化に対する距離 D の変化が大きい。これらにより、本願発明者は、隙間 S の上限許容値が、間隔 T の $1/2$ の値から長さ G の $3/4$ の値を減じた値の絶対値より小さく設定した場合に、精度良く検出できることを見出した。また、上記は間隔 E の上限値であるが、下限値に対

40

50

しても同様で、図6から明らかな通り、間隔Eが小さくなるほど距離Dが大きくなるため、コアが大型化し、外乱以外の検出誤差（ヒステリシス、磁気飽和）が悪化する。そのため、下限値も上限値と同様に求めることができる。これらにより、本願発明者は、隙間Sの公差が、隙間Sの好適値を中央値として、間隔Tの値から長さGの3/2の値を減じた値で設定した場合に、精度良く検出できることを見出した。

【0045】

このように本電流センサ100によれば、コア20の開口部21の形状に応じて、外部磁界（例えば隣接するバスバー10Bからの磁界等の外乱）を最も抑制できるコア20の側壁部41の板幅やコア20と隣接するバスバー10Bとの隙間Eを設定することができる。また、コア20の開口部21の形状に応じて、コア20の開口部21から検出素子30までの深さDが最小となるコア20の形状を容易に特定することができるため、小型のコア20の設計を容易に行うことが可能となる。

10

【0046】

〔その他の実施形態〕

上記実施形態では、検出素子30をコア20のU溝底部22に近づけることにより、コア20の開口部21と検出素子30との距離が大きくなるので、外部磁界がコア20に引き寄せられて、検出素子30への影響を低減することができるとして説明した。しかしながら、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。例えば、コア20の開口部21から底部42の先端部までの長さを長くすることにより、開口部21とバスバー10との距離を長くすることができる。これにより、開口部21と検出素子30とが離れるので、コア20の外部磁界に対するシールド効果を向上させることは当然に可能である。

20

【0047】

上記実施形態では、コア20は、コア20の構成部位の中で、バスバー10を通るAB面に平行な面と交差するコア20の断面の一方の面積（側壁部41の断面積）よりも、バスバー10の中央を通るAC面に平行な面と交差するコア20の断面の面積（底部42の断面積）が広く構成されているとして説明した。しかしながら、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。底部42の断面積と側壁部41の断面積とを等しく構成することも可能であるし、側壁部41の断面積を底部42の断面積よりも広く構成することも可能である。

30

【0048】

また、例えば、コア20は、開口部21の側の外側角部に面取加工を施す場合には、開口部21におけるコア20の板幅の半分以下の半径を有する円の円弧形状で行うと好適である。このような構成とすれば、開口部21におけるコア20の板幅を大きく維持することができる。これにより、外部磁界がコア20に引き寄せられ易くなるので、検出素子30に到達する外部磁界を弱めることができるので、電流を精度良く測定することが可能となる。

【0049】

上記実施形態では、バスバー10は、コア20を間隔方向Bから見てコア20と重複する部分の開口部21の側が切り欠かれているとして説明した。しかしながら、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。バスバー10の開口部21の側を切り欠かずに構成することも当然に可能である。

40

【0050】

上記実施形態では、コア20はバスバー10の上面視において千鳥状に配置されるとして説明した。しかしながら、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。3相モータは、3つバスバー10の内2つの電流値がわかれば制御できるため、コア20は、3つのバスバー10の内2つに配置すればよい。3つのバスバー10の内、両端のバスバー10にコア20を配置すれば、千鳥状に配置する必要はない。

【0051】

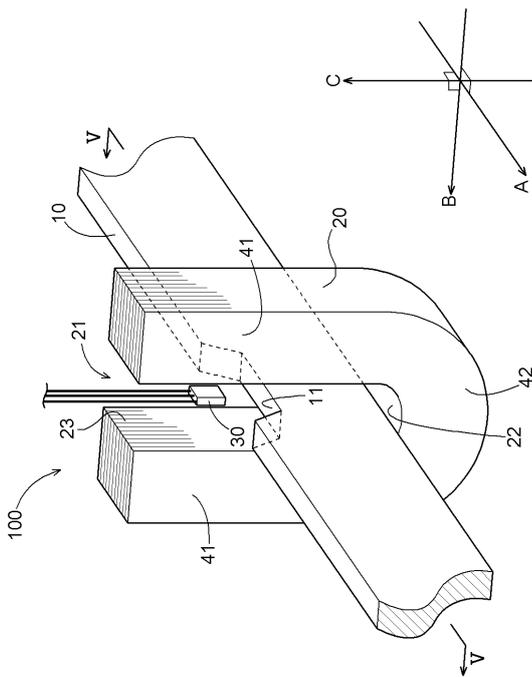
本発明は、導体に流れる電流を測定する電流センサに用いることが可能である。

【符号の説明】

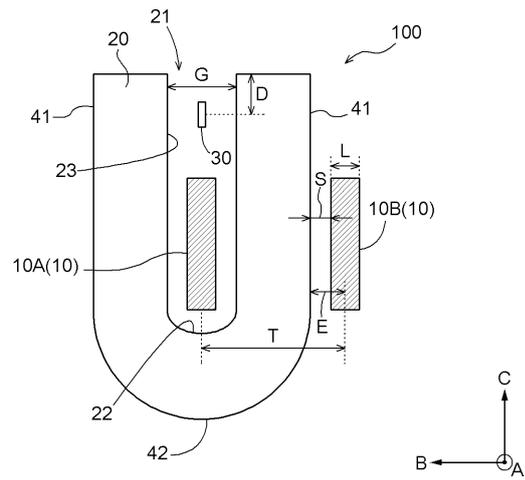
50

- 【 0 0 5 2 】
- 1 0 : バスバー
- 1 0 A : バスバー
- 1 0 B : バスバー
- 2 0 : コア
- 2 1 : 開口部
- 2 2 : U 溝底部
- 2 3 : U 溝側壁部
- 3 0 : 検出素子
- 4 1 : 側壁部
- 4 2 : 底部
- B : 板幅方向
- S : 隙間
- T : 間隔

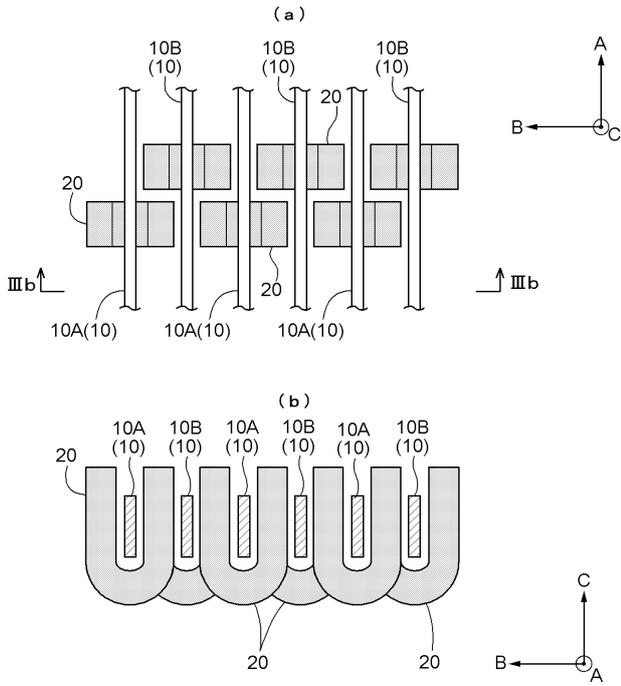
【 図 1 】



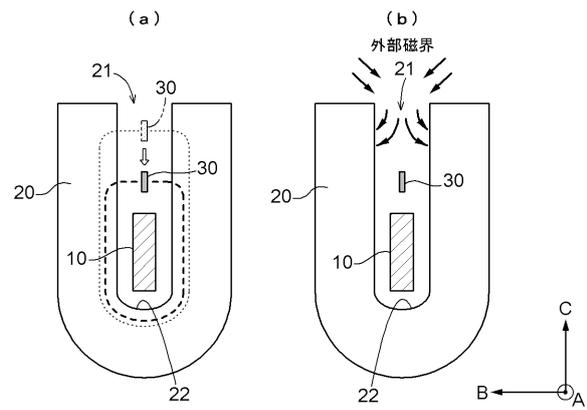
【 図 2 】



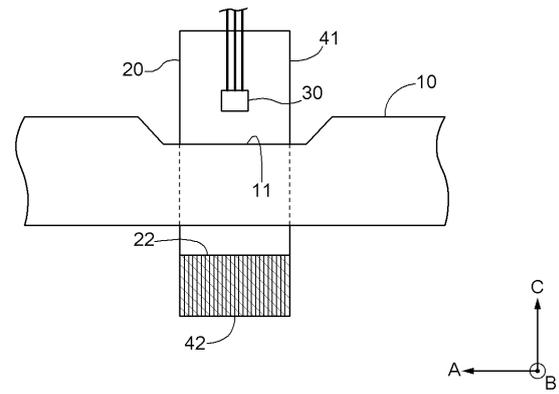
【 図 3 】



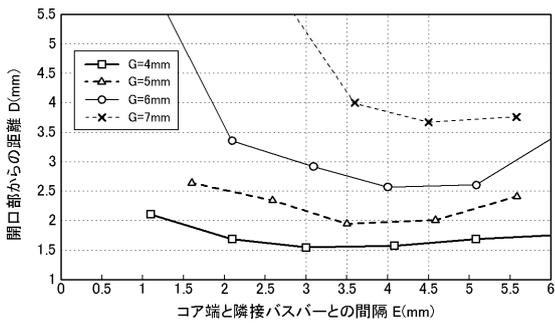
【 図 4 】



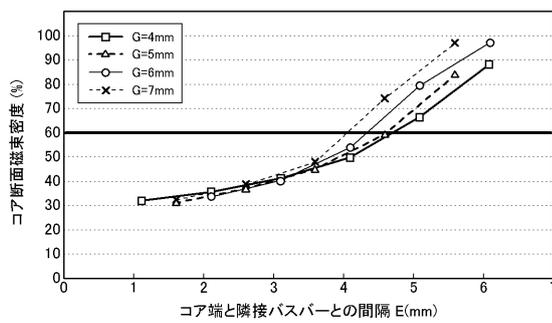
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 岩瀬 栄一郎
愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内
- (72)発明者 奥村 健
愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内
- (72)発明者 神谷 彰
愛知県刈谷市朝日町二丁目一番地 アイシン精機株式会社内
- Fターム(参考) 2G025 AA11 AA15 AB01 AC01