

(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2012-225872

(P2012-225872A)

(43) 公開日 平成24年11月15日(2012.11.15)

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

F I
G01R 15/02

テーマコード(参考)
2G025

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-96101(P2011-96101)
(22) 出願日 平成23年4月22日(2011.4.22)

(71) 出願人 310014322
アルプス・グリーンデバイス株式会社
東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(74) 代理人 100121083
弁理士 青木 宏義
(74) 代理人 100138391
弁理士 天田 昌行
(74) 代理人 100132067
弁理士 岡田 喜雅
(74) 代理人 100150304
弁理士 溝口 勉
(72) 発明者 末永 健
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内
Fターム(参考) 2G025 AA11 AB01 AC01

(54) 【発明の名称】 電流センサ

(57) 【要約】

【課題】被測定電流が通流する電流線に高周波領域の電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能な電流センサを提供すること。

【解決手段】第1出力配線(131a、131b)に対し電流線(2)を通流する電流(I)の誘導磁界(H)による第1出力信号を出力する第1磁気検出素子(11a)と、第2出力配線(131c、131d)に対し第1出力信号と略逆相の関係にある第2出力信号を出力する第2磁気検出素子(11b)と、を備え、電流線(2)の電圧変動に起因する第1出力配線(131a、131b)の電圧変動の影響と第2出力配線(131c、131d)の電圧変動の影響とが同等になるように、第1出力配線(131a、131b)の導電パターン(132)へのインピーダンスと第2出力配線(131c、131d)の導電パターン(132)へのインピーダンスとを異ならせたことを特徴とする。

【選択図】 図1

図1A

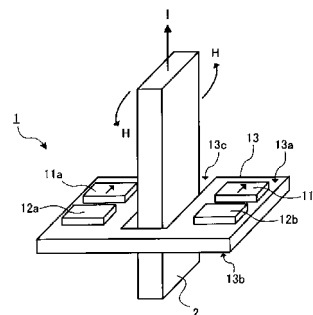
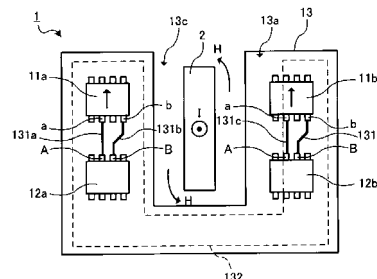


図1B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定電流が通流する電流線の延在方向に対して主表面が略直交するよう配置され、第 1 出力配線、第 2 出力配線、及び固定電位と接続される導電パターンを有する配線基板と

、前記配線基板の主表面に配置され、前記第 1 出力配線に対し前記電流線を通流する電流の誘導磁界による第 1 出力信号を出力する第 1 磁気検出素子と、

前記配線基板の主表面に配置され、前記第 2 出力配線に対し前記第 1 出力信号と略逆相の関係にある第 2 出力信号を出力する第 2 磁気検出素子と、を備え、

前記電流線の電圧変動に起因する前記第 1 出力配線の電圧変動の影響と前記第 2 出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、前記第 1 出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスと前記第 2 出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスとを異ならせたことを特徴とする電流センサ。

10

【請求項 2】

前記第 1 出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積と前記第 2 出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積とを異ならせることで、前記第 1 出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスと前記第 2 出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスとを異ならせたことを特徴とする請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 3】

前記第 1 出力配線は前記第 2 出力配線より前記電流線に近い位置に配置され、前記第 2 出力配線の導電パターンへのインピーダンスを前記第 1 出力配線の導電パターンへのインピーダンスより大きくしたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電流センサ。

20

【請求項 4】

前記第 2 出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積を前記第 1 出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積より小さくすることで、前記第 2 出力配線の導電パターンへのインピーダンスを前記第 1 出力配線の導電パターンへのインピーダンスより大きくしたことを特徴とする請求項 3 に記載の電流センサ。

【請求項 5】

前記第 2 出力配線と前記電流線との間に、導電パターンが設けられていない領域を有することを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の電流センサ。

30

【請求項 6】

前記第 1 磁気検出素子の出力と前記第 2 磁気検出素子の出力との差を算出する演算回路を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の電流センサ。

【請求項 7】

前記第 1 出力配線及び前記第 2 出力配線にそれぞれ接続される第 1 制御回路素子及び第 2 制御回路素子を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の電流センサ。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、被測定電流を非接触で測定できる電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車やハイブリッドカーにおけるモータ駆動技術などの分野では比較的大きな電流が取り扱われるため、このような用途向けに大電流を非接触で測定可能な電流センサが求められている。そして、このような電流センサとして、被測定電流によって生じる磁界の変化を磁気センサによって検出する方式のものが提案されている。例えば、特許文献 1 には、演算部において 2 つの磁気センサのセンサ出力の差をとることで電流線の電流値を

50

測定可能な電流センサが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-195427号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、電流線に接続される回路などの影響で、電流線には電流値に殆ど影響を与えない高周波領域の電圧変動が生じることがある。電流線と磁気センサとは近接して配置されているため、電流線の電圧変動によって電流線の電流値は殆ど変動しないにもかかわらず磁気センサと接続する出力配線の電圧は大きく変動し得る。出力配線の電圧変動は電流測定に直接的に影響するが、特許文献1に記載の電流センサはこのような電流線の電圧変動を考慮しておらず当該電圧変動に起因するノイズ成分を除去することができないため、電流測定精度は大幅に低下してしまう。

10

【0005】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、被測定電流が通流する電流線に高周波領域の電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能な電流センサ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】

20

【0006】

本発明の電流センサは、被測定電流が通流する電流線の延在方向に対して主表面が略直交するよう配置され、第1出力配線、第2出力配線、及び固定電位と接続される導電パターンを有する配線基板と、前記配線基板の主表面に配置され、前記第1出力配線に対し前記電流線を通流する電流の誘導磁界による第1出力信号を出力する第1磁気検出素子と、前記配線基板の主表面に配置され、前記第2出力配線に対し前記第1出力信号と略逆相の関係にある第2出力信号を出力する第2磁気検出素子と、を備え、前記電流線の電圧変動に起因する前記第1出力配線の電圧変動の影響と前記第2出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、前記第1出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスと前記第2出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスとを異ならせたことを特徴とする。

30

【0007】

この構成によれば、電流線の電圧変動に起因する第1出力配線の電圧変動の影響と第2出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、第1出力配線の導電パターンへのインピーダンスと第2出力配線の導電パターンへのインピーダンスとを異ならせている。これにより、電流線の電圧変動に起因して生じる第1出力配線の電圧変動の影響と第2出力配線の電圧変動の影響とが略等しくなり、当該電圧変動によるノイズ成分をキャンセル可能になるため、電流線に電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0008】

本発明の電流センサにおいて、前記第1出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積と前記第2出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積とを異ならせることで、前記第1出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスと前記第2出力配線の前記導電パターンへのインピーダンスとを異ならせても良い。

40

【0009】

本発明の電流センサにおいて、前記第1出力配線は前記第2出力配線より前記電流線に近い位置に配置され、前記第2出力配線の導電パターンへのインピーダンスを前記第1出力配線の導電パターンへのインピーダンスより大きくしても良い。

【0010】

この構成によれば、第1出力配線は第2出力配線より電流線に近いため、第1出力配線は第2出力配線より電流線の電圧変動の影響を受けやすい。そこで、第2出力配線の導電パターンへのインピーダンスを第1出力配線の導電パターンへのインピーダンスより大き

50

くすることで、第2出力配線側では導電パターンとの容量結合が弱められ、第2出力配線が電流線の電圧変動の影響を強く受けるようになる。これにより、第1出力配線の電圧変動と第2出力配線の電圧変動とを略等しくしてノイズ成分を除去可能になるため、電流線に電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0011】

本発明の電流センサにおいて、前記第2出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積を前記第1出力配線に近接する領域の前記導電パターンの面積より小さくすることで、前記第2出力配線の導電パターンへのインピーダンスを前記第1出力配線の導電パターンへのインピーダンスより大きくしても良い。

【0012】

この構成によれば、第2出力配線に近接する領域の導電パターンの面積を第1出力配線に近接する領域の導電パターンの面積より小さくすることで、第2出力配線の導電パターンへのインピーダンスを第1出力配線の導電パターンへのインピーダンスより容易に大きくできる。これにより、第1出力配線の電圧変動と第2出力配線の電圧変動とを容易に合わせることができ、容易に電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0013】

本発明の電流センサにおいて、前記第2出力配線と前記電流線との間に、導電パターンが設けられていない領域を有しても良い。

【0014】

この構成によれば、電圧変動の抑制に効果的な電流線側に導電パターンのない領域を設けることで、第2出力配線における電流線の電圧変動の影響を効果的に大きくして第1出力配線の電圧変動と第2出力配線の電圧変動とを容易に合わせることができ、容易に電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0015】

本発明の電流センサにおいて、前記第1磁気検出素子の出力と前記第2磁気検出素子の出力との差を算出する演算回路を備えても良い。

【0016】

この構成によれば、第1出力配線の電圧変動と第2出力配線の電圧変動とを略等しくした上で、演算回路によって出力差をとることで、電圧変動の影響を確実にキャンセルして電流測定精度の低下を抑制できる。

【0017】

本発明の電流センサにおいて、前記第1出力配線及び前記第2出力配線にそれぞれ接続される第1制御回路素子及び第2制御回路素子を備えても良い。

【発明の効果】

【0018】

本発明により、被測定電流が通流する電流線に高周波領域の電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能な電流センサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本実施の形態に係る電流センサの構成例を示す模式図である。

【図2】電流線と出力配線及び導電パターンとの関係を示す平面模式図である。

【図3】本実施の形態に係る電流センサの構成例を示すブロック図である。

【図4】本実施の形態に係る磁気検出素子の構成例を示す回路図である。

【図5】本実施の形態に係る電流センサの出力特性を示す図である。

【図6】第1比較例に係る電流センサの構成を示す平面模式図である。

【図7】第1比較例に係る電流センサの出力特性を示す図である。

【図8】第2比較例に係る電流センサの構成を示す平面模式図である。

【図9】第2比較例に係る電流センサの出力特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明者は、2つの磁気検出素子を用いる電流センサにおいて、電流線に接続した回路

10

20

30

40

50

が発生する高周波領域の電圧変動（特に、急激な電圧変動）によって、電流線の電流量は殆ど変動しないにもかかわらず電流センサ出力が大きく変動して測定誤差が生じることを見出した。これは、磁気検出素子の出力端子に接続される配線基板の出力配線が電流線に関して対称に配置されないことにより、高周波領域の電圧変動に起因して生じる磁気検出素子の出力配線の電圧変動が第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで異なり、当該電圧変動の影響を十分にキャンセルできないためである。

【0021】

本発明者はこの知見を元に、配線基板に設けられ固定電位が与えられる導電パターンへの出力配線のインピーダンスを第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで異ならせることにより、上記電圧変動の影響を第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで略等しくでき、及び、第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで上記電圧変動の影響を略等しくすることにより、上記電圧変動を十分にキャンセルできることを見出し、本発明を完成するに至った。すなわち、本発明の骨子は、電流線の電圧変動の影響が第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで略等しくなるように出力配線の導電パターンへのインピーダンスを第1磁気検出素子側と第2磁気検出素子側とで異ならせることである。以下、本発明の電流センサについて添付図面を参照して説明する。

【0022】

（実施の形態1）

図1は、本実施の形態に係る電流センサ1の構成例を示す模式図である。図1Aは電流センサ1及びその周辺の構成を模式的に示す斜視図であり、図1Bは電流センサ1を図1Aの上方（紙面上方向）から見た平面図である。以下、斜視図の紙面左下方向に対応する方向を前、紙面右上方向に対応する方向を後、紙面左方向に対応する方向を左、紙面右方向に対応する方向を右、紙面上方向に対応する方向を上、紙面下方向に対応する方向を下、と呼ぶ。

【0023】

図1に示される電流センサ1は、被測定電流Iが通流する電流線2の周囲に配置された略直方体状の第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bと、第1磁気検出素子11aに接続される略直方体形状の第1制御回路素子12aと、第2磁気検出素子11bに接続される略直方体形状の第2制御回路素子12bと、主表面にこれらの素子が配置される薄板状の配線基板13とを含んで構成される。なお、図1中、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bに付される矢印は、それぞれの感度軸の向きを示し、電流線2に付される矢印は、電流線2を通流する被測定電流Iの向きを示し、電流線2の周囲に配置される矢印は、被測定電流Iによる誘導磁界Hの向きを示す。

【0024】

第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bは、上下方向に延在する電流線2からの距離が略等しくなるよう配線基板13の第1主表面13aに配置されており、当該配置位置における誘導磁界Hを検出可能に構成されている。第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bは、電流線2に関して略対称な位置に配置されている。また、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bは、感度軸が互いに同じ方向を向くように配置されている。ただし、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bから誘導磁界Hによる略逆相の出力が得られるのであれば、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bの配置、それぞれの感度軸の向きなどはこれに限られない。

【0025】

第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bは、それぞれ複数の端子（ここでは8個）を備えており、当該端子を介して配線基板13と接続されている。複数の端子のうち、端子a、bは出力端子であり、磁気検出素子の配置位置における誘導磁界Hの大きさに略比例する出力差が得られるよう構成されている。残りの端子のうちの2個は所定電位（例えば、+V、-V）と接続される電源端子である。また、別の2個は各磁気検出素子内のフィードバックコイル（図1において不図示）の電流端子である。なお、これら磁気検出素子が備える端子は、磁気検出素子の機能、構成等に応じて変更可能である。この

ため、端子の機能や配置、数などは上述したものに限られない。

【0026】

第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bは略同一の構成の素子である。このため、略逆相の出力が得られるように第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bを配置すると、図1Bに示されるように第1磁気検出素子11aの端子aと電流線2との距離は、第2磁気検出素子11bの端子aと電流線2との距離より大きくなり、第1磁気検出素子11aの端子bと電流線2との距離は、第2磁気検出素子11bの端子bと電流線2との距離より小さくなる。つまり、端子の配置は、電流線2に関して対称ではない。

【0027】

第1制御回路素子12a及び第2制御回路素子12bは、それぞれ、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bに接続されており、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bの動作を制御すると共にその出力を増幅して後段の演算部(図1において不図示)に出力できるよう構成されている。第1制御回路素子12a及び第2制御回路素子12bは、それぞれ複数の端子(ここでは8個)を備えており、当該端子を介して配線基板13と接続されている。複数の端子のうち、端子A、Bは、第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bの端子a、bと接続される入力端子である。なお、これら制御回路素子が備える端子は、制御回路素子の機能、構成等に応じて変更可能である。このため、端子の機能や配置、数などは上述したものに限られない。

【0028】

配線基板13は、第1主表面13a側に出力配線131a~131dなどの配線パターンが形成され、第1主表面13aと反対の第2主表面13b側に導電パターン132が形成された略U字型の基板である。配線基板13の略U字型(又は略コの字型)の形状を構成する切り欠き部13c内には、配線基板13の第1主表面13aに対して電流線2の延在方向が略直交するよう電流線2が配置されている。すなわち、配線基板13は、被測定電流Iの通流方向(電流線2の延在方向)に略垂直な面内に配置されている。また、切り欠き部13cは、切り欠き部13c内の電流線2(特に電流線2の中心軸)に関して略対称な位置に第1磁気検出素子11a及び第2磁気検出素子11bを配置できるよう形成されている。なお、配線基板13には、第1磁気検出素子11a、第2磁気検出素子11b、第1制御回路素子12a、第2制御回路素子12b以外に、演算部を構成する演算回路素子(図1において不図示)などの回路要素が配置されている。

【0029】

配線基板13の第1主表面13aには出力配線131a~131dなどの配線パターンが形成されている。出力配線131a、131bは、第1磁気検出素子11aの端子a、b、及び第1制御回路素子12aの端子A、Bと接続され、これらを電氣的に接続する。出力配線131c、131dは、第2磁気検出素子11bの端子a、b、及び第1制御回路素子12bの端子A、Bと接続され、これらを電氣的に接続する。上述したように、第1磁気検出素子11aの端子a、bと第2磁気検出素子11bの端子a、bとは電流線2に関して対称に配置されていない。このため、出力配線131a、131bと出力配線131c、131dとは、電流線2に関して対称でない。

【0030】

図2は、電流線2と出力配線131a~131d、及び導電パターン132との関係を示す平面模式図である。図2に示されるように、出力配線131aと電流線2との距離D(a)は、出力配線131cと電流線2との距離D(c)より大きくなっている。また、出力配線131bと電流線2との距離D(b)は、出力配線131dと電流線2との距離D(d)より小さくなっている。距離D(b)と距離D(d)との差は距離D(a)と距離D(c)との差より大きいため、距離D(a)と距離D(b)との平均値D(1)は距離D(c)と距離D(d)との平均値D(2)より小さくなる。出力配線131aと出力配線131bとを電流線2からの距離がD(1)の1本の出力配線(以下、第1出力配線)と考え、出力配線131cと出力配線131dとを電流線2からの距離がD(2)の1

10

20

30

40

50

本の出力配線（以下、第2出力配線）と考えると、第2出力配線より第1出力配線の方が電流線1に近い。つまり、第1磁気検出素子11a側の出力配線131a、131bと、第2磁気検出素子11b側の出力配線131c、131dとにおける電流線2の電圧変動の影響を距離の平均値によって総合的に評価すると、その影響は、第1磁気検出素子11a側において第2磁気検出素子11b側より強い。

【0031】

配線基板13の第2主表面13bには、上述した電流線2の電圧変動の影響を低減するため、電流線2に関して非対称な形状を有し、接地電位などの固定電位と接続される導電パターン132が形成されている。具体的には、第1出力配線（すなわち、出力配線131a、131b）に近接する領域133aには導電パターン132を構成する導電部材が配置され、第2出力配線（すなわち、出力配線131c、131d）に近接する領域133bの一部には、導電パターン132を構成する導電部材が配置されない。つまり、第2出力配線に近接する領域133bの導電パターン132の面積は、第1出力配線に近接する領域133aの導電パターン132の面積より小さくなっている。このように、第2出力配線に近接する領域133bの導電パターン132の面積を、第1出力配線に近接する領域133aの導電パターン132の面積より小さくすることで、第2出力配線の導電パターン132へのインピーダンスを第1出力配線の導電パターン132へのインピーダンスより大きくできる。導電パターン132へのインピーダンスが大きくなると、導電パターン132との電気的な結合が弱まり、導電パターン132による電圧変動抑制の効果が低下する。つまり、この場合、第2出力配線の導電パターン132へのインピーダンスが大きくなることにより、第2出力配線における電圧変動の影響は相対的に大きくなる。本実施の形態の電流センサ1では、このようにして、第1出力配線と第2出力配線とにおける電流線2の電圧変動の影響を略等しくしている。

10

20

30

40

【0032】

導電パターン132を構成する導電部材が配置されていない領域は、第2出力配線と電流線2との間の領域であることが望ましい。この領域に配置される導電パターン132は電圧変動抑制の効果が大きいので、この領域に導電パターン132を設けないことで、第2出力配線における電流線2の電圧変動の影響を大きくできる。このため、第1磁気検出素子11a側の第1出力配線と第2磁気検出素子11b側の第2出力配線とで、電流線2の電圧変動の影響を揃えることが容易になる。ただし、第2出力配線の導電パターン132へのインピーダンスを第1出力配線の導電パターン132へのインピーダンスより大きくできるのであれば、導電パターン132を設けない領域はどこでも良い。

【0033】

また、第2出力配線の導電パターン132へのインピーダンスを第1出力配線の導電パターン132へのインピーダンスより大きくできるのであれば、導電パターン132の形状を非対称にして、第1出力配線に近接する領域の面積と、第2出力配線に近接する領域の面積とを異ならせることに限られない。例えば、第1出力配線の配線パターンと第2出力配線の配線パターンとを異ならせることで、第1出力配線の導電パターン132へのインピーダンスと第2出力配線の導電パターン132へのインピーダンスとを制御しても良い。

【0034】

電流線2は、上下方向に延在し、延在方向に垂直な断面が略長形状の導電性部材である。ただし、電流線2の構成はこれに限られない。電流線2は、被測定電流Iを導くことが可能であればどのような構成態様でも良い。例えば、電流線2には、断面が略円形の導電部材や、薄膜状の導電部材（導電パターン）など、図示される電流線2とは構成の異なるものが含まれる。また、その材質も特に限定されない。なお、電流線2は電流センサ1の構成外であるが、電流センサ1は電流線2を含んで構成されても良い。

【0035】

このように、電流センサ1は、第1出力配線、第2出力配線、及び固定電位と接続される導電パターン132を有する配線基板13と、第1出力配線に対し誘導磁界Hによる第

50

1 出力信号を出力する第 1 磁気検出素子 1 1 a と、第 2 出力配線に対し第 1 出力信号と略逆相の関係にある第 2 出力信号を出力する第 2 磁気検出素子 1 1 b とを備え、電流線 2 の電圧変動に起因する第 1 出力配線の電圧変動の影響と第 2 出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、第 1 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスと第 2 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスとを異ならせた構成を有している。言い換えれば、電流線 2 の電圧変動に起因する第 1 出力配線の電圧変動の影響と第 2 出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、第 1 出力配線に近接する領域 1 3 3 a の導電パターン 1 3 2 の面積と、第 2 出力配線に近接する領域 1 3 3 b の導電パターン 1 3 2 の面積とを異ならせている。または、電流線 2 の電圧変動に起因する第 1 出力配線の電圧変動の影響と第 2 出力配線の電圧変動の影響とが同等になるように、第 1 磁気検出素子 1 1 a に重なる領域の導電パターン 1 3 2 の面積と、第 2 磁気検出素子 1 1 b に重なる領域の導電パターン 1 3 2 の面積とを異ならせている。

10

【0036】

このような構成の電流センサ 1 では、電流線の電圧変動に起因する第 1 出力配線の電圧変動の影響と第 2 出力配線の電圧変動の影響とが略等しくなることで、当該電圧変動によるノイズ成分を十分にキャンセルできるようになるため、電流線に電圧変動が生じても電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0037】

図 3 は、第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b を含む電流センサ 1 の構成例を示すブロック図である。図 4 は、第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b の構成例を示す回路図である。

20

【0038】

図 3 に示されるように、電流センサ 1 は、第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b と、第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b の制御を行う第 1 制御回路素子 1 2 a 及び第 2 制御回路素子 1 2 b と、第 1 制御回路素子 1 2 a 及び第 2 制御回路素子 1 2 b からの出力の差分をとってセンサ出力とする演算回路素子などで構成される演算部 1 4 とを有する。

【0039】

図 3 及び図 4 に示されるように、第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b は磁気平衡式の磁気検出素子であり、被測定電流 I によって発生する誘導磁界 H を打ち消す方向の磁界を発生可能に配置されたフィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b と、4 つの磁気抵抗効果素子 $M_1 \sim M_4$ で構成されるブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b と、を含んで構成されている。なお、ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b を構成する磁気抵抗効果素子の数は 4 つに限られない。任意の数の磁気抵抗効果素子と固定抵抗素子とを組み合わせるとブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b を構成しても良い。

30

【0040】

また、第 1 制御回路素子 1 2 a 及び第 2 制御回路素子 1 2 b は、ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b の差動出力を増幅し、フィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b のフィードバック電流を制御する差動・電流アンプ 1 2 1 a、1 2 1 b と、フィードバック電流を電圧に変換する I/V アンプ 1 2 2 a、1 2 2 b とを含んで構成されている。

40

【0041】

フィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b は、ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b の磁気抵抗効果素子 $M_1 \sim M_4$ の近傍に配置されており、被測定電流 I により発生する誘導磁界 H を相殺するキャンセル磁界を発生する。ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b の磁気抵抗効果素子 $M_1 \sim M_4$ としては、GMR (Giant Magnetoresistance) 素子や TMR (Tunnel Magnetoresistance) 素子などが用いられる。磁気抵抗効果素子は、被測定電流からの誘導磁界により抵抗値が変化するという特性を有する。このような特性を有する磁気抵抗効果素子を用いてブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b を構成することで、高感度の電流センサ 1 を実現できる。

【0042】

50

ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b の電源端子は + V 及び - V と接続されている。ブリッジ回路 1 1 2 a、1 1 2 b がそれぞれ有する 2 つの端子 a、b の出力は、差動・電流アンプ 1 2 1 a、1 2 1 b がそれぞれ有する 2 つの端子 (端子 A、B に相当) に入力されて差動増幅され、フィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b にフィードバック電流が流れる。フィードバック電流がフィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b を流れると、当該フィードバック電流によって、誘導磁界 H を相殺するキャンセル磁界が発生する。そして、誘導磁界 H とキャンセル磁界とが相殺される平衡状態となったときにフィードバックコイル 1 1 1 a、1 1 1 b を流れる電流が、I / V アンプ 1 2 2 a、1 2 2 b で電圧に変換され、センサ出力となる。

【 0 0 4 3 】

演算部 1 4 は、第 1 制御回路素子 1 2 a 及び第 2 制御回路素子 1 2 b からの出力電圧 (すなわち、I / V アンプ 1 2 2 a、1 2 2 b の出力電圧) の差をとって出力する。演算部 1 4 は、例えば、差動アンプで構成される。この演算処理によって、地磁気などの外部磁場の影響はキャンセルされ、高精度に電流を測定できる。

【 0 0 4 4 】

なお、電流センサ 1 は上述した構成に限定されない。例えば、電流センサ 1 の第 1 磁気検出素子 1 1 a 及び第 2 磁気検出素子 1 1 b としてフィードバックコイル等を用いない磁気比例式のセンサを用いても良い。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、本実施の形態に係る電流センサ 1 の出力特性を示す図である。図 5 において、横軸は時間を、縦軸は電圧を示している。図 5 の V_1 に示されるように、電流線 2 にノイズ電圧 (20 V、45 kHz) を与えても、電流センサ 1 の出力には電圧変動の影響がほとんど見られない。これは、第 1 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスと第 2 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスとを異ならせて、電流線 2 の電圧変動の影響を第 1 出力配線と第 2 出力配線とで略等しくすることで、当該電圧変動の影響を十分にキャンセルできていることを示す。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、第 1 比較例に係る電流センサ 3 の構成を示す平面模式図である。図 6 に示される電流センサ 3 は、導電パターンの構成のみが電流センサ 1 と異なっている。すなわち、電流センサ 3 は、被測定電流 I が通流する電流線 2 の周囲に配置された略直方体状の第 1 磁気検出素子 3 1 a 及び第 2 磁気検出素子 3 1 b と、第 1 磁気検出素子 3 1 a に接続される略直方体形状の第 1 制御回路素子 3 2 a と、第 2 磁気検出素子 3 1 b に接続される略直方体形状の第 2 制御回路素子 3 2 b と、主表面にこれらの素子が配置される薄板状の配線基板 3 3 とを含んで構成されている。第 1 制御回路素子 3 2 a 及び第 2 制御回路素子 3 2 b の後段には不図示の演算部が設けられている。

【 0 0 4 7 】

図 6 に示される電流センサ 3 において、導電パターン 3 3 2 は配線基板 3 3 の略全面に形成されており、電流線 2 に関して対称な形状を有している。つまり、第 1 磁気検出素子 3 1 a の第 1 出力配線に近接する導電パターンの面積と第 2 磁気検出素子 3 1 b の第 2 出力配線に近接する導電パターンの面積とは略等しくなっている。このため、第 1 出力配線の導電パターン 3 3 2 へのインピーダンスと第 2 出力配線の導電パターン 3 3 2 へのインピーダンスとは略等しくなっている。

【 0 0 4 8 】

図 7 は、図 5 の場合と同様のノイズ電圧を電流線 2 に与えた場合の電流センサ 3 の出力特性を示す図である。図 7 において、横軸は時間を、縦軸は電圧を示している。図 7 の V_2 に示されるように、第 1 比較例に係る電流センサ 3 では電流線 2 の電圧変動の影響を受けて出力電圧が大きく変動している。これは、電流センサ 3 の電流測定精度が、電流センサ 1 と比べて低いことを示す。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、第 2 比較例に係る電流センサ 4 の構成を示す平面模式図である。図 8 に示され

10

20

30

40

50

る電流センサ 4 は、導電パターンの構成のみが電流センサ 1 と異なっている。すなわち、電流センサ 4 は、被測定電流 I が通流する電流線 2 の周囲に配置された略直方体状の第 1 磁気検出素子 4 1 a 及び第 2 磁気検出素子 4 1 b と、第 1 磁気検出素子 4 1 a に接続される略直方体形状の第 1 制御回路素子 4 2 a と、第 2 磁気検出素子 4 1 b に接続される略直方体形状の第 2 制御回路素子 4 2 b と、主表面にこれらの素子が配置される薄板状の配線基板 4 3 とを含んで構成されている。第 1 制御回路素子 4 2 a 及び第 2 制御回路素子 4 2 b の後段には不図示の演算部が設けられている。

【 0 0 5 0 】

図 8 に示される電流センサ 4 において、導電パターン 4 3 2 は第 1 磁気検出素子 4 1 a と重なる領域の面積と第 2 磁気検出素子 4 1 b と重なる領域の面積が小さくなるように設けられている。また、導電パターン 4 3 2 は電流線 2 に関して対称な形状を有している。つまり、第 1 磁気検出素子 4 1 a の第 1 出力配線に近接する導電パターンの面積と第 2 磁気検出素子 4 1 b の第 2 出力配線に近接する導電パターンの面積とは略等しくなっている。このため、第 1 出力配線の導電パターン 4 3 2 へのインピーダンスと第 2 出力配線の導電パターン 4 3 2 へのインピーダンスとは略等しくなっている。

10

【 0 0 5 1 】

図 9 は、図 5 の場合と同様のノイズ電圧を電流線 2 に与えた場合の電流センサ 4 の出力特性を示す図である。図 9 において、横軸は時間を、縦軸は電圧を示している。図 9 の V_3 に示されるように、第 2 比較例に係る電流センサ 4 では電流線 2 の電圧変動の影響を受けて出力電圧が大きく変動している。これは、電流センサ 4 の電流測定精度が、電流センサ 1 と比べて低いことを示す。

20

【 0 0 5 2 】

ここで、図 5、図 7、図 9 に示される特性の電流センサを、電気自動車やハイブリッドカーのモータ駆動電流の制御に用いる場合について考察する。ここでは、電流線 2 に接続される車載用のインバータから、300V 程度のパルス電圧（ノイズ電圧）が印加される状況を想定する。この場合、パルス電圧印加後 10 μ s 後の出力誤差は、図 7 や図 9 に示される比較例の電流センサで約 1.28 A 程度である。

【 0 0 5 3 】

モータのトルク T は、モータのトルク定数を K_t 、モータを流れる電流を I_a として次のように表される。

30

$$T = K_t \times I_a$$

【 0 0 5 4 】

通常の加速においてモータを流れる電流値は最大で 200 A 程度であるから、1.28 A の測定誤差は、通常の加速においてモータを流れる電流の 0.64% に相当する誤差である。電気自動車などでは、測定された電流 I_a をフィードバックすることでトルク制御を行っている。このため、図 7、図 9 のような比較例の電流センサを用いる場合、通常の加速の際のトルクの 0.64% に相当するトルク制御誤差が生じることになる。このように、図 7 や図 9 に示される測定誤差の大きい電流センサを用いてモータ駆動電流の制御を行えば、急加速などが生じて安全性や快適性が低下する恐れがある。

【 0 0 5 5 】

40

一方、同条件において、本実施の形態に係る電流センサ 1 の出力誤差は 0.84 A 以下である。つまり、測定誤差は、通常の加速の際のトルクの 0.42% 以下に抑えられる。このため、本実施の形態に係る電流センサ 1 を用いる場合、急加速などの問題は低減される。このように、本実施の形態の電流センサ 1 を用いることで、電気自動車などのトルク制御を適切に行うことができるため、安全性及び快適性を高めることができる。

【 0 0 5 6 】

以上のように、本実施の形態の電流センサ 1 は、電流線 2 の電圧変動に起因する第 1 出力配線の電圧変動と第 2 出力配線の電圧変動とが略等しくなるように、第 1 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスと第 2 出力配線の導電パターン 1 3 2 へのインピーダンスとを異ならせている。これにより、電流線 2 の電圧変動に起因して生じる第 1 出力

50

配線の電圧変動の影響と第2出力配線の電圧変動の影響とが略等しくなり、当該電圧変動によるノイズ成分をキャンセル可能になるため、電流線2に電圧変動（高周波領域の電圧変動、急激な電圧変動）が生じてても電流測定精度の低下を抑制可能になる。

【0057】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々変更して実施することができる。例えば、第1出力配線及び第2出力配線を制御回路素子の出力端子に接続される出力配線として、これらの電圧変動の影響が同等になるように出力配線の導電パターンへのインピーダンスを調節しても良い。さらに、上記実施の形態では磁気検出素子と制御回路素子とを別の素子で構成しているが、これらは1素子としてパッケージングされていても良い。この場合、インピーダンス調節の対象となる第1出力配線及び第2出力配線は、パッケージングされた素子の出力端子に接続される出力配線とすれば良い。また、導電パターンに接続される電位は、固定電位であれば接地電位でなくとも良い。電流センサとして、3個以上の磁気検出素子を用いる構成としても良い。

10

【0058】

また、上記実施の形態における各素子の接続関係、大きさなどは、発明の趣旨を変更しない限りにおいて変更可能である。また、上記実施の形態に示す構成、方法などは、適宜組み合わせて実施可能である。その他、本発明は、本発明の範囲を逸脱しないで適宜変更して実施できる。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明の電流センサは、例えば、電気自動車やハイブリッドカーなどのモータ駆動用電流の大きさを検知するために用いることが可能である。

20

【符号の説明】

【0060】

- 1 電流センサ
- 2 電流線
- 11a 第1磁気検出素子
- 11b 第2磁気検出素子
- 12a 第1制御回路素子
- 12b 第2制御回路素子
- 13 配線基板
- 131a、131b、131c、131d 出力配線
- 132 導電パターン
- 133a、133b 領域
- 14 演算部
- a、b、A、B 端子
- M1、M2、M3、M4 磁気抵抗効果素子

30

【 図 1 】

図 1A

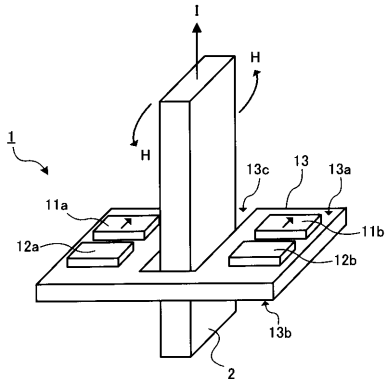
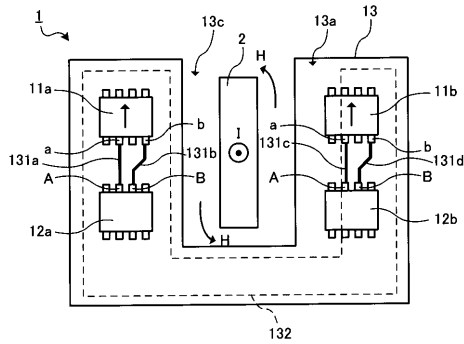
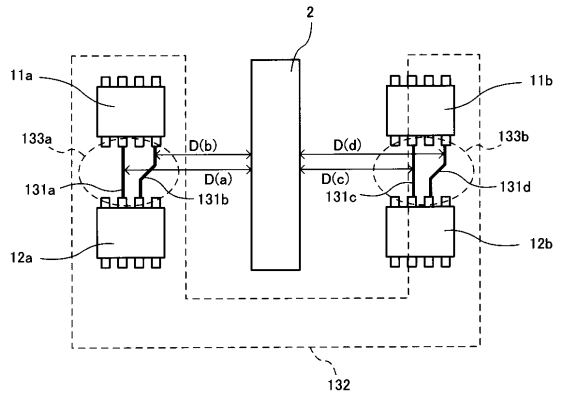


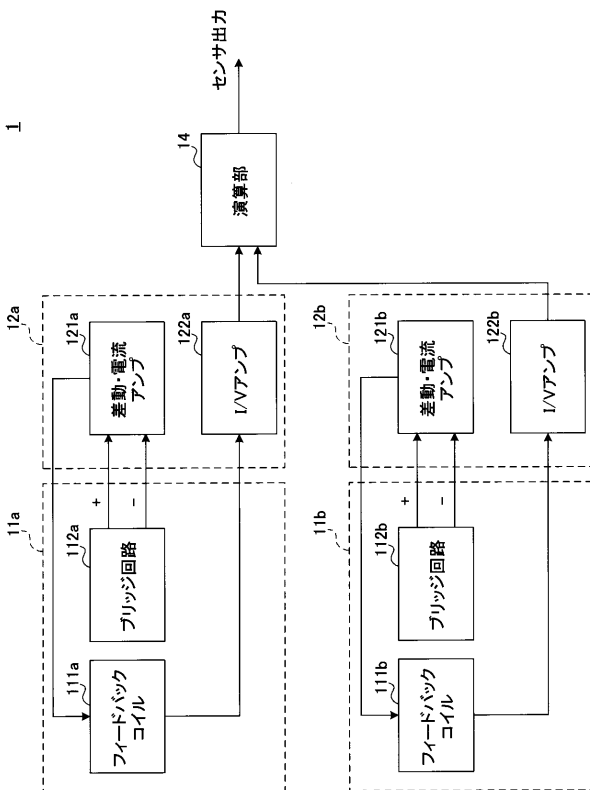
図 1B



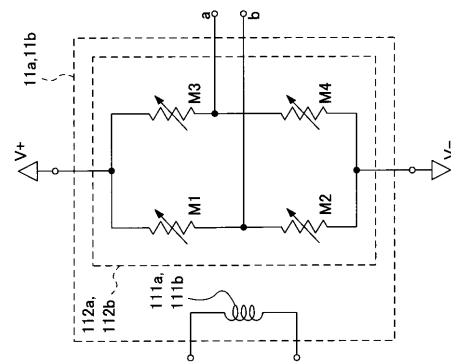
【 図 2 】



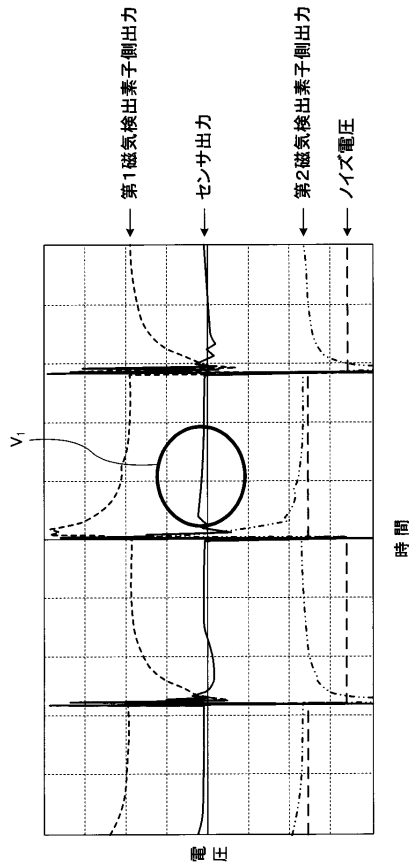
【 図 3 】



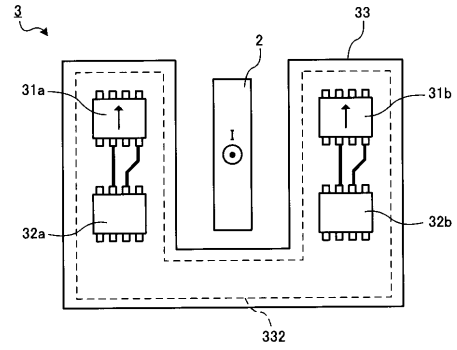
【 図 4 】



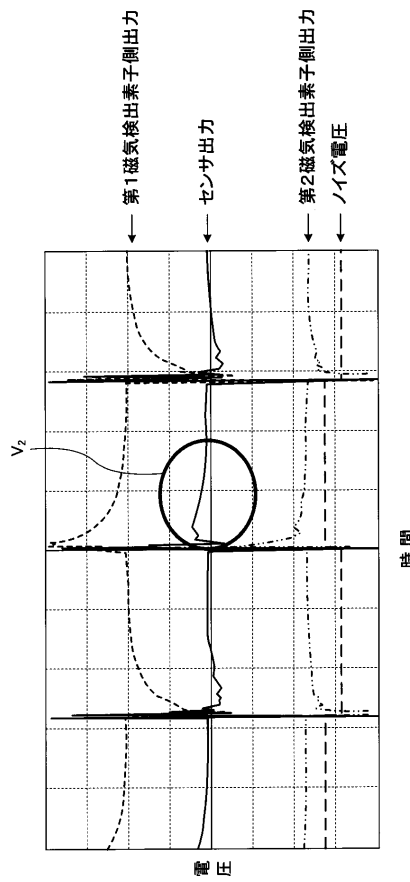
【 図 5 】



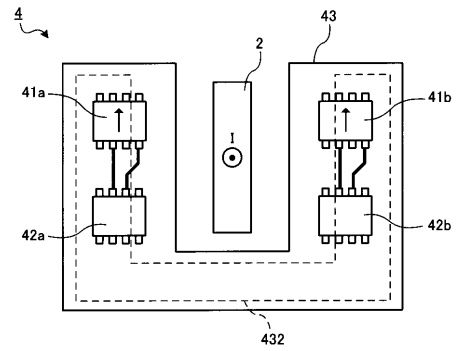
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

