

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7629354号
(P7629354)

(45)発行日 令和7年2月13日(2025.2.13)

(24)登録日 令和7年2月4日(2025.2.4)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 R 15/18 (2006.01)

G 0 1 R 15/18

C

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-97432(P2021-97432)	(73)特許権者	000227180
(22)出願日	令和3年6月10日(2021.6.10)		日置電機株式会社
(65)公開番号	特開2022-189076(P2022-189076 A)		長野県上田市小泉 8 1 番地
(43)公開日	令和4年12月22日(2022.12.22)	(74)代理人	110002468
審査請求日	令和6年3月14日(2024.3.14)		弁理士法人後藤特許事務所
		(72)発明者	柄澤 悠樹
			長野県上田市小泉 8 1 番地 日置電機株式会社内
		(72)発明者	中沢 宏紀
			長野県上田市小泉 8 1 番地 日置電機株式会社内
		(72)発明者	池田 健太
			長野県上田市小泉 8 1 番地 日置電機株式会社内
		(72)発明者	山岸 君彦
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電流センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定電流が通流する被測定対象物を囲む第一磁気コアと、
前記第一磁気コアに配置される第二磁気コアと、
前記第二磁気コアに巻かれ、前記第二磁気コアを励磁する励磁信号が入力されるとともに、前記第二磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す検出信号を出力する励磁検出巻線と、
前記第一磁気コアに巻かれず、前記第二磁気コアに巻かれ、前記第二磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す補助信号を出力する補助巻線と、
前記第一磁気コア及び前記第二磁気コアに巻かれ、前記検出信号から作られた信号が入力されるとともに、前記第一磁気コアの磁束を打ち消すように巻かれる帰還巻線と、
前記被測定電流に応じて前記帰還巻線が出力する信号を、前記補助信号から作られた補正信号に基づいて修正することにより前記被測定電流の大きさを示す出力信号を出力する回路と、
を備えた電流センサ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電流センサであって、
前記第二磁気コアは、並んで配置された第三磁気コア及び第四磁気コアで構成され、
前記励磁検出巻線は、
前記第三磁気コアに巻かれ前記第三磁気コアを励磁する第一励磁信号が入力されるとと

もに前記第三磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す第一検出信号を出力する第一励磁検出巻線と、

前記第四磁気コアに巻かれ前記第四磁気コアを励磁する第二励磁信号が入力されるとともに前記第一励磁検出巻線で生じる磁束を打ち消すように構成され、かつ前記第四磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す第二検出信号を出力する第二励磁検出巻線と、

で構成され、

前記補助巻線は、前記第一励磁検出巻線が巻かれた前記第三磁気コア及び前記第二励磁検出巻線が巻かれた前記第四磁気コアを共に巻く巻線で構成され、

前記帰還巻線は、前記第一検出信号及び前記第二検出信号から作られた信号が入力される、

電流センサ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電流センサであって、

前記励磁検出巻線は、前記励磁信号が入力される励磁巻線と、前記検出信号を出力する検出巻線とを含んで構成される、

電流センサ。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の電流センサであって、

前記第一励磁検出巻線は、前記第一励磁信号が入力される第一励磁巻線と、前記第一検出信号を出力する第一検出巻線とを含んで構成され、

前記第二励磁検出巻線は、前記第二励磁信号が入力される第二励磁巻線と、前記第二検出信号を出力する第二検出巻線とを含んで構成される。

電流センサ。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の電流センサであって、

前記回路は、前記補正信号に基づいて前記帰還巻線に入力される信号を調整して前記出力信号を修正する、

電流センサ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の電流センサであって、

前記回路は、前記補正信号に基づいて前記帰還巻線から出力される信号を補正して前記出力信号を修正する、

電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、主変流器のコアの内側に補助変流器が設けられた電流センサが開示されている。

【0003】

主変流器のコアには、交流ピックアップ巻線と補償巻線とが巻回されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特表 2008 - 519269 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

この電流センサにおいて、交流ピックアップ巻線と補償巻線とを同じコアに巻くと、前記巻線同士が近くにあるため、高周波帯域においては、交流ピックアップ巻線と補償巻線との間に容量結合が生じ、周波数帯域が制限されるという課題がある。

【 0 0 0 6 】

本開示は、周波数帯域の広い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】

【 0 0 0 7 】

本開示の電流センサは、被測定電流が通流する被測定対象物を囲む第一磁気コアと、前記第一磁気コアに配置される第二磁気コアと、前記第二磁気コアに巻かれ、前記第二磁気コアを励磁する励磁信号が入力されるとともに、前記第二磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す検出信号を出力する励磁検出巻線と、前記第一磁気コアに巻かれず、前記第二磁気コアに巻かれ、前記第二磁気コアに流れる磁束を検出して前記被測定電流を示す補助信号を出力する補助巻線と、前記第一磁気コア及び前記第二磁気コアに巻かれ、前記検出信号から作られた信号が入力されるとともに、前記第一磁気コアの磁束を打ち消すように巻かれる帰還巻線と、前記被測定電流に応じて前記帰還巻線が出力する信号を、前記補助信号から作られた補正信号に基づいて修正することにより前記被測定電流の大きさを示す出力信号を出力する回路と、を備える。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本開示の電流センサでは、被測定電流に応じた信号を検出する帰還巻線（前記補償巻線に該当する）は、第一磁気コア及び第二磁気コアに巻かれている。また、帰還巻線の出力を修正する際に用いる補助信号を検出する補助巻線（前記交流ピックアップ巻線に該当する）は、第二磁気コアに巻かれている。

【 0 0 0 9 】

このため、帰還巻線と補助巻線とが同一のコアに巻かれた場合と比較して、高周波帯域における帰還巻線と補助巻線との間に生じる容量結合を小さくできる。これにより、周波数帯域の制限が抑えられる。

【 0 0 1 0 】

したがって、周波数帯域の広い電流センサの提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】図 1 は、第一実施形態に係る電流センサを示す斜視図である。

【図 2】図 2 は、第一実施形態に係る電流センサの内部を示す図であり、第一磁気コアが除かれた状態を示す分解斜視図である。

【図 3】図 3 は、図 1 の III - III 断面図である。

【図 4】図 4 は、第一実施形態に係る電流センサの回路図である。

【図 5】図 5 は、第二実施形態に係る電流センサの回路図である。

【図 6】図 6 は、第三実施形態に係る電流センサの回路図である。

【図 7】図 7 は、第四実施形態に係る電流センサの回路図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

< 第一実施形態 >

以下、図面を参照して、本発明の第一実施形態に係る電流センサ 10 について説明する。図 1 は、第一実施形態に係る電流センサ 10 を示す斜視図である。図 2 は、第一実施形態に係る電流センサ 10 の内部を示す図であり、第一磁気コア 32 が除かれた状態を示す分解斜視図である。図 3 は、図 1 の III - III 断面図である。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、電流センサ 10 のセンサ本体 12 は、円形のリング状に形成されている。センサ本体 12 の中央部には、円形の挿通部 14 が形成されている。センサ本体 1

10

20

30

40

50

２は、被測定電流１６が通流する被測定対象物１８を囲むように配置され、センサ本体１２は、挿通部１４を挿通した被測定対象物１８において、挿通部１４を貫通する方向に流れる被測定電流１６を測定する。

【００１４】

被測定対象物１８は、被測定電流１６が流れる導体を含んで構成される。被測定対象物１８は、導体が露出したバスバー又は導線が被覆で覆われた電線が挙げられ、本実施形態では、一例として被測定対象物１８が電線で構成されている。

【００１５】

電流センサ１０は、被測定対象物１８の周囲を囲んだ状態で被測定対象物１８に流れる被測定電流の大きさを測定する貫通型電流センサである。

10

【００１６】

センサ本体１２は、被測定電流１６の測定時において被測定対象物１８を囲むように配置されればよい。

【００１７】

例えば、リング状のセンサ本体１２を周方向に分離可能に接続する接続部を設け、センサ本体１２を接続部で分離可能とする。そして、センサ本体１２を接続部で分離してリング状のセンサ本体１２に開口部分を形成し、この開口部分から被測定対象物１８を挿通部１４へ挿入可能とする。これにより、測定時において、被測定対象物１８を囲むようにセンサ本体１２を配置してもよい。

【００１８】

センサ本体１２の外面は、合成樹脂製のカバー２０で構成されている。カバー２０は、円形のリング状である。カバー２０は、センサ本体１２の厚み方向に分割された第一カバー２２と第二カバー２４とを備える。第一カバー２２及び第二カバー２４は、断面Ｕ字状に形成され（図３参照）、第一カバー２２と第二カバー２４との間に、空間が形成される。

20

【００１９】

リング状のカバー２０の外周部には、帰還巻線３０がトロイダル方向に沿うようにポロイダル方向に巻かれている。帰還巻線３０は、カバー２０の全周にわたって巻かれている。

【００２０】

なお、図１には、電流センサ１０の構成の理解を容易にするために、帰還巻線３０の一部のみが示されている。

30

【００２１】

図２及び図３に示すように、カバー２０の第一カバー２２と第二カバー２４との間には、第一磁気コア３２と（図３参照）、第一磁気コア３２の内側に配置されたフラックスゲートセンサ３４とが設けられている。

【００２２】

これにより、カバー２０に巻かれた帰還巻線３０は、第一磁気コア３２の外側に巻かれている。また、帰還巻線３０は、後述する第一磁気コア３２及び第二磁気コア３５に巻かれている。帰還巻線３０は、入力された信号で発生する磁束によって第一磁気コア３２の磁束を打ち消すように動作する。第一磁気コア３２の磁束を打ち消すための磁束を発生させる為の具体的構成は、帰還巻線３０が巻かれる方向と帰還巻線３０に入力する信号の位相との関係で定める。

40

【００２３】

なお、図２には、電流センサ１０の内部の構成の理解を容易にするために、第一磁気コア３２が除かれた状態が示されている。

【００２４】

第一磁気コア３２は、円形のリング状に形成されている。第一磁気コア３２は、測定時において、被測定対象物１８を囲むように配置される。

【００２５】

図３に示すように、第一磁気コア３２は、内側第一磁気コア３６と外側第一磁気コア３８とを備える。各第一磁気コア３６、３８は、断面がＵ字状の部材で構成されている。各

50

第一磁気コア 36、38 は、一例としてパーマロイ材（鉄ニッケル軟質磁性材料）で構成される。

【0026】

内側第一磁気コア 36 は、外側第一磁気コア 38 より小さい。内側第一磁気コア 36 は、フラックスゲートセンサ 34 を挿入可能な開口部 36a を有する。内側第一磁気コア 36 は、フラックスゲートセンサ 34 を収容する。

【0027】

外側第一磁気コア 38 は、内側第一磁気コア 36 を挿入可能な開口部 38a を有する。外側第一磁気コア 38 は、内側第一磁気コア 36 を収容し、外側第一磁気コア 38 の底部に近い方向に内側第一磁気コア 36 の開口部 36a が位置する。

【0028】

外側第一磁気コア 38 は、内側第一磁気コア 36 を収容した状態で、内側第一磁気コア 36 の開口部 36a を閉塞する。これにより、フラックスゲートセンサ 34 は、第一磁気コア 32 に収容される。

【0029】

フラックスゲートセンサ 34 は、第二磁気コア 35 と、第二磁気コア 35 に巻かれた励磁検出巻線 40 とを含む。これにより、フラックスゲートセンサ 34 を構成する第二磁気コア 35 は、第一磁気コア 32 に配置される。

【0030】

励磁検出巻線 40 は、第二磁気コア 35 を励磁する励磁信号が入力される。励磁検出巻線 40 は、第二磁気コア 35 に流れる磁束を検出して被測定電流 16 を示す検出信号を出力する。第二磁気コア 35 は、円形のリング状に形成されている。第二磁気コア 35 は、測定時において、被測定対象物 18 を囲むように配置される。

【0031】

ここで、本実施形態では、第二磁気コア 35 が円形のリング状に形成された場合について説明するが、第二磁気コア 35 は、この形状に限定されるものではない。例えば、第一磁気コア 32 の中途部に第二磁気コア 35 を設けたり（例えば特開 2012-83241 号公報参照）、第一磁気コア 32 の周方向に離間して第二磁気コア 35 を複数設けたり（例えば特開 2014-215103 号公報）してもよい。

【0032】

フラックスゲートセンサ 34 は、隣接して並んで配置された第一フラックスゲートセンサ 42 と第二フラックスゲートセンサ 44 とを備える。

【0033】

第一フラックスゲートセンサ 42 は、第二磁気コア 35 を構成する円形のリング状の第三磁気コア 46 と、第三磁気コア 46 に巻かれた励磁検出巻線 40 を構成する第一励磁検出巻線 50 とを含む。第一励磁検出巻線 50 は、リング状の第三磁気コア 46 に対してトロイダル方向に沿うようにポロイダル方向に巻かれている。

【0034】

第一励磁検出巻線 50 には、第三磁気コア 46 を励磁する第一励磁信号が入力される。第一励磁検出巻線 50 は、第三磁気コア 46 に流れる磁束を検出して被測定電流 16（図 1 参照）を示す第一検出信号を出力する。

【0035】

第二フラックスゲートセンサ 44 は、第二磁気コア 35 を構成する円形のリング状の第四磁気コア 48 と、第四磁気コア 48 に巻かれた励磁検出巻線 40 を構成する第二励磁検出巻線 52 とを含む。第二励磁検出巻線 52 は、リング状の第四磁気コア 48 に対してトロイダル方向に沿うようにポロイダル方向に巻かれている。

【0036】

第二励磁検出巻線 52 には、第四磁気コア 48 を励磁する第二励磁信号が入力される。第二励磁検出巻線 52 に入力された第二励磁信号によって発生する磁束は、第一励磁検出巻線 50 に入力された第一励磁信号によって発生する磁束を打ち消すように作用する。第

10

20

30

40

50

二励磁検出巻線 5 2 は、第四磁気コア 4 8 に流れる磁束を検出して被測定電流 1 6 を示す第二検出信号を出力する。

【 0 0 3 7 】

第三磁気コア 4 6 と第四磁気コア 4 8 とは、並んで配置されている。第三磁気コア 4 6 及び第四磁気コア 4 8 のそれぞれは、一例としてパーマロイ材（鉄ニッケル軟質磁性材料）で構成される。

【 0 0 3 8 】

なお、第三磁気コア 4 6 と第四磁気コア 4 8 とをパーマロイ材が内層に挿入された多層基板で構成してもよい。この場合、パターン配線を多層基板の外周面に沿って螺旋状に形成することで、パターン配線で励磁検出巻線を構成することができる。

【 0 0 3 9 】

フラックスゲートセンサ 3 4 の外側には、補助巻線 5 4 が巻かれている。補助巻線 5 4 は、第一励磁検出巻線 5 0 が巻かれた第三磁気コア 4 6 と、第二励磁検出巻線 5 2 が巻かれた第四磁気コア 4 8 とを共に巻く。補助巻線 5 4 は、リング状のフラックスゲートセンサ 3 4 に対してトロイダル方向に沿うようにボロイダル方向に巻かれている。

【 0 0 4 0 】

補助巻線 5 4 は、第三磁気コア 4 6 及び第四磁気コア 4 8 を有する第二磁気コア 3 5 に巻かれる。補助巻線 5 4（図 4 参照）は、第二磁気コア 3 5 に流れる磁束を検出して被測定電流 1 6（図 1 参照）を示す補助信号を出力する。

【 0 0 4 1 】

第二磁気コア 3 5 に流れる磁束は、第一励磁検出巻線 5 0 からの磁束と第二励磁検出巻線 5 2 からの磁束とで相殺できなかった磁束を含む。相殺できなかった磁束は、漏磁束となる。補助巻線 5 4 は、フラックスゲートセンサ 3 4 の第二磁気コア 3 5 から漏れる漏磁束を含んだ補助信号を出力する。

【 0 0 4 2 】

そして、補助巻線 5 4 は、隣接する巻線間に隙間ができないように密に巻かれる。なお、内側第一磁気コア 3 6 及び外側第一磁気コア 3 8 は一体であってもよい。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、第一実施形態に係る電流センサ 1 0 の回路図であり、センサ回路 6 0 が示されている。

【 0 0 4 4 】

センサ回路 6 0 は、磁束検出部 6 2 と、帰還部 6 4 と、補正信号生成部 6 6 とを備える。

【 0 0 4 5 】

磁束検出部 6 2 は、被測定対象物 1 8 を流れる被測定電流 1 6 のうち比較的周波数が低い被測定電流 1 6 を主に検出する。比較的周波数が低い被測定電流 1 6 は、一例として、周波数が 1 k H z 以下であって直流（D C）までの被測定電流 1 6 が挙げられる。

【 0 0 4 6 】

磁束検出部 6 2 は、交流信号を発生する発振器 6 8 を備える。発振器 6 8 は、励磁信号 7 0 と検波用信号 7 2 とを出力する。検波用信号 7 2 の周波数 $2f$ は、励磁信号 7 0 の周波数 f の二倍である。励磁信号 7 0 の周波数 f は、一例として、1 0 K H z である。

【 0 0 4 7 】

発振器 6 8 は、励磁信号 7 0 を第二励磁検出巻線 5 2 の一端に出力する。第二励磁検出巻線 5 2 に入力される励磁信号 7 0 は、第二励磁信号を示す。第二励磁検出巻線 5 2 は、励磁信号 7 0 によって第四磁気コア 4 8 を励磁する。

【 0 0 4 8 】

また、発振器 6 8 は、励磁信号 7 0 を反転回路 7 4 へ出力する。反転回路 7 4 は、励磁信号 7 0 の位相を反転した反転励磁信号 7 6 を第一励磁検出巻線 5 0 の一端に出力する。第一励磁検出巻線 5 0 に入力される反転励磁信号 7 6 は、第一励磁信号を示す。第一励磁検出巻線 5 0 は、反転励磁信号 7 6 によって第三磁気コア 4 6 を励磁する。

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

50

これにより、第二励磁検出巻線 5 2 に入力された第二励磁信号によって発生する磁束は、第一励磁検出巻線 5 0 に入力された第一励磁信号によって発生する磁束を打ち消すように作用するため、被測定電流 1 6 の検出への影響を抑えることができる。

【 0 0 5 0 】

そして、被測定対象物 1 8 に被測定電流 1 6 が流れると、被測定電流 1 6 によって発生した磁界で各励磁検出巻線 5 0、5 2 内の磁束が変化する。これに伴い、各励磁検出巻線 5 0、5 2 から出力される信号の電圧波形が変化する。

【 0 0 5 1 】

第一励磁検出巻線 5 0 と第二励磁検出巻線 5 2 との電圧波形の差分信号は、被測定電流 1 6 の大きさ及び波形に対応した周波数成分を有する振幅変調信号 7 7 を示す。

10

【 0 0 5 2 】

振幅変調信号 7 7 は、第二磁気コア 3 5 に流れる磁束から検出されるとともに被測定電流 1 6 に対応した検出信号を示す。振幅変調信号 7 7 は、第一励磁検出巻線 5 0 で検出された第一検出信号 3 0 2 と、第二励磁検出巻線 5 2 で検出された第二検出信号 3 0 4 とで構成される。

【 0 0 5 3 】

この振幅変調信号 7 7 は、検波回路 7 8 に入力される。検波回路 7 8 では、励磁信号 7 0 に同期しかつ励磁信号 7 0 に対して二倍の周波数 $2f$ の検波用信号 7 2 で振幅変調信号 7 7 を同期検波する。

【 0 0 5 4 】

20

これにより、検波回路 7 8 において、比較的周波数が低い被測定電流 1 6 に比例した帰還信号 8 0 が得られる。

【 0 0 5 5 】

補正信号生成部 6 6 は、フラックスゲートセンサ 3 4 から漏れるとともに、第一磁気コア 3 2 または被測定対象物 1 8 に影響を与え得る磁束に応じた補正信号 8 2 を生成する。具体的に説明すると、フラックスゲートセンサ 3 4 の第一励磁検出巻線 5 0 で作られる磁束と第二励磁検出巻線 5 2 で作られる磁束とにおいて互いに打ち消すことができず、両磁気コア 4 6、4 8 から漏れる漏磁束を検出して当該磁束を示す補正信号 8 2 を生成する。

【 0 0 5 6 】

補正信号生成部 6 6 は、補助巻線 5 4 から出力された補助信号 3 0 6 を取得して増幅する取得回路 8 6 を備える。取得回路 8 6 は、取得して増幅した補助信号 3 0 6 を積分回路 8 8 へ出力する。積分回路 8 8 は、補助信号 3 0 6 を積分した信号である補正信号 8 2 を生成し出力する。

30

【 0 0 5 7 】

帰還部 6 4 は、磁束検出部 6 2 において、検出信号である振幅変調信号 7 7 から作られた帰還信号 8 0 を修正して修正後の修正帰還信号 8 1 を帰還巻線 3 0 に帰還する。

【 0 0 5 8 】

帰還部 6 4 は、磁束検出部 6 2 の検波回路 7 8 からの帰還信号 8 0 を修正する修正部 9 0 を備える。修正部 9 0 は、一例として調整回路で構成され、調整回路は、補正信号 8 2 に基づいて帰還信号 8 0 を調整する。修正部 9 0 で修正された修正帰還信号 8 1 は、増幅回路 9 2 で増幅され、帰還巻線 3 0 の一端に入力される。

40

【 0 0 5 9 】

帰還巻線 3 0 は、被測定対象物 1 8 に流れる比較的周波数が高い被測定電流 1 6 を主に検出する。比較的周波数が高い被測定電流 1 6 の一例としては、周波数が 1 kHz 以上の被測定電流 1 6 が挙げられる。

【 0 0 6 0 】

この帰還巻線 3 0 の一端には、上記の比較的周波数が低い被測定電流 1 6 に比例した修正帰還信号 8 1 が入力される。これにより、第一磁気コア 3 2 を流れる比較的周波数が低い磁束は打ち消される（ゼロフラックス動作）。また、この帰還巻線 3 0 は、比較的周波数が高い被測定電流 1 6 に比例した信号を検出する。

50

【 0 0 6 1 】

このため、帰還巻線 3 0 の他端は、低い周波数から高い周波数までの被測定電流 1 6 に比例する比例信号 9 4 を出力する。また、電流センサ 1 0 は、帰還巻線 3 0 から電流値として出力された比例信号 9 4 を I V 変換回路 2 1 4 によって電圧値に変換した出力信号 9 6 を出力する。

【 0 0 6 2 】

(作用及び効果)

次に、本実施形態による作用効果について説明する。

【 0 0 6 3 】

本実施形態における電流センサ 1 0 は、被測定電流 1 6 が通流する被測定対象物 1 8 を囲む第一磁気コア 3 2 と、第一磁気コア 3 2 に配置される第二磁気コア 3 5 と、を備える。電流センサ 1 0 は、第二磁気コア 3 5 に巻かれ、第二磁気コア 3 5 を励磁する励磁信号 7 0 が入力されるとともに、第二磁気コア 3 5 に流れる磁束を検出して被測定電流 1 6 を示す検出信号 (振幅変調信号 7 7) を出力する励磁検出巻線 4 0 を備える。電流センサ 1 0 は、第二磁気コア 3 5 に巻かれ、第二磁気コア 3 5 に流れる磁束を検出して被測定電流 1 6 を示す補助信号 3 0 6 を出力する補助巻線 5 4 を備える。電流センサ 1 0 は、第一磁気コア 3 2 及び第二磁気コア 3 5 に巻かれ、検出信号 (振幅変調信号 7 7) から作られた信号が入力されるとともに、第一磁気コア 3 2 及び第二磁気コア 3 5 の磁束を打ち消すように巻かれる帰還巻線 3 0 を備える。電流センサ 1 0 は、被測定電流 1 6 に応じて帰還巻線 3 0 が出力する信号 (比例信号 9 4) を、補助信号 3 0 6 から作られた補正信号 8 2 に基づいて修正することにより被測定電流 1 6 の大きさを示す出力信号 9 6 を出力する回路 (センサ回路 6 0) を備える。

【 0 0 6 4 】

この構成において、被測定電流 1 6 に応じた比例信号 9 4 を検出する帰還巻線 3 0 は、第一磁気コア 3 2 及び第二磁気コア 3 5 に巻かれている。具体的には、帰還巻線 3 0 は、第二磁気コア 3 5 の外側に配置された第一磁気コア 3 2 の外側に巻かれている。

【 0 0 6 5 】

一方、比例信号 9 4 を修正する為の補助信号 3 0 6 を検出する補助巻線 5 4 は、第二磁気コア 3 5 に巻かれている。具体的には、補助巻線 5 4 は、第一磁気コア 3 2 の内側に配置された第二磁気コア 3 5 に巻かれている。

【 0 0 6 6 】

このため、帰還巻線 3 0 と補助巻線 5 4 とが同一のコアに巻かれた場合と比較して、高周波帯域における帰還巻線 3 0 と補助巻線 5 4 との間に生じる容量結合を小さくできる。これにより、周波数帯域の制限が抑えられる。

【 0 0 6 7 】

したがって、周波数帯域の広い電流センサの提供が可能となる。

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態における電流センサ 1 0 において、第二磁気コア 3 5 は、並んで配置された第三磁気コア 4 6 及び第四磁気コア 4 8 で構成されている。励磁検出巻線 4 0 は第一励磁検出巻線 5 0 を備える。第一励磁検出巻線 5 0 は第三磁気コア 4 6 に巻かれ第三磁気コア 4 6 を励磁する第一励磁信号 (反転励磁信号 7 6) が入力されるとともに第三磁気コア 4 6 に流れる励磁磁束を検出して被測定電流 1 6 を示す第一検出信号 3 0 2 を出力する。また、励磁検出巻線 4 0 は第二励磁検出巻線 5 2 を備え、第二励磁検出巻線 5 2 は第四磁気コア 4 8 に巻かれ第四磁気コア 4 8 を励磁する第二励磁信号 (励磁信号 7 0) が入力されるとともに第一励磁検出巻線 5 0 で生じる磁束を打ち消すように構成される。第二励磁検出巻線 5 2 は、第四磁気コア 4 8 に流れる磁束を検出して被測定電流 1 6 を示す第二検出信号 3 0 4 を出力する。補助巻線 5 4 は、第一励磁検出巻線 5 0 が巻かれた第三磁気コア 4 6 及び第二励磁検出巻線 5 2 が巻かれた第四磁気コア 4 8 を共に巻く巻線で構成されている。帰還巻線 3 0 には、第一検出信号 3 0 2 及び第二検出信号 3 0 4 から作られた信号 (修正帰還信号 8 1) が入力される。

【 0 0 6 9 】

すなわち、第三磁気コア 4 6 と第四磁気コア 4 8 との特性差に起因して、各磁気コア 4 6、4 8 に生ずる励磁磁束が異なる場合、両磁気コア 4 6、4 8 に生じた励磁磁束を打ち消せない場合がある。この場合、打ち消せない磁束が第一磁気コア 3 2 へ漏れ、第一磁気コア 3 2 の外側に巻かれた帰還巻線 3 0 または被測定対象物 1 8 に影響を与え得る。

【 0 0 7 0 】

そこで、この電流センサ 1 0 では、補正信号 8 2 を生成する為の補助信号 3 0 6 を出力する補助巻線 5 4 は、第一励磁検出巻線 5 0 が巻かれた第三磁気コア 4 6 と第二励磁検出巻線 5 2 が巻かれた第四磁気コア 4 8 とを共に巻く。

【 0 0 7 1 】

このため、補助巻線 5 4 の出力で電流センサ 1 0 の出力を修正することで、ペアとなる第一励磁検出巻線 5 0 と第二励磁検出巻線 5 2 で相殺しきれなかった磁束が電流センサ 1 0 の出力に与える影響を修正することができる。

【 0 0 7 2 】

したがって、高精度な測定が可能となる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態における電流センサ 1 0 において、回路（センサ回路 6 0）は、補正信号 8 2 に基づいて帰還巻線 3 0 に入力される信号（修正帰還信号 8 1）を調整して出力信号 9 6 を修正する。

【 0 0 7 4 】

このように、補助巻線 5 4 の出力を帰還巻線 3 0 の前に入力してフィードバックさせることで、電流値を補正できるとともに、周波数領域の平坦性を上げることができる。

【 0 0 7 5 】

加えて、補助巻線 5 4 は、フラックスゲートセンサ 3 4 が主に検出する帯域において透磁率が高い第一磁気コア 3 2 の内側に配置されている。このため、フラックスゲートセンサ 3 4 が主に検出する比較的周波数が低い帯域では、第一磁気コア 3 2 が磁気シールドとなり補助巻線 5 4 による被測定電流 1 6 の検出が抑制される。

【 0 0 7 6 】

さらに、積分回路 8 8 によるカットオフ周波数を適切に調整することで、帰還巻線 3 0 が変流器として動作する帯域である比較的周波数が高い帯域、例えば数百 kHz 以上の帯域では、補助巻線 5 4 による被測定電流 1 6 の検出が抑制される。

【 0 0 7 7 】

このため、フラックスゲートセンサ 3 4 が主に検出する帯域と帰還巻線 3 0 が変流器として動作する帯域の境界の帯域でのみ補助巻線 5 4 による負帰還をかけることができる。したがって、その境界の帯域において漏磁束によって発生する励磁ノイズを低減しつつ、周波数領域の平坦性を上げることができる。

【 0 0 7 8 】

< 第二実施形態 >

次に、図面を参照しながら第二実施形態に係る電流センサ 2 1 0 について説明する。

【 0 0 7 9 】

図 5 は、第二実施形態に係る電流センサ 2 1 0 の回路図である。第二実施形態に係る電流センサ 2 1 0 は、第一実施形態と比較して、帰還巻線 3 0 で検出した比例信号 9 4 を補正信号 8 2 に基づいて修正する方法が異なる。本実施形態では、第一実施形態と同一又は同等部分については、同符号を付して説明を割愛するとともに、第一実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【 0 0 8 0 】

第二実施形態に係る電流センサ 2 1 0 のセンサ回路 2 1 2 は、磁束検出部 6 2 と、帰還部 6 4 と、補正信号生成部 6 6 と、修正部 2 1 3 とを備える。

【 0 0 8 1 】

帰還部 6 4 は、磁束検出部 6 2 で取得した帰還信号 8 0 を増幅回路 9 2 で増幅して帰還

10

20

30

40

50

巻線 30 の一端に出力する。

【0082】

修正部 213 は、I V 変換回路 214 と補正回路 216 とを備える。I V 変換回路 214 は、帰還巻線 30 から電流値として出力された比例信号 94 を電圧値に変換して補正回路 216 へ出力する。

【0083】

補正回路 216 は、I V 変換回路 214 からの比例信号 94 を補正信号生成部 66 からの補正信号 82 に基づいて補正する。

【0084】

これにより、センサ回路 212 は、フラックスゲートセンサ 34 からの漏磁束に起因する誤差信号を含んだ比例信号 94 から誤差信号を取り除いた出力信号 96 を出力する。

10

【0085】

(作用及び効果)

次に、本実施形態による作用効果について説明する。

【0086】

本実施形態においても、第一実施形態と同様又は同一部分に関しては、同様の作用効果を奏する。

【0087】

また、本実施形態における電流センサにおいて、回路(センサ回路 212)は、補正信号 82 に基づいて帰還巻線 30 から出力される信号(比例信号 94)を補正して出力信号 96 を修正する。

20

【0088】

この構成においては、補助巻線 54 の出力を帰還巻線 30 の後に入力することで、電流値を補正することができる。

【0089】

具体的には、帰還巻線 30 で検出した比例信号 94 を補助巻線 54 から取得した補正信号 82 に基づいて補正する。このため、帰還巻線 30 に入力される帰還信号 80 を調整して出力信号 96 を修正する場合と比較して、出力信号 96 を調整する制御の簡素化を図ることが可能となる。

【0090】

30

なお、両実施形態では、第二磁気コア 35 を励磁する励磁信号 70 が入力されるとともに、第二磁気コア 35 に流れる磁束を検出して被測定電流 16 を示す検出信号(振幅変調信号 77)を出力する励磁検出巻線 40 を例に挙げて説明した。しかし、本態様は、この構造に限定されるものではない。

【0091】

例えば、励磁検出巻線 40 を、励磁信号 70 が入力される励磁巻線と、検出信号(振幅変調信号 77)を出力する検出巻線とで構成してもよい。

【0092】

また、両実施形態では、第一励磁検出巻線 50 が第三磁気コア 46 を励磁する第一励磁信号(反転励磁信号 76)を入力するとともに第三磁気コア 46 に流れる磁束を検出して第一検出信号 302 を出力する場合を例に挙げて説明した。また、第二励磁検出巻線 52 が第四磁気コア 48 を励磁する第二励磁信号(励磁信号 70)を入力するとともに第一励磁検出巻線 50 で生じる磁束を打ち消すように構成され、第四磁気コア 48 に流れる磁束を検出して第二検出信号 204 を出力する場合を説明した。しかし、本態様は、この構成に限定されるものではない。

40

【0093】

例えば、第一励磁検出巻線 50 を、第一励磁信号(反転励磁信号 76)が入力される第一励磁巻線と、第一検出信号 302 を出力する第一検出巻線とで構成する。また、第二励磁検出巻線 52 を、第二励磁信号(励磁信号 70)が入力される第二励磁巻線と、第二検出信号 204 を出力する第二検出巻線とで構成してもよい。

50

【 0 0 9 4 】

< 第三実施形態 >

図面を参照しながら第三実施形態に係る電流センサ 3 1 0 について説明する。

【 0 0 9 5 】

図 6 は、第三実施形態に係る電流センサ 3 1 0 の回路図である。第三実施形態に係る電流センサ 3 1 0 は、第一実施形態の変形例である。この電流センサ 3 1 0 は、第一実施形態と比較して、フラックスゲートセンサ 3 4 と、センサ回路 6 0 b における磁束検出部 6 2 b とが異なる。

【 0 0 9 6 】

具体的に説明すると、フラックスゲートセンサ 3 4 は、第二フラックスゲートセンサ 4 4 のみで構成されている。これに伴って、フラックスゲートセンサ 3 4 の第二磁気コア 3 5 に巻かれる励磁検出巻線 4 0 は、第二励磁検出巻線 5 2 のみで構成される。

10

【 0 0 9 7 】

第三実施形態の磁束検出部 6 2 b では、第一実施形態の反転回路 7 4 (図 4 参照) が廃止され、第一実施形態の反転回路 7 4 が接続された第一励磁検出巻線 5 0 が廃止されている。

【 0 0 9 8 】

(作用及び効果)

本実施形態に係る電流センサ 3 1 0 においても、補助巻線 5 4 が、第一磁気コア 3 2 の内側に配置された第二磁気コア 3 5 に巻かれているので、第一実施形態と同等の作用効果を奏することができる。

20

【 0 0 9 9 】

< 第四実施形態 >

図面を参照しながら第四実施形態に係る電流センサ 3 1 0 について説明する。

【 0 1 0 0 】

図 7 は、第四実施形態に係る電流センサ 4 1 0 の回路図である。第四実施形態に係る電流センサ 4 1 0 は、第二実施形態の変形例である。この電流センサ 4 1 0 は、第二実施形態と比較して、フラックスゲートセンサ 3 4 と、センサ回路 2 1 2 b における磁束検出部 6 2 b とが異なる。

【 0 1 0 1 】

具体的に説明すると、第三実施形態と同様に、フラックスゲートセンサ 3 4 は、第二フラックスゲートセンサ 4 4 のみで構成されている。これに伴って、フラックスゲートセンサ 3 4 の第二磁気コア 3 5 に巻かれる励磁検出巻線 4 0 は、第二励磁検出巻線 5 2 のみで構成される。

30

【 0 1 0 2 】

第四実施形態の磁束検出部 6 2 b では、第二実施形態の反転回路 7 4 が廃止され、第二実施形態の反転回路 7 4 が接続された第一励磁検出巻線 5 0 が廃止されている。

【 0 1 0 3 】

(作用及び効果)

本実施形態に係る電流センサ 4 1 0 においても、補助巻線 5 4 が、第一磁気コア 3 2 の内側に配置された第二磁気コア 3 5 に巻かれているので、第二実施形態と同等の作用効果を奏することができる。

40

【 0 1 0 4 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

【 0 1 0 5 】

以上の実施形態においては、第一磁気コア 3 2 の内側に第二磁気コア 3 5 を配置していたが、シールド効果は落ちるが第一磁気コア 3 2 と第二磁気コア 3 5 を並んで配置させてもよい。

50

【符号の説明】

【0106】

10、210、310、410 電流センサ

16 被測定電流

18 被測定対象物

30 帰還巻線

32 第一磁気コア

34 フラックスゲートセンサ

35 第二磁気コア

40 励磁検出巻線

42 第一フラックスゲートセンサ

44 第二フラックスゲートセンサ

46 第三磁気コア

48 第四磁気コア

50 第一励磁検出巻線

52 第二励磁検出巻線

54 補助巻線

60、60b センサ回路

70 励磁信号（第二励磁信号）

76 反転励磁信号（第一励磁信号）

80 帰還信号

81 修正帰還信号

82 補正信号

94 比例信号

96 出力信号

214 I V変換回路

10

20

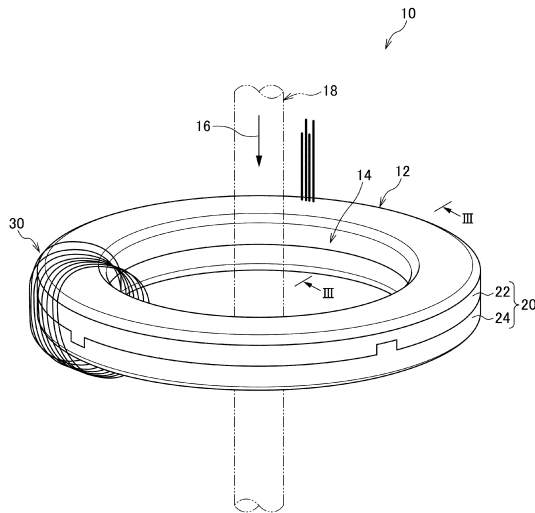
30

40

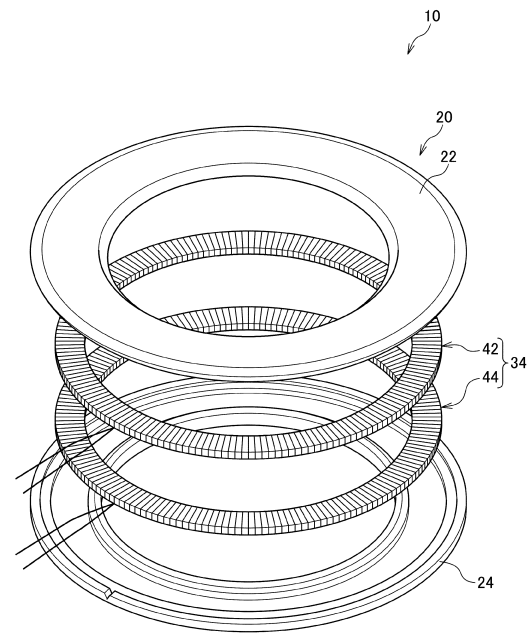
50

【図面】

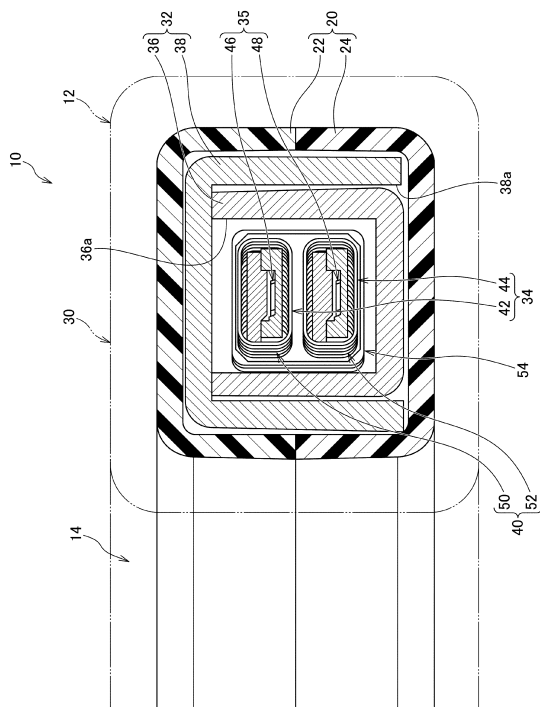
【 図 1 】



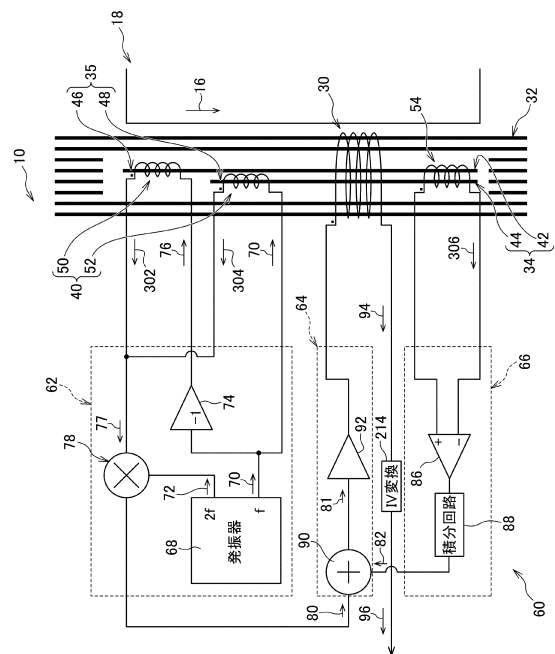
【 図 2 】



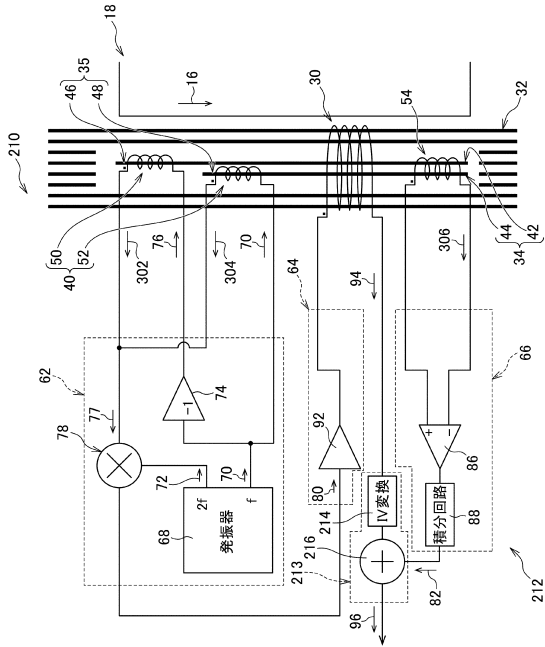
【 図 3 】



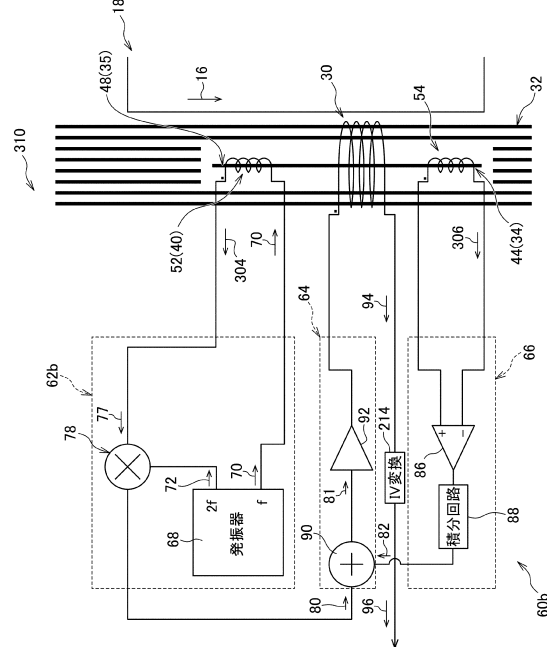
【 図 4 】



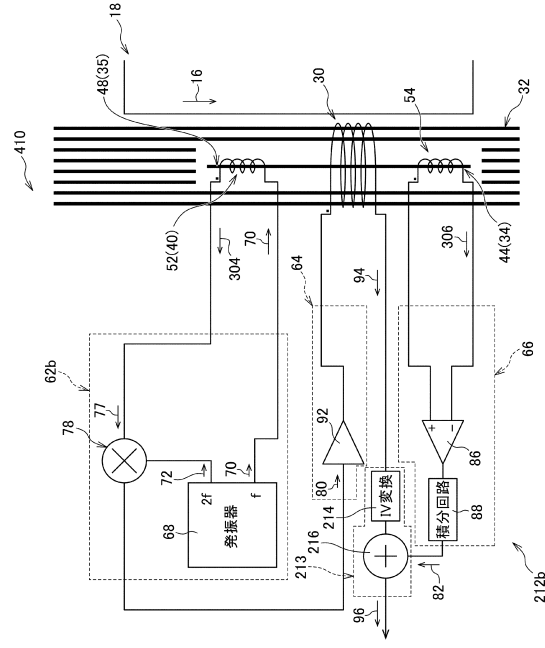
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

長野県上田市小泉 8 1 番地 日置電機株式会社内

審査官 青木 洋平

- (56)参考文献 特表 2 0 0 8 - 5 1 9 2 6 9 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 3 2 7 4 5 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 3 8 9 6 4 (J P , A)
特表 2 0 1 5 - 5 3 3 4 2 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 R 1 5 / 1 8