

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5184657号
(P5184657)

(45) 発行日 平成25年4月17日(2013.4.17)

(24) 登録日 平成25年1月25日(2013.1.25)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 R 33/04 (2006.01) GO 1 R 33/04

請求項の数 8 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-3289 (P2011-3289) (22) 出願日 平成23年1月11日 (2011.1.11) (65) 公開番号 特開2012-145414 (P2012-145414A) (43) 公開日 平成24年8月2日 (2012.8.2) 審査請求日 平成23年1月11日 (2011.1.11)</p>	<p>(73) 特許権者 000231073 日本航空電子工業株式会社 東京都渋谷区道玄坂1丁目2番2号 (74) 代理人 100121706 弁理士 中尾 直樹 (74) 代理人 100128705 弁理士 中村 幸雄 (74) 代理人 100066153 弁理士 草野 卓 (72) 発明者 鈴木 利一 東京都渋谷区道玄坂一丁目2番2号 日 本航空電子工業株式会社内 審査官 中村 和正</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地磁気センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、前記検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、前記励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して前記検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサであって、

励磁周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、

前記直流成分を除去した出力と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、

前記位相差検出部の出力を積分する積分器と、

前記積分器の出力により前記励磁コイルに流れる励磁電流を制御する励磁制御部とを具備することを特徴とする地磁気センサ。

【請求項2】

磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、前記検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、前記励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して前記検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサであって、

励磁周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、

10

20

前記直流成分を除去した出力と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、

前記位相差検出部の出力を積分する積分器と、

前記積分器の出力により前記励磁コイルに印加する励磁電圧を制御する励磁制御部とを具備することを特徴とする地磁気センサ。

【請求項3】

磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、前記検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、前記励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して前記検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサであって、

10

励磁周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と前記励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、

前記励磁コイルに流れる励磁電流と前記励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、

前記位相差検出部の出力を積分する積分器と、

前記積分器の出力により前記励磁コイルに流れる励磁電流を制御する励磁制御部とを具備することを特徴とする地磁気センサ。

【請求項4】

磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、前記検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、前記励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して前記検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサであって、

20

励磁周波数信号と前記励磁周波数の2倍の周波数信号と前記励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、

前記励磁コイルに流れる励磁電流と前記励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、

前記位相差検出部の出力を積分する積分器と、

前記積分器の出力により前記励磁コイルに印加する励磁電圧を制御する励磁制御部とを具備することを特徴とする地磁気センサ。

【請求項5】

30

請求項1又は2記載の地磁気センサにおいて、

前記位相差検出部は、前記直流成分を除去した出力を積分増幅する反転型積分増幅器と、

前記反転型積分増幅器の出力と、前記励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号とを掛け算して前記位相差を求める掛け算器とからなることを特徴とする地磁気センサ。

【請求項6】

請求項3又は4記載の地磁気センサにおいて、

前記位相差検出部は、前記励磁コイルに接続されている電流制限抵抗体の両端の電圧を差動増幅する差動増幅器と、

40

前記差動増幅器の出力を微分する微分器と、

前記微分器の出力を積分増幅する積分増幅器と、

前記積分増幅器の出力と、前記励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号とを掛け算して前記位相差を求める掛け算器とからなることを特徴とする地磁気センサ。

【請求項7】

請求項1又は3記載の地磁気センサにおいて、

前記励磁制御部は前記励磁コイルに接続されている電流制限抵抗体の両端に接続され、ゲートに前記積分器の出力が入力されるFETによって構成されていることを特徴とする地磁気センサ。

【請求項8】

50

請求項 2 又は 4 記載の地磁気センサにおいて、
 前記励磁制御部は、予め定められた基準値を出力する基準値出力部と、
 前記積分器の出力と前記基準値とを加算する加算器と、
 前記加算器の出力と前記励磁周波数信号とを掛け算して前記励磁電圧を生成する掛け算器とからなることを特徴とする地磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はフラックスゲート型の地磁気センサに関する。

【背景技術】

10

【0002】

図 1 1 は従来から用いられているフラックスゲート型の地磁気センサの構成例を示したものであり、パーマロイ等の高透磁率材料からなる円環形状の磁性体コア 1 1 に励磁コイル 1 2 及び検出コイル 1 3 が巻回されてフラックスゲート型のセンサ部 1 0 が構成されている。

【0003】

発振回路 2 0 は励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号 ($2f$ 信号) を出力する発振器 2 1 と分周器 2 2 とよりなり、発振器 2 1 から出力される励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号は分周器 2 2 に入力されて励磁周波数信号となる。励磁周波数信号は励磁駆動部 3 1 に入力される。

20

【0004】

励磁コイル 1 2 には励磁駆動部 3 1 から周波数 f の図 1 2 に示したような矩形波状の励磁電圧が印加され、励磁電圧の印加によって励磁コイル 1 2 に励磁電流が供給される。励磁電流の供給によって励磁コイル 1 2 に起磁力が発生し、発生した磁束が検出コイル 1 3 を鎖交する。励磁電流の値は、磁性体コア 1 1 を磁気飽和させるのに十分な大きさに設定され、これにより磁性体コア 1 1 は周期的に磁気飽和を繰り返す。図 1 1 中、3 2 は励磁コイル 1 2 に流れる励磁電流を制限する電流制限抵抗体を示す。

【0005】

磁性体コア 1 1 が周期的に磁気飽和を繰り返すことで励磁電流は図 1 2 に示したような波形となる。ここで、励磁電流波形中、(c)、(f)の部分が磁気飽和した部分であり、急激に励磁電流が増加している。

30

【0006】

図 1 3 (1)、(2)は図 1 1 に矢印 M で示した方向の外部磁界成分(地磁気成分)が 0 の場合とある場合の、検出コイル 1 3 の動作点 P_1 、 P_2 で誘起される電圧、それらの合成及び参照信号と参照信号で同期検波後の検出コイル 1 3 の検出出力をそれぞれ示したものであり、図 1 3 に示したように検出コイル 1 3 からの出力は磁束(励磁電流)が急激に変化する(a)、(c)、(e)、(f)で出力される。

【0007】

検出コイル 1 3 より得られる検出出力は図 1 1 に示したように直流遮断器 4 1 に入力され、直流成分が除去される。直流成分が除去された検出出力は増幅器 4 2 に入力されて増幅され、同期検波器 4 3 に入力される。同期検波器 4 3 は増幅器 4 2 から入力された検出出力を、発振器 2 1 が出力する励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号 ($2f$ 信号) を参照信号として同期検波する。検波後の出力は積分器 4 4 で積分され、積分された出力は検出コイル 1 3 に入力され、外部磁界(地磁気)を打ち消す方向の磁束を発生する。このように、負帰還が構成されている。

40

【0008】

検出コイル 1 3 には抵抗体 4 5 が接続されており、積分器 4 4 からの負帰還により検出コイル 1 3 に流れる電流は電圧に変換され、変換された電圧はローパスフィルタ 4 6 により不要な周波数成分が除去されて出力電圧となる。

【0009】

50

このように動作する地磁気センサは例えば油田掘削等の現場で油田掘削機に搭載されて使用される。油田掘削においては地中深く掘削することから、地磁気センサは地中深くで高温環境下にさらされることになる。特許文献1にはこのような高温環境下でも精度良く地磁気を検出することができるようにした地磁気センサの構成(信号処理回路)が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2009-92381号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、例えば油田掘削等において使用される地磁気センサには、従来、使用温度条件として、 $-40 \sim +150$ の温度範囲での動作が求められていたが、近年、この要求温度範囲が広がり、 $-40 \sim +200$ の温度範囲での動作が求められるようになってきた。

【0012】

このように温度範囲が広く、温度変化が大きい動作条件では、センサ部10を構成する磁性体コア11に使用しているパーマロイ等の高透磁率材料の磁気特性の変化や励磁コイル12等の抵抗変化は無視することはできず、大きな出力誤差を生じる要因となる。

20

【0013】

例えば、磁性体コア11の比透磁率が変化すると、励磁コイル12のインダクタンスが変化する。励磁コイル12のインダクタンスが変化すると、励磁電流が変化するため、矩形波の励磁電圧が立ち上がってから磁気飽和するまでの時間が変化する。同期検波は励磁周波数 f の2倍の周波数信号で行うため、磁気飽和するまでの時間が変化すると、同期検波する位相がずれ、出力誤差が大きくなる。

【0014】

また、磁性体コア11の飽和磁束密度が変化しても、同様に磁気飽和するまでの時間が変化するため、同期検波の位相がずれ、出力誤差が大きくなる。

【0015】

30

さらに、励磁コイル12の抵抗は温度が高くなると大きくなる。抵抗が大きくなると励磁電流が減少することにより磁気飽和するまでの時間が長くなる。よって、励磁コイル12の抵抗変化によっても同期検波の位相がずれ、出力誤差が大きくなる。

【0016】

図14はこのように磁気飽和するまでの時間が変化することによって生じる同期検波の位相ずれを示したものであり、グラフは励磁電圧と検出コイル13の出力と同期検波の参照信号($2f$ 信号)と同期検波後の出力を示している。磁気飽和するまでの時間が変化し、検出コイル出力が点線で示したように変化すると、同期検波の位相がずれ、同期検波後の出力はグラフ最下段に示したようになる。

【0017】

40

前述した特許文献1に記載されている構成は広い温度範囲においてスケールファクタ変動(感度変動)を補償することができるものであって、スケールファクタ変動に基づく誤差を低減することはできるものの、上述した同期検波の位相ずれに基づく出力誤差には対応することができず、つまり位相ずれに基づく出力誤差を低減することはできないものとなっていた。

【0018】

この発明の目的はこのような状況に鑑み、広い温度範囲において磁性体コアの磁気飽和するまでの時間を一定とし、よって温度変化に伴う同期検波の位相ずれを解消し、広い温度範囲で出力誤差が小さく、高精度に地磁気を測定することができる地磁気センサを提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0019】

請求項1の発明によれば、磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサは、励磁周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、前記直流成分を除去した出力と励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、位相差検出部の出力を積分する積分器と、積分器の出力により励磁コイルに流れる励磁電流を制御する励磁制御部とを具備するものとされる。

10

【0020】

請求項2の発明によれば、磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサは、励磁周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、前記直流成分を除去した出力と励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、位相差検出部の出力を積分する積分器と、積分器の出力により励磁コイルに印加する励磁電圧を制御する励磁制御部とを具備するものとされる。

20

【0021】

請求項3の発明によれば、磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサは、励磁周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、励磁コイルに流れる励磁電流と励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、位相差検出部の出力を積分する積分器と、積分器の出力により励磁コイルに流れる励磁電流を制御する励磁制御部とを具備するものとされる。

30

【0022】

請求項4の発明によれば、磁性体コアに励磁コイル及び検出コイルが巻回されてなるフラックスゲート型のセンサ部を有し、検出コイルより得られる検出出力から直流成分を除去した出力を、励磁コイルを励磁する励磁周波数の2倍の周波数信号により同期検波し、検波後の出力を積分して検出コイルに負帰還する構成とされている地磁気センサは、励磁周波数信号と励磁周波数の2倍の周波数信号と励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号を出力する発振回路と、励磁コイルに流れる励磁電流と励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号との位相差を検出して出力する位相差検出部と、位相差検出部の出力を積分する積分器と、積分器の出力により励磁コイルに印加する励磁電圧を制御する励磁制御部とを具備するものとされる。

40

【0023】

請求項5の発明では請求項1又は2の発明において、位相差検出部は、前記直流成分を除去した出力を積分増幅する反転型積分増幅器と、反転型積分増幅器の出力と励磁周波数の2倍の周波数信号と位相が90度ずれている信号とを掛け算して前記位相差を求める掛け算器とからなる。

【0024】

請求項6の発明では請求項3又は4の発明において、位相差検出部は、励磁コイルに接続されている電流制限抵抗体の両端の電圧を差動増幅する差動増幅器と、差動増幅器の出力を微分する微分器と、微分器の出力を積分増幅する積分増幅器と、積分増幅器の出力と

50

励磁周波数信号と位相が90度ずれている信号とを掛け算して前記位相差を求める掛け算器とからなる。

【0025】

請求項7の発明では請求項1又は3の発明において、励磁制御部は励磁コイルに接続されている電流制限抵抗体の両端に接続され、ゲートに前記積分器の出力が入力されるFETによって構成される。

【0026】

請求項8の発明では請求項2又は4の発明において、励磁制御部は、予め定められた基準値を出力する基準値出力部と、前記積分器の出力と前記基準値とを加算する加算器と、加算器の出力と励磁周波数信号とを掛け算して前記励磁電圧を生成する掛け算器とからなる。

10

【発明の効果】

【0027】

この発明によれば、温度が変化しても磁性体コアが磁気飽和するまでの時間は変化せず、一定とすることができ、よって温度変化に伴うセンサ部の磁気特性の変化やコイル抵抗の変化により同期検波の位相がずれるといった問題を解消することができ、温度変化に起因する出力誤差が小さく、広い温度範囲で精度良く地磁気を測定することができる地磁気センサを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

20

【図1】この発明による地磁気センサの第1の実施例の構成を示すブロック図。

【図2】図1における位相差検出部及び励磁回路の詳細を示すブロック図。

【図3】図2における各部の信号波形を示すグラフ。

【図4】図3に示した信号波形に対し、磁気飽和時間が変化した場合の信号波形を示すグラフ。

【図5】この発明による地磁気センサの第2の実施例の要部構成を示すブロック図。

【図6】この発明による地磁気センサの第3の実施例の構成を示すブロック図。

【図7】図6における位相差検出部及び励磁回路の詳細を示すブロック図。

【図8】図7における各部の信号波形を示すグラフ。

【図9】図8に示した信号波形に対し、磁気飽和時間が変化した場合の信号波形を示すグラフ。

30

【図10】この発明による地磁気センサの第4の実施例の要部構成を示すブロック図。

【図11】地磁気センサの従来構成例を示すブロック図。

【図12】励磁電圧及び励磁電流の波形を示すグラフ。

【図13】検出コイルの検出電圧の各段階での波形を示すグラフ、(1)は外部磁界成分が0の場合、(2)は外部磁界成分がある場合。

【図14】磁気飽和時間が変化した場合の同期検波後の出力の変化を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0029】

この発明の実施形態を図面を参照して実施例により説明する。

40

【実施例1】

【0030】

図1はこの発明による地磁気センサの実施例1の構成を示したものである。図11に示した従来の地磁気センサと対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0031】

この例では図11に示した従来の地磁気センサの構成に加え、位相差検出部50と積分器60と励磁制御部33(図2参照)を具備するものとされ、また図11に示した従来の地磁気センサの発振回路20と異なる構成の発振回路70を有するものとされる。図2は位相差検出部50及び励磁制御部33を備えた励磁回路30の詳細を示したものである。

【0032】

50

発振回路 70 は発振器 71 と反転器 72 と分周器 73 ~ 75 とによって構成され、発振器 71 は励磁周波数 f の 4 倍の周波数信号 ($4f$ 信号) を出力するものとされる。励磁周波数 f の 4 倍の周波数信号は分周器 73 に入力されて励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号 ($2f$ 信号) となり、さらに分周器 74 に入力されて励磁周波数信号となる。また、発振器 71 から出力される励磁周波数 f の 4 倍の周波数信号 ($4f$ 信号) は反転器 72 に入力されて反転信号 ($4fI$ 信号 (但し、 I は反転を表す)) となり、さらに分周器 75 に入力されて $2fI$ 信号となる。従って、 $2f$ 信号と $2fI$ 信号は位相差が 90 度ある。

【0033】

位相差検出部 50 は図 2 に示したように反転型積分増幅器 51 と掛け算器 52 で構成されている。反転型積分増幅器 51 には直流遮断器 41 の出力が入力され、直流遮断器 41 で直流成分が除去された検出コイル 13 の検出出力は積分器の時定数に依存した台形波となる。反転型積分増幅器 51 の出力は掛け算器 52 に入力される。掛け算器 52 は反転型積分増幅器 51 の出力と、分周器 75 から入力される励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号と位相が 90 度ずれている信号 ($2fI$ 信号) とを掛け算する。

10

【0034】

図 3 は上述した位相差検出部 50 における各部の信号波形を示したものであり、上から順に、直流遮断器出力、 $2fI$ 信号、反転型積分増幅器出力、掛け算器出力を示している。

【0035】

掛け算器 52 の出力は積分器 60 に入力される。図 3 に示すように、磁性体コア 11 の磁気飽和する時間が適切な時、即ち $2fI$ 信号と直流遮断器出力の位相差が 90 度である時、積分器 60 の出力は 0 となる。

20

【0036】

励磁回路 30 は励磁駆動部 31 と電流制限抵抗体 32 と励磁制御部 33 とによって構成されており、励磁制御部 33 は電流制限抵抗体 32 の両端に接続され、ゲートに積分器 60 の出力が入力される FET 33a によって構成されている。FET 33a は例えば JFET (Junction FET) とされる。FET 33a のゲート入力が 0 の時は例えば数百のような一定の抵抗値となる。

【0037】

温度変化に伴うセンサ部 10 の磁気特性の変化やコイル抵抗の変化により磁気飽和するまでの時間が変化すると、前述した図 14 に示すように、検出コイル出力のインパルスが発生する時間が変化する。例えば、磁気飽和するまでの時間が短くなると、図 14 に示したように検出コイル出力のインパルスが発生する時間が早くなる。

30

【0038】

検出コイル出力の位相が進んだ場合は、直流遮断器出力は同じように位相が進む。図 4 はこの場合の直流遮断器出力、反転型積分増幅器出力、掛け算器出力等を図 3 と同様に示したものであり、掛け算器出力は図 4 に示したような波形となるため、この掛け算器出力を積分すると負の電圧となる。従って、FET 33a のゲート入力は負の電圧となるため、FET 抵抗値は大きくなり、これにより励磁コイル 12 に流れる励磁電流は小さくなる。従って、磁気飽和するまでの時間は長くなり、検出コイル出力の位相が遅れるように、つまりインパルスが発生する時間が遅れるように制御される。

40

【0039】

一方、磁気飽和するまでの時間が長くなった場合は上記の逆となり、掛け算器出力を積分すると正の電圧となり、FET 33a のゲート入力は正の電圧となって FET 33a の抵抗値は小さくなるため、励磁コイル 12 に流れる励磁電流は大きくなる。従って、磁気飽和するまでの時間は短くなり、検出コイル出力のインパルスが発生する時間が早くなるように制御される。

【0040】

以上説明したように、この例によれば、磁性体コア 11 の磁気飽和する時間 (タイミング) と同期検波の参照信号との位相差を検出する位相差検出部 50 と、その位相差を積分

50

する積分器 60 と、積分器 60 の出力により励磁電流を制御して磁気飽和を制御する励磁制御部 33 とを持つため、磁気飽和するまでの時間を常に一定にすることができ、よって同期検波の位相がずれるといった問題は発生せず、温度変化に対して出力誤差が小さく、例えば -40 ~ +200 といいた広い温度範囲で精度良く地磁気を測定することができる地磁気センサを得ることができる。

【実施例 2】

【0041】

実施例 2 は実施例 1 において積分器 60 の出力により励磁電流を制御する構成となっていたのに対し、積分器 60 の出力によって励磁電圧を制御する構成としたものであり、図 5 に実施例 2 の要部構成を示す。

10

【0042】

この例では励磁回路 30' は励磁駆動部 31 と電流制限抵抗体 32 と励磁制御部 35 とによって構成されており、実施例 1 と励磁制御部の構成が異なるものとなっている。

【0043】

励磁制御部 35 は基準値出力部 36 と加算器 37 と掛け算器 38 とによって構成されており、基準値出力部 36 は予め定められた基準値を出力する。

【0044】

積分器 60 の出力は加算器 37 に入力され、基準値と加算される。検出コイル出力のインパルスが発生する時間が早くなった場合は実施例 1 と同様に積分器出力は負の電圧となり、基準値と加算されるので、加算器出力は基準値より小さくなる。加算器出力は次の掛け算器 38 で励磁周波数信号と掛け合わされ、これにより励磁電圧が生成される。励磁電圧は基準値より小さくなるため、励磁コイル 12 に流れる励磁電流は小さくなり、これによりインパルスが発生する時間が遅れるように制御される。

20

【0045】

検出コイル出力のインパルスが発生する時間が遅くなった場合は加算器出力及び励磁電圧は基準値より大きくなるため、インパルスが発生する時間が早くなるように制御される。この実施例 2 においても実施例 1 と同様、磁気飽和するまでの時間を常に一定にすることができる。

【実施例 3】

【0046】

次に、実施例 3 の構成を説明する。図 6 は実施例 3 の構成を示したものであり、この例では実施例 1 と位相差検出部及び発振回路の構成が異なるものとされる。図 7 は図 6 における位相差検出部 80 及び励磁回路 30 の詳細を示したものである。

30

【0047】

発振回路 90 はこの例では発振器 91 と反転器 92 と分周器 93, 94 によって構成され、発振器 91 は励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号 ($2f$ 信号) を出力する。励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号は分周器 93 に入力されて励磁周波数信号となる。また、発振器 91 から出力される励磁周波数 f の 2 倍の周波数信号 ($2f$ 信号) は反転器 92 に入力されて反転信号 ($2fI$ 信号) となり、さらに分周器 94 に入力されて fI 信号となる。励磁周波数信号 (f 信号) と fI 信号とは 90 度の位相差を持つ。

40

【0048】

位相差検出部 80 は図 7 に示したように差動増幅器 81 と微分器 82 と積分増幅器 83 と掛け算器 84 とによって構成されている。励磁制御部 33 は実施例 1 と同様、FET 33a によって構成されている。

【0049】

差動増幅器 81 は励磁コイル 12 に接続されている電流制限抵抗体 32 の両端の電圧を差動増幅するものとされ、電流制限抵抗体 32 の両端に図 7 に示したように接続されている。差動増幅器 81 の入力励磁コイル 12 に流れる励磁電流を電圧に変換したものとなる。電流 (電圧) が時間に対して急激に変化する点が磁気飽和したことを示しており、差動増幅器 81 の出力は図 8 に示したような波形となる。

50

【 0 0 5 0 】

差動増幅器 8 1 の出力は微分器 8 2 に入力され、図 8 に示したように磁気飽和した点でインパルスに近い波形が微分器 8 2 から出力される。微分器出力は積分増幅器 8 3 に入力され、積分増幅器 8 3 は微分器出力を積分増幅する。積分増幅器 8 3 の出力は図 8 に示したようになり、掛け算器 8 4 に入力される。掛け算器 8 4 は積分増幅器出力と、分周器 9 4 から入力される励磁周波数信号と位相が 90 度ずれている信号 (f I 信号) とを掛け算する。掛け算器 8 4 の出力は図 8 に示したようになり、積分器 6 0 に入力される。

【 0 0 5 1 】

図 8 に示すように、磁性体コア 1 1 の磁気飽和する時間が適切な時、即ち f I 信号の立ち上がり、立ち下がり、積分増幅器出力の位相差がない場合、積分器 6 0 の出力は 0 となる。積分器 6 0 の出力は F E T 3 3 a のゲートに入力されており、実施例 1 と同様に F E T 3 3 a のインピーダンスは変化しない。

10

【 0 0 5 2 】

これに対し、図 9 に示すように磁気飽和するまでの時間が短くなった場合、掛け算器出力は負の値が大きくなり、よって実施例 1 と同様に F E T 3 3 a が制御され、磁気飽和するまでの時間が長くなるように励磁電流が制御される。

【 実施例 4 】

【 0 0 5 3 】

実施例 4 は実施例 3 において積分器 6 0 の出力により励磁電流を制御する構成となっていたのに対し、積分器 6 0 の出力によって励磁電圧を制御する構成としたものであり、図 1 0 に実施例 4 の要部構成を示す。

20

【 0 0 5 4 】

図 1 0 に示すように位相差検出部 8 0 は実施例 3 と同じであり、励磁制御部 3 5 は実施例 2 と同じである。

【 0 0 5 5 】

図 8 に示したように磁気飽和する時間が適切な場合、積分器 6 0 の出力は 0 となる。積分器出力は基準値と加算されるので、加算器 3 7 の出力は基準値となり、次の掛け算器 3 8 では分周器 9 3 から入力される励磁周波数信号と掛け合わされる。これが励磁電圧となる。

【 0 0 5 6 】

一方、磁気飽和するまでの時間が短くなった場合、掛け算器 8 4 の出力は負の値が大きくなり、積分器 6 0 の出力は負の値となる。積分器出力は基準値と加算されるので加算器 3 7 の出力は基準値より小さくなる。次の掛け算器 3 8 では励磁周波数信号と掛け合わされ、励磁電圧は基準値より小さくなる。よって、励磁コイル 1 2 に流れる励磁電流は小さくなり、磁気飽和するまでの時間が長くなるように制御される。

30

【 0 0 5 7 】

以上、説明した実施例 3 及び実施例 4 においても実施例 1 , 2 と同様、磁気飽和するまでの時間を常に一定にすることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

1 0	センサ部	1 1	磁性体コア
1 2	励磁コイル	1 3	検出コイル
2 0	発振回路	2 1	発振器
2 2	分周器	3 0 , 3 0 '	励磁回路
3 1	励磁駆動部	3 2	電流制限抵抗体
3 3	励磁制御部	3 3 a	F E T
3 5	励磁制御部	3 6	基準値出力部
3 7	加算器	3 8	掛け算器
4 1	直流遮断器	4 2	増幅器
4 3	同期検波器	4 4	積分器

40

50

- 4 5 抵抗体
- 5 0 位相差検出部
- 5 2 掛け算器
- 7 0 発振回路
- 7 2 反転器
- 8 0 位相差検出部
- 8 2 微分器
- 8 4 掛け算器
- 9 1 発振器
- 9 3 , 9 4 分周器

- 4 6 ローパスフィルタ
- 5 1 反転型積分増幅器
- 6 0 積分器
- 7 1 発振器
- 7 3 , 7 4 , 7 5 分周器
- 8 1 差動増幅器
- 8 3 積分増幅器
- 9 0 発振回路
- 9 2 反転器

【 図 1 】

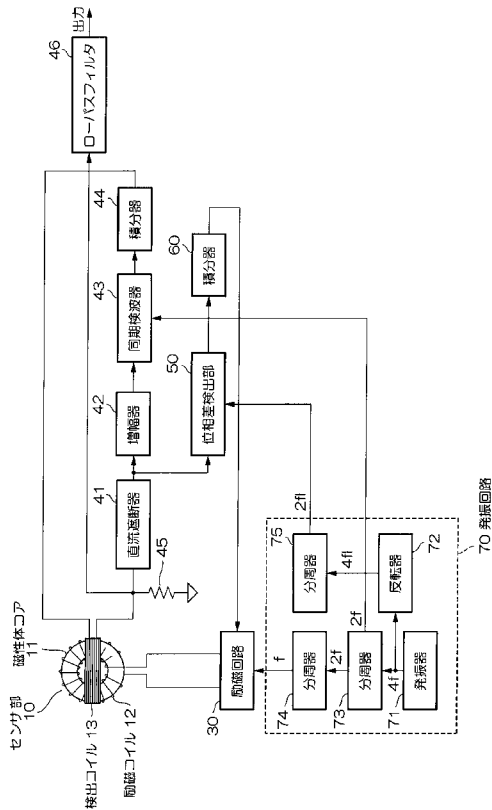


図1

【 図 2 】

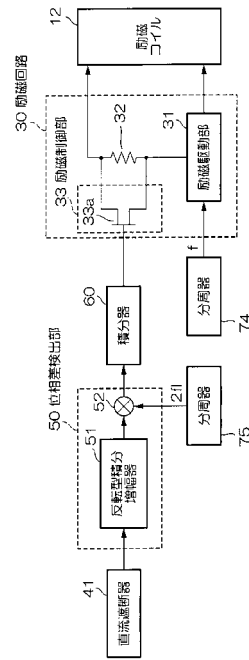


図2

【 図 3 】

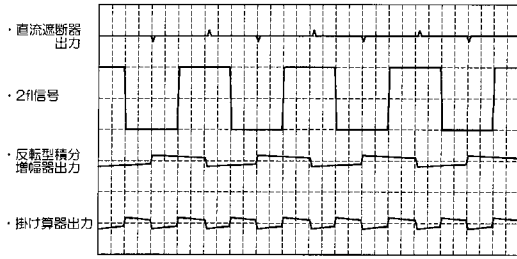


図3

【 図 4 】

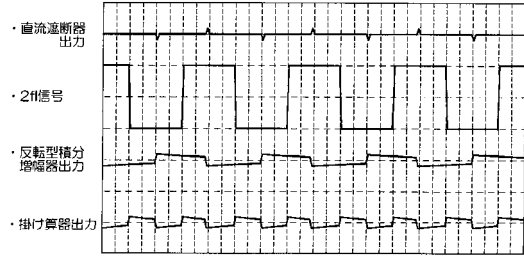


図4

【 図 5 】

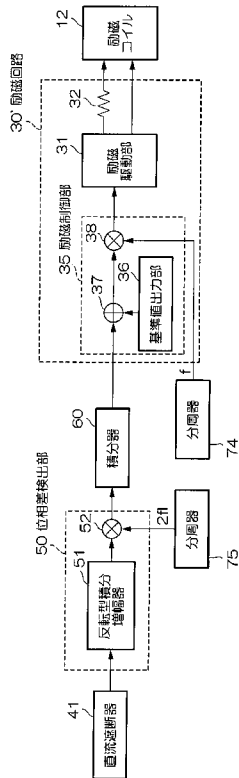


図5

【 図 6 】

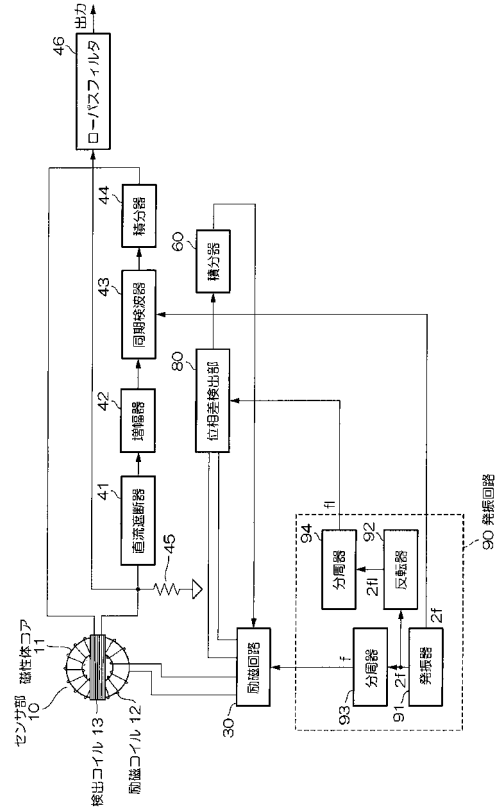


図6

【 図 7 】

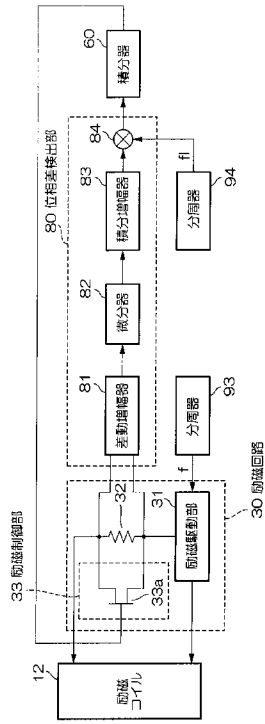


図7

【 図 8 】

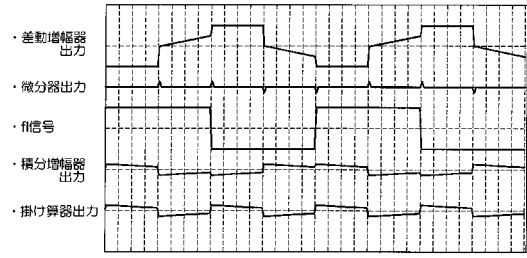


図8

【 図 9 】

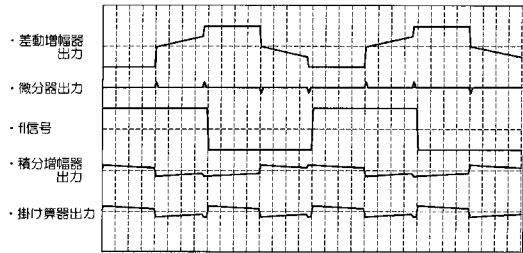


図9

【 図 10 】

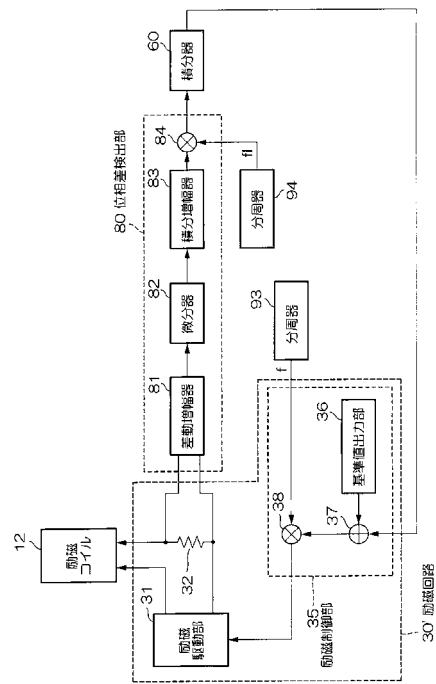


図10

【 図 1 1 】

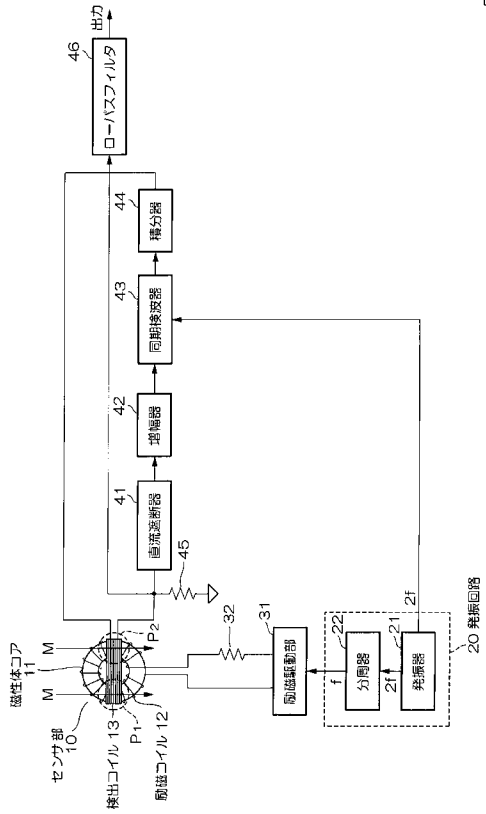


図11

【 図 1 2 】

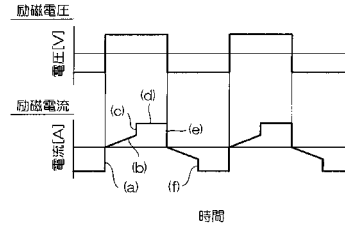


図12

【 図 1 3 】

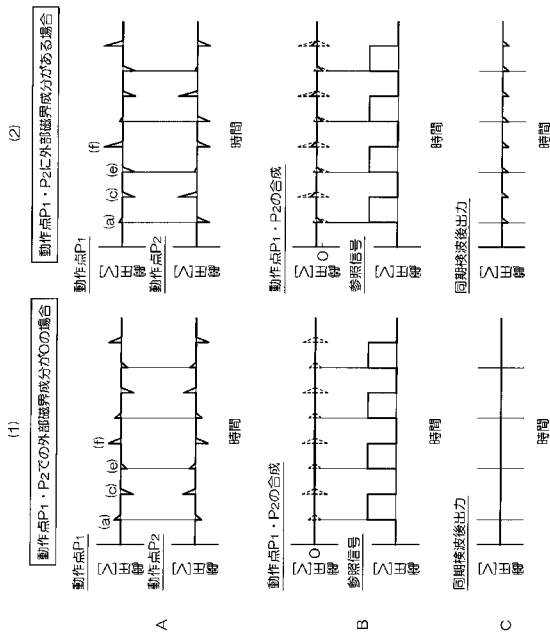


図13

【 図 1 4 】

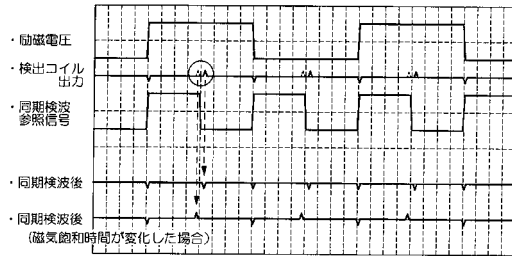


図14

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-092381(JP,A)
特開2007-163424(JP,A)
特開2007-199069(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 33/04