

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B1)

(11)特許番号  
特許第7005824号  
(P7005824)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月7日(2022.1.7)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 R 33/14 (2006.01)	G 0 1 R 33/14
G 0 1 R 31/52 (2020.01)	G 0 1 R 31/52
G 0 1 R 27/16 (2006.01)	G 0 1 R 27/16

請求項の数 6 (全17頁)

(21)出願番号	特願2021-564252(P2021-564252)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年7月8日(2021.7.8)	(74)代理人	110002941 特許業務法人ぱるも特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/025779	(72)発明者	宮内 俊彦 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和3年10月28日(2021.10.28)	(72)発明者	岡田 泰行 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
早期審査対象出願		審査官	田口 孝明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 漏電センサおよび電路保護システム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

被測定電流線における漏電を検出する漏電センサであって、  
 前記被測定電流線が貫通された磁性体コアと、  
 前記磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、  
 前記磁性体コアに巻き回された検出コイルと、  
 前記励磁コイルから発生する励磁磁界を検出する磁気センサと、  
 励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生する発振回路と、  
 前記磁気センサの出力および前記発振回路の出力から制御信号を生成して出力するアンバランス判定回路と、  
 前記発振回路の出力および前記アンバランス判定回路の出力をもとに前記励磁コイルに励磁電流を印加する励磁回路と、  
 前記検出コイルの出力電圧から前記励磁周波数の2倍の周波数の成分を取り出すフィルタ回路と、  
 前記フィルタ回路の出力を増幅する出力回路とを備え、  
 前記アンバランス判定回路は、漏電を検出しているときには前記励磁磁界の正負の非対称性を判定せず、前記被測定電流線に平衡電流が流れている状態において前記磁気センサから取得した前記励磁磁界と前記励磁信号とから、前記被測定電流線に平衡電流が流れている状態における前記励磁磁界の正負の非対称性を判定して前記制御信号を生成し、  
 前記励磁回路は、前記被測定電流線に平衡電流が流れている状態における前記励磁磁界の

正負の非対称性を判定して生成された前記制御信号をもとに前記励磁電流の正負いずれかの振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは前記励磁電流に正負いずれかのオフセット電流を重畳することを特徴とする漏電センサ。

【請求項 2】

前記磁気センサは、前記磁性体コアと前記励磁コイルとの間に備えられたことを特徴とする請求項 1 に記載の漏電センサ。

【請求項 3】

前記磁気センサは、前記磁性体コアが前記励磁コイルに巻かれずに前記磁性体コアが露出した開口部に備えられたことを特徴とする請求項 1 に記載の漏電センサ。

【請求項 4】

前記磁性体コアは切り欠き部を有し、  
前記磁気センサは前記切り欠き部に備えられたことを特徴とする請求項 1 に記載の漏電センサ。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の漏電センサと、  
前記出力回路の出力から漏電の有無を判定するリレーユニットと、  
前記リレーユニットにおいて漏電が発生したと判定されたときに前記被測定電流線を遮断する保護回路とを備えた電路保護システム。

【請求項 6】

被測定電流線における漏電を検出する漏電センサであって、  
前記被測定電流線が貫通された磁性体コアと、  
前記磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、  
前記磁性体コアに巻き回された検出コイルと、  
前記励磁コイルから発生する励磁磁界を検出する磁気センサと、  
励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生する発振回路と、  
前記磁気センサの出力および前記発振回路の出力から制御信号を生成して出力するアンバランス判定回路と、

前記発振回路の出力をもとに前記励磁コイルに励磁電流を印加する励磁回路と、  
前記検出コイルの出力電圧から前記励磁周波数の 2 倍の周波数の成分を取り出すフィルタ回路と、

前記フィルタ回路の出力を増幅する出力回路とを備え、  
前記アンバランス判定回路は、前記被測定電流線に平衡電流が流れている状態において前記磁気センサから取得した前記励磁磁界と前記励磁信号とから、前記被測定電流線に平衡電流が流れている状態における前記励磁磁界の正負の非対称性を判定して前記制御信号を生成し、

前記出力回路は、前記制御信号をもとに前記フィルタ回路の出力を補正して補正出力を求め、前記補正出力を増幅して出力することを特徴とする漏電センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、漏電センサおよび電路保護システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

交流および直流の双方の微小電流センサとして、フラックスゲートセンサが知られている。フラックスゲートセンサでは、磁性体コアをコイルで交流励磁し、コアが磁気飽和して検出コイルに出力が生じない時間と、コアが未飽和で検出コイルに出力が生じている時間との差分から、計測磁界、すなわち、測定対象の電流値を計測する。フラックスゲートセンサを用いた漏電センサでは、交流励磁周波数を数百 Hz 以上と高く設定することにより、高速応答性を確保している（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0003】

【文献】実開昭59-92532号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

フラックスゲートセンサを用いた漏電センサによって測定する電流は、2相または3相の平衡電流であるため、漏電センサの磁性体コアに貫通させる被測定電流線は2本または3本となる。よって、漏電センサの磁性体コアの内径は、例えば、被測定電流線の直径の2倍以上を確保する必要がある。さらに、被測定電流線の定格電流が大きい場合は、被測定電流線の径を太くする必要があり、磁性体コアの内径を大きくする必要がある。磁性体コアの内径を大きくすると、磁性体コアの機械的強度を確保するために磁性体コアの断面積を大きくする必要があり、結果として磁性体コアの体積が大きくなり、磁性体コアが大型化する。

10

【0005】

大型化した磁性体コアを十分に磁気飽和させるためには、大きな励磁電流が必要となるため、大きな電流を出力することができる電源が必要となる。しかし、限られたサイズで漏電センサを実現する場合には、内蔵する電源のサイズが制限され、大きな電流を出力するときに励磁電流が不安定となることがある。また、励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求される場合は、励磁電流がさらに不安定となり、励磁磁界が正負で非対称となることがある。フラックスゲートセンサを用いた漏電センサにおいては、励磁磁界が正負で非対称となると、正負のそれぞれの磁界において検出コイル出力が飽和する時間に差異が生じるため、漏電が発生していないにもかかわらず漏電が発生していると誤って検出してしまふという課題があった。

20

【0006】

本願は、上述の課題を解決するためになされたものであり、励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求され励磁磁界が正負で非対称となった場合における漏電の誤検出を抑制する漏電センサおよび電路保護システム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】

【0007】

本願に開示される漏電センサは、被測定電流線における漏電を検出する漏電センサであって、被測定電流線が貫通された磁性体コアと、磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、磁性体コアに巻き回された検出コイルと、励磁コイルから発生する励磁磁界を検出する磁気センサと、励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生する発振回路と、磁気センサの出力および発振回路の出力から制御信号を生成して出力するアンバランス判定回路と、発振回路の出力およびアンバランス判定回路の出力をもとに励磁コイルに励磁電流を印加する励磁回路と、検出コイルの出力電圧から励磁周波数の2倍の周波数の成分を取り出すフィルタ回路と、フィルタ回路の出力を増幅する出力回路とを備え、アンバランス判定回路は、漏電を検出しているときには励磁磁界の正負の非対称性を判定せず、被測定電流線に平衡電流が流れている状態において磁気センサから取得した励磁磁界と励磁信号とから、被測定電流線に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、励磁回路は、被測定電流線に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して生成された制御信号をもとに励磁電流の正負いずれかの振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流に正負いずれかのオフセット電流を重畳することを特徴とする。

30

40

## 【発明の効果】

【0008】

本願に開示される漏電センサは、アンバランス判定回路は、漏電を検出しているときには励磁磁界の正負の非対称性を判定せず、被測定電流線に平衡電流が流れている状態において磁気センサから取得した励磁磁界と励磁信号とから、被測定電流線に平衡電流が流れて

50

いる状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、励磁回路は、被測定電流線に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して生成された制御信号をもとに励磁電流の正負いずれかの振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流に正負いずれかのオフセット電流を重畳するので、励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求され励磁磁界が正負で非対称となった場合における漏電の誤検出を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1による漏電センサの漏電検出部の構成を示す図である。

【図2】漏電が発生していない状態における検出コイルの出力電圧を説明するための図である。

10

【図3】漏電が発生している状態における検出コイルの出力電圧を説明するための図である。

【図4】漏電が発生していない状態において励磁磁界が正負で非対称となった第一の事例を説明するための図である。

【図5】漏電が発生していない状態において励磁磁界が正負で非対称となった第二の事例を説明するための図である。

【図6】実施の形態1による漏電センサおよび電路保護システムの構成を示す図である。

【図7】実施の形態1におけるアンバランス判定回路の動作を説明するフローチャートである。

20

【図8】磁気センサの出力信号に対して高速フーリエ変換を行った結果を示す図である。

【図9】磁気センサの出力信号に対して高速フーリエ変換を行った結果を示す図である。

【図10】実施の形態1による漏電センサの磁気センサの配置を示す図である。

【図11】実施の形態1による漏電センサの磁気センサの配置を示す図である。

【図12】実施の形態1による漏電センサの磁気センサの配置を示す図である。

【図13】実施の形態2による漏電センサおよび電路保護システムの構成を示す図である。

【図14】実施の形態2におけるアンバランス判定回路の動作を説明するフローチャートである。

【図15】実施の形態1および実施の形態2におけるアンバランス判定回路のハードウェアの一例を示す模式図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本願を実施するための実施の形態に係る漏電センサおよび電路保護システムについて、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一符号は同一もしくは相当部分を示している。

【0011】

実施の形態1

図1は、実施の形態1による漏電センサの漏電検出部10の構成を示す図である。漏電検出部10は、フラックスゲートセンサであり、円環状の磁性体コア11と、磁性体コア11に巻線が巻き回された励磁コイル12と、磁性体コア11に巻線が巻き回された検出コイル13とを備えている。磁性体コア11に計測対象である被測定電流線を貫通させることにより、電流計測を行う。なお、図1において、励磁コイル12の巻線および検出コイル13の巻線が、磁性体コア11の一部にのみ巻き回されているが、それぞれ、磁性体コア11の全周にわたって巻き回されてもよい。

40

【0012】

フラックスゲートセンサの動作原理について、図2および図3を用いて説明する。図2は、被測定電流線に平衡電流が流れている状態、すなわち、漏電が発生していない状態における検出コイル13の出力電圧について説明するための図である。図2の左上の図は、磁性体コアの磁化曲線、すなわち、印加磁界に対する磁束密度の変化であるB-H曲線である。励磁コイル12に正弦波の励磁電流を通電することにより、図2の左下の図に示すよ

50

うな励磁磁界が磁性体コア 1 1 に印加される。磁性体コア 1 1 は、図 2 の左上の図に示すような磁気特性を持っているため、図 2 の右上の図に示すように、磁性体コア 1 1 の鎖交磁束であるコア鎖交磁束が周期的に磁気飽和する。検出コイル 1 3 には、磁性体コア 1 1 の鎖交磁束によって図 2 の右下の図に示すような検出コイル誘起電圧が誘起される。検出コイル 1 3 には、磁性体コア 1 1 が磁気飽和していない期間に電圧が発生し、磁性体コア 1 1 が磁気飽和している期間には電圧が発生しない。磁性体の磁化曲線が原点対象のため、漏電が発生していない状態においては、励磁磁界の 2 倍の周期で検出コイル 1 3 に電圧が発生しない状態が繰り返される。

#### 【 0 0 1 3 】

図 3 は、被測定電流線に漏電が発生している状態における検出コイル 1 3 の出力電圧について説明するための図である。図 3 のそれぞれの図においては、点線は漏電が発生していない状態の値を示しており、実線は漏電が発生している状態の値を示している。図 3 の左下の図において漏電の発生によって励磁磁界に漏電起因の磁界が重畳されており、図 3 の右上の図において漏電の発生によって正側の磁界で飽和している時間と負側の磁界で飽和している時間に差異が生じている。その結果、図 3 の右下の図において、電圧が発生する時間と発生しない時間に差が生じる。時間差の周期は励磁周波数の 2 倍であり、時間の差は漏電電流値に比例する。

10

#### 【 0 0 1 4 】

漏電検出部 1 0 に励磁コイル 1 2 から発生する励磁磁界を検出する磁気センサを取り付けた場合、磁気センサは磁性体コア 1 1 の鎖交磁束ではなく励磁磁界を検出する。そのため、磁気センサの出力は、漏電の有無あるいは磁性体コア 1 1 の磁気特性に関係なく、図 2 の左下の図に示すような波形となる。

20

#### 【 0 0 1 5 】

次に、被測定電流線に平衡電流が流れている状態、すなわち、被測定電流線に漏電が発生していない状態において、励磁コイル 1 2 に通電する励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求され、励磁磁界が正負で非対称となった場合について説明する。図 4 は、漏電が発生していない状態において励磁磁界が正負で非対称となった第一の事例を説明するための図である。図 4 のそれぞれの図においては、点線は励磁磁界が正負で対称である場合の値を示しており、実線は励磁磁界が正負で非対称となった場合の値を示している。図 4 の左下の図では、励磁磁界の負側磁界が正側磁界に対して小さくなった例を示している。図 4 の右上の図において、コア鎖交磁束が正側で飽和する時間に比べて、コア鎖交磁束が負側で飽和する時間が短くなっている。その結果、図 4 の右下の図において、検出コイル 1 3 に電圧が発生しない時間に変化が生じている。検出コイル 1 3 に電圧が発生する時間と発生しない時間の差異を検出することにより漏電を検出するので、漏電が発生していないにもかかわらず、漏電が発生したとみなされてしまう。すなわち、励磁磁界の非対称性が、漏電の計測誤差を生じさせることとなる。

30

#### 【 0 0 1 6 】

図 5 は、被測定電流線に平衡電流が流れている状態、すなわち、漏電が発生していない状態において、励磁磁界が正負で非対称となった第二の事例を説明するための図である。図 5 のそれぞれの図においては、点線は励磁磁界が正負で対称である場合の値を示しており、実線は励磁磁界が正負で非対称となった場合の値を示している。図 5 の左下の図では、励磁磁界に正方向のオフセットが重畳され、さらに、正方向の励磁磁界が飽和している例を示している。これは、例えば、正側の励磁磁界が励磁電源の定格の最大値で制限されているような場合である。このとき、図 5 の右上の図に示されるコア鎖交磁束は図 3 の右上の図に示されるものと同じになり、図 5 の右下の図に示される検出コイル誘起電圧は図 3 の右下の図に示されるものと同じになる。その結果、漏電電流が発生しているように判断されてしまう。

40

#### 【 0 0 1 7 】

図 6 は、実施の形態 1 による漏電センサ 1 および電路保護システムの構成を示す図である。漏電センサ 1 は、磁性体コア 1 1、励磁コイル 1 2、検出コイル 1 3、磁気センサ 1 4

50

、アンバランス判定回路 15、励磁回路 16、発振回路 17、フィルタ回路 18 および出力回路 19 を備えている。漏電センサ 1 の測定対象である被測定電流線 30 は、磁性体コア 11 を貫通している。発振回路 17 は、励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生し、励磁回路 16 およびアンバランス判定回路 15 に出力する。フィルタ回路 18 は、発振回路 17 から励磁信号を取得し、検出コイル 13 の出力電圧から励磁周波数の 2 倍の周波数の成分である第 2 高調波成分を取り出して出力する。フィルタ回路 18 の出力である第 2 高調波成分は、検出コイル 13 の電圧が発生する時間と発生しない時間の差異に対応するものである。出力回路 19 は、フィルタ回路 18 の出力をセンサ定格に応じて設定した倍率で増幅して出力する。ここで、センサ定格に応じて設定した倍率は、単位電流当たりのセンサ出力であり、センサ感度に相当するものである。

10

**【0018】**

実施の形態 1 による電路保護システムは、漏電センサ 1、リレーユニット 20 および保護回路 21 を備えている。リレーユニット 20 は、漏電センサ 1 の出力回路 19 の出力を監視して漏電の有無を判定し、漏電が発生したと判定された場合は、遮断器あるいは開閉器などの保護回路 21 を制御して被測定電流線 30 を遮断し、被測定電流線 30 に接続された負荷機器を電路異常から保護する。リレーユニット 20 は、例えば、出力回路 19 の出力があらかじめ定められたしきい値を超えたときに、漏電が発生したと判定する。

**【0019】**

磁気センサ 14 は、励磁コイル 12 から発生する励磁磁界を検出する。磁気センサは、例えば、ホール素子、磁気抵抗効果素子、磁気インピーダンス素子など半導体プロセスを用いて作成されたものでもよく、交流磁界を検出できるコイルでもよい。励磁磁界に影響を与える要素として、励磁コイルにおける巻線の均一性が挙げられる。磁性体コア 11 に被測定電流線 30 を貫通させる形態の漏電センサ 1 においては、励磁コイル 12 はトロイダルコイルと呼ばれる円環状のコアの内側あるいは外側に向かって巻線をしていくコイルである。巻線が均一に巻かれていれば、励磁電流によって生じた磁束はコイル内に閉じ込められるので、励磁磁界は励磁コイル 12 に流れる励磁電流に比例し、かつ磁性体コア 11 に一様に励磁磁界が印加される。しかしながら、巻線が不均一で、局所的に巻線間隔に疎密が生じる場合、巻線が疎になった箇所ではコイルの外に磁束が漏洩してしまうので、励磁電流と励磁磁界とが比例しない、あるいは、局所的に励磁磁界の大小が生じる。一般的に、トロイダルコイルでは巻線の均一性を確保するのが難しく、巻線の不均一性は不可避

20

30

**【0020】**

アンバランス判定回路 15 は、被測定電流線 30 に平衡電流が流れている状態において磁気センサ 14 から取得した励磁磁界と、発振回路 17 からの励磁信号とから、被測定電流線 30 に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、生成した制御信号を励磁回路 16 に出力する。励磁回路 16 は、アンバランス判定回路 15 の出力をもとに、励磁電流の正負いずれかの信号の振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流を正負いずれかにオフセットする。これにより、励磁磁界が正負対称となる。

40

**【0021】**

次に、アンバランス判定回路 15 の動作について説明する。アンバランス判定回路 15 は、被測定電流線 30 に平衡電流が流れている状態、すなわち、被測定電流線 30 に漏電が発生しておらず定格電流を通電した状態において、磁気センサ 14 から励磁コイル 12 に発生する励磁磁界の情報を取得し、発振回路 17 から励磁信号を取得する。励磁コイル 12 に発生する励磁磁界は、励磁信号から生成した励磁電流の微分値となるため、励磁信号と励磁磁界はおよそ 90 度の位相差を生じる。よって、アンバランス判定回路 15 では、励磁信号の位相を 90 度ずらした信号で励磁磁界の信号を同期検波し、励磁磁界の波形の正負の非対称性を判定する。励磁磁界の周波数は励磁回路 16 によって一義に決まるため、アンバランス判定回路 15 では、磁気センサ 14 の出力をフーリエ変換するなどして、

50

基本波以外の高調波の強度で波形ひずみを判定することにより、励磁磁界の波形の正負の非対称性を判定してもよい。なお、アンバランス判定回路15は、漏電センサ1において漏電を検出しているときには励磁磁界の波形の正負の非対称性を判定しない。

#### 【0022】

励磁回路16から出力される励磁電流の波形が正負で対称となっているときは、例えば、図2の左下の図に示すように励磁磁界の波形が正負で対称となり、正確に漏電を検出することができる。しかし、励磁回路16の電源ノイズ等の影響によって励磁電流の正負のいずれか一方の値にひずみが生じ、励磁磁界の波形が正負で非対称となることがある。アンバランス判定回路15において励磁磁界の非対称を検出したときには、励磁磁界の正負非対称性に応じた制御信号を励磁回路16に出力し、制御信号を受け取った励磁回路16は励磁電流の正負いずれかの信号の振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流を正負いずれかにオフセットする。なお、励磁回路16は、漏電センサ1において漏電を検出しているときには、励磁電流の振幅を小さくする量および励磁電流に重畳するオフセットの量は変更しない。

10

#### 【0023】

図4を用いて、アンバランス判定回路15において励磁磁界の非対称性として励磁磁界の負側磁界の大きさと正側磁界の大きさとが異なることを検出した場合の例について説明する。例えば、アンバランス判定回路15において、図4の左下の図の実線で示したように励磁磁界の負側磁界が正側磁界に対して小さくなったことを検出したときには、アンバランス判定回路15は励磁電流の正側の振幅をもとの大きさよりも小さくすることを示す制御信号を励磁回路16に出力する。励磁電流の正側の振幅をもとの大きさよりも小さくすることを示す制御信号を受信した励磁回路16は、励磁電流の正側の振幅をもとの大きさよりも小さくする。アンバランス判定回路15において励磁磁界が対称となったことを確認できたときには、励磁回路16における制御量を固定することにより、励磁磁界の正負対称が維持される。

20

#### 【0024】

図5を用いて、アンバランス判定回路15において励磁磁界の非対称性として励磁磁界に正方向のオフセットが重畳されていることを検出した場合の例について説明する。例えば、アンバランス判定回路15において、図5の左下の図の実線で示したように励磁磁界に正方向のオフセットが重畳されさらに正方向の励磁磁界が飽和していることを検出したときは、アンバランス判定回路15は励磁電流に負のオフセット電流を重畳することを示す制御信号を励磁回路16に出力する。励磁電流に負のオフセット電流を重畳することを示す制御信号を受信した励磁回路16は、励磁電流に負側のオフセット電流を重畳することにより、励磁磁界が正負対称となる。アンバランス判定回路15において励磁磁界が対称となったことを確認できたときには、励磁回路16における制御量を固定することにより、励磁磁界の正負対称が維持される。

30

#### 【0025】

図7は、実施の形態1におけるアンバランス判定回路15の動作を説明するフローチャートである。ここでは、発振回路17の出力が正弦波であるときの例を説明する。ステップS01では、アンバランス判定回路15は、磁気センサ14の出力と発振回路17の出力とを取得して、ステップS02に進む。ステップS02では、アンバランス判定回路15は、磁気センサ14の出力の正の振幅と負の振幅を取得し、ステップS03に進む。ステップS02では、例えば、ステップS01において取得した発振回路17の出力から励磁信号の周波数である励磁周波数を求め、励磁信号の1周期分の時間において、磁気センサ14の出力の正側のピーク値と負側のピーク値を求めることにより、磁気センサ14の出力の正の振幅と負の振幅を取得する。

40

#### 【0026】

ステップS03では、アンバランス判定回路15は、磁気センサ14の出力の正の振幅と負の振幅との差がしきい値以下かどうかを判断する。正の振幅と負の振幅との差がしきい値以下の場合にはステップS07に進み、正の振幅と負の振幅との差がしきい値を超える場

50

合はステップ S 0 4 に進む。

【 0 0 2 7 】

ステップ S 0 4 では、アンバランス判定回路 1 5 は、磁気センサ 1 4 の出力の正の振幅が負の振幅よりも大きいかどうかを判断する。正の振幅が負の振幅よりも大きい場合はステップ S 0 5 に進み、正の振幅が負の振幅よりも小さい場合はステップ S 0 6 に進む。ステップ S 0 5 では、アンバランス判定回路 1 5 は、励磁電流の正の振幅をもとの大きさよりも小さくする制御信号を励磁回路 1 6 に出力して、ステップ S 0 1 に戻る。励磁電流の正の振幅をもとの大きさよりも小さくする制御信号を受信した励磁回路 1 6 は、励磁電流の正の振幅をあらかじめ定められた大きさだけ小さくする。ステップ S 0 6 では、アンバランス判定回路 1 5 は、励磁電流の負の振幅をもとの大きさよりも小さくする制御信号を励磁回路 1 6 に出力して、ステップ S 0 1 に戻る。励磁電流の負の振幅をもとの大きさよりも小さくする制御信号を受信した励磁回路 1 6 は、励磁電流の負の振幅をあらかじめ定められた大きさだけ小さくする。

10

【 0 0 2 8 】

ステップ S 0 7 では、アンバランス判定回路 1 5 は、励磁信号の 1 周期分の磁気センサ 1 4 の出力信号に対して高速フーリエ変換すなわち F F T の処理を行い、励磁周波数に対する整数次高調波を取得し、ステップ S 0 8 に進む。ステップ S 0 8 では、アンバランス判定回路 1 5 は、ステップ S 0 7 で求めた整数次高調波の特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値以下かどうかを判断する。特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値以下の場合にはアンバランス判定回路 1 5 の動作を終了し、特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値を超える場合はステップ S 0 9 に進む。

20

【 0 0 2 9 】

図 8 は、磁気センサ 1 4 の出力信号に対して高速フーリエ変換を行った結果を示す図であり、図 5 に示す励磁磁界が正負で非対称となった第二の事例における図 5 の左下の図において実線で示された励磁磁界に対して高速フーリエ変換を行った結果を示している。図 8 は、図 7 のステップ S 0 7 において得られる、励磁信号の 1 周期分の磁気センサ 1 4 の出力信号の励磁周波数に対する整数次高調波である。図 8 において、横軸は高調波次数を示しており、縦軸はそれぞれの高調波次数における高調波の強度を対数軸で示している。図 8 において、黒い三角は励磁磁界に重畳された正方向のオフセットが大きい場合を示しており、白い丸は励磁磁界に重畳された正方向のオフセットが中程度の場合を示しており、黒い四角は励磁磁界に重畳された正方向のオフセットが小さい場合を示している。高調波次数ごとの高調波強度は周期的に変化しているが、励磁磁界に重畳されたオフセットの大きさによってその周期が異なっている。しかし、5 次以下の高調波は、オフセットが小さくなると高調波強度が一樣に小さくなっている。よって、ステップ S 0 8 では、5 次以下のいずれかの高調波成分の大きさがしきい値以下かどうかを判断することにより、励磁磁界に重畳されたオフセットの大きさを推定することができる。

30

【 0 0 3 0 】

図 9 は、磁気センサ 1 4 の出力信号に対して高速フーリエ変換を行った結果を示す図であり、図 4 に示す励磁磁界が正負で非対称となった第一の事例における図 4 の左下の図において実線で示された励磁磁界に対して高速フーリエ変換を行った結果を示している。図 9 において、横軸は高調波次数を示しており、縦軸はそれぞれの高調波次数における高調波の強度を対数軸で示している。図 9 において、黒い三角は励磁磁界の正側の振幅と負側の振幅との差が大きい場合を示しており、白い丸は励磁磁界の正側の振幅と負側の振幅との差が中程度の場合を示しており、黒い四角は励磁磁界の正側の振幅と負側の振幅との差が小さい場合を示している。図 4 に示す励磁磁界が正負で非対称となった第一の事例に示すように、励磁磁界が飽和せずに正側の振幅と負側の振幅とが異なる場合、正側の振幅と負側の振幅との差の大きさによって単調に高調波強度が減少する傾向がみられる。したがって、例えば、図 7 に示すステップ S 0 2 においてステップ S 0 7 に示したようにフーリエ変換を行い、ステップ S 0 3 において単調に高調波強度が減少し特定の次数の高調波強度がしきい値以下かどうかを判断してもよい。

40

50

## 【 0 0 3 1 】

図 7 のステップ S 0 9 では、アンバランス判定回路 1 5 は、磁気センサ 1 4 の出力の正の振幅が負の振幅よりも大きいかどうかを判断する。正の振幅が負の振幅よりも大きい場合はステップ S 1 0 に進み、正の振幅が負の振幅よりも小さい場合はステップ S 1 1 に進む。ステップ S 1 0 では、アンバランス判定回路 1 5 は、励磁電流に負のオフセット電流を重畳する制御信号を励磁回路 1 6 に出力して、ステップ S 0 1 に戻る。励磁電流に負のオフセット電流を重畳する制御信号を受信した励磁回路 1 6 は、励磁電流にあらかじめ定められた大きさの負のオフセット電流を重畳する。ステップ S 1 1 では、アンバランス判定回路 1 5 は、励磁電流に正のオフセット電流を重畳する制御信号を励磁回路 1 6 に出力して、ステップ S 0 1 に戻る。励磁電流に正のオフセット電流を重畳する制御信号を受信した励磁回路 1 6 は、励磁電流にあらかじめ定められた大きさの正のオフセット電流を重畳する。以上の動作により、励磁回路 1 6 から出力される励磁電流が補正され、磁性体コア 1 1 に印加される励磁磁界の正負の非対称が解消される。

10

## 【 0 0 3 2 】

なお、ステップ S 0 2 およびステップ S 0 7 において励磁信号の 1 周期分の磁気センサ 1 4 の出力信号に対して処理を行うとしたが、測定環境起因の電磁ノイズの影響を排除するため、例えば、半導体メモリなどの高速記憶装置を備えて数周期分の磁気センサ 1 4 の出力信号を取得して平均化した信号に対して処理を行ってもよい。

## 【 0 0 3 3 】

図 1 0、図 1 1 および図 1 2 は、実施の形態 1 による漏電センサ 1 の磁気センサ 1 4 の配置を示す図である。図 1 0、図 1 1 および図 1 2 において、検出コイル 1 3 は省略しており、磁性体コア 1 1、励磁コイル 1 2 および磁気センサ 1 4 を示している。励磁コイル 1 2 は、磁性体コア 1 1 を取り囲むように巻き回されたトロイダルコイルである。トロイダルコイルでは、コイルの外側に磁界が漏洩しない。図 1 0 に示す例では、磁性体コア 1 1 と励磁コイル 1 2 との間に磁気センサ 1 4 が備えられたことで、磁気センサ 1 4 によって励磁磁界を検出することができる。

20

## 【 0 0 3 4 】

図 1 1 に示す例では、磁性体コア 1 1 の一部において励磁コイル 1 2 に巻かれずに磁性体コア 1 1 が露出した開口部を設け、開口部に磁気センサ 1 4 が備えられている。トロイダルコイルでは開口部において磁界が漏洩するため、磁性体コア 1 1 と励磁コイル 1 2 との間に磁気センサ 1 4 を配置する空間が確保できない場合であっても、開口部を設けることにより磁気センサを配置することができ、励磁磁界を検出することができる。

30

## 【 0 0 3 5 】

図 1 2 に示す例では、磁性体コア 1 1 の一部に切り欠き部を設けて磁気ギャップを形成している。磁気ギャップである切り欠き部においては励磁電流によって磁性体コア 1 1 に誘起された磁界が集中して漏洩するので、磁性体コア 1 1 の切り欠き部に磁気センサ 1 4 が備えられたことにより、励磁磁界を検出することができる。なお、切り欠きの間隔を狭くするほど大きな磁界が漏洩するため、切り欠きの間隔を狭くすることにより励磁磁界を精度よく計測することができる。

## 【 0 0 3 6 】

以上のように、実施の形態 1 による漏電センサ 1 は、被測定電流線 3 0 における漏電を検出する漏電センサ 1 であって、被測定電流線 3 0 が貫通された磁性体コア 1 1 と、磁性体コア 1 1 に巻き回された励磁コイル 1 2 と、磁性体コア 1 1 に巻き回された検出コイル 1 3 と、励磁コイル 1 2 から発生する励磁磁界を検出する磁気センサ 1 4 と、励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生する発振回路 1 7 と、磁気センサ 1 4 の出力および発振回路 1 7 の出力から制御信号を生成して出力するアンバランス判定回路 1 5 と、発振回路 1 7 の出力およびアンバランス判定回路 1 5 の出力をもとに励磁コイル 1 2 に励磁電流を印加する励磁回路 1 6 と、検出コイル 1 3 の出力電圧から励磁周波数の 2 倍の周波数の成分を取り出すフィルタ回路 1 8 と、フィルタ回路の出力を増幅する出力回路 1 9 とを備え、アンバランス判定回路 1 5 は、被測定電流線 3 0 に平衡電流が流れている状態において

40

50

磁気センサ 14 から取得した励磁磁界と励磁信号とから、被測定電流線 30 に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、励磁回路 16 は、制御信号をもとに励磁電流の正負いずれかの振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流に正負いずれかのオフセット電流を重畳するので、励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求され励磁磁界が正負で非対称となった場合における漏電の誤検出を抑制することができる。

#### 【0037】

実施の形態 2 .

図 13 は、実施の形態 2 による漏電センサ 1 a および電路保護システムの構成を示す図である。図 13 に示す実施の形態 2 による漏電センサ 1 a を図 6 に示す実施の形態 1 による漏電センサ 1 と比較すると、アンバランス判定回路 15 がアンバランス判定回路 15 a になっており、励磁回路 16 が励磁回路 16 a になっており、出力回路 19 が出力回路 19 a になっている。実施の形態 2 による漏電センサ 1 a の他の構成は、実施の形態 1 による漏電センサ 1 の構成と同じである。また、リレーユニット 20 および保護回路 21 も、実施の形態 1 と同じである。

10

#### 【0038】

励磁回路 16 a は、発振回路 17 からの励磁信号をもとに励磁コイル 12 に励磁電流を印加する。アンバランス判定回路 15 a は、被測定電流線 30 に平衡電流が流れている状態、すなわち、被測定電流線 30 に漏電が発生していない状態において、磁気センサ 14 から取得した励磁磁界の正負の非対称性を判定し、判定した非対称性に応じた制御信号を出力回路 19 a に出力する。なお、アンバランス判定回路 15 a は、漏電センサ 1 a において漏電を検出しているときには励磁磁界の波形の正負の非対称性を判定しない。出力回路 19 a は、アンバランス判定回路 15 a の出力である制御信号をもとにフィルタ回路 18 の出力を補正して補正出力を求め、補正出力をセンサ定格に応じて設定した倍率で増幅して出力する。

20

#### 【0039】

図 14 は、実施の形態 2 におけるアンバランス判定回路 15 a の動作を説明するフローチャートである。ステップ S 21 では、アンバランス判定回路 15 a は、磁気センサ 14 の出力と発振回路 17 の出力とを取得して、ステップ S 22 およびステップ S 25 に進む。ステップ S 22 では、アンバランス判定回路 15 a は、磁気センサ 14 の出力の正の振幅と負の振幅を取得し、ステップ S 23 に進む。ステップ S 23 では、アンバランス判定回路 15 a は、磁気センサ 14 の出力の正の振幅と負の振幅との差がしきい値以下かどうかを判断する。正の振幅と負の振幅との差がしきい値以下の場合はステップ S 28 に進み、正の振幅と負の振幅との差がしきい値を超える場合はステップ S 24 に進む。ステップ S 24 では、アンバランス判定回路 15 a は、出力回路 19 a がフィルタ回路 18 の出力を補正するための補正值を生成し、ステップ S 28 に進む。ステップ S 24 では、磁気センサ 14 の出力の正の振幅と負の振幅との差の値に応じて出力回路 19 a の出力がどのように変化するかをあらかじめ測定し、それらの変化を補正するための補正值を記憶装置に保存し、アンバランス判定回路 15 a が正の振幅と負の振幅との差の大きさに応じた補正值を記憶装置から読み出してもよい。また、ステップ S 24 では、アンバランス判定回路 15 a は、例えば、出力回路 19 a の出力を 0 にするような補正值を生成してもよい。

30

40

#### 【0040】

ステップ S 25 では、アンバランス判定回路 15 a は、励磁信号の 1 周期分の磁気センサ 14 の出力信号に対して高速フーリエ変換すなわち FFT の処理を行い、励磁周波数に対する整数次高調波を取得し、ステップ S 26 に進む。ステップ S 26 では、アンバランス判定回路 15 a は、ステップ S 25 で求めた整数次高調波の特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値以下かどうかを判断する。特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値以下の場合はステップ S 28 に進み、特定の次数の高調波成分の大きさがしきい値を超える場合はステップ S 27 に進む。ステップ S 27 では、アンバランス判定回路 15 a は、出力回路 19 a がフィルタ回路 18 の出力を補正するための補正值を生成し、ステップ S 2

50

8に進む。ステップS27では、磁気センサ14の出力をFFT処理した特定の次数の高調波成分の値に応じて出力回路19aの出力がどのように変化するかをあらかじめ測定し、それらの変化を補正するための補正値を記憶装置に保存し、アンバランス判定回路15aが高調波成分の大きさに応じた補正値を記憶装置から読み出してもよい。また、ステップS27では、アンバランス判定回路15aは、例えば、出力回路19aの出力を0にするような補正値を生成してもよい。

#### 【0041】

ステップS28では、アンバランス判定回路15aは、ステップS24およびステップS27の少なくともいずれか一方で補正値が生成されているかを確認し、補正値が生成されている場合は補正値を制御信号として出力回路19aに出力し、アンバランス判定回路15aの動作を終了する。アンバランス判定回路15aから制御信号を受け取った出力回路19aは、補正値をもとにフィルタ回路18の出力を補正した補正出力を求め、補正出力をセンサ定格に応じて設定した倍率で増幅して出力する。出力回路19aは、例えば、フィルタ回路18の出力に補正値を加算する、あるいは、フィルタ回路18の出力に補正値を乗算することによって、補正出力を求める。

#### 【0042】

以上のように、実施の形態2による漏電センサ1aは、被測定電流線30における漏電を検出する漏電センサ1aであって、被測定電流線30が貫通された磁性体コア11と、磁性体コア11に巻き回された励磁コイル12と、磁性体コア11に巻き回された検出コイル13と、励磁コイル12から発生する励磁磁界を検出する磁気センサ14と、励磁周波数を基本周波数とする励磁信号を発生する発振回路17と、磁気センサ14の出力および発振回路17の出力から制御信号を生成して出力するアンバランス判定回路15aと、発振回路17の出力をもとに励磁コイル12に励磁電流を印加する励磁回路16aと、検出コイル13の出力電圧から励磁周波数の2倍の周波数の成分を取り出すフィルタ回路18と、フィルタ回路の出力を増幅する出力回路19aとを備え、アンバランス判定回路15aは、被測定電流線30に平衡電流が流れている状態において磁気センサ14から取得した励磁磁界と励磁信号とから、被測定電流線30に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、出力回路19aは、制御信号をもとにフィルタ回路18の出力を補正して補正出力を求め、補正出力を増幅して出力するので、励磁電流に大きい電流と高い周波数が要求され励磁磁界が正負で非対称となった場合における漏電の誤検出を抑制することができる。

#### 【0043】

図15は、実施の形態1におけるアンバランス判定回路15および実施の形態2におけるアンバランス判定回路15aのハードウェアの一例を示す模式図である。アンバランス判定回路15、15aは、メモリ50に記憶されたプログラムを実行するCPU(Central Processing Unit)等のプロセッサ40によって実現される。メモリ50は、プロセッサ40が実行する各処理における一時記憶装置としても使用される。また、複数の処理回路が連携して上記機能を実行してもよい。さらに、専用のハードウェアによって上記機能を実現してもよい。

#### 【0044】

専用のハードウェアによって上記機能を実現する場合は、専用のハードウェアは、例えば、単一回路、複回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)、または、これらを組み合わせたものである。プロセッサ40およびメモリ50によって上記機能を実現する場合は、プロセッサ40はCPUであり、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP(Digital Signal Processor)など、あるいは、これらを組み合わせたものである。メモリ50は、例えば、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM(Erasable

10

20

30

40

50

Programmable ROM)などの不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、または、これらを組み合わせたものである。プロセッサ40およびメモリ50は、互いにバス接続されている。

【0045】

本願は、様々な例示的な実施の形態が記載されているが、1つまたは複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

したがって、例示されていない無数の変形例が、本願に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

10

【符号の説明】

【0046】

1、1a 漏電センサ、10 漏電検出部、11 磁性体コア、12 励磁コイル、13 検出コイル、14 磁気センサ、15、15a アンバランス判定回路、16、16a 励磁回路、17 発振回路、18 フィルタ回路、19、19a 出力回路、20 リレーユニット、21 保護回路、30 被測定電流線、40 プロセッサ、50 メモリ。

20

30

40

50

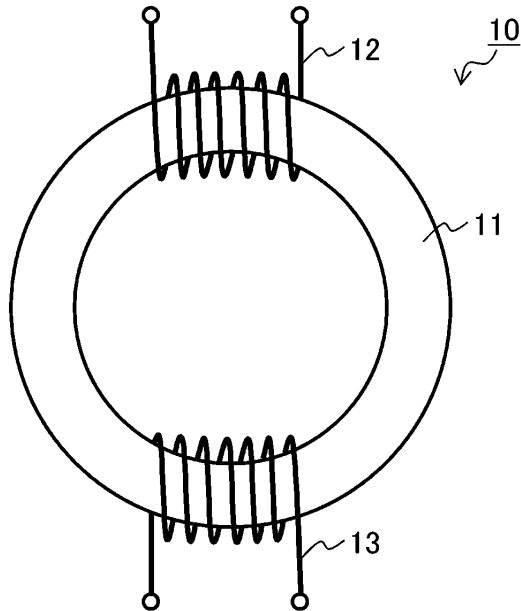
【要約】

励磁磁界が正負で非対称となった場合における漏電の誤検出を抑制する漏電センサである。アンバランス判定回路(15)は、被測定電流線(30)に平衡電流が流れている状態において磁気センサ(14)から取得した励磁磁界と励磁信号とから、被測定電流線(30)に平衡電流が流れている状態における励磁磁界の正負の非対称性を判定して制御信号を生成し、励磁回路(16)は、制御信号をもとに励磁電流の正負いずれかの振幅をもとの大きさよりも小さくするあるいは励磁電流に正負いずれかのオフセット電流を重畳する。

【図面】

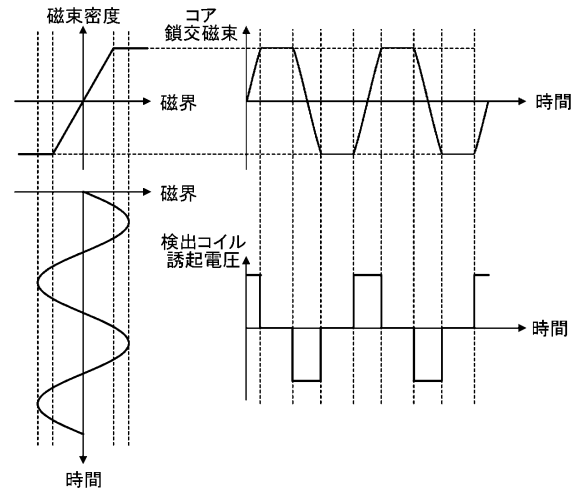
【図1】

図1



【図2】

図2

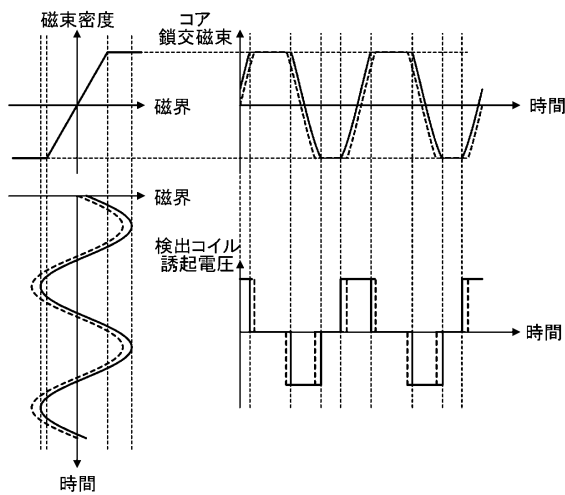


10

20

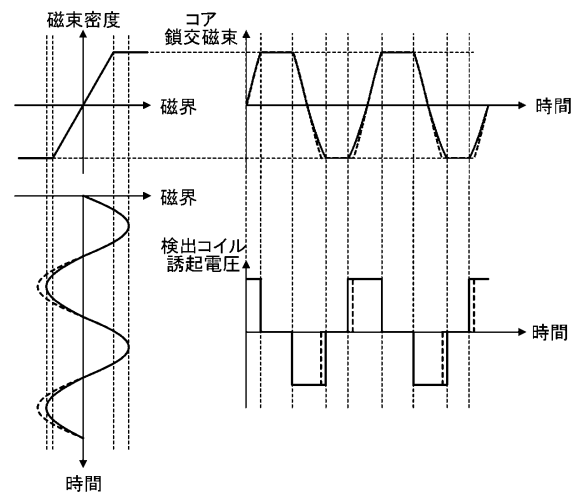
【図3】

図3



【図4】

図4



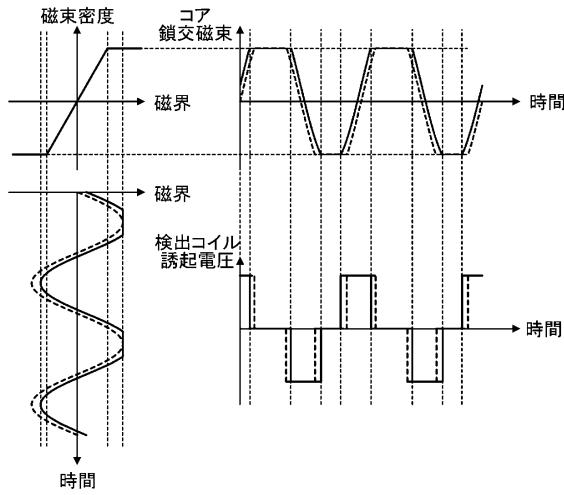
30

40

50

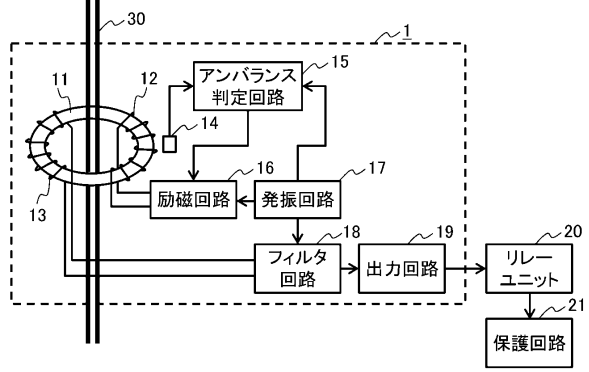
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

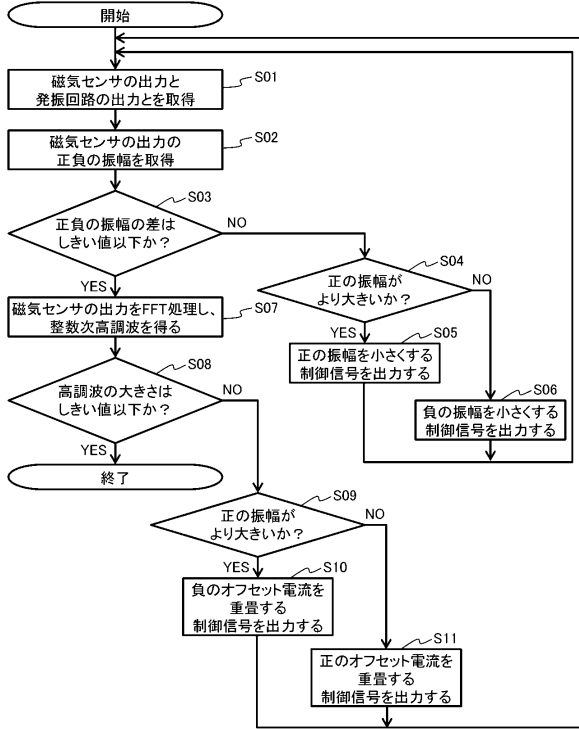
図6



10

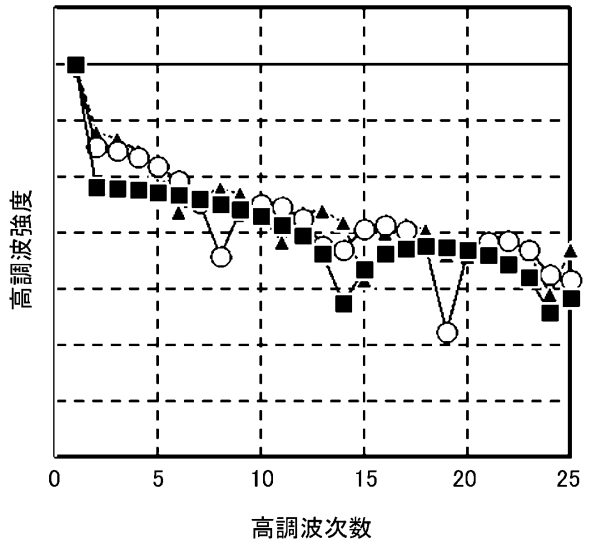
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



20

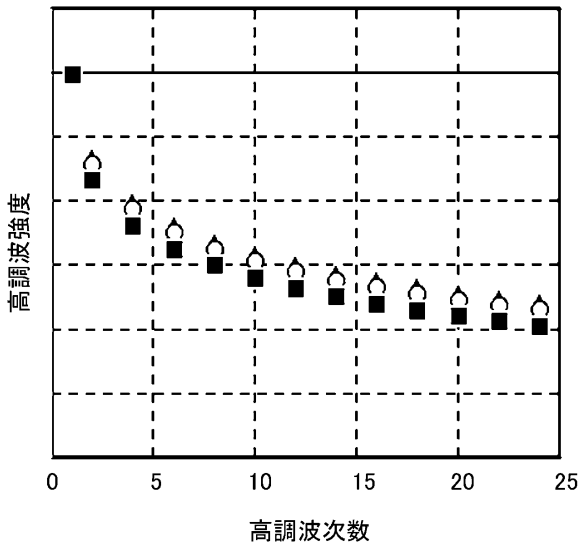
30

40

50

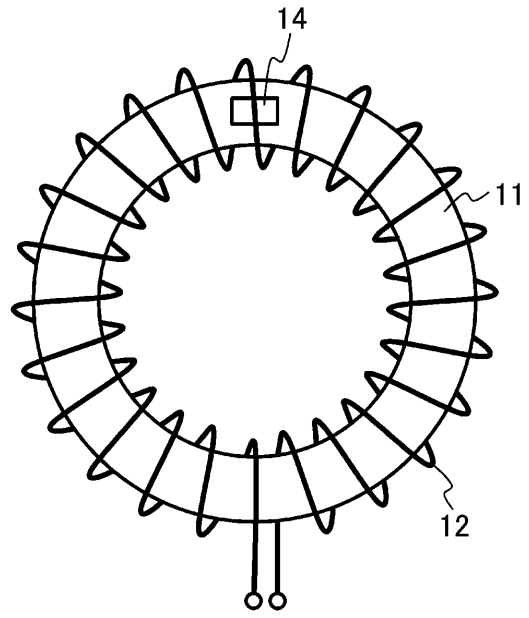
【図 9】

図9



【図 10】

図10

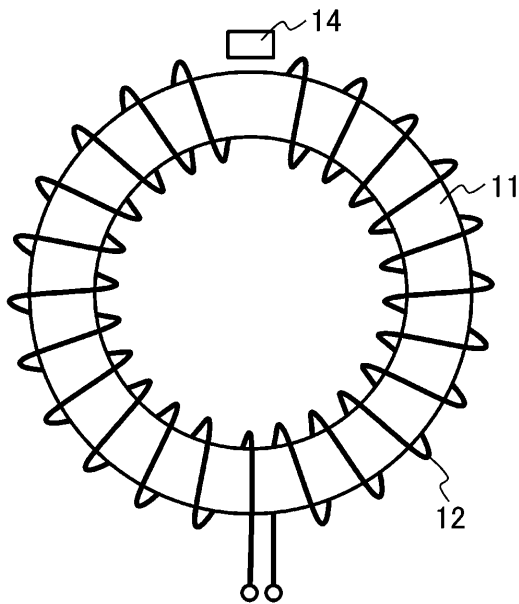


10

20

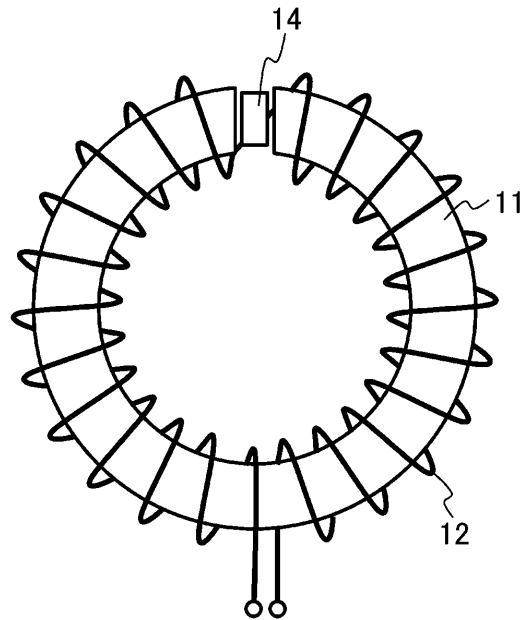
【図 11】

図11



【図 12】

図12



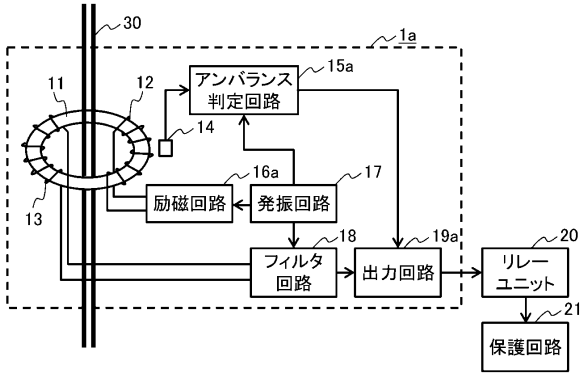
30

40

50

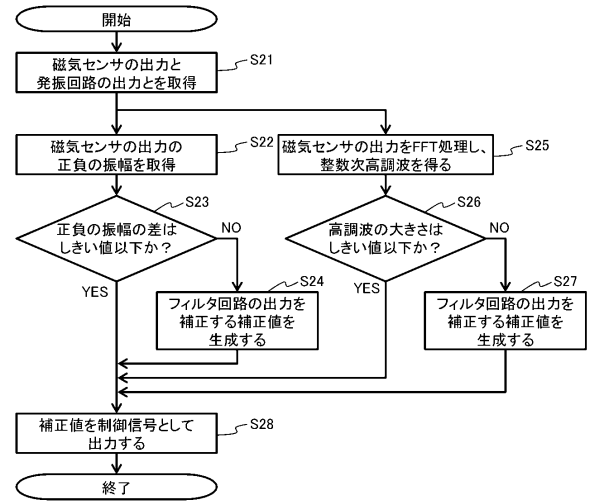
【図13】

図13



【図14】

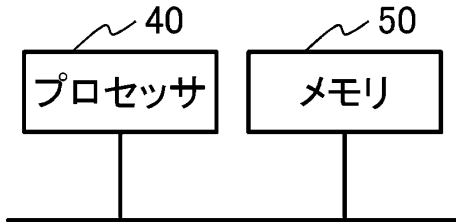
図14



10

【図15】

図15



20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2019-12004(JP,A)  
特開2014-235086(JP,A)  
特開2013-61322(JP,A)  
特開2018-91626(JP,A)  
特開2015-68725(JP,A)  
特開2015-194508(JP,A)  
特開平6-201731(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
IPC G01R 31/50 - 31/74、  
15/00 - 17/22、  
27/00 - 27/32、  
33/00 - 33/26