

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年9月19日(19.09.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/137253 A1

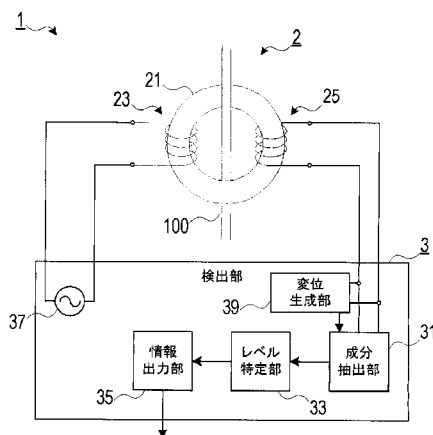
- (51) 国際特許分類:
G01R 15/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/056812
- (22) 国際出願日: 2013年3月12日(12.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-054623 2012年3月12日(12.03.2012) JP
特願 2013-048214 2013年3月11日(11.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社フェローテック (FERROTEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1030027 東京都中央区日本橋二丁目3番4号 日本橋プラザビル Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 八田 貴幸 (HACHIDA, Takayuki); 〒1030027 東京都中央区日本橋二丁目3番4号 日本橋プラザビル 株式会社フェローテック内 Tokyo (JP). 廣田 泰文 (HIROTA, Yasutake); 〒1030027 東京都中央区日本橋二丁目3番4号 日本橋プラザビル 株式会社フェローテック内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 名古屋国際特許業務法人 (NAGOYA INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目20番19号 名神ビル Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CURRENT SENSOR, SENSOR ELEMENT, AND CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 電流センサ、センサ素子および制御装置

FIG.1



- 3 Detection unit
31 Component extraction unit
33 Level specification unit
35 Information output unit
39 Displacement generation unit

(57) Abstract: A current sensor according to the present invention comprises a sensor element and a detection unit. The sensor element is constituted by forming a magnetic material in an annular shape, and includes a detection coil, an excitation coil, and a core member in which permeability (μ) decreases from a vertex of a zero external magnetic field with respect to an external magnetic field that is changed by a detected signal which penetrates a detection area surrounded by the annular shape and the curvature of a curve increases with respect to an absolute value of the external magnetic field in a case where the change of the permeability (μ) is plotted in a coordinate system defined by the external magnetic field and the permeability (μ). When the detected signal flows in a case where an excitation signal that has a fundamental component is energized on the excitation coil, a signal, in which a harmonic component that corresponds to the permeability (μ) of the core member at that moment is superimposed with the fundamental component, is output from the detection coil. The detection unit includes a component extraction unit, a level specification unit, and an information output unit.

(57) 要約: 本発明の電流センサは、センサ素子と検出部とを備える。前記センサ素子は、磁性材料を環状に形成してなり、該環状に囲まれた検出領域を貫通する被検出信号の影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場を頂点に透磁率 μ が減少していくと共に、該透磁率 μ の変化を「外部磁場—透磁率 μ で規定される座標系」にプロットした場合における曲線の曲率が外部磁場の絶対値に応じて大きくなる、といった特性を有するコア部材と、励磁コイルと、検出コイルと、を備え、前記励磁コイルに基本波成分からなる励磁信号を通電した状態で、被検出信号が流れると、その時点における前記コア部材の透磁率 μ に応じた高調波成分が前記基本波成分に重畳され

た信号が、前記検出コイルから出力されるように構成されている。前記検出部は、成分抽出部と、レベル特定部と、情報出力部と、を備えている。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：電流センサ、センサ素子および制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本国際出願は、2012年3月12日に日本国特許庁に出願された日本国特許出願第2012-054623号、及び、2013年3月11日に日本国特許庁に出願された日本国特許出願第2013-048214号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願第2012-054623号及び日本国特許出願第2013-048214の全内容を参照により本国際出願に援用する。

技術分野

[0002] 本発明は、被検出電線に流れる電流を検出する電流センサに関する。

背景技術

[0003] 従来、環状のコア部材に励磁コイルおよび検出コイルを巻回した電流センサでは、励磁信号を受けた検出コイル側で検出される信号レベルが、コア部材の環状領域を貫通する被検出電流の信号レベルにより変化するため、その変化に基づいて被検出電流を特定（検出）することが一般的である（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平10-010161号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、上記構成の電流センサは、被検出電流によりコア部材を飽和磁化密度 B_s 付近まで飽和させることで、励磁信号により正弦波として発生する磁束 B を歪ませ、その変化に応じた信号レベルを被検出電流の信号レベルとして特定する構成であるため、飽和磁化密度 B_s 付近に対応する狭い電流範囲の検出しかできない。

[0006] また、コア部材を飽和させられる程度まで被検出電流の信号レベルを向上させるべく、被検出信号の流れる電線をコア部材に数多く巻回する必要があるため、電流センサとして複雑かつ大規模なものとなりやすく、その用途に限られる。

[0007] 本願発明では、従来よりも広い電流範囲の検出をすることができる電流センサを提供することが望ましい。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第1局面は、センサ素子と検出部とを含む電流センサであって、前記センサ素子は、磁性材料を環状に形成してなり、該環状に囲まれた検出領域を貫通する被検出信号の影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場0を頂点に透磁率 μ が減少していくと共に、該透磁率 μ の変化を「外部磁場－透磁率 μ で規定される座標系」にプロットした場合における曲線の曲率が外部磁場の絶対値に応じて大きくなる、といった特性を有するコア部材と、前記コア部材に巻回され、該コア部材を励磁する励磁コイルと、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の検出に用いられる検出コイルと、を備え、前記励磁コイルに基本波成分からなる励磁信号を通電した状態で、前記被検出信号が流れると、その時点における前記コア部材の透磁率 μ に応じた高調波成分が前記基本波成分に重畳された信号が、前記検出コイルから出力されるように構成されている。

[0009] そして、前記検出部は、前記検出コイルの出力信号から、該出力信号に含まれる信号成分のうち、前記基本波成分に重畳されている高調波成分を抽出する成分抽出部と、前記出力信号に含まれる高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記成分抽出部に抽出された高調波成分に対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定するレベル特定部と、前記レベル特定部により特定された信号レベルを示す情報を外部へと出力する情報出力部と、を備えている。

[0010] この局面における電流センサによれば、コア部材には、被検出信号の信号

レベルに応じた磁束が重畳的に発生するが、コア部材そのものの特性によって、外部磁場 $H=0$ を頂点として透磁率が減少していくと共に、この外部磁場 H と透磁率 μ で規定される $\mu-H$ 曲線の曲率が外部磁場 H における絶対値の大きさに応じて大きくなっていく、といった特性を示すようになる。

[0011] この特性においては、 x 軸に磁場 H をとり、 y 軸に磁化 M の微分値としての透磁率 μ をとった $\mu-H$ 座標でみると、二次曲線上における任意の位置で x 軸に沿って振幅が変化する励磁信号に対し、 y 軸に沿って振幅が変化する検出コイルからの出力信号に、二次曲線の「曲がり具合」に応じた高調波成分が重畳されることとなるが、励磁信号の振幅中心が二次曲線上にあることから、磁場 $H=0$ 付近から飽和磁化に対応する磁場 H_s 付近までの広範囲にわたって、磁場 H に応じた固有の高調波成分が出力信号に重畳されることとなる。

[0012] つまり、上記構成では、飽和磁化に対応する磁場 H_s 付近の極狭い範囲だけでなく、磁場 $H=0$ 付近から磁場 H_s 付近までの広範囲にわたって、被検出信号の信号レベルを特定（検出）することができる。

[0013] また、この構成では、磁場 $H=0$ 付近に対応する小さな電流値から、磁場 H_s に対応する大きな電流値までを検出することができるため、被検出電流の信号レベルを向上させるべく電線をコア部材に数多く巻回する必要もなく、その結果、電流センサとして単純化・小型化を実現できるためにその用途も広い。

[0014] また、上記局面において、検出信号から高調波成分を抽出するための具体的な構成は特に限定されないが、例えば、以下に示す第2～第4局面のようにすることが考えられる。

第2局面のうち、前記センサ素子において、前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1, 第2コア部材からなり、前記励磁コイルは、前記第1, 第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記

検出コイルは、前記第 1, 第 2 コア部材それぞれに巻回された 2 つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。そして、前記検出部において、前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。

[0015] この局面では、励磁コイルそれぞれが逆位相で直列接続され、検出コイルそれぞれが同位相で直列接続されているため、励磁信号により発生する磁束から規則正しく増減する基本波成分（正弦波などの交流の信号成分；以下同様）が相殺される一方、歪みとして不規則に増減する高調波成分が強調されて出力されることになる。

[0016] これにより、直列接続された一組の検出コイルからの出力信号そのものを高調波成分として抽出し、ここから被検出信号の信号レベルを特定することができる。

また、第 3 局面のうち、前記センサ素子において、前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第 1, 第 2 コア部材からなり、前記励磁コイルは、前記第 1, 第 2 コア部材それぞれに巻回された 2 つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記検出コイルは、前記第 1, 第 2 コア部材へとまとめて巻回されてなる 1 つのコイルである。そして、前記検出部において、前記成分抽出部は、前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。

[0017] この局面では、励磁コイルそれぞれが逆位相で直列接続され、第 1, 第 2 コア部材を含むコアを一つのコア部材として検出コイルが第 1, 第 2 コア部材にまとめて巻回されているため、励磁信号により発生する磁束から規則正しく増減する基本波成分が相殺される一方、歪みとして不規則に増減する高調波成分が強調されて出力されることになる。

[0018] これにより、直列接続された一組の検出コイルからの出力信号そのものを高調波成分として抽出し、ここから被検出信号の信号レベルを特定すること

ができる。

そして、第4局面のうち、前記センサ素子において、前記検出コイルの出力信号に基づいて、該出力信号の位相を $1/2$ 周期ズラしてなる変位信号を生成する変位生成部、が備えられており、前記検出部において、前記成分抽出部は、前記検出コイルからの出力信号と、前記変位生成部により生成された変位信号と、を重畳してなる信号を前記高調波成分として抽出する。

[0019] この局面では、出力信号そのものと、出力信号の位相を $1/2$ 周期ズラした変位信号とを相殺することにより、出力信号の信号成分から規則正しく増減する基本波成分が除去される一方、歪みとして不規則に増減する高調波成分が強調された信号が抽出される。

[0020] これにより、高調波成分の強調された信号を抽出し、ここから被検出信号の信号レベルを特定することができる。

なお、上記第2～第4局面においては、高調波成分が強調されて出力されることから、その強調された高調波成分に基づいて、高調波成分と被検出信号の信号レベルとの対応関係を用意しておくことになる。

[0021] ところで、上記各局面では、コア部材における透磁率 μ が、外部磁場の影響だけでなく、温度環境の影響により変動することがある。そのため、そのような透磁率の変動に伴う高調波成分の意図しない変動を抑制し、本構成における電流センサとしての精度を高める意味では、温度環境の影響を受けにくくすることが望ましい。

[0022] 例えば、温度環境の影響が透磁率 μ に起因するものであることに照らすと、この透磁率 μ の影響を受けないようにすることが考えられ、そのための具体的な構成としては、例えば、以下に示す第5局面のようにすることが考えられる。

[0023] 第5局面のうち、前記センサ素子においては、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の变化を相殺させるためのキャンセル信号が通電されるキャンセルコイル、が備えられ、前記キャンセルコイルに通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検

出コイルからの出力信号に重畳された高調波成分を変化させるように構成されている。

[0024] そして、前記検出部には、前記キャンセルコイルへのキャンセル信号の通電を制御するキャンセル制御部、が備えられ、前記キャンセル制御部は、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が小さくなるよう、前記キャンセル信号の信号レベルをフィードバック制御して、前記レベル特定部は、前記キャンセル制御部によるフィードバック制御が開始された以降、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が所定のしきい値未満となった際に、前記キャンセル信号の信号レベルに応じて相殺される前記高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルにつき、該キャンセル信号の信号レベルに対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定する。

[0025] この局面では、被検出信号による外部磁場の変化を、キャンセル信号のフィードバック制御により相殺させ、そうして相殺させたキャンセル信号の信号成分に基づいて被検出信号の信号レベルを特定している。

[0026] キャンセル信号は、検出コイルと同じコア部材に巻回されたキャンセルコイルから出力されるものであり、検出コイルからの出力信号と同じ外部磁場および温度環境の影響を受ける。そのため、キャンセル信号の信号レベルを変化させて被検出信号による外部磁場の変化を相殺させたということは、被検出信号の信号レベルに対応する信号レベルがキャンセル信号によって再現されたということであり、このキャンセル信号の信号レベルが、被検出信号の信号レベルに対応するものになっていることを意味する。

[0027] こうして、被検出信号による外部磁場の変化をキャンセル信号で相殺することにより、外部磁場の変化を相殺したキャンセル信号の信号レベルを、透磁率 μ および温度環境の影響が排除され、かつ、被検出信号に対応する信号成分として取り扱えるようになる。

[0028] こうして、被検出信号による外部磁場の変化を、キャンセル信号のフィードバック制御により相殺させることにより、そうして相殺させたキャンセル信号の信号成分に基づいて被検出信号の信号レベルを特定することができる。

[0029] なお、この第5局面においては、上述した局面のように、コア部材を、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1,第2コア部材を含むものとした場合、以下に示す第6～9局面のように、キャンセルコイルをコア部材に巻回するようにするとよい。

[0030] 第6局面のうち、前記センサ素子において、前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0031] 一方、前記検出部において、前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。さらに、前記センサ素子において、前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0032] また、第7局面のうち、前記センサ素子において、前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。そして、前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。さらに、前記センサ素子において、前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである。

[0033] また、第8局面のうち、前記センサ素子において、前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである。そして、前記検出部において、前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。さらに、前記センサ素子において、前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0034] そして、第9局面のうち、前記センサ素子において、前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである。そして、前記検出部において、前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する。さらに、前記センサ素子において、前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである。

[0035] これら局面であれば、第1,第2コア部材それぞれを介して、キャンセル信号により外部磁場を変化させることができる。

また、上記課題を解決するため第10局面に係るセンサ素子は、磁性材料を環状に形成してなり、該環状に囲まれた検出領域を貫通する被検出信号の

影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場 0 を頂点に透磁率 μ が減少していくと共に、該透磁率 μ の変化を「外部磁場－透磁率 μ で規定される座標系」にプロットした場合における曲線の曲率が外部磁場の絶対値に応じて大きくなる、といった特性を有するコア部材と、前記コア部材に巻回され、該コア部材を励磁する励磁コイルと、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の検出に用いられる検出コイルと、を備え、前記励磁コイルに基本波成分からなる励磁信号を通电した状態で、前記被検出信号が流れると、その時点における前記コア部材の透磁率 μ に応じた高調波成分が前記基本波成分に重畳された信号が、前記検出コイルから出力されるように構成されている。

[0036] このセンサ素子であれば、上記いずれかの局面に係る電流センサの一部を構成することができる。

この局面のうち、前記センサ素子においては、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通电されるキャンセルコイル、が備えられ、前記キャンセルコイルに通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検出コイルからの出力信号に重畳された高調波成分が変化する、といった第 1 局面（請求項 1 1）を採用してもよい。

[0037] また、上記課題を解決するため第 1 2 局面に係る制御装置は、上記第 1 ～第 9 のいずれかの構成に係るセンサ素子と接続される制御装置であって、前記検出コイルの出力信号から、該出力信号に含まれる信号成分のうち、前記基本波成分に重畳されている高調波成分を抽出する成分抽出部と、前記出力信号に含まれる高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記成分抽出部に抽出された高調波成分に対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定するレベル特定部と、前記レベル特定部により特定された信号レベルを示す情報を外部へと出力する情報出力部と、を備えている。

[0038] このセンサ素子であれば、上記第 1 ～第 9 のいずれかの局面に係る電流セ

ンサの一部を構成することができる。

この局面のうち、前記センサ素子が、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通電されるキャンセルコイル、を備え、前記キャンセルコイルに通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検出コイルからの出力信号に重畳された高調波成分を変化させるように構成されている場合には、以下に示す第13局面のようにするとよい。

[0039] 第13局面では、前記キャンセルコイルへのキャンセル信号の通電を制御するキャンセル制御部、が備えられ、前記キャンセル制御部は、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が小さくなるよう、前記キャンセル信号の信号レベルをフィードバック制御して、前記レベル特定部は、前記キャンセル制御部によるフィードバック制御が開始された以降、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が所定のしきい値未満となった際に、前記キャンセル信号の信号レベルに応じて相殺される前記高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルにつき、該キャンセル信号の信号レベルに対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定する。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]第1実施形態における電流センサの全体構成を示すブロック図である。

[図2A-2D]図2Aは、コア部材の有する特性を示すグラフ（外部磁場Hに対する磁化Mの変化で規定されるM-H曲線）である。図2Bは、コア部材の有する特性を示すグラフ（外部磁場Hに対する磁化Mの変化で規定されるM-H曲線；図2Aにおける低磁場域を拡大したもの）である。図2Cは、コア部材の有する特性を示すグラフ（外部磁場Hと透磁率 μ で規定される μ -H曲線）である。図2Dは、コア部材の有する特性を示すグラフ（外部磁場Hと透磁率 μ で規定される μ -H曲線；図2Cにおける低磁場域を拡大したもの）である。

[図3]第2実施形態における電流センサの全体構成を示すブロック図である。

[図4]別の実施形態におけるセンサ素子を示す斜視図である。

[図5]第3実施形態における電流センサの全体構成を示すブロック図である。

[図6]第3実施形態の構成における処理を示すフローチャートである。

[図7]第4実施形態における電流センサの全体構成を示すブロック図である。

[図8A-8C]図8A、図8B、及び図8Cは、別の実施形態におけるセンサ素子を示す斜視図である。

符号の説明

[0041] 1…電流センサ、2…センサ素子、3…検出部、21…コア部材、23…励磁コイル、25…検出コイル、31…成分抽出部、33…レベル特定部、35…情報出力部、37…信号源、39…変位生成部、51…キャンセルコイル、60…キャンセル制御部、61…比較器、63…積分器、65…レベル演算器、67…レベル制御回路、100…被検出電線。

発明を実施するための形態

[0042] 以下に本発明の実施形態を図面と共に説明する。

(1) 第1実施形態

本実施形態における電流センサ1は、図1に示すように、センサ素子2と検出部3とを備える。

[0043] まず、センサ素子2は、磁性材料を環状に形成してなるコア部材21と、コア部材21に巻回され、コア部材21を励磁する励磁コイル23と、コア部材21に巻回され、被検出信号の検出に用いられる検出コイル25と、を備えている。

[0044] これらのうち、コア部材21は、環状に囲まれた検出領域に被検出電線100を貫通させ、ここに被検出信号を導通させた場合に、この被検出信号の影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場0を頂点に透磁率 μ が減少していく、といった特性を有する部材により形成されている。なお、透磁率 μ は、下記の式1のように、外部磁場Hに対する磁化Mの変化で規定されるM-H曲線（図2A、図2B参照）の傾き（つまり磁化Mの磁場Hによる微分値）

に基づいて表現した値となる。

[0045] [数1]

$$\chi_i = \frac{dM}{dH} = \frac{\mu}{k'T} M_s \cdot A \quad \cdots \text{ (式1)}$$

k' : ボルツマン定数に任意の係数を乗じたもの

T : 絶対温度

M_s : 飽和磁化

A : 係数

このような磁性部材としては、例えば、本願出願人による特願2010-215871号に記載の磁性部材を採用することが考えられる。この磁性部材は、図2C、図2Dに示すように、外部磁場 $H=0$ を頂点として透磁率が減少していくと共に、この外部磁場 H と透磁率 μ で規定される $\mu-H$ 曲線の曲率が外部磁場 H における絶対値の大きさに応じて大きくなっていく、といった特性を特徴としている。

[0046] このように構成されたセンサ素子2では、励磁コイル23に基本波成分からなる励磁信号を通电した状態で、被検出電線100に被検出信号が流れると、その時点におけるコア部材21の透磁率 μ に応じた高調波成分が基本波成分に重畳された信号が、検出コイル25から出力されるように構成されている。

[0047] 一方、検出部3は、センサ素子2（の検出コイル25）からの出力信号に基づいて被検出信号の信号レベルを特定すべく、各種信号の入出力を行う制御装置であり、検出コイル25の出力信号に含まれる信号成分のうち、基本波成分に重畳されている高調波成分を抽出する成分抽出部31と、成分抽出部31に抽出された高調波成分に対応する信号レベルをその時点における被検出信号の信号レベルとして特定するレベル特定部33と、レベル特定部33により特定された信号レベルを示す情報を外部へと出力する情報出力部35と、励磁コイル23への通电を行う信号源37と、を備えている。

[0048] これらのうち、レベル特定部33は、出力信号に含まれる高調波成分、

および、この高調波成分が発生する場合における被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、被検出信号の信号レベルを特定する。

[0049] なお、高調波成分に応じて、被検出電流の信号レベルがどのような値になるかについては、実際はコア部材 10 と被検出電線 100 との位置関係により異なる（アンペールの法則、ビオサバールの法則などにより規定される）ため、これら位置関係により定められたものが使用される。

[0050] また、信号源 37 は、交流信号（本実施形態では正弦波信号）により励磁コイル 23 への通電を行い、この信号における交流成分がコア部材 21 を介して基本波成分となり、検出コイル 25 によって検出されることとなる。

[0051] また、検出部 3 には、検出コイル 25 の出力信号に基づいて、この出力信号の位相を $1/2$ 周期ズラしてなる変位信号を生成する変位生成部 39、が備えられており、成分抽出部 31 は、検出コイル 25 からの出力信号と、変位生成部 39 により生成された変位信号と、を重畳してなる信号を高調波成分として抽出する。

[0052] ここで、変位生成部 39 は、例えば、出力信号をデジタル信号に変換してからデータ処理にて変位信号を生成する構成としてもよいし、遅延回路にて $1/2$ 周期ズラした変位信号を生成する構成としてもよい。

（２）第２実施形態

本実施形態における電流センサ 1 は、図 3 に示すように、同一の被検出電線 100 がそれぞれの検出領域に流れるように配置された 2 つのコア部材 21 を備え、コア部材 21 それぞれに励磁コイル 23 および検出コイル 25 が巻回されていること、および、変位生成部 39 が備えられていないこと、が第 1 実施形態との相違点となっている。

[0053] この構成において、励磁コイル 23 それぞれは、直列接続されており、一方の励磁コイル 23 に流れる信号と他方の励磁コイル 23 に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係となっている。

[0054] また、検出コイル 25 それぞれは、直列接続されており、一方の検出コイ

ル 25 に流れる信号と他方の検出コイル 25 に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係となっている。

[0055] そして、検出部 3 の成分抽出部 31 は、直列接続された検出コイル 25 からの出力信号そのものを高調波成分として抽出するように構成されている。

なお、この実施形態において、検出コイル 25 は、図 4 に示すように、第 1, 第 2 コア部材 21 で構成されるコアを一つのコア部材として、これら第 1, 第 2 コア部材 21 にまとめて巻回されたものとしてもよい。

(3) 第 3 実施形態

本実施形態における電流センサ 1 は、図 5 に示すように、センサ素子 2 にキャンセルコイル 51 が巻回されている点、検出部 3 にキャンセル制御部 60 が備えられている点が、他の実施形態に対して相違する構成となっているため、この相違点を中心に詳述する。

[0056] センサ素子 2 におけるキャンセルコイル 51 は、コア部材 21 に巻回されており、被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通電される。

こうして、センサ素子 2 は、キャンセルコイル 51 に通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場を変化させることにより、検出コイル 25 から出力される信号に重畳される高調波成分を変化させられるように構成されている。

[0057] 検出部 3 のキャンセル制御部 60 は、キャンセルコイル 51 へのキャンセル信号の通電を制御するものであり、成分抽出部 31 に抽出される高調波成分が小さくなるよう、キャンセル信号の信号レベルをフィードバック制御するように構成されている。

[0058] このキャンセル制御部 60 は、成分抽出部 31 に検出された高調波成分（の信号レベル）をメモリにあらかじめ格納された目標値（本実施形態では「0」）と比較しその偏差を出力する比較器 61、比較器 61 に出力された偏差を積分してその積分値を出力する積分器 63、積分器 63 に出力された積分値に基づいてキャンセル信号の信号レベルを演算するレベル演算器 65、

キャンセルコイル 51 へのキャンセル信号の通電を行うと共にその信号レベルをレベル演算器 65 の演算結果に応じて制御するレベル制御回路 67 などを備える。

[0059] これらのうち、レベル演算器 65 は、積分器 63 から出力された積分値の正負により、キャンセル信号の信号レベルとしてそれ以前よりも一定値だけ増減させた信号レベルを演算する。なお、ここでは、演算器 63 からの積分値を「0」とするために必要なキャンセル信号の信号レベルを直接演算するように構成してもよい。

[0060] また、この構成において、検出部 3 のレベル特定部 33 は、キャンセル制御部 60 における比較器 61 の出力をチェックしており、比較器 61 に出力された偏差が所定のしきい値未満（例えば「0」）、つまり高調波成分が目標値と一致したと認定される場合に、そうして高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルをレベル演算器 65 から取得し、これに基づいてその時点における被検出信号の信号レベルを特定する。

[0061] 具体的には、キャンセル信号の信号レベルに応じて相殺される前記高調波成分、および、その高調波成分が発生する場合における被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係（データテーブルや計算式で規定）に基づいて、高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルに対応する信号レベルを、その時点における被検出信号の信号レベルとして特定する。

[0062] 本実施形態において、「高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベル」は、演算器 63 からの積分値「0」に基づいてレベル演算器 65 が演算を行う前に、レベル特定部 33 がレベル演算器 65 の演算値をチェックすることで、この演算値を該当の信号レベルとして取得している。ただ、レベル演算器 65 による演算値を時系列で記憶できるように構成しておき、高調波成分がしきい値未満となった際の演算に用いられた演算値を、該当の信号レベルとして取得することとしてもよい。

[0063] この実施形態においては、検出部 3（成分抽出部 31、信号源 37、レベ

ル制御回路 6 7、情報出力部 3 5 を除く各構成要素) による処理および演算がハードウェア構成により実現されるように構成されているが、これら処理および演算は、ソフトウェアプログラムおよびこれを実行するマイコンにより実現することとしてもよい。

[0064] 具体的には、マイコンとしての機能を有する検出部 3 に、以下に示すようなソフトウェアプログラムを実行させることが考えられる (図 6 参照)。なお、このプログラムは、あらかじめ検出部 3 のメモリに格納されていればよいが、各種記録媒体に記録した状態でユーザに提供したり、ネットワーク経由で電流センサ 1 のユーザに配信されるものとしてもよい。

[0065] まず、検出器 3 は、その動作開始以降、成分抽出部 3 1 からの出力値が目標値 (を中心とするしきい値未満の値) に到達したか否かをチェックし (s 1 1 0)、目標値に到達していなければ (s 1 1 0 : NO)、その目標値に基づいてレベル演算器 6 5 と同様の演算を行い (s 1 2 0)、この演算値に基づいてレベル制御回路 6 7 への制御指令を行う (s 1 3 0)、といった処理を繰り返し実施する。

[0066] そして、出力値が目標値に到達したら (s 1 1 0 : YES)、その到達に先立って上記 s 1 2 0 にて演算された演算値を取得し (s 1 4 0)、こうして取得した演算値に基づいてレベル特定部 3 3 と同様に該当信号レベルを特定して (s 1 5 0)、その特定した信号レベルの情報を外部へと出力する (s 1 6 0)。この後は、プロセスが s 1 1 0 へと戻り、以降、s 1 1 0 ~ s 1 6 0 が繰り返し実施される。

(4) 第 4 実施形態

本実施形態における電流センサ 1 は、主として、図 7 に示すように、コア部材がそれぞれ検出領域を貫通する方向に沿って配置された第 1、第 2 コア部材 2 1 で構成される点、変位生成部 3 9 が備えられていない点が、第 3 実施形態に対して相違する構成となっているため、この相違点を中心に詳述する。

[0067] センサ素子 2 における励磁コイル 2 3 は、第 1、第 2 コア部材 2 1 それぞれ

に巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0068] また、検出コイル25は、第1,第2コア部材21それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0069] また、キャンセルコイル51は、第1,第2コア部材21それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている。

[0070] そして、検出部3において、成分抽出部31は、直列接続された検出コイル25からの出力信号そのものを高調波成分として抽出するように構成されている。

なお、この実施形態において、検出コイル25は、図8Aに示すように、第1,第2コア部材21で構成されるコアを一つのコア部材として、これら第1,第2コア部材21にまとめて巻回されたものとしてもよい。

[0071] また、キャンセルコイル51は、図8Bに示すように、第1,第2コア部材21で構成されるコアを一つのコア部材として、これら第1,第2コア部材21にまとめて巻回されたものとしてもよい。さらに、この場合には、図8Cに示すように、検出コイル25についても、第1,第2コア部材21にまとめて巻回されている構成としてもよい。

(3) 作用効果

このように構成された電流センサ1によれば、コア部材21には、被検出信号の信号レベルに応じた磁束が重畳的に発生するが、コア部材21そのものの特性によって、外部磁場 $H=0$ を頂点として透磁率 μ が減少していくと共に、この外部磁場 H と透磁率 μ で規定される $\mu-H$ 曲線の曲率が外部磁場 H における絶対値の大きさに応じて大きくなっていくため、 x 軸に磁場 H を

とり、 y 軸に透磁率 μ をとった $\mu-H$ 特性をみると、磁場 H に応じて二次曲線状に透磁率 μ が変化する特性を示すようになる。

[0072] この特性においては、二次曲線上における任意の位置で x 軸に沿って振幅が変化する励磁信号に対し、 y 軸に沿って振幅が変化する検出コイル 25 からの出力信号に、二次曲線の「曲がり具合」に応じた高調波成分が重畳されることとなるが、励磁信号の振幅中心が二次曲線上にあることから、磁場 $H=0$ 付近から飽和磁化に対応する磁場 H_s 付近までの広範囲にわたって、磁場 H に応じた固有の高調波成分が出力信号に重畳されることとなる。

[0073] つまり、上記構成では、飽和磁化に対応する磁場 H_s 付近の極狭い範囲だけでなく、磁場 $H=0$ 付近から磁場 H_s 付近までの広範囲にわたって、被検出信号の信号レベルを特定（検出）することができる。

[0074] また、この構成では、磁場 $H=0$ 付近に対応する小さな電流値から、磁場 H_s に対応する大きな電流値までを検出することができるため、被検出電流の信号レベルを向上させるべく被検出電線 100 をコア部材 21 に数多く巻回する必要もなく、その結果、電流センサとして単純化・小型化を実現できるようにその用途も広い。

[0075] また、第 1 実施形態における電流センサ 1 では、出力信号そのものと、出力信号の位相を $1/2$ 周期ズラした変位信号とを相殺することにより、出力信号の信号成分から規則正しく増減する基本波成分が除去される一方、歪みとして不規則に増減する高調波成分が強調された信号が抽出される。これにより、高調波成分の強調された信号を抽出し、ここから被検出信号の信号レベルを特定することができる。

[0076] なお、第 1 実施形態では、このように高調波成分が強調されて出力されることから、その強調された高調波成分に基づいて、被検出信号の信号レベルとの対応関係を用意しておくことになる。

[0077] また、第 2 実施形態における電流センサ 1 では、励磁コイル 23 それぞれが逆位相で直列接続され、検出コイル 25 それぞれが同位相で直列接続されているため、励磁信号により発生する磁束から規則正しく増減する基本波成

分が相殺される一方、歪みとして不規則に増減する高調波成分が強調されて出力されることになる。なお、この点については、励磁コイル23それぞれが逆位相で直列接続され、第1,第2コア部材21で構成されるコアを一つのコア部材として検出コイル25が第1,第2コア部材21にまとめて巻回されている構成とした場合も同様である。

[0078] これにより、直列接続された一組の検出コイル25からの出力信号そのものを高調波成分として抽出し、ここから被検出信号の信号レベルを特定することができる。

なお、第2実施形態では、このように高調波成分が強調されて出力されることから、その強調された高調波成分に基づいて、被検出信号の信号レベルとの対応関係を用意しておくことになる。

[0079] また、第3,第4実施形態における電流センサ1では、第1,第2コア部材21それぞれを介して、キャンセル信号により外部磁場を変化させることができる。

また、これら電流センサ1では、被検出信号による外部磁場の変化を、キャンセル信号のフィードバック制御により相殺させ、そうして相殺させたキャンセル信号の信号成分に基づいて被検出信号の信号レベルを特定している。

[0080] キャンセル信号は、検出コイルと同じコア部材に巻回されたキャンセルコイルから出力されるものであり、検出コイルからの出力信号と同じ外部磁場および温度環境の影響を受ける。そのため、キャンセル信号の信号レベルを変化させて被検出信号による外部磁場の変化を相殺させたということは、被検出信号の信号レベルに対応する信号レベルがキャンセル信号によって再現されたということであり、このキャンセル信号の信号レベルが、被検出信号の信号レベルに対応するものになっていることを意味する。

[0081] こうして、被検出信号による外部磁場の変化をキャンセル信号で相殺することにより、外部磁場の変化を相殺したキャンセル信号の信号レベルを、透磁率 μ および温度環境の影響が排除され、かつ、被検出信号に対応する信号

成分として取り扱えるようになる。

- [0082] こうして、被検出信号による外部磁場の変化を、キャンセル信号のフィードバック制御により相殺させることにより、そうして相殺させたキャンセル信号の信号成分に基づいて被検出信号の信号レベルを特定することができる。

請求の範囲

[請求項1]

センサ素子と検出部とを含む電流センサであって、

前記センサ素子は、

磁性材料を環状に形成してなり、該環状に囲まれた検出領域を貫通する被検出信号の影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場0を頂点に透磁率 μ が減少していくと共に、該透磁率 μ の変化を「外部磁場－透磁率 μ で規定される座標系」にプロットした場合における曲線の曲率が外部磁場の絶対値に応じて大きくなる、といった特性を有するコア部材と、

前記コア部材に巻回され、該コア部材を励磁する励磁コイルと、

前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の検出に用いられる検出コイルと、を備え、

前記励磁コイルに基本波成分からなる励磁信号を通电した状態で、前記被検出信号が流れると、その時点における前記コア部材の透磁率 μ に応じた高調波成分が前記基本波成分に重畳された信号が、前記検出コイルから出力されるように構成されており、

前記検出部は、

前記検出コイルの出力信号から、該出力信号に含まれる信号成分のうち、前記基本波成分に重畳されている高調波成分を抽出する成分抽出部と、

前記出力信号に含まれうる高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記成分抽出部に抽出された高調波成分に対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定するレベル特定部と、

前記レベル特定部により特定された信号レベルを示す情報を外部へと出力する情報出力部と、を備えている

ことを特徴とする電流センサ。

[請求項2]

前記センサ素子においては、

前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通電されるキャンセルコイル、が備えられ、

前記キャンセルコイルに通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検出コイルからの出力信号に重畳される高調波成分を変化させるように構成されており、

前記検出部には、

前記キャンセルコイルへのキャンセル信号の通電を制御するキャンセル制御部、が備えられ、

前記キャンセル制御部は、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が小さくなるよう、前記キャンセル信号の信号レベルをフィードバック制御して、

前記レベル特定部は、前記キャンセル制御部によるフィードバック制御が開始された以降、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が所定のしきい値未満となった際に、前記キャンセル信号の信号レベルに応じて相殺される前記高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルにつき、該キャンセル信号の信号レベルに対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定する

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]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1、第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1、第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位

相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出して、

さらに、前記センサ素子において、

前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている

ことを特徴とする請求項2に記載の電流センサ。

[請求項4]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1,第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号

そのものを前記高調波成分として抽出して、

さらに、前記センサ素子において、

前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである

ことを特徴とする請求項2に記載の電流センサ。

[請求項5]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1,第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルであり、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出して、

さらに、前記センサ素子において、

前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められている

ことを特徴とする請求項2に記載の電流センサ。

[請求項6]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1,第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位

相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルであり、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出して、

さらに、前記センサ素子において、

前記キャンセルコイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルである

ことを特徴とする請求項2に記載の電流センサ。

[請求項7]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配置された第1,第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが同位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、直列接続された前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する

ことを特徴とする請求項1に記載の電流センサ。

[請求項8]

前記センサ素子において、

前記コア部材は、それぞれ前記検出領域を貫通する方向に沿って配

置された第1,第2コア部材からなり、

前記励磁コイルは、前記第1,第2コア部材それぞれに巻回された2つが直列接続され、一方に流れる信号と他方に流れる信号とが逆位相かつ同一信号レベルとなるように、巻回される回数および位置関係が定められており、

前記検出コイルは、前記第1,第2コア部材へとまとめて巻回されてなる1つのコイルであり、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、前記検出コイルからの出力信号そのものを前記高調波成分として抽出する

ことを特徴とする請求項1に記載の電流センサ。

[請求項9]

前記センサ素子において、

前記検出コイルの出力信号に基づいて、該出力信号の位相を $1/2$ 周期ズラしてなる変位信号を生成する変位生成部、が備えられており、

前記検出部において、

前記成分抽出部は、前記検出コイルからの出力信号と、前記変位生成部により生成された変位信号と、を重畳してなる信号を前記高調波成分として抽出する

ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の電流センサ。

[請求項10]

磁性材料を環状に形成してなり、該環状に囲まれた検出領域を貫通する被検出信号の影響で変化する外部磁場に応じて外部磁場0を頂点に透磁率 μ が減少していくと共に、該透磁率 μ の変化を「外部磁場－透磁率 μ で規定される座標系」にプロットした場合における曲線の曲率が外部磁場の絶対値に応じて大きくなる、といった特性を有するコア部材と、

前記コア部材に巻回され、該コア部材を励磁する励磁コイルと、

前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の検出に用いられる検出

コイルと、を備え、

前記励磁コイルに基本波成分からなる励磁信号を通电した状態で、前記被検出信号が流れると、その時点における前記コア部材の透磁率 μ に応じた高調波成分が前記基本波成分に重畳された信号が、前記検出コイルから出力されるように構成されている

ことを特徴とするセンサ素子。

[請求項11]

前記センサ素子においては、

前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通电されるキャンセルコイル、が備えられ、

前記キャンセルコイルに通电されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検出コイルからの出力信号に重畳された高調波成分が変化するように構成されている

ことを特徴とする請求項10に記載のセンサ素子。

[請求項12]

請求項1～9の何れか1項に記載の電流センサと接続される制御装置であって、

前記検出コイルの出力信号から、該出力信号に含まれる信号成分のうち、前記基本波成分に重畳されている高調波成分を抽出する成分抽出部と、

前記出力信号に含まれる高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記成分抽出部に抽出された高調波成分に対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定するレベル特定部と、

前記レベル特定部により特定された信号レベルを示す情報を外部へと出力する情報出力部と、

を備えている

ことを特徴とする制御装置。

[請求項13] 前記センサ素子が、前記コア部材に巻回され、前記被検出信号の影響による外部磁場の変化を相殺させるためのキャンセル信号が通電されるキャンセルコイル、を備え、前記キャンセルコイルに通電されるキャンセル信号の影響で外部磁場が変化することにより、前記検出コイルからの出力信号に重畳された高調波成分を変化させるように構成されている場合において、

前記キャンセルコイルへのキャンセル信号の通電を制御するキャンセル制御部、が備えられ、

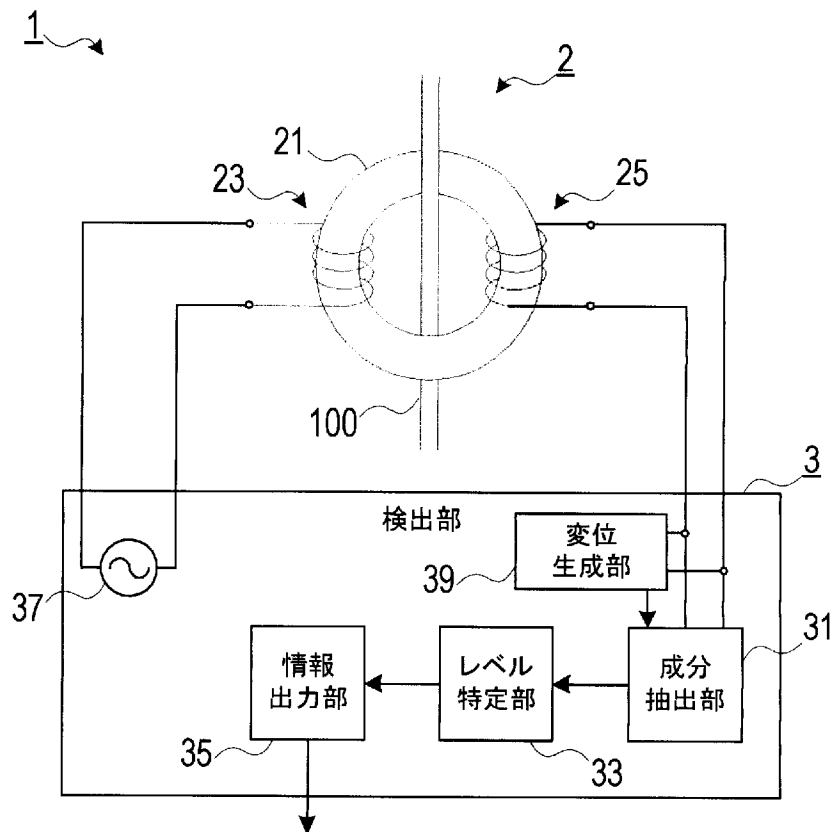
前記キャンセル制御部は、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が小さくなるよう、前記キャンセル信号の信号レベルをフィードバック制御して、

前記レベル特定部は、前記キャンセル制御部によるフィードバック制御が開始された以降、前記成分抽出部に抽出される高調波成分が所定のしきい値未満となった際に、前記キャンセル信号の信号レベルに応じて相殺される前記高調波成分、および、該高調波成分が発生する場合における前記被検出信号の信号レベル、を対応づけた対応関係に基づいて、前記高調波成分がしきい値未満となる契機となったキャンセル信号の信号レベルにつき、該キャンセル信号の信号レベルに対応する信号レベルを、その時点における前記被検出信号の信号レベルとして特定する

ことを特徴とする請求項12に記載の制御装置。

[図1]

FIG.1



[図2A-2D]

FIG.2A

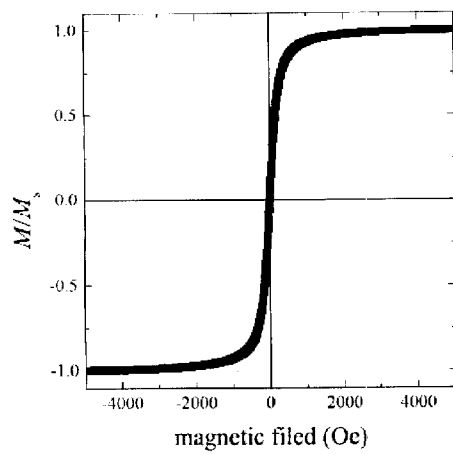


FIG.2B

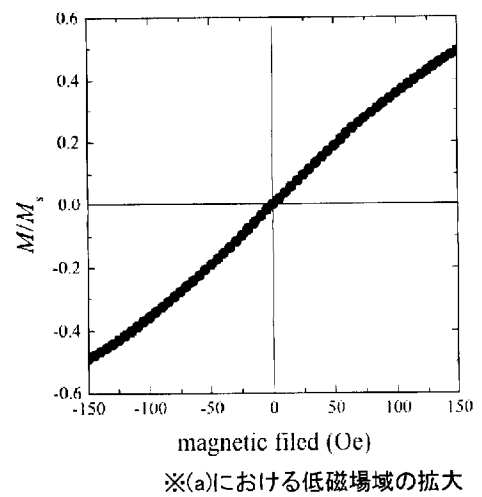


FIG.2C

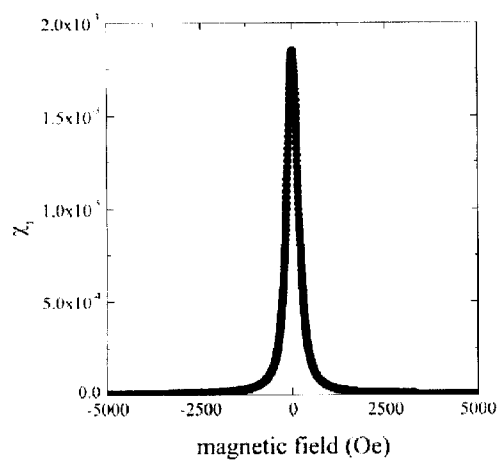
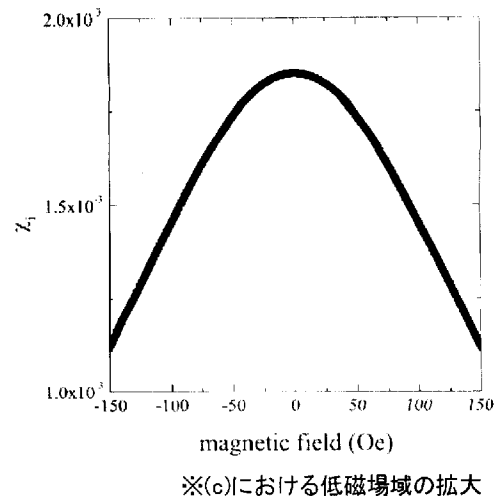
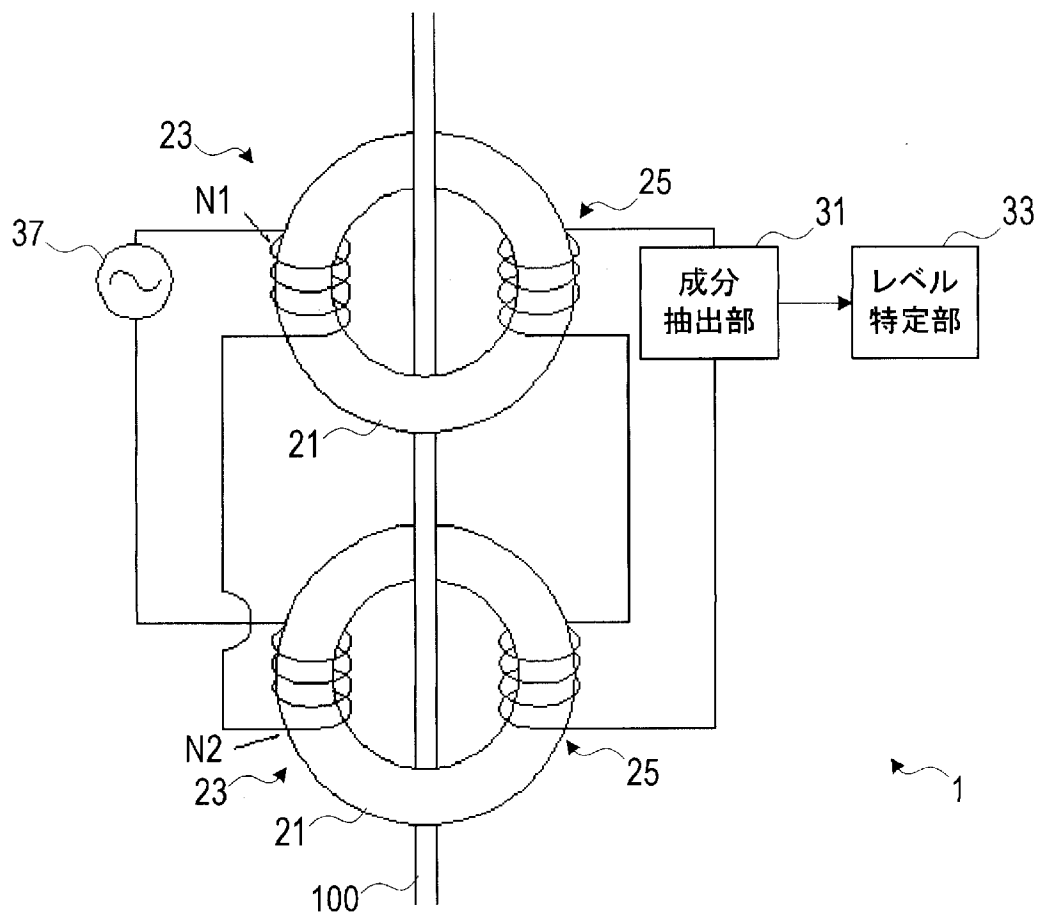


FIG.2D



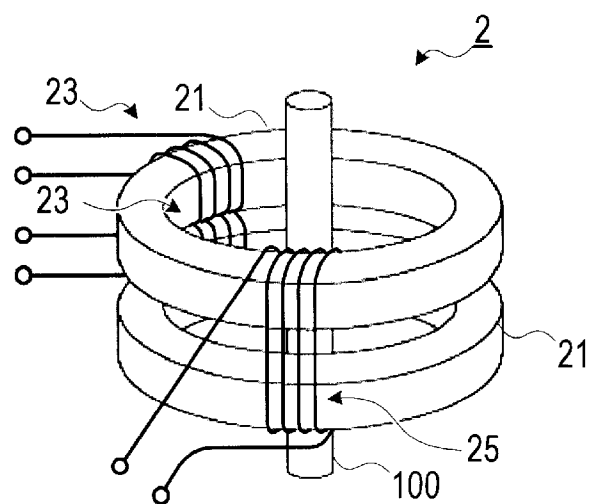
[図3]

FIG.3



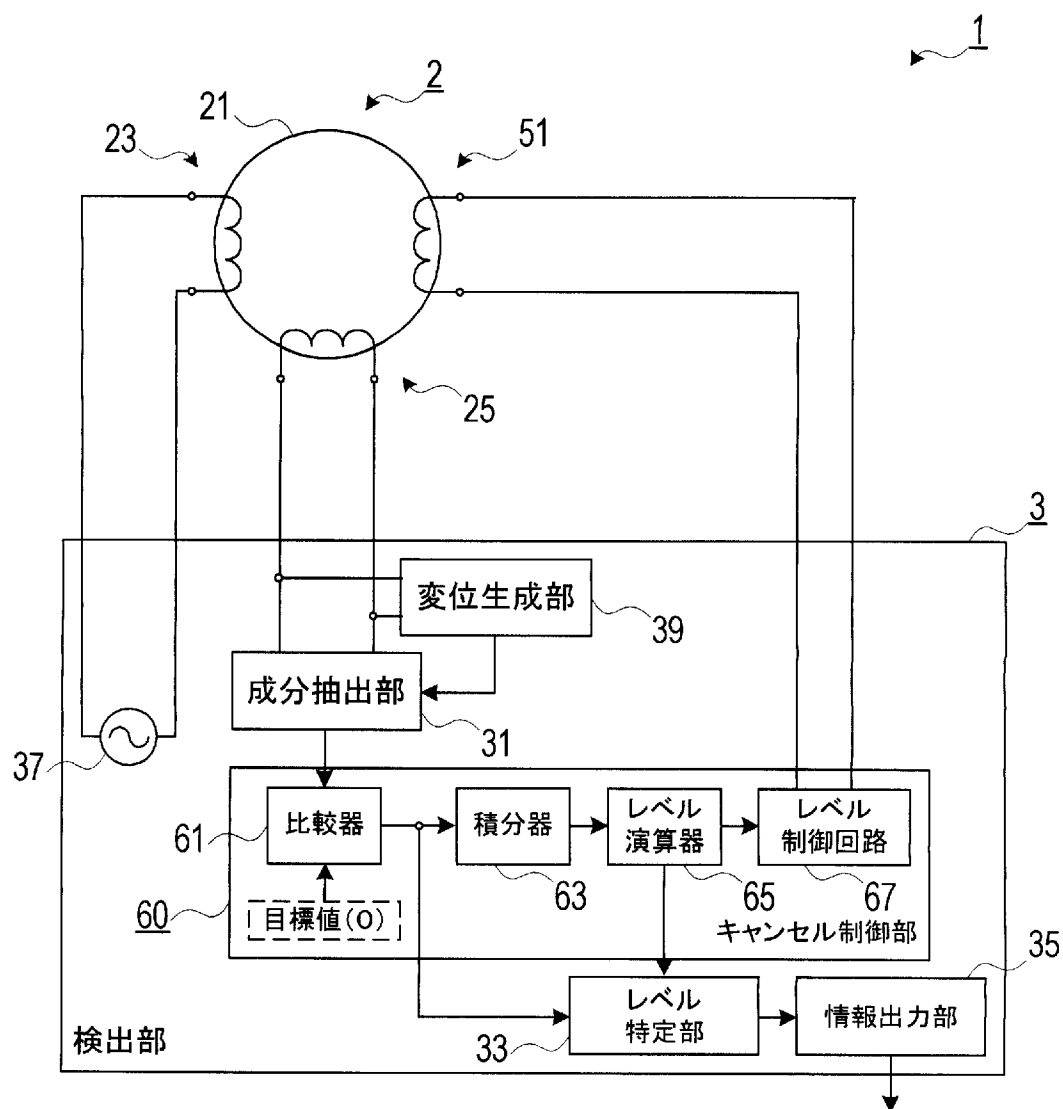
[図4]

FIG.4



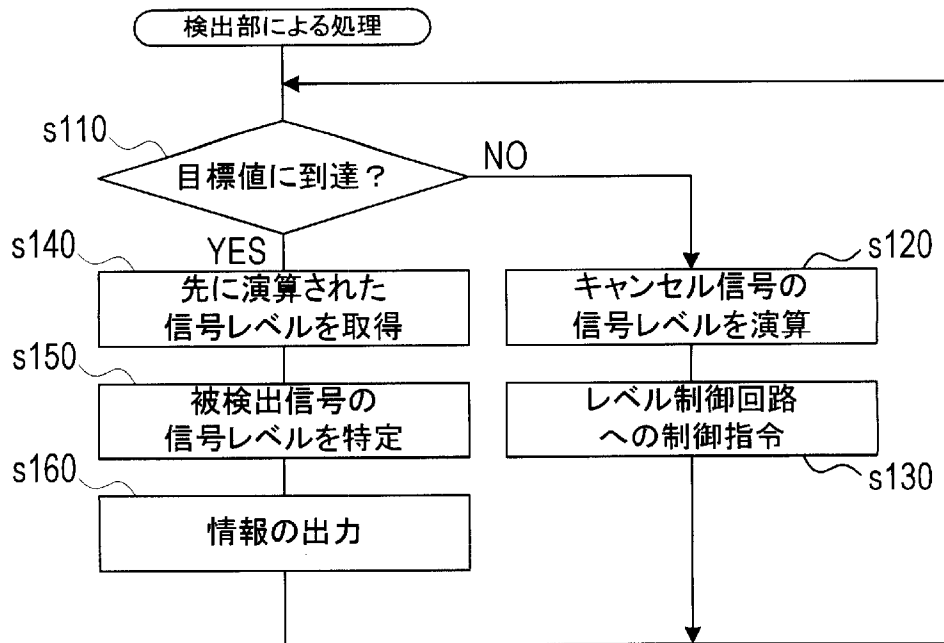
[図5]

FIG.5



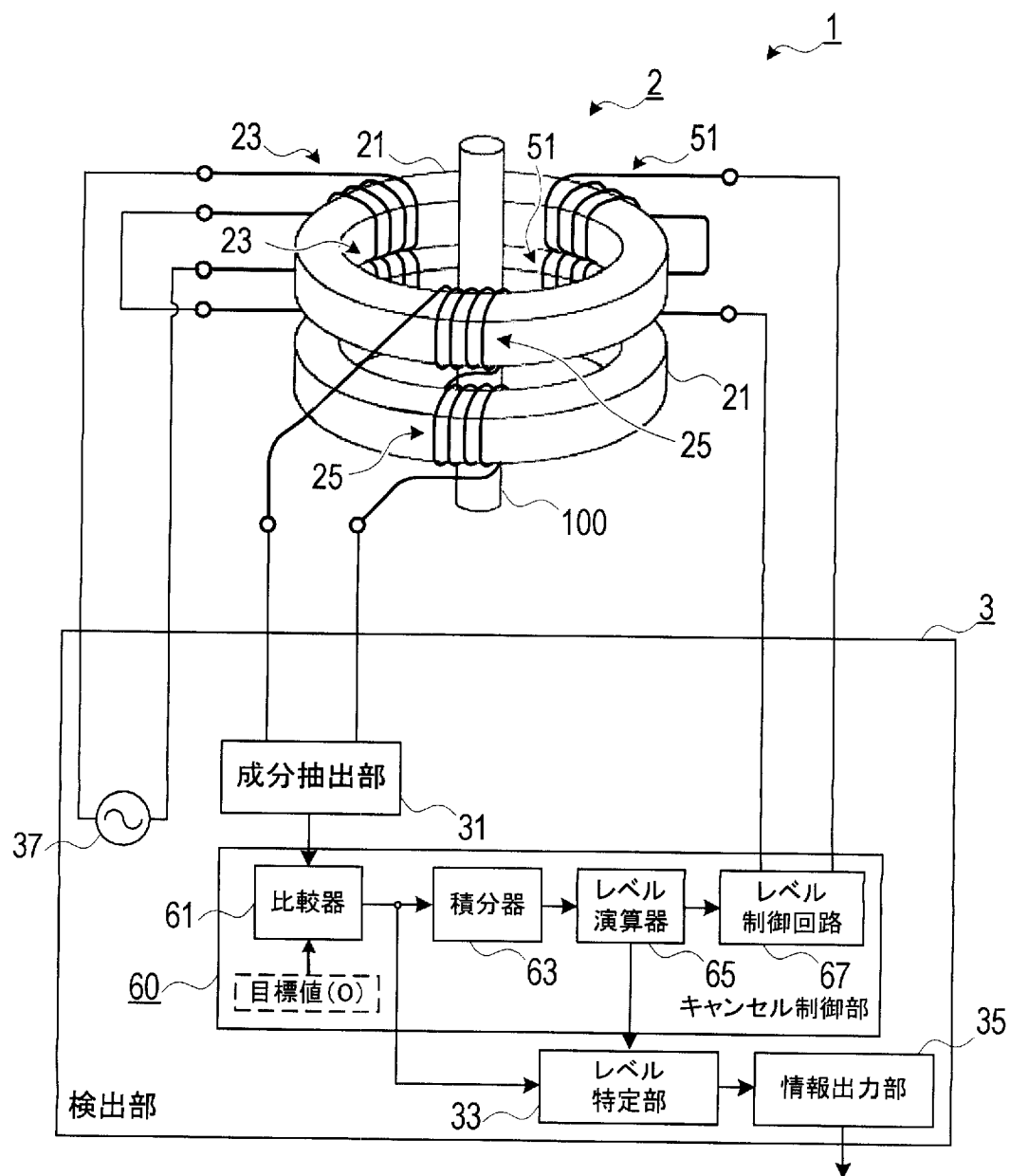
[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7



[図8A-8C]

FIG.8A

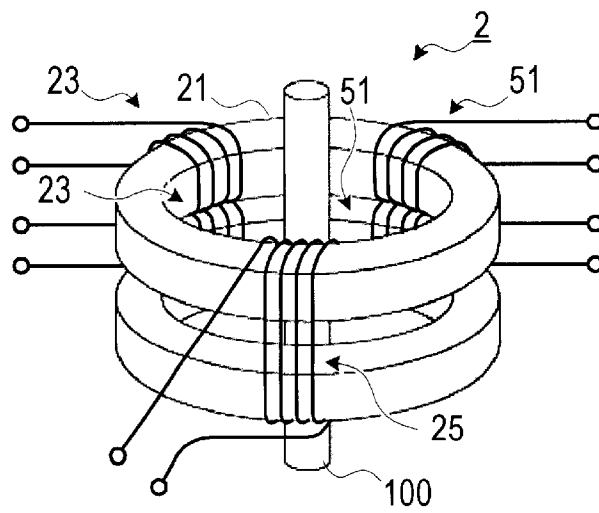


FIG.8B

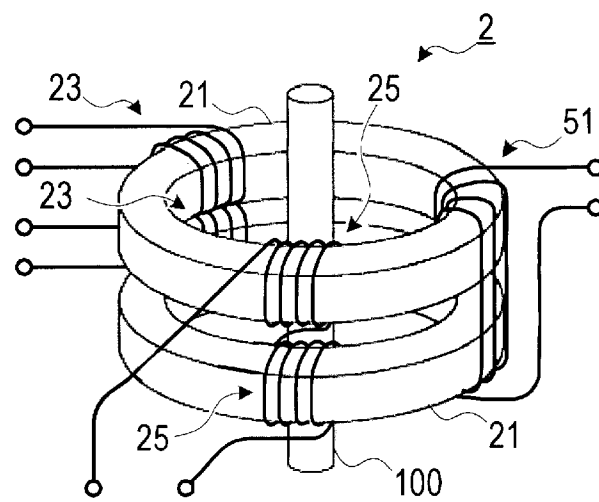
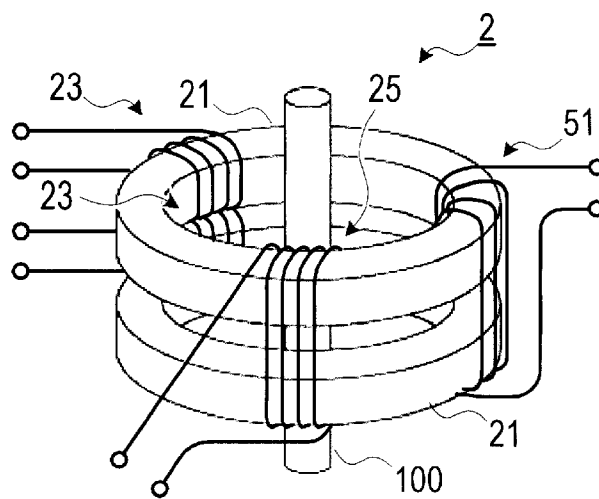


FIG.8C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R15/18 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R15/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2009-511868 A (Billanco), 19 March 2009 (19.03.2009), paragraphs [0017] to [0110]; fig. 1 to 6 & US 2008/0252289 A1 & US 2012/0038360 A1 & EP 1932008 A & WO 2007/042646 A1 & FR 2891917 A & KR 10-2008-0059288 A & CN 101305291 A	1, 2, 10-13 3-9
Y	JP 2011-119661 A (Ferrotec Corp.), 16 June 2011 (16.06.2011), paragraph [0030]; fig. 3 & US 2012/0229238 A1 & EP 2500916 A1 & WO 2011/055845 A1 & CN 102687214 A & KR 10-2012-0096501 A	3-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 June, 2013 (06.06.13)

Date of mailing of the international search report
18 June, 2013 (18.06.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056812

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-315374 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 November 2003 (06.11.2003), fig. 1, 5, 9 (Family: none)	3-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R15/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R15/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2009-511868 A（ビランコ）2009.03.19, 【0017】－【0110】、図1－図6 & US 2008/0252289 A1 & US 2012/0038360 A1 & EP 1932008 A & WO 2007/042646 A1 & FR 2891917 A & KR 10-2008-0059288 A & CN 101305291 A	1, 2, 10-13 3-9
Y	JP 2011-119661 A（株式会社フェローテック）2011.06.16, 【0030】、図3 & US 2012/0229238 A1 & EP 2500916 A1 & WO 2011/055845 A1 & CN 102687214 A & KR 10-2012-0096501 A	3-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

越川 康弘

2 S

9 6 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-315374 A (三菱電機株式会社) 2003. 11. 06, 図 1, 図 5, 図 9 (ファミリーなし)	3-9