

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-90581  
(P2016-90581A)

(43) 公開日 平成28年5月23日(2016.5.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 21/06 (2006.01)	GO 1 R 21/06	F 2 G 0 1 4
GO 1 R 21/133 (2006.01)	GO 1 R 21/133	C 2 G 0 2 5
GO 1 R 31/02 (2006.01)	GO 1 R 31/02	
GO 1 R 15/18 (2006.01)	GO 1 R 15/18	B

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-214834 (P2015-214834)	(71) 出願人	504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1
(22) 出願日	平成27年10月30日(2015.10.30)	(74) 代理人	100121131 弁理士 西川 孝
(31) 優先権主張番号	特願2014-222990 (P2014-222990)	(74) 代理人	100082131 弁理士 稲本 義雄
(32) 優先日	平成26年10月31日(2014.10.31)	(72) 発明者	石橋 孝一郎 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	Fターム(参考)	2G014 AA16 AB33 AC18 2G025 AA15 AB14 AC05

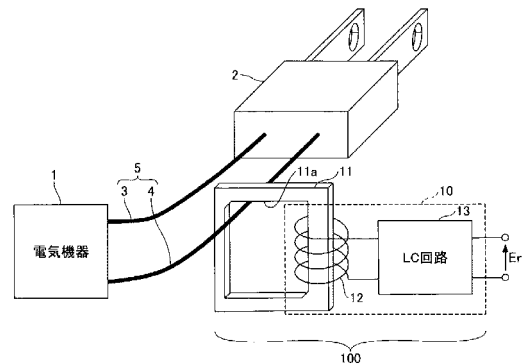
(54) 【発明の名称】 電力測定装置及び電力測定方法、並びに、漏電検出装置及び漏電検出方法

(57) 【要約】

【課題】増幅器を用いずに電気機器等の消費電力を感度良く測定することのできる電力測定器を提供する。

【解決手段】電力測定装置は、導電線を囲む環状の磁性体コアと、前記磁性体コアに巻きつけられた第1のコイルと、前記第1のコイルに接続されるLC回路と、を有し、前記LC回路の出力を前記導電線に流れる電流値に対応する電圧値として取得する。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

導電線を囲む環状の磁性体コアと、  
前記磁性体コアに巻きつけられた第 1 のコイルと、  
前記第 1 のコイルに接続される LC 回路と、  
を有し、前記 LC 回路の出力を前記導電線に流れる電流値に対応する電圧値として取得することを特徴とする電力測定装置。

## 【請求項 2】

前記 LC 回路は、  
一端が前記第 1 のコイルの一端側に接続される第 2 のコイルと、  
前記第 1 のコイルの他端と前記第 2 のコイルの他端との間に挿入されるキャパシタと、  
を有することを特徴とする請求項 1 に記載の電力測定装置。

10

## 【請求項 3】

前記 LC 回路は、  
前記第 1 のコイルに直列接続される第 2 のコイルと、  
互いに並列接続される第 1 キャパシタ及び第 2 キャパシタと、  
前記第 1 キャパシタと前記第 2 キャパシタの間を切り替えるスイッチと、  
を有することを特徴とする請求項 1 に記載の電力測定装置。

## 【請求項 4】

前記導電線に供給される交流電流の周波数を検出する周波数検出器、  
をさらに有し、  
前記スイッチは、前記周波数検出器の出力により切り替えられることを特徴とする請求項 3 に記載の電力測定装置。

20

## 【請求項 5】

前記導電線を流れる電流から直流電流を生成する給電器、  
をさらに有し、前記直流電流を用いて前記 LC 回路から出力される前記電圧値を計測することを特徴とする請求項 1 に記載の電力測定装置。

## 【請求項 6】

前記給電器は、  
前記導電線を流れる電流から非接触で給電用の電流を生成する電磁誘導手段と、  
前記給電用の電流を直流電流に変換する整流器と、  
を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の電力測定装置。

30

## 【請求項 7】

前記 LC 回路の出力から取得された前記電圧値から消費電力を算出する演算部と、  
算出された前記消費電力を有線または無線で表示装置に伝送する伝送部と、  
をさらに有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の電力測定装置。

## 【請求項 8】

導電線に流れる電流を電磁誘導により電圧に変換し、  
前記電磁誘導により生じる電圧を LC 共振器により正弦波電圧として出力し、  
前記正弦波電圧のピーク電圧値を計測する、  
ことを特徴とする電力測定方法。

40

## 【請求項 9】

交流の電力の供給に使用される複数本の導電線を囲む環状の磁性体コアと、  
前記磁性体コアに巻きつけられたコイルと、  
前記コイルに発生した起電力に基づく交流の電力を整流する整流回路と、  
前記整流回路により整流された電力を電源として駆動し、所定の信号を無線で送信する送信部と  
を備えることを特徴とする漏電検出装置。

## 【請求項 10】

前記整流回路は、少なくとも 2 つのダイオードと第 3 のキャパシタとが組み合わされた

50

チャージポンプ回路により構成される

ことを特徴とする請求項 9 に記載の漏電検出装置。

【請求項 11】

前記整流回路は、整流された電荷を蓄積する第 4 のキャパシタ、および、前記第 4 のキャパシタに蓄積された電荷を消費して定格電圧の電力を前記送信部に供給する電源回路をさらに有して構成される

ことを特徴とする請求項 10 に記載の漏電検出装置。

【請求項 12】

前記第 4 のキャパシタに蓄積される電荷が所定の範囲であることを前記第 4 のキャパシタの電圧を検出して、前記電源回路に対して電力の出力を指示する指示部をさらに有して構成される

10

ことを特徴とする請求項 11 に記載の漏電検出装置。

【請求項 13】

交流の電力の供給に使用される複数本の導電線を囲む環状の磁性体コアに巻きつけられたコイルに発生した起電力に基づく交流の電力を整流し、

整流された電力を電源として駆動し、所定の信号を無線で送信する

ことを特徴とする漏電検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、電力測定装置及び電力測定方法、並びに、漏電検出装置及び漏電検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気機器や電力設備の消費電力を測定するため、コイルを巻きつけた磁気コアで電力供給線の周りを挟んで簡単に測定できるクランプ式電流計が広く用いられている。電力供給線に交流電流が流れると、電磁誘導によりコイルの両端に電流に比例する電圧が生じる。その電圧を測定することで電力供給線に流れる電流値が得られる。測定された電流値と電圧値を乗算することで、電力供給線に接続されている電気機器等の電力消費量を得ることができる。

30

【0003】

正弦波形を考えた場合一般的に、クランプ式電流系に生じる電圧の実効値  $E_{RMS}$  は、式 (1) で与えられる。

【0004】

【数 1】

$$E_{RMS} = \frac{K \cdot I_{RMS} \cdot R_L}{n} \dots (1)$$

40

ここで、 $I_{RMS}$  は電力供給線に流れる電流の実効値、 $K$  はクランプをトランス (変流器) と考えた場合の結合係数、 $R_L$  は外付けの負荷抵抗、 $n$  はコイルの巻き数である。

【0005】

式 (1) からわかるように、出力電圧の実効値  $E_{RMS}$  は、結合係数  $K$  が一定である限り電力供給線に流れる電流の実効値  $I_{RMS}$  に比例する。しかしながら、クランプに用いる磁気コアは磁性体であるため磁気飽和現象があり、電力供給線に流れる電流の実効値  $I_{RMS}$  が大きい場合には出力波形が歪んで式 (1) が成立しなくなるという問題がある。

50

## 【 0 0 0 6 】

磁気飽和を緩和するために負荷抵抗  $R_L$  を小さくすることが考えられるが、 $R_L$  を小さくすると出力電圧が小さくなる。そのため、一般的には出力電圧を増幅するための増幅器を必要とし、増幅のためのエネルギー供給が別途必要となる。

## 【 0 0 0 7 】

なお、分岐ブレーカ毎の使用電力を測定する際に、リング状のコイルを用いて電力線を通る電流を測定し、測定結果を無線通信部により表示装置に送信する構成が知られている。このとき、電力線を通る電流から電力を生成して測定部と無線通信部に供給し、測定部と無線通信部を動作させる電力源としている（たとえば、特許文献 1 参照）。

## 【 0 0 0 8 】

また、口の字型の磁性体にコイルを巻きつけてカードサイズの基板に搭載し、口の字型の中央部に形成されたスロットに電気機器のプラグを貫通させるカード型電力センサが提案されている（たとえば、非特許文献 1 参照）。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 1 - 1 5 1 9 7 9 号公報

## 【 非特許文献 】

## 【 0 0 1 0 】

【 非特許文献 1 】 角田祐樹、堀川哲也、城野遼太、綿引亮、石橋孝一郎、「既存電気機器電力測定のためのカード型電力センサ」、2013年、電子情報通信学会総合大会、2013年3月、岐阜大学

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 1 】

従来のクランプ型の電力測定装置の課題を克服し、増幅器を用いずに電気機器等の消費電力を感度良く測定することのできる電力測定器を提供することを課題とする。さらに、漏電により発生する起電力を利用して漏電の検出を通知することのできる漏電検出装置を提供することを課題とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 2 】

電力供給線に流れる電流を電磁誘導により電圧に変換する際に LC 共振器を付加することで、歪のない正弦波電圧を取得して精度良くピーク電圧値を測定する。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の第 1 の態様では、電力測定装置は、  
導電線を囲む環状の磁性体コアと、  
前記磁性体コアに巻きつけられた第 1 のコイルと、  
前記第 1 のコイルに接続される LC 回路と、  
を有し、前記 LC 回路の出力を前記導電線に流れる電流値に対応する電圧値として取得する。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の第 2 の態様では、電力測定方法は、  
導電線に流れる電流を電磁誘導により電圧に変換し、  
前記電磁誘導により生じる電圧を LC 共振器により正弦波電圧として出力し、  
前記正弦波電圧のピーク電圧値を計測する、  
ことを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の第 3 の態様では、漏電検出装置は、  
交流の電力の供給に使用される複数本の導電線を囲む環状の磁性体コアと、  
前記磁性体コアに巻きつけられたコイルと、

10

20

30

40

50

前記コイルに発生した起電力に基づく交流の電力を整流する整流回路と、  
前記整流回路により整流された電力を電源として駆動し、所定の信号を無線で送信する送信部と  
を備えることを特徴とする。

## 【0016】

本発明の第4の態様では、漏電検出方法は、  
交流の電力の供給に使用される複数本の導電線を囲む環状の磁性体コアに巻きつけられたコイルに発生した起電力に基づく交流の電力を整流し、  
整流された電力を電源として駆動し、所定の信号を無線で送信することを特徴とする。

10

## 【発明の効果】

## 【0017】

増幅器を用いなくても、電気機器等の消費電力を感度良く測定することができる。また、漏電により発生する起電力を利用して漏電の検出を通知することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明の第1実施形態の電力測定装置の概略構成図である。  
【図2】図1の電力測定装置で用いるLC共振器の構成例を示す図である。  
【図3】第1実施形態の電力測定装置により得られる出力電力波形を、従来の電力測定装置の出力電力波形と比較して示す図である。  
【図4】図3の出力電力波形の取得に用いたシミュレーション用センサの回路図である。  
【図5】シミュレーション結果と実測値の比較、及びシミュレーションに用いた磁性体の磁気飽和特性を示す図である。

20

【図6】本発明の第2実施形態の電力測定装置の概略構成図である。

【図7】本発明の電力測定装置の変形例1を示す図である。

【図8】本発明の電力測定装置の変形例2を示す図である。

【図9】本発明の電力測定装置の変形例3を示す図である。

【図10】本発明の電力測定装置の変形例4を示す図である。

【図11】本発明の電力測定装置の変形例5を示す図である。

【図12】本発明の第3実施形態の漏電検出装置の概略構成図である。

30

【図13】本発明の漏電検出装置の第1の構成例を示す図である。

【図14】本発明の漏電検出装置の第2の構成例を示す図である。

【図15】本発明の漏電検出装置の第3の構成例を示す図である。

【図16】本発明の漏電検出装置の第4の構成例を示す図である。

【図17】チャージ電圧と出力電圧の関係を説明する図である。

【図18】漏電検出装置の他の使用例を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0019】

以下で、図面を参照して実施形態の電力測定装置を説明する。

## &lt; 第1実施形態 &gt;

40

図1は、第1実施形態の電力測定装置100の概略構成図である。電力測定装置100は、環状の磁性体コア11と、共振器10を含む。共振器10は、磁性体コア11に巻きつけられた第1のコイル12と、LC回路13を有する。この点で、共振器10を「LC共振器10」と称してもよい。LC回路13は、図2を参照して後述するように、第2のコイル14とキャパシタ15を有する。

## 【0020】

電力測定装置100の使用形態として、電源コード5を構成する一对の導電線3及び4のいずれか一方を、磁性体コア11の開口11aに通す。導電線3, 4は、電源プラグ2が図示しない電源差し込み口に挿入されたときに、電気機器1に対する電源供給線及び電流出力線として機能する。測定対象とする導電線3または4(図1の例では導電線4)は

50

磁性体コア 11 の開口 11 a の中心またはその近傍に位置するのが望ましい。

【0021】

磁性体コア 11 に巻きつけられたコイル 12 の出力に LC 回路 13 が接続され、LC 回路 13 から出力電圧  $E_r$  を得ることができる。第 1 実施形態の特徴として、LC 回路 13 を挿入することにより、振幅が増大された正弦波の出力波形を得ることができる。この原理の詳細については、後述する。

【0022】

電気機器 1 が電力を消費すると、導電線 4 に交流電流が流れ、電磁誘導の法則により、磁性体コア 11 に磁束が形成される。磁束の変化により、コイル 12 の両端に上記の式 (1) で与えられる電圧  $E_o$  が形成される。

10

【0023】

磁性体コア 11 の飽和磁束密度や断面積が小さい場合、導電線 4 を流れる電流  $I_o$  が小さくても磁性体コア 11 が飽和することがある。その場合、電流  $I_o$  の波形が正弦波であっても、出力電圧  $E_o$  の波形に歪が生じ、正弦波を得られなくなる。実施形態では、LC 回路 13 を有する共振器 10 を用いることにより、磁性体コア 11 のサイズが小さい場合や、飽和磁束密度が小さい場合でも、正弦波または正弦波に近い波形を得るとともに、出力電圧  $E_r$  の振幅も増大させる。

【0024】

図 2 は、図 1 の共振器 10 の構成例として、LC 共振器 10 A を用いた電力測定装置 100 A を示す。磁性体コア 11 に巻きつけられた第 1 のコイル 12 は、インダクタンス  $L_2$  を有する。LC 回路 13 A を構成する第 2 のコイル 14 はインダクタンス  $L_3$  を有し、キャパシタ 15 はキャパシタンス  $C_3$  を有する。

20

【0025】

LC 共振器 10 A の共振周波数  $f$  は式 (2) で表される。

【0026】

【数 2】

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_2 + L_3)C_3}} \quad \dots (2)$$

30

導電線 4 を流れる電流の周波数は、50 Hz 又は 60 Hz なので、式 (2) で与えられる共振周波数を 50 Hz 又は 60 Hz にすることで、共振を発生させることができる。

【0027】

一般に共振器は 1 つのインダクタンスと 1 つのコイルで構成されるが、50 Hz 又は 60 Hz のような低い周波数の共振器を構成しようとする、インダクタンスの値を大きくし、かつ磁性体の飽和を防ぐために磁性体コア 11 の断面積を大きくする必要がある。そのため、従来から大きな断面積の磁性体クランプを有する電流測定器が市販されている。

40

【0028】

これに対し、本発明の実施形態では、磁性体コア 11 とコイル 12 の他に、第 2 のインダクタンス  $L_3$  を持つコイル 14 を用いる。低い共振周波数を得るためには、 $L_3$  を大きくすればよい。インダクタンス  $L_2$  の他に大きな値のインダクタンス  $L_3$  を付加することで、磁性体コア 11 とコイル 12 の構造を小さく維持したまま、50 Hz 又は 60 Hz の共振周波数に対応する共振器 10 を得ることができる。

【0029】

図 3 は、図 1 の電力測定装置 100 の出力電圧波形 (図 3 (B)) を、従来の電力測定

50

装置の出力波形（図3（A））と比較して示す図である。図3（A）の電力測定装置は、磁性体コア11にコイル12を巻きつけただけの従来の構成を有する。図3（B）の電力測定装置100は、図2と同様に、コイル12の他に、LC回路13Aを用いている。図3（A）と図3（B）の双方で、電気機器1が1250Wの電力を消費した場合の出力電圧波形を実測している。

【0030】

図3（A）のように共振器がない場合、出力電圧波形が磁気飽和により歪んでしまう上に、出力電圧の最大値と最小値の差（Peak-to-peak値）は900mVである。図3（B）のように共振器10Aを付加した場合、出力電圧が正弦波であり、かつPeak-to-Peak値が2.35Vとなり、約2.5倍の値が得られる。これは共振器10Aを付加することによって共振エネルギーが共振器10Aに蓄えられ、電圧値が増加したことによる。正弦波のPeak-to-Peak値を大きくできるということは、わずかの消費電力も精度良く測定できることを意味する。

10

【0031】

この電圧増大効果を、図4を参照して説明する。図4（A）は、従来の電流測定装置の出力電圧をシミュレーションする際の等化回路図、図4（B）は、図2の電流測定装置100Aの出力電圧をシミュレーションする際の等化回路である。図4（A）と図4（B）で、コイル12が巻きつけられた磁性体コア11は、互いに磁気結合されたコイルP1（一次コイル）とコイルS2（二次コイル）を有するトランス（TX1）として表現され、電気機器の負荷抵抗R1は10Ωである。

20

【0032】

図4（B）の等化回路は、図4（A）の構成に加えて、インダクタンスL3が550mHの第2コイルL<sub>R</sub>と、キャパシタンスC3が18μFのキャパシタと、6.53Ωの寄生抵抗R2を有している。

【0033】

図4（A）の場合、出力電圧V<sub>out</sub>（絶対値）は式（3）で表される。

【0034】

【数3】

$$|V_{out}| = M \frac{di}{dt} \quad \dots (3)$$

$$|V_{out}| = M \frac{d}{dt} I_m \sin(2\pi ft) = 2\pi f M I_m$$

30

ここで、MはコイルP1とS1の相互インダクタンス、fは交流電流の周波数、I<sub>m</sub>は最大電流値であり、出力電圧V<sub>out</sub>（絶対値）は2πfMI<sub>m</sub>となる。

40

【0035】

図4（B）の場合、出力電圧V<sub>out</sub>（絶対値）は式（4）で表される。

【0036】

【数 4】

$$|V_{out}| = \frac{M}{R_2 C_3} I_{RMS}$$

$$|V_{out}| = \frac{M}{\sqrt{2} R_2 \cdot C_3} I_m \quad \dots (4)$$

10

ここで、MはコイルP1とS1の相互インダクタンス、 $I_{RMS}$ は電流の実効値、 $R_2$ はLC回路の寄生抵抗、 $C_3$ はLC回路のキャパシタンスであり、出力電圧 $V_{out}$ （絶対値）は $M I_m / (\sqrt{2} \times R_2 \times C_3)$ となる。

【0037】

式(3)と式(4)で $M I_m$ は共通なので、 $2\pi f$ と $1 / (\sqrt{2} \times R_2 \times C_3)$ を比較する。周波数 $f$ を商用電源周波数の50Hzとすると、式(3)は、 $2 \times 3.14 \times 50$ から約 $314 \times M I_m$ である。式(4)は、 $1 / (\sqrt{2} \times 6.53 \times 18 \times 10^{-6})$ から約 $6100 \times M I_m$ となる。式(4)で表される実施形態の構成は、式(3)で表される従来構成と比較して、約20倍の出力電圧を得ることができる。したがって、寄生抵抗 $R_2$ またはキャパシタンス $C_3$ を小さくするほど、出力電圧 $V_{out}$ を大きくすることができる。

20

【0038】

他方、式(2)から、50Hzや60Hzなどの低い共振周波数を得るために、 $(L_2 + L_3)$ または $C_3$ を大きくすることが望まれる。出力電圧 $V_{out}$ を高めるためにキャパシタンス $C_3$ を小さくし、磁性体コア11とコイル12をコンパクトにするために $L_2$ を小さくしたとしても、第2のコイル14を用いてインダクタンス $L_3$ を大きくすることで低い共振周波数を実現することができる。

30

【0039】

図5(A)は、シミュレーションに用いた磁性体の飽和特性モデルを示す。図5(B)は、図4(B)の回路構成でSPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) の回路シミュレーション結果と、図3(B)の実測値との比較図である。図5(B)に示すとおり、シミュレーションと実測時は一致しており、実施形態の構成を採用することで、電気機器1の消費電力を高精度に測定できることがわかる。また、図5(B)では、6Wという小さい電力まで実測されており、わずかな消費電力でも測定可能であることがわかる。

&lt; 第2実施形態 &gt;

図6は、本発明の第2実施形態の電力測定装置100Bの概略構成図である。電力測定装置100Bは、複数種類の電源周波数に対応できる共振器10Bを有し、地域によって電源周波数が異なっても(50Hzまたは60Hz)電気機器1の消費電力を正しく測定することができる。

40

【0040】

共振器10Bは、磁性体コア11に巻きつけられた第1のコイル12と、LC回路を構成する第2のコイル14と、並列接続されたキャパシタ15及びキャパシタ16と、キャパシタ15とキャパシタ16の間を切り替えて電源周波数に応じた共振周波数を得るためのキャパシタ切り替えスイッチ17とを有する。スイッチ17の切り替えは手動で行ってもよいし、周波数検出器35で電源周波数を検出して周波数検出器35の出力により自動で切り替える構成としてもよい。周波数検出器35は、電力測定装置100Bの外部機器

50



であってもよいし、電力測定装置 100B の一部として導電線 4 を流れる交流電流の周波数を検出する構成としてもよい。

【0041】

電源周波数が 50 Hz の場合の共振周波数  $f_3$  は、式 (5) で表される。

【0042】

【数 5】

$$f_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_2 + L_3)C_3}} = 50 \quad \dots (5) \quad 10$$

電源周波数が 60 Hz の場合の共振周波数  $f_4$  は、式 (6) で表される。

【0043】

【数 6】

$$f_4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_2 + L_3)C_4}} = 60 \quad \dots (6) \quad 20$$

キャパシタ 16 のキャパシタンス  $C_4$  を、キャパシタ 15 のキャパシタンス  $C_3$  よりも 20% 小さく設定することで、電源周波数を 50 Hz と 60 Hz の間で切り替えることができる。あるいは、キャパシタンス  $C_4$  による 60 Hz 用の共振器において、電源周波数が 50 Hz の環境下で使用する場合には、50 Hz に共振させるために不足する容量分については、追加キャパシタとして、スイッチを介して  $C_4$  に並列接続し、 $C_4$  との合成容量が 50 Hz に共振するキャパシタンス  $C_3$  の容量と等しくなるような構成としても良い。

30

【0044】

いずれの電源周波数を選んだ場合も、図 6 の共振器 10B を付加することで、磁性体コア 11 や第 1 のコイル 12 のサイズを小さくしても、正弦波で大きな出力電圧を得ることができる。

<変形例>

図 7 ~ 図 11 は、第 1 実施形態の共振器 10A または第 2 実施形態の共振器 10B を用いた電力測定装置の変形例を示す。

40

【0045】

図 7 は、変形例 1 としての電力測定装置 100C の概略構成図である。電力測定装置 100C は、磁性体コア 11 と共振器 10A または 10B (以下、「共振器 10」と称する) に加えて、マイクロコンコントローラ (MCU: Micro Controller Unit) 24 と、電力表示装置 25 を有する。MCU 24 に内蔵されたアナログ - デジタル変換器 (ADC: Analogue-to-Digital Converter) は、共振器 10 の出力電圧  $E_r$  をデジタル電圧値に変換する。MCU 24 は、電圧値から電流値を求め、電流値に電源電圧を乗算して電力消費量を算出する。算出された電力消費量は電力表示装置 25 に表示される。電気機器 1 のユーザは、電力表示装置 25 に表示された数値から電気機器 1 の電力消費量を認識することができる。

50

## 【 0 0 4 6 】

図 8 は、変形例 2 としての電力測定装置 1 0 0 D の概略構成図である。電力測定装置 1 0 0 D は、磁性体コア 1 1 と共振器 1 0 に加えて、マイクロコンコントローラ ( M C U : Micro Controller Unit ) 2 4 と、無線伝送装置 2 8 を有する。M C U 2 4 に内蔵されたアナログ - デジタル変換器 ( A D C : Analogue-to-Digital Converter ) は、共振器 1 0 の出力電圧  $E_r$  をデジタル電圧値に変換する。デジタル電圧値に変換された電力消費量は、無線伝送装置 2 8 によって遠隔の表示装置に送信される。たとえば、ユーザの携帯端末や、ビル等の消費電力管理室に設置された表示装置に消費電力量を送信することで、電気機器 1 等の消費電力を遠隔で管理、認識することができる。

## 【 0 0 4 7 】

図 9 は、変形例 3 としての電力測定装置 1 0 0 E の概略構成図である。電力測定装置 1 0 0 E は、磁性体コア 1 1 を薄型に形成し、開口 1 1 a で電気機器 1 等に接続された電源プラグ 2 のプラグ 6 a または 6 b のいずれかを受け取る。共振器 1 0 を用いることで、磁性体コア 1 1 を貫通する磁束密度が小さくても、低い共振周波数を得ると同時に正弦波の出力電圧を得ることができるので、磁性体コア 1 1 を薄く、小さく形成することが可能である。図 9 では、このような特性を利用して、磁性体コア 1 1 を電源プラグ 2 の本体とコンセント 7 の間に挟み込むことができる薄さに形成する。この構成によると、磁性体コア 1 1 の開口 1 1 a に電源コードを構成する一対の導電線のいずれか一方を通す構成よりも、簡便かつ容易に消費電力を測定することができる。電力測定装置 1 0 0 E の全体を基板上に形成して、カード型の電力測定装置 1 0 0 E とすることも可能である。

## 【 0 0 4 8 】

図 1 0 は、変形例 4 としての電力測定装置 1 0 0 F の概略構成図である。電力測定装置 1 0 0 F では、M C T 2 4 や無線伝送装置 2 8 を動作させるための電力の供給源として、測定対象の電気機器 1 に供給される電力を利用する。

## 【 0 0 4 9 】

電力測定装置 1 0 0 F は、図 8 の構成に加えて、環状の磁性体コア 3 1 と、コイル 3 2 と、整流器 3 3 を有する。磁性体コア 3 1 と、コイル 3 2 と、整流器 3 3 で、給電器 3 4 を構成する。磁性体コア 3 1 の開口に導電線 4 を通すことで、電磁誘導によりコイル 3 2 の出力に電圧が生じる。この電圧を整流器 3 3 で整流することにより、M C U 2 4 と無線伝送装置 2 8 を動作させるための電源を得ることができる。給電器 3 4 からの電圧を用いて、共振器 1 0 の交流電圧出力のピーク電圧値 ( 図 3 ( B ) 参照 ) を計測する構成としてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

電気機器 1 が電力を消費すると導電線 4 に電流が流れ、電磁誘導で生成される電流により M C U 2 4 と無線伝送装置 2 8 が動作して、消費電力の測定値を遠隔に送信する。電気機器 1 が電力を消費していないときは電力測定装置 1 0 0 F は動作せず、電力測定装置 1 0 0 F 自体による電力の無駄遣いを防止することができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 1 は、変形例 5 としてプラグ一体型の電力測定装置 1 0 0 G を示す。図 1 1 ( A ) は電力測定装置 1 0 0 G を電源コード 5 の側から見た図、図 1 1 ( B ) は、電力測定装置 1 0 0 G を一対のプラグ 6 a、6 b の側から見た図である。

## 【 0 0 5 2 】

電力測定装置 1 0 0 G では、電源プラグ 2 のプラグ 6 a と 6 b のいずれか一方を環状の磁性体コア 1 1 で取り囲み、磁性体コア 1 1 を屈曲させて電源プラグ 2 の本体の外壁に配置する。電源プラグ 2 の本体に、L C 回路 1 3 を収容するケース 4 0 が配置され、磁性体コア 1 1 に巻きつけられたコイル 1 2 の両端は、L C 回路 1 3 に接続されている。L C 回路は図 2 のような L C 回路 1 3 A であってもよいし、図 6 のように、複数のキャパシタ 1 5、1 6 を切り替え可能に配置した構成であってもよい。また、ケース 4 0 の内部に、M C U 2 4 や無線伝送装置 2 8 を配置してもよいし、ケース 4 0 の外側から表示値が認識できるように電力表示装置 2 5 を配置してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 3 】

上述した実施形態及び変形例の任意の組み合わせが可能である。たとえば、図 10 のように磁性体コア 31、コイル 32、及び整流器 33 で生成した電力を、図 7 の電力表示装置 25 に供給する構成としてもよい。あるいは、図 6 の共振器 10B のスイッチ 17 を自動で切り替える場合は、生成した電力を図示しない周波数検出器に供給して周波数検出器を動作させてもよい。

## 【 0 0 5 4 】

上述した実施形態及び変形例では、電気機器 1 の電力を測定する実施の形態を示したが、ブレーカ毎の電力を測定する場合にも本発明を適用することができる。また、図 7 ~ 図 9 の M C U 14、電力表示装置 25、無線伝送装置 28 の電源として、一次電池、二次電池及び太陽電池等のエネルギーハーベスティングによる手段を用いることも可能である。

10

## 【 0 0 5 5 】

本発明の構成により、従来の電力測定装置よりも小型の磁気コアを用いて電気機器の電力消費を正確に測定することができる。また、図 10 の構成では、電気機器 1 を使用している場合にだけ電力測定装置を動作させることで、電力計測システム全体の電力消費を低減することができる。

## 【 0 0 5 6 】

< 第 3 実施形態 >

図 12 は、第 3 実施形態の漏電検出装置の概略構成図である。

20

## 【 0 0 5 7 】

図 12 に示すように、漏電検出装置 200 は、磁性体コア 11、コイル 12、整流回路 51、および無線伝送装置 52 を備えて構成される。

## 【 0 0 5 8 】

磁性体コア 11 およびコイル 12 は、図 1 の電力測定装置 100 と同様に、環状の磁性体コア 11 にコイル 12 が巻きつけられた構成となっている。そして、漏電検出装置 200 では、電源コード 5 を構成する一対の導電線 3 および 4 の両方を磁性体コア 11 に通した状態とされる。即ち、図 1 の電力測定装置 100 は、導電線 3 および 4 のいずれか一方だけを磁性体コア 11 に通して使用されるのに対し、漏電検出装置 200 は、導電線 3 および 4 の 2 本とも磁性体コア 11 に通して使用される。

30

## 【 0 0 5 9 】

整流回路 51 は、コイル 12 の一端に接続されており、コイル 12 により発生する交流の電力を整流して無線伝送装置 52 に供給する。例えば、電源プラグ 2 がコンセント 7 に挿入され、電源コード 5 を介して電気機器 1 に電力が供給されているとき、導電線 3 および 4 には、通常、互いに逆の位相で同じ大きさの交流電流が流れるため、それらの電流による磁束は打ち消し合うことになる。そのため、通常、コイル 12 に起電力は発生しない。一方、電気機器 1 で漏電が発生した場合、導電線 3 および 4 に流れる交流電流に差が発生するため、それらの交流電流の差に応じた磁束が発生して、コイル 12 に交流の起電力が発生する。

## 【 0 0 6 0 】

40

無線伝送装置 52 は、正電源端子 VCC に整流回路 51 が接続されおり、グランド端子 GND にコイル 12 の他端が接続されているとともに、無線信号を送信するためのアンテナがアンテナ端子 ANT に接続されて構成される。そして、無線伝送装置 52 は、整流回路 51 により整流された電力が正電源端子 VCC に供給されると起動して、整流回路 51 から供給される電力を電源として駆動し、無線伝送装置 52 を識別するための信号として固有の装置 ID ( Identification ) を、アンテナを介して無線信号で送信する。無線伝送装置 52 は、任意の変調方式により、例えば、振幅偏移変調の最も単純な形式であるオンオフ変調 (OOK : on-off-keying) により、装置 ID を送信することができる。

## 【 0 0 6 1 】

このように、漏電検出装置 200 は、電気機器 1 が漏電することによってコイル 12 に

50

発生する起電力に基づく電力で無線伝送装置 5 2 を駆動することができるので、例えば、バッテリーなどの電力を内蔵する必要のない構成となっている。これにより、漏電検出装置 2 0 0 は、バッテリーなどを交換するメンテナンスを不要とするメリットがある。

#### 【 0 0 6 2 】

そして、漏電検出装置 2 0 0 は、電気機器 1 に漏電が発生したときに、無線伝送装置 5 2 が装置 I D を外部の通信機器に対して送信するように構成されている。これにより、漏電検出装置 2 0 0 は、漏電の発生を検出したことを、漏電検出装置 2 0 0 の固有の装置 I D により、外部の通信機器に通知することができる。例えば、無線伝送装置 5 2 は、ユーザの携帯端末や、ビル等の消費電力管理室に設置された無線機器に装置 I D を送信することで、電気機器 1 に発生した漏電を、遠隔で管理または認識することができる。従って、漏電検出装置 2 0 0 が、例えば、インターネットなどのネットワークに接続されている無線 LAN (Local Area Network) 装置に装置 I D を送信することで、ネットワーク上で複数の電気機器 1 の漏電状況を監視するシステムを構築することができる。

10

#### 【 0 0 6 3 】

さらに、漏電検出装置 2 0 0 は、少ない部品数で構成することができ、かつ、簡易な構造であることより、低コストで製造することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

< 構成例 >

図 1 3 は、漏電検出装置 2 0 0 の第 1 の構成例を示す概略構成図である。なお、図 1 3 に示す漏電検出装置 2 0 0 A において、図 1 2 の漏電検出装置 2 0 0 と共通する構成については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

20

#### 【 0 0 6 5 】

図 1 3 に示すように、漏電検出装置 2 0 0 A は、整流回路 5 1 A としてダイオード 6 1 を使用して構成される。即ち、漏電検出装置 2 0 0 A では、ダイオード 6 1 のアノード側がコイル 1 2 の一端に接続され、ダイオード 6 1 のカソード側が無線伝送装置 5 2 の正電源端子 V C C に接続される。

#### 【 0 0 6 6 】

このように、整流回路 5 1 A としてダイオード 6 1 を使用した簡易的な構成により、漏電によりコイル 1 2 に発生する起電力に基づく交流の電力のうち、プラスの成分だけが無線伝送装置 5 2 の正電源端子 V C C に印加され、無線伝送装置 5 2 を駆動することができる。このように、漏電検出装置 2 0 0 A は、整流回路 5 1 A としてダイオード 6 1 を使用することで、より小型化を図ることができる。

30

#### 【 0 0 6 7 】

次に、図 1 4 は、漏電検出装置 2 0 0 の第 2 の構成例を示す概略構成図である。なお、図 1 4 に示す漏電検出装置 2 0 0 B において、図 1 2 の漏電検出装置 2 0 0 と共通する構成については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

#### 【 0 0 6 8 】

図 1 4 に示す漏電検出装置 2 0 0 B は、ダイオード 6 1、ダイオード 6 2、およびキャパシタ 6 3 を有して整流回路 5 1 B が構成される。図示するように、ダイオード 6 1 のアノード側は、キャパシタ 6 3 を介してコイル 1 2 の一端に接続され、ダイオード 6 1 のカソード側が無線伝送装置 5 2 の正電源端子 V C C に接続される。また、ダイオード 6 2 のカソード側は、ダイオード 6 1 とキャパシタ 6 3 とを繋ぐ配線に接続され、ダイオード 6 2 のアノード側は、コイル 1 2 の他端と無線伝送装置 5 2 のグランド端子 G N D とを繋ぐグランド線に接続されている。

40

#### 【 0 0 6 9 】

このように、整流回路 5 1 B は、ダイオード 6 1、ダイオード 6 2、およびキャパシタ 6 3 が組み合わされて、いわゆるチャージポンプ回路を形成しており、コイル 1 2 に発生する起電力の 2 倍の電源電圧を、無線伝送装置 5 2 に供給することができる。

#### 【 0 0 7 0 】

これにより、漏電検出装置 2 0 0 B は、例えば、図 1 3 の整流回路 5 1 A を用いた漏電

50

検出装置 200A と比較して、漏電検出感度を高めることができる。即ち、漏電検出装置 200B は、コイル 12 に発生する起電力が小さくても、その起電力の 2 倍の電源電圧を無線伝送装置 52 に供給することで、無線伝送装置 52 を起動させ、装置 ID の送信を行うことができる。

【0071】

次に、図 15 は、漏電検出装置 200 の第 3 の構成例を示す概略構成図である。なお、図 15 に示す漏電検出装置 200C において、図 12 の漏電検出装置 200 と共通する構成については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0072】

図 15 に示す漏電検出装置 200C は、ダイオード 61、ダイオード 62、キャパシタ 63、キャパシタ 64、バッファアンプ 65、および電源回路 66 を有して整流回路 51C が構成される。

10

【0073】

図示するように、ダイオード 61 のアノード側は、キャパシタ 63 を介してコイル 12 の一端に接続され、ダイオード 61 のカソード側が正電源回路 66 の電源端子に接続される。また、ダイオード 62 のカソード側は、ダイオード 61 とキャパシタ 63 とを繋ぐ配線に接続され、ダイオード 62 のアノード側は、コイル 12 の他端と無線伝送装置 52 のグランド端子 GND とを繋ぐグランド線に接続されている。また、キャパシタ 64 の一端が、ダイオード 61 と電源回路 66 とを繋ぐ配線に接続され、キャパシタ 64 の他端は、グランド線に接続されている。また、バッファアンプ 65 の入力端子は、ダイオード 61 と電源回路 66 とを繋ぐ配線に接続され、バッファアンプ 65 の出力端子は、電源回路 66 のイネーブル端子 EN に接続されている。

20

【0074】

従って、整流回路 51C では、キャパシタ 64 に電荷が蓄積され、所定の電圧となるまでキャパシタ 64 がチャージされると、バッファアンプ 65 は、イネーブル端子 EN に出力する出力信号をローレベルからハイレベルに切り替えることができる。これにより、電源回路 66 が定格電圧の電力を無線伝送装置 52 に供給することができる。

【0075】

このように構成される整流回路 51C は、無線伝送装置 52 を安定的に駆動させることができ、漏電の検出に伴った装置 ID の送信を確実に行うことができる。

30

【0076】

次に、図 16 は、漏電検出装置 200 の第 4 の構成例を示す概略構成図である。なお、図 16 に示す漏電検出装置 200D において、図 15 の漏電検出装置 200C と共通する構成については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0077】

即ち、漏電検出装置 200D の整流回路 51D は、図 15 の漏電検出装置 200C の整流回路 51C のバッファアンプ 65 に替えて、シュミットトリガ 67 を配置した構成となっている。

【0078】

シュミットトリガ 67 は、入力電圧の変化に対してヒステリシスを持って変化する出力信号を出力し、例えば、キャパシタ 64 のチャージ電圧が所定範囲内であるときに、電源回路 66 のイネーブル端子 EN に電力の出力を指示する出力信号を供給する。図 16 の例では、シュミットトリガ 67 は、入力電圧が上昇して 5V となったタイミングで、出力信号をローレベルからハイレベルに切り替えて出力し、入力電圧が降下して 4V となったタイミングで、出力信号をハイレベルからローレベルに切り替えて出力する。即ち、シュミットトリガ 67 は、キャパシタ 64 の電圧を検出して、キャパシタ 64 に蓄積される電荷が所定の範囲である場合に、電源回路 66 に対して電力の出力を指示する指示部として機能する。

40

【0079】

従って、電源回路 66 は、キャパシタ 64 のチャージ電圧が 5V まで上昇すると定格電

50

圧の電力を無線伝送装置 5 2 に供給する。その後、電源回路 6 6 による電力消費によってキャパシタ 6 4 に蓄積される電荷が減少し、キャパシタ 6 4 のチャージ電圧が 4 V まで低下すると、電源回路 6 6 は、無線伝送装置 5 2 への電力の供給を停止する。

【 0 0 8 0 】

これにより、漏電検出装置 2 0 0 D は、より安定的に無線伝送装置 5 2 を駆動させることができる。さらに、無線伝送装置 5 2 から装置 I D が送信される間隔 T は、キャパシタ 6 4 に電荷が蓄積する速度に応じたもの、つまり、漏電によりコイル 1 2 に発生する起電力に応じたものとなる。これにより、漏電検出装置 2 0 0 D は、無線伝送装置 5 2 から装置 I D が送信される間隔 T によって、漏電により漏れ出る電流の大きさを特定させることができる。

10

【 0 0 8 1 】

図 1 7 を参照して、無線伝送装置 5 2 から装置 I D が送信される間隔 T について説明する。

【 0 0 8 2 】

図 1 7 では、縦軸が電圧を示し、横軸が時間を示しており、キャパシタ 6 4 に蓄積される電荷によるチャージ電圧、および、電源回路 6 6 から出力される出力電圧の時間的な変化が示されている。

【 0 0 8 3 】

例えば、漏電が発生してコイル 1 2 に起電力が発生し、ダイオード 6 1 により整流された電荷が蓄積されるのに応じて、キャパシタ 6 4 のチャージ電圧が増加する。そして、チャージ電圧が 5 V に到達すると、シュミットトリガ 6 7 がハイレベルの出力信号を出力するのに従って、電源回路 6 6 は、定格 (3.3V) の出力電圧を出力する。これにより、無線伝送装置 5 2 は、装置 I D を送信することができる。

20

【 0 0 8 4 】

そして、キャパシタ 6 4 に蓄積されていた電荷が電源回路 6 6 により消費されるのに応じて、チャージ電圧が 4 V まで低下すると、シュミットトリガ 6 7 がローレベルの出力信号を出力するのに従って、電源回路 6 6 は電力の出力を停止する。その後、キャパシタ 6 4 に電荷が蓄積され、再度、チャージ電圧が 5 V に到達すると、同様に、電源回路 6 6 が定格 (3.3V) の出力電圧を出力し、無線伝送装置 5 2 は、装置 I D を送信することができる。

30

【 0 0 8 5 】

このように、無線伝送装置 5 2 が装置 I D を送信する間隔 T は、キャパシタ 6 4 に電荷が蓄積される時間に応じたものとなる。従って、コイル 1 2 に発生する起電力による電流が大きいと間隔 T は短くなり、コイル 1 2 に発生する起電力による電流が小さいと間隔 T は長くなる。つまり、無線伝送装置 5 2 が装置 I D を送信する間隔 T は、コイル 1 2 に発生する起電力の大きさに比例するものとなり、装置 I D を受信する無線装置 (例えば、ユーザの携帯端末) は、この間隔 T に基づいて、漏電により漏れ出る電流の大きさを特定することができる。

【 0 0 8 6 】

次に、図 1 8 は、図 1 2 を参照して説明した漏電検出装置 2 0 0 の他の使用例を示す図である。

40

【 0 0 8 7 】

上述の図 1 2 では、漏電検出装置 2 0 0 は、コンセント 7 および電気機器 1 の間の電源コード 5 に取り付けられ、電気機器 1 の漏電を検出する使用例について説明した。これに対し、図 1 8 に示すように、漏電検出装置 2 0 0 は、変圧器 8 1 および分電盤 8 2 の間に配線される単相 3 線式の配電線 8 6 に取り付けることができ、分電盤 8 2 から電力が供給される全ての電気機器の漏電を検出することができる。即ち、図示するように、漏電検出装置 2 0 0 は、配電線 8 6 を構成する 3 本の導電線 8 3、導電線 8 4、および導電線 8 5 の全てを磁性体コア 1 1 に通した状態で使用される。

【 0 0 8 8 】

50

以上のように、漏電検出装置 200 は、バッテリーなどの電源を内蔵する必要のない構成で、漏電により発生する起電力を利用して、無線信号により装置 ID を送信することによって、漏電の発生を通知することができる。

【0089】

なお、例えば、漏電検出装置 200 において、コイル 12 および整流回路 51 の間に、図 1 の LC 回路 13 を挿入する構成を採用してもよい。これにより、上述した原理と同様に、漏電により発生する電圧を増幅することができる。また、漏電検出装置 200 は、開閉して電源コード 5 を挟み込むようなクランプ型の構成としたり、電気機器 1 や電源プラグ 2 などに組み込まれる構成としたりすることができる。

【符号の説明】

【0090】

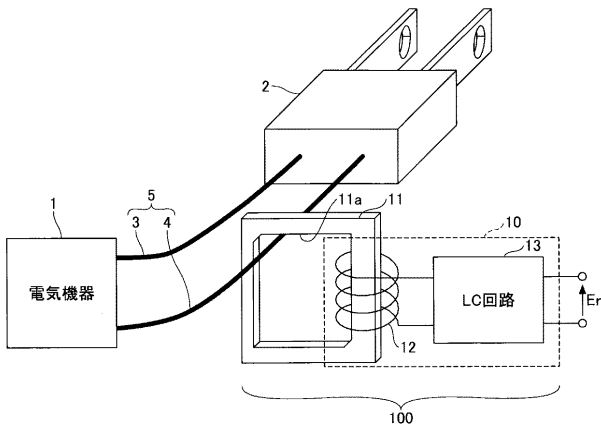
- 1 電気機器
- 2 電源プラグ
- 3、4 導電線
- 5 電源コード
- 10、10A、10B 共振器
- 11 磁性体コア
- 11a 開口
- 12 コイル（第 1 のコイル）
- 13、13B LC 回路
- 14 コイル（第 2 のコイル）
- 15、16 キャパシタ
- 17 スイッチ
- 25 電力表示装置
- 28 無線伝送装置
- 31 第 2 磁性体コア
- 32 コイル
- 33 整流器
- 34 給電器
- 35 周波数検出器
- 51 整流回路
- 52 無線伝送装置
- 100、100A～100G 電力測定装置
- 200、200A～200D 漏電検出装置

10

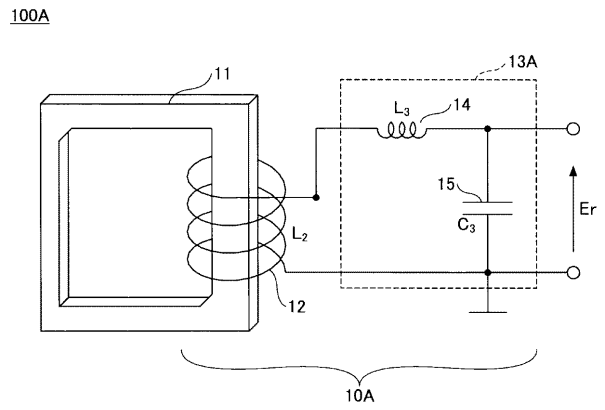
20

30

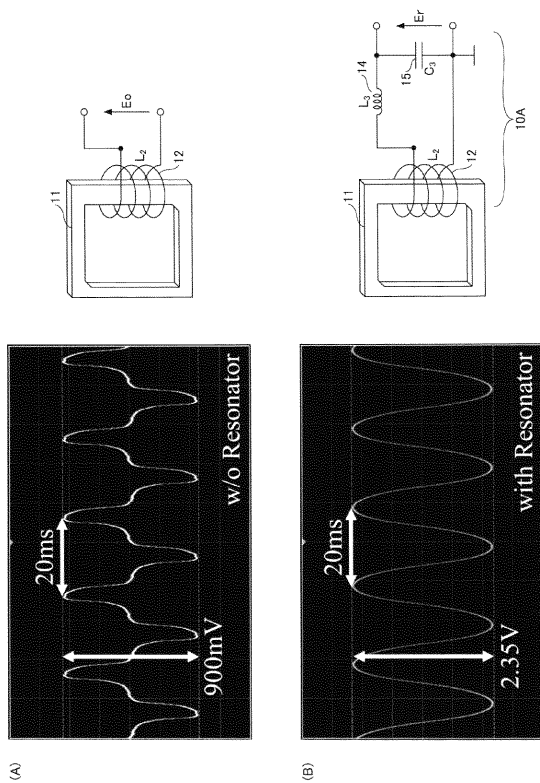
【 図 1 】



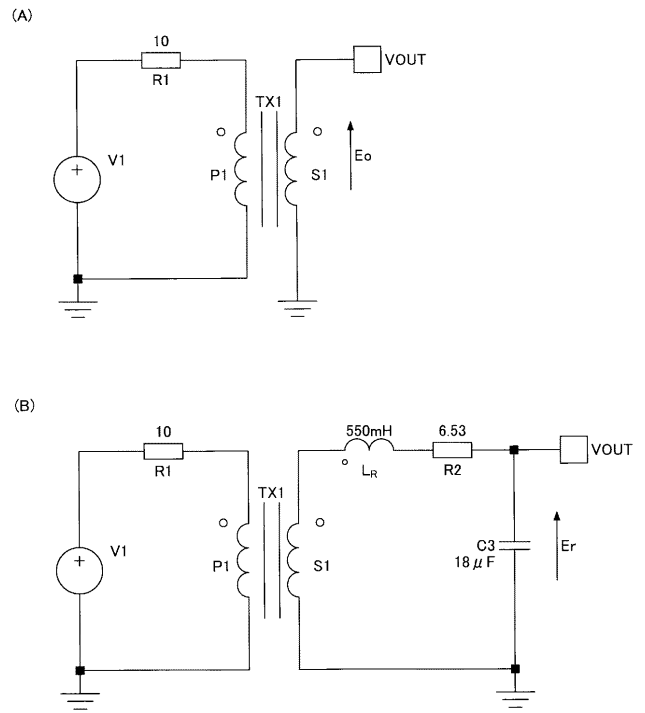
【 図 2 】



【 図 3 】

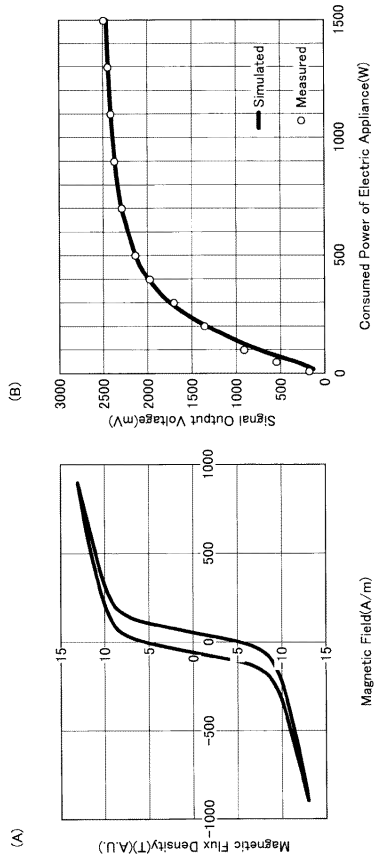


【 図 4 】

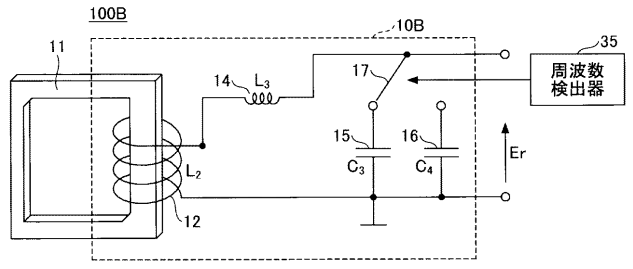




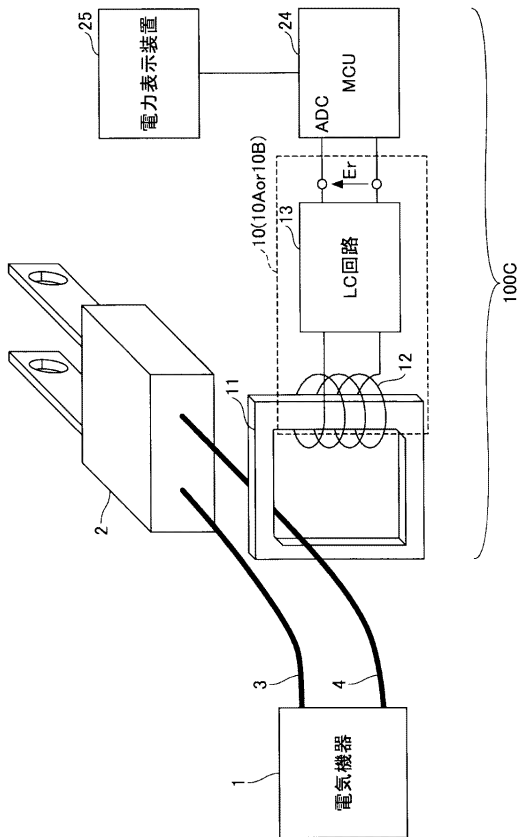
【 図 5 】



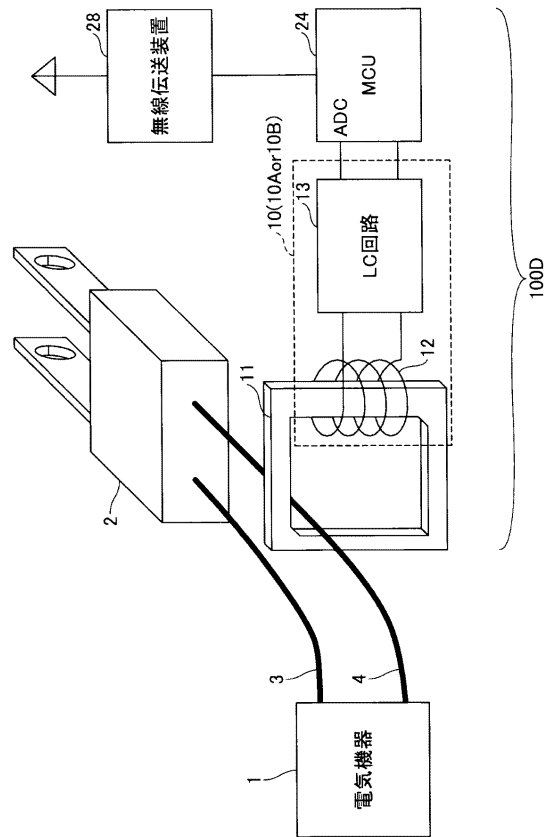
【 図 6 】



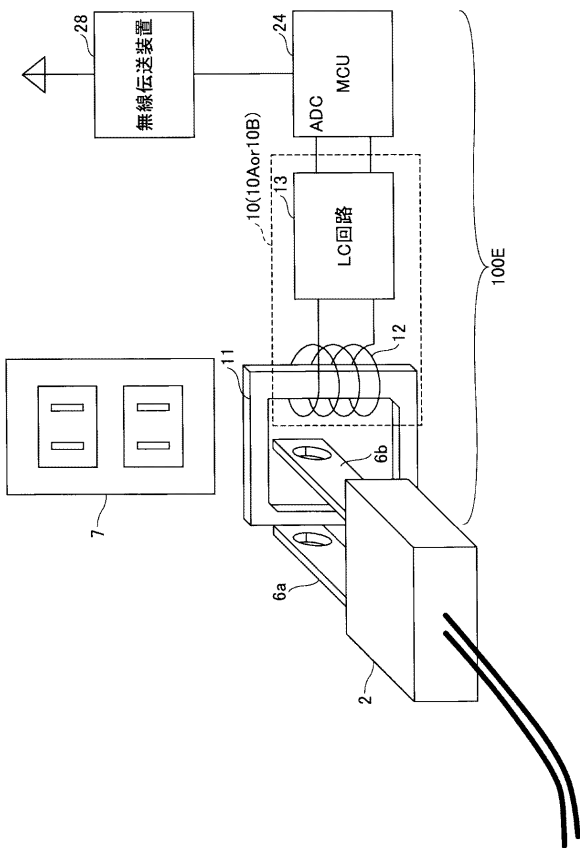
【 図 7 】



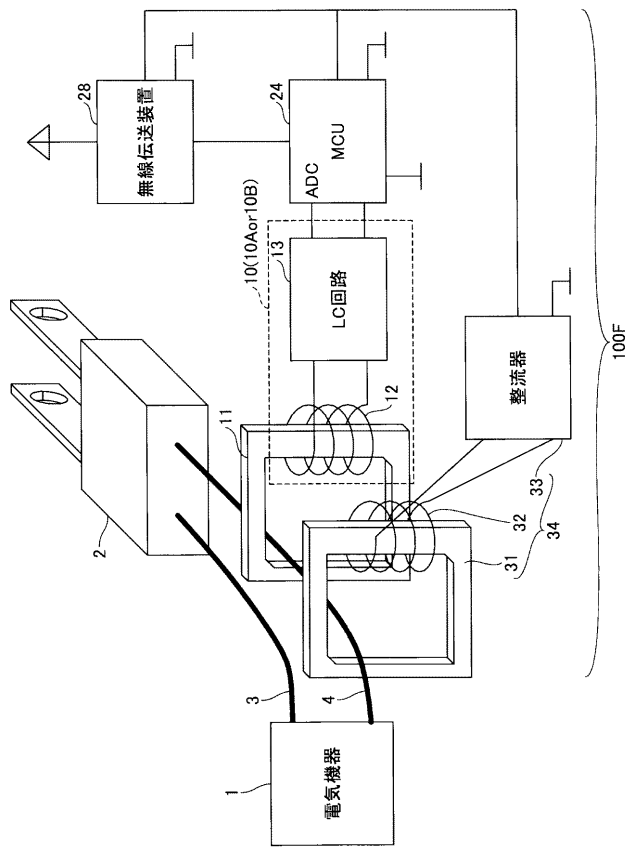
【 図 8 】



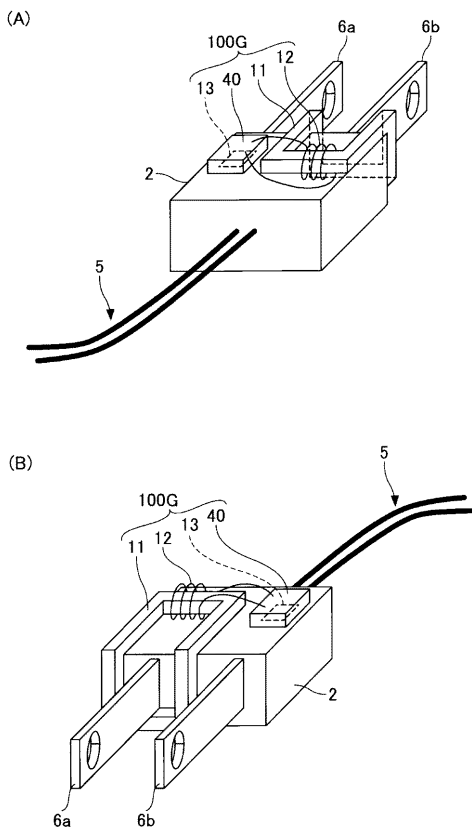
【 図 9 】



【 図 10 】

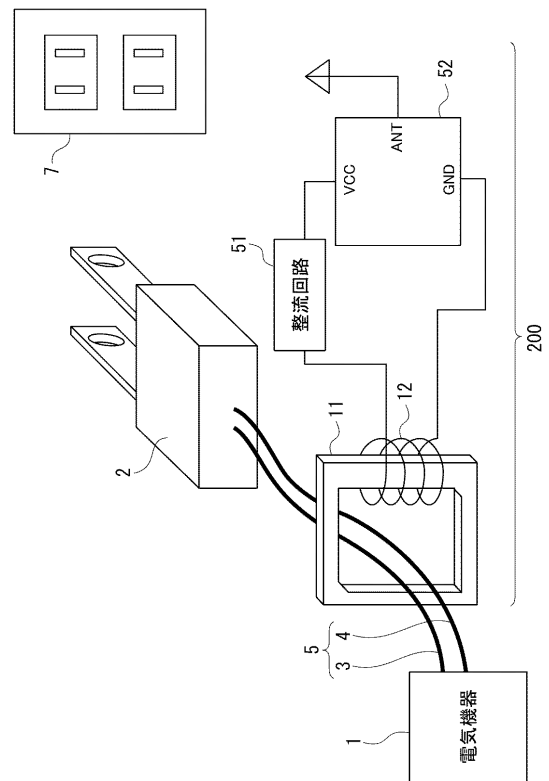


【 図 11 】



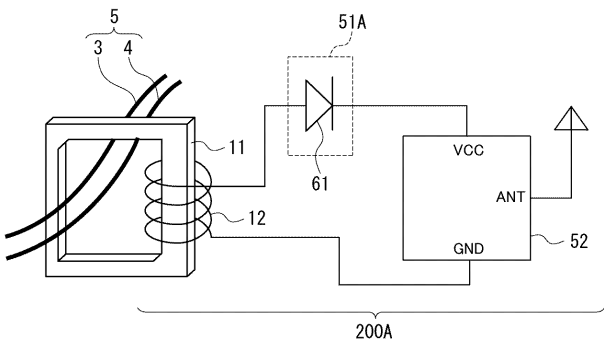
【 図 12 】

Fig. 12



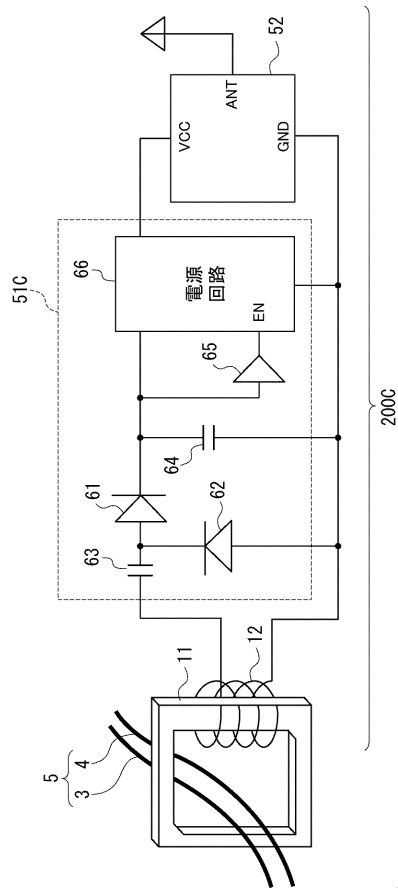
【図13】

Fig. 13



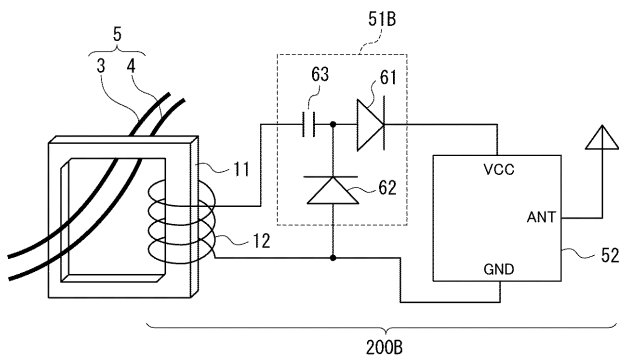
【図15】

Fig. 15



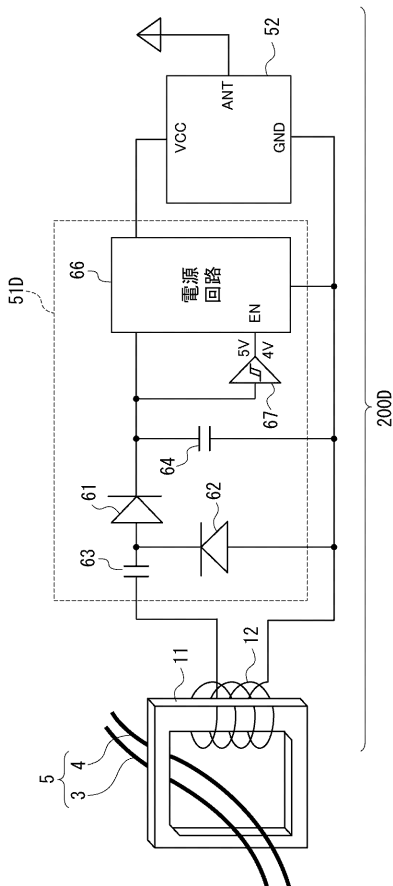
【図14】

Fig. 14



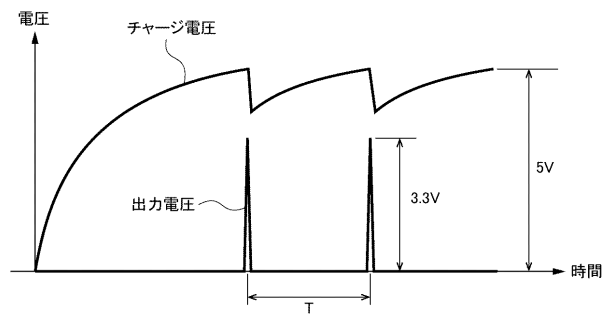
【図16】

Fig. 16



【図17】

Fig. 17



【 図 18 】  
Fig. 18

