

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4884384号
(P4884384)

(45) 発行日 平成24年2月29日(2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 R 15/18 (2006.01)

G O 1 R 15/02

G

G O 1 R 15/02

H

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-518861 (P2007-518861)
(86) (22) 出願日 平成17年11月16日(2005.11.16)
(86) 国際出願番号 PCT/JP2005/021049
(87) 国際公開番号 W02006/129389
(87) 国際公開日 平成18年12月7日(2006.12.7)
審査請求日 平成20年11月5日(2008.11.5)
(31) 優先権主張番号 特願2005-160074 (P2005-160074)
(32) 優先日 平成17年5月31日(2005.5.31)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 504297906
有限会社 C L T
福岡県北九州市小倉北区浅野 3 丁目 8 - 1
(74) 代理人 100090697
弁理士 中前 富士男
(72) 発明者 木下 茂己
福岡県北九州市戸畑区中原新町 2 - 1 有
限会社 C L T 内

審査官 堀 圭史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広帯域型電流検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定電流を流す被測定導体が挿通可能な空間部を有し、該空間部を取り囲んで配置された第 1 及び第 2 の可飽和リングコアと、

前記第 1、第 2 の可飽和リングコアにそれぞれ同一巻数で同一方向又は逆方向に巻回されて、電流を流すと逆方向に磁場を発生させる第 1、第 2 の高周波コイルと、

前記第 1、第 2 の高周波コイルを半径方向両側からサンドイッチ状に挟んだ状態で配置された第 1、第 2 の不飽和リングコアと、

前記第 1、第 2 の不飽和リングコアを中央にしてその外側に巻き付けたキャンセルコイルとを有し、

前記第 1、第 2 の高周波コイルに前記第 1、第 2 の可飽和リングコアが飽和する高周波電流を流し、前記第 1、第 2 の高周波コイルにかかる差分電圧を取り出し、該差分電圧に対応する電流を、前記キャンセルコイルに流して前記第 1、第 2 の不飽和リングコアに前記測定電流による励磁とは逆方向に励磁を与えて前記差分電圧を打ち消し、前記キャンセルコイルに流した電流から、直流から低周波領域での前記被測定導体を流れる電流を測定することを特徴とする広帯域型電流検出器。

【請求項 2】

請求項 1 記載の広帯域型電流検出器において、前記第 1、第 2 の不飽和リングコアを中央にしてその外側に巻き付けられた検出コイルを有し、該検出コイルで検知された電流を増幅して前記キャンセルコイルに流し、該キャンセルコイルに流した電流から、高周波領域

での前記被測定導体を流れる電流を測定することを特徴とする広帯域型電流検出器。

【請求項3】

請求項2記載の広帯域型電流検出器において、前記第1、第2の可飽和リングコアは、同一形状であって、軸方向に並べて配置されていることを特徴とする広帯域型電流検出器。

【請求項4】

請求項2及び3のいずれか1項に記載の広帯域型電流検出器において、前記第1、第2の高周波コイルには、それぞれ同一値の抵抗が直列に接続されてブリッジ回路を形成し、そのブリッジ出力を前記差分電圧とし、該差分電圧を前記第1、第2の高周波コイルを流す交流の2倍の周波数で同期整流し、平滑化してアンプで増幅して、前記キャンセルコイルに流すことを特徴とする広帯域型電流検出器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可飽和リアクトルを用いた直流から低周波（8～10kHz程度の周波数をいう）の電流を測定できる広帯域型電流検出器に関する。

【背景技術】

【0002】

可飽和リアクトルを用いた電流検出器としては、例えば、日本国特公昭63-25487号公報に記載のものが知られており、可飽和鉄心に巻かれた被測定電流を流す一次巻線及び一對の二次巻線とを有する可飽和リアクトルと、負荷抵抗と、前記した二次巻線に互いに逆相で電流を流す交流電源とを有している。

20

また、日本国特開昭61-245511号公報に記載のように、ホール素子等を用いて電流が流れる際に発生する磁界の強さを検知する電流検出器が実用化されて、主流となっている。

【0003】

しかしながら、日本国特公昭63-25487号公報に記載の技術においては、一次巻線に流す電流が出力値に比例する領域は限定されており領域が狭く、更に、その領域を外れると非線型領域及び飽和領域を有し、比較的測定精度が悪いという問題がある。また、交流に対しては考慮されておらず、直流の測定用である。

また、日本国特開昭61-245511号公報に記載のようなホール素子等を用いた電流計においては、温度変化等でホール素子の特性が変化し、高い測定精度を維持することは困難であるという問題がある。

30

【発明の開示】

【0004】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、比較的測定精度（例えば、0.01%以内）が高く、直流から交流まで測定可能な広帯域型電流検出器を提供することを目的とする。

【0005】

前記目的に沿う第1の発明に係る広帯域型電流検出器は、測定電流を流す被測定導体が挿通可能な空間部を有し、該空間部を取り囲んで配置された第1及び第2の可飽和リングコアと、

40

前記第1、第2の可飽和リングコアにそれぞれ同一巻数で同一方向又は逆方向に巻回されて、電流を流すと逆方向に磁場を発生させる第1、第2の高周波コイルと、

前記第1、第2の高周波コイルを半径方向両側からサンドイッチ状に挟んだ状態で配置された第1、第2の不飽和リングコアと、

前記第1、第2の不飽和リングコアを中央にしてその外側に巻き付けたキャンセルコイルとを有し、

前記第1、第2の高周波コイルに前記第1、第2の可飽和リングコアが飽和する高周波電流を流し、前記第1、第2の高周波コイルにかかる差分電圧を取り出し、該差分電圧に対応する電流を、前記キャンセルコイルに流して前記第1、第2の不飽和リングコアに前記

50

測定電流による励磁とは逆方向に励磁を与えて前記差分電圧を打ち消し、前記キャンセルコイルに流した電流から、直流から低周波領域での前記被測定導体を流れる電流を測定する。

【0006】

第2の発明に係る広帯域型電流検出器は、第1の発明に係る広帯域型電流検出器において、前記第1、第2の不飽和リングコアを中央にしてその外側に巻き付けられた検出コイルを有し、該検出コイルで検知された電流を増幅して前記キャンセルコイルに流し、該キャンセルコイルに流した電流から、高周波領域での前記被測定導体を流れる電流を測定する。

【0007】

第3の発明に係る広帯域型電流検出器は、第2の発明に係る広帯域型電流検出器において、前記第1、第2の可飽和リングコアは、同一形状であって、軸方向に並べて配置されている。

そして、第4の発明に係る広帯域型電流検出器は、第2、第3の発明に係る広帯域型電流検出器において、前記第1、第2の高周波コイルには、それぞれ同一値の抵抗が直列に接続されてブリッジ回路を形成し、そのブリッジ出力を前記差分電圧とし、該差分電圧を前記第1、第2の高周波コイルを流す交流の2倍の周波数で同期整流し、平滑化してアンプで増幅して、前記キャンセルコイルに流す。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施例にかかる広帯域型電流検出器本体の断面図である。

【図2】(A)、(B)はそれぞれ可飽和リングコア及び不飽和リングコアの磁気特性を示すグラフである。

【図3】同広帯域型電流検出器の回路図である。

【図4】(A)～(F)は同広帯域型電流検出器の動作を説明するための波形図である。

【図5】(A)～(C)は同広帯域型電流検出器の動作を説明するための波形図である。

【図6】同広帯域型電流検出器の特性を示すグラフである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施例につき説明し、本発明の理解に供する。

図1、図3に示すように、本発明の一実施例に係る広帯域型電流検出器10は、中央に被測定導体の一例である導線26を挿通可能な空間部11を形成する絶縁体かつ非磁性体（例えば、プラスチック又はセラミック）からなるガイド筒12を有している。このガイド筒12の周囲には同一形状の第1、第2の可飽和リングコア13、14が軸方向に並べて配置され、この第1、第2の可飽和リングコア13、14には、それぞれ同一巻数で巻回されて同一方向の電流を流すと逆方向に磁場を発生させる第1、第2の高周波コイル15、16が巻かれている。

この第1、第2の高周波コイル15、16を半径方向両側からサンドイッチ状に挟んだ状態で配置された第1、第2の不飽和リングコア17、18を有し、この第1、第2の不飽和リングコア17、18を中央にしてその外側には、巻数nのキャンセルコイル19と巻数mの検出コイル20が巻かれている。なお、この第1、第2の不飽和リングコア17、18を直流励磁した場合の磁気的特性を図2(B)に示す。

【0010】

同一巻数pの第1、第2の高周波コイル15、16には、図3に示すように、周波数2fの高周波発振器21からの出力を1/2の周波数に落とす周波数変換器22を介して所定電圧Vaに増幅された周波数fの方形波（この実施例では50kHzの高周波、図4(A)参照）が、抵抗（固定抵抗）23、24（抵抗値は同じ）を介して加えられている。第1、第2の可飽和リングコア13、14は図2(A)に示すような特性の可飽和コアからなっている。そして、第1、第2の高周波コイル15、16に周波数fの方形波電圧Va

10

20

30

40

50

を加えた場合（即ち、周波数 f の高周波電流を流した場合）、第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 が約 $3/8 \cdot \lambda$ 波長及び $7/8 \cdot \lambda$ 波長の所で飽和するように、第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 の巻数 p 及び第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 の断面積が設定されている。

従って、第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 に、図 4 (A) に示すような電圧を加えると、第 1 の高周波コイル 15 には、図 4 (B) に示す電圧が、第 2 の高周波コイル 16 には、図 4 (C) に示す電圧が発生する。

【0011】

第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 の巻方向は同一（例えば、右巻又は左巻）であっても逆方向であってもよいが、ガイド筒 12 内を挿通する測定電流を流す導線 26 に電流を流すと、第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 の一方の電圧が減少し、他方の電圧が増加するように、抵抗 23、24 にそれぞれ接続されている。そして、この抵抗 23、24 及び第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 がそれぞれ直列に接続されて、ブリッジ回路を形成し、その中点出力に入力トランス 27 の一次側コイル 28 が接続されている。この入力トランス 27 の二次側コイル 29 には中間タップが設けられ、180 度位相の異なる出力がその両側のコイルに発生するようになっている。

従って、導線 26 に電流が流れない場合には、図 4 (B) に示す第 1 の高周波コイル 15 にかかる電圧と、図 4 (C) に示す第 2 の高周波コイル 16 にかかる電圧は同一となるので、その差分が入力トランス 27 に出力され、結局は図 4 (D) に示すように 0（ゼロ）となる。

【0012】

ところが、導線 26 に電流（説明のために直流が流れたとする）が流れると、第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 の磁気飽和状態が変わって、図 4 (E) 及び図 4 (F) に示すように、第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 にかかる電圧が変化する。これは、図 2 に示す可飽和リングコアのヒステリシスカーブにおいて、導線 26 に電流が流れることによって、0 点が移動することによる。

第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 にかかる電圧の差分をブリッジ回路で検知し、入力トランス 27 によって差分を出力すると、図 5 (A)、(A)' に示すような電圧が入力トランス 27 の二次側のセンタータップを基準として両側に出力される。

【0013】

この入力トランス 27 の二次側に発生する電圧信号 (A)、(A)' を、高周波発振器 21 で発生させた周波数が $2f$ （即ち、100 kHz）で同期整流を行う。ここで、同期整流とは、入力トランス 27 の二次側に発生する 180 度位相の異なる電圧を、高周波発振器 21 で発生させた方形波信号によって、スイッチング素子（例えば、CMOS 型半導体素子）を交互に切り替えて、入力トランス 27 から発生する信号を揃えること（即ち、整流すること）をいう。図 5 (B) は同期整流に使用する制御信号を、図 5 (C) は同期整流回路 30 の出力を示すことになる。

【0014】

ここで、同期整流回路 30 と通常のシリコンダイオード等を組み合わせて構成した整流回路との相違は、シリコンダイオードを使用する整流回路においてはシリコンダイオード自体の電圧降下（例えば、0.5～0.7V）が存在するので微小信号の整流ができないこと、全ての信号が一定方向に電流が流れて直流化されるという問題があるが、同期整流回路 30 においては、素子自体の電圧降下がない（即ち、通常の接点と同じ）こと、及び入力信号と制御信号の位相によって、一方向の電流のみでなく逆方向の電流も発生すること（従って、完全には直流にはならない）である。

この同期整流回路 30 を用いることによって、導線 26 を流れる電流の方向及びその大きさを正確に測定できる。

【0015】

同期整流回路 30 の出力を、そのままフィルター回路 31 に流すと、図 5 (C) に示す電圧波形が平均化（平滑化）されて、直流となる。ここで、アンプ 32 で電圧増幅を行い、

10

20

30

40

50

アンプ 33 が電流増幅を行って、その出力を抵抗 34 が直列に接続されたキャンセルコイル 19 に流す。このキャンセルコイル 19 に流れる電流によって第 1、第 2 の不飽和リングコア 17、18 に発生する磁束が、導線 26 を流れる電流によって第 1、第 2 の不飽和リングコア 17、18 及び第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 に発生する磁束を打ち消すようにしている。即ち、導線 26 を流れる電流を d_1 で巻数 1 とし、キャンセルコイル 19 に流れる電流を d_2 とし巻数を n とした場合、 $d_1 \times 1 = d_2 (1 + 1/\alpha) \times n$ の関係が成立する。従って、 $d_2 = d_1 / \{n (1 + 1/\alpha)\}$ 、即ち、 $d_2 = d_1 / n$ となって、 d_2 を測定すれば、 d_1 の値が分かる。更に、第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 の磁界は、約 $(d_1 \times 1 - d_2 \times n)$ と打ち消されるので、磁束が減少し、広範囲の電流を測定でき、結果として機器の小型化を図ることができる。なお、「 α 」は

10

【0016】

この実施例においては、説明のため、導線 26 に直流が流れた場合について、説明したが、同期整流回路 30 でその極性を判別しながらその大きさを測定できるので、マクロ的に見れば交流も支障なく測定できる。なお、同期整流回路 30 を駆動する制御信号より高周波は測定できないし、次に設けられたフィルター回路 31 の通過帯域によって交流の測定周波数は決定される。例えば、フィルター回路 31 を 10 kHz 程度に設定しておき、それ以上の周波数に対して減衰するように設定しておけば、約 10 kHz 程度の交流まで測定

20

できることになる。なお、第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 は、 f より高い周波数にも反応するが、周波数 $2f$ で同期整流を行うので、この同期整流の周期内で第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 が反応しても平均化され、この回路では検出できない。但し、第 1、第 2 の不飽和リングコア 17、18 の検出コイル 20 については同期整流を行っていないので、 f より高い周波数も検知できる。また、測定電流が低い周波数の場合、検出コイル 20 のみで検知しようとすると、その周波数で飽和しないだけのコア断面積を必要とし、小型軽量化ができない。

【0017】

次に、第 1、第 2 の不飽和リングコア 17、18 に検出コイル 20 を配置し、その出力を

30

アンプ 33 に入力させて、その出力をキャンセルコイル 19 に流し、導線 26 を流れる磁束を打ち消すようにさせると、導線 26 を流れる交流電流も抵抗 34 の両端の電圧から測定できる。この技術は周知であるので、詳しい説明を省略する。

この場合、第 1、第 2 の可飽和リングコア 13、14 及びこれらに巻いた第 1、第 2 の高周波コイル 15、16 によって検出される差分電圧から、導線 26 に流れる電流を測定する回路 A と、検出コイル 20 を用いて交流電流を測定する回路 B とを組み合わせると、図 6 に示すような特性となって、直流から高周波交流まで広範囲な電流の測定ができる。

【0018】

本発明は前記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲での改良、又は一部省略も可能である。例えば、前記実施例においては、広帯域型電流検出器 10 は、直流から交流まで測定できる回路 A と、通常の交流電流を測定する回路 B とを組み合わせ構成したが、切替えスイッチを設けて、直流から交流まで測定できる回路 A と、通常の交流電流を測定する回路 B とを別々に作動させる場合も本発明は適用される。この場合、直流から交流まで測定できる回路 A 又は通常の交流電流を測定する回路 B を停止させる場合には、アンプ 33 にこれらの入力信号が入らないようにスイッチを設けることになる。

40

【0019】

以上、本発明の実施例を説明したが、本発明は、この実施例に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲での変更は可能であり、前記したそれぞれの実施例や変形例の一部又は全部を組み合わせることもできる。

50

【産業上の利用可能性】

【0020】

本発明に係る広帯域型電流検出器は、第1、第2の可飽和リングコアに巻回された第1、第2の高周波コイルの差分電圧に対応する電流をキャンセルコイルに流しているので、測定電流によって第1、第2の不飽和リングコアの飽和を防止すると共に第1、第2の可飽和リングコアの飽和も防止して、直流から低周波領域の電流を、小電流から大電流まで精度よく測定できる。

そして、第1、第2の可飽和リングコアに巻かれた第1、第2の高周波コイルを、第1、第2の不飽和リングコアによって半径方向両側からサンドイッチ状に挟んでいるので、第1、第2の可飽和リングコアの磁束の飽和状態がより正確に制御され、測定精度が向上する。

10

【0021】

特に、本発明の広帯域型電流検出器において、第1、第2の不飽和リングコアを中央にしてその外側に巻き付けられた検出コイルを設け、この検出コイルで検知された電流を増幅してキャンセルコイルに流し、キャンセルコイルに流した電流から、高周波領域での被測定導体を流れる電流を測定するようにした場合には、この広帯域型電流検出器が通常のCTとしての役目も果たし、高周波領域（前記低周波領域を超える周波数をいう）での交流電流の測定が可能となる。従って、この発明においては、直流から高周波領域までの電流を精度よく測定できる。

【0022】

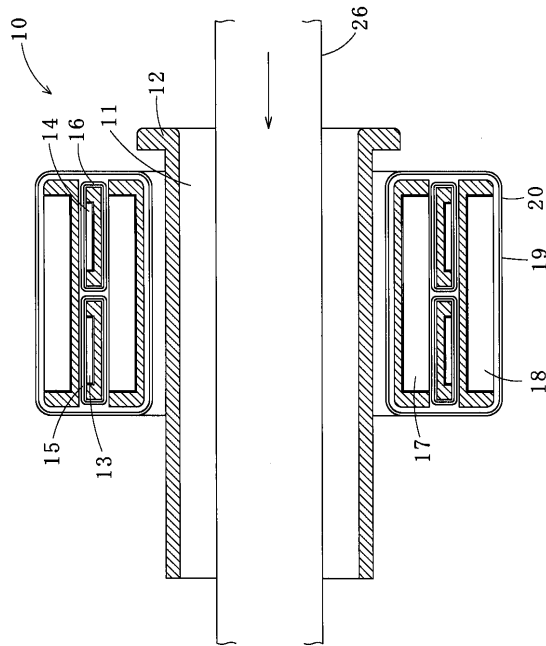
20

また、本発明の広帯域型電流検出器においては、第1、第2の可飽和リングコアを、同一形状として、軸方向に並べて配置することによって、差分電圧の精度が高まり、より精度の良い電流測定ができる。

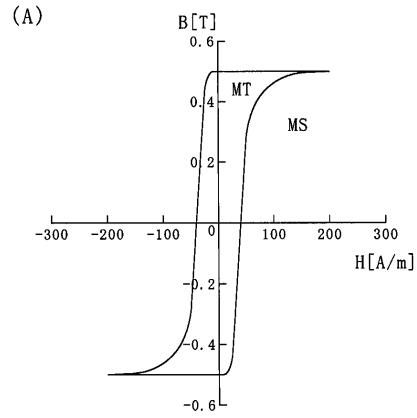
【0023】

そして、本発明の広帯域型電流検出器において、第1、第2の高周波コイルに、それぞれ同一値の抵抗を直列に接続してブリッジ回路を形成し、そのブリッジ出力を差分電圧とし、該差分電圧をアンプで増幅して、キャンセルコイルに流すことによって、温度変化等に影響されず、より精度の高い電流測定が可能となる。

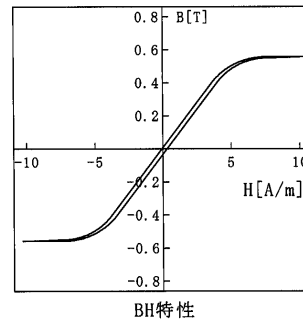
【図 1】



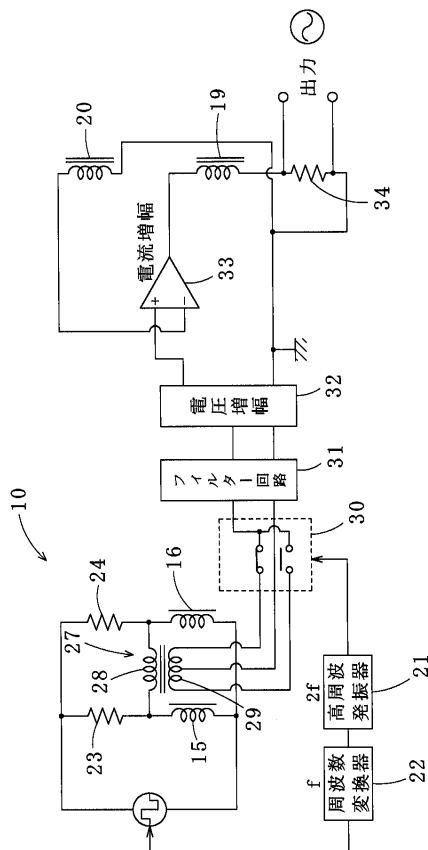
【図 2】



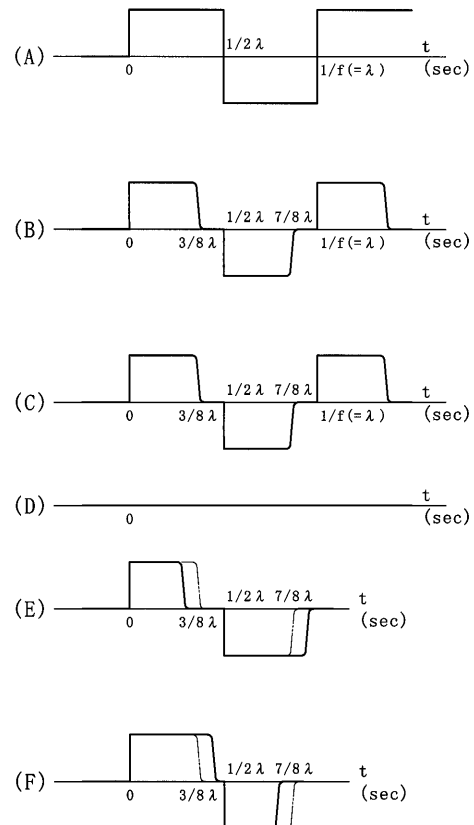
(B)



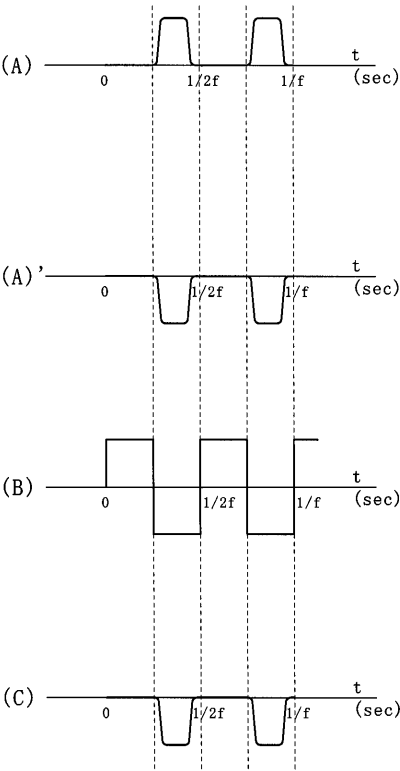
【図 3】



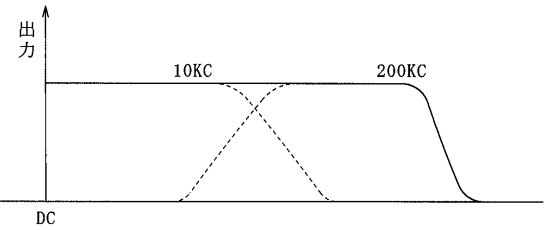
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 2-124470 (JP, A)
国際公開第 2000/22447 (WO, A1)
特開 2001-264360 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 15/14-26, 19/00-32
G01R 21/08-09, 33/02-10
H01F 27/42, 38/20-40