

(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2005-227105

(P2005-227105A)

(43) 公開日 平成17年8月25日(2005.8.25)

(51) Int. Cl.⁷

GO1V 1/18
GO1H 1/00

F I

GO1V 1/18
GO1H 1/00

テーマコード(参考)

2GO64

E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-35494(P2004-35494)
(22) 出願日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(71) 出願人 000003551
株式会社東海理化電機製作所
愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地
(74) 代理人 100068755
弁理士 恩田 博宣
(74) 代理人 100105957
弁理士 恩田 誠
(72) 発明者 熊谷 勝秀
愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地
株式会社東海理化電機製作所内
Fターム(参考) 2G064 AA11 AB19 CC22 CC26 CC29
CC35 CC45 CC54

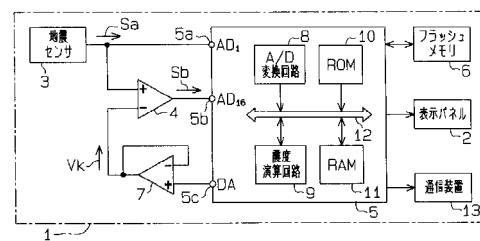
(54) 【発明の名称】 地震計

(57) 【要約】

【課題】 震度演算精度を十分に確保することができる地震計を提供する。

【解決手段】 オペアンプ4はマイコン5からの基準電圧V_kに基づき、地震センサ3からの検出信号S_aを増幅し、その増幅信号S_bをマイコン5に出力する。A/D変換回路8は検出信号S_a及び増幅信号S_bをA/D変換し、デジタル波形の1倍AD値及び16倍AD値を震度演算回路9に出力する。震度演算回路9は16倍AD値の上位に4ビットのダミーデータを付与し、1倍AD値の下位に4ビットのダミーデータを付与して、各々14ビットの演算用AD値に変換する。震度演算回路9はこの演算用AD値に基づき、その時点での震度の現在値及び平均値を算出し、その差を震度値として算出する。このとき、震度演算回路9は16倍AD平均値と基準電圧V_kとの差を監視し、この差が所定値を超えると基準電圧V_kが地震センサ3のオフセット電圧に近づくように基準電圧V_kを補正する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地震の震度を検出する地震検出手段と、前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅可能な増幅手段と、その増幅信号及び前記検出信号を A / D 変換可能な A / D 変換手段と、前記検出信号及び前記増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、該演算用デジタル値に基づき震度値を演算する演算手段とを備えた地震計において、

前記地震検出手段のオフセット電圧と前記増幅手段の前記基準電圧との間にずれが生じたか否かを判断する判断手段と、

前記オフセット電圧と前記基準電圧との間にずれが生じたときと前記判断手段が判断したとき、前記増幅手段の前記基準電圧を補正する補正手段とを備えたことを特徴とする地震計。

10

【請求項 2】

前記演算手段は、演算した震度の現在値と、それまでの震度の平均値とを演算し、前記現在値と前記平均値との差を前記震度値として演算するとともに、

前記補正手段は、前記オフセット電圧と前記基準電圧との間にずれが生じたときと前記判断手段が判断したとき、前記増幅信号に基づき求まる前記平均値を、前記オフセット電圧と前記基準電圧との間のずれに基づき補正することを特徴とする請求項 1 に記載の地震計。

【請求項 3】

地震の震度を検出する地震検出手段と、前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅可能な増幅手段と、その増幅信号及び前記検出信号を A / D 変換可能な A / D 変換手段と、前記検出信号及び前記増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、該演算用デジタル値に基づき震度値を演算する演算手段とを備えた地震計において、

20

前記検出信号、前記増幅信号及び前記基準電圧に基づき、前記増幅信号に基づき求まる前記演算用デジタル値の仮想値を算出する算出手段を備えたことを特徴とする地震計。

【請求項 4】

前記算出手段は、前記 A / D 変換手段の A / D 入力範囲の所定範囲では前記検出信号、前記増幅信号及び前記基準電圧に基づき前記仮想値を算出し、前記所定範囲の範囲外では前記検出信号に基づき前記仮想値を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の地震計。

30

【請求項 5】

前記演算手段は、演算した震度の現在値と、それまでの震度の平均値とを演算し、前記現在値と前記平均値との差を前記震度値として演算することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の地震計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地震を検出してその震度を演算する地震計に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、地震によって住宅に被害が及んだ際に、その被害補償を行う地震保証サービスが提案されている。この種のサービスでは、震度、地震発生時刻及び成分計測震度等の地震に関する各種データが必要となることから、住宅の各戸に地震計を設置することが望まれている。また、こうした地震保証サービスに拘らず、地震発生時に家人が地震に関するデータを即座に得ることができるようにするためにも、一般住宅用の地震計が要望されている。

40

【0003】

この種の地震計としては、例えば特許文献 1 に開示された地震計がある。図 7 にこの地震計 50 を示すと、同文献の地震計 50 は、地震の揺れを検出する地震センサ 51 と、地震センサ 51 からの検出信号 Sx を増幅するオペアンプ 52 と、地震センサ 51 からの検

50

出信号 S_x に基づき震度を演算するマイコン 53 とを備えている。地震センサ 51 はオペアンプ 52 及びマイコン 53 に各々接続され、このうちオペアンプ 52 の出力側はマイコン 53 に接続されている。

【0004】

地震センサ 51 は例えば加速度センサからなり、揺れの大きさに応じた電圧レベルで検出信号 S_x をオペアンプ 52 及びマイコン 53 の各々に出力する。オペアンプ 52 は、地震センサ 51 からの検出信号 S_x を増幅し、その増幅信号 S_y をマイコン 53 に出力する。これは、震度が小さいときにはオペアンプ 52 からの増幅信号 S_y を用いて分解能の高い震度演算を行うためであり、震度が大きいときには細かい分解能が必要ないことから、地震センサ 51 からの検出信号 S_x をそのまま用いて震度演算を行う。

10

【0005】

以下にその詳細を説明すると、マイコン 53 は、地震センサ 51 からの検出信号 S_x 或いはオペアンプ 52 からの増幅信号 S_y を A/D 変換する A/D 変換回路 54 と、A/D 変換回路 54 から出力されるデジタル信号に基づき震度演算を行う演算回路 55 とを備えている。A/D 変換回路 54 は検出信号 S_x 及び増幅信号 S_y を選択的に入力し、増幅信号 S_y の電圧レベルが所定値以下のときには増幅信号 S_y を入力し、増幅信号 S_y の電圧レベルが所定位置を超えるとときには検出信号 S_x を入力する。

【0006】

A/D 変換回路 54 は、入力した信号（検出信号 S_x 又は増幅信号 S_y ）を自身の分解能に応じたデジタル信号に変換し、それを演算回路 55 に出力する。例えば A/D 変換回路 54 の分解能が 10 ビットであれば、A/D 変換回路 54 は 10 ビット、即ち 1024 種のデジタル信号を出力する。この種の A/D 変換回路は高分解能であれば高ビットのデジタル信号を出力可能となるので、高精度の震度演算を行うためには高分解能の A/D 変換回路を用いればよいが、高分解能のものは高価なため通常では 10 ビット程度のものが使用される。

20

【0007】

演算回路 55 は、増幅信号 S_y に基づくデジタル信号を A/D 変換回路 54 から入力すると、そのデジタル信号の上位に 4 ビットのダミーデータを付与することで、元々のデジタル信号を 14 ビットにして震度演算を行う。一方、演算回路 55 は、検出信号 S_x に基づくデジタル信号を A/D 変換回路 54 から入力すると、そのデジタル信号の下位に 4 ビットのダミーデータを付与することで、元々のデジタル信号を 14 ビットにして震度演算を行う。これにより、検出信号 S_x が電圧レベルが低いとき、即ち地震の揺れが小さいときには、A/D 変換回路 54 の分解能が高くとれることになり、地震の揺れが小さいときの震度演算を高精度に行うことが可能となる。

30

【特許文献 1】特開 2003 - 302474 号公報（第 3 - 5 頁、第 1 図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、この種の地震計 50 で単一電源（ $0 \sim V_a$ ）を使用すると、地震センサ 51 の検出信号のダイナミックレンジを最大限確保するために、地震センサ 51 のオフセット電圧 V_x を単一電源の中間電圧値（即ち、 $V_a / 2$ ）に設定する必要がある。例えば、図 8（a）に示すように単一電源を $0 \sim +5V$ とした場合、地震センサ 51 のオフセット電圧 V_x を $2.5V$ に設定し、オフセット電圧 V_x を基準とした検出信号 S_x の上下振幅幅を同じにして、地震センサ 51 の検出信号 S_x のダイナミックレンジを最大限確保している。

40

【0009】

しかし、単一電源を用いた場合、地震センサ 51 のオフセット電圧 V_x が温度ドリフト等によって振幅方向に変位する（図 8（a）の一点鎖線の波形）と、その変位量がオペアンプ 52 で増幅されることになり、オペアンプ 52 の増幅信号 S_y も振幅方向に大きくずれることになる。例えば、例えばオペアンプ 52 の増幅率を 16 倍として地震センサ 51

50

のオフセット電圧 V_x が 2.5 V から 2.6 V に変位した場合を考える。このとき、その差である 0.1 V を増幅した 1.6 V がオペアンプ 52 の増幅信号 S_y に反映され、図 8 (b) に示すようにオペアンプ 52 の増幅信号 S_y の振幅中心 (振幅基準) が 4.1 V になってしまう。このため、オペアンプ 52 から正確な増幅信号 S_y が出力されず、増幅信号 S_y に基づく震度演算、即ち地震の揺れが小さいときの震度演算の精度が確保できない問題があった。

【0010】

さらに、単一電源を例えば 0 ~ 5 V とすると A/D 変換回路 54 の信号入力範囲も 0 ~ 5 V となるが、場合によっては増幅信号 S_y の信号波形が信号入力範囲を超える (飽和した状態となる) 場合がある。このとき、マイコン 53 は信号入力範囲を超えた部分 (図 8 (b) の斜線部分) を検出することができないので、その部分については正確な値を取ることができず、震度演算の精度が低くなる問題もあった。以上により、オペアンプ 52 の増幅信号 S_y に基づく震度演算の精度を確保するために、何らかの対策が必要であった。

10

【0011】

本発明の目的は、震度演算精度を十分に確保することができる地震計を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記問題点を解決するために、請求項 1 に記載の発明では、地震の震度を検出する地震検出手段と、前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅可能な増幅手段と、その増幅信号及び前記検出信号を A/D 変換可能な A/D 変換手段と、前記検出信号及び前記増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、該演算用デジタル値に基づき震度値を演算する演算手段とを備えた地震計において、前記地震検出手段のオフセット電圧と前記増幅手段の前記基準電圧との間にずれが生じたか否かを判断する判断手段と、前記オフセット電圧と前記基準電圧との間にずれが生じたとき、前記判断手段が判断したとき、前記増幅手段の前記基準電圧を補正する補正手段とを備えたことを要旨とする。

20

【0013】

この発明によれば、地震が発生すると地震検出手段が検出信号を A/D 変換手段及び増幅手段に出力する。増幅手段は前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅し、その増幅信号を A/D 変換手段に出力する。A/D 変換手段は検出信号及び増幅信号を A/D 変換し、そのデジタル信号を演算手段に出力する。演算手段は、前記検出信号及び増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、その演算用デジタル値に基づき震度値を演算する。

30

【0014】

このとき、地震検出手段のオフセット電圧と増幅手段の基準電圧との間にずれが生じたとき、判断手段により判断されると、増幅手段の基準電圧が補正手段により補正される。従って、地震検出手段のオフセット電圧が変位しても、オフセット電圧と基準電圧との間にずれが生じ難くなり、増幅手段から増幅信号が振幅方向に大きくずれた状態で出力されずに済む。このため、増幅信号の値に誤差が生じ難くなり、震度演算の精度が向上する。

40

【0015】

請求項 2 に記載の発明では、請求項 1 に記載の発明において、前記演算手段は、演算した震度の現在値と、それまでの震度の平均値とを演算し、前記現在値と前記平均値との差を前記震度値として演算するとともに、前記補正手段は、前記オフセット電圧と前記基準電圧との間にずれが生じたとき、前記判断手段が判断したとき、前記増幅信号に基づき求まる前記平均値を、前記オフセット電圧と前記基準電圧との間のずれに基づき補正することを要旨とする。

【0016】

この発明によれば、請求項 1 に記載の発明の作用に加え、演算した震度の現在値とそれまでの平均値との差を震度値として演算するので、地震以外の揺れを地震として検出し難

50

くなり、地震計の信頼性が向上する。また、地震検出手段のオフセット電圧が基準電圧からずれると、判断手段によりずれたと判断される前の増幅信号で震度の平均値が算出されてしまう。しかし、オフセット電圧と基準電圧との間にずれが生じたと判断手段により判断されたとき、増幅信号に基づき求まる震度の平均値が補正されるので、震度の現在値と平均値との差を震度値として演算する場合に、その震度演算の精度が確保される。

【0017】

請求項3に記載の発明では、地震の震度を検出する地震検出手段と、前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅可能な増幅手段と、その増幅信号及び前記検出信号をA/D変換可能なA/D変換手段と、前記検出信号及び前記増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、該演算用デジタル値に基づき震度値を演算する演算手段とを備えた地震計において、前記検出信号、前記増幅信号及び前記基準電圧に基づき、前記増幅信号に基づき求まる前記演算用デジタル値の仮想値を算出する算出手段を備えたことを要旨とする。

10

【0018】

この発明によれば、地震が発生すると地震検出手段が検出信号をA/D変換手段及び増幅手段に出力する。増幅手段は前記地震検出手段からの検出信号を基準電圧に基づき増幅し、その増幅信号をA/D変換手段に出力する。A/D変換手段は検出信号及び増幅信号をA/D変換し、そのデジタル信号を演算手段に出力する。演算手段は、前記検出信号及び増幅信号に基づくデジタル信号にダミーデータを付与して演算用デジタル値を求め、その演算用デジタル値に基づき震度値を演算する。

20

【0019】

このとき、算出手段は検出信号、増幅信号及び基準電圧に基づき、増幅信号に基づき求まる演算用デジタル値の仮想値を算出しており、演算手段はこの仮想値に基づき震度値を演算している。従って、地震検出手段のオフセット電圧が変位して、オフセット電圧と基準電圧との間にずれが生じた状態であっても、そのずれを加味した仮想値によって震度演算が行われる。このため、増幅信号が振幅方向に大きくずれた状態で出力されずに済み、しかも増幅信号の信号レベル(例えば、電圧レベル)に即した好適なデジタル値を得ることが可能となり、震度演算の精度が向上する。

【0020】

請求項4に記載の発明では、請求項3に記載の地震計において、前記算出手段は、前記A/D変換手段のA/D入力範囲の所定範囲では前記検出信号、前記増幅信号及び前記基準電圧に基づき前記仮想値を算出し、前記所定範囲の範囲外では前記検出信号に基づき前記仮想値を算出することを要旨とする。

30

【0021】

この発明によれば、請求項3に記載の発明の作用に加え、増幅信号の信号レベルがA/D入力範囲内の所定範囲のときには、検出信号、増幅信号及び基準電圧に基づき仮想値が算出され、増幅信号の信号レベルが所定範囲の範囲外のときには、検出信号に基づき仮想値が算出される。

【0022】

請求項5に記載の発明では、請求項3又は4に記載の地震計において、前記演算手段は、演算した震度の現在値と、それまでの震度の平均値とを演算し、前記現在値と前記平均値との差を前記震度値として演算することを要旨とする。

40

【0023】

この発明によれば、請求項3又は4に記載の発明の作用に加え、演算した震度の現在値とそれまでの平均値との差を震度値として演算するので、地震以外の揺れを地震として検出し難くなり、地震計の信頼性が向上する。

【発明の効果】**【0024】**

本発明によれば、震度演算精度を十分に確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0025】

(第1実施形態)

以下、本発明を具体化した地震計の第1実施形態を図1～図5に従って説明する。

図1は、地震計1の概略を示す構成図である。地震計1は地震を検出してその震度を演算するものであり、建物の室内壁等に設置されている。この地震計1は単一電源(本例では0～5Vとする)で動作し、演算した震度値を地震発生日時とともに表示する表示パネル2を備えている。地震計1は、地震の揺れを検出する地震センサ3と、地震センサ3からの検出信号S_aを増幅するオペアンプ4と、地震センサ3からの検出信号S_a又はオペアンプ4からの増幅信号S_bに基づき震度を演算するマイコン5と、マイコン5が求めた地震情報を書き込むフラッシュメモリ6とを備えている。

10

【0026】

地震センサ3は例えば加速度センサからなり、オペアンプ4の正相入力端子と、マイコン5の1倍A/D端子5aとに接続されている。地震センサ3は地震の揺れを検出するセンサであり、本例では地震計1の単一電源を0～5Vとしているので、0～5Vの電圧レベルの範囲で検出信号S_aをオペアンプ4及びマイコン5に各々出力する。なお、地震センサ3が地震検出手段に相当し、オペアンプ4が増幅手段に相当する。

【0027】

オペアンプ4は、地震センサ3からの検出信号S_aを増幅する回路であり、本例では増幅率が16倍のものが使用されている。オペアンプ4は、その出力端子がマイコン5の16倍A/D端子5bに接続されている。マイコン5は、そのD/A端子5cがバッファ(ボルテージフォロア)7を介してオペアンプ4の逆相入力端子に接続され、D/A端子5cから基準電圧V_kをオペアンプ4に出力する。オペアンプ4は、マイコン5からの基準電圧V_kに基づき検出信号S_aを16倍に増幅し、その増幅信号S_bをマイコン5に出力する。

20

【0028】

マイコン5は、A/D変換回路8、震度演算回路9、ROM10及びRAM11を備え、これらはバス12を介して相互接続されている。A/D変換回路8は、1倍A/D端子5aを介して地震センサ3に接続されるとともに、16倍A/D端子5bを介してオペアンプ4の出力端子に接続されている。A/D変換回路8は、地震センサ3からの検出信号S_a及びオペアンプ4からの増幅信号S_bをA/D変換し、そのデジタル信号を震度演算回路9に出力する。

30

【0029】

ROM10には、震度演算時に実行される震度演算プログラムが記憶されている。震度演算回路9は、RAM11を作業領域として震度演算プログラムを実行することで、A/D変換回路8から入力するデジタル信号に基づき震度演算を行う。震度演算回路9は、この震度演算を逐次実行しており、その演算した震度値Mと予め設定された設定値とを比較し、震度値Mが設定値以上となったときに地震が発生したと判断して地震情報のフラッシュメモリ6への書き込みを行う。

【0030】

即ち、比較判断を行って震度値Mが設定値を超えると、震度演算回路9は地震が発生したと判断して、それ以降の演算によって求まる地震波形データをフラッシュメモリ6に順に書き込む。また、震度演算回路9は演算日時を逐次カウントしており、地震が発生したと判断したときには、地震波形データとともに地震発生日時もフラッシュメモリ6に書き込む。なお、震度演算回路9が演算手段、判断手段、補正手段及び算出手段を構成し、地震波形データ及び地震発生日時等が地震情報を構成する。

40

【0031】

A/D変換回路8は、1倍A/D端子5aを介して検出信号S_aを入力し、それをA/D変換して所定ビット(本例では10ビット)のデジタル信号(以下、1倍AD値と記す)に変換する。同じくA/D変換回路8は、16倍A/D端子5bを介して増幅信号S_bを入力し、それをA/D変換して所定ビット(本例では10ビット)のデジタル信号(以

50

下、16倍AD値と記す)に変換する。そして、A/D変換回路8は、1倍AD値及び16倍AD値を震度演算回路9に出力する。

【0032】

震度演算回路9は、地震の揺れが小さいときには高い分解能で、地震の揺れが大きいときには低い分解能で震度演算を行うために、以下に示す方法で震度演算を行う。まず、震度演算回路9は16倍AD値の上位に4ビットのダミーデータを付与し、1倍AD値の下位に4ビットのダミーデータを付与して、各々14ビットのデジタル信号(以下、演算用AD値と記す)に変換する。そして、震度演算回路9は14ビットの各演算用AD値に基づき、その時点での震度の現在値G、即ち1倍AD現在値G1及び16倍AD現在値G16を各々演算する。なお、演算用AD値が演算用デジタル値に相当する。

10

【0033】

このとき、震度演算回路9は、今現在から所定時間遡った間の現在値Gの平均値GAVも、1倍AD現在値G1及び16倍AD現在値G16の各々について常時演算している。即ち、震度演算回路9は今現在から所定時間遡った間の1倍AD現在値G1の平均値(1倍AD平均値)GAV1を算出するとともに、今現在から所定時間遡った間の16倍AD現在値G16の平均値(16倍AD平均値)GAV16を算出する。

【0034】

ところで、震度演算回路9は、地震以外の揺れを地震として認識しないように、現在値Gと平均値GAVとの差を震度値Mとして導き出している。ここで、先程も述べたように地震の揺れが小さいときには高い分解能で、地震の揺れが大きいときには低い分解能で震度演算を行うことから、揺れが小さいときには16倍AD値に基づき震度演算を行い、揺れが大きいときには1倍AD値に基づき震度演算を行う。そこで、震度演算にどちらの値を用いるかを設定する必要があるが、それは以下のようにして決められる。

20

【0035】

即ち、マイコン5は0~5Vの単一電源で動作するので、A/D変換回路8の検出信号Sa及び増幅信号Sbの信号入力範囲(A/D入力範囲)が0~5Vとなり、さらにはオペアンプ4の増幅率が16倍であることから、これらを加味して切替点が設定される。よって、本例の震度演算回路9は、検出信号Saの電圧レベルが5/16V以下のとき、16倍AD現在値G16と16倍AD平均値GAV16との差を震度値Mとして導き出し、検出信号Saの電圧レベルが5/16Vを超えると、1倍AD現在値G1と1倍AD平均値GAV1との差を震度値Mとして導き出す。

30

【0036】

従って、図2に示すように震度演算回路9で求まる震度値Mの分解能が、地震の揺れが小さいときに高く、地震の揺れが大きいときに低くなる。ここで、10ビットのA/D変換回路8を用いた機種よりも震度演算の分解能を高くするためには、ビット数を多くした新たなA/D変換回路を用意する必要がありコストアップに繋がる。しかし、本例の構成を用いれば、新たなA/D変換回路を用意することなく、地震の揺れの小さなときの震度演算の分解能を高くすることが可能となり、揺れが小さなときに震度を細かく演算することが可能である。

【0037】

地震計1は、求めた地震情報を外部に送信可能な通信装置13を備えている。通信装置13は入力側がマイコン5に、出力側が電話回線等を介して気象庁等の管理センター(図示省略)に接続されている。地震が発生すると、マイコン5はフラッシュメモリ6に書き込んだ地震情報を、通信装置13を介して管理センターに送信する。管理センターはその地震情報を受け取ると地震発生場所、地震発生時刻及び震度等を確認して、災害対策機関(消防署等)に連絡を行い災害対策を要請する。

40

【0038】

ところで、地震計1の長期使用によって地震センサ3が温度上昇すると、地震センサ3のオフセット電圧Vaが温度ドリフトによって振幅方向に所定量変位することがある。このとき、地震センサ3のオフセット電圧Vaとオペアンプ4の基準電圧Vkとの間に差が

50

生じるので、この差によって図3に示すように増幅信号S_bの信号波形が振幅方向に大きくずれることになる。従って、16倍AD値の値が大きすぎてしまうことになり、震度演算の精度が悪くなる不具合がある。

【0039】

また、増幅信号S_bの信号波形が振幅方向にずれると、増幅信号S_bの電圧レベルがA/D変換回路8の信号入力範囲(0~5V)を超えてしまう場合がある。このように、増幅信号S_bが信号入力範囲を超えると、この超えた部分(図3の破線部分)が飽和して、増幅信号S_bの電圧レベルに応じたデジタル値がA/D変換回路8から出力できない状態となるので、このことも震度演算の精度が悪化する原因となる。特に、16倍AD値は1倍AD値に比べ値自体が非常に大きいので、16倍AD値の信号波形が飽和しやすい現状もある。従って、これらを解消する方法として、本例の地震計1は以下に示す対処方法を実施している。

10

【0040】

以下に詳述すると、ROM10には、16倍AD値を用いたときの震度演算の精度を確保する補正処理プログラムが記憶されている。この補正処理プログラムは、地震センサ3のオフセット電圧V_aが温度ドリフト等によって変位したときに、オペアンプ4の基準電圧V_kを補正して、変位した後のオフセット電圧V_aに基準電圧V_kを合わせ込むプログラムである。震度演算回路9は、所定のサイクル単位でこの補正処理プログラムを繰り返し実行し、以下の処理を実行している。

【0041】

20

震度演算回路9は、震度演算するに際して16倍AD値に基づき16倍AD現在値G₁₆を求め、その16倍AD現在値G₁₆に基づき16倍AD平均値G_{AV16}を演算している。震度演算回路9は、16倍AD平均値G_{AV16}とオペアンプ4の基準電圧V_kとの差の絶対値|K| (= |G_{AV16} - V_k|) を算出する。絶対値算出の後、震度演算回路9は地震センサ3のオフセット電圧V_aとオペアンプ4の基準電圧V_kとがずれているか否かを判断するために、絶対値|K|が閾値以上か否か(|K|が成立するか否か)を判断する。

【0042】

ここで用いる閾値は、オペアンプ4の増幅信号S_bをどれだけずらしたくないかに相当する値であり、地震計1の機種に応じて適宜設定される。そして、震度演算回路9は、絶対値|K|が閾値以上であると、地震センサ3のオフセット電圧V_aが変位したと判断し、この変位によって増幅信号S_bが不正な値をとらないようにオペアンプ4の基準電圧V_kを補正する。一方、震度演算回路9は、絶対値|K|が閾値より低いと、地震センサ3のオフセット電圧V_aには変位が生じていないと判断した状態になる。

30

【0043】

絶対値|K|が閾値以上の場合、震度演算回路9はオペアンプ4の基準電圧V_kを補正するために、電圧補正值で現在の基準電圧V_{ks}を補正して新たな基準電圧V_{kt}を求める。ここで用いる電圧補正值は、オペアンプ4の現在の基準電圧V_{ks}をどれだけ変化させるかに相当する電圧値であり、本例では増幅率が16倍のオペアンプ4を使用していることから|K|/16の値に相当する。この補正では、差分Kが正の場合には現在の基準電圧V_{ks}に電圧補正值が加算され、差分Kが負の場合には現在の基準電圧V_{ks}から電圧補正值が減算される。

40

【0044】

これにより、オペアンプ4の基準電圧V_{ks}がオフセット電圧V_aに合わせ込まれ、オペアンプ4は新たな基準電圧V_{kt}に基づき増幅信号S_bを出力する。従って、地震センサ3のオフセット電圧V_aとオペアンプ4の基準電圧V_kとの間にずれが殆ど生じなくなり、オペアンプ4から増幅信号S_bが振幅方向に大きくずれた状態で出力されずに済む。このため、従来技術での問題であったオフセット電圧V_aと基準電圧V_kとの差に起因する震度演算精度の低下の問題が生じ難くなる。

【0045】

ここで、オフセット電圧V_aの変位は少しずつ生じるものであるので、基準電圧V_kを

50

補正する構成としても、オフセット電圧 V_a と基準電圧 V_k との間に誤差が生じた状態で 16 倍 AD 平均値 G_{AV16} が算出されてしまう現状があることから、この 16 倍 AD 平均値 G_{AV16} についても補正する必要がある。従って、震度演算回路 9 は、震度補正值 X を用いて現在の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} を補正して新たな 16 倍 AD 平均値 G_{AV16t} を求める。ここで用いる震度補正值 X は、16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} を正しい値に合わせ込むために電圧補正值を所定倍した値であり、増幅率が 16 倍のオペアンプを使用し、電圧補正值を $0.1V$ とした場合には $\times(16-1)$ の値をとる。

【0046】

この平均値補正を行うとき、震度演算回路 9 は差分 K が正の場合、現在の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} から震度補正值 X を減算し、それを新たな 16 倍 AD 平均値 G_{AV16t} とする。従って、図 4 に示すように 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} が震度補正值 X 分だけ下がり、16 倍 AD 平均値 G_{AV16} が好適な値をとることになる。一方、この平均値補正を行うとき、震度演算回路 9 は差分 K が負の場合には、現在の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} に震度補正值 X を加算し、それを新たな 16 倍 AD 平均値 G_{AV16t} とする。これにより、差分 K が負の場合のときも 16 倍 AD 平均値 G_{AV16} が好適な値に補正される。

10

【0047】

次に、震度演算回路 9 が行う補正処理を図 5 に示すフローチャートに従って説明する。

ステップ 100 では、16 倍 AD 値により求めた 16 倍 AD 現在値 G_{16} を用い、所定時間の間の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16} を算出する。

【0048】

ステップ 101 では、16 倍 AD 平均値 G_{AV16} と、オペアンプ 4 の基準電圧 V_k との差の絶対値 $|K|$ を算出する。

20

ステップ 102 では、絶対値 $|K|$ が閾値以上か否かを判断する。ここで、 $|K|$ が成立すれば、地震センサ 3 のオフセット電圧 V_a とオペアンプ 4 の基準電圧 V_k とがずれていると判断してステップ 103 に移行する。一方、 $|K|$ が不成立であれば、オフセット電圧 V_a と基準電圧 V_k との関係は正常であると判断して、この処理を終了する。

【0049】

ステップ 103 では、16 倍 AD 平均値 G_{AV16} と基準電圧 V_k との差分 K が正か負かのどちらであるかを判断する。ここで、差分 K が正であれば増幅信号 S_b が振幅中心 L (図 3 参照) を挟んで上側にずれたと判断してステップ 104 に移行する。一方、差分 K が負であれば増幅信号 S_b が振幅中心 L を挟んで下側にずれたと判断してステップ 106 に移行する。

30

【0050】

ステップ 104 では、現在の基準電圧 V_{ks} に電圧補正值を加算し、それを新たな基準電圧 $V_{kt} (= V_{ks} + \quad)$ として算出する。このため、オペアンプ 4 からは新たな基準電圧 V_{kt} を振幅中心 L とした増幅信号 S_b が出力される。

【0051】

ステップ 105 では、現在の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} から震度補正值 X を減算し、それを新たな 16 倍 AD 平均値 G_{AV16t} として算出する。このため、16 倍 AD 平均値 G_{AV16} も補正される。

40

【0052】

ステップ 106 では、現在の基準電圧 V_{ks} から電圧補正值を減算し、それを新たな基準電圧 $V_{kt} (= V_{ks} - \quad)$ として算出する。このため、オペアンプ 4 からは新たな基準電圧 V_{kt} を振幅中心 L とした増幅信号 S_b が出力される。

【0053】

ステップ 107 では、現在の 16 倍 AD 平均値 G_{AV16s} に震度補正值 X を加算し、それを新たな 16 倍 AD 平均値 G_{AV16t} として算出する。このため、16 倍 AD 平均値 G_{AV16} も補正される。

【0054】

50

本例では、16倍AD平均値GAV16とオペアンプ4の基準電圧V_kとの差の絶対値|K|を算出し、絶対値|K|が閾値以上となるか否かを見ることで、地震センサ3のオフセット電圧V_aとオペアンプ4の基準電圧V_kとの間にずれが生じていないか否かを見る。そして、オフセット電圧V_aと基準電圧V_kとの間にずれが生じた状態と判断されたときに、電圧補正值を用いて基準電圧V_kを補正する構成である。従って、オペアンプ4の増幅信号S_bの振幅中心Lが振幅方向に大きくずれずに済み、16倍AD値を用いた震度演算の精度を確保することが可能となる。

【0055】

ここで、地震センサ3のオフセット電圧V_aの変位によって増幅信号S_bが不正な値をとった場合、この変位は少しずつ生じるものであるため、不正な状態のときの増幅信号S_bを用いて16倍AD平均値GAV16が算出されたことになる。しかし、本例では基準電圧V_kの補正に伴い、震度補正值Xを用いて16倍AD平均値GAV16も補正する構成であるため、16倍AD平均値GAV16についても大きな誤差が生じずに済み、このことも震度演算精度の向上に寄与する。

10

【0056】

従って、第1実施形態によれば以下に記載の効果を得ることができる。

(1) オフセット電圧V_aと基準電圧V_kとの間にずれが生じた場合には、電圧補正值を用いて基準電圧V_kが補正されるので、増幅信号S_bが大きくずれた状態で出力されずに済み、従って、16倍AD値、ひいては16倍AD値の演算用AD値に誤差が生じ難くなり、震度演算の精度を向上することができる。

20

【0057】

(2) 1倍AD現在値G₁(16倍AD現在値G₁₆)と1倍AD平均値GAV₁(16倍AD平均値GAV₁₆)との差を震度値Mとして求めるので、地震以外の揺れを地震として検出し難くなり、地震計1の信頼性を向上することができる。

【0058】

(3) 基準電圧V_kを補正する構成としても、オフセット電圧V_aと基準電圧V_kとの間のずれを検出するまでの所定時間の間は誤差の生じた増幅信号S_bが出力されることになるため、誤差を含む増幅信号S_bで16倍AD平均値GAV16が算出されてしまうことになる。しかし、オフセット電圧V_aと基準電圧V_kとの間にずれが生じた場合には、震度補正值Xを用いて16倍AD平均値GAV16が補正されるので、誤差を含む16倍AD平均値GAV16で震度値Mを求めずに済み、震度演算の精度を一層向上することができる。

30

【0059】

(4) A/D変換回路8は10ビットの分解能を有するものであるが、A/D変換回路8からA/D変換されて各々出力される1倍AD値及び16倍AD値に対し、16倍AD値には上位に、1倍AD値には下位に4ビットのダミーデータを付与して各々14ビットのデジタル値にして震度演算を行う構成である。従って、ソフト的な手法で検出信号S_a及び増幅信号S_bの分解能を上げることができるので、ビット数の高いA/D変換回路を用意する必要がなく、地震計1を小型かつ安価に提供することができる。

【0060】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態を図6に従って説明する。なお、本例は第1実施形態に比べて震度演算の補正処理方法が異なるだけであり、他の基本的な構成は同じである。従って、本例では第1実施形態と同一部分については同一符号を付して詳しい説明を省略し、異なる部分についてのみ説明する。

40

【0061】

図6は、地震計1の概略を示す構成図である。マイコン5にはオフセット端子5dが設けられ、そのオフセット端子5dはバッファ7の出力端子に接続されている。A/D変換回路8は、オフセット端子5dを介して基準電圧V_kを入力し、それをA/D変換して所定ビット(本例では10ビット)のデジタル信号(以下、オフセットAD値と記す)に変換する。そして、A/D変換回路8は、そのオフセットAD値を震度演算回路9に出力す

50

る。

【0062】

ところで、第1実施形態でも述べたように、温度ドリフト等に起因したオフセット電圧 V_a の変位によってオフセット電圧 V_a とオペアンプ4の基準電圧との間にずれが生じると、オペアンプ4から増幅信号 S_b が振幅方向に大きくずれて出力され、16倍AD値に基づく震度演算の精度が低下してしまう。同様に、増幅信号 S_b が飽和して震度演算回路9が正確に増幅信号 S_b の値を取れない不具合も生じる。従って、これを解消する方法として、本例の地震計1は以下に示す対処方法を実施している。

【0063】

以下に詳述すると、ROM10には、16倍AD値を用いたときの震度演算の精度を確保する補正処理プログラムが記憶されている。この補正処理プログラムは、地震センサ3のオフセット電圧 V_a が温度ドリフト等によって変位することを考慮して、増幅信号 S_b 側の演算用AD値について仮想値（以下、仮想AD値と記す）を演算するプログラムである。震度演算回路9は、所定のサイクル単位でこの補正処理プログラムを繰り返し実行し、以下の処理を実行している。

【0064】

まず、震度演算回路9は16倍AD値の値がいくつであるかを判断する。ここで、16倍AD値が所定範囲内（本例では、例えば32 16倍AD値 1012）であれば、震度演算回路9は次式(1)により仮想AD値を演算する。

【0065】

仮想AD値 = (16倍AD値 - オフセットAD値) + (16 × オフセットAD値) ... (1)

一方、16倍AD値が所定範囲外（本例では0 16倍AD値 31、又は1013 16倍AD値 1023）であれば、震度演算回路9は次式(2)により仮想AD値を演算する。

【0066】

仮想AD値 = 16 × 1倍AD値 ... (2)

なお、16倍AD値とオフセットAD値との差分に16 × オフセットAD値を加えることで、仮想AD値は14ビットのデジタル信号となる。そして、震度演算回路9はこの仮想AD値から16倍AD現在値 G_{16} 及び16倍AD平均値 G_{AV16} を算出し、この差をとって震度値 M を導き出す。従って、震度演算の際には仮想AD値が用いられるので、オフセット電圧 V_a と基準電圧 V_k との間にずれが生じて、或いは大きな地震が生じて増幅信号 S_b が飽和しても、ほぼ正確に震度演算を行うことが可能となる。

【0067】

従って、第2実施形態によれば第1実施形態の(2)及び(4)に記載の効果に加えて、以下の効果を得ることができる。

(5) 増幅信号 S_b 側の震度用AD値として仮想AD値が算出され、この仮想AD値に基づき16倍AD現在値 G_{16} 、16倍AD平均値 G_{AV16} 及び震度値 M が演算される。従って、地震センサ3のオフセット電圧 V_a がオペアンプ4の基準電圧 V_k からずれたとしても、そのずれを加味した仮想AD値によって震度演算が行われるので、大きくずれた増幅信号 S_b で震度演算を行う状況が生じ難くなり、震度演算の精度を向上することができる。

【0068】

(6) 増幅信号 S_b がA/D変換回路8の信号入力範囲を超えたとしても、この超えた部分（飽和した部分）については震度演算回路9が仮想AD値として算出する構成である。従って、A/D変換回路8からのデジタル信号が飽和しても、この飽和した部分については増幅信号 S_b の電圧レベルに準じたデジタル値が仮想AD値として算出されるので、好適な値で16倍AD現在値 G_{16} や16倍AD平均値 G_{AV16} を求めることができ、震度演算の精度向上化に寄与する。

【0069】

10

20

30

40

50

なお、本実施形態は前記に限らず、以下の態様に変更してもよい。

・ 第1実施形態において、オフセット電圧 V_a と基準電圧 V_k とがずれているか否かの判断は、16倍AD平均値 G_{AV16} と基準電圧 V_k との差で見ること限定されない。例えば、地震センサ3からの検出信号 S_a と基準電圧 V_k との差で見てもよい。

【0070】

・ 第2実施形態において、式(1)を用いるときの16倍AD値の範囲は、余裕を持たせて32～1012であることに限らず、例えば最大の範囲をとって0～1023としてもよい。

【0071】

・ 第1及び第2実施形態において、第1実施形態の構成(基準電圧 V_k をオフセット電圧 V_a に合わせ込む構成)と第2実施形態(仮想AD値を算出する構成)とを組み合わせてもよい。

【0072】

・ 第1及び第2実施形態において、オペアンプ4の増幅率は16倍に限らず、これ以外の値を用いてもよい。

・ 第1及び第2実施形態において、ダミーデータは4ビットに限らず、例えば2ビットや8ビットなど、他の値を用いてもよい。

【0073】

・ 第1及び第2実施形態において、A/D変換回路8の分解能は10ビットに限らず、例えば12ビットや8ビット等でもよい。

・ 第1及び第2実施形態において、地震計1の駆動源である単一電源は、地震計1の外部(例えば家庭用電源)から供給されてもよいし、或いは地震計1に内蔵した電源(例えばバックアップ電源)から供給されてもよい。

【0074】

次に、上記実施形態及び別例から把握できる技術的思想を以下に追記する。

(1)請求項1～5のいずれかにおいて、前記演算手段は、前記検出信号の電圧レベルが所定レベルに達していないときには前記増幅信号に基づくデジタル信号の上位にダミーデータを付与して震度値を演算し、前記検出信号の電圧レベルが前記所定レベルに達しているときには前記検出信号に基づくデジタル信号の下位にダミーデータを付与して震度値を演算する。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】第1実施形態における地震計の概略を示す構成図。

【図2】震度値と地震センサの検出信号との関係を示すグラフ。

【図3】増幅信号の電圧レベルの計時変化を示す波形図。

【図4】16倍AD平均値の計時変化を示す波形図。

【図5】震度演算回路が行う補正処理を示すフローチャート。

【図6】第2実施形態における地震計の概略を示す構成図。

【図7】従来における地震計の概略を示す構成図。

【図8】(a)は地震センサの検出信号の計時変化を示す波形図、(b)はオペアンプの増幅信号の計時変化を示す波形図。

【符号の説明】

【0076】

1...地震計、3...地震検出手段としての地震センサ、4...増幅手段としてのオペアンプ、8...A/D変換手段としてのA/D変換回路、9...演算手段、判断手段、補正手段及び算出手段を構成する震度演算手段、 S_a ...検出信号、 S_b ...増幅信号、 V_k (V_{ks} , V_{kt})...基準電圧、 V_a ...オフセット電圧、 G ...現在値、 G_{AV} ...平均値、 M ...震度値。

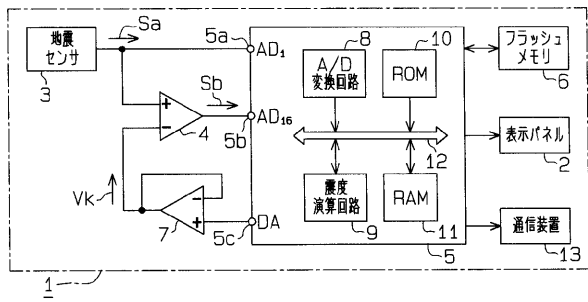
10

20

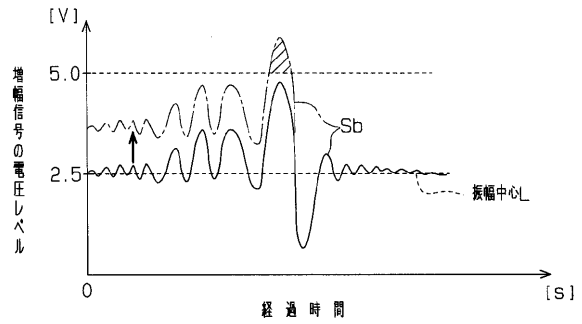
30

40

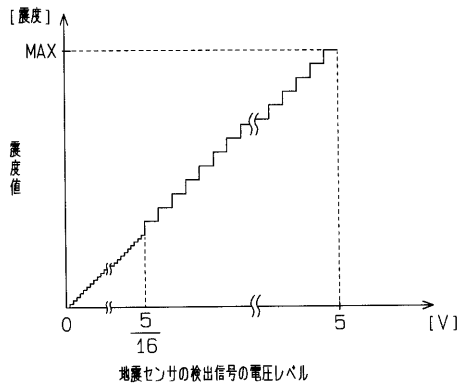
【 図 1 】



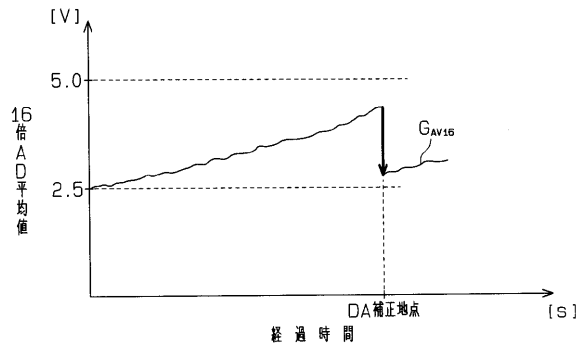
【 図 3 】



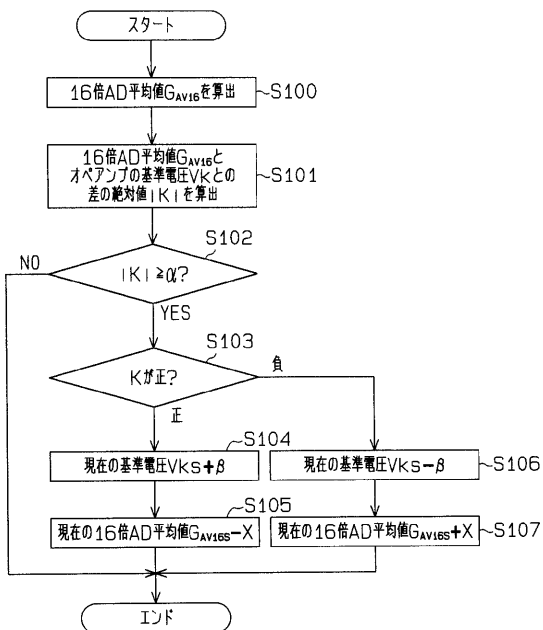
【 図 2 】



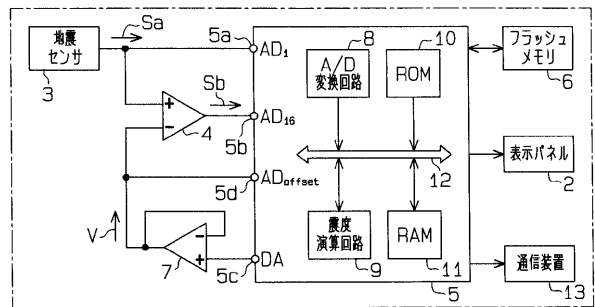
【 図 4 】



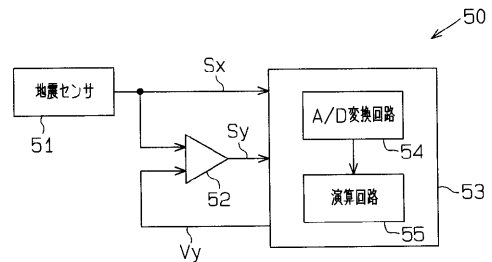
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

