

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4222678号  
(P4222678)

(45) 発行日 平成21年2月12日(2009.2.12)

(24) 登録日 平成20年11月28日(2008.11.28)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 R 19/00 (2006.01)

G O 1 R 19/00

B

G O 1 R 27/02 (2006.01)

G O 1 R 27/02

R

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-102375  
 (22) 出願日 平成11年4月9日(1999.4.9)  
 (65) 公開番号 特開2000-292463(P2000-292463A)  
 (43) 公開日 平成12年10月20日(2000.10.20)  
 審査請求日 平成18年3月1日(2006.3.1)

(73) 特許権者 000006507  
 横河電機株式会社  
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号  
 (73) 特許権者 596157780  
 横河メータ&インスツルメンツ株式会社  
 東京都立川市栄町6丁目1番3号  
 (72) 発明者 小熊 良雄  
 東京都武蔵野市中町1丁目19番18号  
 横河エムアンドシー株式会社内

審査官 藤原 伸二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

4 端子構造の測定端子を用い、この測定端子の電流端子より被測定対象の低抵抗回路に交流の定電流を印加する交流定電流源と、

前記測定端子の電圧端子より交流信号の電圧降下を検出し、この検出信号を交流アンプで増幅後、同期整流により前記交流信号成分に同期した信号のみを検出して前記低抵抗回路の抵抗値を測定する抵抗測定手段と、

前記測定端子間に生ずる微小直流電圧降下を直流アンプにより検出し、この検出信号をフィルタに通して前記交流信号成分を除去し測定端子間の直流電圧降下を測定する電圧降下測定手段と、

前記抵抗測定手段と電圧降下測定手段の各出力をデジタル変換し、そのデジタルデータをもとに演算により前記測定端子の2点間に流れる被測定対象の直流回路電流値を求め、この求めた直流回路電流を表示するように構成された手段を具備し、

前記被測定対象の回路を切断することなく直流回路電流を測定できるように構成したことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 2】

4 端子構造の測定端子を用い、この測定端子の電流端子より被測定対象の低抵抗回路に交流の定電流を印加する交流定電流源と、

前記測定端子の電圧端子より交流信号の電圧降下を検出し、この検出信号を交流アンプで増幅後、同期整流により前記交流信号成分に同期した信号のみを検出して前記低抵抗回

10

20

路の抵抗値を測定する抵抗測定手段と、

前記測定端子間に生ずる微小直流電圧降下を直流アンプにより検出し、この検出信号をフィルタに通して前記交流信号成分を除去し測定端子間の直流電圧降下を測定する電圧降下測定手段と、

前記抵抗測定手段と電圧降下測定手段の各出力をデジタル変換し、そのデジタルデータをもとに演算により前記測定端子の2点間に流れる被測定対象の直流回路電流値を求め、この求めた直流回路電流を表示するように構成された手段と、

前記抵抗測定手段の交流アンプと前記電圧降下測定手段の直流アンプを共通化して1系統の構成とすると共に、その出力を平均化する平均化回路より構成し、

抵抗測定モードにおいては、直流分を阻止すると共に、前記印加する交流定電流の周波数の半周期ごとに信号を反転させて前記平均化回路に印加することにより同期整流を構成して直流抵抗分に比例した出力を得るようにし、

直流電圧測定モードにおいては、前記直流分阻止を止めると共に前記半周期ごとの反転切換えを止めて単なるフィルタ回路が構成されるようにし、

前記抵抗測定モードと直流電圧測定モードを切換えて前記測定端子間の直流低抵抗と直流微小電圧降下を交互に測定するように構成したことを特徴とする電流測定装置。

#### 【請求項3】

4端子構造の測定端子を用い、この測定端子の2点間に生じた被測定対象の低抵抗回路における電圧降下を検出するアンプと、

このアンプの出力電圧で駆動され前記測定端子の電流端子より前記電圧降下がゼロとなるように被測定対象に電流を供給する電流発生回路と、

前記アンプの出力が安定した状態のときのアンプ出力を読み取って前記測定端子の2点間に流れる被測定対象の回路電流を求める手段を具備し、前記被測定対象の回路を切断することなく回路電流を測定できるように構成したことを特徴とする電流測定装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、各種直流回路の直流回路電流を、回路を切断することなく、あるいはクランプセンサ等を使用することなく、簡便に測定する装置に関するものであり、詳しくはバッテリー等の電源回路電流やプリント板内の回路電流、プロセスオートメーションにおける各種センサーの直流出力電流4 - 20 mA等を、回路を切断することなく、プローブを接触させるだけで測定できるようにした装置に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来より、直流回路の電流を測定するには通常次の方式がある。

(1) 回路を切断して電流計を挿入し、そこに流れる電流を測定する方式。

(2) 直流クランプセンサを用い、回路を切断しないで電流を測定する方式。

##### 【0003】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記方式では次のような課題がある。すなわち、

1 上記(1)の方式では回路を切断する必要があり、特にプリント板回路の場合には好ましい方式とは言えない。

2 上記(2)の方式では、微小電流測定において感度的に限界がある。また回路がクランプセンサでクランプできる形状(ワイヤまたはブスバー)でなければならず、例えばプリント板パターン上の電流は測定できない。

##### 【0004】

本発明の目的は、このような課題を解決するもので、非切断で直流回路電流を高感度に測定することのできる電流測定装置を実現することにある。

##### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために請求項 1 の発明では、

4 端子構造の測定端子を用い、この測定端子の電流端子より被測定対象の低抵抗回路に交流の定電流を印加する交流定電流源と、

前記測定端子の電圧端子より交流信号の電圧降下を検出し、この検出信号を交流アンプで増幅後、同期整流により前記交流信号成分に同期した信号のみを検出して前記低抵抗回路の抵抗値を測定する抵抗測定手段と、

前記測定端子間に生ずる微小直流電圧降下を直流アンプにより検出し、この検出信号をフィルタに通して前記交流信号成分を除去し測定端子間の直流電圧降下を測定する電圧降下測定手段と、

前記抵抗測定手段と電圧降下測定手段の各出力をデジタル変換し、そのデジタルデータをもとに演算により前記測定端子の 2 点間に流れる被測定対象の直流回路電流値を求め、この求めた直流回路電流を表示するように構成された手段

を具備し、前記被測定対象の回路を切断することなく直流回路電流を測定できるように構成したことを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

この発明では、被測定対象の低抵抗回路に測定端子の電流端子より交流の定電流を印加した状態において、測定端子の電圧端子より交流信号の電圧降下を検出し、この検出信号を増幅後、印加交流成分に同期した信号のみ同期整流・検出する。次に、電圧端子間に生ずる微小直流電圧降下を高感度直流アンプとフィルタを介して検出する。

【 0 0 0 7 】

そしてこの 2 つの検出信号を交互に A - D 変換し、その変換データをもとに演算により、電流値 (mA) = 直流電圧降下 (μV) / 直流抵抗値 (m ) を求めて、測定端子間の電流値 (mA) を得る。

このようにして、被測定対象の回路 (導線) を切断することなく回路電流を求めることができる。

【 0 0 0 8 】

また、請求項 2 のように、

4 端子構造の測定端子を用い、この測定端子の電流端子より被測定対象の低抵抗回路に交流の定電流を印加する交流定電流源と、

前記測定端子の電圧端子より交流信号の電圧降下を検出し、この検出信号を交流アンプで増幅後、同期整流により前記交流信号成分に同期した信号のみを検出して前記低抵抗回路の抵抗値を測定する抵抗測定手段と、

前記測定端子間に生ずる微小直流電圧降下を直流アンプにより検出し、この検出信号をフィルタに通して前記交流信号成分を除去し測定端子間の直流電圧降下を測定する電圧降下測定手段と、

前記抵抗測定手段と電圧降下測定手段の各出力をデジタル変換し、そのデジタルデータをもとに演算により前記測定端子の 2 点間に流れる被測定対象の直流回路電流値を求め、この求めた直流回路電流を表示するように構成された手段と、

前記抵抗測定手段の交流アンプと前記電圧降下測定手段の直流アンプを共通化して 1 系統の構成とすると共に、その出力を平均化する平均化回路より構成し、

抵抗測定モードにおいては、直流分を阻止すると共に、前記印加する交流定電流の周波数の半周期ごとに信号を反転させて前記平均化回路に印加することにより同期整流を構成して直流抵抗分に比例した出力を得るようにし、

直流電圧測定モードにおいては、前記半周期ごとの反転切換えを止めて単なるフィルタ回路が構成されるようにし、

前記抵抗測定モードと直流電圧測定モードを切換えて前記測定端子間の直流低抵抗と直流微小電圧降下を交互に測定するように構成することもできる。

【 0 0 0 9 】

また、請求項 3 の発明では、

4 端子構造の測定端子を用い、この測定端子の 2 点間に生じた被測定対象の低抵抗回路

10

20

30

40

50

における電圧降下を検出するアンプと、

このアンプの出力電圧で駆動され前記測定端子の電流端子より前記電圧降下がゼロとなるように被測定対象に電流を供給する電流発生回路と、

前記アンプの出力が安定した状態のときのアンプ出力を読み取って前記測定端子の２点間に流れる被測定対象の回路電流を求める手段を具備し、

前記被測定対象の回路を切断することなく回路電流を測定できるように構成したことを特徴とする。

【００１０】

このような構成では、回路抵抗による電圧降下を直流アンプで検出し、その出力で駆動される直流電流発生回路より測定端子の電流端子に電流を印加し、電圧降下がゼロになるように電流発生回路を制御する。制御が安定した状態における電流発生回路の出力電流から回路電流を求めることができる。

10

【００１１】

ただし、ここでは電流発生回路の出力電流が直流アンプの出力電圧に対応しているので、直流アンプの出力電圧の測定をもって回路電流を求めるようにしている。このような構成によれば、構成が簡単であるばかりでなく、零位法により容易に高精度の測定が可能であるという利点がある。

【００１２】

【発明の実施の形態】

以下図面を用いて本発明を詳しく説明する。本発明は４端子構造の測定端子を用いて被測定回路の電流を測定する方式であり、図１は本発明に係る電流測定装置の一実施例を示す構成図である。

20

【００１３】

図１において、測定端子１０は２つの電圧端子と２つの電流端子からなる４端子構造の測定端子であり、測定時には電圧端子の外側に電流端子が接続されるように被測定対象１の導線２の測定点 $x$ 、 $y$ の２点にそれぞれ接続される。

被測定対象１としては例えば回路３と電池４を導線２で接続したものである。

【００１４】

交流定電流源１１は測定端子１０の電流端子に周波数 $f$ の交流定電流を供給する。交流アンプ１３は交流電圧を適宜増幅するもので、コンデンサ１２で直流カットされた測定端子１０からの電圧信号を受けて適宜増幅する。同期整流回路１４は交流アンプ１４の出力を交流定電流源１１の周波数 $f$ の交流信号成分で同期整流する。

30

【００１５】

なお、コンデンサ１２、交流アンプ１３および同期整流回路１４からなる部分は、測定端子により検出された信号から被測定対象の測定端子間の回路抵抗を測定するための回路部分であり、ここではこれを抵抗測定手段と呼ぶ。

【００１６】

直流アンプ１５は測定端子１０の電圧端子からの電圧信号を増幅する。フィルタ１６はその増幅信号から交流成分を除去する（主として周波数 $f$ の信号成分を除去する）。

なお、直流アンプ１５およびフィルタ１６からなる部分は、入力信号から交流信号成分を除去し測定端子間の直流電圧降下を検出するものであり、ここではこれを電圧降下測定手段と呼ぶ。

40

【００１７】

スイッチ１７は同期整流回路１４とフィルタ１６の出力を択一的に選択する。アナログ・デジタル変換器（以下アナログ・デジタル変換をＡ－Ｄ変換という）１８はアナログ信号をデジタル信号に変換するもので、スイッチ１７の出力をデジタル信号に変換する。

【００１８】

中央処理装置（以下単にＣＰＵという）１９は所定の演算処理および各部の制御を行う機能を有する。表示器２０はＣＰＵ１９での演算結果を表示する。

【００１９】

50

このような構成における動作を次に説明する。４端子構造の測定端子１０を被測定対象１の測定点 $x$ 、 $y$ の２点に接続する。交流定電流源１１より電流端子に周波数 $f$ の交流定電流を供給し、 $x$ 、 $y$ 間の回路抵抗 $r$ に比例する電圧降下を電圧端子により検出する。この電圧信号をコンデンサ１２に通して交流成分のみ取り出し交流アンプ１３で適宜増幅し、同期整流回路１４でこれを周波数 $f$ に同期整流し印加交流成分に同期した信号のみを取り出す。

【００２０】

この同期整流出力は直流抵抗 $r$ （低抵抗）に比例した電圧である。この電圧信号はスイッチ１７経由でＡ－Ｄ変換器１８に送られ、デジタル変換され、ＣＰＵ１９に読み取られる。

10

【００２１】

次に、被測定対象１の測定点 $x$ 、 $y$ の２点間の直流電圧降下 $V_{dc}$ を電圧端子で検出し、直流アンプ１５でこれを増幅し、続いてフィルタ１６で交流成分を除去した後スイッチ１７経由でＡ－Ｄ変換器１８でデジタル変換する。デジタル変換された電圧降下の値はＣＰＵ１９に読み取られる。

【００２２】

ＣＰＵ１９は、上記２つのデータ、すなわち直流抵抗 $r$ （例えば $m$ ）に比例した電圧値と直流電圧降下 $V_{dc}$ （例えば $\mu V$ ）に比例した電圧値をもとに、次式の演算により測定点 $x$ 、 $y$ 間の直流電流 $I_{dc}$ （ $mA$ ）を求める。

$$I_{dc} = V_{dc} / r$$

20

このようにして得られた直流電流 $I_{dc}$ はＣＰＵ１９の制御により表示器２０に表示される。

【００２３】

このように、回路抵抗 $r$ とその $r$ に生ずる電圧降下 $V_{dc}$ を正確に捉えることができ、回路を切断することなく回路電流を計測することができる。

【００２４】

図２は本発明の他の実施例を示す構成図である。図２において図１と同等部分には同一符号を付してある。

【００２５】

波形整形回路２１は図３の（ａ）に示す交流定電流源１１の同期信号（周波数 $f$ の交流電流信号）を波形整形し、図３の（ｂ）に示すようなパルス幅が同期信号の半周期幅であるパルス信号を発生する。

30

パルス発生器２２は、図３の（ｃ）に示すように波形整形回路２１の出力パルスの立ち上がり同期したパルス信号を発生する。

【００２６】

アンプ２３は測定端子１０で検出した電圧信号を適宜増幅するもので、ここでは演算増幅器２３１と抵抗２３２、２３３より構成された一般的な増幅回路が使用されている。この演算増幅器２３１の非反転入力端は、オートゼロ回路２４を介して測定端子１０の一方の端子またはコモンラインに接続されている。また演算増幅器２３１の反転入力端は、自身の出力端とコモンライン間に接続された直列接続抵抗２３２、２３３の共通接続点に接続されている。なお、測定端子１０の他方の端子はコモンラインに接続されている。

40

【００２７】

オートゼロ回路２４はアンプ２３の入力を切り替えるもので、通常測定時にはアンプ２３の非反転入力端を測定端子１０に接続し、ゼロ点補正時には非反転入力端をコモンラインに接続するものである。

【００２８】

反転回路２７はアンプ２３の出力信号を反転する回路で、ここでは演算増幅器２７１と入力抵抗２７２、帰還抵抗２７３より構成された一般的な反転増幅回路が使用されている。

【００２９】

切換スイッチ２８（ $S_2$ 、 $S_3$ ）は、アンプ２３の出力またはその反転出力のいずれかを

50

波形整形回路 21 の出力パルスの状態に関連して選択する。なお、この場合、アンプ 23 の出力はコンデンサ 25 を介して出力される。ただし、直流電圧測定モード時には、コンデンサ 25 に並列接続されたオン・オフスイッチ 26 (S1) がオンとなり、コンデンサ 25 は短絡状態となる。

【0030】

なお、アンプ 23、コンデンサ 25、スイッチ 26、反転回路 27、スイッチ 28 からなる部分を、ここでは信号選択手段と呼ぶ。

【0031】

積分器 30 は、スイッチ 28 から抵抗 29 を介して入力される電流を積分する。その積分電圧は、スイッチ 311 (S4) とコンデンサ 312 でなるサンプルホールド回路 31 によりサンプルホールドされる。

10

【0032】

コンデンサ 312 にホールドされた電圧は、トランジスタ 33 のコレクタ・ベース間に接続された FET 32 のゲートに入力される。トランジスタ 33 のエミッタは抵抗 34 を介して低電圧源に接続され、コレクタは高電圧源にそれぞれ接続されている。また、トランジスタ 33 のエミッタは抵抗 35 を介して積分器 30 の入力端に接続されている。

このトランジスタ 33 のエミッタからはコンデンサ 312 のホールド電圧に対応した電圧が得られ、その電圧信号は、A-D変換器 18 でデジタル変換される。

【0033】

このような構成における動作を次に説明する。4端子構造の測定端子 10 を被測定対象 1 の測定点 x、y の 2 点に接続する。以下 2 点間の抵抗を測定する抵抗測定モードと、2 点間の電圧を測定する電圧測定モードとに分けて説明する。

20

【0034】

(1) 抵抗測定モード

交流定電流源 11 より電流端子に周波数 f の交流定電流を供給し、x、y 間の回路抵抗 r に比例する電圧降下を電圧端子により検出する。オートゼロ回路 24 は測定端子 10 がアンプ 23 の入力端に接続されるように設定しておく。

前記検出信号をアンプ 23 で適宜に増幅した後コンデンサ 25 で直流成分を除去し直流成分の除去された信号 v を得る。スイッチ 28 では前記交流定電流印加の半周期ごとに信号 v と反転信号 -v を交互に選択し、図 4 の (b) に示すような波形を得て、これを抵抗 29 を介して積分器 30 に印加して積分する。

30

【0035】

積分出力を前記交流定電流印加の 1 周期ごとにサンプルホールドすることにより同期整流と交流信号成分の除去が行われ、トランジスタ 33 のエミッタからは回路抵抗 r に比例した出力電圧が得られる。

【0036】

(2) 直流電圧測定モード

抵抗測定モードの場合と同様に、交流定電流源 11 より電流端子に周波数 f の交流定電流を供給したまま、x、y 間の回路抵抗 r に比例する直流電圧降下を電圧端子により検出する。オートゼロ回路 24 は測定端子 10 がアンプ 23 の入力端に接続されるように設定しておく。

40

【0037】

更に、スイッチ 26 をオンにしてコンデンサ 25 を短絡すると共に、スイッチ 28 の S2 をオンにして、アンプ 23 の出力 v のみが積分されるように設定する。この場合、アンプ 23 の出力 v は図 4 の (c) に示すように直流分に交流が重畳した波形である。

【0038】

積分出力を前記交流定電流印加の 1 周期ごとにサンプルホールドすることにより直流分に重畳されている交流分がフィルター効果で除去され、直流電圧降下  $V_{dc}$  を検出することができる。

【0039】

50

このようにして回路抵抗  $r$  と、その  $r$  に生ずる電圧降下  $V_{dc}$  を正確に捉えることができ、回路を切断することなく回路電流を計測することができる。

【0040】

なお、電圧測定モードにおいて、オートゼロ回路 24 を切換えてアンプ 23 の入力を短絡してオフセット分を測定しておき、CPU 19 での演算の際にゼロ補正を行えば、より高精度の測定が可能となる。

ただし、このゼロ補正は本発明に必須の事項ではない。

【0041】

また、平均化回路としては、必ずしも実施例のように積分器とサンプルホールド回路で構成した回路である必要はなく、通常のフィルターを使用したものでもよい。通常のフィルターを使用しても本発明の本質に変わりはない。

10

【0042】

図 5 は本発明の更に他の実施例を示す構成図である。4 端子構造の測定端子 10 で検出された信号は、利得が十分に大きいアンプ 41 で増幅される。直流電流発生回路 50 はアンプ 41 の出力電圧  $v_1$  に対応した電流  $I_o$  を発生する。その電流は測定端子 10 を介して 2 点間  $x, y$  に印加される。この場合、電流  $I_o$  は被測定対象 1 に流れる電流  $I_{dc}$  とは逆極性となるように加えられる。

【0043】

電流発生回路 50 は、例えば次のような構成のものが使用される。演算増幅器 51 の非反転入力端に抵抗 52 が接続され、演算増幅器 51 の反転入力端には帰還抵抗 53 が接続されると共に、他方がコモンラインに接続された抵抗 54 が接続されている。演算増幅器 51 の出力は抵抗 55 (抵抗値  $R$ ) を介して出力端子 56 に接続されている。

20

【0044】

また、出力端子 56 の電圧はバッファアンプ 58 を経由し、抵抗 59 を介して演算増幅器 51 の非反転入力端に加えられている。

そして、出力端子 56, 57 は 4 端子構造の電流端子に接続されている。

【0045】

さて、図 5 のような構成においては、電流発生回路 50 から出力される電流  $I_o$  が  $x, y$  の 2 点間に加えられるが、このとき  $x, y$  間の電圧がゼロとなるように、すなわちアンプ 41 が制御用誤差増幅器の役割となつて、 $I_{dc}$  と逆極性の電流  $I_o$  が流れ  $x, y$  間の電圧がゼロとなるように制御される。

30

【0046】

この場合の電流発生回路 50 の入力  $v_1$  と出力  $I_o$  との関係は

$$I_o = k \cdot v_1 / R$$

ただし、 $k$  は比例定数

で与えられ、平衡した状態の  $v_1$  を知ることににより  $I_o$  すなわち  $I_{dc}$  を求めることができる。

【0047】

アンプ 41 の出力  $v_1$  の値は A - D 変換器 18 でデジタル変換され、CPU 19 ではこれを読み取って上記の関係式に基づき演算により回路電流  $I_{dc}$  を求め、表示器 20 に表示する。

40

【0048】

図 1 および図 2 に示す電流測定装置の測定方法は偏移法であるのに対し、図 5 に示す電流測定装置は零位法に相当する。この方法は測定すべき回路電流と同じ出力電流を供給する必要があるが、零位法であるためより高精度が期待できる。

【0049】

以上のような本発明の電流測定装置を使用して例えばプリント板上の回路電流を測定する場合、パターン抵抗は 10 m  $\Omega$  程度以上あるから直流電圧検出感度を 0.1  $\mu V$  とすると、0.01 mA の電流検出感度を得られ、実用上十分な感度を得られる。バッテリー回路等の大電流・低抵抗回路の場合でも、測定端子接続の 2 点間の電圧降下が 100  $\mu V$  程度あ

50

れば、十分実用に供せられる。

【 0 0 5 0 】

ただし、直流電圧測定の場合は熱起電力の影響を受けるため、2点間の温度分布が一様でないときは測定端子の正負を入れ換えて平均化するなどの工夫が必要となる。

【 0 0 5 1 】

なお、以上の説明は、本発明の説明および例示を目的として特定の好適な実施例を示したに過ぎない。したがって本発明は、上記実施例に限定されることなく、その本質から逸脱しない範囲で更に多くの変更、変形をも含むものである。

【 0 0 5 2 】

【発明の効果】

10

以上説明したように本発明によれば、少なくともクランプセンサで測定するよりも高感度化が可能であり、磁界の影響を受けず、しかもクランプセンサ方式では不可能な非切断での電流測定が可能である等の利点があり、実用に供してその効果は大である。

また、本発明は、製品形態としては、回路電流を測定する電流計または低抵抗を測定する低抵抗測定器（いわゆるmメータ）、あるいはその両用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る電流測定装置の一実施例を示す構成図である。

【図2】 本発明に係る電流測定装置の他の実施例を示す構成図である。

【図3】 動作説明用の各部の波形を示す図である。

【図4】 各モードにおける検出信号の波形を説明するための図である。

20

【図5】 本発明に係る電流測定装置の更に他の実施例を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 被測定対象
- 2 導線
- 3 回路
- 4 電池
- 10 測定端子
- 11 交流定電流源
- 12, 25 コンデンサ
- 13 交流アンプ
- 14 同期整流回路
- 15 直流アンプ
- 16 フィルタ
- 17, 26, 28 スイッチ
- 18 A - D変換器
- 19 CPU
- 20 表示器
- 21 波形整形回路
- 22 パルス発生器
- 23, 41 アンプ
- 24 オートゼロ回路
- 27 反転回路
- 28 切換スイッチ
- 29, 34, 35 抵抗
- 30 積分器
- 31 サンプルホールド回路
- 32 FET
- 33 トランジスタ
- 50 電流発生回路
- 51 演算増幅器

30

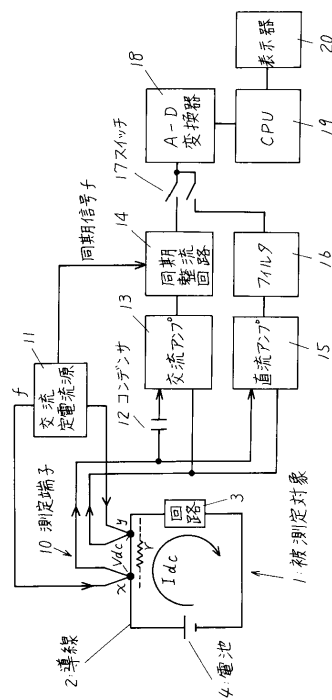
40

50

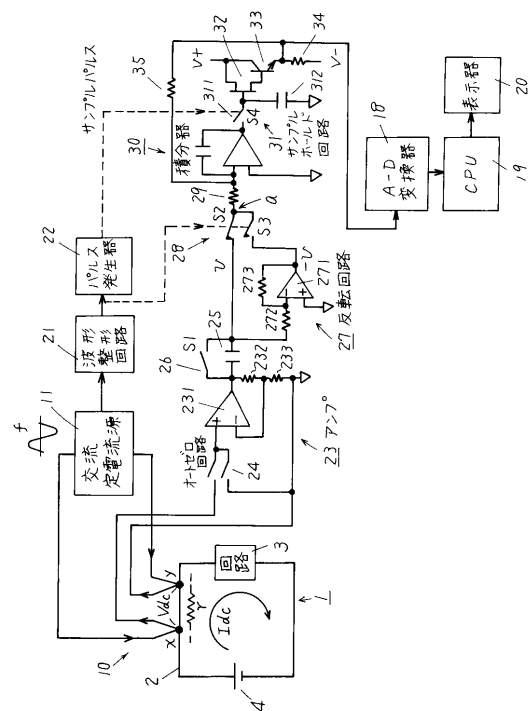


5 2 , 5 3 , 5 4 , 5 5 , 5 9 抵抗  
5 8 バッファアンプ

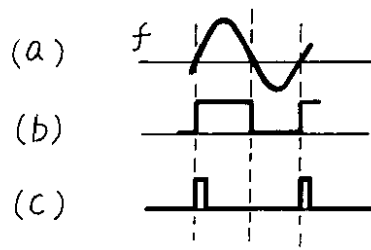
【図 1】



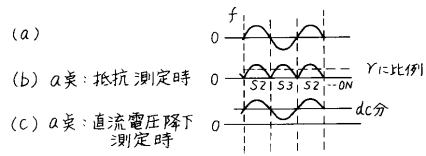
【図 2】



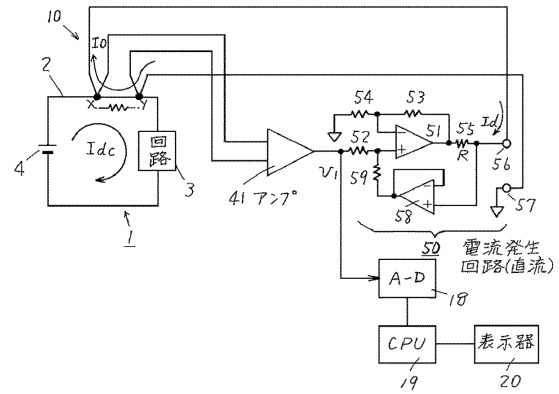
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 3 1 9 0 5 2 ( J P , A )  
米国特許第 0 5 3 8 6 1 8 8 ( U S , A )  
特開平 0 7 - 2 0 8 9 0 6 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 6 2 4 5 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01R 19/00-19/32

G01R 27/00-27/32

G01R 15/00-17/22