

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3915459号
(P3915459)

(45) 発行日 平成19年5月16日(2007.5.16)

(24) 登録日 平成19年2月16日(2007.2.16)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 F 1/60 (2006.01)

G O 1 F 1/60

G O 1 F 1/58 (2006.01)

G O 1 F 1/58

N

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-286778 (P2001-286778)
 (22) 出願日 平成13年9月20日(2001.9.20)
 (65) 公開番号 特開2003-97986 (P2003-97986A)
 (43) 公開日 平成15年4月3日(2003.4.3)
 審査請求日 平成15年7月30日(2003.7.30)

前置審査

(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
 (72) 発明者 石川 郁光
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内
 (72) 発明者 太田 博信
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内

審査官 鈴野 幹夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

励磁回路(13)により測定管(P)内を流れる流体に磁界を与え、前記測定管(P)内に設けられた一对の検出電極(A, B)に発生する検出信号に基づき前記流体の流量を測定する電磁流量計であって、

前記測定管(P)内に設けられ前記流量測定時の基準電位となるアース電極(Z)と、前記検出電極(A, B)と前記アース電極(Z)との間に接続され診断信号を発生する交流信号発生回路(3, 9)とを備え、

前記検出信号を前記励磁回路(13)で使用する励磁周波数で同期検波し差動増幅器を介して前記流量を測定すると共に、前記検出信号を前記診断信号の周波数で同期検波して得た電圧値と前記交流信号発生回路の電流値とから前記検出電極(A, B)と前記アース電極(Z)との間の抵抗値を算出し、

前記抵抗値より、前記測定管内が前記流体で満たされているか否かの空検知または前記検出電極への絶縁物付着検知または前記流体の種別の検知を行い、

前記診断信号の周波数は、前記励磁回路(13)で使用する励磁周波数の整数倍であり、2kHz以下である

ことを特徴とする電磁流量計。

【請求項2】

前記励磁回路(13)の信号と前記診断信号とが同一クロックから分周されたタイミング信号を使用し、

10

20

前記励磁回路(13)の信号と前記診断信号とが同期することを特徴とする請求項1に記載の電磁流量計。

【請求項3】

前記診断信号の周波数は、前記励磁周波数の2倍または4倍であることを特徴とする請求項2に記載の電磁流量計。

【請求項4】

一方の検出電極(A)に接続され第1の診断信号を発生する交流信号発生回路(3)と、他方の検出電極(B)に接続され第2の診断信号を発生する交流信号発生回路(4)とを備え、

前記第1の診断信号と前記第2の診断信号とが同じである

10

ことを特徴とする請求項3に記載の電磁流量計。

【請求項5】

一方の検出電極(A)に接続され第1の診断信号を発生する交流信号発生回路(3)と、他方の検出電極(B)に接続され第2の診断信号を発生する交流信号発生回路(4)とを備え、

前記第1の診断信号と前記第2の診断信号とが交互に発生する

ことを特徴とする請求項3に記載の電磁流量計。

【請求項6】

励磁回路(13)により測定管(P)内を流れる流体に磁界を与え、前記測定管(P)内に設けられた一対の検出電極(A, B)に発生する検出信号に基づき前記流体の流量を測定する電磁流量計であって、

20

前記測定管(P)内に設けられ前記流量測定時の基準電位となるアース電極(Z)と、前記検出電極(A, B)に接続され、診断信号を発生する交流信号発生回路とを備え、

前記検出信号を前記励磁回路(13)で使用する励磁周波数で同期検波し差動増幅器を介して前記流量を測定すると共に、前記検出信号を前記診断信号の周波数で同期検波して得た電圧値と前記交流信号発生回路の電流値とから前記検出電極(A, B)の抵抗値を算出し、

前記抵抗値より、前記測定管内が前記流体で満たされているか否かの空検知または前記検出電極への絶縁物付着検知または前記流体の種別の検知を行い、

前記診断信号の周波数は、前記励磁回路(13)で使用する励磁周波数の整数倍であり、2kHz以下である

30

ことを特徴とする電磁流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、導電性流体の流量等を測定する電磁流量計に関し、特に、測定管内が流体で満たされているか否かの空検出を行うとともに、検出電極に付着する絶縁物の有無の検出、測定する流体の導電率を測定する電磁流量計に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

40

従来の空検出を行う電磁流量計としては、特許第2880830号に、測定管内の検出電極に励磁周波数の[偶数分の1]の周波数を持つ交番電圧を印加する回路により、空検出を行う構成が開示されている。また、特表平9-502267号では、励磁周波数と非同期の周波数を持つ交番電圧を検出電極に印加する回路により、空検出を行う構成が開示されている。更に、特開平8-29223号では、交番する電流を供給する交流信号発生手段を備え、供給される交流信号は、各検出電極に対して周波数が充分低い同位相の交流電流を供給する構成が開示されている。

【0003】

更に、従来の検出電極に付着する絶縁物の付着程度を検出する構成としては特許第3018310号があり、検出器の検出電極電位と基準電圧とを比較して空検出を行う電磁流量

50

計で定電流回路を具備し、この定電流回路が、電流の極性を反転切替する電流制御手段を備え、測定管内の付着を検出した場合に、反転切替して電極に電流を供給する構成が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許第2880830号に記載の構成では、励磁周波数よりも小さい周波数の信号を扱うことで、流体が流れることにより発生するフローノイズの影響を受けやすくなる。また、低電圧を印加することで、空でない状態においても、信号には大きな空検知のための交番電圧が発生しているため、流量測定が空検知回路の影響を受けやすくなる。

10

【0005】

また、特表平9-502267号に記載の構成では、非同期信号を使用することで、流量サンプリングの結果には、必ず空検知信号が含まれてしまうので、多くの平均化処理が必要となる。その影響を改善しようとして、フィルタで流量信号と空検知信号を分離できるように、空検知信号の周波数を高くすることが考えられるが、電極部分の構造分散により、測定した電極インピーダンスは、正確な値を示さない場合がある。また、定電圧を印加することで、空でない状態においても、信号には大きな空検知のための交番電圧が発生しているため、流量測定が空検知回路の影響を受けやすくなる。

【0006】

さらに、特開平8-29223号に記載の構成では、励磁と同期を取っていないことで、流量サンプリングの結果には、必ず空検知信号が含まれることとなるため、多くの平均処理が必要となる。また、励磁周波数よりも小さい周波数の信号を扱うことで、流体が流れることにより発生するフローノイズの影響を受けやすい。

20

【0007】

また、特許第3018310号に記載の構成では、空検知のための手段は直流による検知であり、交流でない。このため、電極の分極電圧の影響を受けやすいという問題がある。

【0008】

更に、最近では、電磁流量計の適用分野として、農業排水の分野に電磁流量計を利用することも考えられるが、排水に土砂が流出する場合もあり、電磁流量計は土砂の流出まで監視することはできない。特に、河川の下流側で土砂の異常堆積等あり、環境に影響を与える場合があるが、排水に含まれる土砂を簡易に監視できるような電磁流量計を実現できれば、環境への影響を考慮できる。

30

【0009】

本発明は上記の事情に鑑みなされたものであり、測定管内の絶縁物の付着、流体の導電率を検知するために交流信号を用い、定電流源の信号周波数として、励磁基本周波数の整数倍の周波数を用いるとともに、励磁周波数と付着検知回路の信号周波数を同期させ、電極の構造分散の影響を受けない周波数を選択し、さらに、電極インピーダンス測定回路を具備することで、励磁周波数近辺での電極インピーダンスを測定して、正確な電極インピーダンスを測定し、流体ノイズの影響を受けにくい、電極インピーダンス測定回路を実現し、流量信号測定回路と電極インピーダンス測定回路が互いに影響し合わない正確な電極インピーダンスを測定することで、付着検知・流体液種判別が正確に行える電磁流量計を提供することを目的とする。

40

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明は、以下の通りである。

(クレーム1) 励磁回路(13)により測定管(P)内を流れる流体に磁界を与え、前記測定管(P)内に設けられた一対の検出電極(A, B)に発生する検出信号に基づき前記流体の流量を測定する電磁流量計であって、前記測定管(P)内に設けられ前記流量測定時の基準電位となるアース電極(Z)と、前記検出電極(A, B)と前記アース電極(Z)との間に接続され診断信号を発生する交流信号発生回路(3, 9)とを備え、前記検出

50

信号を前記励磁回路（１３）で使用する励磁周波数で同期検波し差動増幅器を介して前記流量を測定すると共に、前記検出信号を前記診断信号の周波数で同期検波して得た電圧値と前記交流信号発生回路の電流値とから前記検出電極（Ａ，Ｂ）と前記アース電極（Ｚ）との間の抵抗値を算出し、前記抵抗値より、前記測定管内が前記流体で満たされているか否かの空検知または前記検出電極への絶縁物付着検知または前記流体の種別の検知を行い、前記診断信号の周波数は、前記励磁回路（１３）で使用する励磁周波数の整数倍であり、２ｋＨｚ以下であることを特徴とする電磁流量計。

（クレーム２）前記励磁回路（１３）の信号と前記診断信号とが同一クロックから分周されたタイミング信号を使用し、前記励磁回路（１３）の信号と前記診断信号とが同期することを特徴とする（クレーム１）に記載の電磁流量計。

10

（クレーム３）前記診断信号の周波数は、前記励磁周波数の２倍または４倍であることを特徴とする（クレーム２）に記載の電磁流量計。

（クレーム４）一方の検出電極（Ａ）に接続され第１の診断信号を発生する交流信号発生回路（３）と、他方の検出電極（Ｂ）に接続され第２の診断信号を発生する交流信号発生回路（４）とを備え、前記第１の診断信号と前記第２の診断信号とが同じであることを特徴とする（クレーム３）に記載の電磁流量計。

（クレーム５）一方の検出電極（Ａ）に接続され第１の診断信号を発生する交流信号発生回路（３）と、他方の検出電極（Ｂ）に接続され第２の診断信号を発生する交流信号発生回路（４）とを備え、前記第１の診断信号と前記第２の診断信号とが交互に発生することを特徴とする（クレーム３）に記載の電磁流量計。

20

（クレーム６）励磁回路（１３）により測定管（Ｐ）内を流れる流体に磁界を与え、前記測定管（Ｐ）内に設けられた一対の検出電極（Ａ，Ｂ）に発生する検出信号に基づき前記流体の流量を測定する電磁流量計であって、前記測定管（Ｐ）内に設けられ前記流量測定時の基準電位となるアース電極（Ｚ）と、前記検出電極（Ａ，Ｂ）に接続され、診断信号を発生する交流信号発生回路とを備え、前記検出信号を前記励磁回路（１３）で使用する励磁周波数で同期検波し差動増幅器を介して前記流量を測定すると共に、前記検出信号を前記診断信号の周波数で同期検波して得た電圧値と前記交流信号発生回路の電流値とから前記検出電極（Ａ，Ｂ）の抵抗値を算出し、前記抵抗値より、前記測定管内が前記流体で満たされているか否かの空検知または前記検出電極への絶縁物付着検知または前記流体の種別の検知を行い、前記診断信号の周波数は、前記励磁回路（１３）で使用する励磁周波数の整数倍であり、２ｋＨｚ以下であることを特徴とする電磁流量計。

30

（１）測定対象となる流体が流される測定管を備え、励磁回路により励磁コイルを駆動して前記流体に磁界を与え、前記測定管内を流れる流体の流量を測定する電磁流量計であって、前記測定管内を流れる流体の流量に応じた流量信号を検出する一対の検出電極と、流量測定時の基準電位となるアース電極と、前記検出電極と前記アース電極との間に診断信号を与える診断信号発生回路と、前記検出電極と前記アース電極との間の抵抗値を診断検出信号として検知する診断回路とを備えることを特徴とする電磁流量計。

（２）前記診断信号発生回路は、定電流源であることを特徴とする（１）記載の電磁流量計。

（３）前記診断信号発生回路は、定電圧源であることを特徴とする（１）記載の電磁流量計。

40

（４）前記診断信号発生回路は、診断信号として前記励磁回路で使用する励磁周波数の整数倍の周波数を信号周波数とする交流信号を用いることを特徴とする（１）から（３）のいずれかに記載の電磁流量計。

（５）前記診断回路は、前記励磁周波数と前記診断検出信号とを同期させることを特徴とする（４）に記載の電磁流量計。

（６）前記診断信号発生回路は、前記検出電極と前記流体の界面とで形成される容量を形成する双極子の回転子が追いつく範囲で、発生させる前記交流信号の周波数を選択することを特徴とする（４）または（５）のいずれかに記載の電磁流量計。

（７）前記診断信号発生回路は、一対の前記検出電極に、前記診断信号として同じ前記交

50

流信号を与えることを特徴とする(1)から(6)のいずれかに記載の電磁流量計。

(8)前記電磁流量計は、検出電極間の距離が近い微小口径であって、それぞれの電極に対し、交互に前記診断信号を与えることを特徴とする(1)から(6)のいずれかに記載の電磁流量計。

(9)前記診断回路は、前記交流信号の周波数が前記励磁周波数の奇数倍のときに、流量信号のサンプリング時間を、 $1 / (\text{前記交流信号の周波数の整数倍})$ の時間にすることを特徴とする(1)から(8)のいずれかに記載の電磁流量計。(10)前記診断回路は、測定した前記検出電極の抵抗値から流体導電率を算出することを特徴とする(1)から(9)のいずれかに記載の電磁流量計。

(11)前記診断回路は、測定した前記検出電極の抵抗値から前記検出電極への絶縁物付着の状況を検知することを特徴とする(1)から(9)のいずれかに記載の電磁流量計。 10

(12)前記診断回路は、測定した抵抗値及び流体導電率の測定値を上位の分散制御システムまたはパーソナル・コンピュータに伝送するアナログ出力及び無線出力を具備することを特徴とする(1)から(11)のいずれかに記載の電磁流量計。

(13)前記定電流源は、交流の定電流回路と直流の定電流回路を兼ねていることを特徴とする(1)から(10)のいずれかに記載の電磁流量計。

(14)直流の定電流源による信号を空検知のために使用することを特徴とする(13)に記載の電磁流量計。

(15)前記診断回路は、前記測定管が空のときに前記検出電極と前記アース電極との間に診断信号を与えてその診断検出信号により前記検出電極部の絶縁劣化を検知することを特徴とする(1)から(9)のいずれかに記載の電磁流量計。 20

(16)前記診断信号発生回路は、前記交流信号の信号周波数として、前記励磁周波数の整数倍とならない周波数でかつ前記励磁周波数よりも高い周波数を用いることを特徴とする(1)に記載の電磁流量計。

(17)前記診断回路は、流量信号のサンプリング時間を $1 / (\text{前記交流信号の周期の整数倍})$ の時間とすることを特徴とする(16)に記載の電磁流量計。

(18)同一クロックから流量信号のサンプリングタイミングと前記交流信号の周波数とを生成することを特徴とする(16)または(17)に記載の電磁流量計。

(19)別々のクロックから流量信号のサンプリングタイミングと前記交流信号の周波数を生成し、前記交流信号の周波数をカウントし、その周波数からサンプリング時間を算出することを特徴とする(16)または(17)に記載の電磁流量計。 30

(20)前記診断信号発生回路は、前記検出電極と流体の界面とで形成される容量を形成する双極子の回転子が追いつく範囲で周波数を発生することを特徴とする(16)または(19)のいずれかに記載の電磁流量計。

(21)前記定電流源は、一对の前記検出電極に、前記診断信号として同じ前記交流信号を与えることを特徴とする(16)から(20)のいずれかに記載の電磁流量計。

(22)前記検出電極間の距離が近い微小口径で、それぞれの電極に対し交互に電流を流すことを特徴とする(16)または(20)のいずれかに記載の電磁流量計。

(23)前記診断回路は、前記診断信号の周波数を前記励磁周波数の4倍以上とし、励磁波形の後半部分の前記診断検出信号をサンプリングすることを特徴とする(1)から(22)のいずれかに記載の電磁流量計。 40

(24)前記診断回路は、少なくとも2種類以上の前記交流信号の周波数を用いて交互に流体の抵抗値を求め、前記抵抗値に基づいて、コール・コール・プロットの直線部分を判定し、前記励磁周波数での前記抵抗値と一致する前記診断検出信号の周波数を選定できる付着診断回路を具備することを特徴とする(1)から(23)のいずれかに記載の電磁流量計。

(25)前記励磁回路により二つの励磁周波数を用いて前記励磁コイルを駆動して前記流体に磁界を与える二周波励磁方式であって、励磁及び前記流量信号と前記診断信号との同期をとる手段と、前記診断信号の周波数を二つの前記励磁周波数のうち高周波と低周波との中間の周波数にする手段と、前記診断信号の周波数を前記低周波の偶数倍とするととも 50

に前記高周波の偶数分の1にする手段とを備え、前記診断信号のサンプリングは、前記低周波の周期の後半で、低周波微分ノイズ成分を除去し、サンプリング間隔は、高周波微分ノイズの成分の影響を除去した前記高周波の一周期分と、励磁波の後半部分とであることを特徴とする付着診断回路を具備する(1)から(15)または(24)のいずれかに記載の電磁流量計。

(26)測定対象となる流体が流される測定管を備え、励磁回路により励磁コイルを駆動して前記流体に磁界を与え、前記測定管内を流れる流体の流量を測定する電磁流量計であって、前記測定管内を流れる流体の流量に応じた流量信号を検出する一対の検出電極と、前記検出電極に診断信号を与える診断信号発生回路と、前記検出電極に発生する診断検出信号を検知する診断回路とを備えることを特徴とする電磁流量計。

10

【0011】

【発明の実施の形態】

(例1)図1に本発明の第1の実施例のブロック図を示す。この図1に示すように、電極(検出電極)A、Bには診断信号を発生する診断信号発生回路として、交流信号(診断信号)を発生するための交流信号発生回路3、9が接続され、また電極(検出電極)A、Bにはバッファ4、12が接続される。交流信号発生回路3、9には、電極A、Bに発生する検出信号を同期検波して、A/D変換するための電極抵抗信号A/D変換器5、8が接続される。CPU6にはクロック信号7を分周するための分周回路6aが設けられ、この分周回路6aからのタイミング信号が交流信号発生回路3、9及び励磁回路13へ出力される。

20

【0012】

また、分周回路6aからのタイミング信号が診断検出タイミング信号となり、電極抵抗信号A/D変換器5、8に出力される。更に、バッファ4、12には差動増幅器10が接続され、その差動増幅器10には流量信号A/D変換器11が接続され、その出力はCPU6へと接続される。

【0013】

本発明では、電極A、B - アース電極Z(電磁流量計にあっては、測定管Pに設置される、流量測定の基準電位となるアースリング等のアース電極部)間に、交流信号発生回路3、9から診断信号として交流信号を与え、電極A、B - アース電極Z間の抵抗に応じて電極A、Bに発生する検出信号を取り込み、同期検波して、電極抵抗信号A/D変換器5、8にてA/D変換し、その抵抗値より、空検知、電極A、Bへの絶縁物付着、流体の導電率の測定を行う。

30

【0014】

そして、その動作は、図2に示すように、例えば、交流信号発生回路3、9として、定電流源(定電流回路15、17)を用いる場合には、交流の定電流値を I_o 、電極A、Bに現れる診断信号成分の電圧を V_o とすれば、電極A、Bの交流抵抗Rは、 $R = V_o / I_o$ として算出できる。この電極抵抗Rには、電極A、Bの絶縁物付着状態、空状態、流体導電率が反映されることとなる。

【0015】

図3(a)、(b)にも定電流源を用いた回路例が示されている。

40

図3(a)では、検出器側の電極A、Bからの信号線20とバッファ21とが接続され、その間に定電流源である定電流回路19が設けられている。定電流回路19は、CPU6とスイッチsw1を介して接続され、このスイッチsw1は励磁周波数の整数倍の周波数でスイッチングされ、その結果、発生する交流電流は、励磁周波数の整数倍となる。

【0016】

図3(b)でも、図3(a)と同様に、信号線20とバッファ21との間に定電流源22を設け、定電流源22にスイッチsw1を介してCPU6を接続する。そして、このスイッチsw1も図3(a)と同様に、励磁周波数の整数倍の周波数でスイッチングされ、発生する交流電流は、励磁周波数の整数倍となる。

【0017】

50

図 2 ～ 3 は、定電流源（定電流回路 15，17，19，22）を用いた場合の例であるが、これらは、発生する電流値を可変にできるものであるため、以下の表 1 のように、検出した電極 A，B - アース電極 Z 間抵抗に応じて、定電流値の大きさを切り換えることで、電極 A，B の絶縁物付着状態、空状態、流体導電率の診断を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

【表 1】

目的	電極－アース電極間の抵抗	定電流値	実現方法
導電率測定	小	大	測定抵抗と導電率の関係のテーブルを用意して換算する。
付着検知・空検知	大	小	入力アンプの入カインピーダンスからスパン誤差が所定の値を超えるところで異常または劣化状態を通知。

10

【 0 0 1 9 】

続いて、この流体導電率測定と付着検知の切り分け方法について説明する。

まず、流体導電率測定に関しては、以下のように行う。

流体抵抗（R）は、電極面積（S）、流体導電率（ σ ）に反比例する。具体的に式で表すと、 $R = k / S \sigma$ （k は比例係数）となる。そのため、電極 A，B 面をきれいな状態とし、予め仕様上の最低導電率における流体抵抗を求めておく。そして、測定した流体抵抗 R がその値よりも小さいときは導電率測定範囲として取り扱う。流体導電率 σ に関しては、予め判明している電極面積 S と、比例係数 k と、測定した流体抵抗 R の値より算出する。

20

【 0 0 2 0 】

次に、電極に対する絶縁物の付着検知に関しては、以下のように行う。

前述した流体抵抗が導電率測定範囲の流体抵抗を越えたところで、検出電極に対する絶縁物付着状態とする。ここで、検出電極に対する異常／劣化状態を示す指標には、図 1 に示すバッファの入カインピーダンスに基づく。

【 0 0 2 1 】

ここで、図 1 1 に示す構成に基づいて、検出電極への絶縁物付着のために発生した電極 A，B - アース Z 電極間の抵抗値にあって、どの程度の誤差を生じるのか計算した結果を以下の表 2 に示す。このときのバッファの入カインピーダンスは、2000 M とする。この誤差はスパン誤差であり、単純に分圧比で計算される。例えば、電極 A，B - アース Z 電極間の抵抗が 20 M とすると、1 % のスパン誤差を生じる。アラームを出すタイミングは、ユーザーの要求精度により異なるので、測定した流体抵抗と指示誤差の両方をアナログ値として出力させてもよい。

30

【 0 0 2 2 】

【表 2】

信号源抵抗の影響

入力抵抗 (M Ω)	信号源抵抗 (M Ω)	誤差 (%)
2000	3.3	0.16
2000	5	0.25
2000	10	0.50
2000	20	0.99
2000	40	1.96

40

【 0 0 2 3 】

50

尚、付着検知、空検知といった異常検知の目的で、単一レンジの定電流源を構成すれば、満水、付着なしの電極抵抗を測定するための交流の診断信号は、一定電圧を電極側へ与える方式に対して非常に小さくできる利点がある。これは、満水、付着なしのときの電極 A , B - アース電極 Z 間抵抗は、前述の異常時と比べ十分小さいことによる。また、流体導電率が予めわかっているならば、温度補正をした上で、測定した流体抵抗との違いにより付着状態を検知することもできる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の実施の形態では、矩形波を出力する定電流源を用いた例を示したが、正弦波または三角波等を出力するような定電流源を用いてもよい。但し、励磁周波数の偶数倍となる診断信号の周波数として同期をとるので、矩形波のほうが信号処理は容易である。

10

【 0 0 2 5 】

更に、診断信号発生回路として、定電流源を用いた例を説明したが、定電流源の代わりに、定電圧源を用いる構成としても本発明はそのまま適用できる。

【 0 0 2 6 】

また、図 3 (a) , (b) に示す定電流源 1 9 , 2 2 は、交流の定電流回路と直流の定電流回路とを兼ねている。交流と直流との分離形の電流源の場合、パツファ 2 1 の入力インピーダンスを大きくするためにブートストラップ回路を用いたり、ケーブルシールド (信号線 2 0) にドライブシールドを用いたりする。このとき、正帰還がかかる負荷の電極 A , B - アース電極 Z 間の抵抗が極端に大きくなる (数百 M 以上) とパツファ 2 1 が発振する可能性がある。このため、空時のように極端に電極 A , B - アース電極 Z 間の抵抗が大きくなる場合、D C (直流) の定電流を流して、定電流源 1 9 , 2 2 が発振する前に、電極で検出する電圧を電源電圧にする。ここで、パツファ 2 1 の D C 電圧をモニタし空状態を判定して、定電流値の動作を停止させる (定電流値をゼロとする) ことにより、このような発振の問題はなくなる。

20

図 2 の構成でも、定電流回路 1 5 , 1 7 の基準電圧 (V) 印加部に D C 電圧を加算することで、この対応は可能となる。

【 0 0 2 7 】

次に、測定に使用する周波数について説明する。

診断回路部の診断タイミングの周波数は、図 3 (a) , (b) にて説明したように、励磁周波数の整数倍の周波数とする。励磁電流及び流量信号に含まれる周波数成分は、励磁基本周波数とその奇数倍の高調波成分で構成される。このために、診断回路部の診断タイミングの周波数を励磁周波数の偶数倍の周波数にすることで、励磁電流、流量信号に原理的に影響を与えない診断回路を実現できる。

30

【 0 0 2 8 】

また、診断回路部の診断タイミングの周波数を奇数倍にした場合でも、流量信号のサンプリング期間を、診断信号の積分値がゼロになるような時間とすることで、診断回路の影響を受けない流量信号測定回路を実現できる。

【 0 0 2 9 】

ここで、この例 1 にあっては、励磁タイミングと、診断タイミングとを同期させる方式を採用する。この二つのタイミングを非同期とすると、2 つの発振器が必要となり、それらの温度特性の違いから、周波数が偶数倍にならない可能性もあり、この周波数のずれにより、診断回路で使用する検出電圧が流量信号に影響を与えることがある。このため、例 1 では、同期式を採用する。この方式によれば、同一クロックから分周されたタイミング信号を使用するので、クロックの原振周波数が周囲温度により変わったとしても励磁周波数と診断周波数との同期は失われず、温度変動の影響を受けにくい診断回路、流量信号測定回路を実現することができる。

40

【 0 0 3 0 】

この周波数の上限であるが、電極 A , B には電極容量の構造分散の問題がある。これは、電極を構成する金属と流体の界面で形成される容量が周波数が高くなることで、容量を形成する双極子の回転が追いつかなくなっていく過程を意味する。この領域となる交流抵抗

50

と、それ以下の周波数での交流抵抗は大きく異なるため、電極容量が構造分散を起こさない範囲にとどめておく必要がある。

【0031】

このことを説明するため、図9に、流体抵抗率と交流抵抗の関係を示す。この図9は、流体をイオン交換水としたときにSUS検出電極を用いた場合の流体抵抗率と流体抵抗との関係を示すグラフである。この図9にあって、診断周波数が20kHzを超えると、交流抵抗は流体抵抗に対して線形にならない。一方、診断周波数が、2kHz以下であれば、それ以下の周波数の交流抵抗と一致する。この領域の周波数を採用することで、流量信号検出で使用する励磁周波数と同じ交流抵抗を測定できるようになる。但し、本方式では従来の技術に示すように、フィルタでの流量信号成分と診断信号成分との分離が困難になる

10

【0032】

この周波数上限の決定するためには、電極インピーダンスを測定し、その実部と虚部をプロット（コール・コール・プロット）すればよい。この測定例、即ちプロット結果を図10に示すが、このグラフは直線部分Aと円弧部分Bとで形成される。円弧部分Bは高い周波数で、直線部分Aは低い周波数の部分を示している。直線部分の交流抵抗は、図9に示す流体抵抗率と流体抵抗が線形になる特性を示す。図10の円弧Bの部分は前記構造分散が起こっている領域となる。

【0033】

このため、実際に使用する電極材質、流体導電率、液種から予め周波数の上限を求めておき、後述の実施例で示す診断回路の周波数よりも高い周波数を選択するようにしてもよい。この周波数選定方式により、実際の励磁周波数と一致する交流抵抗を測定することができる。

20

【0034】

次に、本発明にあって実際に使用される各信号のタイミングを図4から図8を用いて説明する。ここで、励磁タイミング信号は、測定管内の励磁コイルに励磁電流を与えるタイミング、励磁電流波形は、励磁状態を表わし、流量信号にも対応する信号波形、診断タイミング信号1～5はCPU6または分周回路6a等より発生するタイミングに対応して交流定電流回路5、8等から電極A、B - アース電極Zに交流電流を与えるタイミング、診断検出信号は電極A、B - アース電極Z間で得られた検出信号に対応する信号波形、診断正（または負）サンプリング信号1～5は診断検出信号を取り込んで信号処理するタイミングである。

30

【0035】

ここで、電極A、Bから検出される検出信号を正部分と負部分とをサンプリング（同期検波）し、その差を取ることで、電極A、B - アース電極Z間の抵抗に応じて電極A、Bに発生する電圧を検出する。サンプリング間隔は1/4波サンプリングを行なっているが、半波サンプリングをしてもよい。半波サンプリングの場合、絶対値回路でDC化してDC電圧をA/D変換するようにしてもよい。

【0036】

また、図4～図7は、励磁基本周波数に対して、診断回路部の診断周波数を偶数倍した例を示す。図4と図6は、診断回路の周波数を励磁周波数の2倍とした実施の形態を示す。流量信号のサンプリング時、正励磁時、負励磁時のそれぞれのサンプリングにあって本来検出すべき流量信号には診断信号成分も含まれ、その影響が出てしまうが、正負励磁時におけるそれぞれの流量信号の差をとることで、診断信号の影響をキャンセルすることができる。

40

【0037】

図5と図7は、診断回路の周波数を励磁周波数の4倍にした実施の形態を示す。これらの例にあっては、診断検出信号に含まれる微分ノイズの影響を小さくなる部分でのサンプリングが可能となり、流体抵抗の測定精度が向上する。ここで、図4と図5は、定電流をそれぞれの電極A、Bに同時に流す方式である。この方式は電極A、B間の距離が大きいも

50

のに適用するとよい。この場合、両方の電極 A , B の絶縁物付着状況が同じであれば、電極 A , B に発生する検出信号はほぼ同じ値を示し、図 1 に示す流量信号測定のための差動アンプ出力 (差動増幅器 10) における診断信号成分は、ほぼゼロとなる。

【 0 0 3 8 】

図 6 と図 7 は、電極間距離が近い微小口径の電磁流量計の場合である。微小口径では電極 A , B 同士の距離が近く、互いに影響を与え合ってしまうので、定電流を流すタイミングを変え、両方に同時に電流を流さないようにする。

【 0 0 3 9 】

図 8 は、励磁基本周波数に対して、診断回路の診断タイミングにかかる周波数を奇数倍にした例を示す。

10

この場合、流量信号のサンプリング期間を、診断信号の積分値がゼロになるような時間とする。このサンプリング期間の選定により、診断回路部からの影響を受けない流量信号測定回路を実現できる。

【 0 0 4 0 】

付着診断した後に、電極 A , B 絶縁物付着かアース電極付着かを診断する方法として、一対の測定電極 A , B 間に定電流を与える回路を付加し、付着診断した後に、この回路を動作させて電極 A , B 間の抵抗を測定するようにしてもよい。もし、電極 A , B 間の抵抗が小さければ、アース電極の付着として診断可能となる。この場合、電極洗浄機能、電池交換タイプの電磁流量計において特に利点がある。

【 0 0 4 1 】

20

そして、付着検知した後に励磁を停止させる。流体抵抗が、仕様可能範囲 (流体導電率測定範囲) になったところで、励磁を停止させる。このことにより、低消費電力運転が可能となる。

【 0 0 4 2 】

図 18 は、測定管 P における電極 A (B) の設置状況を表す。測定管 P の測定流体が接する内面には、テフロン (登録商標)、ウレタン等のライニング L が形成され、信号線 403 を備える電極 A (B) が測定流体に接液するように設置される。メンテナンスの容易のため、電極 A (B) は、電極キャップ 401 及びバネ 402 により測定管 P に押し嵌められる構成である。測定管 P は、アース電極 Z と同電位である。

【 0 0 4 3 】

30

電極キャップ 401 と電極 A (B) との間隙に測定流体が侵入する場合があります、この間隙に測定流体が溜まると誤動作を引き起こすことがあり、これを検知するため、本発明を利用することができる。即ち、図 1 に示した、診断方式を測定管 P が空のときに適用する。この間隙部に測定流体が溜まっていなければ、電極 A (B) - アース電極 Z 間の抵抗は無限大であり、測定流体が溜まっている場合は、電極 A (B) - アース電極 Z 間の抵抗は小さくなる。この抵抗値は数十 ~ 数百 M であれば、流量測定に影響を与えないが、その値を下回るとスパン誤差となって、測定時に悪影響を与えることとなる。

【 0 0 4 4 】

上記した本発明は、数 M ~ 数十 M の抵抗測定ができるため、このような測定流体が電極周辺に滞留しているかどうかを検出することができる。

40

【 0 0 4 5 】

更にまた、このような本発明の電磁流量計に、無線通信手段を設置し、上述により測定した、測定流体の導電率、電極 A , B における絶縁物付着状況、空検知情報、電極への水侵入情報等を無線通信手段を用いて、上位側に接続される、大型の制御システム、またはパーソナル・コンピュータ等の小型のコンピュータ・システムへ送信するようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

(例 2)

図 12 及び図 13 に本発明の実施の形態における第 2 の実施例のブロック図を示す。図 13 は図 12 の変形例である。図 14 にはそのタイミングチャートを示す。図 12 及び図 1

50

3の構成のうち図1と同じ構成には同一の参照番号を付してある。また、図12及び図13にあって、電極A、Bに接続する測定管P、アース電極Zも、図1と同様の構成となるので、図示は省略する。

【0047】

図12のブロック図では、診断回路部へのクロックと流量信号検出回路のクロック信号とを別々(クロック1、クロック2)に分けている。つまり、二つの分周回路16、18を用いて、それぞれのクロック信号(クロック1、クロック2)を分周している。また、CPU6の同じクロック信号(クロック1)から分周して診断回路部分へ与えるタイミングとしての周波数が、励磁周波数の整数倍とならない値に選定してもよい。

【0048】

ここで、流量信号のサンプリング時間を診断回路信号の周期の整数倍とすることで、診断回路部分の信号値が、サンプリング区間でゼロになるようにする。これにより、前記診断回路の信号が流量信号に影響を与えないようにすることができる。

【0049】

図12では、予めわかっているクロック2の値に基づき、流量信号のサンプリング時間を決定する。この問題点としては、前述したように、クロック信号に温度変化があると、流量信号のサンプリング時間は、診断回路信号の周期の整数倍とならなくなり、流量信号に影響が出ることである。

【0050】

このため、図13に示すような構成により、クロック信号(クロック2)の周波数をCPU6のカウンタ25で測定し、その値に基づき流量信号のサンプリング時間を決定するようにする。これにより、必ず流量信号のサンプリング時間を診断回路信号の周期の整数倍とすることができる。また、CPU6の同じクロック信号(クロック2)から分周した診断回路部の周波数が、励磁基本周波数の整数倍とならない値に選定すれば、同一のクロック信号(クロック2)からサンプリング時間を決定できるので、クロック周波数の温度変動の影響を受けない。このため、必ず流量信号のサンプリング時間を診断回路信号の周期の整数倍とすることができる。

【0051】

(例3)

次に、単一周波励磁の場合と、二周波励磁の場合の診断信号サンプリングについて説明する。

上記の例1及び例2は単一周波数励磁の例であって、診断動作のとき、電極A、Bで検出される信号波形には、図15に示すように、診断信号成分と微分ノイズ成分とが含まれている。そこで、診断信号の周波数を励磁周波数の4倍以上とし、この微分ノイズの影響を小さくするために、図15に示すように、励磁電流計にあって、微分ノイズが減少する、その後半部分の診断信号をサンプリングするようにしている。

【0052】

次に、導電率測定時の実施の形態に関して説明する。本発明の例1における図10に示す、コール・コール・プロットの線形部分Aと円弧部分Bの境となる周波数は、電極A、B-流体の条件により変わってくる。本実施の形態では、本発明の例1において、少なくとも2種類以上の周波数を用いて交互に流体抵抗測定を行う。それらの抵抗値が所定の範囲で一致していれば線形領域とみなし、励磁周波数近傍での導電率測定が問題なく行われていると判断する。それらの抵抗値が所定の範囲を超えて一致していない場合は、コール・コール・プロットの円弧部分とみなし、励磁周波数近傍での導電率測定が正常に行われていないと判断する。

【0053】

この判定から、コール・コール・プロットの線形部分と円弧部分の境の周波数を検知し、線形部分の流体抵抗と一致するように、診断信号の周波数を選定する。

【0054】

次に、二周波励磁方式を採用する電磁流量計に本発明を適用したときの診断について、図

10

20

30

40

50

16を用いて説明する。

まず、励磁及び流量信号（励磁電流波形）と診断信号（診断信号波形）との同期をとる。そして、診断信号にかかる診断タイミング（診断信号波形）の周波数を、2つの周波数より構成される励磁電流波形における高周波数（H）と低周波数（L）の中間の周波数にする。そして、診断信号の検出即ち診断信号サンプリングのタイミングを低周波（L）の偶数倍とするとともに、高周波（H）の偶数分の1とし、診断信号のサンプリングは、微分ノイズが十分に減少する、低周波（L）の周期の後半部で行う。

【0055】

低周波（L）微分ノイズの成分の影響を除去し、サンプリング間隔としては、

1 高周波（H）の一周期分とし、高周波（H）微分ノイズの成分の影響を除去する（診断信号サンプル（1））、または、2 高周波（H）の微分ノイズの影響が小さくなる、励磁後半部分でサンプルを行う（診断信号サンプル（2））とする。この二つのサンプリング間隔のうち、どちらを採用してもよい。

【0056】

（例4）

図17に、本発明を適用した電磁流量計を用い、土砂量をモニタするアプリケーション例を示す。

図17（a）では電磁流量計における定電流回路が示されている。この定電流回路は、図3に示した定電流回路と同じであり、図17の電磁流量計においてもこの定電流回路30を用い、導電率測定を行う。また、電極の分極電圧の問題から、交流信号を使うのが望ましい。他のバッファ32等の素子は図3に示す回路と同様の働きをなす。

【0057】

図17（a）では電極部に、上述したように、診断動作にあって、測定流体の導電率を算出する。即ち、検出電極A、B - アース電極Z間の導電率から土砂量を推定する。水道水の導電率は100～200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、土砂のある分だけ導電率が低下するため、測定流体の導電率を測定することにより、例えば、農業用水、ダム、河川、湖、沼等に対する、給水、排水の施設、設備にも本発明を適用することができる。通常、このような適用例としては、流量計の他、密度計等を設置して土砂量を測定しているが、本発明によれば、密度計は不要であり、電磁流量計のみで流量、土砂量の測定を行うことができる。

【0058】

また、外部からバッテリー駆動できるように、定電流回路30を休止させるためのスイッチ34を具備するようにしてもよい。これにより、間欠的な動作が可能となる。

【0059】

尚、図17（b）に示すように、電磁流量計の出力は流量出力というアナログ値があり、この土砂推定量もアナログ値である。このため、無線等を使えば、ケーブルの追加もなく、計器（電磁流量計の電極部）100から、通信ユニット200を介して上位側に接続される、大型の制御システム、またはパーソナル・コンピュータ等の小型のコンピュータ・システム300へ送信するようにしてもよい。

【0060】

【発明の効果】

本発明の例1では、測定管内の付着の状況、流体導電率を検知する手段として交流信号を用い、定電流源の信号周波数として励磁基本周波数の整数倍の周波数を用いており、励磁周波数と付着検知回路の信号周波数を同期させ、電極の構造分散の影響を受けない周波数を選択しており、さらに電極インピーダンス測定回路を備えている。

【0061】

そのため、励磁周波数近辺での電極インピーダンスを測定して、正確な電極インピーダンスの測定が可能になる。その結果、付着検知、流体液種判別を正確に行うことが可能になる。また、励磁基本周波数よりも高い周波数を採用しているので流体ノイズの影響を受け難く、流量信号測定回路と電極インピーダンス測定回路が互いに影響し合わない診断回路を実現することが可能になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

また、測定管が空のときに、診断回路を動作させることにより、電極部における測定流体の滞留状況を判別することができる。

【 0 0 6 3 】

本発明の例 2 によれば、管内の付着の状況、流体導電率を検知する手段として、交流信号を用い、その交流信号の周波数として、励磁基本周波数の整数倍とならない周波数を選択し、交流信号の周波数として、電極の構造分散の影響を受けない周波数を選択している。また、電極インピーダンス測定回路を具備し、流量信号のサンプリング時間を前記交流信号の周期の整数倍とすることで、前記交流信号が流量信号に影響を与えないようにしている。

10

【 0 0 6 4 】

そのため、励磁周波数近辺での電極インピーダンスを測定して、正確な電極インピーダンスを測定でき、付着検知、流体液種判別が正確に行える電磁流量計を実現することが可能になる。また、流体ノイズの影響を受けにくい、電極インピーダンス測定回路を実現し、流量信号測定回路と電極インピーダンス測定回路が互いに影響しあわない、流量信号測定回路と電極インピーダンス測定回路の形成を可能にする。

【 0 0 6 5 】

本発明の例 3 における診断信号サンプリング方法によれば、二周波励磁への適用方式により、微分ノイズが診断信号に与える影響を小さくした電磁流量計を実現できる。また、導電率測定時には 2 種類以上の周波数で交互に流体抵抗測定を行うので、抵抗値が所定の範囲か否かでコール・コール・プロットの直線部分を判定できるので、励磁周波数での流体抵抗と一致する、診断信号の周波数を選定できる。

20

【 0 0 6 6 】

本発明の例 4 によれば、導電率を測定することにより、測定流体中の土砂量を監視するようにしたので、密度計をおいて密度により土砂量を測定する場合に比べ、安価に土砂量の推定をすることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態である例 1 におけるブロック図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態である例 1 において交流信号発生回路を定電流源とした場合の回路図である。

30

【 図 3 】 定電流源の回路図である。

【 図 4 】 励磁基本周波数に対して診断回路部分の周波数を 2 倍にしたタイミングチャートである。

【 図 5 】 励磁基本周波数に対して診断回路部分の周波数を偶数倍にしたタイミングチャートである。

【 図 6 】 励磁基本周波数に対して診断回路部分の周波数を 2 倍にしたタイミングチャートである。

【 図 7 】 励磁基本周波数に対して診断回路部分の周波数を偶数倍にしたタイミングチャートである。

【 図 8 】 励磁基本周波数に対して診断回路部分の周波数を奇数倍にしたタイミングチャートである。

40

【 図 9 】 流体をイオン交換水としたときに SUS 電極を用いた場合の流体抵抗率と流体抵抗との関係を示すグラフ図である。

【 図 10 】 周波数上限を決定するために電極インピーダンスを測定し、その実部と虚部とをプロットしたコール・コール・プロットを示すグラフ図である。

【 図 11 】 電極付着による信号源抵抗の影響を調べるための信号源抵抗及び入力抵抗を含む回路図である。

【 図 12 】 本発明の実施の形態である例 2 におけるブロック図である。

【 図 13 】 例 2 の変形のブロック図である。

【 図 14 】 励磁基本周波数に対する診断回路の周波数を示すタイミングチャートである。

50

【図 1 5】単一周波励磁の場合のタイミングチャートである。

【図 1 6】二周波励磁の場合のタイミングチャートである。

【図 1 7】土砂量をモニタする機能を付加した電磁流量計の説明図である。

(a) は導電率測定のための定電流回路を示す回路図である。

(b) は上位のコンピュータ・システムへデータを転送するための概略図である。

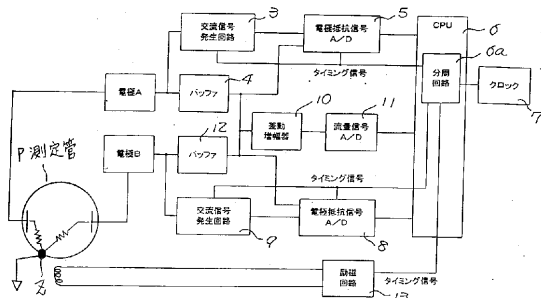
【図 1 8】測定管における電極の設置状況を表わす図である。

【符号の説明】

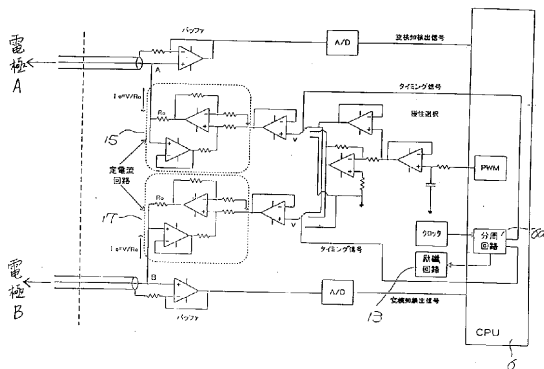
- 3 , 9 交流信号発生回路
- 4 , 1 2 バッファ
- 5 , 8 電極抵抗信号 A / D 変換器
- 6 C P U
- 6 a 分周回路
- 7 クロック信号
- 1 0 差動増幅器
- 1 1 流量信号 A / D 変換器
- 1 3 励磁回路

10

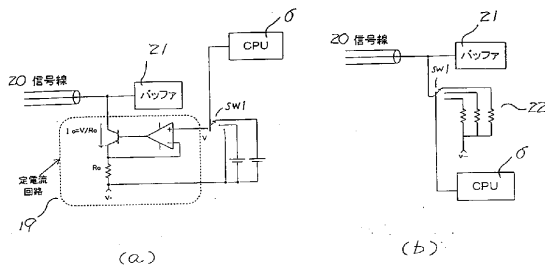
【図 1】



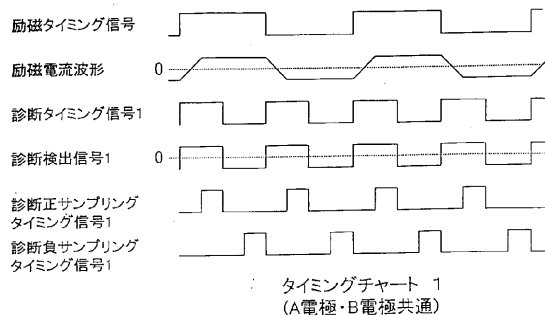
【図 2】



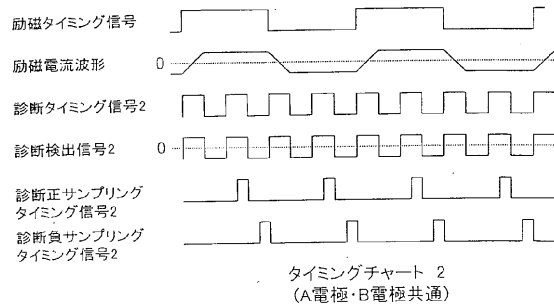
【図 3】



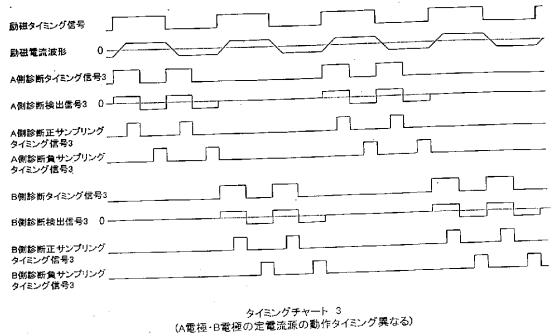
【図 4】



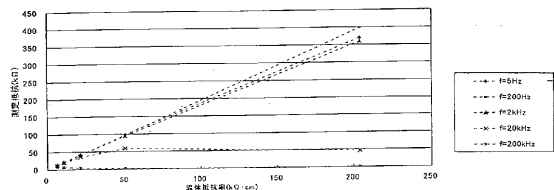
【 図 5 】



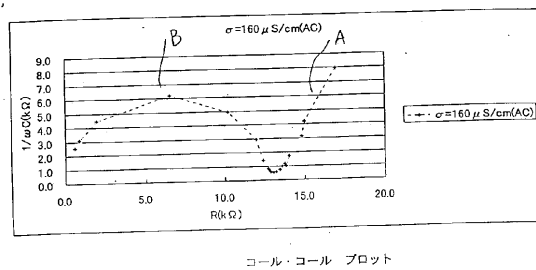
【 図 6 】



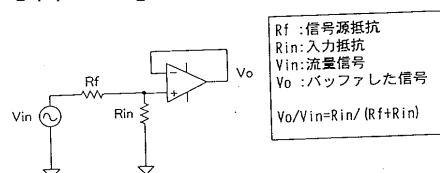
【 図 9 】



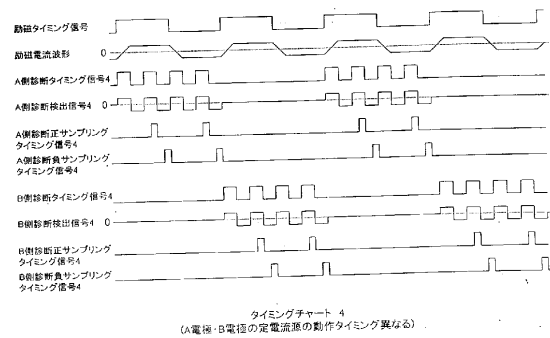
【 図 1 0 】



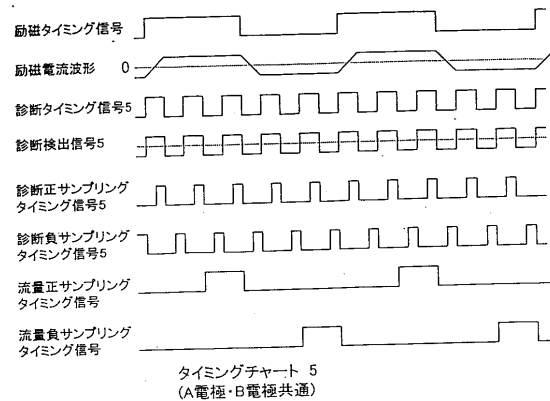
【 义 1 1 】



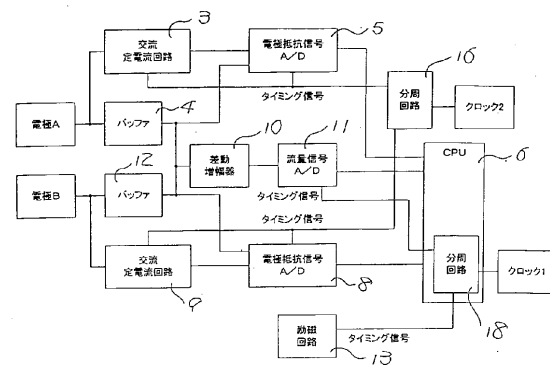
【 圖 7 】



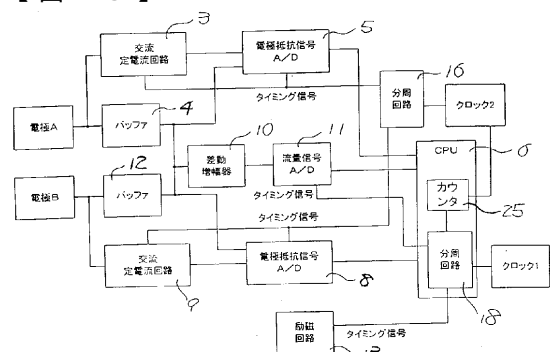
【 図 8 】



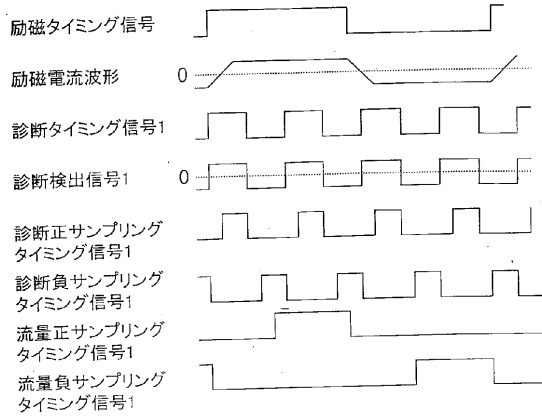
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

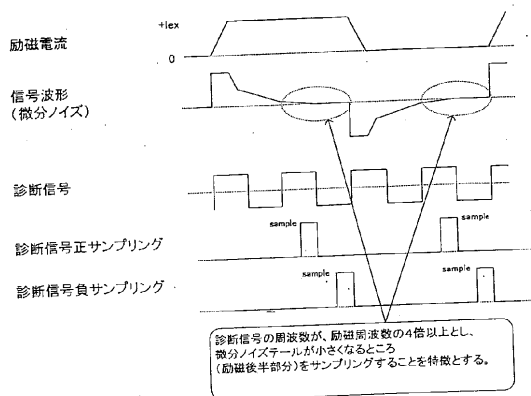


【図 14】

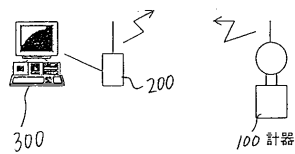
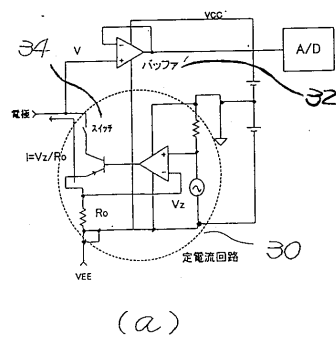


【図 15】

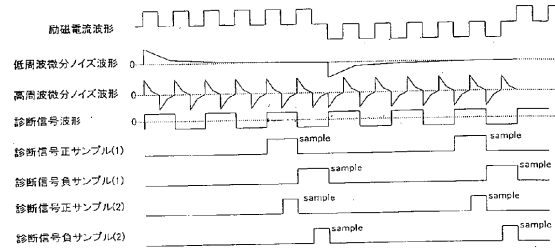
診断信号周波数＝励磁周波数×4
としたときの診断信号サンプリング方法



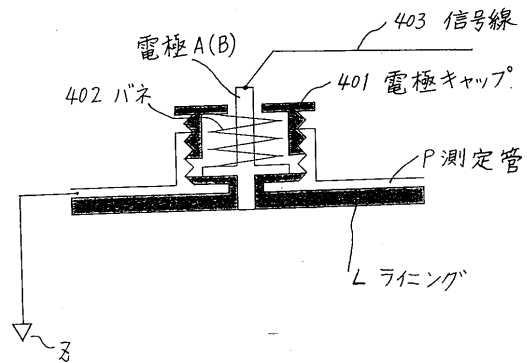
【図 17】



【図 16】



【図 18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-213466(JP,A)
特開平10-170317(JP,A)
特開平10-111157(JP,A)
特開平08-035868(JP,A)
特開平08-029223(JP,A)
特開平06-258113(JP,A)
特開平06-249688(JP,A)
特開平05-045195(JP,A)
特開平04-118522(JP,A)
特開平01-248022(JP,A)
特開昭59-174718(JP,A)
特開昭54-119955(JP,A)
特公平06-103207(JP,B2)
特公平05-075340(JP,B2)
実公平04-050499(JP,Y2)
特表平09-502267(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/60

G01F 1/58

G01F 1/00