

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5108143号
(P5108143)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 D 5/20 (2006.01) GO 1 D 5/20 Q

請求項の数 24 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-500279 (P2011-500279) (86) (22) 出願日 平成20年3月19日 (2008. 3. 19) (65) 公表番号 特表2011-515674 (P2011-515674A) (43) 公表日 平成23年5月19日 (2011. 5. 19) (86) 国際出願番号 PCT/GB2008/000981 (87) 国際公開番号 W02009/115764 (87) 国際公開日 平成21年9月24日 (2009. 9. 24) 審査請求日 平成23年3月17日 (2011. 3. 17)</p>	<p>(73) 特許権者 511176344 サジェンティア リミテッド イギリス国 シービー22 7ジージー ケンブリッジ ハーストン ハーストンミ ル (74) 代理人 110000578 名古屋国際特許業務法人 (72) 発明者 ジトマースキー ビクター エブゲニエビ ッチ イギリス国 シービー22 7ジージー ケンブリッジ ハーストン ハーストン ミル サジェンティア センサーズ リミ テッド 審査官 井上 昌宏 最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 処理回路構成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

位置センサとともに使用するための装置であって、
 該装置は、
 検知される位置によって位相が変化する、周期的に変化するセンサ信号が前記位置センサから取得されるように、前記位置センサを駆動するための信号を生成するように動作可能な信号発生器と、
 前記センサ信号の前記位相が第1の関数に従って前記位置によって変化する第1のモードと、前記センサ信号の前記位相が第2の異なる関数に従って前記位置によって変化する第2のモードとの間で切り替わるように前記信号発生器を制御するように動作可能なコントローラと、
 位相検出器であって、
 i) 前記第1のモードの開始と、前記センサ信号が基準レベルを交差するときとの間の時間に依存する、前記センサ信号の第1の位相測定値を前記第1のモードの間に確定し、
 ii) 前記第2のモードの開始と、前記センサ信号が基準レベルを交差するときとの間の時間に依存する、前記センサ信号の第2の位相測定値を前記第2のモードの間に確定し、
 iii) 前記第1の位相測定値と前記第2の位相測定値との差を生成して、位相差測定値を取得し、
 iv) 前記位相差測定値を使用して確定された、検知される位置の指示を出力する、ように動作可能な、位相検出器とを備え、
 前記コントローラは、前記第1のモードおよび前記第2のモードの対応する開始時間に対して、前記センサ信号が前記基準レベルを交差するタイミングが実質的に同じであるよ

10

20

うに、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとのうちの少なくとも一方において生成される信号の開始位相を設定するように、前記信号発生器を制御するように動作可能であることを特徴とする装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、
前記信号発生器は、前記位置センサのセンサ素子を励起するための励起信号を生成するように動作可能であり、
前記コントローラは、1 つまたは複数の前記励起信号の前記開始位相を制御するように動作可能であることを特徴とする装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の装置であって、
前記信号発生器は、前記位置センサの混合スイッチを制御するための混合制御信号を生成するように動作可能であり、
前記コントローラは、1 つまたは複数の前記混合信号の前記開始位相を制御するように動作可能であることを特徴とする装置。

【請求項 4】

いずれかの前記請求項に記載の装置であって、
前記コントローラは、前記信号発生器を制御して、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で繰り返し切り替わるように動作可能であり、
今回の第 1 のモードのために使用される前記開始位相は、以前の第 1 のモードにおいて取得された位相測定値に基づいていることを特徴とする装置。

20

【請求項 5】

いずれかの前記請求項に記載の装置であって、
前記コントローラは、前記信号発生器を制御して、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で繰り返し切り替わるように動作可能であり、
今回の第 2 のモードのために使用される前記開始位相は、以前の第 2 のモードにおいて取得された位相測定値に基づいていることを特徴とする装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の装置であって、
前記信号発生器は、AC 信号を生成するように動作可能であることを特徴とする装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の装置であって、
前記信号発生器は、前記位置センサを駆動するためのデジタル信号を生成するように動作可能であることを特徴とする装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の装置であって、
前記信号発生器は、1 つまたは複数の高周波信号と、1 つまたは複数の低周波信号とを生成するように動作可能であり、
前記低周波信号は、前記高周波信号を変調するのに使用され、
前記高周波変調信号は、前記位置センサのセンサ素子を励起するのに使用されることを特徴とする装置。

【請求項 9】

いずれかの前記請求項に記載の装置であって、
前記コントローラは、前記第 1 のモードの間に、前記センサ信号の前記位相が、第 1 の

50

線形関数に従って前記位置によって変化し、前記第 2 のモードの間に、前記センサ信号の前記位相が、第 2 の異なる線形関数に従って前記位置によって変化するように、前記信号発生器を制御するように動作可能である

ことを特徴とする装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の装置であって、

前記コントローラは、前記第 1 のモードの間に、前記センサ信号の前記位相が、正の傾きを有する線形関数に従って前記位置によって変化し、前記第 2 のモードの間に、前記センサ信号の前記位相が、負の傾きを有する線形関数に従って前記位置によって変化するように、前記信号発生器を制御するように動作可能である

10

ことを特徴とする装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の装置であって、

前記位相検出器は、前記第 1 の位相測定値から前記第 2 の位相測定値を減算することによって前記位相測定値の差を生成するように動作可能である

ことを特徴とする装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の装置であって、

前記位相検出器は、前記センサ信号が、前記各モードの開始から基準レベルを通過するのにかかる時間を確定することによって、前記第 1 の位相測定値と、前記第 2 の位相測定値とを確定するように動作可能である

20

ことを特徴とする装置。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の装置であって、

前記コントローラは、前記信号発生器が前記第 1 のモードまたは前記第 2 のモードで動作する期間の終わりに向かって前記センサ信号が前記基準レベルを交差するように、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとのうちの少なくとも一方において生成される信号の開始位相を設定するように、前記信号発生器を制御するように動作可能である

ことを特徴とする装置。

【請求項 14】

30

請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の装置であって、

前記コントローラは、前記センサ信号の周期的変化に対応する周波数で前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で切り替わるように動作可能である

ことを特徴とする装置。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の装置であって、

前記モード間で切り替わる間の時間は測定間隔であり、

前記開始位相は、対応する測定間隔が終わる直前に前記センサ信号が前記基準レベルを交差するように選択される

ことを特徴とする装置。

40

【請求項 16】

請求項 15 に記載の装置であって、

前記開始位相は、前記対応する測定間隔の終わりから前記測定間隔の $1/10$ と $1/15$ との間に前記センサ信号が前記基準レベルを交差するように選択される

ことを特徴とする装置。

【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の装置であって、

前記位相検出器は、前記確定された位相差測定値と、前記各モードの間に適用される前記各開始位相とに基づいて、測定される位置を確定するように動作可能である

ことを特徴とする装置。

50

【請求項 18】

位置を検知するための位置検知素子と、請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の装置とを備える位置センサ。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の位置センサであって、
誘導性に基づくセンサ、または容量性に基づくセンサである位置センサ。

【請求項 20】

請求項 18 または請求項 19 に記載の位置センサであって、
励起素子と、検知素子とを備える位置センサ。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の位置センサであって、
前記励起素子は、目標装置を励起させるためのものであり、
前記検知素子は、前記励起素子によって励起されたときに前記目標装置によって生成される信号を検知するためのものである
ことを特徴とする位置センサ。

10

【請求項 22】

請求項 18 ~ 21 のいずれかに記載の位置センサであって、
検知される位置によって位相が変化する信号を生成するために前記位置センサの検知素子から取得される信号を混合するための混合回路構成を備える位置センサ。

【請求項 23】

請求項 18 ~ 22 のいずれかに記載の位置センサであって、
さらに、
前記装置によって処理される前に、前記位置センサから取得される前記信号を処理するための増幅器および/またはローパスフィルタを備える位置センサ。

20

【請求項 24】

プログラム可能なコンピュータ装置を、請求項 1 ~ 17 のいずれかの装置として構成させるためのコンピュータ実行可能命令を含む、コンピュータ実行可能命令製品。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、位置センサまたはエンコーダで使用される処理回路構成に関する。本発明は、例えば、誘導性または容量性に基づく位置エンコーダなどの、異なる種類の非接触ロータリーエンコーダまたはリニア位置エンコーダから信号を励起させ、この信号を検出するのに使用され得る、励起および検出の回路構成に対して、特定ではあるが、排他的ではない関連性を有する。

30

【0002】

誘導性位置エンコーダおよび容量性位置エンコーダは、当該技術分野で周知であり、通常、可動部材であって、当該可動部材の位置が、位置情報または動作情報が所望される機械に関連する、可動部材と、移動部材に誘導的にまたは容量的に結合される固定部材とを備える。固定部材は、通常、電気出力信号を供給する複数の検出器を含み、電気出力信号は、可動部材の位置、方向、速度、および/または加速度を指示し、ひいては、関連する機械の位置、方向、速度、および/または加速度を指示するように処理され得る。

40

【0003】

種々の異なる種類のこのような電磁的位置エンコーダが存在し、これらの位置エンコーダは全て、検出器によって生成された信号を処理して、所望の位置情報を確定する処理回路構成を常に必要とする。検出信号を処理する既存の技術は、処理電子装置自体によって印加されるノイズに敏感であることを含む、複数の問題に見舞われている。

【0004】

本発明は、所望の位置情報を確定するために、位置検出器から取得される信号を処理する代替の処理回路を提供することを目的とする。本明細書に記載された処理回路は、例え

50

ば、WO95/31696、WO97/14935、WO2005/085763、EP0417921、US4737698に記載された誘導性に基づく検出器、あるいはWO2005/111551、WO2006/123141、またはUS6823731に記載された容量性に基づく検出器などの、多くの異なる種類の位置検出器とともに使用可能であり、これらWO95/31696、WO97/14935、WO2005/085763、EP0417921、US4737698、WO2005/111551、WO2006/123141、US6823731の内容は参照により本明細書に援用される。

【0005】

1つの局面によれば、本発明は、位置センサとともに使用するための装置を提供し、該装置は、検知される位置によって位相が変化する周期的変化センサ信号が位置センサから取得されるように位置センサを駆動する信号を生成するように動作可能な信号発生器と、前記センサ信号の位相が第1の関数に従って前記位置によって変化する第1のモードと、前記センサ信号の位相が第2の異なる関数に従って前記位置によって変化する第2のモードとの間で切り替わるように信号発生器を制御するように動作可能なコントローラと、位相検出器であって、i)前記第1のモードの間に前記センサ信号の第1の位相測定値を確定し、ii)前記第2のモードの間に前記センサ信号の第2の位相測定値を確定し、iii)第1の位相測定値と第2の位相測定値との差を生成して、位相差測定値を取得し、iv)前記位相差測定値を使用して確定された、検知された位置の指示を出力するように動作可能な位相検出器とを備える。好ましくは、コントローラは、前記第1のモードおよび前記第2のモードの対応する開始時間に対して前記センサ信号が前記基準レベルを交差するタイミングが実質的に同じとなるように、前記第1のモードと前記第2のモードとのうちの少なくとも一方において生成される信号の開始位相を設定するように、前記信号発生器を制御するように動作可能である。駆動信号は、位置センサの励起素子を励起するための励起信号として使用されてもよいし、および/または、位置センサの検知素子から取得される信号を処理するのに使用される(例えばスイッチなどの)混合器を制御するために使用されてもよい。

【0006】

一実施形態では、コントローラは、前記第1のモードと前記第2のモードとの間で繰り返し切り替わるように信号発生器を制御し、今回の第1のモードのために使用される開始位相は、以前の第1のモードにおいて得られた位相測定値に基づき、今回の第2のモードのために使用される開始位相は、以前の第2のモードにおいて得られた位相測定値に基づいている。

【0007】

信号発生器は、AC信号、または、例えば読み出し専用メモリから読み出された、デジタル信号を生成してもよい。信号発生器は、高周波信号と、高周波信号を変調するのに使用される低周波信号とを生成してもよい。高周波信号は、目標を励起するのに使用されてもよく、装置によって処理されるセンサ信号は、低周波変調信号に基づいてもよい。

【0008】

好ましくは、コントローラは、信号発生器が、第1のモードまたは第2のモードで動作する期間の終わりに向かってセンサ信号が基準レベルを交差するように、第1のモードと第2のモードとのうちの少なくとも一方において生成される信号の開始位相を設定するように信号発生器を制御する。第1のモードまたは第2のモードで動作する期間の終わりに向かってセンサ信号が基準レベルを交差するように、第1のモードと第2のモードとのうちの少なくとも一方において生成される信号の開始位相を設定するようにコントローラが信号発生器を制御することは、対応するモードで位置センサを駆動するのに使用される信号に装置時間が収まることを可能にするため好ましい。モード間の切替時間は測定間隔であり、開始位相は、対応する測定間隔が終わる直前にセンサ信号が基準レベルを交差するように選択されてもよい。この場合、直前とは、対応する測定間隔の終わりから測定間隔の1/10と1/15との間であってもよい。

【0009】

位相検出器は、確定された位相差測定値と、第1のモードおよび第2のモードの間に適用される各開始位相とに基づいて、測定される位置を確定してもよい。

上記装置は、位置センサとともに提供されてもよく、位置センサは、例えば誘導性または容量性の位置センサであってもよい。位置センサは、例えば、混合器、増幅器、インバータ、および/またはローパスフィルタなどの、ある処理回路構成を含んでもよい。位置センサは、1つまたは複数の(例えば励起巻線または電極などの)励起素子と、1つまたは複数の(例えば検知巻線または検知電極などの)検知素子とを含んでもよい。励起素子は、目標装置を励起させるために使用されてもよく、検知素子は、前記励起素子によって励起されたときに前記目標装置によって生成される信号を検知するために使用されてもよい。あるいは、励起素子と検知素子との間に直接結合される信号が検知されてもよい。

10

【0010】

本発明のこれらの特徴および局面、そして、本発明の種々の他の特徴および局面は、添付図を参照して説明される例示的な実施形態の以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】センサボードに対して可動目標の位置を検知するために使用される誘導性位置センサの主要構成要素を図示している。

【図2】図1に図示されたセンサボードによって保持される巻線を励起および処理回路構成に接続可能な方法を概略的に図示している。

20

【図3A】(図3Bに示された)正弦センサ巻線において生成される信号のピーク振幅が可動目標の位置によって変化する方法を図示しているプロットである。

【図4A】(図4Bに示された)余弦センサ巻線において生成される信号のピーク振幅が可動目標の位置によって変化する方法を図示しているプロットである。

【図5A】センサボードの一端から他端へ可動目標が移動するときに、余弦センサ巻線内で誘導される信号のピーク振幅に対して、正弦センサ巻線内で誘導される信号のピーク振幅をプロットすることによって得られる点の軌跡を図示しているプロットである。

【図5B】測定された正弦信号および余弦信号から得られる位相角が可動目標の位置によって変化する方法を図示している位相プロットである。

【図6】図1に示されたセンサとともに使用され得る励起および検出回路構成の主要構成要素を図示するブロック図である。

30

【図7A】図6に図示された検出回路構成を使用して得られる2つの位相測定値が可動目標の位置によって変化する方法を図示している位相プロットである。

【図7B】図7Aに図示された2つの位相測定値を組み合わせることによって得られる位相測定値が可動目標の位置によって変化する方法を図示している位相プロットである。

【図8】第1および第2の検知間隔中にセンサ巻線から得られる複数の信号を図示し、これら信号のうちの2つの信号の間の位相差を図示している。

【図9】開始位相が異なることを除いて、図8に示されたのと同じ信号を図示している。

【図10】図1に示されたセンサとともに使用され得る代替の励起および検出回路構成の主要構成要素を図示するブロック図である。

40

【図11】図10に示された回路構成の部分を形成する波形発生器によって生成される複数の信号を図示している。

【図12】図10に図示された検出回路構成の異なる部分における複数の信号を図示している。

【図13】開始位相が異なることを除いて、図12に示されたのと同じ信号を図示している。

【図14】図1に示されたセンサとともに使用され得る代替の励起および検出回路構成の主要構成要素を図示しているブロック図である。

【図15】図14に示された回路構成の部分を形成する波形発生器によって生成される複数の信号を図示している。

50

【図16】図14に図示された励起回路構成の異なる部分における複数の信号を図示している。

【図17】図14に図示された励起回路構成の異なる部分における複数の信号を図示している。

【図18】開始位相が異なることを除いて、図17に示されたのと同じ信号を図示している。

【図19】図1に図示されたセンサボードによって保持される巻線が、励起および処理回路構成に接続され得る代替の方法を概略的に図示している。

【図20】図19に示された方法で接続されるとき、図1に示されたセンサとともに使用可能な励起および検出回路構成の主要構成要素を図示するブロック図である。

【図21】図19に示された方法で接続されるとき、図1に示されたセンサとともに使用可能な代替の励起および検出回路構成の主要構成要素を図示するブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[概要]

図1は、可動目標3の位置を検知するための誘導性位置センサ1を概略的に図示している。図示するように、センサ1は、接続インタフェース20によって励起および処理回路構成10に接続される、第1、第2、および第3の巻線13、14、および15を保持する回路基板8を含む。図示するように、巻線13は、接続インタフェース20上の端子AおよびBに接続され、巻線15は、接続インタフェース20上の端子1および2に接続され、巻線14は、接続インタフェース20上の端子3および4に接続される。この実施形態では、目標3は、電磁共振器12を含み、図2に図示されるように、励起回路構成26は、励起信号を巻線14および15に印加して、共振器12を共振させる。図1および2に示すように、巻線14および15は、x軸(測定経路)に沿って幾何学的にパターン化され、その結果として、巻線14および15と、共振器12との間の電磁結合は、x軸に沿った位置の関数として変化する。したがって、共振器12によって生成される信号は、x軸に沿った位置によって変化することになる。この共振器信号は、その後、巻線13へと結合し、検出回路構成24によって処理されて、x軸に沿った目標3の位置が確定され、確定された位置が、ディスプレイ44上に表示される。

【0013】

この実施形態では、PCB8によって保持される励起巻線およびセンサ巻線は、目標3が存在しない場合に、当該励起巻線と当該センサ巻線との間に実質的に全く電磁(誘導)結合が存在しないように、PCB8上に幾何学的に配置される。換言すれば、目標3が存在しない場合に、AC励起電流が励起巻線14および15に印加されると、センサ巻線13に、実質的に全く信号が誘導されない。しかしながら、センサ巻線13に実質的に全く信号が誘導されないことは、本質的ではない。

[センサ設計]

図1は、センサ巻線13、「正弦」励起巻線14、および「余弦」励起巻線15を形成するセンサPCB8上の導体トラックを概略的に図示し、センサ巻線13、「正弦」励起巻線14、および「余弦」励起巻線15の全てがPCB8の長さに沿って延在している。PCB8は、2層PCBであり、(目標3に最も近い)上部層上の導体トラックが実線で示され、(目標3から最も遠い)下部層上の導体トラックが点線で示されている。励起巻線14および15は、目標3が移動し得る範囲にほぼ相当するピッチ(L_x)を有する。

【0014】

図示するように、励起巻線14は、導体の2つの巻回から形成され、導体の2つの巻回は、8の字構成で、反対方向にともに接続される2組のループを実質的に画定している。結果として、第1の組のループによって生成される磁界は、第2の組のループによって生成される磁界に対して反対方向になることになる。8の字接続はまた、共通背景磁界によって第1の組のループに誘起されるEMFが、同じ共通背景磁界によって第2の組のループに誘起されるEMFと反対になることになることを意味する。当業者が理解するである

10

20

30

40

50

うように、励起巻線 15 は、X 方向に沿ってピッチ (L_x) の $1/4$ だけ励起巻線 14 を移動させることによって実質的に形成される。図示するように、励起巻線 15 は、3 つの組のループを実質的に画定し、第 1 の組および第 3 の組のループは、互いに同じ方向に巻かれるが、第 2 (中央) の組のループの巻回方向とは逆である。

【0015】

センサ巻線 13 は、励起巻線 14 および 15 の外側に巻き付けられ、(目標 3 が存在しない場合に) Y 軸に平行で、かつ、センサ巻線 13 の中央を通過する軸に沿って実質的に対称である磁界に対する感度を当該センサ巻線 13 が有するように配置される。この対称軸は、励起巻線 14 および 15 についての対称軸でもある。したがって、励起巻線 14 および 15 の 8 の字配置の結果として、また、センサ巻線 13 と、励起巻線 14 および 15 との間の共通の対称性の結果として、センサ巻線 13 と、励起巻線 14 および 15 との間に、最小の直接誘導結合が存在する。励起巻線 14 および 15 の 8 の字構成の結果として、各励起巻線と共振器との間の結合は、ほぼ正弦的である。

【0016】

図 3 A は、励起巻線 14 が励起されるときに、(図 3 B に示された) センサ巻線 13 において生成される信号のピーク振幅が目標 3 の位置によって変化する方法を概略的に図示している。図示するように、ピーク振幅における変化は、(巻線の端部を除いて) ほぼ正弦的であるので、励起巻線 14 は、「正弦」励起巻線 14 と称される。正弦的变化の期間は、励起巻線 14 のピッチ (L_x) にほぼ相当する。

【0017】

図 4 A は、励起巻線 14 が励起されるときに、(図 4 B に示された) センサ巻線 13 に誘起される信号のピーク振幅が目標 3 の位置によって変化する方法を概略的に図示している。図示するように、変化が、励起巻線 14 を励起することによって得られる変化に対して位相直角である (90° 位相がずれている) ことが、励起巻線 15 が「余弦」励起巻線 15 と称される理由である。当業者が理解するであろうように、センサ巻線 13 から出力される信号間の変化の直角性は、励起巻線 15 が励起巻線 14 に対してピッチ L_x の $1/4$ だけ X 方向に沿って実質的に移動されるために得られる。

【0018】

当業者が理解するであろうように、図 3 A および 4 A に示されたプロットは、出力信号のピーク振幅が目標 3 の位置によって厳密に正弦的に変化しない点でほぼ同じである。図 3 A および 4 A に示されたプロットが、出力信号のピーク振幅が目標 3 の位置によって厳密に正弦的に変化しない点でほぼ同じであることは、エッジ効果、PCB 8 上のピアホルの位置、およびシステムに非線形性を導入する他の効果に依存することになる実際の変化に対する近似である。

【0019】

当業者が理解するであろうように、2 つの励起巻線 14 および 15 は、この実施形態では、センサ巻線 14 および 15 の全ピッチ (L_x) に沿って目標 3 の位置を一意的にエンコードすることができるように設けられる。しかしながら、目標 3 の測定範囲が、例えば、図 3 A に示されたプロット上の 30% の点と 70% の点との間に制限される場合、目標 3 の絶対位置を確定するのに 1 つの励起巻線 (巻線 14) だけが必要とされることになるであろう。しかしながら、目標 3 が励起巻線 14 および 15 の全ピッチにわたって移動し得るとき、正弦的信号に関して共通する位相アンビギュイティを克服するために少なくとも 2 つの励起巻線が必要とされる。例えば、励起巻線 14 を励起する結果として、センサ巻線 13 において生成される信号のピーク振幅が 0.5 であると確定される場合、図 3 A に示されるように、位置は、目標 3 の移動範囲の約 10% または約 42% に相当する可能性がある。このアンビギュイティは、他の励起巻線 15 を励起する結果として生成される信号のピーク振幅を使用して解決され得る。

【0020】

図 5 A は、センサボード 8 の一端から他端へ目標が移動するときに、励起巻線 15 を励起する結果としてセンサ巻線 13 に誘起される EMF のピーク振幅に対して、励起巻線 1

10

20

30

40

50

4を励起する結果としてセンサ巻線13に誘起されるEMFのピーク振幅をプロットすることによって得られる軌跡27を図示している。図示するように、プロット27は、目標3がセンサボード8の各端部にあるときを除いて、実質的に円形である。したがって、図5Bにおけるプロット28によって示されるように、これらの端部領域を除いて、位相角は、目標3の位置によって直線的に変化する。その結果、以下でより詳細に説明するように、励起および検出電子装置10は、センサ巻線に誘起されるこれらの信号のピーク振幅の比の逆正接関数を確定することによって、目標3の位置を確定する。このようなレシオメトリック測定の使用は、励起電流の振幅の変化と、目標3とセンサボード8との間の距離の変化とに対するシステムの感度を低下させるので好ましい。

【励起および検出回路構成 - 1】

図6は、使用され得る励起回路構成24および検出回路構成26の一形態を図示するブロック図である。図示するように、励起回路構成24は、接続インタフェース20の端子1に印加されるAC駆動電圧31⁻¹を生成するように動作可能な信号発生器30を含む。励起回路構成はまた、AC電圧31⁻¹を反転して、接続インタフェース20の端子2に印加される、反転されたAC電圧33⁻¹を生成するインバータ32⁻¹を含む。結果として、対称正弦的励起信号が、励起巻線15の両端に印加される。励起回路構成はまた、±90°移相器52を含み、±90°移相器52は、+90°位相シフトまたは-90°位相シフトを励起信号31⁻¹に適用して、位相直角励起信号31⁻²を形成する。図示するように、この位相直角励起信号31⁻²は、接続インタフェース20の端子3と、接続インタフェース20の端子4に印加される、反転されたAC励起信号33⁻²を生成するインバータ32⁻²に印加される。AC電圧31および33は、0.1V~10Vの範囲の振幅と、100Hzと10MHzとの間の周波数とを有し得る。本質的ではないが、対称な励起電圧31および33で励起巻線14および15の両端を駆動することによって、センサが好ましくない容量性結合効果に対して感度が低下することを本発明者は発見した。

【0021】

図6に示すように、(センサ巻線13に接続される)接続インタフェース20の端子AおよびBにおいて得られる信号は、センサ巻線から得られる信号を増幅し、生じる可能性があるあらゆるコモンモード信号を除去する差動増幅器34に印加される。増幅された信号は、その後、ローパスフィルタ68によってフィルタリングされて、励起信号の周波数よりも高い高周波ノイズが除去される。上述のように、励起巻線14および15を駆動する結果としてセンサ巻線13に誘起される信号は、励起信号と同じ周波数で、かつ、目標3の位置によって正弦的にまたは余弦的に変化するピーク振幅を有するAC信号である。したがって、差動増幅器34によって出力される信号64⁻¹は、以下の式で表され得る(近似され得る)。

【0022】

【数1】

$$V_{34} = A \cos \left[\frac{2\pi d}{L_x} \right] \sin 2\pi f t - A \sin \left[\frac{2\pi d}{L_x} \right] \cos 2\pi f t \quad (1)$$

この式は、

【0023】

【数2】

$$\sin \left(2\pi f_2 t - \left[\arctan \left(\frac{V_{\sin}}{V_{\cos}} \right) \right] \right) \quad (2)$$

10

20

30

40

50

として書き換えられ得る。

【0024】

ここで、Aは、センサ設計と、目標3とセンサボード8との間の分離とに依存する未知の振幅項であり、dは、センサボード8の長さ(L_x)に沿った目標の位置であり、fは、AC信号31および33の励起周波数であり、

【0025】

【数3】

$$V_{\cos} = A_0 \cos \left[\frac{2\pi d}{L_x} \right] \quad (3)$$

10

【0026】

【数4】

$$V_{\sin} = A_0 \sin \left[\frac{2\pi d}{L_x} \right] \quad (4)$$

である。その結果、増幅器34から出力される信号64⁻¹の位相は、図5Bに図示されるように目標3の位置によって変化することになる。したがって、増幅器34からの信号は、位相検出器56に入力され、位相検出器56は、増幅信号64⁻¹の位相を、基準位相として使用される励起信号31⁻¹の位相と比較する。測定された位相は、その後、目標44の位置を示すディスプレイ上に表示するために出力される。代わりに、または、付加的に、確定された位置情報は、記録されてもよいし、または、目標3を所望の方法で移動させるある位置決めシステムを制御するために使用されてもよい。

20

[位相オフセット]

当業者が理解するであろうように、増幅器34、フィルタ68、および位相検出器56は全て、作動条件(例えば、温度)に応じて変化することになる測定に位相オフセットを導入することになる。これらの位相オフセットは、確定される位置に誤差を導入することになる。この問題に対処するために、励起回路構成24は、交互モードで動作するように、コントローラ59によって制御され、目標3の位置によって依然として変化する位相測定を行いながら位相オフセットを除去するように、異なるモードで得られる位相測定値が組み合わせられる。具体的には、第1のモードでは、コントローラ59は、第1の時間間隔中に+90°位相シフト90を適用するように移相器52を制御し、第2のモードでは、コントローラ59は、第2の時間間隔中に-90°位相シフトを適用するように移相器52を制御する。励起信号に適用されるこの位相シフトの結果として、位相検出器によって測定された位相は、図7Aに図示されるように、2つのモードにおいて異なるように変化することになる。具体的には、第1のモードの間、測定された位相 ϕ_1 は、Lminにおける下方位相値からLmaxにおける上方位相値まで変化することになり、第2のモードの間、測定された位相 ϕ_2 は、Lminにおける上方位相値からLmaxにおける下方位相値まで変化することになる。しかしながら、双方の測定値は、増幅器34、フィルタ68、および位相検出器56によって、図7Aに点線で図示された同じ位相オフセットを受けることになる。したがって、これらの2つの間隔において取得された位相測定値を減算することによって、共通の位相オフセットが相殺されることになり、図7Bに図示されるように、目標3の位置によって変化する単一の位相測定値が残る。

30

40

[更新レート]

理想的には、コントローラ59は、位相測定値が、できる限り迅速に、好ましくは、励起信号31の期間ごとに1回、更新され得るように2つのモードを制御することになる。しかしながら、回路構成要素によって導入される位相オフセットも時間に依存することに

50

なるため、位相測定値ができる限り迅速に、好ましくは、励起信号 3 1 の期間ごとに 1 回、更新され得るようにコントローラ 5 9 が 2 つのモードを制御することは、多少の困難を生じる。具体的には、コントローラ 5 9 が第 1 のモードから第 2 のモードへ切り替わる時に、入力信号の変化に対してフィルタ 6 8 が安定するのに一定時間がかかる。このセトリング期間中に、位相オフセットは変化し、おそらく励起信号の多くのサイクル後にだけ安定することになる。この問題は、位相オフセットが時間変化しないように、フィルタ 6 8 が安定するのを待つことによって対処され得る。しかしながら、位相オフセットが時間変化しないようにフィルタ 6 8 が安定するのを待つことは、位相測定値が更新され得るレートを減少させることになる。

【 0 0 2 7 】

この問題は、励起信号の期間ごとに 1 回、位相測定を行うことを可能にする異なる方法で克服され得るということに本発明者は気付いた。具体的には、(式(2)によって表される) 検出信号の「ゼロ交差」が、第 1 の間隔および第 2 の間隔のそれぞれの中でほぼ同時になるように、2 つのモード中に印加される励起信号の開始位相を変化させることができるということに本発明者は気付いた。検出信号の「ゼロ交差」が、第 1 の間隔および第 2 の間隔のそれぞれの中でほぼ同時になることは、実質的に、位相オフセットが同じレベルになることを保証する。したがって、2 つの間隔内の同じ時点で位相測定が行われるのであれば、2 つの位相測定値が互いから減算されると、位相オフセットは実質的に互いに相殺されることになる。したがって、この技法によって、励起信号の期間ごとに 1 回、位相測定を行うことができる。

【 0 0 2 8 】

ここで、励起信号の期間ごとに 1 回、位相測定を行うことを達成する方法を図 8 および 9 を参照しながらより詳細に説明する。図 8 は、上部プロットにおいて、励起信号 $3 1^{-1}$ を励起巻線 1 5 に印加することによって生じる検出信号の部分を図示し、中央プロットにおいて、励起信号 $3 1^{-2}$ を励起巻線 1 4 に印加することによって生じる検出信号の部分を図示し、そして、下部プロットにおいて、ローパスフィルタ 6 8 から出力されるフィルタリングされた信号を図示している。見てわかるように、上側の 2 つのプロットにおける信号の振幅は異なる。上側の 2 つのプロットにおける信号の振幅が異なるのは、目標 3 と各励起巻線との間の結合係数が異なるためである。同様に、見てわかるように、第 2 の間隔中に、中央プロットにおける信号の位相は反転する。第 2 の間隔中に中央プロットにおける信号の位相が反転するのは、第 1 の間隔と第 2 の間隔との間で移相器 5 2 によって位相の変化が適用されるためである。位相検出器 5 6 は、信号が基準レベルを通過する時間と、基準励起信号が同じレベル、例えばグラウンドを通過する時間とを比較することによって、下部プロットに示された信号の位相を測定する。図 8 に示すように、第 1 の間隔中に、立ち上がりゼロ交差が間隔の終わりに向かって発生する一方で、第 2 の間隔中に、励起信号の 1 つの位相変化の結果として、立ち上がりゼロ交差が間隔の開始において発生する。したがって、これらのゼロ交差は、間隔内の異なる時間で起こるため、これらのゼロ交差は、増幅器 3 4、フィルタ 6 8、および位相検出器 5 6 によって導入される異なる位相オフセットを受けることになる。

【 0 0 2 9 】

その結果、また、上述のように、この実施形態では、コントローラ 5 9 は、各間隔内で各間隔における検出信号が基準レベルを同時に交差するように、2 つの間隔中に励起信号 $3 1^{-1}$ の開始位相を制御するように、信号発生器 3 0 を制御する。この実施形態では、コントローラ 5 9 は、立ち上がりゼロ交差が間隔の終わり近くで発生するように開始位相を変化させる。コントローラ 5 9 は、図 8 に示された位相 ϕ_1 および ϕ_2 を測定し、これらの位相を、対応する測定間隔の開始時に、励起信号 $3 1^{-1}$ についての開始位相として使用することによって、開始位相の変化を行う。結果は図 9 に示されている。図 9 に示すように、間隔 1 と間隔 2 との双方における立ち上がりゼロ交差は、各間隔の終わり近くで発生する。したがって、各間隔内で同時に位相測定を行うことによって、時間変化位相オフセットは、ほぼ同じレベルになるため、位相差が位相検出器 5 6 によって確定されると、時

10

20

30

40

50

間変化位相オフセットは実質的に互いを相殺することになる。

【 0 0 3 0 】

もちろん、目標 3 がセンサボード 8 に対し移動するため、検出信号の位相が変化することになるが、その都度、 ϕ_1 および ϕ_2 の測定位相を使用して、次の測定で印加される励起信号の開始位相を更新することによって、システムは、変化に追従し、ゼロ交差が、各測定間隔内の所望の時点でまたはその近くで発生することを保証することができる。こうして、コントローラ 5 9 は、第 1 のモードと第 2 のモードとの間で切り替わることによって動作し、今回の第 1 のモード測定間隔にて取得される測定位相は、後続の（例えば、次の）第 1 のモード測定間隔で使用されることになる開始位相を更新するのに使用され、今回の第 2 のモード測定間隔内にて取得される測定位相は、後続の（例えば、次の）第 2 のモード測定間隔で使用されることになる開始位相を更新するのに使用される。この構成によ

10

[励起および検出回路構成 - 2]

図 1 0 は、使用され得る代替の励起回路構成 2 4 と検出回路構成 2 6 とを図示するブロック図である。上述のように、センサは、ある範囲の周波数にわたって動作し得る。しかしながら、AC 励起信号 3 1 および 3 3 を使用する代わりに、印加されるクロック信号 4 9 によって規定されるタイミングにてデジタル信号を出力する、（例えば ROM などの）デジタル波形発生器 4 8 を使用することが可能である。図示するように、この実施形態では、デジタル波形発生器 4 8 は、図 1 1 に図示された 0 1、0 2、0 3、および 0 4 と表示された 4 つの信号を生成する。図示するように、信号 0 1 および 0 2 は、（周期 T を有する）周期的な 2 つのレベル信号であり、信号 0 2 は、信号 0 1 に対して周期の 1 / 4 だけ位相がシフトされている。信号 0 3 は、2 つのレベル信号 0 1 および 0 2 を、混合器 8 2⁻¹ および 8 2⁻² を使用して本質的に正弦的である 3 つのレベル信号に変換するのに使用される制御信号である。具体的には、混合器 8 2⁻¹ は、信号 0 1 が論理ローであるときに、混合器 8 2⁻¹ からの出力がゼロとなり、信号 0 1 が論理ハイであり、かつ、信号 0 3 が論理ハイであるときに、混合器 8 2⁻¹ からの出力が V となり、信号 0 1 が論理ハイであり、かつ、信号 0 3 が論理ローであるときに、混合器 8 2⁻¹ からの出力が - V となるように動作する。同様の混合処理は、信号 0 2 について、混合器 8 2⁻² によって実行される。この混合処理の結果は、互いに位相が 9 0 ° ずれている図 1 1 に同様に図示された 3 つのレベルの正弦的信号をもたらす。図 1 0 に示すように、第 1 実施形態における AC 励起信号の代わりに、これらのデジタル生成された正弦的信号は、その後、前と同様に、端子 1、2、3、および 4 を介して励起巻線 1 4 および 1 5 に印加される。デジタル波形発生器 4 8 によって生成される第 4 の信号 0 4 は、信号 0 1 および 0 2 と同じ周期を有し、位相検出器 5 6 のための同期を提供するために使用される矩形波信号である。

20

30

【 0 0 3 1 】

検出側では、第 1 実施形態において使用されるのと同じ検出回路構成が使用され得る。しかしながら、この実施形態では、差動増幅器 6 6 は、ローパスフィルタ 6 8 の一部をなし、当該差動増幅器 6 6 の入力端子間に接続された基準コンデンサ 6 4 も含んでいる。図 1 2 は、上側プロットにおいて、励起信号 8 2⁻¹ を励起巻線 1 5 に印加することによって生じる検出信号の（6 8^{-1A} と表示された）部分と、第 2 のプロットにおいて、励起信号 8 2⁻² を励起巻線 1 4 に印加することによって生じる検出信号の（6 8^{-1B} と表示された）部分と、これら 2 つの部分の重ね合せによって得られた結果となる検出信号の（6 8⁻¹ と表示される）第 3 のプロットとを図示している。図 1 2 はまた、いったん全ての高周波成分が除去されて、ローパスフィルタ 6 8 の出力で得られた結果となる（6 8⁻² と表示された）正弦的信号を示す。位相検出器 5 6 によってフィルタリングされた信号の後続の処理は、第 1 実施形態の場合と同様である。コントローラ 5 9 はまた、第 1 実施形態の場合と同様に動作する。図 1 3 は、適切な開始位相が確定され、コントローラ 5 9 によってデジタル波形発生器 4 8 にフィードバックされた後の、図 1 2 に示されたのと同じ信号を

40

50

8に印加して、上述した第2のモードへの切替を合図すると、デジタル波形発生器48は、制御信号03の位相を、(規定された開始位相によって要求された位相シフトに加えて)周期の1/4だけシフトさせる。制御信号03の位相を周期の1/4だけシフトさせることは、第2の間隔中に、励起巻線14に印加される励起信号が、第1の間隔中の当該励起信号の極性と比較して反転されることを保証する。制御信号01、02、および03のフォーマットは、制御信号03の位相のこの変化が、励起巻線14に印加される励起信号の極性を変化させることにはなるものの、励起巻線15に印加される信号の極性に影響を及ぼさないように選択された。

[励起および検出回路構成 - 3]

双方の上記実施形態では、位相検出器56は、励起周波数における信号の位相を測定するように動作する。当業者が理解するであろうように、位相検出器56が位相を測定できる精度は、使用される励起信号の周波数に依存し、低い周波数によって高い精度が達成される。しかしながら、低い励起周波数は低い信号対ノイズ比をもたらす。この問題は、2つの異なる周波数、すなわち、高周波搬送波信号と低周波変調信号とを使用することによって克服され得る。この問題の克服が達成され得る1つの方法は、図14に図示されており、上述した第2の実施形態に基づいている。

【0032】

図示するように、励起回路構成24はまた、パルス発生器60を含み、パルス発生器60は、デジタル波形発生器48にクロック供給するのに使用される低周波クロック信号49の周波数の数倍の周波数を有する高周波パルス列61を生成するように構成されている。用途に応じて、クロック信号49の周波数は、1kHzと1MHzとの間となり得る。この実施形態では、クロック49の周波数は125kHzであり、高周波信号の周波数は、4MHz、すなわち、クロック49の周波数の32倍である。

【0033】

図15は、デジタル波形発生器48によって生成されるデジタル信号01、02、03、および04を図示している。図示するように、これらの信号は、第2実施形態で生成された信号と同じである。しかしながら、この実施形態では、これらの信号は、少し異なった方法で使用される。具体的には、この実施形態では、信号01および02は、混合器82⁻¹および82⁻²をそれぞれ制御するために使用される。これらの混合器82の他の入力、パルス発生器60によって生成される高周波パルス列61である。混合器82⁻¹は、信号01が論理ローであるときに、混合器82⁻¹から信号が出力されず、信号01が論理ハイであるときに、高周波パルス列61が混合器82⁻¹を通過するのを許容するように動作する。図示するように、混合器82⁻¹から出力された信号は、その後、前述と同様に、接続インタフェース20の端子1および2を介して励起巻線15に印加される。混合器82⁻²は、同様に動作し、信号01に対して90°位相をシフトされた信号02によって制御される。図16は、上側2つのプロットにおける、図15に図示された窓W1~W4中の、変調器82の出力における信号を図示している。当業者が理解するであろうように、制御信号01および02は、当該制御信号01および02の双方が同時に論理ハイにならないように選択された。こうして、励起信号は、時分割多重方式で、2つの励起巻線14および15に印加される。

【0034】

上述した第2実施形態では、制御信号03は、電圧パルスのいくつかの極性を反転することによって、2つのレベルの制御信号を、3つのレベルのデジタル正弦的信号に変換するのに使用された。この実施形態では、この極性反転は、制御信号03によって依然として制御されるが、以下でより詳細に説明するように、電子装置の検出側で実行される。図14に示すように、制御信号03は、高周波パルス信号61とともに、混合器82⁻³に印加される。混合器82⁻³は、制御信号03が論理ローから論理ハイへ、または、その逆へ変化するたびに、高周波パルス信号61の位相を180°だけ変化させるように動作する。図16に示された下部プロットは、図15に示された4つの窓W1~W4中に、混合器82⁻³から出力された結果となる信号を図示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

図 1 4 に示すように、混合器 8 2⁻³から出力される制御信号は、接続インタフェース 2 0 の端子 A および B に接続されるスイッチ 6 2⁻¹ および 6 2⁻² の切替を制御するのに使用される。図 1 4 に示すように、これらのスイッチは、接続インタフェースの端子 A と B との間に現れる信号を反転するように動作する。これらのスイッチ 6 2 の位置は、各パルスの立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジにて変更される。したがって、スイッチ 6 2 は、励起信号の高周波成分（高周波パルス列 6 1 に相当する成分）をダウンコンバートして、（制御信号 0 1 および 0 2 に相当する）低周波成分であって、前述と同様に、当該低周波成分自体が、 V_{cos} および V_{sin} によって変調される低周波成分を残すように動作する。さらに、スイッチ 6 2 を制御するのに使用されるパルス列の位相の変化に起因して、2 つのレベルの制御信号 0 1 および 0 2 が、上述した第 2 実施形態と同様に、3 つのレベルの正弦的信号に効率的に変換される。2 つのレベルの制御信号 0 1 および 0 2 が、上述した第 2 実施形態と同様に、3 つのレベルの正弦的信号に効率的に変換されることは、図 1 7 に図示されており、図 1 7 は、第 1 のプロットにおいて、励起巻線 1 5 に対する励起信号の印加から生じる、スイッチ 6 2 の後の（6 8^{-1A}と表示された）検出信号の部分と、第 2 のプロットにおいて、励起巻線 1 4 に対する励起信号の印加から生じる、スイッチ 6 2 の後の（6 8^{-1B}と表示された）検出信号の部分と、第 3 のプロットにおいて、2 つの励起巻線 1 4 および 1 5 に対する双方の励起信号の印加から生じる、スイッチ 6 2 の後の（6 8⁻¹と表示された）検出信号とを示している。図 1 7 に図示された信号が陰付けされているのは、これらの信号もまた、スイッチ 6 2 のスイッチング動作によって生じる高周波成分を含むことになるからである。しかしながら、これらの高周波成分および他の高周波成分は、ローパスフィルタ 6 8 によってフィルタリングされ、図 1 7 に図示された正弦的信号 6 8 - 2 が残り、正弦的信号 6 8 - 2 の位相は、測定されている目標の位置によって変化する。そして、フィルタリングされた信号についての残りの処理は、前述の実施形態と同様であるため、詳細な説明は行わない。しかしながら、図 1 8 は、適切な開始位相がコントローラ 5 9 によって確定され、デジタル波形発生器 4 8 にフィードバックされた後の、図 1 7 に示された信号を図示している。図示するように、適切な開始位相を制御信号 0 1、0 2、および 0 3 に適用することによって、立ち上がりゼロ交差を双方の測定間隔内の所望の時点で発生させることができ、上記位相差計算が確定されるときに、変化する位相オフセットを除去することができる。

[励起および検出回路構成 - 4]

上述したシステムでは、励起信号は、図 1 に示された励起巻線 1 4 および 1 5 の 2 つの端部に印加され、センサ巻線 1 3 から取得された信号は、検出回路構成 2 6 に接続された。代替のセンサ設計では、巻線 1 4 および 1 5 が検出回路構成 2 6 に接続され、巻線 1 3 が励起回路構成 2 4 に接続されるように、これらの巻線の役割が逆転され得る。巻線 1 4 および 1 5 が検出回路構成 2 6 に接続され、巻線 1 3 が励起回路構成 2 4 に接続されることは、図 1 9 に示された電氣的等価回路に概略的に図示されている。当業者が理解するであろうように、こうした構成によって、上述した検出信号の 2 つの部分は、2 つの異なる巻線 1 4 および 1 5 内に誘導された後、検出回路構成にて混合されて、式 (2) によって規定される信号が生成される。式 (2) によって規定される信号の位相は、測定される位置によって変化する。

【 0 0 3 6 】

図 2 0 は、このような「反転」システムで使用され得る励起回路構成 2 4 と検出回路構成 2 6 とを図示するブロック図である。図示するように、励起回路構成 2 4 は、当該励起回路構成 2 4 がデジタル波形発生器 4 8 を使用して、端子 A および B を介して励起巻線 1 3 に印加される励起信号を生成するという点が、第 2 実施形態で使用された励起回路構成 2 4 に基づいている。ただし、当業者が理解するであろうように、当然のことながら、第 1 実施形態のアナログ回路構成が代わりに使用され得る。図示するように、この実施形態では、同じデジタル波形発生器 4 8 がこの実施形態では設けられ、デジタル波形発生器 4 8 は、前述と同様に、同じ制御信号 0 1、0 3、および 0 4 を生成する。この実施形態で

は、励起巻線が1つ少ないため、制御信号02は必要とされない。この実施形態では、制御信号03は、励起信号として使用され、制御信号01は、多重化スイッチ76⁻¹および76⁻²を介してローパスフィルタ68へと巻線14および15に誘導される信号の多重化を制御するのに使用される。この構成によって、マルチプレクサ76によって出力される信号は、図12において68⁻¹と表示されたプロットに示された信号と同じ形態を有することになる。したがって、ローパスフィルタ68は、この信号の高周波成分を除去して、位相が目標3の位置によって変化する低周波数の正弦波を残すことになる。位相検出器56の残りの動作およびコントローラ59の残りの動作は、前述の実施形態と同じであるので、再度説明はしない。

[励起および検出回路構成 - 5]

図21は、この反転型センサ設計とともに使用され得る代替の励起および検出回路構成の形態を図示しているブロック図である。この実施形態では、高周波パルス列61が、励起巻線13を励起するために使用される。図示するように、この実施形態では、デジタル波形発生器48によって生成される制御信号は、検出回路構成26の動作を制御するのに使用される。具体的には、制御信号01は、ローパスフィルタ68に向かう、2つのセンサ巻線14および15からの信号の多重化を制御するのに再び使用される。しかしながら、図示するように、マルチプレクサ76からの信号は、混合器82⁻³から出力される混合器制御および符号制御信号によって制御される一組の反転型スイッチ62⁻¹および62⁻²に最初に印加される。この制御信号は、図16に示す82⁻³と表示されたプロットに図示する制御信号と同じように生成され、同じ形態を有している。したがって、スイッチ62は、高周波励起信号をダウンコンバート（復調）して、低周波成分を残すように動作する。低周波成分は、前述のように、 V_{cos} および V_{sin} によって当該低周波成分自体が変調される。さらに、スイッチ62を制御するのに使用されるパルス列の位相変化に起因して、所望の正弦的信号が、上述した第3実施形態と同様の方法で得られる。したがって、ローパスフィルタ68に向かって入力される信号は、図17に示す68⁻¹と表示されたプロットに図示する信号と同じ形態を有することになる。この信号は、その後、前述のように、フィルタリングされ、処理される。

[変形形態および他の代替形態]

図1に図示された一般的な形態のセンサ巻線とともに使用され得る異なる形態の励起および検出回路構成を図示する複数の実施形態が上記で説明された。当業者が理解するであろうように、いくつかの変形および代替を上記実施形態に対して施すことができ、これら変形および代替の一部をここで説明する。

【 0037 】

上述した励起および検出回路構成は、図1に図示された誘導性に基づく励起巻線およびセンサ巻線とともに使用するのためのものであった。当業者が理解するであろうように、同一かまたは類似の回路構成が、他のセンサ設計とともに、また、例えば容量性センサなどの、異なる原理で動作するセンサとともに使用され得る。容量性センサ設計の例は、上述した先行出願WO2005/111551、WO2006/123141、またはUS6823731において見出され得る。同様に、使用される巻線または容量性プレートが、プリント回路基板上の導体によって画定されることは本質的ではなく、使用される巻線または容量性プレートは、あらゆる適切な導体によって画定されてもよい。

【 0038 】

上記実施形態では、目標は、センサボードに対して移動した。当業者が理解するであろうように、センサボードは、目標と同様に、あるいは目標の代わりに、移動してもよい。

上記実施形態では、目標は、上記または各励起巻線を駆動することによって励磁された共振器を含み、センサボードに対する目標の位置によって変化する信号が、上記または各励起巻線内で生成された。当業者が理解するであろうように、このような共振器の使用は本質的ではない。他の電磁気装置が使用されてもよい。例えば、短絡コイル、金属スクリーン、またはフェライト片が使用されてもよい。容量性の実施形態では、目標は、指、他の電極、または、液体のレベルが検知され、液体自体が励起電極とセンサ電極との間の結

10

20

30

40

50

合に作用するタンク内の液体であってもよい。別の種類のセンサでは、(例えばW O 2 0 0 5 / 0 8 5 7 6 3 に記載されているような)磁化可能な材料の膜を伴うDC磁石が、共振器の代わりに使用されてもよい。さらなる代替形態では、上記または各励起巻線/電極は、可動部材によって保持されてもよく、上記または各センサ巻線/電極は、固定部材上に保持されてもよい(または、その逆であってもよい)。したがって、センサは、LVDTタイプのセンサであってもよい。この場合、目標上の別個の電磁気装置が、励起およびセンサ巻線と相互作用して、位置によって変化する信号を生成する必要はない。しかしながら、この実施形態に付随する不都合な点は、この実施形態が2つの部分に対するコネクタを必要とするということである。

【0039】

上述した第1のセンサ設計では、巻線14および15はそれぞれ、導体を二巻きすることによって形成された。当業者が理解するであろうように、二巻きの巻線の使用は本質的ではない。あらゆる回数巻かれてもよい。PCB8の寸法で許容される空間内で可能な限り多くの回数巻かれていることが好ましい。その理由は、可能な限り多くの回数巻かれていることで、巻線から取得される信号レベルを最大化するためである。

【0040】

同様に、上述した第1のセンサ設計では、巻線13は、一巻きの導体を含んでいた。当業者が理解するであろうように、励起および検出電子装置の適切な出力または入力のインピーダンスに整合するように巻線のリアクティブインピーダンスを変化させるために、全ての巻線についての導体の巻数は変化し得る。

【0041】

上記センサ設計では、検出電子装置によって確定される目標の位置は、ディスプレイ上に表示された。当業者が理解するであろうように、代替の実施形態では、位置情報は、システムの別の部分を制御するための別のコンピュータシステムに供給されてもよい。例えば、目標がエンジンの部分を形成する場合、確定された位置は、エンジン管理ユニットに供給されてもよく、エンジン管理ユニットは、位置情報を使用して、例えば、エンジン内の燃料混合物の点火タイミングを制御できる。

【0042】

上述したセンサ設計では、巻線14および15は、8の字形状で形成された。当業者が理解するであろうように、これらの巻線をこのような8の字形状で形成することは本質的ではない。巻線/電極についての唯一の要件は、当該巻線/電極が、測定経路に沿って位置的に変化する電磁場を検出/生成することができるということである。巻線/電極が、測定経路に沿って位置的に変化する電磁場を検出/生成することは、測定経路に沿った位置に配置された単一の巻線/電極によって達成され得る。あるいは、巻線/電極が、測定経路に沿って位置的に変化する電磁場を検出/生成することは、測定経路に沿って幾何学的に変化する巻線/電極を使用して達成され得る。この幾何学的変化は、測定経路に沿った巻線/電極の形状であってもよいし、例えば巻線/電極を形成する導体の厚さなどの、巻線/電極の寸法であってもよいし、または、巻線の巻数などであってもよい。

【0043】

上記センサ設計では、励起およびセンサ巻線は、プリント回路基板上の導体トラックとして形成されていた。当業者が理解するであろうように、励起およびセンサ巻線は、例えば、適切な基板の上に印刷され得る導電性インク、または適切な方法で巻かれる導電性ワイヤなどの、あらゆる導電性材料を使用して形成されてもよい。さらに、励起巻線およびセンサ巻線が同じ部材上に搭載されることは本質的ではない。例えば、一方が励起巻線を保持し、他方が上記または各センサ巻線を保持する、2つの別個のプリント回路基板が設けられてもよい。

【0044】

上述した第1のセンサ設計では、励起巻線に印加される励起信号は、特定の周波数のAC信号であった。当業者が理解するであろうように、励起信号がACであることは本質的ではない。例えば、励起信号は、周期的に変化するあらゆる信号であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

上述した第1のセンサ設計では、2つの位相直角励起巻線が設けられた。当業者が理解するであろうように、位相直角にある巻線を使用することは本質的ではない。例えば、巻線15を使用する代わりに、測定経路に沿ってピッチの1/8だけ位相シフトされた第2の巻線が使用されてもよい。しかしながら、当業者が理解するであろうように、位相直角巻線の使用は、当該使用が可動部材の位置を確定するために検出回路構成によって実行される処理を簡略化するため、好ましい。さらに、当業者が理解するであろうように、可動部材の位置によって実質的に正弦的に変化する信号レベルをもたらす巻線を使用する実施形態では、2つの直角巻線を単に使用することは本質的ではない。例えば、測定経路に沿って適切な距離（または、ロータリ位置エンコーダの場合には、角度）だけ各々が離間された3つまたは4つの巻線が設けられてもよい。

10

【 0 0 4 6 】

上述した第1のセンサ設計では、（約20mAのピーク振幅を有する）AC電流が励起巻線に印加されていた。当業者が理解するであろうように、励起電流の大きさは、目標に対する少なくとも1つの励起巻線の位置およびレイアウトに応じて選択されることが好ましい。したがって、適切な励起電流強度は、0.01mAから10Aまで変化し得る。

【 0 0 4 7 】

上記実施形態では、励起および検出回路は、種々の電子ハードウェア回路を含んでいた。代替の実施形態では、メモリに格納されたソフトウェアによって制御されるプログラマブル回路（プロセッサ）が、これらの回路を実現してもよい。このソフトウェアは、あらゆる適切な形態で、あらゆるコンピュータ言語で提供されてもよい。このソフトウェアは、信号として供給されてもよく、または、例えばCD-ROMなどのコンピュータで読み取り可能な媒体上に格納されてもよい。

20

【 0 0 4 8 】

上記実施形態では、（互いに180°位相がずれた）相補的励起信号が、上記または各励起巻線の各端部に印加されていた。第1のセンサ設計において上述したように、（互いに180°位相がずれた）相補的励起信号を上記または各励起巻線の各端部に印加していたことは有利であることが分かった。その理由は、システムが、好ましくない容量性結合を被ることなく、より高い励起周波数で動作できるからである。しかしながら、当業者が理解するであろうように、このように励起電流を励起巻線に印加することは本質的ではない。代わりに、上記/または各励起巻線の一端が、例えばグラウンドなどの基準電位に接続され、他端が、励起信号を受けるように接続されてもよい。

30

【 0 0 4 9 】

励起信号を生成するため、および、制御信号を生成するためにデジタル回路構成を採用する上記実施形態では、2つの別個の信号発生器が使用された。当業者が理解するであろうように、高周波パルス信号と低周波制御信号との双方を生成する単一の信号発生器が使用されてもよい。

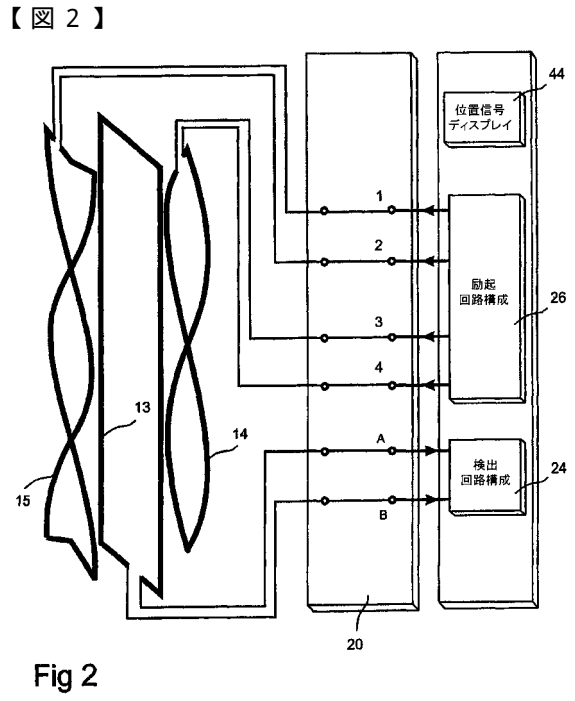
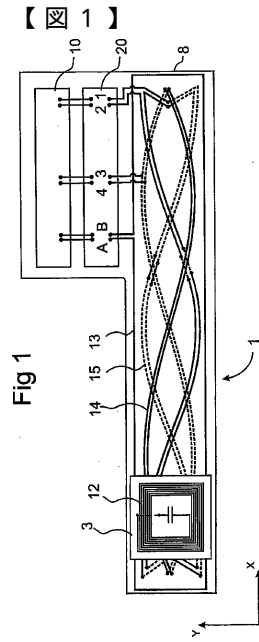
【 0 0 5 0 】

上述した第3実施形態では、励起信号が、高周波搬送波信号を低周波信号で変調することによって生成され、位相検出器が低周波数で動作した。当業者が理解するであろうように、同じ変調技法が、AC励起信号を使用した第1実施形態で使用され得る。さらに、当業者が理解するであろうように、例えば、振幅変調、パルス幅変調などのような異なる変調技法が使用され得る。

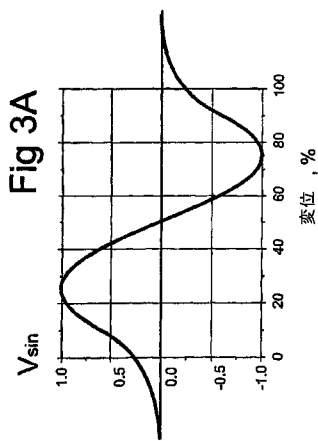
40

【 0 0 5 1 】

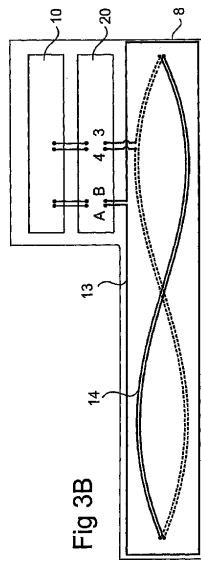
上記実施形態では、別個の位相検出器およびコントローラが記載されていた。当業者が理解するであろうように、位相検出器およびコントローラの機能は、例えばマイクロプロセッサなどの単一のコントローラによって実行されてもよい。



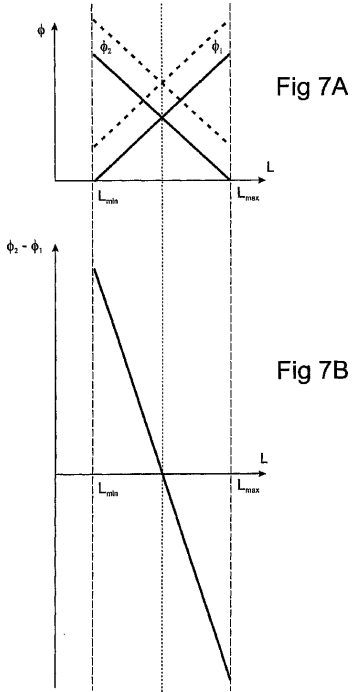
【 図 3 A 】



【 図 3 B 】



【図7A - B】



【図8】

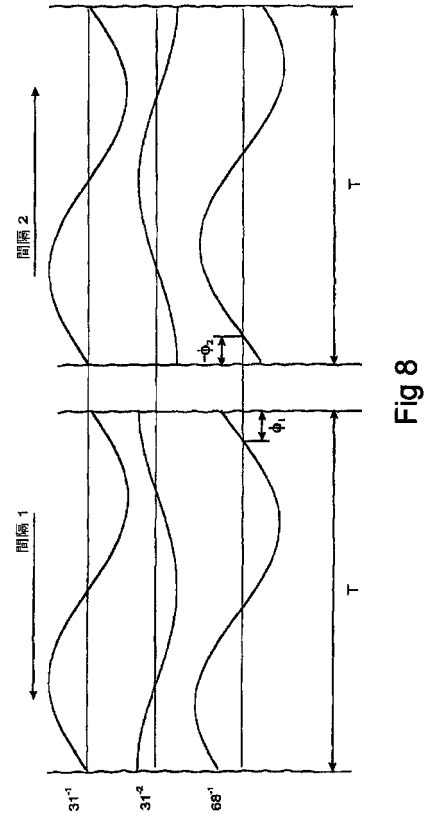


Fig 8

【図9】

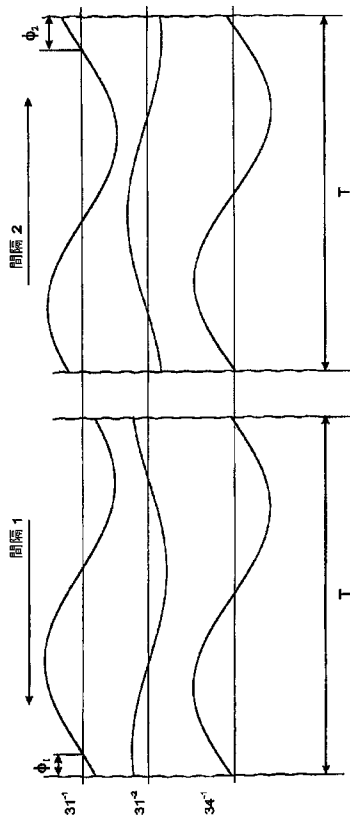


Fig 9

【図10】

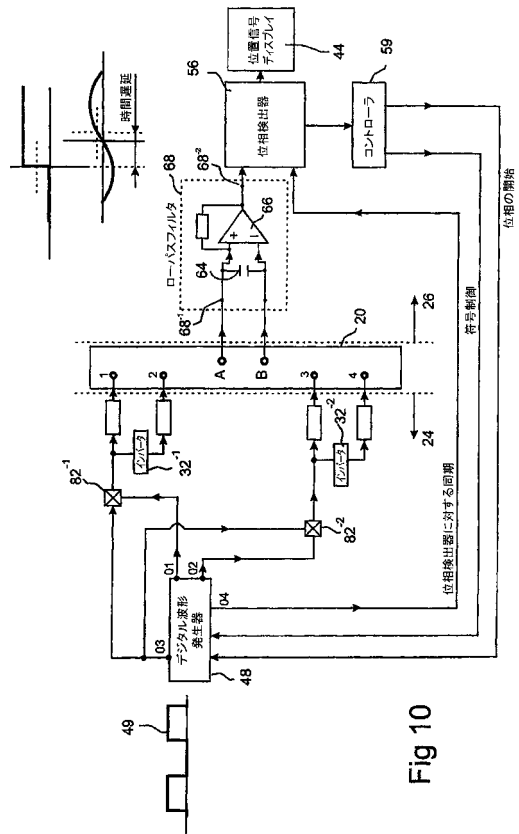


Fig 10

【 図 15 】

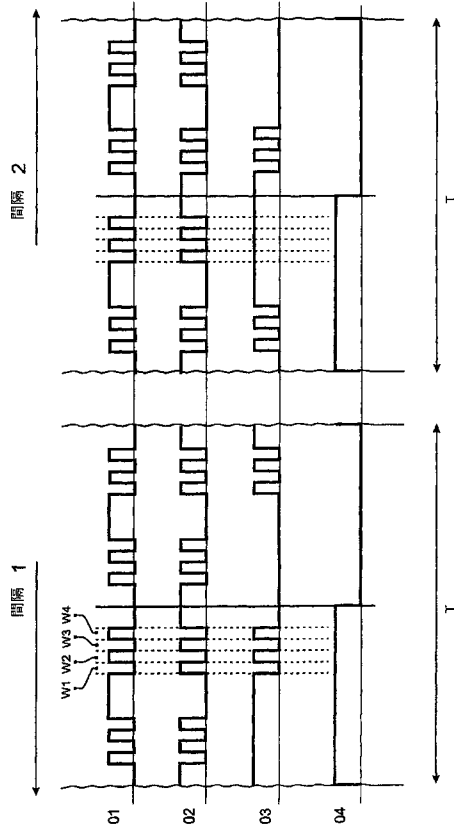


Fig 15

【 図 16 】

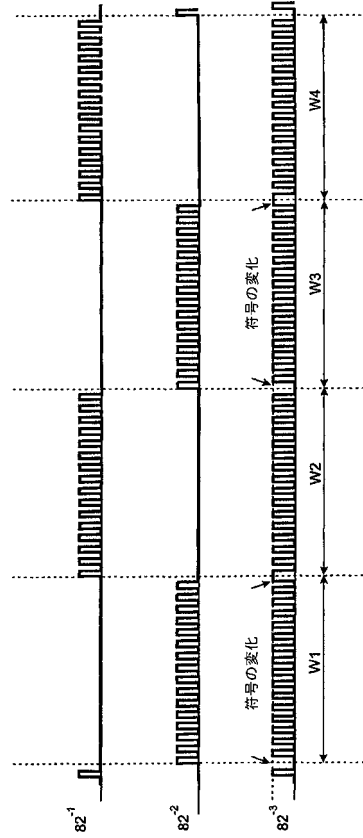


Fig 16

【 図 17 】

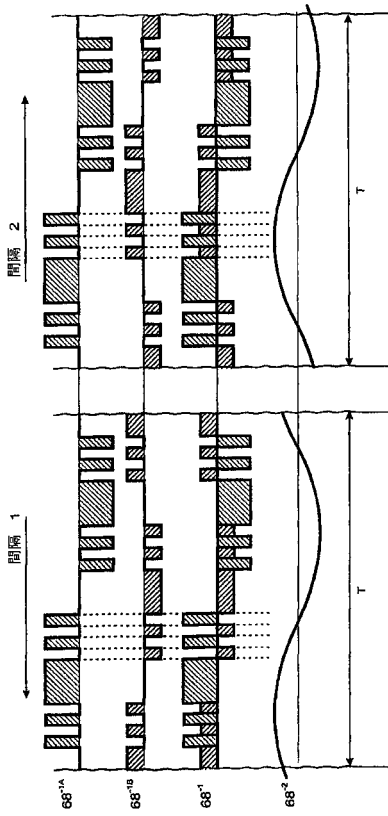


Fig 17

【 図 18 】

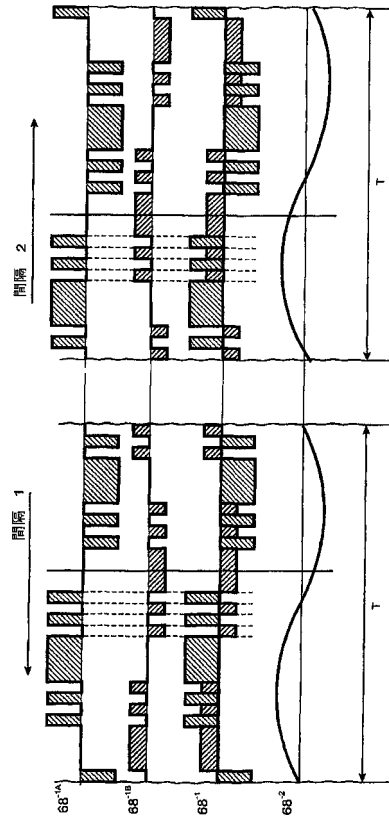


Fig 18

【図19】

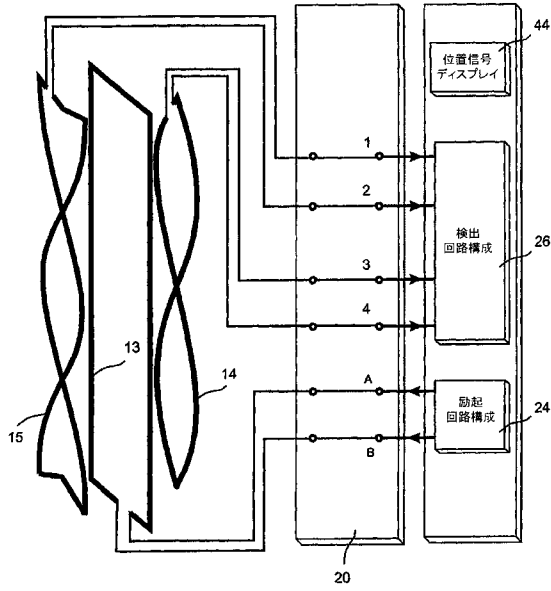


Fig 19

【図20】

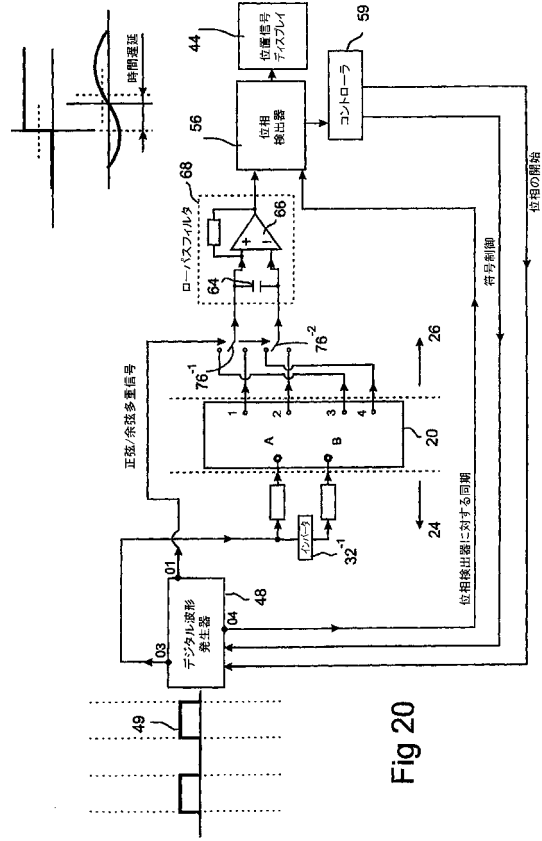


Fig 20

【図21】

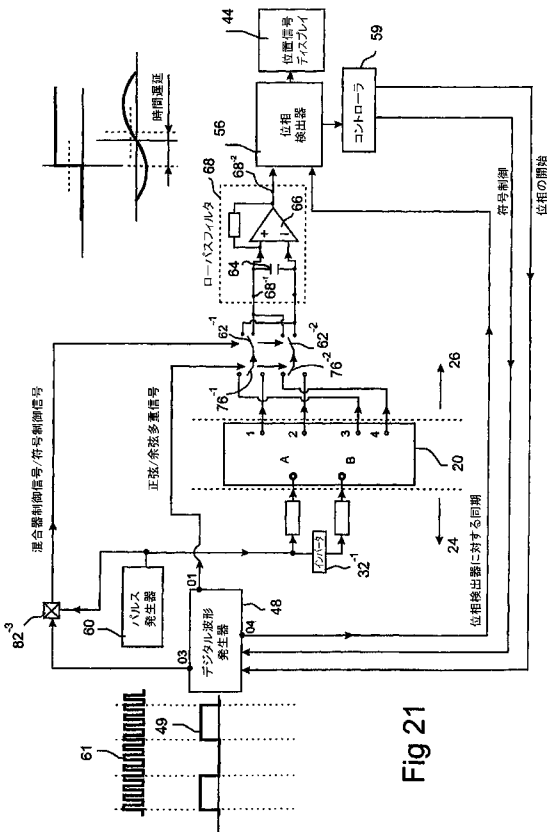


Fig 21

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2005-507496(JP,A)
特表2006-513409(JP,A)
特表平10-500481(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D5/00~5/62

G01B7/00~7/34

G01B11/00~11/30