

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-547012

(P2008-547012A)

(43) 公表日 平成20年12月25日(2008.12.25)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
<b>GO1V 3/08</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1V 3/08		B	2G005
<b>GO1R 29/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1R 29/00		F	
<b>GO1R 29/08</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1R 29/08		Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-517570 (P2008-517570)  
 (86) (22) 出願日 平成18年6月6日(2006.6.6)  
 (85) 翻訳文提出日 平成20年2月18日(2008.2.18)  
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2006/002072  
 (87) 国際公開番号 W02006/136778  
 (87) 国際公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)  
 (31) 優先権主張番号 0512567.9  
 (32) 優先日 平成17年6月20日(2005.6.20)  
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

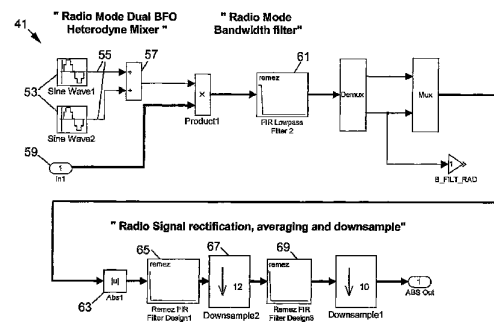
(71) 出願人 507414867  
 ラディオディテクション・リミテッド  
 イギリス・ブリストル・BS14・OAZ  
 ・ウエスタン・ドライブ・(番地なし)  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉  
 (72) 発明者 リチャード・ピアソン  
 イギリス・ブリストル・BS8・4RB・  
 ゴールドネイ・ロード・9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 埋設電流搬送導体を検出するための検出器用のラジオモード選択ブロック

(57) 【要約】

本発明によって提供される埋設電流搬送導体を検出するための検出器(1)用のラジオモード選択ブロック(41)は、検出器(1)の検出帯域幅を標的の超低周波(VLF)の周波数帯域に心合わせするための複数のビート周波数発振器(53)を具備している。ビート周波数発振器の周波数は、多くの国において使用されるVLF周波数帯域内にあるように選択されるので、局域的に構成することなくこれらの国々で検出器(1)をラジオモードで使用可能である。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

埋設電流搬送導体からの超低周波の磁気放射を電磁界強度信号へと変換するための磁気センサ3, 5と、前記電磁界強度信号をデジタル化するためのアナログデジタル変換器と、を具備する、前記磁気放射を検出するための検出器1用のラジオモード選択ブロック41であって、

前記検出器の前記電磁界強度信号の検出帯域幅を標的の超低周波の周波数帯域に心合わせするための複数のビート周波数発振器53と、

前記ビート周波数発振器の出力を加算するための加算手段と、

前記加算手段の出力を前記デジタル化信号で乗算するための乗算手段と、を具備することを特徴とするラジオモード選択ブロック。 10

## 【請求項2】

第1のビート周波数発振器が、17536Hzと20992Hzとの間の周波数で振動し、

第2のビート周波数発振器が、20992Hzと24448Hzとの間の周波数で振動することを特徴とする請求項1に記載のラジオモード選択ブロック。

## 【請求項3】

前記第1のビート周波数発振器が、18400Hzと20128Hzとの間の周波数で振動し、

前記第2のビート周波数発振器が、21856Hzと23584Hzとの間の周波数で振動することを特徴とする請求項2に記載のラジオモード選択ブロック。 20

## 【請求項4】

前記第1のビート周波数発振器が、19264Hzの周波数で振動し、

前記第2のビート周波数発振器が、22720Hzの周波数で振動することを特徴とする請求項3に記載のラジオモード選択ブロック。 20

## 【請求項5】

第3のビート周波数発振器が、24700Hzで振動することを特徴とする請求項2に記載のラジオモード選択ブロック。

## 【請求項6】

埋設電流搬送導体を検出するための検出器1であって、

前記導体からの磁気放射を電磁界強度信号に変換するための磁気センサ3, 5と、

前記電磁界強度信号をデジタル化するためのアナログデジタル変換器と、

前記検出器の前記電磁界強度信号を処理するように構成された、請求項1に記載のラジオモード選択ブロック41と、を具備することを特徴とする検出器。 30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、埋設電流搬送導体を検出するための検出器用のラジオモード選択ブロックに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

電気ケーブル、光ファイバケーブルまたはその他の設備ダクトもしくはパイプが埋設されている場所での発掘またはその他の作業を開始する前に、このような埋設ケーブルまたはパイプが作業中に損傷されないことを確実にするため、これらの位置を判定することが重要である。埋設されたケーブルまたはパイプの経路を追跡可能であることも有用である。電流搬送導体は電気アンテナによって検出可能な電磁放射線を放射する。光ファイバケーブルまたは非金属の設備ダクトまたはパイプに小型の電気トレーサラインが取り付けられれば、トレーサラインに交流電流を誘導させることができ、トレーサラインは電磁放射線を放射する。交流電流を搬送する導体によって放射される電磁界を検出するために検出器を使用することが公知である。 40

## 【0003】

このような検出器の一種は、3つのモードのうちの1つで動作する。これらのモードは受 50

動モードまたは能動モードのいずれかに分類され、受動モードは「パワー」モードおよび「ラジオ」モードである。各モードは独自の検出周波数帯域を有している。

【0004】

パワーモードでは、検出器は、50/60HzでAC主電源を搬送する導体によって生成される磁界、またはAC電力を搬送する近傍のケーブルのために導体から再放射される磁界を、約3kHzに及ぶより高い調波と共に検出する。ラジオモードでは、検出器は、埋設された導体によって再放射される超低周波(VLF)の無線電波エネルギーを検出する。原VLF無線信号の放射源は、民間用および軍用両方の複数のVLF長波送信機である。

【0005】

能動モードでは、信号送信機は、既知の周波数および変調の交番磁界を生成し、これが近傍の埋設導体に電流を誘導する。信号送信機は導体に直接接続されてもよく、直接接続するためのアクセスが不可能な場合は、信号送信機は埋設導体の近傍に設置され、信号が導体に誘導されてもよい。埋設導体は信号送信機によって生成された信号を再放射する。

10

【0006】

これらのシステムは広く入手可能であり、Radiodetection社(Radiodetection Ltd)から以前より「C.A.T」および「Genny」の商標で市販されている。

【特許文献1】国際公開第03/071311号パンフレット

【特許文献2】国際公開第03/069598号パンフレット

【特許文献3】国際公開第03/069769号パンフレット

【特許文献4】英国特許第2400994号明細書

20

【特許文献5】英国特許第2400674号明細書

【特許文献6】英国特許出願公開第0407372.2号明細書

【特許文献7】米国特許第6777923号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、既存のシステムをさらに向上させ、ユーザーに付加的な機能性と利点をもたらす。検出器は、感度、ダイナミックレンジおよび選択性に関して良好な性能を達成する。標準的なパラメータは、(1Hzの帯域幅を基準にして) $6 \times 10^{-15}$ テスラの感度、141dB rms/ Hzのダイナミックレンジ、および1Hzの遷移域にわたる120dBの減衰を許容する感度である。検出器は、最大44kHzまでのどの周波数をも受信するようにデジタル式にプログラムされ、規定のあらゆる帯域幅にわたって処理されることができる。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様によれば、埋設電流搬送導体からの超低周波の磁気放射を電磁界強度信号へと変換するための磁気センサと、電磁界強度信号をデジタル化するためのアナログデジタル変換器と、を具備する、該磁気放射を検出するための検出器用のラジオモード選択ブロックであって、検出器の電磁界強度信号の検出帯域幅を標的の超低周波の周波数帯域に心合わせするための複数のビート周波数発振器と、ビート周波数発振器の出力を加算するための加算手段と、加算手段の出力を該デジタル化信号で乗算するための乗算手段と、を具備するラジオモード選択ブロックが提供される。

40

【0009】

好ましくは、第1のビート周波数発振器は、17536Hzと20992Hzとの間の周波数で振動し、かつ第2のビート周波数発振器は、20992Hzと24448Hzとの間の周波数で振動する。

【0010】

好ましくは、第1のビート周波数発振器は、18400Hzと20128Hzとの間の周波数で振動し、かつ第2のビート周波数発振器は、21856Hzと23584Hzとの間の周波数で振動する。

【0011】

好ましくは、第1のビート周波数発振器は、19264Hzの周波数で振動し、かつ第2のビート周波数発振器は、22720Hzの周波数で振動する。

50

## 【 0 0 1 2 】

好ましくは、第3のビート周波数発振器は、24700Hzで振動する。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の第2の態様によれば、埋設電流搬送導体を検出するための検出器であって、導体からの磁気放射を電磁界強度信号に変換するための磁気センサと、電磁界強度信号をデジタル化するためのアナログデジタル変換器と、検出器の電磁界強度信号を処理するように構成された、上記のラジオモード選択ブロックと、を具備する検出器が提供される。

## 【 0 0 1 4 】

本発明は、汎用コンピュータでハードウェアまたはソフトウェアのいずれかで実装可能である。さらに、本発明は、ハードウェアとソフトウェアとの組合せによっても実装可能である。また、本発明は、単一の処理装置または処理装置の分散型ネットワークによっても実装可能である。

## 【 0 0 1 5 】

この点に関して、本発明の少なくとも1つの実施形態を詳細に説明する前に、本発明は、以下の記載で開示され、または図面に示される、構造の詳細および部品の構成にその用途が限定されるものではないことを理解されたい。本発明は、記載の実施形態の他の実施形態も可能であり、かつ様々な態様で実施および実行可能である。また、本明細書および要約書で用いられる語句および用語は、説明を目的とし、限定的なものとは見なされるべきではない。

## 【 0 0 1 6 】

したがって、当業者は、この開示が根拠とする概念を、本発明の幾つかの目的を実現するためのその他の構造、方法およびシステムを設計するための根拠として容易に利用できることを理解する。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 7 】

ここで、添付図面を参照して発明の実施形態を例示的に説明する。

## 【 0 0 1 8 】

図1を参照すると、検出器1は、オペレータによりハンドルを用いて手動で移動可能に構成された垂直に保持された細長いハウジング(図示せず)内に、垂直に間隔をおいた2つのアンテナ、すなわち下部アンテナ3と上部アンテナ5とを具備する。アンテナ3, 5は、使用時に下部アンテナ3が上部アンテナ5の真下にあり、それらの軸が水平であるように、軸平行かつ間隔をおいて配置される。各アンテナ3, 5は、2つの増幅器7のうちのそれぞれ1つに送られる電気信号を生成する。増幅器の出力はCODEC11に送られる電磁界強度信号9である。

## 【 0 0 1 9 】

各アンテナ3, 5はノイズフロアを有している。アンテナ3, 5からの各電気信号は、検出の1つ以上の周波数帯域の帯域幅を基準にしたCODEC11の固有量子化ノイズより上に磁気センサノイズフロアを上昇させるために、それぞれの増幅器7に送られる。各増幅器7の出力はCODEC11に送られる。

## 【 0 0 2 0 】

使用されるアンテナ3, 5は高感度のフェライト巻線である。ホール効果センサまたはフラックスゲート磁気メータのような他の磁気センサを使用してもよい。

## 【 0 0 2 1 】

CODEC11は24ビットのステレオデルタシグマのアナログデジタル変換器(ADC)である。これはオーディオ産業で広く使用されている比較的安価なデバイスである。「RD4000」の商標で市販されているRadiodetection社の製品では、アンテナとADCとの間に予選択フィルタリング、多重スイッチ利得段および位相感応型ヘテロダイン回路が使用されている。本発明は、部品の数を減らすため、アンテナとADCとの間に予選択フィルタリング、多重スイッチ利得段または位相感応型ヘテロダイン回路を使用しない。その他の従来技術のケーブル検出器では、デバイス計測の絶対的な精度が重要なので、より高性能で、結果的によ

10

20

30

40

50

り高価なADCが使用されている。

【 0 0 2 2 】

この実施形態で使用されるCODEC11は、 $\pm 5\%$ の絶対精度を有しているが、CODEC11は使用される態様のためにこの用途向けの最適なADCになっている。ダイナミックレンジが高いので多重利得段の必要がなくなる。高いダイナミックレンジは、検出の帯域幅を大量にオーバーサンプリングすることによって達成され、オーディオCODEC11のノイズシェーピングの態様はこの原理の最適な用途である。

【 0 0 2 3 】

このオーディオグレードのステレオADCの絶対精度が低いにも関わらず、本実施形態は、検出器1が2つのアンテナ3, 5から受信した信号を処理し、かつ比較することによって埋設導体の深さを計算するという事実から利益を得る。したがって、CODEC11のサンプリングの絶対精度の低さは、処理された2つの信号を比較することによって克服される。このCODEC11をレシオメトリックデバイスとして使用することで、検出器1の全体的な性能を損なわずに大幅なコスト削減が可能になる。

【 0 0 2 4 】

CODEC11は、最高96kHzで電磁界強度信号9をオーバーサンプリングする。CODEC11の出力13は、デジタル信号プロセッサ16(DSP)とフィールドプログラム可能ゲートアレイ18(FPGA)とを具備するデジタル信号処理ブロック15へと送られる。

【 0 0 2 5 】

DSP16は主として3つのタスクを有している。第1に、検出周波数帯域の選択性を規定する役割を担う。第2に、検出器のオーディオおよびビデオ出力を管理する。第3に、検出器1の他の部品に基本制御機能をもたらす。

【 0 0 2 6 】

DSPのタスクの動作に関するさらなる詳細は、国際公開第03/071311号、国際公開第03/069598号、国際公開第03/069769号、英国特許第2400994号、および英国特許第2400674号として公開されているRadiodetection社の出願に記載されている。これらは、引用によって本明細書に組み込まれている。

【 0 0 2 7 】

重要な利点は超狭帯域幅処理によって得られ、ノイズは標準的には帯域幅の自乗で拡大縮小する。検出器1は、幾つかの周波数帯域で同時に処理を行い、基本位置確認タスクのようなパリストティック応答機能を深さ計算のような狭帯域機能と共存させることができる。深さ計算タスクは、44kHzまでのどの周波数でも1Hzの帯域幅で計算し、阻止帯域は約-120dBである。

【 0 0 2 8 】

位相トラッキングは狭帯域タスクが搬送波周波数にロックオンすることを可能にする不可欠な機能であり、送信機クロックと受信機クロックとの間のポテンシャル誤差は信号帯域幅を優に超える。能動モードの場合、送信される信号は、100%振幅変調されることができ、深さ計算タスクは、(32,768Hzの搬送波の周囲 $\pm 6$ Hzに位置する)側波帯からのクロストークを伴わずに、搬送波上に正確に自己位置決めする必要がある。

【 0 0 2 9 】

位相トラッキングアルゴリズムは、Radiodetection社の英国特許出願第0407372.2号に記載の工程の自然な展開である。不可欠な信号対ノイズ比(SNR)の測定は、搬送波および側波帯で行われ、トラッキングアルゴリズムを確実にするために行われるチェックは、電力線転送に起因するいかなる高次の調波でもゆらぐことはない。SNRは、マグニチュードと全ての結果が双方のアンテナ3, 5から相関される二次導関数の位相情報との双方から定量化される。SNRが10dB未満である場合は、深さ計算タスクは不能になり、ゆえに、ユーザーには正確な情報のみが提供される。

【 0 0 3 0 】

能動信号がパルスモード動作状態にある場合は、能動信号にスペクトル認識の概念が適用される。この着想は、Radiodetection社の英国特許出願第0407372.2号に記載のアルゴ

10

20

30

40

50

リズムの簡単な応用であり、搬送波およびAM側波帯のスペクトル評価を含む。この評価は、SNRの離散フーリエ変換(DFT)畳み込みおよび測定である。DFT自体は、トラッキングアルゴリズムと共に変動し、搬送波周波数にロックオンする。

【0031】

これらの方法の組合せが、検出器1による可能な最良の信号の完全性および深さ精度の達成を確実にする。

【0032】

ユーザーによる検出器1の制御は、感度制御17およびスイッチ19によって提供される。スイッチ19は、検出器1の動作モードを設定するために使用される。例えば、検出器1は、ラジオモード、パワーモードまたは能動モードで動作するように設定可能である。能動モードは、検出されるケーブルの近傍で専用の信号発生器が使用される場合に選択され、この信号発生器は導体に交流電流を誘導し、この導体が磁気信号を再放射する。信号発生器は、検出器1によって識別されるプリセットされた周波数とプリセットされた変調とで動作する。スイッチ19のさらに別の位置は「回避」モードであり、その動作については後に説明する。

10

【0033】

感度制御17はアンテナ3, 5の勾配感度を変更するために使用される。最初は電流搬送導体によって生成される弱信号の存在を検出するために高い感度が使用される。一旦導体の存在が立証されると、感度制御17は検出器1の感度を下げように変更され、検出器1は隠されている電流搬送導体の位置をより正確に判定するために使用される。感度の関数として位置確認ウィンドウをプロファイルする方法は、米国特許第6777923号として公開されているRadiodetection社の出願に記載されている。上記出願は、引用によって本明細書に組み込まれている。

20

【0034】

液晶ディスプレイ(LCD)21は、検出器の動作モード、バッテリー状態、導体の深さおよび/または検出された信号の強度のような情報を表示するためにハウジングの表面に設けられている。当業者には明らかなように、その他のユーザーディスプレイデバイスを使用することも可能である。

【0035】

また、検出器1は、ソフトウェアが格納されているフラッシュROM23と、電源ユニット(P SU)25とを具備している。検出器1の主な要件は携帯可能でなければならないことである。したがって、検出器1に給電するためにバッテリー26が使用され、この場合は各々が定格電圧1.5Vを供給する2つの「D」型バッテリーが使用される。

30

【0036】

使用時には、検出器1に電源が投入され、ソフトウェアがフラッシュROM23からデジタル信号処理ブロック15へとロードされる。ユーザーはスイッチ19を調整して動作モードを選択する。選択は、ラジオモード、パワーモード、能動モードまたは回避モードのうちの一つとなる。パワーモード、能動モードおよび回避モードでは、深さ閾値アラーム機能が起動する。回避モードでは、深さ閾値アラーム機能は、パワーモードおよび能動モードの周波数帯域中の周波数のみで動作する。深さ閾値アラーム機能については後に詳述する。

40

【0037】

検出器1が電流搬送導体の近傍にある場合は、電流が下部および上部アンテナ3, 5に誘導される。各アンテナ3, 5に誘導された電流はそれぞれの増幅器7によって増幅される。増幅器7からの出力9は2つのアンテナ3, 5の電磁界強度信号である。これらの信号はCODEC 11に入力され、これが每秒96キロまでのサンプリング速度でこれらの信号をサンプリングする。デジタル化された信号13がデジタル信号処理ブロック15に送られる。デジタル信号処理ブロック15のDSP16は、動作モードに応じて標的の周波数帯域の信号を遮断する。DSPが電流搬送導体の存在を検出すると、聴覚および/または視覚アラームがスピーカ22および/またはインジケータ21にトリガされる。

【0038】

50

図2を参照すると、PSU25は、他の方法では検出器1の位置確認感度および選択性を妨害するはずの自己発生ノイズを低減するように設計されている。妨害のメカニズムは、電力レール上で生じるか、または磁界として放射されるかのどちらかである。検出器1のスペースの制約は、補助電子部品からアンテナへの不要な信号の不可避な結合が生ずることを意味している。PSU25の電磁放射を入念に管理することによって、様々な利点が得られる。例えば、従来技術のデジタル検出器はヘテロダインまたはスーパーヘテロダイン受信機として動作しており、DSPの動作の帯域幅はベースバンド信号からシフトされる。このシフトは補助電子部品と信号検出器との電磁干渉を避けるために必要であるとともに、DSPの処理能力の相当な部分を使用する。本発明では、検出器1をホモダイン受信機として動作させることにより、この制約から解かれるので、後述するように余剰の能力が他の機能のために利用される。

10

**【0039】**

PSU25は、マイクロプロセッサによって管理されるスイッチモード電源であり、この場合はDSP16である。PSU25は、12V、+3.3V、および-3.3Vに調整されたレールを提供する。PSU25の入力電圧はバッテリー26が劣化すると低下する。負荷31は、主としてスピーカ22によって引かれる電流が可変であるため動的である。スピーカの出力は電流搬送導体が検出されると大幅に変化する。他の部品によって引かれる電流も変動する。

**【0040】**

PSU25は、DSP16によって制御されるパルス幅変調器(PWM)27からなる。PWM27の出力は、CODECのサンプリング周波数のちょうど4倍、すなわち最高384kHzで駆動されるシングルエンド一次誘導コントローラ(SEPIC)29に送られる。それによって、公知のように一次調波がCODEC11およびDSP16の自然のゼロに降下することを確実にする。SEPIC29によって生成された3つの調整されたレールは、検出器1の動的負荷31、すなわち検出器1の構成要素に給電する。

20

**【0041】**

SEPIC29は、PSU25によって生成される電磁放射の全てにおける全自動制御をDSP16が行うように双方の縁部で制御される。このようにして、DSP16は検出の周波数帯域と重複するはずの不要な電力調波を排除することができる。

**【0042】**

PSU25を制御するために比例積分微分(PID)コントローラ33のフィードバックアルゴリズムが使用される。フィードバック帯域幅は、ノイズを回避する必要性によって制約されるので、より高次のどの電力スイッチ調波も近傍の周波数帯域に干渉しない。調整された電圧は、フィルタ39によってフィルタリングされ、PIDコントローラ33に送られる。PIDコントローラ33の出力は、結合され、参照テーブル35の入力として供給される。バッテリー26の電圧も入力として参照テーブル35に送られる。制御機能へのさらに別の貢献をもたらすが負荷予測器であり、これは典型的にはオーディオ需要の増大である負荷の急激な変化に応答して、SEPIC29のデューティサイクルをオフセットする。この負荷予測機能は、ある種の部品、特にスピーカ22が必要とする負荷の知識を有するDSP16によってもたらされる。PSU25から引き出される負荷は標準的には600から1500mWである。

30

**【0043】**

参照テーブル35への入力、バッテリー供給電圧、負荷予測器および最大3つのフィードバック貢献である。出力は一次スイッチのデューティサイクルである。参照テーブル35の目的は、調整工程から生ずるPSU25のスペクトル成分が検出器の周波数帯域と重複することができないことを確実にすることである。その結果、調整の連続的なグレースケールではなく急激な変化として、1つのデューティサイクルから別のデューティサイクルへと飛び越えることがある不連続な機能が生ずる。参照テーブル35の特定の性質は動作モードに適應される。

40

**【0044】**

PIDコントローラ33および参照テーブル35を使用することによって、独自のスイッチ調整器の必要性がなくなり、それにより検出器1のコストが低減される。SEPIC29は、その出

50

力がほぼデューティサイクルの一次関数であるスイッチコンバータである。フィードバック制御則33はおよそ1.5kHzの帯域幅に制約される。DSP16による制御が可能になる前にSEP IC29を始動するために、ブートストラップ発振器が必要である。

【0045】

代替実施形態では、PIDフィードバックミキシングの別の組合せが必要であることがある。例えば、フィードバック則33は、(ヒステリシスを伴う)標準的な比例制御、すなわち積分および微分フィードバック利得がゼロの制御でもよい。使用される制御アルゴリズムは動作モードに左右される。

【0046】

PSU25の自己発生ノイズを制御することによって、検出器は向上したSNRの利益を受け、それにより検出器1の感度および選択性が向上する。

10

【0047】

図3Aおよび3Bは、検出器1内に実装される「回避」モードシステムを示す検出器1のより詳細なブロック図を示す。前述のとおり、3つの専用動作モード、すなわち1つの能動モードと2つの受動モードとが利用可能である。埋設導体向けの領域をチェックするために既存の検出器を使用する場合は、そのつど検出器を別のモードにしてその領域を3回掃引する必要がある。

【0048】

本発明の検出器1は、埋設導体を単一の掃引で位置確認し、それによって時間を節減するために、専用の能動動作モードと受動動作モードとを回避モードとして知られている単一のモードに組み合わせる。必要があれば、埋設導体の正確な位置を特定するために後の段階で1つ以上の専用モードを使用することができる。3つのモードは、一対のアンテナ3, 5および共通の検出インジケータ21とスピーカ22とを共用して同時に動作する。検出感度30は、通常は最高に設定されるが、より低いレベルに設定することもできる。

20

【0049】

CODEC11は73.242kHzでクロックされる。DSP16が、アンテナ3, 5によって生成された電磁界強度信号を処理し、3つのモード選択ブロック41, 43, 45の3つの動作モードに対応する3つの周波数帯域の各々の信号を同時に遮断する。

【0050】

既存の検出器では、DSPは主として処理および電力の制約、ならびにそれらのヘテロダインアーキテクチャにより一時に1つのモードしか処理できない。しかし、本実施形態によれば、DSP16は、例えば検出器1がホモダイン受信機として動作する能力のようなシステム中の他の部分での効率の結果、能力の制約が解かれるので各信号を同時に処理することができる。

30

【0051】

異なる動作モードに対応するDSP16からの信号出力は、米国特許第6777923号として公開されているRadiodetection社の出願に記載されているAGCのような自動利得コントローラ47(AGC)へと送られる。上記出願は、引用によって本明細書に組み込まれている。各AGC47の出力は比較器49で検出信号に変換される。検出信号は結合され、スピーカ22からの聴覚出力および/または例えばLCDのようなインジケータ21での視覚信号を提供するために使用される。

40

【0052】

検出器1は埋設導体の推定深さを継続的に計算する。埋設導体の深さが例えば30cmのようなプリセットされた閾値未満であると計算されると、聴覚および/または視覚アラームがトリガされて、浅い導体のオペレータに警報を発する。このような浅い導体は、その領域を発掘する際に浅い導体に当たる危険が増大するので特に重要な対象である。

【0053】

検出器のユーザーインターフェースを最適化するため、導体の深さを計算する際に、DSP16は、ユーザーに情報が提供される態様に適応させるために信号を3つの周波数帯域で同時に処理する。導体の深さは1Hzの帯域幅で計算され、視覚ディスプレイは10Hzの帯域幅

50

で処理されるので、ディスプレイのフリッカは許容レベルにあり、かつパルス音が明瞭に聞こえることを確実にするため、聴覚警報の処理は35Hzで行われる。

【0054】

この深さ閾値アラーム機能は、パワー動作モードおよび能動動作モードで起動する。これは回避モードでも起動するが、パワーおよび能動モードで使用される周波数帯域についてのみ動作する。埋設ケーブルの深さは以下に示すように2つのアンテナ3,5で受信される信号の強度を比較することによって計算される。

【0055】

導体からの検出器の水平オフセット $w$ の関数としての下部アンテナ信号 $E_b(w)$ および上部アンテナ信号 $E_t(w)$ は下記により得られる。

【0056】

【数1】

$$E_b(w) := \frac{k \cdot a}{a^2 + w^2} \quad \text{および}$$

$$E_t(w) := \frac{k(x+a)}{W^2 + (x+a)^2}$$

【0057】

ただし、 $k$ は磁気定数であり、 $x$ はアンテナ間の距離であり、 $a$ は電流搬送導体の上方の垂直距離である。電流搬送導体の深さは下記によって得られる。

【0058】

【数2】

$$d(w) := \left| \frac{x}{\frac{E_b(w)}{E_t(w)} - 1} \right|$$

【0059】

深さ閾値アラーム機能は下記によって得られる。

【0060】

【数3】

$$SA(w) := \begin{cases} 1 & \left| \frac{E_b(w)}{E_t(w)} \right| \geq T_d \text{ である場合} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases}$$

【0061】

ただし、 $T_d$ は、それより上の深さでアラームがトリガされる所望の深さに左右される深さ閾値定数である。

【0062】

$SA(w)=1$ である場合は、聴覚および/または視覚アラームがトリガされる。次いで、前述のように、検出器1の感度を変更することによって埋設導体の位置をピンポイントで正確に確認することにより、一層正確な深さ測定が達成可能である。

【0063】

この方法には深さ閾値アラーム機能を、導体の深さ $a$ および水平オフセット $w$ 、ならびに検出器1の感度による調整のとおり位置確認プロファイルに入念に介入させる工程が含まれる。

【0064】

検出器1が電流搬送導体の真上に位置している場合は、アンテナ3,5内に誘導される信

10

20

30

40

50

号間の差は最大である。検出器1が導体から離れて移動すると、差の大きさは最初に縮小し、次いで再度第2のピークまで増大する。それは検出器が導体に対して垂直のどの方向に移動する場合もそうである。したがって、検出器1が電流搬送導体の真上にある場合はアンテナ3, 5内に誘導される信号間の差に最大ピークがあり、検出器1が導体から水平に変移されると、より小さい2つのピークがある。

【0065】

検出器1が深さ閾値アラーム機能を評価する際に、検出器1が導体の真上にある場合、および検出器が検出器1のいずれかの側に移動される場合に、深さアラームをトリガさせることが可能であり、後者は導体から水平に変移されるより小さいピークに一致する。熟練したユーザーは、検出器1を深さ閾値アラームがトリガされる3つの位置の各々に移動させることによって、最大の中心ピークとより小さい2つのピークとを区別することができる。というのは、中央の場所は導体の上の位置に対応するからである。

10

【0066】

従来、ラジオモードは、検出の帯域幅を標的のVLFスペクトルに心合わせするためにピート周波数発振器(BFO)を使用する。VLF通信が送信される特定周波数は、国ごとに異なっている。従来のアプローチでは地理的な場所に応じてBFOを特定周波数に同調させる必要がある。

【0067】

本実施形態は複数のBFOを介して処理される信号出力を結合することによって「汎用」ラジオモードを達成する。このアプローチの利点は、検出器1が、多くの国で動作し、局地的な構成の必要なくこれらの国に提供可能であり、それによって配備のコストと時間が節減されることにある。結合型BFOのアプローチは性能の損失を伴わずに達成された。

20

【0068】

ラジオモード選択ブロックの入力ソースは、周波数帯域16kHzから39kHzまでのVLF送信局からのエネルギーである。図4を参照すると、ブロック41は複数のBF053からの信号55を共通のアルゴリズムに重複し、それによって基準となる信号対ノイズ比の性能損失なくスペクトル全体を包括する。このアルゴリズムは、複数のBFOを有するという概念以外は従前の全てのアルゴリズムと極めて類似している。BF053は共通のモード接合部57でまとめられ、その出力はCODEC11からの出力である信号59で乗算される。低域通過フィルタ61は、標準的には10kHzである帯域幅全体を決定し、さらに変調に付きものの三角和の項を拒絶する。

30

【0069】

2つのBF053が使用される場合は、それらの周波数は、17536Hzから20992Hz、および20992Hzから24448Hzの範囲内で選択される。好ましくは、それらの周波数は18400Hzから20128Hz、および21856Hzから23584Hzの範囲内で選択される。本実施形態では、2つのBF053の周波数がこれらの範囲の中間で、すなわち19264Hzおよび22720Hzで選択される。さらに好ましい周波数範囲は約24700Hzであり、改良された局域をカバーするためにさらに別のBFO周波数を選択してもよい。入念に選択されたこれらの周波数で複数のBF053を動作することによって、検出器は多くの国においてラジオモードで検出可能である。

【0070】

40

ラジオモード選択ブロック41の信号処理の残りの部分は、ラジオモード信号の処理のための従来のアーキテクチャと変わらない。これは整流器63、続いて低域通過フィルタ65、ダウンサンプリング段67およびさらに別の低域通過フィルタ69を具備している。このカスケード接続のダウンサンプリングおよび低域通過フィルタリングは、毎秒およそ73キロのサンプルから毎秒およそ610のサンプルのサンプリング速度までの帯域幅を低減するために存在し、ラジオモードでのパルス応答である全体的な応答帯域幅は10Hzに近い。

【0071】

当業者には様々な修正が明らかであり、添付の特許請求の範囲内にこのような修正を全て含むことが望ましい。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明を実施する埋設電流搬送導体を検出するための検出器の全体的なブロック図である。

【図2】図1の検出器の電源ユニットのブロック図である。

【図3A】図1の検出器の回避モードシステムのブロック図である。

【図3B】図1の検出器の回避モードシステムのブロック図である。

【図4】図3Bの回避モードシステムのラジオモード選択ブロックのブロック図である。

## 【符号の説明】

【0073】

10

1 検出器

3, 5 アンテナ

7 増幅器

9 電磁界強度信号

11 CODEC

13 CODECの出力

15 デジタル信号処理ブロック

16 デジタル信号プロセッサ

17 感度制御

18 フィールドプログラム可能ゲートアレイ

20

19 スイッチ

21 液晶ディスプレイ

22 スピーカ

23 フラッシュROM

25 電源ユニット

26 バッテリ

27 パルス幅変調器

29 シングルエンド主誘導コントローラ

30 検出感度

31 動的負荷

30

33 比例積分微分コントローラ

35 参照テーブル

39 フィルタ

41, 43, 45 モード選択ブロック

47 自動利得コントローラ

49 比較器

53 ビート周波数発振器

55 ビート周波数発振器からの信号

57 共通モード接合部

59 CODECからの信号

40

61 低域通過フィルタ

63 整流器

65 低域通過フィルタ

67 ダウンサンプリング段

69 低域通過フィルタ

【図1】

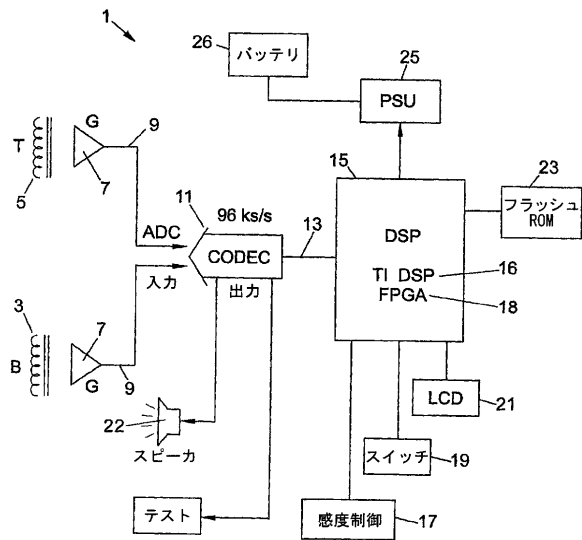


Fig.1

【図2】

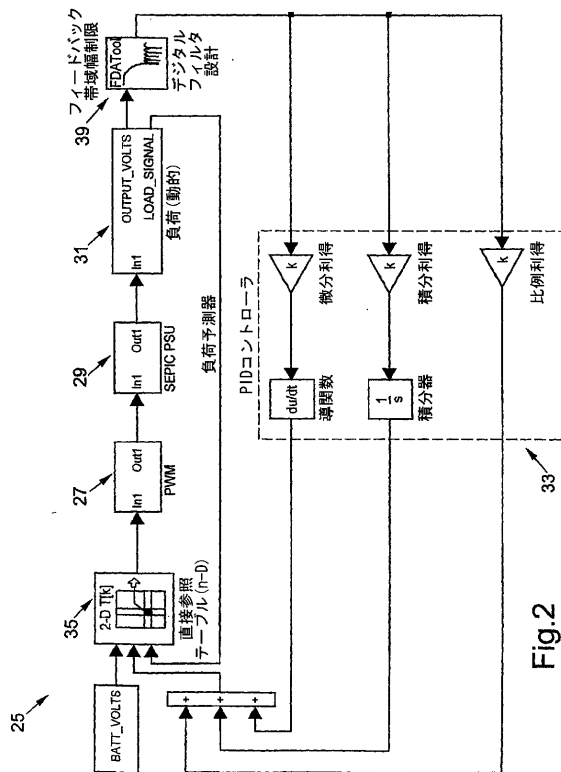


Fig.2

【図3A】

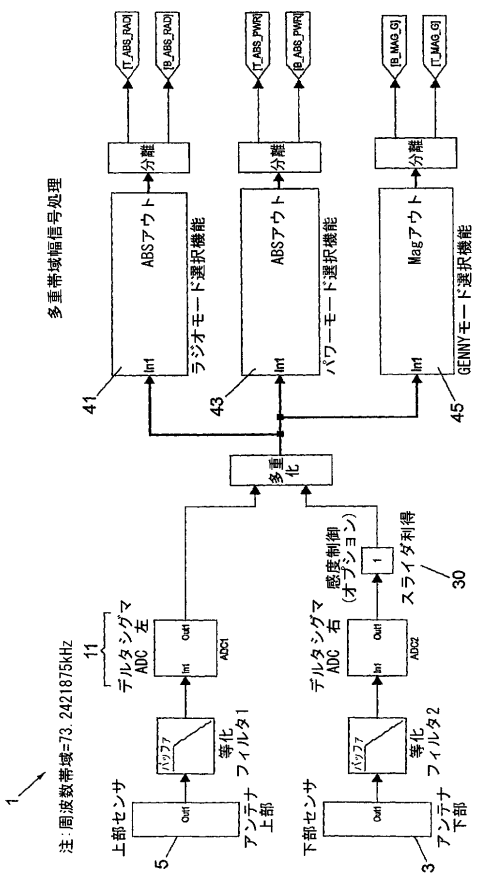


Fig.3A

【図3B】

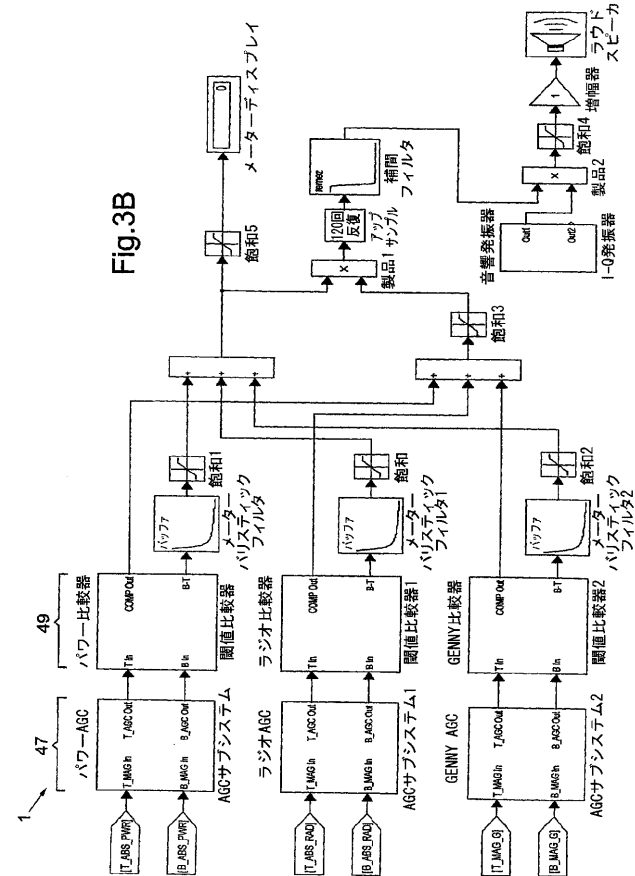


Fig.3B

【 図 4 】

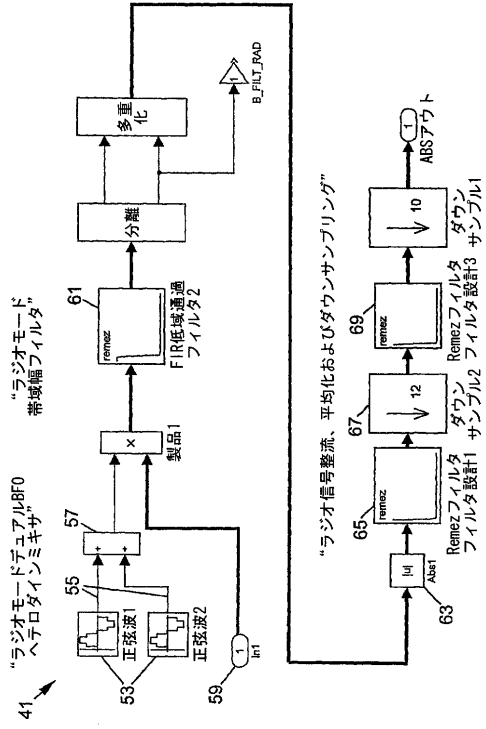


Fig.4

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2006/002072

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01R29/08 G01V3/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R G01V		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/070444 A1 (PEARSON RICHARD DAVID) 15 April 2004 (2004-04-15) paragraphs [0002] - [0005], [0013], [0058]; figure 3	1-6
A	US 6 407 550 B1 (PARAKULAM GOPALAKRISHNAN R ET AL) 18 June 2002 (2002-06-18) abstract; figures 7a,9a	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 August 2006		Date of mailing of the international search report 21/08/2006
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Binger, B

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2006/002072

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004070444	A1	15-04-2004	NONE
US 6407550	B1	18-06-2002	NONE

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 2G005 CA01 EA03 EA05 EA09