



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201607209 U

(45) 授权公告日 2010. 10. 13

(21) 申请号 200920007569. 5

(22) 申请日 2009. 03. 02

(30) 优先权数据

0803991. 9 2008. 03. 03 GB

(73) 专利权人 雷迪有限公司

地址 英国布里斯托尔西径

(72) 发明人 约翰·马克果 理查德·戴维皮尔逊

(74) 专利代理机构 上海衡方知识产权代理有限公司
31234

代理人 卞孜真

(51) Int. Cl.

G01B 7/26 (2006. 01)

G01V 3/08 (2006. 01)

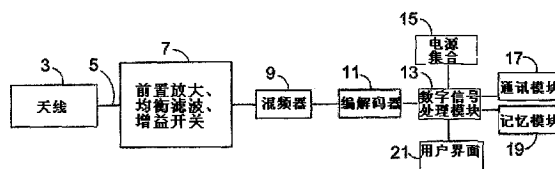
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 3 页

(54) 实用新型名称

一种计算埋入式导体深度的探测仪

(57) 摘要

一种计算埋入式导体 (25) 深度的探测仪 (1), 包括 : 多个探测由导体 (25) 辐射的电磁场的天线 (B, M, T) ; 基于对天线 B, M, T 的探测, 计算上述导体 (25) 的深度的装置 ; 以及当一个或者更多的预定数值达到满意时, 显示计算出的上述导体深度的装置。本实用新型探测仪主要应用于导体探测领域, 用于探测埋在地下的导体。



1. 一种计算埋入式导体深度的探测仪,其特征在于,探测仪包括:
用来检测上述导体辐射的电磁场的多个天线;
在所述天线探测范围的基础上计算上述导体深度的装置,包括依次连接的:前置放大、均衡滤波、增益开关,混频器,编解码器,及数字信号处理模块;
以及显示计算出的上述导体深度的用户界面。
2. 根据权利要求1所述的计算埋入式导体深度的探测仪,其特征在于:
所述编解码器是模拟数字转换器 ADC,具有由所述天线输出的数字信号的动态范围。
3. 根据权利要求1所述的计算埋入式导体深度的探测仪,其特征在于:
还包括电源集合、通讯模块、及记忆模块。
4. 探测仪探测仪一种计算埋入式导体深度的探测仪,其特征在于,探测仪包括:
用来检测上述导体辐射的电磁场的多个天线;
配置在探测天线范围内的基础上去计算上述导体深度的微处理器;
以及显示计算出的上述导体深度的显示装置。
5. 根据权利要求4所述的计算埋入式导体深度的探测仪,其特征在于:
所述探测仪进一步包括模拟数字转换器 ADC,具有由所述天线输出的数字信号的动态范围。

一种计算埋入式导体深度的探测仪

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一个能计算埋入式导体深度的探测仪。

背景技术

[0002] 在被掩埋的电缆、光纤电缆、或其他公用管道或管子处开始进行挖掘或其他工作之前,重要的是要确定这种掩埋电缆或者管道的位置,以确保它们在进行上述工作期间不被损坏。一旦埋地管道的深度被测定,安全的挖掘深度就可以被计算出来。

[0003] 载流导体发出的电磁辐射可以被电子天线检测到。如果光纤电缆或非金属公用导管或管道匹配有微小的电子示踪线,交替电流可以被引导在所述示踪线上以辐射出电磁辐射。众所周知使用探测仪去检测传输交流电的导体所放射的电磁场。

[0004] 其中一类探测仪的工作模式是以下两种之一,即:“主动”或“被动”模式。每个模式都有自己探测的频率波段。

[0005] 被动模式包括“功率”模式和“无线”模式。在功率模式中,探测仪检测导体产生的磁场,该导体传输主要功率供应在 50/60 赫兹的交流电,或者来自于导体磁场的再次辐射,导致附近的电缆运输的 AC 功率和高次谐波达到 5kHz。在无线模式中,探测仪检测到由埋入式导体再次辐射的低频 (VLF) 无线能源。原始的低频 (VLF) 无线信号的来源是很多商业和军事上的低频长波发射机

[0006] 在主动模式中,一个信号发射机产生一公知频率和调制的交流磁场,并引导一电流出现在埋入式导体的附近。信号发射器可直接连接到导体,否则直接连通是不可能,一个信号发射器可放在靠近埋入式导体附近使得一信号可以引导至该导体。埋入式导体再次辐射的信号由信号发射器所产生。

[0007] 本实用新型进一步发展了现有系统,去计算埋入的载流导体的深度,提供额外的功能,使用户获益更多。

实用新型内容

[0008] 本实用新型的主要目的在于,提供一种计算埋入式导体的深度的探测仪,去计算埋入的载流导体的深度,提供额外的功能,使用户获益更多。

[0009] 依照实用新型第一个方面,是提供了一个计算埋入式导体的深度的探测仪,探测仪包括:用来检测上述导体辐射的电磁场的多个天线;在所述天线探测范围的基础上计算上述导体深度的手段;以及当满足一个或多个预设标准时,显示计算出的上述导体深度的装置。

[0010] 该探测仪进一步包括计算上述导体与探测仪的连线与垂直线之间 θ 角度的手段,其中所述标准是所述 θ 角在 $\pm 10^\circ$ 内,最好是在 $\pm 5^\circ$ 内,或者 $\pm 2^\circ$ 之间。

[0011] 该探测仪进一步包括计算在所述导体的轴与垂直于天线轴的平面之间的 ϕ 角度的手段,其中所述标准是所述 ϕ 角在 $\pm 10^\circ$ 内,最好是在 $\pm 5^\circ$ 之间,或者 $\pm 2^\circ$ 之间。

[0012] 该探测仪进一步包括计算在天线附近检测到的电磁场的二阶导数的手段,其中所

述标准是二阶导数小于 $0.5^{\circ}/S^2$, 最好是少于 $0.2^{\circ}/S^2$ 或者是 $0.1^{\circ}/S^2$ 。

[0013] 该探测仪进一步包括计算深度计算的标准偏差涉及 10 赫兹带宽的手段, 其中所述标准是深度计算的标准偏差小于 5%, 最好是小于 2% 或者是 1%。

[0014] 该探测仪可进一步包括模拟数字转换器 ADC, 具有由所述天线输出的数字信号的动态范围, 其中所述标准是输入到 ADC 的信号在 ADC 的动态范围内。

[0015] 该探测仪进一步包括计算在天线附近测得的场大小的一阶导数, 其中所述标准是在天线附近测得的场大小的一阶导数小于每秒信号的 5%, 最好少于每秒信号的 2%。

[0016] 该探测仪可进一步包括去计算相关天线的相位, 其中所述数值是天线之间的不同相位小于 5° , 最好少于 2° 或者 1° 。

[0017] 依照实用新型的第 2 个方面, 是提供一个载体中进行电脑可读的代码来控制微处理器去进行如上所述方法。

[0018] 依照实用新型的第 3 个方面, 是提供了一个计算埋入式导体的深度的探测仪, 探测仪包括: 多个天线, 用来检测上述导体对电磁场的辐射, 一个微处理器, 配置在探测天线范围内的基础上去计算上述导体的深度, 一个显示设备, 当满足一个或多个所述标准时显示计算出的上述导体的深度。

[0019] 其中所述微处理器进一步被配置去计算上述导体与探测仪的连线与垂直线之间 θ 角度的手段, 其中所述标准是所述 θ 角在 $\pm 10^{\circ}$ 内, 更好的是在 $\pm 5^{\circ}$ 内, 以及在 $\pm 2^{\circ}$ 内。

[0020] 其中所述微处理器进一步被配置去计算在所述导体的轴与垂直于天线轴的平面之间的 ϕ 角度的手段, 其中所述标准是所述 ϕ 角在 $\pm 10^{\circ}$ 内, 更好的是在 $\pm 5^{\circ}$ 内, 以及在 $\pm 2^{\circ}$ 内。

[0021] 其中所述微处理器进一步被配置去计算深度计算的标准偏差涉及 10 赫兹带宽的手段, 其中所述标准是深度计算的标准偏差小于 5%, 更好的是小于 2%, 以及小于 1%。

[0022] 所述探测仪可进一步包括模拟数字转换器 ADC, 具有由所述天线输出的数字信号的动态范围, 其中所述标准是输入到 ADC 的信号在 ADC 的动态范围内。

[0023] 其中所述微处理器进一步被配置去计算在天线附近测得的场大小的一阶导数, 其中所述标准是在天线附近测得的场大小的一阶导数小于每秒信号的 5%, 更好的是小于每秒信号的 2%, 以及小于每秒信号的 1%。

[0024] 其中所述微处理器进一步被配置去计算相关天线的相位, 其中所述数值是天线之间的不同相位小于 5° , 更好的是小于 2° , 以及小于 1° 。

[0025] 综上, 本实用新型为计算埋地电流承载导线深度的现有设备带来更多的提高, 为用户提供附加的功能和便利。

附图说明

[0026] 图 1 是一个探测仪实用新型具体化的一个方框图

[0027] 图 2 是一个已知探测仪的两个横向天线的示意图

[0028] 图 3 是一个图 1 的探测仪的 3 个天线的示意图

[0029] 图 4 是一个被图 3 的天线检测出的处理信号的图 1 的探测仪

[0030] 图 5 是一个图 1 两个天线的探测仪的示意图

[0031] 图 6 是一个两个天线的探测仪的进一步的示意图

[0032] 图 7 是一个框图 1 的探测仪的部分数字信号处理块

具体实施方式

[0033] 图 1 是本实用新型的一具体便携式探测仪的方框图。探测仪包括五个天线 3, 其是为了检测载流导体辐射的电磁信号。每个天线 3 将天线附近的电磁场转换为由天线 3 输出的场强信号 5。

[0034] 每个天线的输出是通过前置放大、均衡滤波、增益开关 7。如果场强信号 5 是低, 那么天线 3 的输出被均衡滤波器放大和过滤。如果由天线 3 输出的场强信号 5 是足够的信号, 那么信号直接进入探测仪的下一阶段。除了由天线 3 输出, 其他输入也可直接适用于探测仪, 例如像夹子, 听诊器, 水下探头和 A-frame 故障调查器的配件。

[0035] 前置放大、均衡滤波、增益开关 7 的输出进入一个超外差混频器 9。混音器电路的目的是恢复所有来自载体的大小和相位信息。

[0036] 混频器 9 的输出进入多媒体数字信号编解码器 (CODEC) 11。CODEC11 是一个 24 比特的 stereo delta-sigma 模数转换器 (ADC)。这是一个相对较便宜的设备, 且具有 $\pm 1\%$ 的缺乏绝对准确度, 但是拥有优秀的比例精度

[0037] 然而, 方式是 CODEC11 在本实用新型中是以下文所述的方式的理想状态的应用。CODEC11 的上述例子场强信号高达 96kHz。CODEC11 的输出进入到数字信号处理模块 13, 其中包括数字信号处理器 (DSP) 和现场可编程门阵列 (FPGA)。

[0038] 该探测仪的进一步包括一电源集合 (PSU) 15, 该 PSU15 包括如电池和电源管理电路的电源。一种通讯模块 17 提供让探测仪连接到个人电脑 (PC) 或个人数字助理 (PDA) 上传数据存储在探测仪中, 以及允许从 PC/PDA 下载到探测仪。例如软件的更新。该探测仪进一步包括记忆模块 19 和用户界面 21。用户界面 21 可以包括一个或多个用来为设备操作者显示信息的显示器、如键盘或触摸感应的屏幕的输入设备、及如扬声器或蜂鸣器的音响输出设备。便携式探测仪的组件装在一个匣子里 (未显示)。

[0039] 图 2 是一个已知探测仪的两个横向垂直距天线 B 的示意图, 一已知探测仪 T 在延长垂直小屋范围内 (未显示)。使用探测仪支持垂直地面 23, 其中载流导体 25 和底部天线掩埋在接近地面 23 天线的轴线是水平的, 并且底部天线 B 与顶端天线 T 之间的距离是 2S。导体 25 被掩埋在距地面 23 (及底部天线 B 以下的) 以下深度 d 的位置, 导体 25 与天线 B 及 T 之间水平距离为 x。

[0040] 当交流电流入导体 25 导体, 25 辐射电磁场。磁通密度或底部天线的磁场 Bb 和顶端天线的磁场 Bt 由于载流导体 25 所产生的电磁场分别为:

$$[0041] \quad B_B(x, d) = \frac{\mu_0 i d}{2\pi(d^2 + x^2)} + C \quad (1)$$

[0042] 以及

$$[0043] \quad B_T(x, d) = \frac{\mu_0 i(d + 2s)}{2\pi((d + 2s)^2 + x^2)} + C \quad (2)$$

[0044] 其中: μ_0 是自由空间的渗透性

[0045] I 是流入导体 25 的电流。

[0046] C 是一个频率变量,称为共模场失真。

[0047] 共模场失真是载流导体 25 所产生的电磁场失真,由于被掩埋的载流导体 25 材料的复阻抗。因为地面有一个分布式的复阻抗,共模场失真的结果是信号的同质失真,由于通过地面返回的电流。地面各种材料的复阻抗,如干燥的土壤,湿粘土和沙子。例如,在频率 83kHz 时,导体被掩埋在地下 1.7 米在湿粘土中,C 的贡献提供了 34%变化到 B 的理论价值。

[0048] 基于测量磁通密度 B_b 和 B_t ,埋入式导体的深度等于

$$d = \frac{2s}{\frac{B_B(x,d)}{B_T(x,d)} - 1} \quad (3)$$

[0050] 将方程 (1) 和 (2) 代入方程 (3),当 $x = 0$,等等。当探测仪是以上载流导体 25 :

$$d = \frac{2s}{\frac{\frac{\mu_0 i}{2\pi d} + C}{\frac{\mu_0 i}{2\pi(d+2s)} + C} - 1} \quad (4)$$

[0052] 由方程 (4) 可以看出,深度计算使用了两个天线是依赖共模场,这是在确定埋入式导体的深度时实际的难题。这一困难通过补偿算法在常规仪器中得到减轻,这个补偿算法接近于共模场失真,而共模场失真是基于不同地点的测量来将一个“平均”的油性给予函数 C。这个接近值不是令人满意的,由于重要的不同,在干燥土壤与湿粘土之间达到 35% 的测量数据,一般来讲,这样将导致所述掩埋的电流载体导体的深度被低估。

[0053] 图 3 是图 1 的探测仪的 3 个水平垂直空间的天线 T,M,B 的示意图。天线的轴是水平的。中间的天线 M 被放置在底部天线 B 和顶部天线 T 之间的中道,每一个天线之间的距离是 S,所以 - 底部天线 B 和顶端天线 T 之间的距离是 2S。根据图 2 所示,导体 25 被掩埋在深度 d 以下的地面 23 (底部天线 B 以下) 导体与天线 T,M,B 之间的水平距离为 x。磁通密度在中间的天线 B,M 是 :

$$B_M(x,d) = \frac{\mu_0 i(d+s)}{2\pi((d+s)^2 + x^2)} + C \quad (5)$$

[0055] 事实上,当天线是垂直在导体之上时,计算出电流载体导体的深度,即,侧面 X 为 0 时,方程式 (1), (2) 和 (5) 变为 :

$$B_B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} + C \quad (6)$$

$$B_T = \frac{\mu_0 i}{2\pi(d+2s)} + C \quad (7)$$

$$B_M = \frac{\mu_0 i}{2\pi(d+s)} + C \quad (8)$$

[0059] 考虑的便利比率 R 如下给定 :

$$R = \frac{B_B - B_M}{B_B - B_T} \quad (9)$$

[0061] 将方程式 (6) (7) 和 (8) 代入方程式 (9) 等于

$$[0062] \quad R = \frac{\frac{\mu_0 i}{2\pi d} + C - \frac{\mu_0 i}{2\pi(d+s)} + C}{\frac{\mu_0 i}{2\pi d} + C - \frac{\mu_0 i}{2\pi(d+2s)} + C} \quad (10)$$

[0063] 该比值 R 实际上是二阶导数梯度值, 独立于共模场失真 C, 简化方程 (10) 等于:

$$[0064] \quad R = \frac{\frac{1}{d} - \frac{1}{d+s}}{\frac{1}{d} - \frac{1}{d+2s}} = \frac{\frac{1}{d+s}}{\frac{2}{d+2s}} = \frac{d+2s}{2(d+s)} \quad (11)$$

[0065] 算出方程式 (11), d 等于 3 个天线深度方程:

$$[0066] \quad d = \frac{2s(1-R)}{2R-1} \quad (12)$$

[0067] 因此, 方程式 (9) 和 (12) 通过比较 3 个天线在磁场的密度, 提供了一个计算电流载体导体 25 的深度的方法。通过使用比例值 R, 其独立于掩埋载流导体中物质的复阻抗, 方程式 (9) 和 (12) 免除需要补偿被掩埋载流导体 25 中物质的共模场作用。这些方程式提供了一个更好的埋入式导体深度的计算方法。

[0068] 方程 (1), (2) 和 (5) 适用于无限导体传输统一电流以及在真空中理想放射场。当这种导体被掩埋在有限电导率的土壤中, 二次电流和电磁场产生并引导至土壤中。另一种可选择的模式下, 方程式 (1), (2) 和 (5) 载流导体所产生的场是如下, 其展示了方程式 (1), (2) 和 (5) 是怎样从理论上的纯放射场出发:

$$[0069] \quad B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} e^{\left(-\frac{d}{\Delta(f)}\right)} \quad (13)$$

$$[0070] \quad \text{其中: } \Delta(f) = \frac{503.8}{\sqrt{\delta(f)^\gamma}}$$

[0071] μ_0 是自由空间的渗透性

[0072] i 是中电流流动在导体 25

[0073] δ 是地面电导率

[0074] γ 是一个变量, 以便地面电导率与频率的变化

[0075] 假设土壤电导率是同质的, 如果为每个天线将方程式 (13) 替代进入方程 (9), 可以表明指数值取消以及共模场效应可以在比例分析中消除。

[0076] 这一比例计算的先决条件是 3 个垂直天线 T, M, B 是正确的校准, 大约的精确度为 600,000 分之一。天线的校准是尊重于顶部和中部天线 T, M 的相关性能, 以及中部和顶部天线 M, B 的相关性能。在探测器组装后, 每一个天线依次放在一个已知的磁场内, 由天线输出电场强度信号的幅值和相位是通过频率的范围测得。关于顶部和中部天线与中部和底部天线的性能比的校准值被计算和储存在探测仪的存储器 19, 这样由一对天线输出的电场强度信号的比例计算始终精确到大约是 600,000 分之一。

[0077] 图 4 是图 1 探测仪用于处理被图 3 的天线 3 检测出的信号部分的方框图。

[0078] 如果信号被天线 T, M, B 检测出是微弱的, 由 3 个天线 T, M, B 任何一个输出的模拟量是通过前置放大、均衡滤波、增益开关 7 传输, 由一系数 $G(w)$ 放大。另外天线 T, M, B 的输出量直接进入电路的混频器 9。混频器 9 包括两个多路开关选择器, 第一个多路开关选择器与顶部天线 T 和中部天线 M 的信号相结合, 第二个多路开关选择器与中部天线 M 和底部天线 B 的信号相结合。

[0079] 每个多路开关选择器的输出值进入到差动积分 (delta-sigma) 多媒体数字信号编解码器 11。差动积分多媒体数字信号编解码器是将双天线的输出量数字化的理想多媒体数字信号编解码器。因为他们提供了近乎完美的比例准确度。(在采样带宽 4kHz 到 96kHz 中约 $1/2^{24}$)。因此, 方程式 (9) 的执行包括将中部天线的输出值传送至两个多差动积分媒体数字信号编解码器 11。

[0080] 参考图 4, 当天线 T, M, B 的输出量没有被放大时, 方程式 (9) 变为 :

$$[0081] \quad R = \frac{B.C2 - M.C2}{B.C1 - T.C2} \quad (14)$$

[0082] 其中 :

[0083] B 是底部天线的输出量

[0084] M 是中部天线的输出量

[0085] T 是顶部天线的输出量

[0086] C1 是多媒体数字信号编解码器 1 的传递功能

[0087] C2 是多媒体数字信号编解码器 2 的传递功能

[0088] 除以 C2, 方程式 (14) 变为 :

$$[0089] \quad R = \frac{B - M}{B \cdot \frac{C1}{C2} - T} \quad (15)$$

[0090] C1/C2 的比例是被估算的, 是比较通过多媒体数字信号解码器 11 的中部天线 M 的输出量的所估计, 借助 R 去计算。

[0091] 当天线 T, M, B 的输出量被放大, 方程式 (9) 变为 :

$$[0092] \quad R = \frac{B.G_B.C2 - M.G_M.C2}{B.G_B.C1 - T.G_T.C2} \quad (16)$$

[0093] 其中 :

[0094] G_B, G_M 和 G_T 是放大器分别放大底部和中部天线的增益 :

[0095] 除以 C2 和 $B.G_B$, 方程式 (16) 变为 :

$$[0096] \quad R = \frac{1 - \frac{M.G_M}{B.G_B}}{\frac{C1}{C2} - \frac{T.G_T}{B.G_B}}$$

[0097] 通过准确校准 $M.G_M/B.G_B$ 及 $T.G_T/B.G_B$, 通过 C1/C2 的比例的计算, 通过比较经过两个多媒体数字信号解码器 11 的中部天线的输出量, R 可被计算获得。

[0098] 此外,还提供了一种计算由载流导体 25 产生磁场的共模失真的方法,由于埋入导体式材料的复阻抗。如上所述,不同的地面材料,如砂,干燥和潮湿的土壤和干,湿粘土,他们有不同的复阻抗。通过比较用 2 个天线深度方程式 (3) 和 3 个天线深度方程式 (13) 的深度测量值,能够计算共模场失真。

[0099] 除了如上所述的共模场失真,电磁信号通过载流导体 25 辐射,可能由在附近导体上的二次耦合所失真。不同于同质的普通模场失真,场失真这是由于耦合在附近导体导致非径向场梯度,且不能完全补偿。

[0100] 如果没有或者少量的失真是由于二次耦合,那么共模场失真的计算值是通过比较 2 个天线深度方程式 (3) 与 3 个天线深度方程式 (12) 的结果,应该等于一个共模场失真, C, 小于探测信号的 10%。

[0101] 如果由于二次耦合的失真是重要的,这个将影响一些测量值的准确性,它是去警示重要的二次耦合失真的操作者是有用的,导致由探测仪所得出的读数欠缺完整性。如果共模场失真被计算出大于等于被测信号的 10%,那么这是存在二次失真一个的指示,探测仪 1 的操作者能够被视觉或听觉警报所警示。

[0102] 关于常规探测仪,一旦探测仪已经被放置在正确的位置,按一个在探测仪上的“计算深度”按钮,深度数据将呈现给操作者。对于深度的计算,正确的位置是,天线垂直于导体之上,以及天线轴垂直于埋入式导体的轴上。

[0103] 寻找实际中的正确位置,是通过移动探测仪从一边到另一边穿过导体,以及在一个垂直的轴内旋转探测仪。当探测仪是定位正确的,一个峰值响应通过一个水平天线检测,其中,这个水平天线的轴垂直于导体的轴被,以及一个空的响应通过一个垂直天线和一个水平天线检测,他们的轴平行于导体的轴。

[0104] 为了正确和有效地完成深度计算,操作者必须有足够的技巧和经验去正确的定位探测仪,垂直并结合于以上导体,此时埋入式导体的深度能够被准确计算出。当探测仪没有正确的定位相关的埋入式导体,如计算深度按钮被按的情况下,一个经验不足或者粗心的操作者可能会出现一个错误的深度计算。

[0105] 计算掩埋导体深度的最佳位置可被视为是一个深度计算的“甜蜜点”。本实用新型仅当预定数值是满意的时,才涉及通过深度计算的显现结果去定位“甜蜜点”的困难。

[0106] 图 5 是在图 1 的探测仪底部的 2 个天线 B, V 的示意图。探测仪距离在地面 23 以下深度 d 的埋入式导体 25 的水平距离是 X。探测仪底部的 2 个天线 B 和天线 V 被相互靠近的定位在探测仪的脚下,一个天线 B 被放置在如上所述的垂直位置,另一个天线 V 被放置在水平位置,(当探测仪保持水平),垂直于底部天线 B。连接埋入式导体与底部天线 B, V 的连线 27,它与垂直线的倾斜角度是。

[0107] 当掩埋式导体 25 放射磁场,电流产生于底部天线 B 和垂直天线 V。因为这些天线是直交的,电流产生在天线中,能够被视为是分别代表解决的被导体 25 辐射的磁场的垂直和水平的组成部分。因此,角度 θ 可以考虑用方程式计算:

$$[0108] \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{B_V}{B_B} \right)$$

[0109] 其中: B_B 是天线底部的磁通密度

[0110] B_v 是水平天线的磁通密度

[0111] 当探测仪被水平移动靠近导体 25 时,也就是垂直间距 X 减少, B_B/B_v 减少, θ 的正切值也趋近于零。

[0112] 从以上展示的第一个中间的水平天线 M 和第二个中间水平天线 M90 来看,图 6 是图 1 的探测仪的两个天线 M, M90 的进一步的示意图。探测仪的中间的 2 个天线 M, M90 相互靠近的被定位在探测仪的中间,天线 M, M90 被水平放置(当探测仪位于垂直放置)为互相成直角的位置。探测仪面向相关的埋入式导体 25,以使得中间的天线 M, M90 是水平的,角度在导体 25 的轴和第二个水平中间天线 M90 之间。即:角是 ϕ ,在导体轴和与平面垂直的中间天线 M 之间。第一个中间天线 M 的高峰反应轴应该垂直面向上方并直交到埋入式导体 25。

[0113] 当掩埋式导体 25 放射磁场,电流产生于第一个水平天线 M 和第二个水平中间天线 M90。因为这些天线是直交的,电流产生在天线中,能够被视为是分别代表解决的被导体 25 辐射的磁场的垂直和水平的组成部分。因此,角度 ϕ 可以考虑用方程式计算:

$$[0114] \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{B_{M90}}{B_M} \right)$$

[0115] 当 M90 是天线面向“同向地”导体:

[0116]

$$\phi = 180^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{B_{M90}}{B_M} \right)$$

[0117] 当 M90 是天线面向“异向地”导体:

[0118] 其中:

[0119] B_{M90} 是在第二个水平中间的天线 M90 的磁通密度

[0120] B_M 是在第一个水平中间的天线 M 的磁通密度

[0121] 当探测仪被旋转在一个垂直轴附近,使第二个中间天线 M90 变得越来越靠近导体 25 时, B_B/B_v 减少, ϕ 的正切值也趋近于零。

[0122] 监测由两个中间的天线 M, M90 和两个底部天线 B, V 产生的电流,角度 θ 和 ϕ 能够被计算出。这些角度的计算数值能够用来决定探测仪是否位于深度计算的甜蜜点,能够保证深度计算准确。如果探测仪甜蜜点的位置被确定,探测仪将在用户界面 21 上显示给用户计算深度的结果。

[0123] 当角度 ϕ 是在 ± 10 之间,最好是在 ± 5 之间或者 ± 2 之间时,预定数值表明探测仪是在甜蜜点上。

[0124] 进一步的参数可视为去校验深度计算的完整性。若参数满足预定数值,深度计算值将被显示在探测仪的显示器上。一个或者更多的以下参数可以被参考,最好是以下所有的参数所求出的数值满足预定数值。这些参数被视为是基于使用 2 个或者 3 个水平天线的测量值的深度计算。即:使用方程式 (3) (12)。

[0125] 图 7 是图 1 的探测仪的部分数字信号处理器 13 的方框图。来自于天线 3 的电场强度信号 5 被采样在图 1 的多媒体数字信号解码器 11 中,与频率的余弦函数和正弦函数的

组成成分相结合,产生了天线 3 附近探测到的同向的“I”和积分“Q”的电场强度信号的组成成分。无线探测公司申请的专利 GB2400674 提供了操作的更为详细的细节,其内容纳入参考。

[0126] I 和 Q 组成成分流经 SIN C⁵ 十进制滤波器 29。无线探测公司申请的专利 GB2400674 提供了 SIN C⁵ 十进制滤波器操作的更为详细的细节,其内容纳入参考。

[0127] SIN C⁵ 十进制滤波器 29 的输出量是通过下跌采样 31 和一个有限的脉冲响应的滤波器 (FIR) 33 进行低通过滤。这个过程的结果是详细说明在一个狭窄的带宽里,天线信号的复阶和大小通常为 10 赫兹,无线探测公司申请发行的 WO 03/071311、WO 03/039598 和 GB2400674 提供了更详细的数字信号处理任务的操作,其内容纳入参考。

[0128] 通过天线探测到的信号二阶导数的大小,即: $|d^2 \angle U/dt^2|$ 是一个参数,被视为去校验深度计算的完整性。这个参数是无关联的噪音越过脉冲响应的滤波器的带宽的能行测量值,这个数值应该少于 0.5/S²。最好是少于 0.2/S² 或者少于 0.1/S²。

[0129] 进一步的参数是深度计算的标准偏差,可视为用来校验深度计算的完整性。这个参数表明深度计算是稳定的,没有因为噪音而过分波动。深度计算标准偏差涉及到一个 10 赫兹的带宽,它最好小于 5% 或者小于 2%,或者小于 1%

[0130] 进一步的参数是在多媒体数字信号编解码器的动态范围内,输入到其中的所有信号,可视为用来校验深度计算的完整性,如果信号输入到多媒体数字信号编码器中被发现在多媒体数字信号编解码器的动态范围之外,这将导致多媒体数字信号编解码器采样的不准确性。

[0131] 进一步的参数是天线测量的信号的一阶导数,即 dU/dt ,可视为用来校验深度计算的完整性。这个参数确保手段有效,在这段时间内参数充当一个反弹道滤波器,使得深度被计算出。信号测量的一阶导数应该少于信号 / 秒的 5%,最好信号少于信号 / 秒的 2% 或者 1%。

[0132] 进一步的参数是交叉在 (2 个或者 3 个) 天线之间用来检测埋入式导体的信号辐射的相关联相位,可视为用来校验深度计算的完整性。天线间的相位差应该少于 5°,最好少于 2° 或者 1°。

[0133] 一个或者多个以上参数可以视作去确定深度计算具有良好的完整性。上述所描述的极限值依赖于信号强度,计算脉冲响应的滤波器的带宽和导体深度被检测。

[0134] 各种修改对于本领域技术人员是显而易见的且期望在权利要求书的保护范围中包括所有这些修改。

[0135] 在目前的实施例,探测仪不仅不停地计算埋入式导体的深度,而且当达到满意的预定数值时,计算的深度将被显示。在其他实施例中,当达到满意的预定数值时,探测仪可以在用户的界面上显示一个图像或者去制造一个听得见的声音去通知操作者。二者选一的,当达到满意的预定数值时,探测仪可以被设定使得深度被计算。

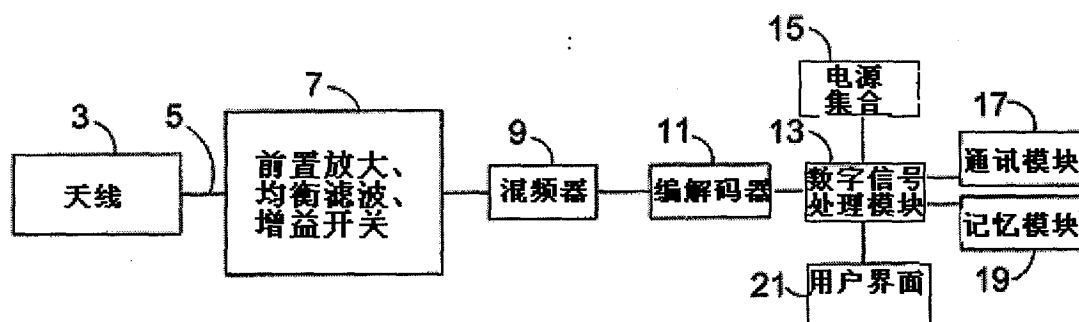


图 1

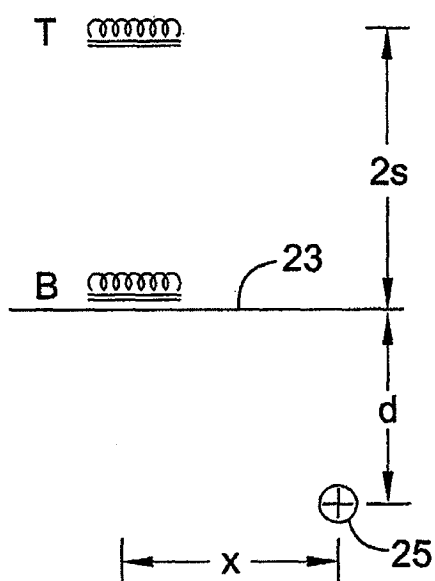


图 2

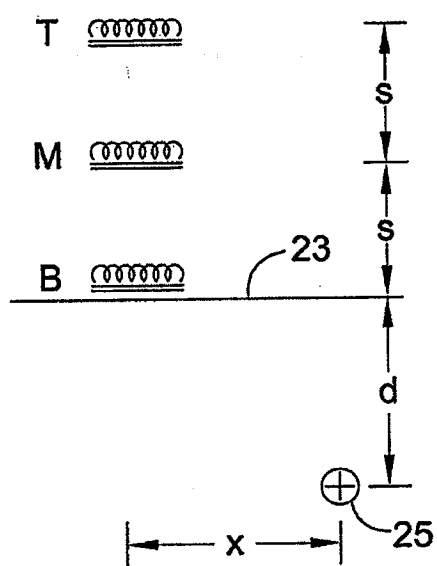


图 3

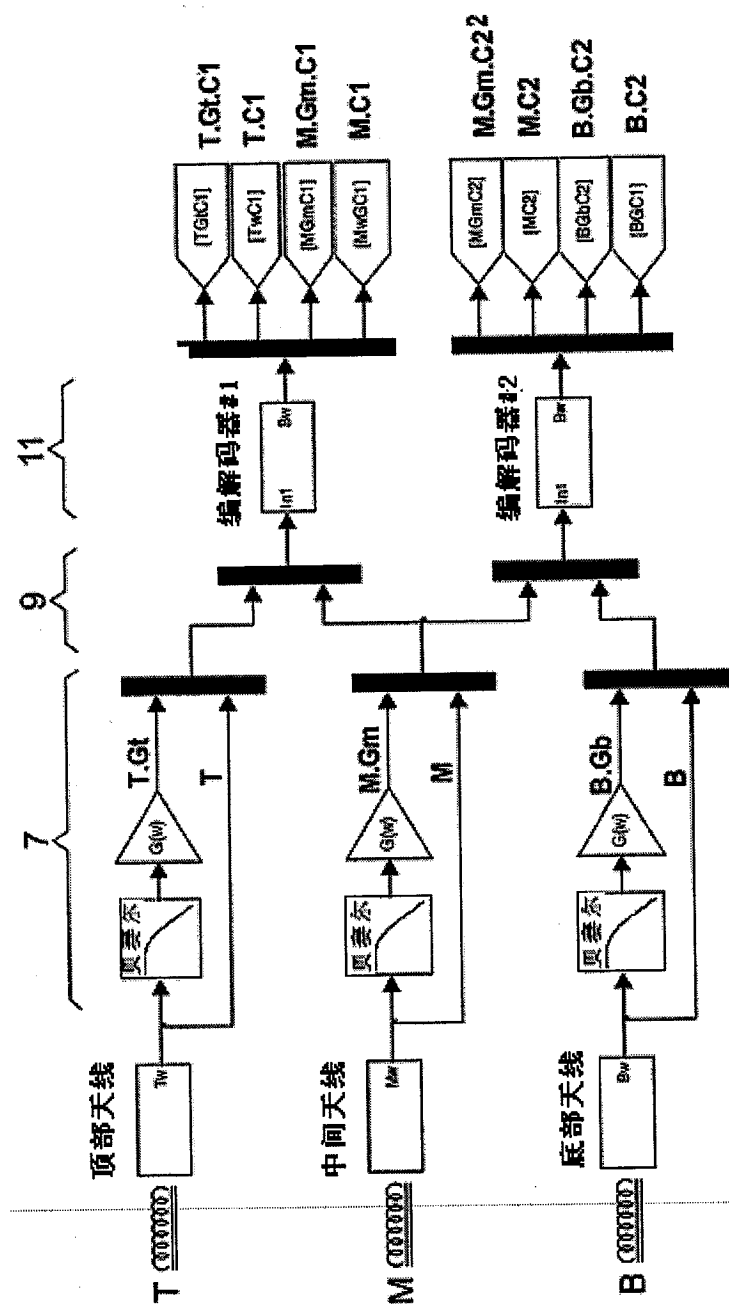


图 4

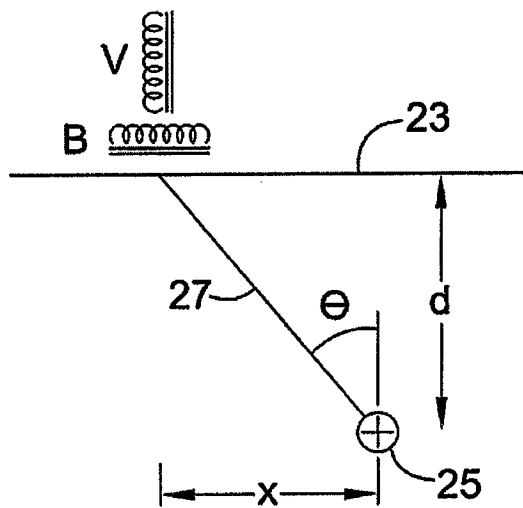


图 5

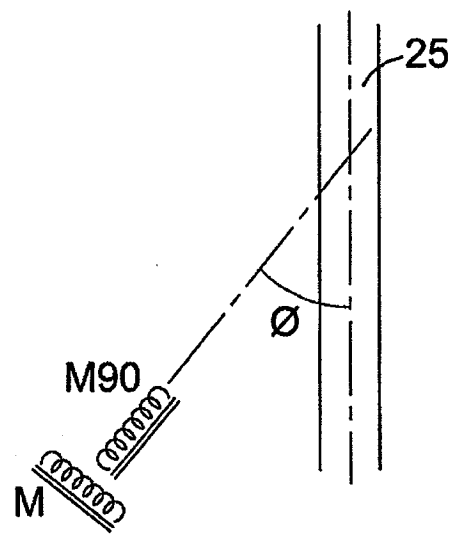


图 6

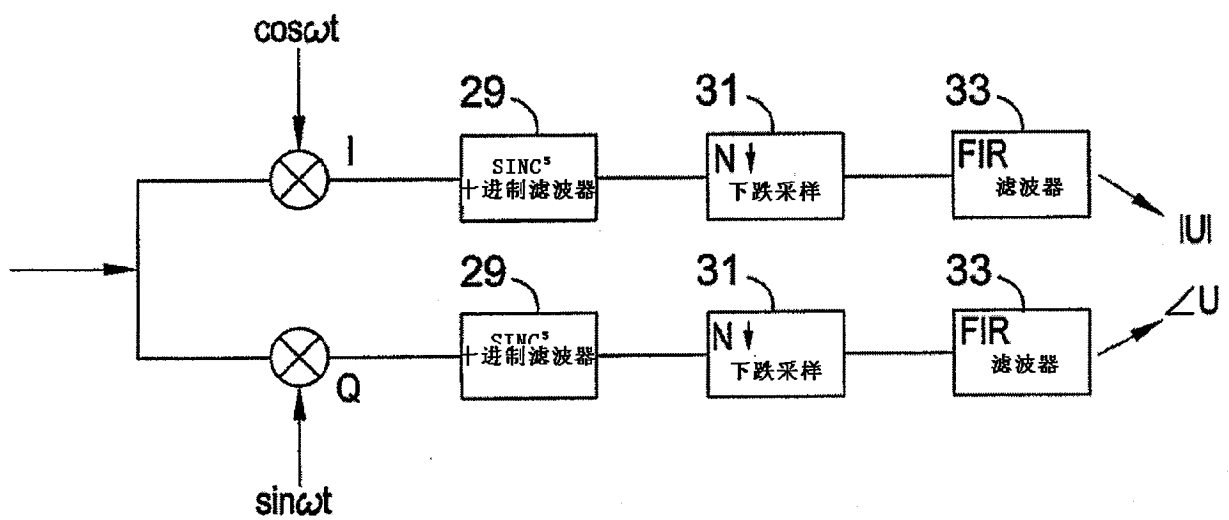


图 7