

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101124489 B

(45) 授权公告日 2011. 05. 18

(21) 申请号 200580005653. 8

(22) 申请日 2005. 02. 23

(30) 优先权数据

60/546, 862 2004. 02. 23 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 08. 22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/005821 2005. 02. 23

(87) PCT申请的公布数据

W02005/081993 EN 2005. 09. 09

(73) 专利权人 哈利伯顿能源服务公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 保罗·F·罗德尼

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 代易宁 车文

(51) Int. Cl.

G01V 1/40(2006. 01)

E21B 47/024(2006. 01)

E21B 47/09(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4710708 A, 1987. 12. 01, 全文.

US 5724308 A, 1998. 03. 03, 全文.

US 6435286 B1, 2002. 08. 20, 全文.

审查员 王敏

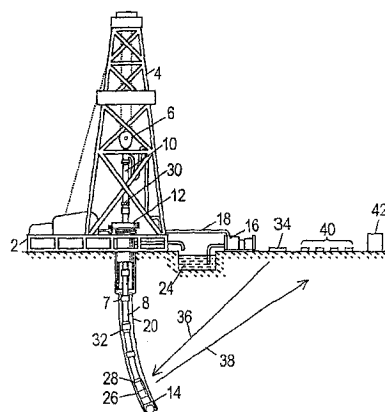
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

井下定位系统

(57) 摘要

本发明公开了一种井下定位系统和相关的方法。在一些实施例中,该系统包括井下源,接收器阵列和数据集中器。该井下源发射由该接收器阵列接收的电磁定位信号。该数据集中器从该阵列的接收器收集该电磁定位信号的幅值和 / 或相位测量值,并综合这些测量值以确定该井下源的位置。该位置可以随时间不断跟踪以确定该源的路径。位置计算可以采用各种形式,包括为该阵列的多个接收器确定源与接收器的距离,结合该距离的几何分析,以确定源的位置。该电磁定位信号可以是亚赫频率范围内的信号。



1. 一种井下定位方法,其包括以下步骤:

从井孔中的源发射电磁定位信号,该电磁定位信号是由一地面发射器向该源发射的指示信号导出的;

在多个接收器的每一个处接收来自井孔中的源的电磁定位信号;以及

综合来自每个接收器的电磁定位信号的定位信号测量值,以确定该源的位置,每个定位信号测量值代表每个接收器处的电磁定位信号的幅值和相位。

2. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

跟踪该源的位置以确认井孔轨迹。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述的综合步骤包括:

对于每个接收器确定源与接收器的距离;和

用该源与接收器的距离计算该源的位置。

4. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

在多个接收器的每一个处接收来自所述地面发射器的指示信号;以及

从该指示信号导出一基准信号。

5. 如权利要求 4 所述的方法,还包括:将每个接收器处的电磁定位信号与该基准信号作比较,以测量相位差。

6. 如权利要求 4 所述的方法,其中该指示信号作为电磁波发射。

7. 如权利要求 5 所述的方法,还包括:校正相位差以补偿指示信号传播时间。

8. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

用三轴磁强计测量在每个接收器的该电磁定位信号的幅值。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中该电磁定位信号具有小于 1Hz 的频率。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其中该源包括磁极偶子。

## 井下定位系统

[0001] 关于政府资助的研究或开发的声明

[0002] 不适用

### 背景技术

[0003] 由于沿着井孔轨迹的定位不精确和沿着这种轨迹关于取自同一井中地层性质的测井记录的位置不精确,可能发生许多代价昂贵的和 / 或危险的情况。具体说,下面所述是由于定位误差导致的问题的例子。

[0004] 在高度开发的井区,定位误差可能导致井孔冲突。不同井孔的相交可能导致不同井孔中的动作之间的不希望的作用,包括损坏管线以及意想不到的流体交换。

[0005] 当在具有已知地质模型的井区进行地质操作钻井时,定位误差可能导致钻井判断误差。测量的地层性质可能与模型中不正确的地基 (bed) 相关,导致钻井者沿着错误识别的地基操作井孔轨迹或进入错误识别的区域。

[0006] 定位误差还可能使操作者不能确定地质模型和测井记录不一致的原因。当这种不一致是由于定位误差造成的时,操作者不能确定该模型本身是否不正确 (作为一种副效应,可利用的定位测量技术和大多数随钻测井 (“LWD”) 传感器的垂直分辨率之间的分辨率的不同使得很难使测井记录与形成地质模型所用的地层评估数据发生关联)。

[0007] 最重要的是,定位误差能够妨碍钻井者实现最佳的完井位置,并且甚至导致偏离租用线。上述每个问题均可能降低从油层生产石油的效率。

### 发明内容

[0008] 上面提出的问题大部分由公开的井下定位系统和相关方法解决。在一些实施例中,该系统包括井下源,一系列接收器以及数据集中器。该井下源发射由该一系列接收器接收的电磁定位信号。该数据集中器收集来自该系列的接收器的电磁定位信号的幅值和 / 或相位测量值,并综合这些测量值以确定井下源的位置。可以随时间不断跟踪该位置以确定该源的路径。位置计算可以采取各种形式,包括为该阵列中的多个接收器确定“源到接收器”的距离,与该距离的几何分析结合以确定源位置。电磁定位信号可以是在亚赫频率范围内。

### 附图说明

[0009] 按照下面结合附图对优选实施例的详细描述能够更好地理解本发明,其中:

[0010] 图 1 是示例性的井下定位系统的环境视图;

[0011] 图 2 是用于示例性磁偶极子的磁场图形的侧视图;

[0012] 图 3 是用于地面发射器和地面接收器阵列的示例性布局的俯视图;

[0013] 图 4 是示例性的基准发射器的功能方块图;

[0014] 图 5 是示例性的井下发射器的功能方块图;

[0015] 图 6 是示例性的地面接收器的功能方块图;

[0016] 图 7 是示例性的井下定位方法的流程图;以及

[0017] 图 8 是用于不同地层电阻和井下发射器 / 地面接收器距离的相位移对信号电平の説明图。

### 具体实施方式

[0018] 虽然本发明容许各种修改和替换的形式,但是在附图中以举例的方式示出具体实施例并对其进行详细描述。然而应当理解附图和详细描述不是想要将本发明限制在公开的具体形式,而是相反,旨在涵盖由权利要求限定的属于本发明精神实质和范围内的所有的修改、等同形式和替换。

[0019] 专用术语

[0020] 在下面整个说明和权利要求中所用的一些术语指的是具体的系统部件。本文献不想区分名称不同而不是功能不同的部件。术语“包括”和“包含”用于开放式,因此应当解释为是指“包括而不限”。术语“耦联”意图是指或者间接,或者直接电、机械或热连接。因此,如果第一装置耦联于第二装置,那末,连接可以是直接连接,或者通过经由其它装置或连接器的间接连接。

[0021] 详细描述

[0022] 图 1 示出具有井架 4 的钻井平台 2,该井架支撑一吊车 6。井孔,例如,井孔 20 的钻探可以用由“工具”接头 7 连接在一起的一串钻管 8 以便形成钻柱来实现。吊车 6 悬挂一传动钻杆 10,其用于通过旋转台 12 降低钻柱。连接于钻柱下端的是钻头 14。井孔 20 通过旋转该钻柱和 / 或通过利用井下马达旋转钻头 14 来钻出。钻井液,一般不严谨的称之为“泥浆”,由泥浆再循环设备 16 通过供给管 18,通过传动钻杆 10,并且向下通过钻柱的内部通道泵送。泥浆通过钻头 14 中的孔(未示出)流出钻柱。该泥浆然后经由钻柱的外表面和井孔壁之间的环形通路 30 通过井孔 20 向上送回到地面。在地面上,泥浆流进泥浆池 24,泥浆从该泥浆池可以由再循环设备 16 抽出,进行净化并重新利用。钻井泥浆可以用来冷却钻头 14,将切屑从井孔 20 底部带回地面,并且平衡周围地层的流体静压力。

[0023] 钻头 14 是底孔组件的一部分,该底孔组件包括井下定位收发器 26。该底孔组件还可以包括各种随钻测井(LWD)工具和遥测收发器 28。如果包括在该组件中,则各种 LWD 工具可以用于获得关于周围地层的信息,并且遥测收发器 28,或许,经由一个或沿着钻柱周期的间隔的多个遥测重发器 32,可以用于向地面收发器 30 传递遥测信息。在一些实施例中,控制信号可以从地面收发器 30 传递给遥测收发器 28。

[0024] 图 1 还示出示例性的井下定位系统的各种部件,其中,基准发射器 34 发射指示信号 36。指示信号 36 用作定时基准,而在一些实施例中,它作为低频电磁信号传送给井下定位收发器 26 和接收器阵列 40 中的接收器。在各种可选实施例中,指示信号 36 可以由地面收发器 30 通过井孔发射,或者,如果井下定位收发器 26 和接收器阵列 40 能够得到特别精确的定时基准,则整个地略去。

[0025] 井下定位收发器 26 发送与定时基准相配合的低频电磁信号 38,以便能够用于确定定位收发器 26 和阵列 40 中的各种接收器之间的传播时间。阵列 40 中的接收器测量电磁信号 38 的幅值和相位并且将它们的测量值传递给数据集中器 42。在一些实施例中,数据集中器 42 只是一种收集站,用于收集并存储用于以后分析的接收器阵列测量。在另一些实施例中,数据集中器 42 包括一些处理能力,用于综合来自各接收器的测量值,以确定井下

定位收发器 26 的位置和路径。虽然作为独立的部件示出,但是基准发射器 34 和数据集中器 42 与阵列 40 中的一个或多个接收器可以是一体的。

[0026] 电磁信号 36 和 38 可以用多种合适的天线装置中的任何一种发射和接收。图 2 示出与包括许多圈电导体绕组的示例性磁偶极子 27 相关的磁场图形。当交流电通过该电导体时,磁偶极子 27 产生交变磁场图形,其形状由磁力线 39 表示(该磁场是关于轴线 45 轴向对称的)。在自由空间中,磁场的强度与距发射器的距离成反比,并且该交变磁场的相对相位与距离成线性变化。虽然这些因素受地下地层的影响,但是磁场幅值和相位仍然能用作测量地下定位收发器 26 和阵列 40 中的接收器之间的距离。

[0027] 图 3 示出地面发射器 34 和地面接收器阵列的示例性布局。如图所示,地面发射器 34 采用磁偶极子的形式。在一些实施例中,地面发射器 34 包括携带 10 安培(指示信号)电流的半径为 100 米的回路。该指示信号电流以  $10^{-3}$ Hz 到 1Hz 之间范围内的非常低的频率振荡。在一些实施例中,当井下定位收发器行进到离接收器阵列 40 更远时,该频率从  $10^{-1}$ Hz 缓慢降低到  $10^{-2}$ Hz。

[0028] 井下定位收发器 26 可以具有磁场接收天线。在一些实施例中,这种接收天线包括半径为 6.35cm 的 5000 匝绕组,绕在相对磁导率为 1000 的芯上。井下定位收发器 26 检测指示信号 36 并产生相位锁定于该指示信号的低频定位信号。为了发射该定位信号,井下定位收发器 26 可以采用具有与接收天线类似特性的磁偶极子发射天线 27。在一些可选实施例中,井下定位收发器可以采用机械致动的磁偶极子发射器,如在 2004 年 5 月 28 日由发明人 Li. Gao 和 Paul Rodney 提交的名称为“DownholeSignal Source(井下信号源)”的美国专利申请 10/856,439 号中所公开的发射器。上述申请通过引用结合于此。

[0029] 阵列 40 中的接收器每个可以包括三轴磁强计。在一些实施例中,该磁强计可以具有用于运动补偿的加速表。在一些可选实施例中,每个接收器可以包括用于测量磁场强度的超导量子干扰装置(“SQUID”)。每个接收器测量接收的定位信号的幅值和相位(关于地面接收器阵列中的固定位置,或关于指示信号 36)。阵列 40 中的接收器分开设置,以便使该测量能够用于对信号源的位置即井下定位收发器 26 的位置进行几何确定。该阵列 40 可以包括最少三个接收器(当约束条件设置在井孔路径中时,两个就足够),但是,当接收器的数量增加时能够预期提高的定位精度。接收器的共线性在可行性约束范围内应当最小化。

[0030] 图 4 示出示例性基准发射器的方块图。精确时钟 402 产生非常稳定和非常精确的时钟信号。振荡器 404 将时钟信号转换成具有预定频率(例如 0.1Hz)的正弦信号。驱动器 406 放大该正弦信号并且给天线 408 以动力,以发射指示信号 36(图 1)。天线 408 可以是如上所述的磁偶极子,但是也可以采用其它合适的形式,包括电偶极子或电单极子。

[0031] 图 5 示出示例性井下定位收发器的方块图。接收天线 502 耦联到检测指示信号 36 的接收单元 504。倍频器 506 偏移检测到指示信号的频率以产生与指示信号同步的定位信号。在可选实施例中可以使用分频器用于偏移频率。优选用很小的乘数或除数(例如 2 或 3)以将两种信号保持在低频范围。发射单元 508 放大定位信号并给发射天线 510 以动力以发射定位信号 38(图 1)。在一些实施例中,接收和发射天线可以是同一个,而在另一些实施例中两个天线可以是分开的和/或正交取向的。发射天线 510 可以采用磁偶极子、电偶极子或机械致动的磁源的形式。

[0032] 图 6 示出阵列 40 中示例性的接收器的方块图。天线 602 接收指示信号 36 和定位信号 38 的组合。滤波器 604 根据它们不同的频率将两种信号分开。该指示信号由倍频器 606 (或分频器) 进行频率偏移,以重新产生井下定位收发器 26 的运行。该定位信号由确定该接收的定位信号的幅值并将该定位信号放大到预定幅值(自动增益控制)的幅值检测单元 608 进行处理。相位锁定回路 612 产生相位锁定在放大的定位信号的“干净的”振荡信号。相位检测器 612 确定来自相位锁定回路 612 的干净振荡信号和来自倍频器 606 的重新产生定位信号之间的相位差。该相位差和幅值测定值通过接口 614 发送到数据集中器 42(图 1)。

[0033] 图 8 示出相位差和幅值测量值怎样用于计算信号源距进行这些测量的接收器的距离。虽然示例性的图用于井下定位系统的可选实施例,但是其原理可用于前面附图所示的实施例。图 8 示出三个作为幅值函数的相位测量曲线,用于具有三种不同电阻:0.1 Ω m、1 Ω m、10 Ω m 的均质地层。连接这些曲线的是表示该源和接收器之间不同距离的 11 根相交直线:100m、1km、2km、3km、... 10km。如虚线所示,对于给定的定位信号频率的信号幅值的测量值( $2.5 \times 10^{-6}$  伏)和相位移(45。)对应于电阻(1 Ω m)和距离(2km)的唯一组合。这些曲线和直线可以参数化以便能够同样地确定不直接落入该直线上的点。

[0034] 在非均质地层中,不同地层构成部分的电阻可以通过传播的电磁波基本上一起平均。因此,相位和幅值测量值可表示有效电阻,即用于将产生同样测量值的均质地层的电阻。

[0035] 图 7 示出示例性的井下定位方法,该方法可以被处理由数据集中器收集的数据的数据集中器 42 或计算机采用。该方法包括跟踪井下定位收发器 26 的回路。在方块 702 中,基准发射器 34 和阵列 40 中每个接收器的当前位置被确定。在一些实施例中,这些位置可以通过与相应的部件成一体的全球定位系统(GPS)接收器确定。在另一些实施例中,这些位置可以用传统的测量技术确定。在允许地面发射器 34 和/或接收器能够运动的系统体系中,这些位置被周期性地重新确定。

[0036] 在方块 704 中,从阵列 40 中的每个接收器收集当前幅值和相位测量值。在方块 706 中,幅值校正应用于该幅值测量值以补偿在接收器特性中的变化。此外,相位校正应用于每个相位测量值。该相位校正不仅补偿接收器特性的变化,还补偿从基准发射器到各接收器的指示信号的各个传播延迟。在一些实施例中,附加的自适应的相位校正可以确定以补偿指示信号从基准发射器到井下定位收发器的传播延迟。这种附加的相位校正该基准发射器和井下定位收发器之间材料的有效电阻和磁导率的函数,并且它随着井下定位收发器相对于发射器和接收器的移动而变化。该附加的相位校正可以应用于每个相位测量值或只作为该位置计算中的参数计入。

[0037] 在方块 708 中,收发器的井下位置用幅值和(校正的)相位测量值计算。图中所示的一些实施例可以进行这种计算,但是很多算法可以用于这种计算。在一些实施例中,电阻确定作为位置的函数被监控并且用于构造地下结构的模型,然后考虑到模型的作用用于随后的位置计算。在这些和其它实施例中,可以采用阵列处理技术以估算定位信号的波前并且用这些估算来计算信号源位置。

[0038] 在方块 710 中,对每个接收器的测量值,确定距离和有效电阻。这可以按照如前面关于图 8 的描述那样进行。在方块 712 中,根据各种距离测量值进行几何分析以确定井下

收发器的位置。

[0039] 在方块 714 中,该计算的位置被用来更新当前位置测量值(该当前位置测量值可以用最新位置测量值的加权平均确定)。该更新的位置测量值又可以用于更新收发器路径的模型。当收发器 26 沿着井孔行进时,该测量出的位置将示踪三维空间的路径。该位置测量值之间的路径段可以用插值法估算。

[0040] 重复该循环以示踪该收发器 26 的位置和轨迹。虽然该收发器的源可以以非常低的频率(亚赫)进行,但是希望采用超采样(oversampling)(或者甚至模拟处理)以提高相位检测精度。因此,预期测量和计算速率将明显高于信号频率,例如,采样速率为 1-10Hz。这种超采样也使前述方法能够用于具有相对高的收发速度(例如 1m/s)的电缆应用。

[0041] 上述方法能够用软件的形式进行,在诸如光盘、磁盘、闪存,或其它稳定的存储装置的信息存储介质上的该软件可以与计算机或其它处理系统连通。可选地,这种软件可以经由网络或其它信息传输介质与计算机或处理系统连通。该软件可以以各种形式提供,包括可翻译的“源码”形式和可执行的“编译”码形式。

[0042] 在各种可选实施例中,井下定位系统可以包括地面上的以低于 1Hz 的不同频率传输的多个源。井下收发器 26 可以对来自该源的电磁信号进行幅值和 / 或相位测量,以能够用于对每个源进行距离确定,并用这些距离进行随后的位置确定。

[0043] 对于本领域的技术人员来说,在对上述公开的内容充分理解之后,许多变化和修改将变得显而易见。例如在一些实施例中,可以取消定时基准(和相位差),并且距离计算可以完全根据由接收器阵列测量的信号幅值进行。旨在下面的权利要求解释为包括所有这种变化和修改。

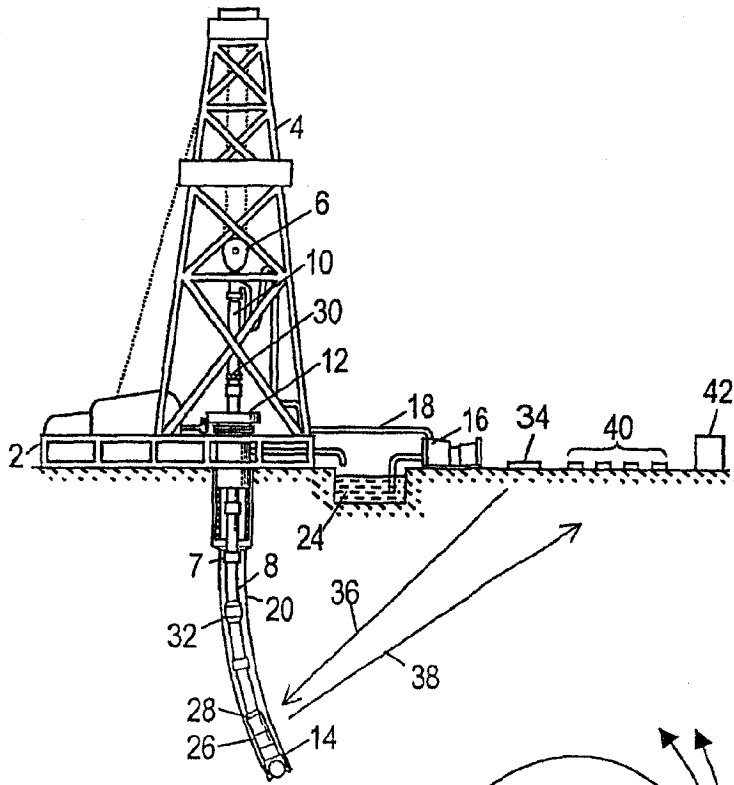


图1

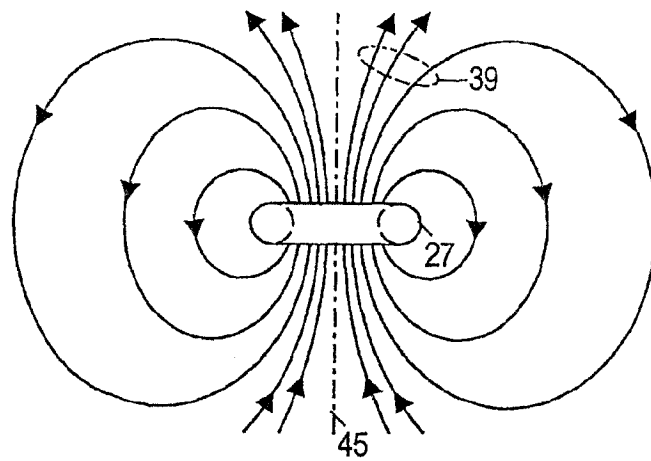


图2

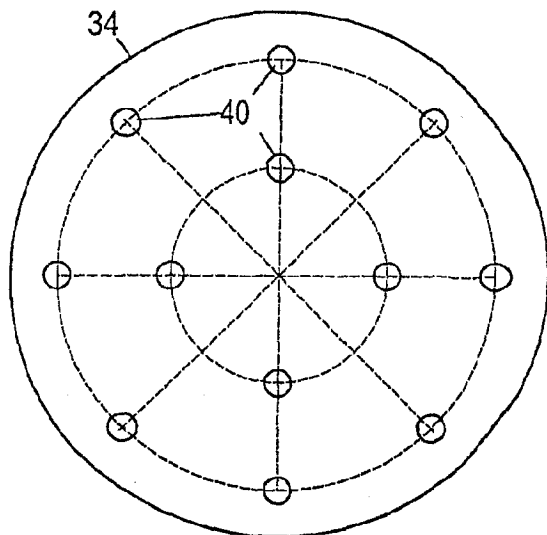


图3



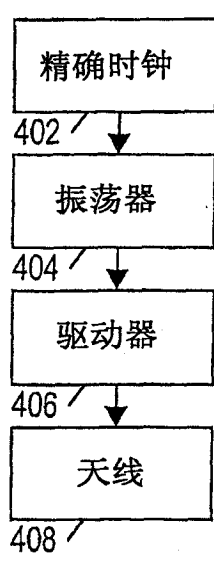


图 4

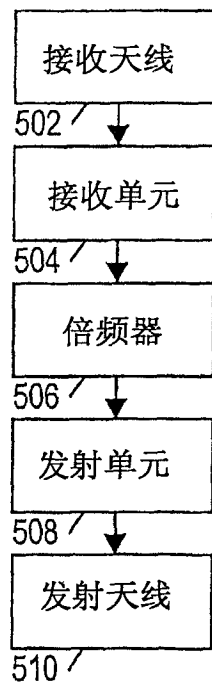


图 5

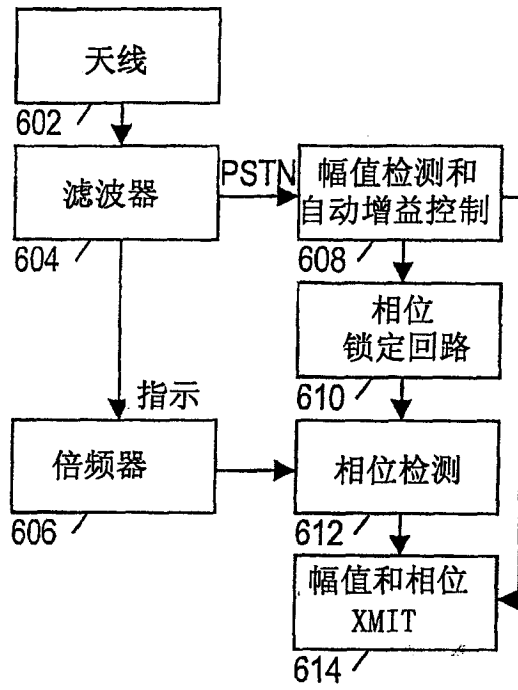


图 6

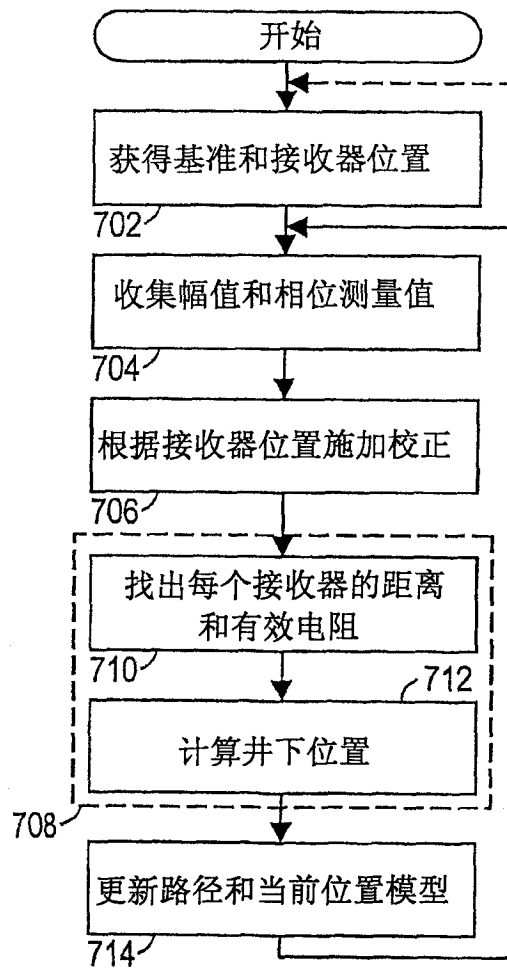


图 7

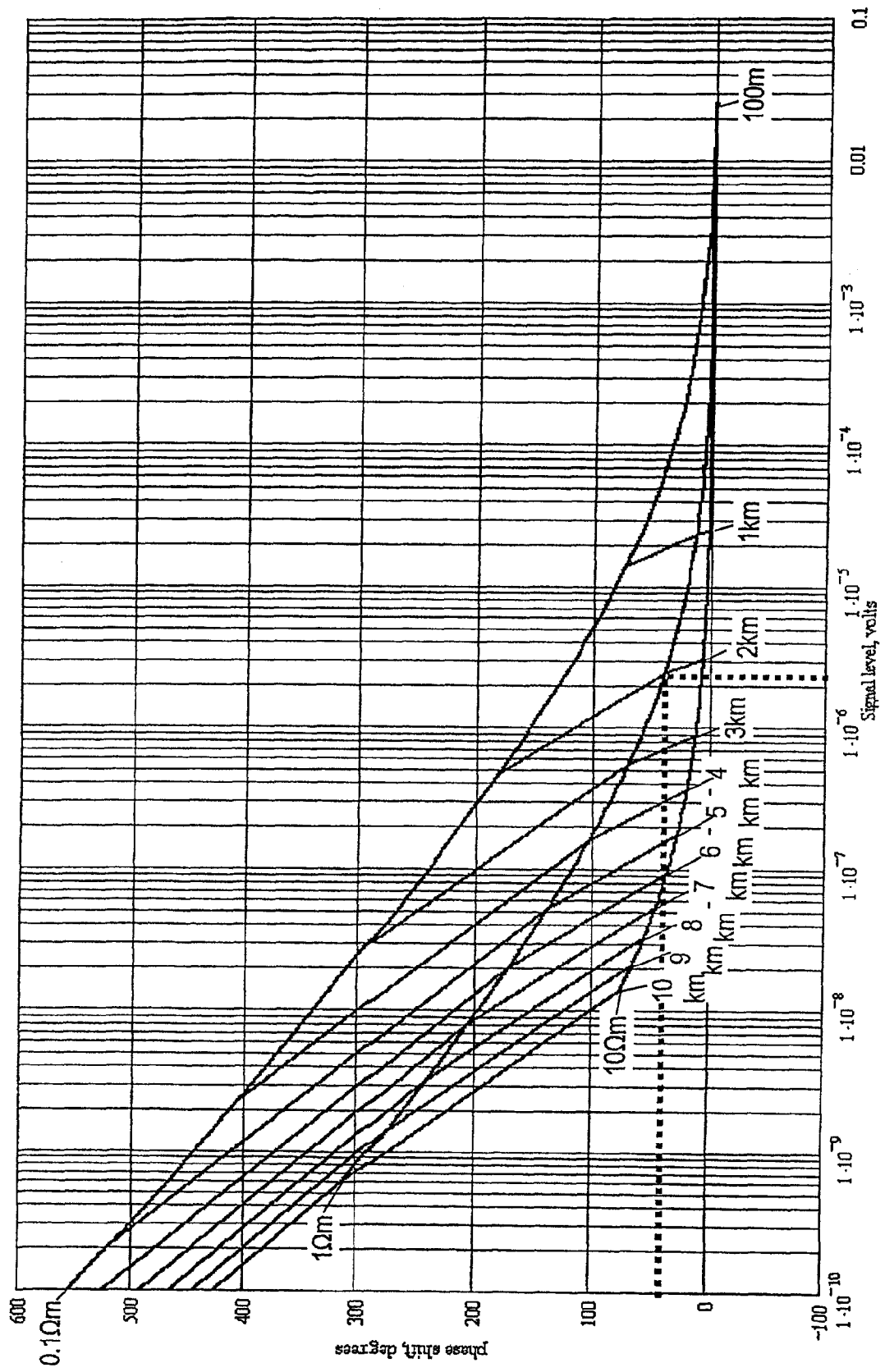


图8