(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201749196 U
(45)授权公告日 2011.02.16

(21)申请号 200920007564.2

(22)申请日 2009.03.02

(30)优先权数据
0803874.7 2008.02.29 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 杰夫·汤普森

(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.
G01V 3/08(2006.01)

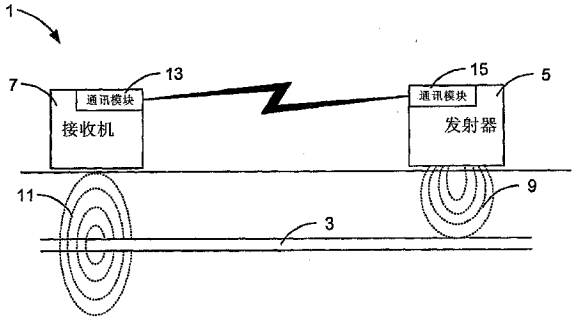
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

(54)实用新型名称

探测掩埋导体的系统

(57)摘要

一种探测掩埋导体的系统包括一个发射器，其可以在掩埋的导体中产生交流测试电流，和一接收器，其可以探测由掩埋导体上测试电流产生的电磁场。在接收器和发射器之间设置一通信链接。接收器测量由测试电流产生电磁场的信噪比，并且如果这个信噪比低于一个门限，则接收器控制发射器设定测试电流的频率和/或功率特性。该系统用于探测掩埋于地下的导体。



CN 201749196 U

1. 一个探测掩埋导体的系统，其特征是，该系统包括：

可在所述的掩埋导体上产生一个交流测试电流的装置；可探测所述的掩埋导体上的测试电流产生的电磁场的装置；和在可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间可提供通信链接的装置；

其中可产生交流测试电流的装置和可探测电磁场的装置被分别设置为具有以下通讯链接关系的装置：可探测电磁场的装置可以根据可探测电磁式装置探测的电磁场的响应，设定由可产生交流测试电流的装置产生的测试电流的特性。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，该可产生交流测试电流的装置和可探测电磁场的装置被分别设置为具有以下通讯链接关系的装置：

可探测电磁场的装置设置为可以确定测试电流的理想特性，并且发送这个测试电流的理想特性给可产生交流测试电流的装置；

和可产生交流测试电流的装置设置为可以接收测试电流的理想特性，并且根据由可探测电磁场的装置确定的理想特性来设置测试电流的特性。

3. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接由可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置每个都有的收发机提供。

4. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接可以是双工或半双工的通信链接。

5. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，可探测电磁场的装置还包括计算在特定频率上探测到的电磁场的信噪比的装置。

6. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接可以是无线通信链接。

7. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，所述掩埋导体的测试电流可以由可产生交流测试电流的装置通过输出模块产生，这个输出模块可以辐射电磁场从而在所述的掩埋导体内感应测试电流，或者间接地连接所述的掩埋导体的一部分或者将输出模块固定在所述的掩埋导体的附近。

8. 如权利要求 1 所述的系统，其特征是，可探测电磁场的装置包括可以探测由所述掩埋导体中的测试电流产生的电磁场的多个天线。

9. 如权利要求 8 所述的系统，其特征是，该系统还包括一个放大器可以放大场强信号，和一个模数转换器可以转换场强信号为数字信号；和一个数字信号处理器可以处理数字信号并且隔离预定频率带宽的信号。

10. 一个探测掩埋导体的系统，其特征是，该系统包括：

一个可在所述的掩埋导体上产生一个交流测试电流的发射器；

一个可探测所述的掩埋导体上的测试电流产生的电磁场的接收器；和

一个在发射器和接收器之间可提供通信链接的装置；

其中发射器和接收器之间的通信链接关系被设置为：接收器可以根据接收器探测的电磁场的响应，设定由发射器产生的测试电流的特性。

探测掩埋导体的系统

技术领域

[0001] 本实用新型有关一种探测掩埋导体的系统。

背景技术

[0002] 在对埋有电缆，光纤或其它公共运输管路或管道地方进行开挖或其它工作之前，确定掩埋的线缆或管路的位置非常重要，从而避免在工作中将掩埋的线缆或管路损坏。一旦掩埋的设施的位置确定后，掩埋的公共设施的深度就可以被计算出来，从而确定一个安全的开挖深度。

[0003] 通电导体会产生电磁辐射，而电磁辐射可以有电天线探测出来。如果光纤缆线或非金属的公共管路或管道安装有小型追踪电线，该追踪电线可以感应交流电从而产生电磁辐射。众所周知，使用探测器可以探测到由通交流电的导体产生的电磁场。

[0004] 一种此类探测器工作在两个模式中的一种上，称为“主动”或“被动”模式。每一个模式有其自有的探测频率带宽。

[0005] 被动模式包括“电源”模式和“辐射”模式。在功率模式下，探测器可以探测到由50/60 赫兹主电源供电的交流电的导体产生的磁场，或者由于位于附近带交流电并且具有高达 5K 赫兹的高次谐波的电缆感应，从而使一个导体间接辐射的磁场。在辐射模式下，探测器可以探测到掩埋导体再辐射的超低频的辐射能量。原始的超低频的辐射信号源是由多个超低频长波发射器产生的，其可以是军用或民用的。

[0006] 在主动模式下，信号发射器可以产生已知频率和幅度的交变磁场，其可以在附近掩埋的导体上感应出电流。信号发射器可以直接与导体连接，或者在不能实现直接相连的情况下，信号发射器可以放置在接近掩埋导体的地方并且可以在导体上感应出信号。掩埋导体再辐射的信号是由信号发射器产生的。

[0007] 当使用主动模式的时候，必须考虑多个因素。当发射器由板上电池供电的时候，有效的产生测试信号并且尽可能节约使用发射器的能量就非常的重要，从而最大程度上延长发射器电池的使用寿命。因此发射器发出的可探测的测试信号的能量应该尽可能小，从而减少电池消耗。此外，高功率信号会与无关线缆发生耦合并且传播到其它线缆上，从而使探测目标掩埋导体产生困难。

[0008] 发射器可以在多个频率上传输一个交流测试信号。频率的选择依据多个因素，例如，将测试信号感应在掩埋导体的方便性和相邻信号产生的干扰。

[0009] 对于交流测试信号的频率选择，当线缆的阻抗很高时（一般指如果地面是干的，或者当目标线缆是绝缘的双线并且没有共同的接地参数的时候），使用高频信号；对于主供电电缆和连续的金属管道，使用中频信号；对于长距离追踪，并且在线缆终端有很好的接地贿赂的时候，使用低频信号。

[0010] 初始选择的测试信号的频率也许由于相邻信号的干扰变得不适合。由其它相邻导体承载的信号与测试信号在同一个频率上或者是测试信号频率的谐波频率会导致接收器探测到的信号具有很差的信噪比。这种相邻频率造成的干扰会要求改变发射器产生的信号

的频率，从而避免相邻信号产生的干扰。

[0011] 因此，当使用发射器在掩埋的导体上产生一个交流测试电流的时候，操作者可能需要重复设置发射器的信号功率和频率，使发射器产生的信号的频率具有合适的频率和有效功率从而可以被接收器探测出来。这需要发射器和接收器分别配备一个操作员，或者一个操作员往返于发射机和接收器放置的目标地点之间，这非常的耗费时间。

[0012] Schonstedt Instruments Co. 的美国专利 US 6356082 揭露了一个探测掩埋导体的系统，包括一个发射器和一个接收器，在两者之间建立一个无线链接，从而允许远离发射器的操作员从接收器处就可以从发射器处得到重要信息，并且控制发射器的操作。

[0013] 当将一个测试信号应用于一个待追踪的目标掩埋导体的时候，如果有第二个掩埋导体非常接近于目标导体，就会有困难产生。当第二个导体载有接地回路电流的时候，由于两个掩埋导体之间的耦合电容或直接接合，载有测试信号的目标掩埋导体辐射的场可能会在第二个掩埋导体上感应出电流。第二个导体上的感应电流会使第二个导体产生再辐射，并且被接收器接收。因此，当追踪掩埋导体路径的时候，需要确认被追踪的导体是目标导体而不是第二个掩埋导体，因为测试信号从目标导体上耦合到第二个掩埋导体上。

[0014] 雷迪有限公司的专利 WO90/09601 描述了一个追踪一个掩埋的通电导体，具体内容如下。一个交流测试信号具有第一和第二部分，其频率和相位相关，应用于一个目标导体，并且电磁场从多个不同的地点被探测。通过考虑第一和第二部分的相位，可以确定被探测到的导体是目标导体还是第二个导体。

[0015] 在本申请中，我们描述了一个可探测掩埋导体的改进系统，可以克服传统系统的不足之处。

实用新型内容

[0016] 本实用新型的第一个目的是提供一个探测掩埋导体的系统，该系统包括：一个可在所述的掩埋导体上产生一个交流测试电流的装置；一个可探测所述的掩埋导体上的测试电流产生的电磁场的装置；和一个在探测电磁场的装置和产生交流测试电流的装置之间可提供通信链接的装置；其中可产生交流测试电流的装置和可探测电磁场的装置被分别设置为具有以下通讯链接关系的装置：可探测电磁场的装置可以根据可探测电磁式装置探测的电磁场的响应，设定由可产生交流测试电流的装置产生的测试电流的特性。

[0017] 该可产生交流测试电流的装置和可探测电磁场的装置被分别设置为具有以下通讯链接关系的装置：：可探测电磁场的装置设置为可以确定测试电流的理想特性，并且发送这个测试电流的理想特性给可产生交流测试电流的装置；和可产生交流测试电流的装置设置为可以接收测试电流的理想特性并且根据由可探测电磁场的装置确定的理想特性来设置测试电流的特性。

[0018] 由可探测电磁场的装置的测试电流的特性包括测试电流的功率和 / 或频率。

[0019] 可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接由可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置每个都有的收发机提供。

[0020] 可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接可以是双工或半双工的通信链接。

[0021] 可探测电磁场的装置还包括计算在特定频率上探测到的电磁场的信噪比的装置。

[0022] 计算在特定频率上探测到的电磁场的信噪比的装置与可探测电磁场的装置之间的通信链接关系是：如果信噪比低于一个较低门限，所述可探测电磁场的装置可改变交流测试电流的频率。

[0023] 所述的较低的门限可以是 10Hz 带宽的 20dB，最佳地是 10Hz 带宽的 12dB 和 10Hz 带宽的 6dB。

[0024] 可探测电磁场的装置设置为可改变交流测试电流的功率，如果信噪比高于一个较高门限。所述的较高的门限可以是 10Hz 带宽的 40dB，最佳地是 10Hz 带宽的 50dB 和 10Hz 带宽的 60dB。

[0025] 可探测电磁场的装置设置为可根据发射器接地复数阻抗来设定测试电流的特性。

[0026] 可探测电磁场的装置和可产生交流测试电流的装置之间的通信链接可以是无线通信链接。无线通信链接可以使用蓝牙通信协议。

[0027] 可探测电磁场的装置设置为可设定由发射器产生的测试电流的特性，而不需要系统操作员的干预。

[0028] 所述掩埋导体的测试电流可以由可产生交流测试电流的装置通过输出模块产生，这个输出模块可以辐射电磁场从而在所述的掩埋导体内感应测试电流，或者间接地连接所述的掩埋导体的一部分或者将输出模块固定在所述的掩埋导体的附近。

[0029] 可探测电磁场的装置包括可以探测由所述掩埋导体中的测试电流产生的电磁场的多个天线。

[0030] 每一个天线输出一个场强信号代表该天线的电磁场。

[0031] 该系统还包括一个放大器可以放大场强信号，和一个模数转换器可以转换场强信号为数字信号；和一个数字信号处理器可以处理数字信号并且隔离预定频率带宽的信号。

[0032] 本实用新型的第二个目的是提供一个探测掩埋导体的方法，该方法包括：提供一个可在所述的掩埋导体上产生一个交流测试电流的发射器；一个可探测所述的掩埋导体上的测试电流产生的电磁场的接收器；和提供一个在探测电磁场的装置和产生交流测试电流的装置之间的通信链接；其中接收器可通过接收器和发射器之间的通信链接设定由发射器产生的测试电流的特性。

[0033] 该接收器可以通过以下方式设定由发射器产生的交流电流的特性：通过接收器确定测试电流的理想特性；发送测试电流的理想特性给发射器；通过接收器接收测试电流的理想特性；并且根据接收器确定的理想特性通过发射器设定测试电流的理想特性。

[0034] 接收器设定的测试电流的特性包括测试电流的功率和 / 或频率。

[0035] 接收器和发射器之间的通信链接由接收器和发射器每个都有的收发机提供。

[0036] 接收器和发射器之间的通信链接可以是双工或半双工的通信链接。

[0037] 接收器计算在特定频率上探测到的电磁场的信噪比。

[0038] 接收器可改变交流测试电流的频率，例如通过增加或降低频率 17Hz，如果信噪比低于一个较低门限。

[0039] 所述的较低的门限可以是 10Hz 带宽的 20dB，最佳地是 10Hz 带宽的 12dB 和 10Hz 带宽的 6dB。

[0040] 接收器可改变交流测试电流的功率，如果信噪比高于一个较高门限。所述的较高的门限可以是 10Hz 带宽的 40dB，最佳地是 10Hz 带宽的 50dB 和 10Hz 带宽的 60dB。

[0041] 接收器设置为可根据发射器接地复数阻抗来设定测试电流的特性。

[0042] 接收器和发射器之间的通信链接可以是无线通信链接。无线通信链接可以使用蓝牙通信协议。

[0043] 接收器可设定由发射器产生的测试电流的特性，而不需要系统操作员的干预。

[0044] 所述掩埋导体的测试电流可以由发射器通过输出模块产生，这个输出模块可以辐射电磁场从而在所述的掩埋导体内感应测试电流，或者间接地连接所述的掩埋导体的一部分或者将输出模块固定在所述的掩埋导体的附近。

[0045] 接收器包括可以探测由所述掩埋导体中的测试电流产生的电磁场的多个天线。

[0046] 每一个天线输出一个场强信号代表该天线的电磁场。该接收器还包括一个放大器可以放大场强信号，和一个模数转换器可以转换场强信号为数字信号；和一个数字信号处理器可以处理数字信号并且隔离预定频率带宽的信号。

[0047] 本实用新型的第三个目的是提供一个可承载计算机可读码的载体媒介，从而可以控制微处理器来执行上述方法。

[0048] 本实用新型的再一个目的是提供一个探测掩埋导体的系统，该系统包括：一个可在所述的掩埋导体上产生一个交流测试电流的发射器；一个可探测所述的掩埋导体上的测试电流产生的电磁场的接收器；和一个在发射器和接收器之间可提供通信链接的装置；其中发射器和接收器之间的通信链接关系被设置为接收器可以通过在接收器和发射器之间通信链接，根据接收器探测的电磁场的响应，设定由发射器产生的测试电流的特性。

[0049] 应用本实用新型探测掩埋导体的系统，具有以下有益效果：可以更加精确便捷地探测地下的掩埋导体；本系统可以毫无异议的确定被探测到的场是否为应用了测试信号的目标导体辐射的或是被其它导体辐射的，克服了传统技术在接近目标导体的位置具有另外导体时遇到的困难；本系统兼容性强，可以应用于任何的传统方式中；本系统智能化程度高，能够减少人工操作，等等。

附图说明

[0050] 图 1 为本实用新型一个实施例可探测掩埋导体系统的示意图；

[0051] 图 2 为图 1 所示系统的发射器的框图；

[0052] 图 3 为图 1 所示系统的接收器的框图；

[0053] 图 4 为本实用新型第一个实施例使用图 1 所示系统设定由发射器产生的测试信号传输功率和频率方法的流程图；

[0054] 图 5 为本实用新型第二个实施例使用图 1 所示系统设定由发射器产生的测试信号传输功率和频率方法的流程图；

[0055] 图 6 为本实用新型一个实施例使用图 1 所示系统重新设定由发射器产生的测试信号的不同频率分量之间的相位差方法的流程图。

具体实施方式

[0056] 根据本实用新型的一个实施例，图 1 是探测一个掩埋导体的系统 1 的示意图，包括一个便携发射器 5 和一个便携接收器 7。该发射器 5 放置在一个掩埋导体 3 的附近，并且作为一个可在掩埋导体 3 上产生一个交流电流测试信号的工具。这样，接收器 7 为一个可以

探测在所述的掩埋导体 3 上的测试电流产生的磁场 11 的工具。

[0057] 发射器的一个天线被输入一个交变电压，来产生一个连接掩埋导体 3 周围的磁场 9，从而在掩埋导体 3 上感应一个交流电流测试信号。这个交流电流测试信号作为一个电磁场 11 被掩埋导体 3 辐射，从而可以被接收器 7 探测出来。

[0058] 发射器 5 和接收器 7 均包括一个通信模块 13，15。每个通信模块 13，15 包括一个收发设备，可为接收器 7 和发射器 5 之间提供通信链接。控制信号使用无线通信技术传输，如蓝牙 (RTM) 标准。在其它实施例中，可以使用其它的有线或无线技术来为接收器 7 和发射器 5 之间传输控制信号。

[0059] 图 2 为图 1 的系统 1 中一个便携发射器 5 的框图。交流电流测试信号由一个输出模块 21 辐射，并且耦合到掩埋导体 3 上，从而在掩埋导体 3 上产生交流测试电流。在其它的实施例中，如果直接接触导体是可行的，发射信号可以通过直接连接输出模块 21 和掩埋导体 3 或将输出模块 21 固定在掩埋导体 3 的周围的传统技术应用于掩埋导体 3。输出模块 21 也可以充斥在一个范围，从而给该范围内的所有导线通电。

[0060] 由输出模块 21 产生的测试信号由一个信号处理模块 23 控制。该信号处理模块 23 设置信号功率，频率和调制方式，来应用于掩埋导体 3。信号处理模块 23 和输出模块 21 由一个控制器 25 控制。发射器 5 的操作由操作员通过一个用户界面模块 27 设定，或者由接收器 7 发送到通信模块 15 的命令设定，具体描述如下。

[0061] 用户界面模块 27 传输信息给发射器 5 的操作员，并且可以包括一个或多个可以显示信息的显示器为该仪器的操作员，输入设备如键盘或触摸屏，和一个声音输入设备如喇叭或蜂鸣器。除了通信模块 15 从接收器 7 的通信模块 13 收 / 发发送和接受命令，通信模块 15 还可以使发射器 5 与一个个人计算机或一个个人数位助理连接（未在图中示 出）。发射器 5 还包括一个记忆模块 29 和一个电源模块 31，电源模块包括一个电源如电池和一个电源管理电路。

[0062] 发射器 5 包括一个可计算发射器处的接地复数阻抗的工具。接地的复数阻抗可通过比较驱动输出模块 21 的电压的相位和幅度和输出模块 21 的电流的相位和幅度得到。这些相位之间的关系取决于应用测试信号的负载（公共设施）的本性。如果负载主要是阻性的，那么电流和电压的相位基本一致。对于一个主要是容性的负载，电流的相位会超前于电压的相位达 90 度，并且如果负载主要是感性的，那么电流的相位会滞后于电压的相位达 90 度。便携发射器 5 的各部分设置在一个外壳内（图中未示出）。

[0063] 图 3 是图 1 所示系统 1 的一个便携接收器 7 框图。由掩埋导体 3 辐射的电磁场 11 被一个天线模块 31 中的天线探测出来。每一个天线输出一个场强信号代表天线的电磁场。天线模块 31 的输出由信号处理模块 33 输入，其包括一个可以分离预期频率的信号信号处理模块 33，和处理这些信号从而获得他们的特性。信号处理模块 33 包括一个预放大阶段，如被探测信号较弱的时候，可放大由天线输出的场强信号。信号处理模块 33 还包括一个模数转换器，可将场强信号转换为数字信号，和一个数字信号处理模块，可以处理数字化了的信号。像发射器 5，接收器 7 还包括一个控制器 35，电源模块 37，通信模块 13，记忆模块 39 和用户界面 41。便携接收器 7 的各部分设置在一个外壳内（图中未示出）。

[0064] 接收器 7 和发射器 5 的通信模块 13，15 提供一个接收器 7 和发射器 5 之间的通信 / 数据链接，从而增强系统 1 操作员的定位能力，简化了操作界面，并且帮助一个用户同时

操作接收器 7 和发射器 5。在本实施例中，通信链接为一个射频遥测系统，可在接收器 7 和发射器 5 之间提供半双工通信。在其它实施例中，可以使用全双工的通信链接。

[0065] 通过使用长距离蓝牙 (RTM) 收发器，如 Ezurio(RTM)BTM404 长距离蓝牙 (RTM) 系列，接收器 7 和发射器 5 之间的通信链接可以保持在可视距离 800 米的范围内。这个通信标准在通信链接的范围和接收器 7 和发射器 5 中电池要求的低功率消耗 中提供了很好的平衡，从而维持通信链接。其它的通信标准也可以应用于其它的实施例中。

[0066] 在本实施例中，接收器 7 可以全权控制发射器 5。通信传输层基于标准的串行接口协议，适用于同步或异步串行数据。接收器 7 作为总线控制器，发射器 5 作为从属设备。所有从接收器 7 发送给发射器的的命令有发射器 5 确认，从而使发射器 5 和接收器进行同步。如果由于校验和误差或者确认信号未被接收器接收，接收器 7 和发射器 5 均假设该命令未被激活。

[0067] 系统 1 的第一个实施例中，接收器命令和发射器响应在表 1 中给出。

[0068] 表 1 接收器命令和发射器响应

[0069]

命令
设定频率
设定功率要求
设定电压要求
设定电流要求
增加 / 降低频率
感应模式开 / 关
8KFF 开 / 关
CD 波形开 / 关
ACD 波形开 / 关
增加 CD F1 相位

[0070] 在第二个实施例中，接收器 7 和发射器 5 具有扩展命令和响应，如表 2 所示。

[0071] 表 2 第二个实施例中附加接收器命令和发射器响应

[0072]

[0073]

命令
请求接地阻抗
请求功率输出
请求电压输出
请求电流输出
请求电池电压

[0074] 在图 1 的本实用新型的第一个实施例中，根据图 4 所示的方法，系统 1 可以通过遥控设定由发射器 5 发射的测试信号的特性。

[0075] 发射器 5 和接收器 7 被开启，并且在步骤 S101 中，发射器 5 和接收器 7 之间的通信链接被建立起来。测试信号的特性包括频率和功率，其中在步骤 S103 中，频率和特性通过用户界面 27 通过发射器 5 初始设定。测试信号由发射器 5 发射，并且直接或间接的与掩埋导体发生耦合，从而在掩埋导体 3 内产生交流测试电流。测试信号的频率被输入到接收器 7，所以接收器 7 可以监控与发射器 5 产生的测试信号频率同频的信号。在步骤 S105 中，通过使用已知的放大器，滤波器，信号处理技术，在测试信号的频率下，接收器 7 探测由掩埋导体辐射的电磁场 11。

[0076] 在步骤 S107 中，接收器 7 在测试信号的频率下计算测试信号的信噪比。测试信号的信噪比应该比高于一个较低的门限值，从而可以处理测试信号，在步骤 S109 中，接收器 7 确定在测试信号的频率下探测到的信号是否高于一个较低的门限值。如果在测试信号的频率上有噪声，例如由于相邻信号的干扰或同频率的谐波产生的，那么在步骤 S111 中，接收器 7 通过少量的调整信号频率来确定一个新的测试信号，如在正负 17 赫兹的范围内。是否调整信号频率可以由接收器自动进行确定（根据信噪比的估计值），或者在操作者的要求下手动改变。在步骤 S113 中，接收器 7 发送一个“设定频率”和“设定功率要求”命令给发射器 5，发射器 5 通过发送一个确认响应给接收器 7 确认该 命令。该方法然后回到步骤 S103，并且重复步骤 S103 至 S113，直到接收器 7 探测的测试信号的信噪比高于一个较低的门限值。

[0077] 较低的门限值是至少 20dB（10 赫兹带宽），最佳的是至少 12dB（10 赫兹带宽）和进一步最佳的是至少 6dB（10 赫兹带宽）。

[0078] 一旦信噪比确定为高于较低的门限值，然后在步骤 S115，接收器 7 确定由发射器 5 发射的测试信号的传输功率是否可以被降低。一个较高的门限值是 40dB（10 赫兹带宽），最佳的是至少 50dB（10 赫兹带宽）和进一步最佳的是至少 60dB（10 赫兹带宽）。测试信号的传输功率的降低可以降低发射器 5 的功率消耗，从而延长了电源模块 29 的工作时间，同时可以产生具有接收器 7 可接收信噪比的测试信号。如果较低的信噪比可以接受，那么在步骤 S117 中，接收器 7 确定一个较低的测试信号功率，并且在步骤 S113 中，接收器 7 发送一个“设定频率”和“设定功率要求”命令给发射器 5，发射器 5 通过发送一个确认响应给接收器 7 确认该命令。该方法然后回到步骤 S103，并且重复步骤 S103 至 S117，直到接收器 7 探测的测试信号的信噪比高于一个较低的门限值，并且测试信号的传输功率为最佳值。一旦这些条件都满足，在步骤 S119 中，接收器处理测试信号，从而确定，例如掩埋导体的深度。

[0079] 在本实用新型的第二个实施例中，根据图 5 所示的方法，图 1 所示的系统 1 可以远程遥控设定发射器 5 发射的测试信号的特性。由上所述并参考表 3 和表 4，在第二个实施例中，接收器 7 和发射器 5 具有一个扩展的命令和响应集。

[0080] 对于第一个实施例，在第二个实施例中，发射器 5 和接收器 7 被开启，并且在步骤 S201 中，发射器 5 和接收器 7 之间的通信链接被建立起来。中在步骤 S203 中，发射器 5 测量接地的复数阻抗，并且发送阻抗值给接收器。在本实施例中，这个步骤是接收器 7 发送给发射器 5 的“请求接地阻抗”命令的响应。在其它实施例中，一旦发射器 5 和接收器 7 之间的通信链路建立起来以后，发射器 5 可以周期性的测量并且发送接地阻抗的测量数据给接收器 7，或者发射器可以测量并且发送接地阻抗的测量数据给接收器 7。

[0081] 接收器 7 使用由发射器 5 发送的复杂阻抗测量数据，来初始设定传输的测试信号

的频率。如果负载被确定为是低阻性或主要是感性，那么初始设定发射器测试信号为低频率。如果如果负载被确定为是高阻性或主要是容性，那么初始设定发射器测试信号为高频率。

[0082] 在步骤 S205，接收器 7 发射一个“设定频率”和一个“设定功率要求”命令给发射器 5，发射器 5 通过发送一个确认响应给接收器 7 确认该命令。在步骤 S207 中，测试信号的功率和频率由发射器 5 根据接收器 7 发送的命令设定。由发射器 5 发送的测试信号与掩埋导体 3 产生耦合。

[0083] 在步骤 S209 中，接收器 7 探测有掩埋导体 3 辐射的一个电磁信号 11，并且在步骤 S211 中，对于第一个实施例，接收器 7 在测试信号的频率下计算测试信号的信噪比。在步骤 S213 中，接收器 7 确定在测试信号的频率下探测到的信号是否高于一个较低的门限值。如果信噪比低于门限值，那么在步骤 S215 中，如上所述，接收器 7 通过少量的调整信号频率来确定一个新的测试信号。该方法然后回到步骤 S205，并且重复步骤 S205 至 S215，直到接收器 7 探测的测试信号的信噪比高于门限值。

[0084] 一旦信噪比确定为高于较低的门限值，然后在步骤 S217，接收器 7 确定是否由发射器 5 发射的测试信号的传输功率是否可以被降低。如果较低的信噪比可以接受，那么在步骤 S219 中，接收器 7 确定一个较低的测试信号功率。该方法然后回到步骤 S205，并且重复步骤 S205 至 S219，直到接收器 7 探测的测试信号的信噪比高于门限值，并且测试信号的传输功率为最佳值。一旦这些条件都满足，在步骤 S221 中，接收器处理测试信号，从而确定，例如掩埋导体 3 的深度。

[0085] 在 WO90/09601 中描述的技术被应用于本实用新型中，与发射器 5 和接收器 7 之间的通信链路结合，从而增强操作者的探测能力。在本最佳实施例中，一个信号分量 f_1 是其它信号分量 f_2 频率的两倍。在其它实施例中，一个信号分量可以为其它信号分量的偶数整数倍或次谐波。

[0086] 如果应用于目标导体的测试信号与附近的第二个导体耦合，那么很可能这个信号的相位与原始信号相反。在相邻导体间的耦合机构可以是阻性，容性或者是感性的。在阻性耦合的情况下，当信号沿低阻抗路径返回至发射器有可能出现相位漂移。因此，已知探测信号的分量 f_1，f_2 的相位分别是 Φ_{f1} 和 Φ_{f2}，有可能能够区别外流的“原始信号”和有害的第二个信号。这种方法叫做电流方向识别。

[0087] 在接收器，加倍较低频率 f_2 可产生同频率的两个信号 f_1，$2f_2$，并分别具有相位 Φ_{f1} 和 $2\Phi_{f2}$。$\Phi_{f1}-2\Phi_{f2}$ 的值为相位不变量，也就是说其具有原始导体的一个值，并且对于相邻的公共设施的信号有一个 180 度的相位偏移。因此，可以毫无异议的确定被探测到的场是否为应用了测试信号的目标导体辐射的或是被其它导体辐射的。

[0088] 通过这种方法，接收器两个信号的相位可以被比较，从而识别测试信号应用的导体和载有接地回路电流的导体。

[0089] 当两个频率分量 f_1，f_2 通过 2 倍数分离的时候，高频率分量 f_1 的容性泄漏电流至少是低频率分量 f_2 的两倍。这回导致频率分量 f_1，f_2 沿导体会有不同的衰减率和相位偏移，从而导致在接收器 7 产生的频率分量 f_1，f_2 之间的相位差 $\Phi_{f1}-2\Phi_{f2}$ 的漏电。

[0090] 因此，沿掩埋导体长度上分散的点上测量的相位反转可能是由于测试信号耦合到第二个导体上，或者是由于在频率分量 f_1，f_2 的相位间的相位便宜的累积。

[0091] 当沿目标导体探测测试信号的时候，为了克服潜在的不确定性，两个频率分量 f_1，f_2 之间的相位差分别在一个初始相位偏移已知的参考点和一个参考相位差相比较。当测量的 f_1，f_2 之间的相位差增加的时候，重置参考相位差，从而相位泄漏可以被追踪。这个技术被称为电流方向重置。

[0092] 在本实用新型的一个实施例中，根据图 6 所示的方法，图 1 所示的系统 1 可以重新设定电流方向测量。在步骤 S301 中，f_1，f_2 之间的初始相位差由在与发射器 5 足够近 的位置上的接收器 7 计算出来，由泄漏导致的相位反转不会发生。在步骤 S303 中，在参考位置上由接收器 7 计算出来的 f_1，f_2 之间的相位差被储存在接收器 7 的记忆模块 39 内。

[0093] 接收器 7 沿掩埋导体 3 移动，并且在步骤 S305 中，f_1，f_2 之间下一个相位差被计算，并且在参考位置和电流位置之间的相位泄漏被计算出来。在步骤 S307 中，如果相位泄漏低于较低的门限值，那么不会有任何动作，并且接收器 7 继续沿掩埋导体 3 移动，并且进行进一步的相位测量，然后范围步骤 S303。较低的门限值是 5 度，最佳是在 3 度到 5 度之间，更佳的是 2 度。

[0094] 在步骤 S307 中，如果相位泄漏高于较低的门限值，那么在步骤 S309 中，是否相位泄漏高于较高的门限值可以被确定。如果相位泄漏被确定高于较高的门限值，那么在步骤 S311 中，接收器确定接收器探测的导体其上的测试信号是从目标导体上耦合来的，或者操作员远离了参考位置从而发生了一个大的相位泄漏。接收器发送一个警告给操作员存在相位反转。在步骤 S313 中，操作员必须返回最近的参考位置，在这个位置上，已知测试信号没有耦合至第二个导体上，并在这里继续探测。较高的幅度门限值为 60 度，最佳为 80 度，更佳为 88 度。

[0095] 如果相位泄漏在较高和较低的门限值之间，那么在步骤 S315 中，接收器发送一个表 1 中的“增加 CD F1 相位”命令给发射器，从而增加 f_1 的相位，因此可以降低 f_1 和 f_2 之间的相位差。在步骤 S317 中，发射器 5 在这个增加 f_1 的相位，并且在步骤 S303 中，在新的参考位置上的 f_1 和 f_2 之间的相位差被储存在接收器 7 中。发射器 5 发送一个“增加 CD F1 相位”确认信息给接收器 7.

[0096] 各种改进对习之技术者而言是显而易知的，并且所有的改进都应该落在本实用新型的权利范围中内。

[0097] 本实用新型的各个方面都可以应用于任何的传统方式中，例如，使用特定的硬件，或者小型的硬件或软件。处理设备可以包括任何适合的带有程序的设备，例如通用计算机，个人数位助理，移动电话，如 WAP 或第三代电话等等。既然本实用新型可以应用为软件，本实用新型的各个方面也可以包括在可编程仪器上的计算机应用。计算机软件可以通过任何传统的载体媒介提供给可编程仪器。载体媒介可包括一个静态的载体媒介，如载有计算机码的电，光，微波，声波，射频信号。这种静态的载体媒介的一个例子是在 IP 网络上载有计算机码的 TCP/IP 信号，例如 Internet。这种载体媒介还可以包括一个存储媒介，存储处理器可读码，如软盘，硬盘，CD ROM，磁带或固态记忆装置。

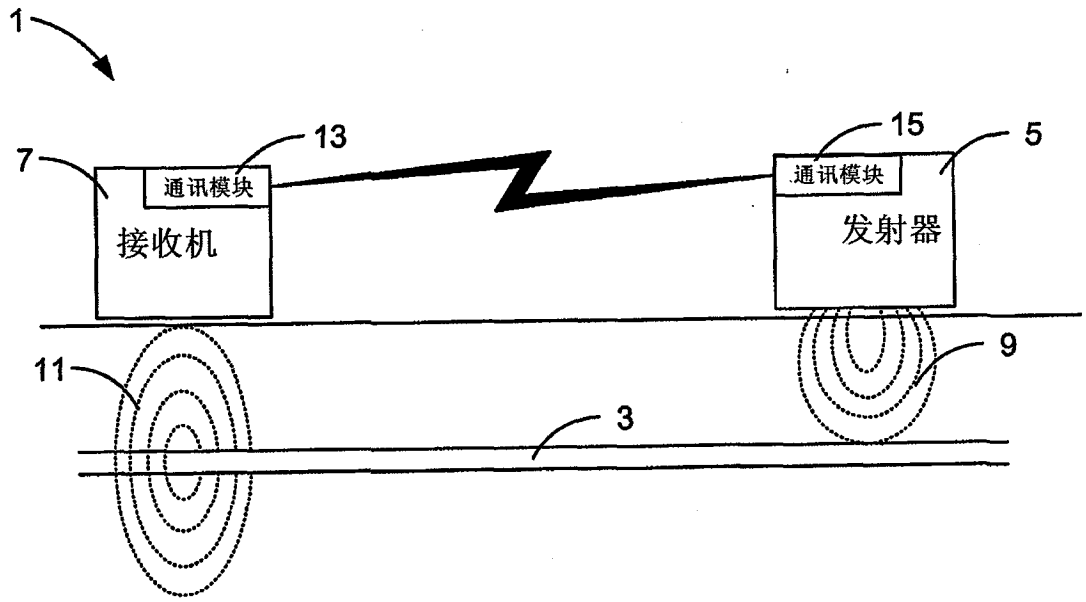

1
7
13
通讯模块
接收机
15
5
通讯模块
发射器
11
9
3

图 1

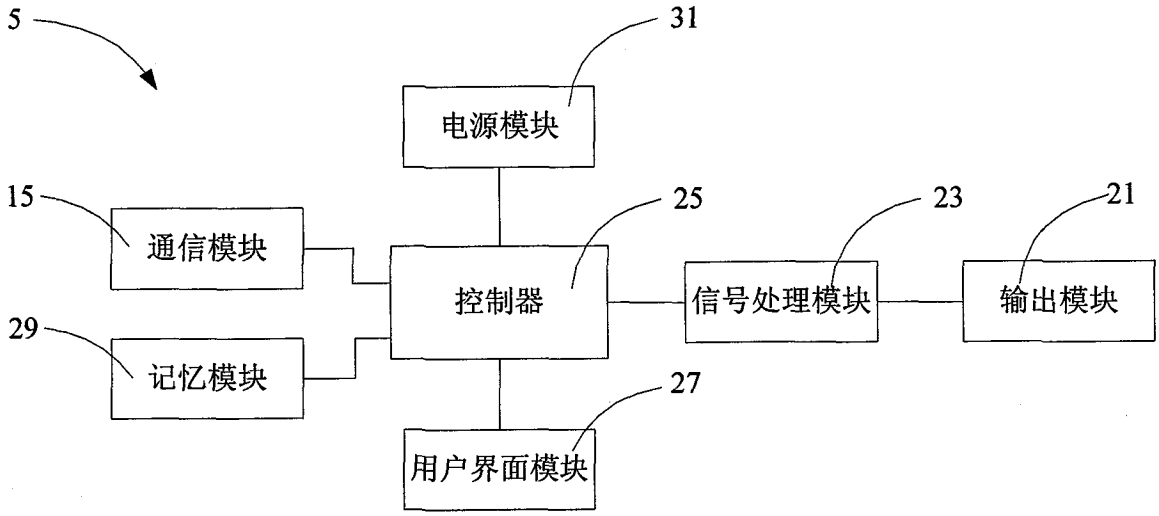

5
31
电源模块
15
通信模块
25
23
21
控制器
信号处理模块
输出模块
29
记忆模块
27
用户界面模块

图 2

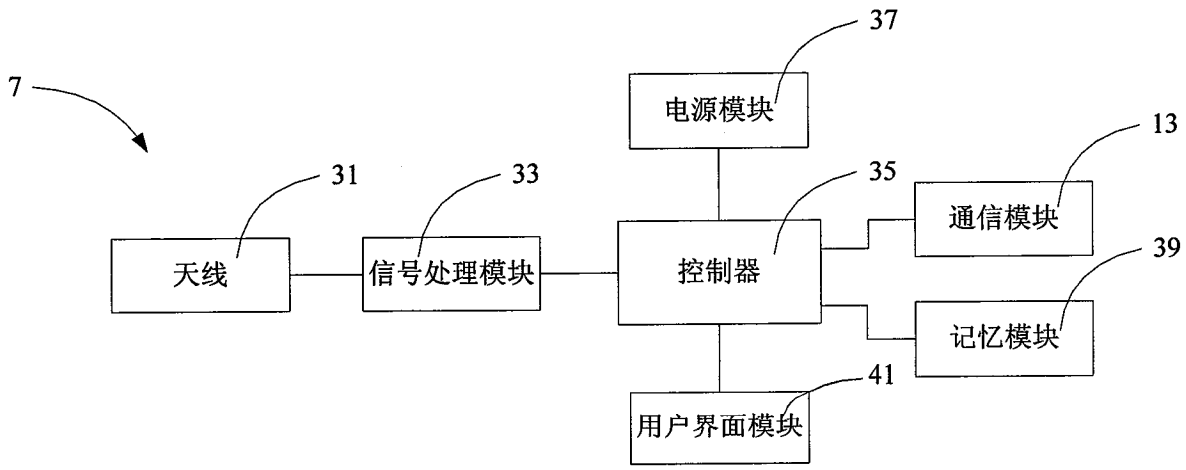


图 3

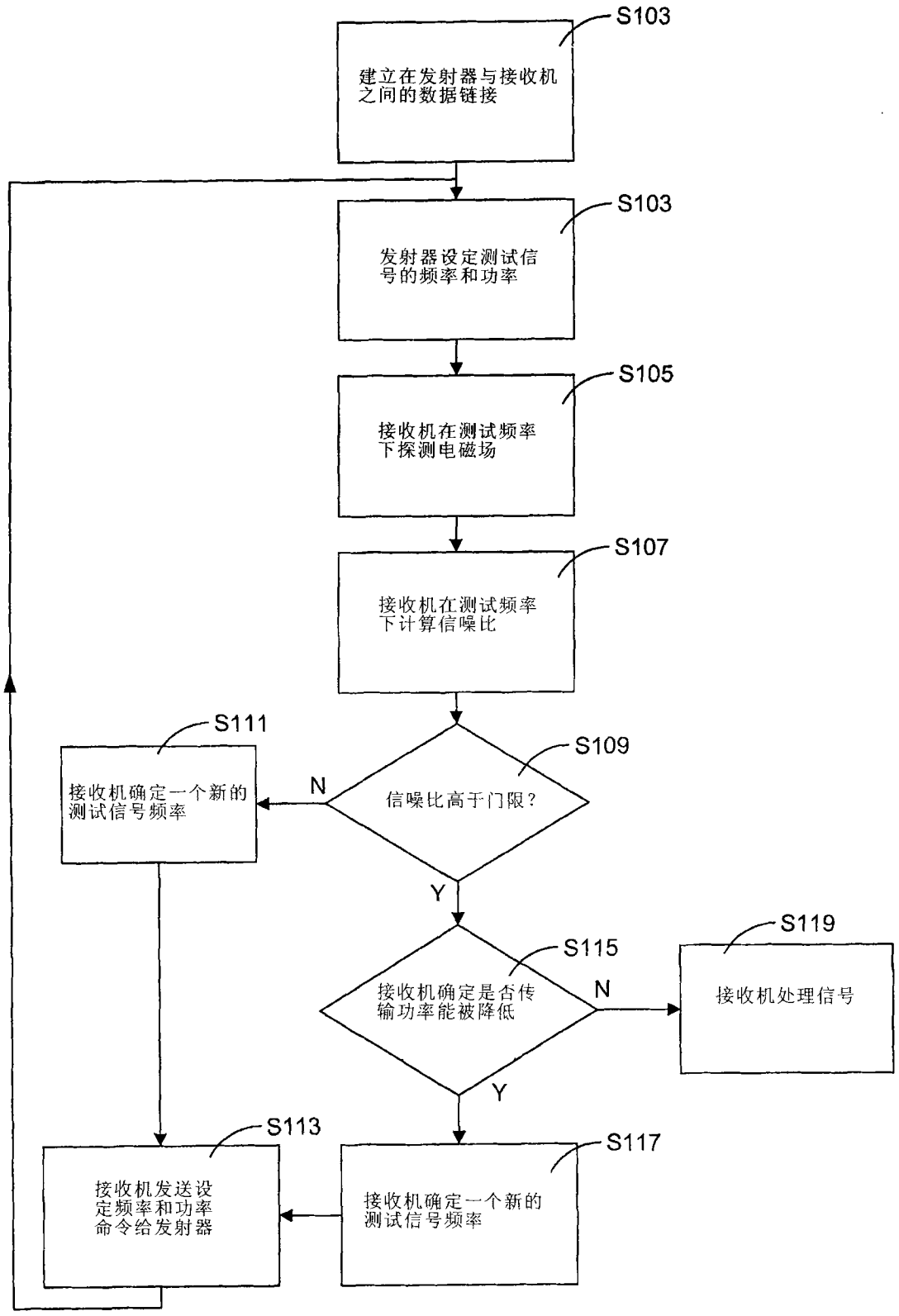

S103
建立在发射器与接收机之间的数据链接
S103
发射器设定测试信号的频率和功率
S105
接收机在测试频率下探测电磁场
S107
接收机在测试频率下计算信噪比
S109
信噪比高于门限？
N
S111
接收机确定一个新的测试信号频率
Y
S115
接收机确定是否传输功率能被降低
N
S119
接收机处理信号
Y
S117
接收机确定一个新的测试信号频率
S113
接收机发送设定频率和功率命令给发射器

图 4

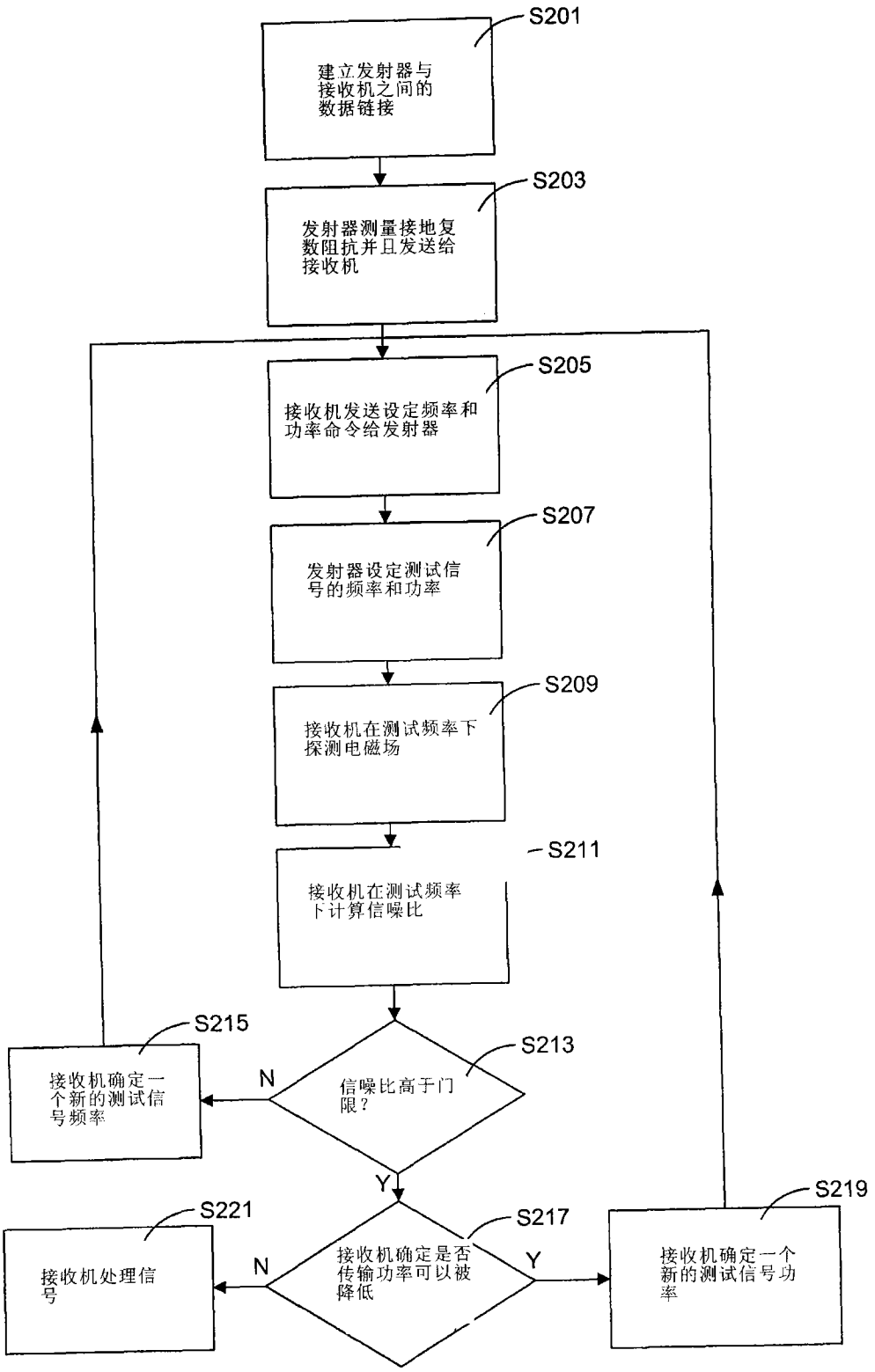

S201
建立发射器与接收机之间的数据链接
S203
发射器测量接地复数阻抗并且发送给接收机
S205
接收机发送设定频率和功率命令给发射器
S207
发射器设定测试信号的频率和功率
S209
接收机在测试频率下探测电磁场
S211
接收机在测试频率下计算信噪比
S213
信噪比高于门限？
N
Y
S215
接收机确定一个新的测试信号频率
S217
接收机确定是否传输功率可以被降低
N
Y
S219
接收机确定一个新的测试信号功率
S221
接收机处理信号

图 5

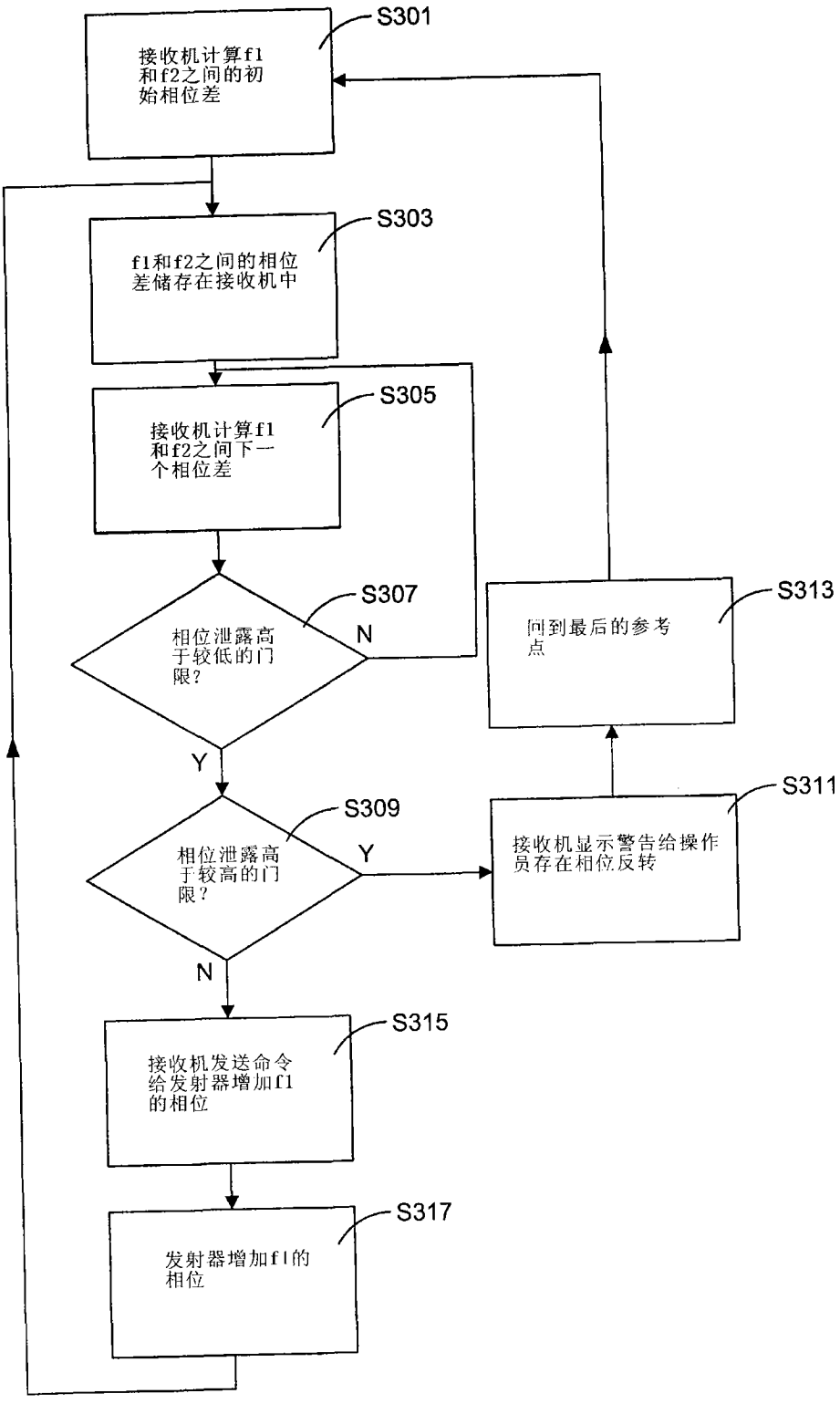

S301
接收机计算f1和f2之间的初始相位差
S303
f1和f2之间的相位差储存在接收机中
S305
接收机计算f1和f2之间下一个相位差
S307
相位泄露高于较低的门限?
N
Y
S309
相位泄露高于较高的门限?
Y
N
S311
接收机显示警告给操作员存在相位反转
S313
回到最后的参考点
S315
接收机发送命令给发射器增加f1的相位
S317
发射器增加f1的相位

图 6