

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98806065.5

[43]公开日 2000年7月12日

[11]公开号 CN 1260044A

[22]申请日 1998.6.11 [21]申请号 98806065.5

[30]优先权

[32]1997.6.11 [33]CA [31]2,207,563

[32]1998.5.25 [33]CA [31]2,238,566

[86]国际申请 PCT/CA98/00575 1998.6.11

[87]国际公布 WO98/57166 英 1998.12.17

[85]进入国家阶段日期 1999.12.10

[71]申请人 全技术有限公司

地址 加拿大艾伯塔

[72]发明人 彼得·O·帕尔森

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

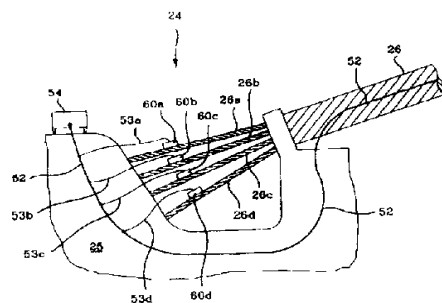
代理人 马浩

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 用来监视受拉缆索的方法和设备

[57]摘要

结构缆索,例如由大量金属丝形成、并且用在悬索桥或斜拉桥中的那些缆索,由声传感器监视。缆索的金属丝形成部分的断裂产生声信号。记录该信号,并且由它到达两个传感器的相对时间找到其位置。在传感器定位在缆索锚基或在沿悬索桥缆索长度的卡箍上的地方,他们也能监视金属丝相对于卡箍或缆索锚基的滑移。该系统最好使用高电阻传感器和屏蔽电缆。不同传感器的输出通过多路复用技术或通过辨别信号来区分。在另一个实施例中,绕缆索圆周放置的传感器记录来自金属丝断裂的信号,并且画出诸信号以确定断开金属丝在缆索横截面内的位置。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

- 1.一种监视受拉缆索的方法，包括：
把多个第一声传感器沿缆索定位在已知位置处；
监视用于信号的所述第一传感器；
记录声检测信号到达至少两个所述第一传感器处的相对时间；
由这种信号在所述传感器处的相对到达时间，确定沿信号源缆索的位置。
- 2.根据权利要求1所述的方法，其中所述第一传感器具有大于10兆欧的电阻。
- 3.根据权利要求1或2所述的方法，其中所述第一传感器由一根电气屏蔽数据传送线联接到一个具有负载电阻的充电放大器上，该负载电阻比传感器任何一个的电阻至少低约一个数量级，并且通过读出和解释从数据线接收且由所述充电放大器放大的信号而进行所述监视。
- 4.根据权利要求1-3中任一项所述的方法，包括把多个第二传感器放置成在所述位置处与缆索声接触，所述第二传感器绕缆索的圆周彼此离开地分布，并且监视用于可能由金属丝断裂引起的声事件的所述多个第二传感器。
- 5.根据权利要求4所述的方法，其中比较由于明显金属丝断裂而在所述多个传感器处接收的信号，并且，如果在所述信号之间有差别，则进行计算以确定在缆索横截面内哪里已经发生断裂。
- 6.根据权利要求1所述的方法，其中每个所述第一传感器有一个与其相关的第二传感器，该第二传感器绕缆索圆周离开第一传感器移动一个希望距离。
- 7.根据权利要求6所述的方法，其中比较来自所述第一传感器和与其相关的所述第二传感器的信号，并且把该比较用来定位在缆索圆周内的信号源。
- 8.根据权利要求4-7中任一项所述的方法，其中所述第二传感器

具有大于 10 兆欧的电阻。

9.根据权利要求 8 所述的方法，其中所述第二传感器由至少一根电气屏蔽数据传送线联接到一个具有负载电阻的充电放大器上，该负载电阻比每个所述第二传感器的电阻至少低约一个数量级，并且通过读出和解释由所述充电放大器接收和放大的信号而进行所述监视。

10.根据权利要求 1-9 中任一项所述的方法，其中所述已知位置的至少一个在一个卡箍上，在该处吊索挂在所述缆索上。

11.根据权利要求 1-3 中任一项所述的方法，其中有一个传感器标识符电路，该电路带有一个电压源、一根第一线、一根第二线、连接所述线的常开开关，每个开关与一个传感器相联，该方法包括：

- 选择电阻，以在每个开关闭合时给出用于电路的唯一电阻值；

- 当所述传感器接收到具有预定特征的信号时，使与该传感器相联的开关闭合；

- 确定流经电路的电流，及

- 根据由电源提供的所述电流和电压，确定哪个开关已经闭合，并因此确定哪个传感器已经接收到所述信号。

12.根据权利要求 1-3 中任一项所述的方法，其中有一个传感器标识符电路，该电路带有一个电压源、一根第一线、一根第二线、连接所述线的常开开关，每个开关与一个传感器相联，该方法包括：

- 选择电阻，以在多于一个开关的每种组合开关闭合时给出用于电路的唯一电阻值；

- 当所述传感器接收到具有预定特征的信号时，使与该传感器相联的开关闭合；

- 确定流经电路的电流，及

- 根据由电源提供的所述电流和电压，确定哪个开关已经闭合，并因此确定哪个传感器已经接收到所述信号。

13.根据权利要求 1-12 中任一项所述的方法，其中传感器是加速度计。

14.根据权利要求 1-12 中任一项所述的方法，其中传感器是麦克风。

15.用来监视受拉缆索的设备，包括：

多个在沿缆索的已知位置处定位的声传感器；

记录装置，用来记录由这种传感器检测的信号，

计时装置，记录何时由记录装置记录这样的信号，从而能确定在至少两个这样的传感器处的信号相对到达时间。

16.根据权利要求 15 所述的设备，另外包括一个装置，用来由所述相对到达时间来计算引起这种信号的事件沿缆索的位置。

17.根据权利要求 15 或 16 所述的设备，另外包括用来把来自至少两个所述声传感器装置的信号传送到所述记录装置的一条公共数据通道、和用来分辨所述两个传感器装置中的哪一个已经检测到这种传送信号的装置。

18.根据权利要求 17 所述的设备，其中公共数据通道被电气屏蔽，并且相邻于记录装置而装有一个充电放大器，该充电放大器具有比任何传感器的电阻小至少约一个数量级的负载电阻。

19.根据权利要求 17 所述的设备，其中用来分辨的装置包括：

(i)一根第一导线，连接到一个电压源上；

(ii)一根第二导线，带有用来测量流经它的电流的装置，所述第二导线连接到所述电压源上或接地；

(iii)一个常开开关，相邻于所述传感器的每一个而布置，所述开关当闭合时，允许电流从电压源经所述第一和第二导线流动，由此流经第二导线的电流能由用来测量电流的装置测量；

(iv)在这种电流流动的通路中的电阻，该电阻是这样的，以致于由与所述传感器中的任何一个联接的开关的闭合引起的电流流动量，与通过闭合与任何其他传感器相联的开关的闭合而引起流动的电流量不同，及

(v)当所述传感器检测到具有预定特征的声信号时使与任何传感器相联的开关闭合的装置。

20.根据权利要求 18 所述的设备, 其中如此选择所述电阻, 以致于与多于一个传感器的任何组合相联的开关的闭合将使电流流动量, 与通过闭合多于一个传感器的任何其他组合的闭合而引起的电流流量不同。

21.根据权利要求 15-19 中任一项所述的设备, 其中传感器具有大于 10 兆欧的电阻。

22.根据权利要求 15-20 中任一项所述的设备, 其中传感器是麦克风。

23.根据权利要求 15-20 中任一项所述的设备, 其中传感器是加速度计。

说 明 书

用来监视受拉缆索的方法和设备

本发明涉及缆索的金属丝形成部分在张力下的断裂或滑移的检测，这些金属丝形成结构缆索的一部分。

悬索广泛用作桥梁等中的结构件。例如，悬索桥或用来携带管线跨过诸如江河之类的障碍物的支撑一般有至少一根悬索。这根悬索锚定在要横过的间隔的两侧，并且以悬链线跨过，通常在两个塔架等之间的间隔。较小直径的竖直缆索(叫作吊索)套在主悬链索上，并且这些吊索向下延伸，以支撑要携带跨过间隔的路面或管线。典型的悬索桥有两根主悬索，而管线可以只有一根。

受拉缆索也用在其他构造形式中。例如，建筑物有时建有一个中央塔架，并且受拉缆索下伸到地面以制成帐篷状结构，要么把悬吊混凝土地板挂在塔架上。需要很大楼层面积而没有柱子和墙壁的建筑物，如剧院或垂饰(hangers)，经常带有由受拉缆索支撑的屋顶。称作缆索支撑桥的桥梁沿其长度有一个或多个塔架，倾斜的受拉缆索从塔架延伸以支撑路基。

在许多情况下，受拉缆索暴露于自然环境中。这正是桥梁等中的情形，其中缆索都没有防护(除置于其上的油漆或防锈涂层外)。桥梁还经常处于高腐蚀环境中，如接近盐水腐蚀环境中。

在大悬索桥中使用的类型的缆索是较小金属丝的束。典型的金属丝具有约 0.1-0.2 英寸(约 4-5 毫米)的直径。缆索经常由一同集成一束的 10,000 根或更多根这样的金属丝形成。典型地，缆索由一个圆形横截面形成，尽管也使用其他横截面。典型地，金属丝也不绞合在一起，而是相互平行地布置。在悬索桥中的主悬索在各间距处由称作“卡箍”的夹持器围绕着，这些卡箍把金属丝夹持在一起以保证金属丝不分离，并且也用作这样的点，从该点把称作吊索的较小直径缆索挂在主缆索上。缆索可以使在金属丝之间的间隙填有润滑

剂等，并且使其表面以某种方式覆盖或保护以保护金属丝免于腐蚀。

在典型悬索桥的每根悬链索的每一端处，它锚定到缆索锚基中的地面上，其中金属丝组展开，并且分别锚定。金属丝组夹持在填有封装金属的锚座结构中，以防止潮气等腐蚀金属丝的端部。类似地，其他受拉缆索常常在填有浇铸锌的座中结束，并且可以带有楔形锚座。通用术语“锚基”将在本公开中使用，以指示其中固定受拉缆索端部的地方。术语“夹持”将用来指示保持缆索的任何东西，如锚基或卡箍。

在缆索中的各根金属丝可以由于腐蚀而在沿缆索的任何点处断裂。也有由于在一起的金属丝的擦破而造成的断裂，这通常发生在锚基内，特别是如果金属丝还没有彼此相对地通过利用封装金属固定，更是如此。即使当封装金属存在时，也可能出现一些擦破。

还有在锚基或卡箍周围出现的另一个问题，即一些金属丝在卡箍或锚基内滑移。

已经使用了各种方法，试图检查缆索的断裂。视觉检查当然是可能的，如通过沿缆索运动电视摄象机，但这仅显示缆索外层的状态，而不是各根金属丝。在缆索束内部的金属丝不能看到，并因此不能确定其状态。已经知道，在一个或多个选择的位置中使用大锤和楔形物在短时间段内分散缆索，以便能够用视觉检查缆索内部的金属丝。然而，这要求检查者接近要进行检查的地方中的缆索。这可能是非常困难的，因为缆索的多数部分悬在半空中。

通过沿缆索运动磁铁以确定是否有磁性异常，能得到缆索束内部金属丝的状态的一些指示，但这不会提供关于折断金属丝的准确或详细信息。也提出了(如在 Kwah 等人的美国专利 5 456 113 中)使用磁致伸缩效应的无源或有源监视，来确定金属丝断裂，但至今就本申请人所知，该提议还没发现实际应用。

还已经知道来自金属丝断裂的声波监视。见例如 J.R. Woodard 的“Wire Breakage(金属丝断裂)”，Wire Industry(金属丝工业)，1969

年 7 月, 第 401 页。的确, 已经监视了法国内的几座桥梁几年以确定金属丝断裂。见 Robert, J-L 等的“*Surveillance acoustique des cables*”, *Bull. Liaison Lab. Ponts Chauss.* No. 169, art.3474(1990 年 9 月-10 月)。然而, 使用的该系统需要带有电源的智能传感器, 这大大地限制了该技术的灵活性和使用。

本发明提供了一种用来监视缆索的方法和设备, 这种方法和设备当金属丝断裂出现时登记它, 并且给出这种断裂的位置。在多数情况下, 它登记通过夹持器, 例如缆索锚基, 的缆索滑移。本发明的方法和设备也能登记缆索中金属丝的断裂, 该设备直接或间接地与正在监视的缆索物理接触, 从而声波能从断裂处传播到正在监视的缆索。该方法是非破坏性的, 并且不需要检查者走进通常不可接近的位置。

根据该方法, 声传感器沿缆索布置在纵向间隔的点处。监视声传感器, 并且辨别由断裂金属丝形成的声音。通过在不同纵向间隔的传感器处记录这些声音的到达时间、且由到达时间的差别计算这些声音的原始位置, 确定断裂金属丝沿缆索的位置。

在另外一个方面, 通过把至少一个声传感器安放在夹持器上或与之相邻地定位、且记录由滑移产生的声音, 确定在夹持器中的缆索滑移。在夹持器周围能定位几个声传感器, 并且在多数情况下, 有可能确定滑移金属丝处于通过夹持器的金属丝束内的何处。

在另外一个方面, 根据本发明的声传感器具有非常高的电阻(最好超过 10 兆欧), 并且由屏蔽线, 例如带有电气屏蔽接线盒的同轴电缆, 连接到一个中央处理站上。在一个最佳实施例中, 一个充电放大器用在中央控制器处, 以放大从传感器接收的信号。充电放大器带有一个负载电阻, 该负载电阻至少比传感器的电阻低一个数量级。传感器最好是加速度计。

在另外一个方面, 提供多路复用装置, 以减小监视大量传感器需要的电缆数量, 并且公开了一种多路复用方法, 以辨别声音来自哪个传感器。在一个可选择的实施例中, 传感器当传送声音时提供

辨别信息，从而能辨别传送声音的传感器。

在另外一个方面，分析信号以确定金属丝断裂减弱缆索的距离。

在另外一个方面，提供一种方法和设备，以确定从缆索中心线到断裂金属丝的径向。提供包括至少两个且最好四个绕缆索圆周定位的传感器的装置，并且提供一种用来确定断裂离开缆索中心线的径向的方法。

图 1 是悬索桥的平面图，表示在典型布置中的主悬索之一、吊索及本发明的设备。

图 2 是比图 1 比例大的、用于悬索桥的悬索端部的锚基的平面图，并且表明根据本发明的一个传感器和一个数据获得装置。

图 3 是比图 1 比例大的、一根悬索一部分的平面图，表示根据本发明定位在其中吊索跨过悬索的卡箍上的传感器。

图 4 是通过图 3 在线 4-4 上的剖视图。

图 5 是示意图，表示把传感器电气连接到数据获得装置上的一种方法。

(i) 缆索断裂沿缆索的纵向位置

翻到附图的图 1, 10 是从陆地 1 至陆地 2 越过指示为 3 的水面伸展的悬索桥。桥梁具有两个竖直塔架 22、和桥面 20。

桥面 20 挂在两根悬索上，这两根悬索悬吊在两个塔架 22、23 之间，并且固定到水体 3 两侧的地面上。仅表示了这些悬索的一根。另一根(直接位于图中它的后面)是相同的。

悬索 12 具有一个第一部分 26，第一部分 26 在缆索锚基 24 与塔架 22 顶部上的一个夹持器 28 之间伸展。第二部分 30 悬在塔架 22 上的夹持器 28 与塔架 23 上的夹持器 33 之间。一个第四部分 34 从夹持器 33 下行到缆索锚基 24a。

卡箍 14 以间隔沿缆索 12 安置，从卡箍 14 悬下吊索 16(是金属丝索)。吊索在吊钩 18 中终止，吊钩 18 支撑其上建立桥面 20 的横向缆索(未表示)。锚基 24、24a、吊钩 18 及卡箍 14 根据这里的讲述构

成结点。

根据本发明，传感器 40、42、44、48 置于桥梁上的选定结点处。例如，在缆索 12 的段 30 上每隔一个卡箍安置一个传感器 40，但其中一个本来具有一个传感器 40 的结点要代之以具有以后将描述的传感器 46。在与缆索 12 的段 26 和 34 相交的金属丝索 16 的一些而不是全部上也有传感器 40。其他指示为 42 的传感器安置在缆索 12 两端处的缆索锚基处。还有另外的传感器 44 置于卡箍 28 和 33 上，卡箍 28 和 33 分别在塔架 22 和 23 上。

几个传感器 48 也安置在把吊索连接到桥面支撑缆索上的吊钩 18 的选择的一些上。

图 2 以示意形式表示锚基 24 的细节。锚基 24 带有一个锚座 25。缆索 26 张开成金属丝组 26a、26b、26c 及 26d，诸组的每一组通入锚座 25，其中通过常规锚座装置锚定(未表示)。尽管只表示了四个这样的组，但典型的缆索张开成比四多的组。缆索的张开端部在锚座装置中终止，并且由浇铸的封装金属保护以防腐蚀，防松动，并且防湿。

安置在张开金属丝组上的便利位置处的是传感器 60a、60b、60c 及 60d，每组金属丝一个。

传感器 60a、60b、60c 及 60d 可以以任何适当方式，如通过用适当的粘合剂粘着或用小夹持器，固定到有关的金属丝组上。当其中金属丝组已经涂漆或缠有保护材料时，通常发现，不必除去油漆或缠绕物，因为声信号通过油漆或缠绕物传播到传感器而没有显著失真。

传感器 60a…60d 把他们接收的声信号转换成电信号，电信号由电缆 53a…53d 发送到一根中继电缆 52，并因此发送到一个记录和处理位置 54。位置 54 可以是(例如)一个记录用于以后传送到中心办公室以便分析的信号的记录装置、或一台在该处分析信号的计算机。尽管记录/分析装置 54 表示为靠近锚座 25 布置，但它不必放在该位置。而是，它能放在借助于诸如电缆 52 之类的电缆能接收信号的任

何便利地方。可选择的是，它能接收经无线电或红外线连接从全部或一些传感器传播到它的信号，如果这是希望的话。

声传感器 40、42、44、48 及 60a…d 可以是具有超过 10 兆欧电阻的加速度计或麦克风。当声或其他波通过缆索传播时，麦克风记录声音，或者加速度计测量缆索表面的挠曲。

传感器最好是具有超过 50 兆欧电阻的加速度计。特别希望的检测器是具有约 100 兆欧电阻的压电陶瓷盘。

人们知道，加速度计通常提供一个由于在特定频率下有最大值而失真、而在其他频率下有较小响应的信号。因此，在任何单个设施中的所有传感器最好具有相同的类型，从而所有传感器将提供类似失真的信号。如果希望，中央数据收集位置 54 能装有校正所用加速度计类型的期望失真的装置。然而，如果所有传感器以类似的可预计方式失真类似频率，则不校正失真、而仅使用和比较失真信号可能是适当的。

传感器安置成与要监视的位置声接触。这意味着他们必须能够拾波在缆索中发生的声事件，如金属丝断裂。如果缆索涂漆或覆盖有缠绕物，则通常把传感器安置在油漆或缠绕物的上部、且把他们粘接到缆索上就足够了。在大多数情况下，把他们绕缆索粘结或夹持也就够了。通过引入声事件(例如通过在传感器附近用大锤击打夹持器或缆索)、且由传感器检测而确认由这种击打引起的声事件，能确认声接触的充分性。

传感器由一个屏蔽电缆网连接到中央数据收集位置 54。屏蔽是为了降低或防止噪声，否则在数据收集位置处接收时会妨碍辨别信号。屏蔽能通过使用同轴电缆实现，每一种连接在电缆与传感器之间，放大器或其他电缆形成在由法拉第筒保护的接线盒中。

在数据收集位置处，一个充电放大器(包含在数据收集位置 54 中)把输入的电压与基准电压相比较，并且提供一个放大输出。一个比传感器的电阻小至少约一个数量级的负载电阻与充电放大器相联。适当地，负载电阻是 1 兆欧。充电耦合的装置本身具有显著比

该值高的电阻。

当金属丝断裂或滑移出现时要由传感器检测的感兴趣信号一般是 4 KHz 或更高，并且通常高于 8 KHz。因此，在感兴趣的频率下，系统具有非常高的阻抗，并且阻抗基本上是电阻性的。因而，为了实际目的，只通过考虑元件的阻抗就能考虑阻抗。

在该系统中，信号以模拟形式传送到数据收集位置，而不用把放大器布置在每个传感器处。这同先有技术相比降低了所需设备的成本，并且使得在每个传感器处不必具有电源或电池。意想不到地发现，可接收的信号能传送一段距离，长得足以对于即使很长的桥梁也允许测量仪器使用这种布置。在一次试验中，来自压电陶瓷盘的未放大信号成功地沿 8000 ft. (约 2440 米) 长的同轴电缆传送，并且成功地放大。

由于每个传感器具有比负载电阻器高得多的电阻(并因此具有高得多的阻抗)，所以能把另外的传感器串联添加到已经在那里存在的那些上，不会显著影响整个系统阻抗。这具有大量传感器(例如 100 个左右)能串联地串在一起、并且连接到单个数据收集通道(例如表示为 52 的同轴电缆)上的优点。

高电阻/阻抗装置的使用也使数据收集系统非常耐受来自雷击的损坏。

在本发明的一个最佳实施例中，诸传感器布置在缆索结点处或靠近其布置。缆索结点定义为其中两根缆索相交、且以彼此传送声能而没有显著衰减的方式直接或间接地连接(例如其中卡箍把悬缆连接到吊缆上)的地方，或者其中缆索端部夹持到另一种结构上(例如其中悬垂的缆索以一端锚定在缆索锚基中，或其中吊索固定在一个其中缆索拉杆锚定在浇铸锌座中的吊钩中)的地方。

只要传感器彼此足够靠近，从而金属丝断裂将由至少两个传感器检测，就不必在每个结点处安置传感器。能这样做的有效跨越距离取决于声信号在缆索内的衰减和查找的信息。例如，在其中仅希望监视悬链索的悬索桥中，例如每隔一个结点能安置一个传感器，

在该结点处吊索挂在悬索上，如跨段 30 上的 40 处所示。信号将经居中的结点传播，并且在传感器处接收，条件是他们之间的距离不会远得足以使信号衰减到不能识别的程度。然而，如果在连接到居中结点上的吊索中有金属丝断裂，则这样一种布置不可能提供关于这种完全表征它断裂的足够信息。

声音在缆索中的速度通常是一个已知量，但如果希望，则它能够通过使声波通过缆索传播(例如通过用气锤击打缆索)、且确定声波沿两个传感器之间的缆索通过隔开的已知距离所用的时间，能测量该速度。

当金属丝断裂时，它引起声事件，并且沿缆索在两个方向发送声和压力波。这些在下文称作声波，并且用于他们的传感器将称作声传感器，应该理解，波通过缆索，并且传感器能传感声音(如通过密切靠近缆索的麦克风)或缆索本身中的振动(如通过布置在缆索卡箍或缆索外表面上的压电换能器)。因而，通过测量信号从断裂处到达断裂任一侧的第一传感器所用的时间长度差，和通过知道两个传感器之间的距离，能确定断裂的位置。最好在或靠近任何是监视缆索的末端的结点有一个传感器，从而能准确地确定靠近缆索末端的断裂位置。

在缆索穿过一个结点的地方(例如，如果缆索是悬链索，并且结点是其中竖直吊索在其上方通过的点)，信号将通过结点传播。因而，在监视连续通过一个结点的缆索的地方，不必在该结点处有传感器。然而，最好在每个结点处有传感器，因为这样的传感器将获得下文讨论的关于金属丝滑移和引起信号的事件特性的有用信息。

发现声波在缆索中衰减得相当快。衰减程度显得取决于缆索的尺寸和特性。例如，在具有 10000 根 0.2"(约 0.78 厘米)直径的平行金属丝、和每隔 40'(约 12.2 米)的卡箍的 2'(约 0.6 米)直径的悬链索中，在相邻卡箍上的传感器之间的衰减约是 12 db(分贝)。考虑到缆索尺寸、卡箍的组成和间隔，传感器必须安置得彼此足够靠近，从而如果要定位金属丝断裂，则至少从两个传感器能得到可用信号。在结

点内的金属丝滑移一般给出一个比金属丝断裂低得多的振幅的信号，所以一般地说，在怀疑有滑移的地方，希望在每个节点上至少有一个传感器。

能用特定的缆索进行试验，以显示由金属丝断裂产生的声事件的特性，从而能识别这样的事件，并且与可能在缆索内引起声波的其他声事件相区分。而且，一旦把事件识别为可能的金属丝断裂，就能再检查恰好在其之前的其他声事件记录，看能否确定可能的原因。例如，由锯开引起的声波是可识别的，并且恰好在金属断裂之前的锯声指示破坏公共财产行为。在桥梁上，能使用这样一种程序来触发警报，以派人抓住破坏者或把破坏者吓走而防止进一步损坏。

在缆索具有足够传感器(例如在其结点处)，从而能够以一定精度确定金属丝断裂位置的地方，有可能使用这种信息来确定用于该缆索的更换时间表。

在悬索桥上，不必在其中吊索与悬垂缆索相交的每个结点处放置一个传感器或一组传感器。在悬链索上的传感器将辨别在穿过该悬链索上的卡箍的竖直缆索中的金属丝断裂，因为波经卡箍传送到悬链索。这样的信息告诉波在何处沿悬链索传送到悬链索。对于特定的缆索，由在吊索中的金属丝断裂引起的经卡箍到该缆索的传送波，具有能与缆索本身中的金属丝断裂波形不同的特定特征波形。然而，把波传送到缆索的位置能以类似方式定位，就象在该处有金属丝断裂一样。这允许确定哪根竖直缆索具有金属丝断裂。有用的是，知道在一个特定竖直缆索中已经出现了多少根金属丝断裂，和能否确定这些金属丝断裂的精确位置。在得知一定数量的金属丝断裂已经发生在一根特定竖直缆索中之后，可以决定更换该竖直缆索，即使不知道金属丝断裂的精确位置也是如此，或者可能希望把传感器放置在该竖直缆索上。

(ii) 绕缆索圆周放置传感器

图 3 和 4 表示在悬索 12 的段 30 上的缆索卡箍 14。多个这样的

卡箍在他们上面带有单个传感器。然而，这个特定的卡箍(指示为 46)带有多个传感器。在所示的实施例中，有四个这样的传感器，以绕缆索卡箍 90 度的间隔隔开。传感器是 74、76、78 和 80。

传感器 74 借助于电缆 82 连接到中继电缆 52 上。传感器 76 借助于电缆 84 连接到中继电缆 52 上。电缆 86 把传感器 80 连接到中继电缆 52 上，及电缆 88 把传感器 78 连接到中继电缆 52 上。注意传感器、和把他们连接到中继电缆上的电缆如此取向，从而他们不沿卡箍的顶部安置。这是因为在卡箍顶部上有时有一般指示为 89 的检查平台或通道(并且有时沿连接卡箍的悬索)，并且希望这些传感器和电缆放在不会由其上行走的人无意损坏的地方。

卡箍 46 可以具有任何便利的类型，并且带有一个一般指示为 70 的用于吊索 16 的通道。卡箍还带有由虚线箭头 71 指示的夹持装置 71，以把它在缆索段 30 上固定到位。

尽管最好使用在本发明该方面中在以上部分(i)中公开的具有高电阻的传感器，但为了本发明该方面(ii)的实施也能使用其他传感器，条件是他们具有足够的灵敏度以记录下文讨论的滑移。因而，能使用带有相关微处理器的低阻抗声或压力传感器、或者甚至磁致伸缩传感器，条件是他们具有要求的灵敏度。然而，最好不使用这种其他的传感器，因为他们需要电源或电池，这增加了成本。

在本发明的该实施例中，在单个纵向位置、最好在一个结点处，绕缆索圆周至少有两个、最好有四个或多个隔开的传感器。在纵向位置处在缆索中有金属丝滑移的地方，发现这使在绕圆周的传感器接收信号，并且在稍微不同的时间出现信号的开始，除非滑移与传感器等距。由时间差，能计算在缆索横截面内的滑移金属丝的位置。例如，能使用计算的图解法，如在申请者的以前版本的申请 WO 95/00823 的第 9 和 10 页处所示。在仅有两个传感器的地方，得到含糊的结果。然而，如果有与第一组纵向隔开的另一组两个传感器(例如如果两组两个传感器在缆索的相邻结点上)，那么往往有可能得到不含糊的结果。这通过把每组中两个传感器的每一个绕缆索彼此以

180 度布置、和通过把诸组放置在相邻结点处从而他们彼此偏移 90 度来实现。如果在两个结点处记录到同一金属丝滑移，则能把来自两组传感器的结果相结合以消除不确定性。

绕缆索圆周隔开的两个或多个传感器的使用，也能提供关于发展长度的有用信息。缆索的发展长度定义为金属丝中的切断具有影响的距离。我们记得，金属丝的每一根紧密地与缆索的其他金属丝相接触。因而，当切断金属丝时，在其整个长度上不可能失去张力，这取决于长度。而是，在一定的距离后(随金属丝和缆索的特性而变)，它与缆索其他金属丝的接触，使它具有就象它没有切断一样大的张力。例如发现，在 1000 根金属丝、和 1000 英尺(约 305 米)长度的特定缆索中，一根金属丝的有意切断对该同一金属丝 100 英尺(约 30.5 米)远的张力没有影响。显得由它与其他周围金属丝的接触传给该金属丝的张力足以防止张力丢失。因此对于该特定缆索的发展长度定义为小于 100 英尺(约 30.5 米)。因而，如果在彼此相距 600 英尺(约 183 米)远的同一金属丝中有两处断裂，则在两处断裂之间的部分保持张力，即使在两个端部处它与其锚座点割断。

当纵向远离一组都在沿缆索的相同纵向位置处圆周隔开的传感器出现金属丝断裂时，传感器检测纵向沿缆索通过的压力波或其他声波。由于该波纵向沿缆索已经传播，所以发现它基本上同时到达在任何一个纵向位置中的所有圆周传感器(下文称作“传感器组”)。然而，如果传感器组的位置处在纵向断裂处的缆索的发展长度内，则将有由断开金属丝相对于其他金属丝的滑移产生的独立波。来自该波的信号通常具有比由断裂引起的信号小的振幅，而通过以稍微不同的时间到达传感器组的不同圆周传感器处的事实，能分辨它。因此，如果在一个传感器组处由金属丝断裂产生的所有信号都是相同的，则能断定传感器组离断开处比发展长度远。如果他们呈现出差别，则能断定该传感器组在断开的的一个发展长度内。

当知道在缆索内的金属丝中的断开位置时，通过考虑断开的总数量和断开在彼此发展长度内的断开数量，也能进行关于缆索更换

或修理是否必要的确定。如果断开处彼此散布得大于发展长度，则在已经出现一定总数的断开之后，不修理或更换可能是能接收的。然而，如果有多个彼此散布于一个发展长度内的断开，则当已经出现相同总数的断开时，修理和更换可能是精明的。

(iii)收集信号

在每个结点处至少一个传感器的使用，需要在大结构上，如一条很长的悬索桥上，使用大量传感器。必须有用于传感器的装置，以把他们已经检测到的信号传送到一个记录装置。

信号收集的一个第一实施例具有一条用于一组传感器的公共数据线 52，在线上的每个传感器具有用来产生唯一标识符信号的装置(未表明)。可由在传感器处布置的一个小电池操作的该装置，在传感器已经发送一个大于希望预置数值的信号后的预定量时间内，产生一个对该传感器唯一的信号。这允许数据记录装置区分来自不同传感器的信号。

在信号收集的另一个实施例中，有多个数据通道。在需要检测的每个纵向隔开位置，有两个连接到不同通道上的电气独立传感器。连接是这样的，从而每个检测位置使其两个传感器连接到唯一一对通道上。由于在检测位置处的事件触发两个传感器，所以在任何两个通道上接收的信号限定检测位置(例如一个结点)，信号来自该检测位置。

数据收集的一个第三实施例表明在图 5 中。图 5 表示多个传感器 100a...100f。每个带有一种至一条把数据引到数据收集装置 103 的数据通道 103 的连接线 101a...101f。每个还带有至一个定位器电路 105 的一种连接线 104a...104f。定位器电路是一个连接到交流或直流电源 106 上的一种开路。它带有一列相同的已知电阻器 107a...107f，其中每一个与一个所示的传感器相联接。每个传感器还带有一个如果闭合则将接通开路的断开开关(108a...108f)。

当传感器(例如 100e)由大于预置数值的一个声事件触发时，它使其开关(108e)闭合，接通电路。这使得已知电压 106 流经电路 105 到

地 109。使电流在安培计 110 中登记。电流将取决于电流已经穿过电阻器 107a…107f 的多少个。在这种情况下穿过电阻器 107a 至 107e，但没有穿过电阻器 107f。

选择电阻器 107a…107f 的值，从而定位器电路的总电阻依据哪个传感器发送了数据而具有不同的值。因此电流量表示哪个传感器发送了数据。发送了数据的传感器然后在预定间隔之后断开其电路，从而能重复该过程，如已经描述的那样。电流的唯一值指示已经触发了哪个传感器。

不是以所有开关断开而开始、而是当触发时使传感器闭合其相联开关，当然有可能以所有开关闭合而开始，并且当触发时使传感器断开其相联的开关，或者以断开和闭合开关的一些已知组合而开始，并且当触发时使传感器改变其相联开关的状态。

然而，该实施例仅仅是优选的，在其中连接到公共数据通道上的传感器足够远离地隔开的情形中，他们将不从同一金属丝断开处接收信号。因而，例如，当这种布置与纵向隔开的传感器一起使用时，例如可以有四个数据通道，每隔三个传感器连接到相同通道上，条件是在该缆索中的衰减程度是这样的，波不可能在数据通道上影响多于一个传感器。

在声事件可能在通道上触发多于一个传感器的地方，能设置电阻，从而单个电阻器、或两个或多个电阻器的每种组合产生一个唯一的总电阻。因而有可能区分其中两个传感器在同一通道上给出信号的情形。一开始，登记一个有特色的电流，该电流将对应于(例如)由传感器 100d 登记的信号，使其开关 108d 闭合。然后，随着声波在沿缆索的一个方向上传播，传感器 100e 可以接收它，使其开关 108e 闭合且使电流变化。以后，传感器 100c 可以接收沿缆索在另一方向通过的波，闭合开关 108c 且再次改变电流值。电流变化的每一次出现的时间，表示来自事件的声波脉冲何时到达传感器的每一个。如果希望，则有可能完全消除数据通道，而仅依靠电流的变化来表示波前何时已经到达每个传感器。然而，这不是优选的，因为从传感

器获得的数据对于确定信号是否来自金属丝断裂的进一步分析是有用的。

尽管以上描述表示了本发明的最佳实施例，但要理解本发明不是由此限定，而鉴于本发明的当前公开，各种其他可选择实施例对于熟悉本专业的技术人员是显然的。因而，要理解，能进行变更，而不脱离下面所述权利要求书中特别指出和清楚要求的本发明的范围。

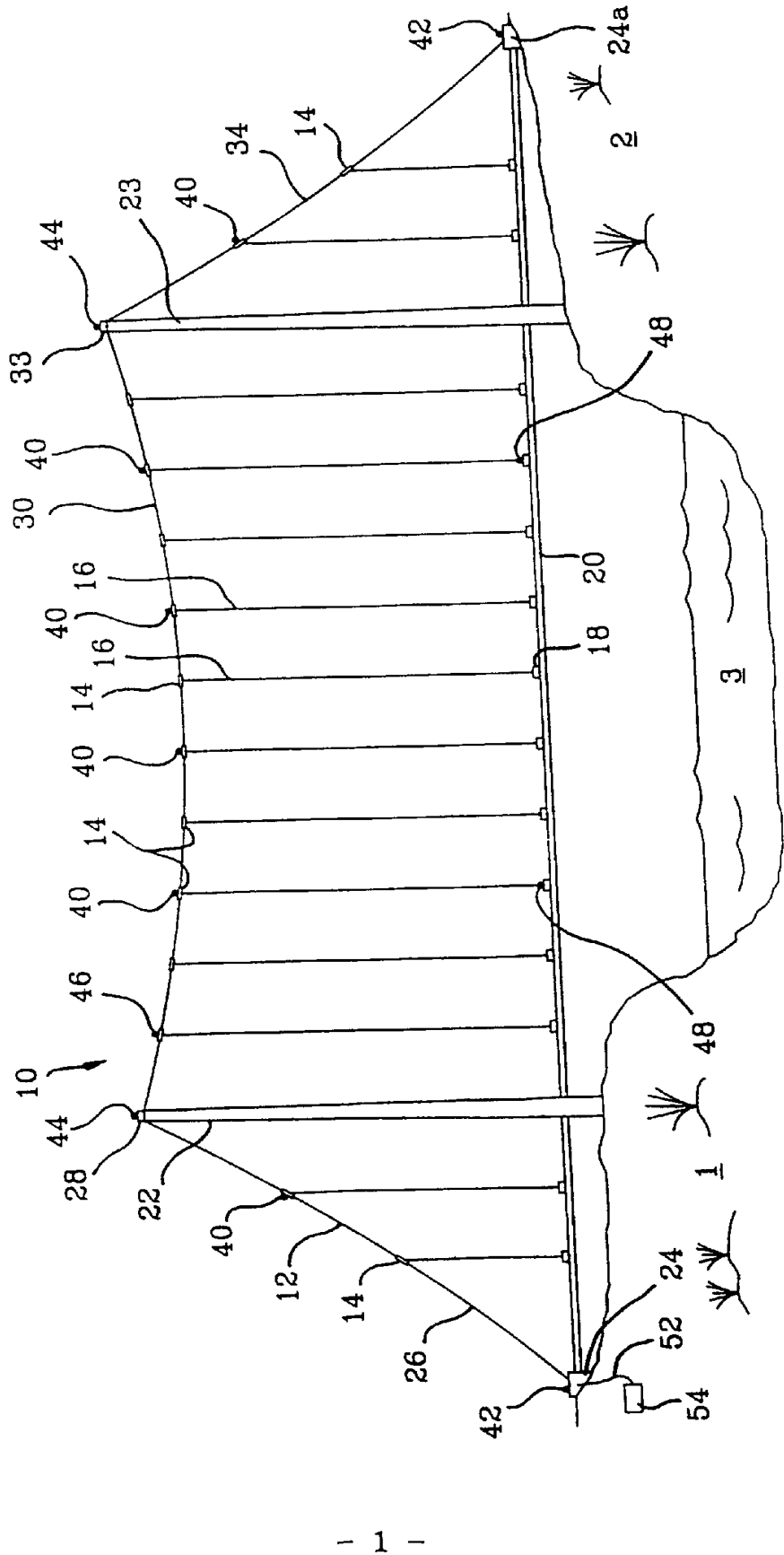


图1

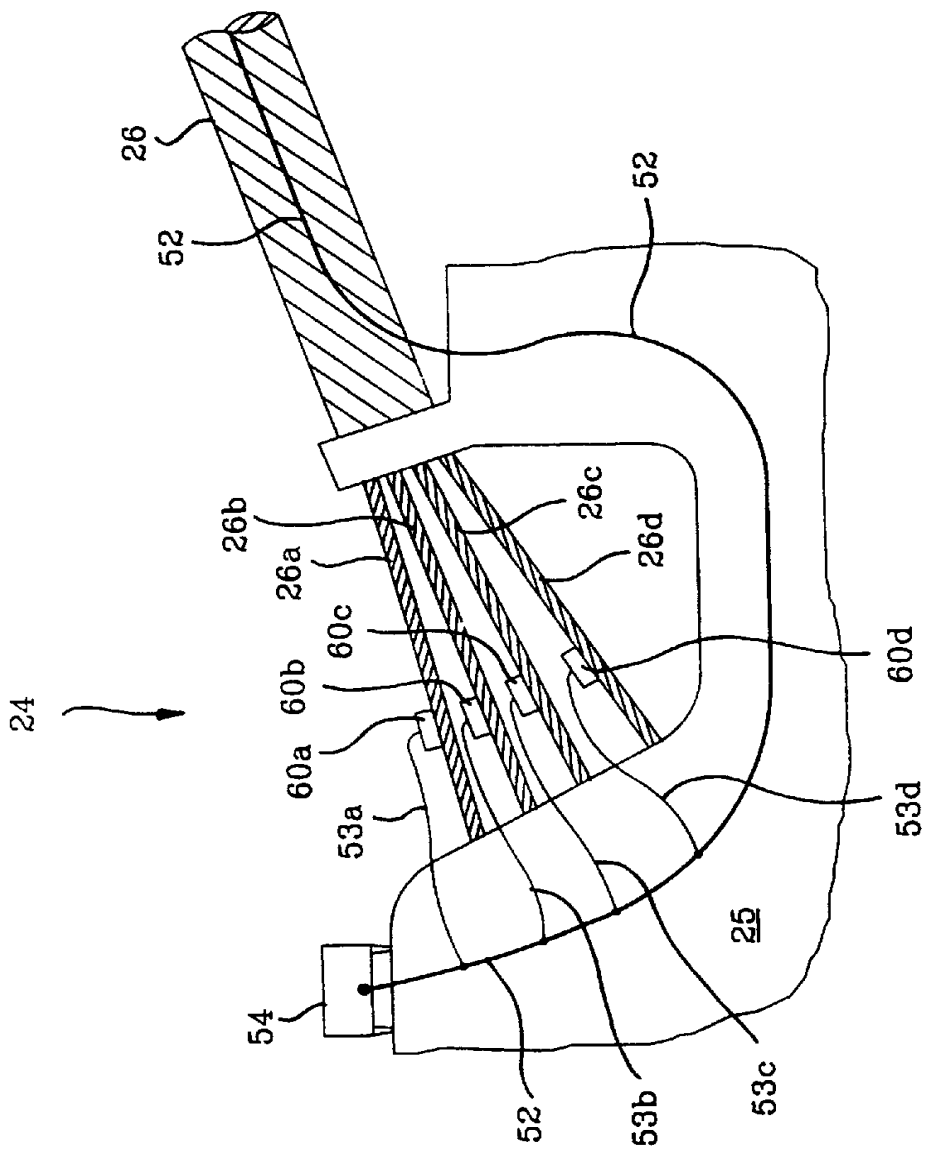


图2

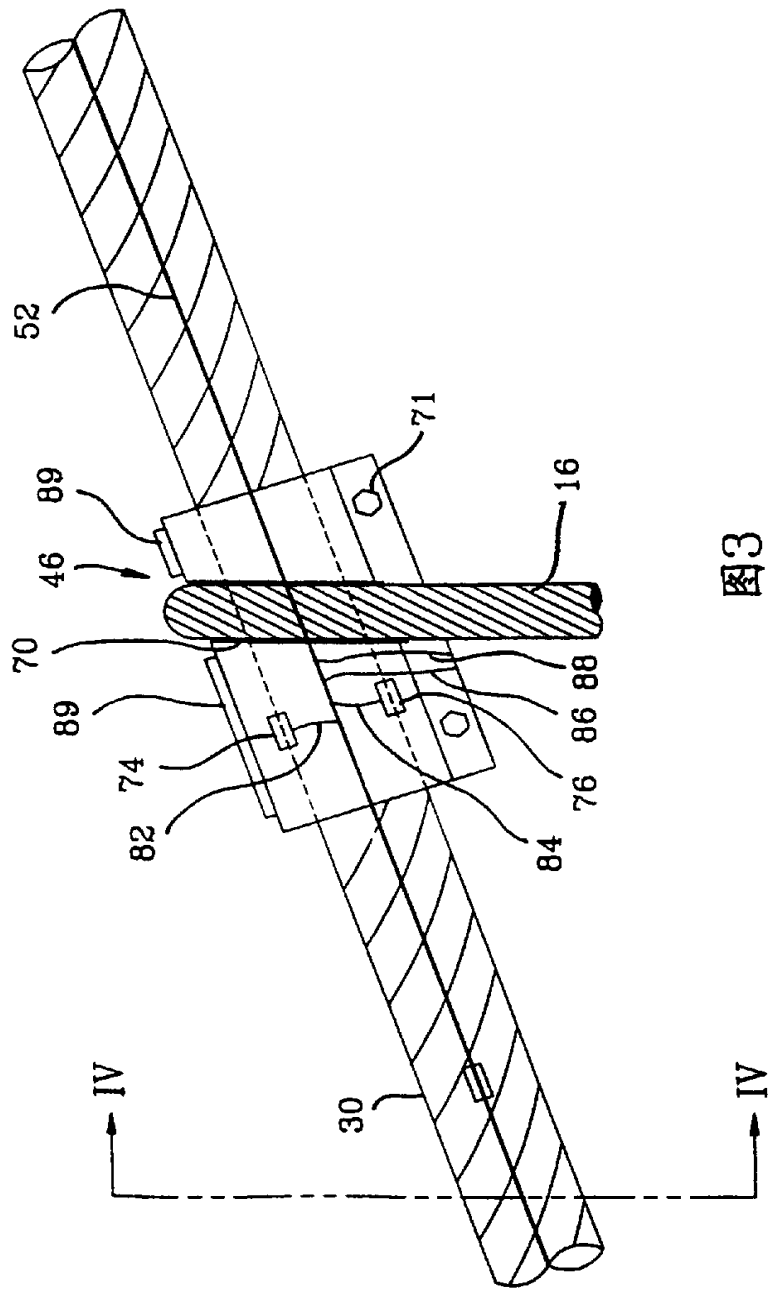


图3

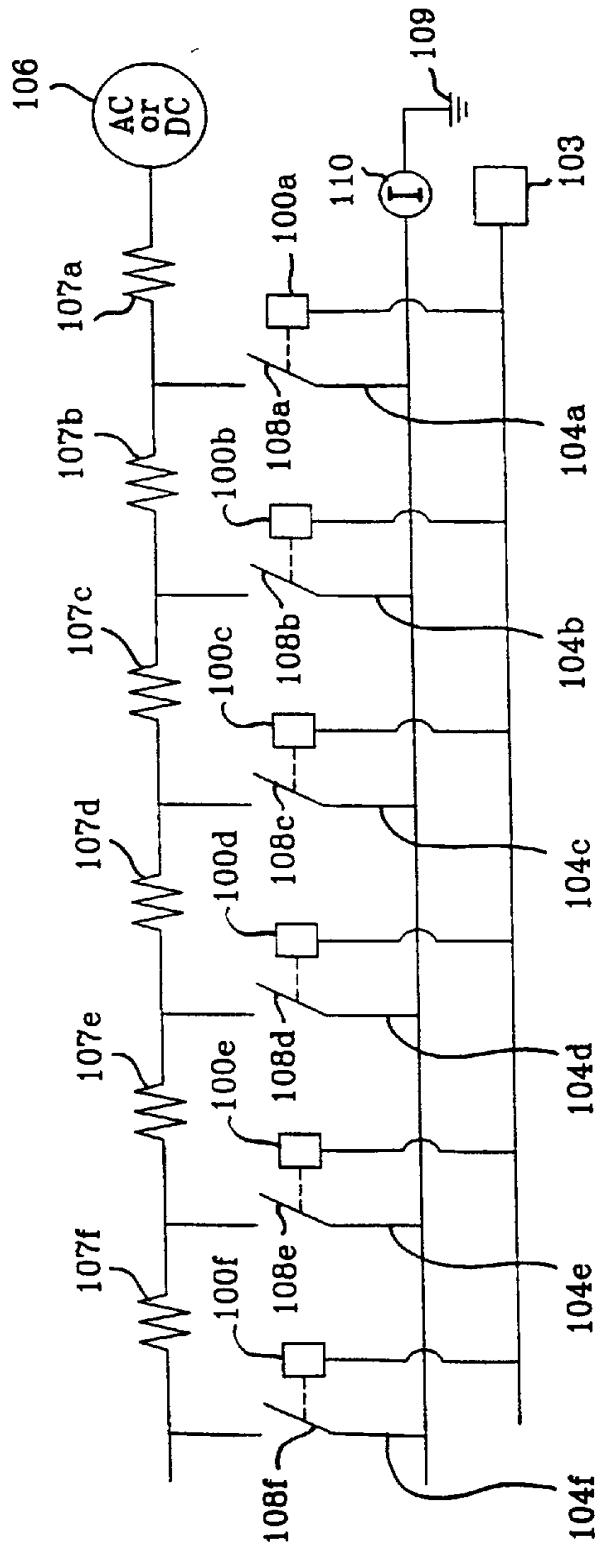


图5