

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 15/14 (2006.01)

H02G 1/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580026072.2

[43] 公开日 2007年8月29日

[11] 公开号 CN 101027562A

[22] 申请日 2005.5.1

[21] 申请号 200580026072.2

[30] 优先权

[32] 2004.6.29 [33] US [31] 60/583,907

[86] 国际申请 PCT/US2005/017582 2005.5.1

[87] 国际公布 WO2006/007131 英 2006.1.19

[85] 进入国家阶段日期 2007.2.2

[71] 申请人 SSI 动力有限公司

地址 美国佐治亚

[72] 发明人 约瑟夫·R·罗斯特朗 瑞·安安德
莱勒·T·凯斯特

[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 王萍

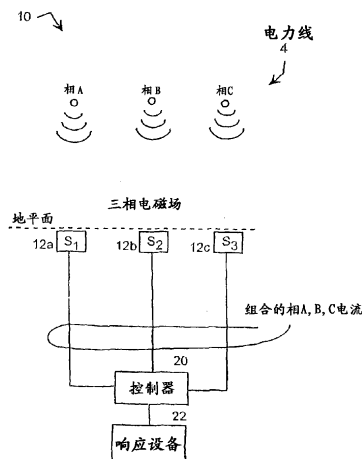
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 9 页

[54] 发明名称

电力监视和响应系统

[57] 摘要

一种使用远程地位于相导体的旁边的电磁场传感器(12a-c)的电力监视(10)和响应系统(22)。该系统根据从场传感器获得的测量值,在一些情况下还使用已知的系统值,确定一条或多条三相电力线(4)的未知的系统变量。对于给定的物理配置,场传感器可以包括磁场或电场传感器,已知的系统值和未知的系统变量可以包括相电流、相电压和用于限定系统的物理配置的距离。响应设备可以是显示器、电路中断装置、电压调节器、电压下降支持器、电容器组、通信设备或报告系统。



1.一种用于确定和多相电力线的相导体相关的系统变量的电力监视和响应系统，包括：

一组场传感器，其远程地位于各相导体的旁边并被定位成同时测量由相导体产生的组合磁场；

控制器，其被配置用于根据从场传感器接收的测量确定系统变量，并根据系统变量产生输出信号；以及

所述输出信号被配置用于启动响应设备，以根据所述输出信号执行响应动作。

2.如权利要求1所述的电力监视和响应系统，其中响应设备从由显示器、电路中断装置、电压调节器、电压下降支持器、电容器组、通信设备和报告系统构成的组中选择。

3.如权利要求2所述的电力监视和响应系统，其中控制器还包括本地控制器、中央控制器和用于在本地控制器和中央控制器之间传送数据的通信设备。

4.如权利要求1所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括磁场传感器。

5.如权利要求1所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括电场传感器。

6.如权利要求1所述的电力监视和响应系统，其中控制器还被配置用于根据场传感器测量和已知的系统值确定系统变量。

7.如权利要求6所述的电力监视和响应系统，其中场传感器通过周围环境实现高压绝缘，因为所述传感器位于离开相导体足够的距离之处，以避免在相导体和场传感器之间发生电压击穿。

8.如权利要求6所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括电场传感器，已知的系统值包括距离值，系统变量包括电压值。

9.如权利要求6所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括电场传感器，已知的系统值包括电压值，系统变量包括距离值。

10.如权利要求 6 所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括电流值，系统变量包括距离值。

11.如权利要求 6 所述的电力监视和响应系统，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括距离值，系统变量包括电流值。

12.一种用于确定和多相电力线的相导体相关的系统变量并响应由系统变量确定的异常电力系统状态的方法，包括以下步骤：

设置一组场传感器，其远程地位于各相导体的旁边并被定位成同时测量由相导体产生的组合磁场；

配置一个控制器，用于根据从场传感器接收的测量确定系统变量，并根据系统变量产生输出信号；以及

根据所述输出信号使响应设备执行响应动作。

13.如权利要求 12 所述的方法，其中控制器包括本地控制器和控制中心，所述方法还包括从本地控制器向控制中心传送系统变量和从控制中心向响应设备传送输出指令的步骤。

14.如权利要求 12 所述的方法，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括距离值，系统变量包括电流值。

15.如权利要求 12 所述的方法，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括电流值，系统变量包括距离值。

16.一种电力系统，包括具有相导体的多条多相电力线，每条电力线具有电力监视和响应系统，每个电力监视和响应系统包括：

一组场传感器，其远程地位于各相导体的旁边并被定位成同时测量由相导体产生的组合磁场；

控制器，其被配置用于根据从场传感器接收的测量确定系统变量，并根据系统变量产生输出信号；以及

响应设备，其被配置用于根据所述输出信号执行响应动作。

17.如权利要求 16 所述的电力系统，其中响应设备从由显示器、电路中断装置、电压调节器、电压下降支持器、电容器组、通信设备和报告系统构成的组中选择。

18.如权利要求 17 所述的电力系统，其中控制器还包括本地控制

器、中央控制器和用于在本地控制器和中央控制器之间传送数据的通信设备。

19.如权利要求 17 所述的电力系统，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括距离值，系统变量包括电流值。

20.如权利要求 17 所述的电力系统，其中场传感器包括磁场传感器，已知的系统值包括电流值，系统变量包括距离值。

电力监视和响应系统

要求相关申请的优先权

本申请要求 2004 年 6 月 29 日申请的名称为“Multiple Phase Current Sensor With remote Multiple Sensors”、序列号为 60/583907 的共同所有的美国临时专利申请的优先权，该专利申请通过引用被包括在此。

技术领域

本发明涉及高压输配电系统领域，更具体地说，本发明涉及使用位于远方的电磁场传感器确定未知的电力系统变量例如相电流、相电压和/或从场传感器到相导体的距离的电力监视和响应系统。

背景技术

当前，环形电流互感器(CT)是一种用于测量三相输配电线路中的相电流的最流行的技术。虽然非常精确，但是这些装置当用于高压时却非常昂贵。这大部分是因为需要使高压电流传感器绝缘，对于 1000 伏以上的电压，这是十分昂贵的。还有使用其它类型的磁场传感器的其它方法，例如使用位于每个相导体附近的霍尔效应传感器。在多相应用中，这种技术由于来自相邻相的磁场干扰而变得复杂，所述干扰导致不精确的测量。结果，使用这种技术的一种唯一成功的技术一直使用一种环形的磁场传感器，其完全包围着导体，以抵消来自其它相的外来的误差信号。这种方法也需要用于磁场传感器的昂贵的高压绝缘，其只有在最高的传输线电压下，才使得系统在经济上是可行的。

关于高压电流测量的另一种方法使用围绕每个导体通过偏振光的光纤传感器。由相电流产生的磁场和电流成比例地使偏振方向转动。虽然这种技术减少了在高压下使电流传感器绝缘的困难，但是所需的

用于把偏振测量转换成电流测量的复杂的解码技术是十分昂贵的。此外，这种方法只有在最高的传输线电压下才是在经济上可行的。

因为大电流和周围空气加热电导体，使得它们伸长而从其架空的支撑下垂，存在另一种类型的未知的电力系统。如果下垂太大，则可能在电力线和另一个物体例如树或小山之间发生电压击穿而引起闪烁。因此在正常操作状态期间需要在重要位置监视电力线的物理下垂。一直使用算法根据在变电站测量的电流值、环境条件和相关线路部分的物理结构来估计电力线的物理下垂。但是这些算法只产生关键位置的物理下垂的估计，由于在大负载状态期间在线路上的电压降和无功负载，所述估计可能和实际状态显著不同。另一种方法是使用一般包括激光距离探测器和照相机的光学系统进行直接的距离测量。但是这些光学系统非常昂贵，在黑暗中不能很好地工作，可能受到恶劣的气候以及尘垢、鸟粪等等的污染带来的不利影响。

因而，一直需要一种成本有效的电力监视和响应系统，其避免了绝缘问题和成本高的译码系统。还需要一种不依赖于光学元件的电力线下垂监视系统。

发明内容

本发明通过一种用于多相电力线的电力监视和响应系统满足了上述需要，其使用电磁场传感器例如廉价的电场或磁场传感器，所述传感器远程地位于相导体的旁边，在那里它们测量由所有的相导体产生的磁场。然后，系统根据由场传感器获得的测量值，在一些情况下根据一个或多个已知的系统的值，确定未知的系统变量，例如相电流、相电压或限定相导体的物理下垂的距离。更具体地说，对于相导体和传感器的任何给定的布置，可以导出并有效地解一组联立方程，以便确定未知的系统变量，只要传感器的数量至少等于未知系统变量的数量。可以通过几种不同的技术进行求解，包括试错法、代数求解和统计方法。此外，在许多情况下，可以预先推导基于传感器测量的加权和的用于未知系统变量的线性方程，用于根据传感器测量直接确定未

知系统变量。

换句话说，本发明通过有效地求解联立方程解决了多相导体中的相间干扰问题，所述联立方程是用于基于由场传感器获得的测量确定未知的系统变量所需的。在一些情况下，该方案可以使用其它已知的系统值，例如限定从每个场传感器到每个相导体的距离的距离值。还可以使用一个或多个简化的假设，例如平衡的相电流和相等的物理下垂，以减少场传感器的数量。此外，当电力线和电磁场传感器的配置已知时，可以利用直接和传感器的输出相连的简单的比例和求和装置确定未知的系统变量。

所得到的电力监视和响应系统比现有的系统具有许多重要优点。尤其是场传感器远程地位于相导体的“旁边”。在本说明书中，“旁边”一词指的是每个场传感器位于一个相导体的一侧，因而不包围着相导体。不过应当理解，所有的场传感器不必位于相导体的同一侧，而是可以位于电力线的电磁场中的任何位置。“远程”一词指的是传感器离开相导体大的距离，最好是在相导体下方的地面附近。实际上，这允许廉价的场传感器例如霍尔效应场传感器被设置在离开相导体足够远的位置，以使得周围的空气使场传感器和高压电力线绝缘。和现有的电力监视技术不同，这种配置足够廉价，使得该系统在较宽范围的电力线电压下能够被经济地实现。

应当理解，使用磁场传感器的这类电力监视和响应系统不受物理障碍例如气候、建筑物、桥梁、电力线塔、变电站设备或位于磁场内的其它物体的不利影响，这是因为磁场强度不受这些因素的影响。例如，当确定位于变电站或多线传输线走廊内的电力线中的相电流的值时，这是一个很大的优点，在这些场所，支撑结构例如塔以及变电站设备通常位于被监视的电力线的磁场内。

把场传感器设置在这样的一些位置是有利的，在这些位置，从传感器到电力线的距离不随系统条件而改变。例如，传感器可被设置在电力线塔的下面或者变电站内，在这些位置，电力线通常由架空的绝缘体支撑着。这使得从传感器到电力线的距离可以是已知的值，这使

得用于监视相电流所需的传感器的数量最小。尽管如此，借助于确定相导体与传感器测量的距离，该系统还可以用于确定在重要位置处电力线经受的物理下垂。这使得能够直接监视电力线的物理下垂，而不依赖于昂贵的并可能受到天气以及由尘垢、鸟粪等造成的污染的不利影响的光学设备。

此外，电力监视和响应系统根据计算的电力系统变量执行合适的响应动作。例如，相电流中的尖峰可能表示一种系统故障，该故障需要操作一个或多个电路断路器将其隔离。此外，持久的但非尖峰的大相电流可能表示大的系统负载，其引起可借助于操作电压维持设备例如电容器组、电压调节器或其它电压下降维持设备被减轻的电压降。也可以启动其它的响应装置，例如传输线互联开关、在战略上布置的同步电容器、在战略上布置的柴油机发电站、小型的水电站、电池以及其它功率存储装置、燃料电池、负载管理机构，可切断的负载以及卸载开关。这些类型的响应动作一般由控制中心协调，在控制中心利用报告系统随时间记录、分析和报告系统变量。这类系统例如可以确定电流过载或电力线物理状态是正在变坏，还是已经达到了临界点。

在关键位置的这类直接的电力系统改善了响应设备的操作，避免不需要的破裂性的响应动作，有利于更精确更有效的响应动作，一般使得能够更可靠地以更高的质量提供输电业务。这种类型的系统还帮助识别需要电压维持设备的关键位置，并提供非常有效的手段用于早期检查和避免级联的停电，例如近些年来影响美国西部、中西部和东北部的停电。该系统还是一种用于识别其它类型的潜在的破坏性电力系统的干扰，例如动态产生的站振荡、无功功率循环、间歇的异常负载行为、雷击等的有效的机构。

一般地说，本发明可以作为用于确定和一条或多条多相电力线的相导体相关的系统变量的电力监视和响应系统来实现。该系统包括一组场传感器，其远程地位于相导体的旁边，并被定位用于同时测量由相导体产生的组合的电磁场。特别地，场传感器可以借助于把其设置在离开相导体一足够距离的位置处而利用周围的空气实现高压绝缘，

以避免在相导体和场传感器之间的电压击穿。该系统还包括控制器，其被配置用于根据从场传感器接收的测量值确定系统变量，并根据系统变量产生输出信号。该输出信号被配置用于使响应设备根据输出信号执行一个或多个响应动作。

在各个实施例中，控制器还可以根据场传感器测量以及已知的系统值确定系统变量，所述已知的系统值一般是从场传感器到相导体的距离值。场传感器可以是磁场传感器或电场传感器，未知的系统变量可以是电压、电流或距离值，所述响应设备可以是显示器、电路中断装置、电压调节器、电压下降支持器、电容器组、通信设备或报告系统。响应设备还可以包括本地控制器、中央控制器以及用于在本地控制器和中央控制器之间传递数据的通信设备。分析和报告系统一般随时间保持、分析并报告系统变量，以确定例如电流过载或电力线的物理状态是正在变坏或者达到一个临界点。

在一个特定的实施例中，场传感器是电场传感器，已知的系统值是距离值，系统变量是电压值。或者，场传感器可以是电场传感器，已知的系统值可以是电压值，系统变量可以是距离值。在另一个实施例中，场传感器是磁场传感器，已知的系统值是电流值，系统变量是距离值。或者，所述电场传感器可以是磁场传感器，已知的系统值可以是距离值，系统变量可以是电流值。此外，可以没有已知的值，例如电流和距离值可以由从足够数量的磁场传感器接收的测量确定。此外，对于一条以上的多相电力线，系统同时可由从足够数量的磁场传感器接收的测量值确定系统变量，例如电流值。

本发明还可以作为一个电力系统来实现，其包括许多电力线以及相关的电力监视和响应系统，或者作为一种方法来实现，其用于确定和一条或多条多相电力线相关的系统变量，并响应由系统变量确定的异常电力系统状态。由下面实施例的详细说明和附图以及权利要求，可以清楚地看出用于实现电力监视和响应系统的特定实施例因而实现上述优点的特定技术和结构。

附图说明

图 1 是包括环形电流传感器的现有技术的电力监视系统的示意图；

图 2 是包括远程地位于 3 个相导体的旁边的 3 个场传感器的多相电力监视系统的示意图；

图 3 是包括许多远程地位于三相导体的旁边的磁场传感器的多相电力监视系统的示意图；

图 4 是包括许多远程地位于三相导体的旁边的电场传感器的多相电力监视系统的示意图；

图 5 是具有许多响应设备替换物的电力监视系统的方块图；

图 6 是使用 3 个磁场传感器确定三相电力线的 3 个距离或 3 个电流值的电力监视和响应系统的方块图；

图 7 是使用 6 个磁场传感器确定三相电力线的 3 个距离和 3 个电流值的电力监视和响应系统的方块图；

图 8 是使用 2 个磁场传感器和一个简化假设确定三相电力线的 3 个电流值的电力监视和响应系统的方块图；

图 9 是使用一个磁场传感器和两个简化假设确定三相电力线的物理下垂的电力监视和响应系统的方块图；

图 10 是使用 3 个磁场传感器和两个简化假设确定三相电力线的物理下垂以及 3 个电流的电力监视和响应系统方块图；以及

图 11 是使用 4 个磁场传感器和 2 个简化假设确定在两组三相电力线中的 6 个电流的电力监视和响应系统的方块图。

具体实施方式

本发明在用于多相电力线的监视和故障保护设备中提供了重大的改进。特定的实施例使用廉价的磁场传感器例如霍尔效应传感器，它们在物理上被设置于相导体的旁边（即不包围着）并离开相导体相当的距离。优选地，场传感器位于地面上或地面附近并处于地电位。通过使用环境空气作为绝缘介质，解决了高压电绝缘问题，这避免了

用于传感器的专用的昂贵绝缘。在一些情况下，从磁场传感器接收的测量的磁场值和数学关系相结合。

为实现本系统，推导一组方程，用于由等于或大于所测量的传感器值的数量计算若干个未知系统变量的值。一般地说，系统变量可以包括相电流、相电压和/或从传感器到相导体的距离。这些值的任何一个可以是已知的，以便减少特定的电力监视应用所需的传感器的数量。对于多相电力系统，例如，可以使用来自3个磁场传感器的测量值计算相电流，假如从每个磁场传感器到每个相导体的距离是已知的。

类似地，可以使用来自3个电场传感器的测量值计算相电压，假如从每个磁场传感器到每个相导体的距离是已知的。因而，来自3个磁场传感器和3个电场传感器的测量值可用于计算在每相中流动的电功率，假如从每个磁场传感器到每个相导体的距离是已知的。还应当注意，可以使用相同的技术作为变量确定从每个传感器到每个相导体的距离值。例如，可以使用6个磁场传感器计算多相电力线的相电流和距离值。或者，可以使用6个电场传感器计算多相电力线的相电压和距离值。

应当理解，这种电力监视技术不依赖于任何特定应用的物理配置，因为这些因素只改变在相应的方程中使用的常数。此外，因为由传感器产生的值在理论上是线性的，可以应用校正系数根据需要对改变进行补偿。特别地，对于例如基于导体下垂估计的距离值的改变，可以容易地确定校正系数。

对于下面所述的特定例子中所示的典型的物理配置，按照矩形几何学确定距离。但是不需要这种类型的配置，因为数学原理只要求测量的数量至少等于未知数的数量。其它的几何方法也可以简化求解，但是这不改变运算的原理，其涉及使用廉价的传感器和廉价的计算技术来提供一种非常经济的方法，用于连续地实时地确定在每个相导体中流动的电流。和依赖于包围着相导体并被设置在相导体附近的传感器的现有的常规电力监视技术相比，这带来大的经济效益。

还应当注意，电磁场传感器最好设置成在空气中距离相导体足够

的距离，以避免需要高压绝缘材料。此外，当需要高的精度时，磁场或电场传感器可能是复杂的。当可以接受较低的精度时，则这些传感器是非常简单和廉价的。例如，磁场传感器可以是线圈或霍尔效应传感器，电场传感器可以是电容器。

类似地，控制器可以是任何类型的通常可得到的计算机技术，并且软件可以是简单的或者较为复杂的。例如，复杂的控制器可能使用软件和其它类型的故障检测器，以精确地检测和滤除来自不平衡的远场电流的干扰。或者，控制器可以是一种简单的算法，其忽略这种类型的干扰或者应用粗略的校正系数。当然，根据需要可以在系统中引入不同的复杂程度。这种技术的一种重要应用是用于相对的低压下级输配电线路，其中常规的 CT 电流监视技术不能被经济地实现，因此在此时是不合适的。廉价的监视和响应系统也可用来更鲁棒地实时地监视和控制高压电力线和相关的响应设备，如前所述，这将产生重大的优点。

现在参看附图，在所有的附图中，相同的附图标记表示相同的元件。图 1 是用于电力线 4 的现有技术的电力监视系统的概念性表示，其中使用常规的环形电流传感器 5a-c，一般被称为“电流互感器”或 CT。由 CT 产生的测量一般用于启动某种类型的响应设备 22，例如电路中断路器、电压调节器或其它合适的装置。在这种类型的系统中，通过使 CT 完全包围着其相关的相导体来消除相间干扰。这使得每个 CT 只测量在其相关的相导体中的电流，如图 1 所示。虽然这是一种消除相间干扰的有效方法，但是由于必须使 CT 绝缘以在高压下工作，因此导致高的成本。特别是，CT 的外壳处于地电位，而相导体处于线电位并离开非常短的距离设置。这需要足以阻止跨过 CT 的电压击穿的内部绝缘 6a-c，这是十分昂贵的，严重地限制了这种系统的经济可行性。

图 2 是用于三相电力线 4 的成本低得多的电力监视系统 10 的概念性说明。该系统由电磁场传感器，在一些情况下，还由已知的系统值，确定若干个系统变量。系统变量和系统值可以是相电流、相电压

或从传感器到相导体的距离值。对于不同的应用，这些参数的任何参数可以是系统变量或已知的系统值。换句话说，在不同的应用中，电力监视系统 10 可用于确定相电流、相电压和/或电力线的物理下垂，在特定的应用中，任何这些参数可以是已知的或者是未知的。磁场传感器一般用于确定相电流，电场传感器一般用于确定相电压，根据应用，距离值可以是已知的系统值或系统变量。当传感器位于距离不变的位置时，距离值是已知的，例如位于变电站中或位于架空支撑着相导体的塔附近的电力线之下时。或者，当传感器位于电力线的自由跨距之下时，距离值可以是变量。这种配置一般用于确定在重要位置电力线的物理下垂。

图 2 所示的说明性的电力监视系统 10 包括远程地位于相导体的旁边的 3 个场传感器 12a-c，控制器 20 和响应设备 22。传感器可以是磁场传感器或电场传感器，如图 3 和图 4 所示，图 5 示出了典型的响应设备。因为相电流通常是在电力系统的战略位置被直接测量的最有效的系统变量，还因为由电力线产生的磁场事实上不受位于磁场中的结构的影响，可以预期，使用磁场传感器直接测量相电流和物理下垂的配置占优势。不过本发明的基本原理可以完全同等地适用于电场或磁场传感器，以及各种程度的精度和复杂性。

通过把传感器远程地设置在相导体的旁边，每个传感器测量来自相 A-C 的组合电流。传感器还被设置成离开相导体足够的距离，以便使得周围空气能够用作为高压绝缘。这些是用于区分图 2 所示的电力监视系统 10 和图 1 所示的常规的系统的的主要因素。这些区别产生了前述的重要优点。

因为每个相传感器各测量相 A-C 的组合电流，使用控制器 20 由从传感器接收的测量确定每个相导体中的电流。实际上，或者以电子方式或者利用软件求解一组联立方程，以便由传感器测量确定相电流。理论上，只要未知值（在本例中是相电流）的数量至少和传感器 12a-c 的数量一样多，便可以有效地求解联立方程。图 6 和图 7 表示两种一般的情况，其中传感器的数量等于未知值的数量。

不过实际上，一般使用某些已知值和/或一个或多个简化的假设来减少确定所需值所需的传感器的数量。在图 8 到图 10 所示的典型的应用中，使用简化的假设减少所需的场传感器的数量。此外，在图 11 表示的应用中，同时对两组三相电力线确定系统变量。应当理解，所有这些例子都是同一个主题的变型，对于其它的特定应用，根据需要可以使用其它的配置。

还应当理解，在其中距离是已知的应用中，关于相电流的联立方程简化为来自磁场传感器的测量的加权和。类似地，关于相电压的联立方程简化为来自电场传感器的测量的加权和。对于这些应用，加权系数是可以根据关于特定配置的已知距离值预先确定的常数。结果，控制器 20 可以是一种简单的电子电路，其把恒定的加权系数提供给传感器的输出，并对结果求和，以确定每个系统变量。或者，可以配置在廉价的芯片上实现的一种廉价计算装置，用于确定系统变量。一旦理解了本发明的基本原理，便可以根据需要开发特定的应用。

图 3 是多相电力监视系统的示意图，包括多个磁场传感器 32a-n，它们远程地位于电力线 4 的三相导体的旁边。这些磁场传感器位于接地的支撑结构 30 上。电力线下方的最上面的接地结构在这种情况下是接地支撑结构。地平面消除了接地支撑结构的最上部区域下方的电场，只不过对磁场有最小的影响。电力线被这样设计，使得地平面离开在电力线和最上部的接地结构之间能够发生电压击穿的点一个安全距离，然而又在可以测量电磁场的区域内。结果，磁场传感器一般位于电力线下方刚好地平面之下，在该位置它们由磁场强度测量相电流，如图 3 所示。电场传感器被设置在刚好在地平面之上，在此位置它们由电场强度测量相电压。

图 5 是具有若干个响应设备 22 的替代设备的电力监视系统 10 的方块图。一般地说，响应设备可以包括任何合适类型的显示器、计算装置、通信设备或可以由继电器启动的其它电装置。典型的例子包括用于补偿持久的大电流或电压下降状态的远程装置或本地装置，例如电容器 22a、电压调节器 22b 或电压下降支持器 22c。在另一种重要的

应用中，响应设备可以包括位于本地或远程的电路中断器 2n，例如响应检测到的电力线故障的电路断路器或类似装置。

响应设备还可以包括通信设备，例如通常用于电力工业中的监视控制和数据获取(SCADA)设备。SCADA 设备向中央控制中心 22f 传送来自控制器 20 的输出数据，中央控制中心接着控制响应设备。典型的例子包括传输线互联开关、在战略上布置的同步电容器、在战略上布置的柴油发电站、小型水电站、电池和其它功率存储装置、燃料电池、负载管理机构、可切断的负载以及卸载开关。

此外，响应设备还包括分析和报告系统 22g，其一般位于控制中心 22f 或者和控制中心通信。该系统一般随时间存储和分析电力系统值，包括相电流、相电压和电力线下垂的物理状态，以检测正在复发和恶化的问题。这使得系统工程师能够计划和安装长的或短的范围的系统升级。因为电力监视系统 10 是廉价的并且容易操作，其可以在整个电力系统内的战略位置被安装。

一旦使用这种系统连续监视、记录和分析电力系统值，便可以根据实时的电力系统值实现一种综合的战略响应系统。这个能力将帮助满足重要的操作目标，例如避免不需要的和破坏性的响应动作，有利于更精确和有效的响应动作，并通常实现更可靠的和更高质量的供电服务。这种系统还根据实际的系统数据帮助进行短期的和长期的计划。这种能力作为一种成本有效方法将具有极大的价值，以用于满足非常重要的电力系统目标，例如识别需要电压维持设备的关键位置，并提供一种非常有效的手段，用于早期检测和避免级联的停电，例如近些年来影响美国西部、中西部和东北部的停电。该系统还是一种用于识别其它类型的潜在的破坏性电力系统干扰，例如站振荡的动态产生、无功功率循环、间歇的异常负载行为、雷击等的有效的机构。

图 6 是一种电力监视和响应系统的方块图，其使用 3 个磁场传感器 12a-c，用于确定三相电力线的 3 个距离或 3 个电流值。即，图 6 表示三相电力线的一般情况，其中传感器的数量等于未知系统变量的数量。在这个例子中，控制器 20 可以根据 3 个磁场测量和已知的相距

离值确定并输出 3 个相电流值。或者，控制器 20 可以根据 3 个磁场测量和已知的相电流值确定和输出 3 个相距离值。

图 7 表示一种电力监视和响应系统的方块图，其中使用 6 个磁场传感器 12a-12f，用于确定三相电力线的 3 个距离和 3 个电流值。这也是一种一般的情况，其中传感器的数量等于未知系统变量的数量。这种类型的配置例如可用于确定在战略位置的相电流和电力线的自由跨距之下的物理下垂。

如前所述，具有可以采用来减少特定应用所需的场传感器的数量的一些简化假设。特别地，可以假设相电流是平衡的，此时，它们的和是 0。因而，第三相的电流可以由另外两相的电流确定。这种配置示于图 8，其中三相电力线的每个导体的物理下垂由两个磁场传感器 12a,12b 确定。此外，如图 9 所示，可以使用第二简化假设，由单个磁场传感器 12 确定物理下垂，在这种情况下，每个相导体的物理下垂是相同的。当然，一般的电力线在正常操作状态下实际上具有平衡的相电流和相等的物理下垂。只是在故障状态期间这些值才显著不同，此时的主要目的是识别和响应于这种故障，而不是以高的精度测量相电流。因此，图 9 所示的单个传感器的系统可以用于确定其中电力线的物理下垂是所希望的唯一的系统变量的应用中的电力线的物理下垂。

图 10 表示一个例子，其中使用相同的简化假设（即平衡的相电流和相等的物理下垂）和 3 个磁场传感器确定三相电力线的物理下垂和 3 个电流。对于许多应用，这种配置是优选的，因为相电流和物理下垂一般是在沿着电力线的战略位置所需的系统变量。图 11 表示一种适合于变电站的应用，其中在两组三相电力线下方设置有 4 个磁场传感器。在这种情况下，使用在两组电力线中电流是平衡的假设（即两个简化假设）和 4 个传感器 12a-12d，确定两组三相电力线中的 6 个电流。

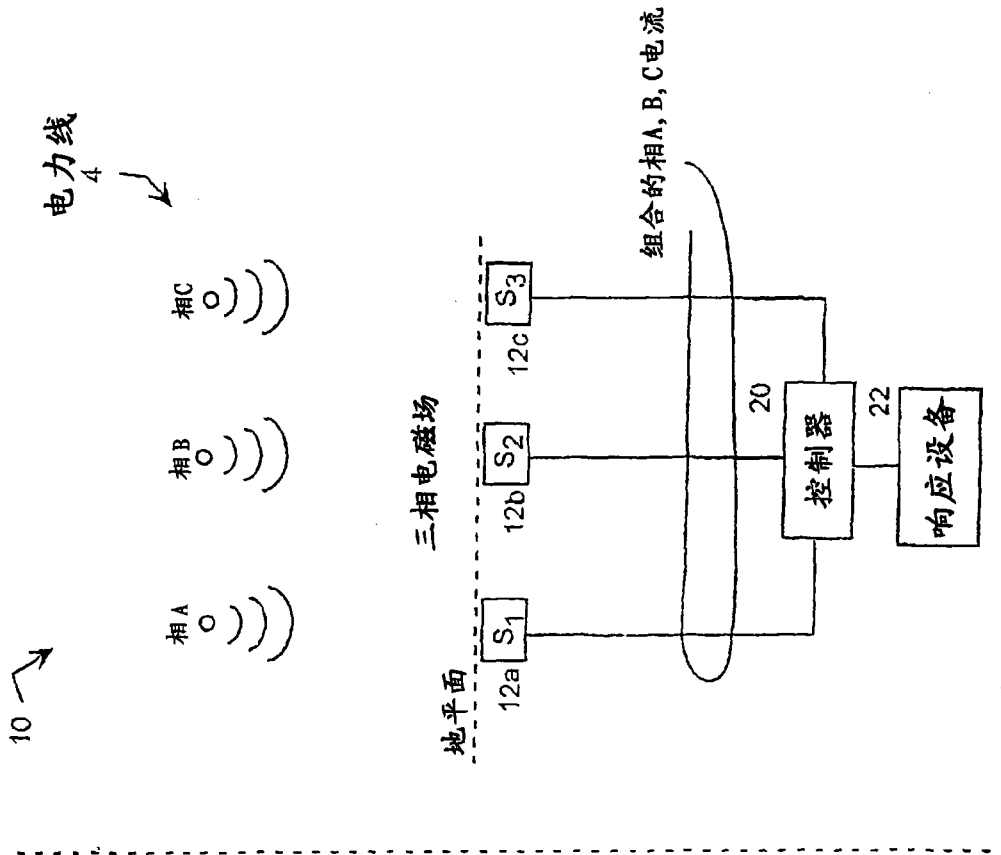


图1
现有技术

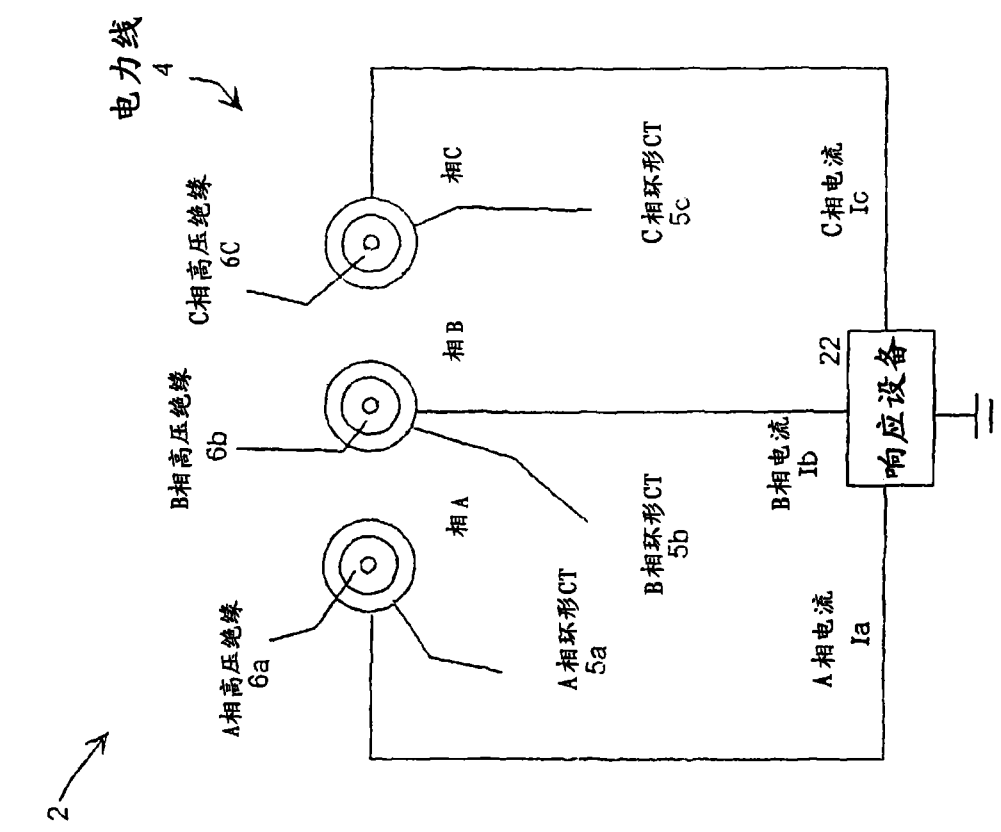


图2

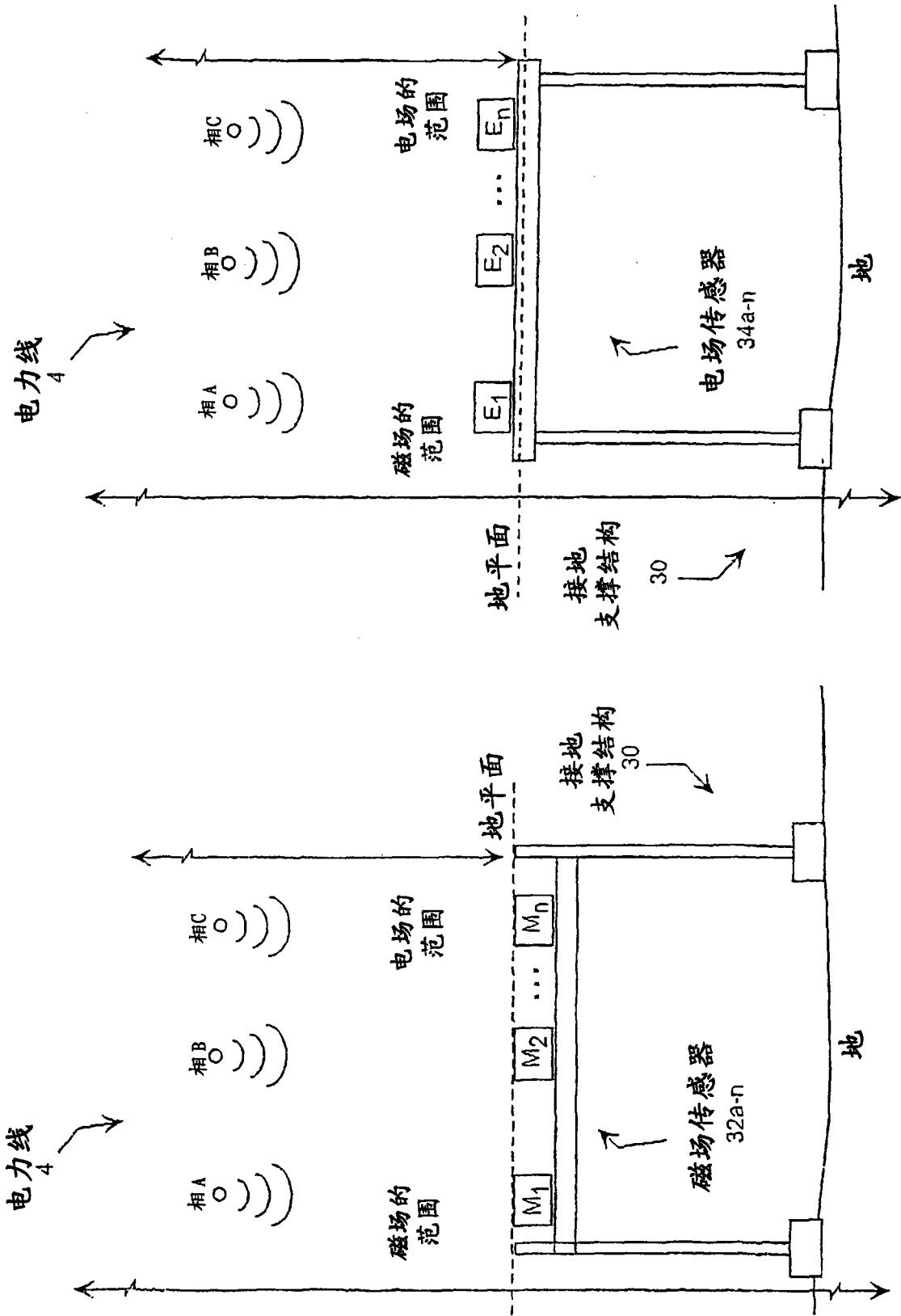
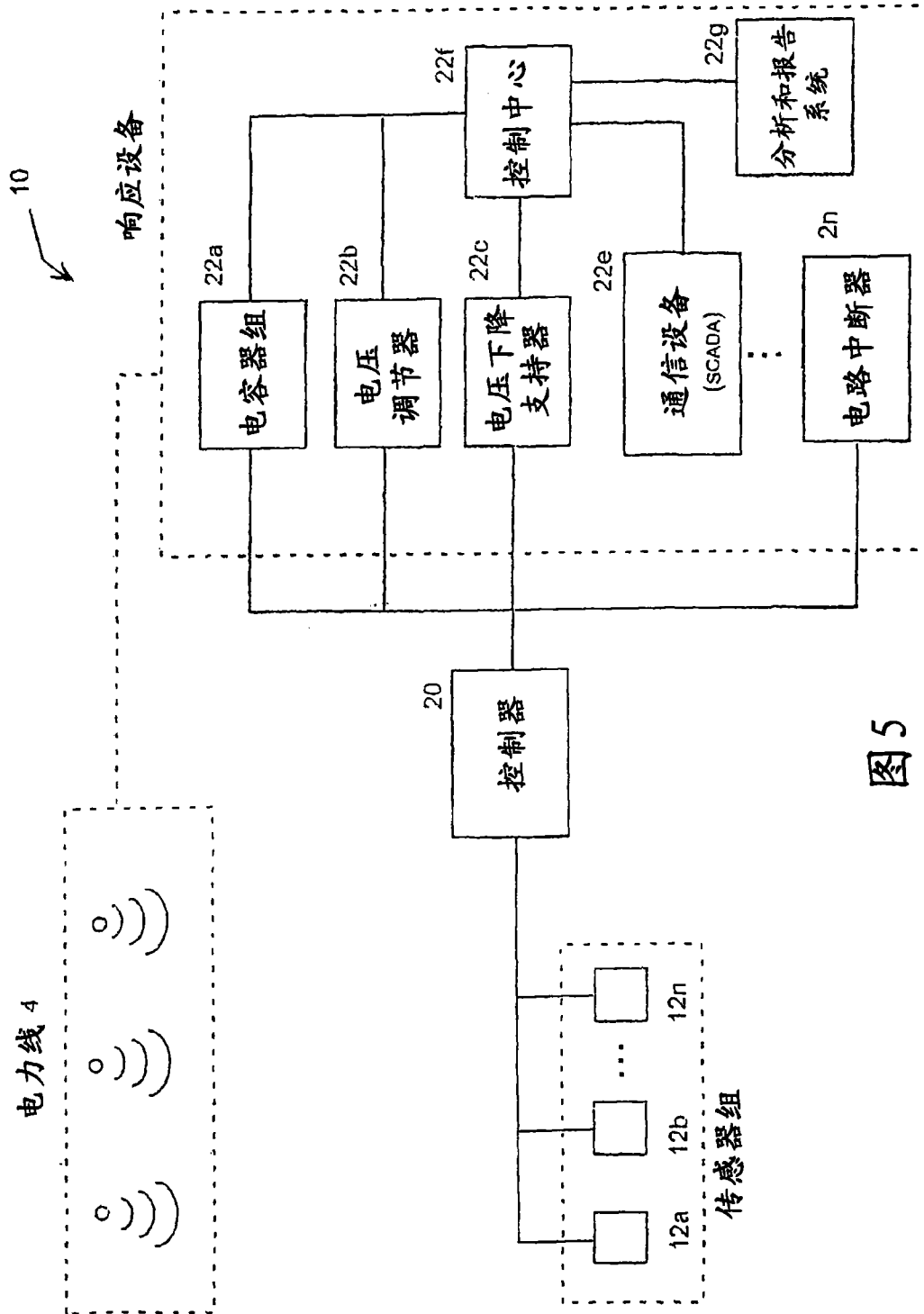


图4

图3



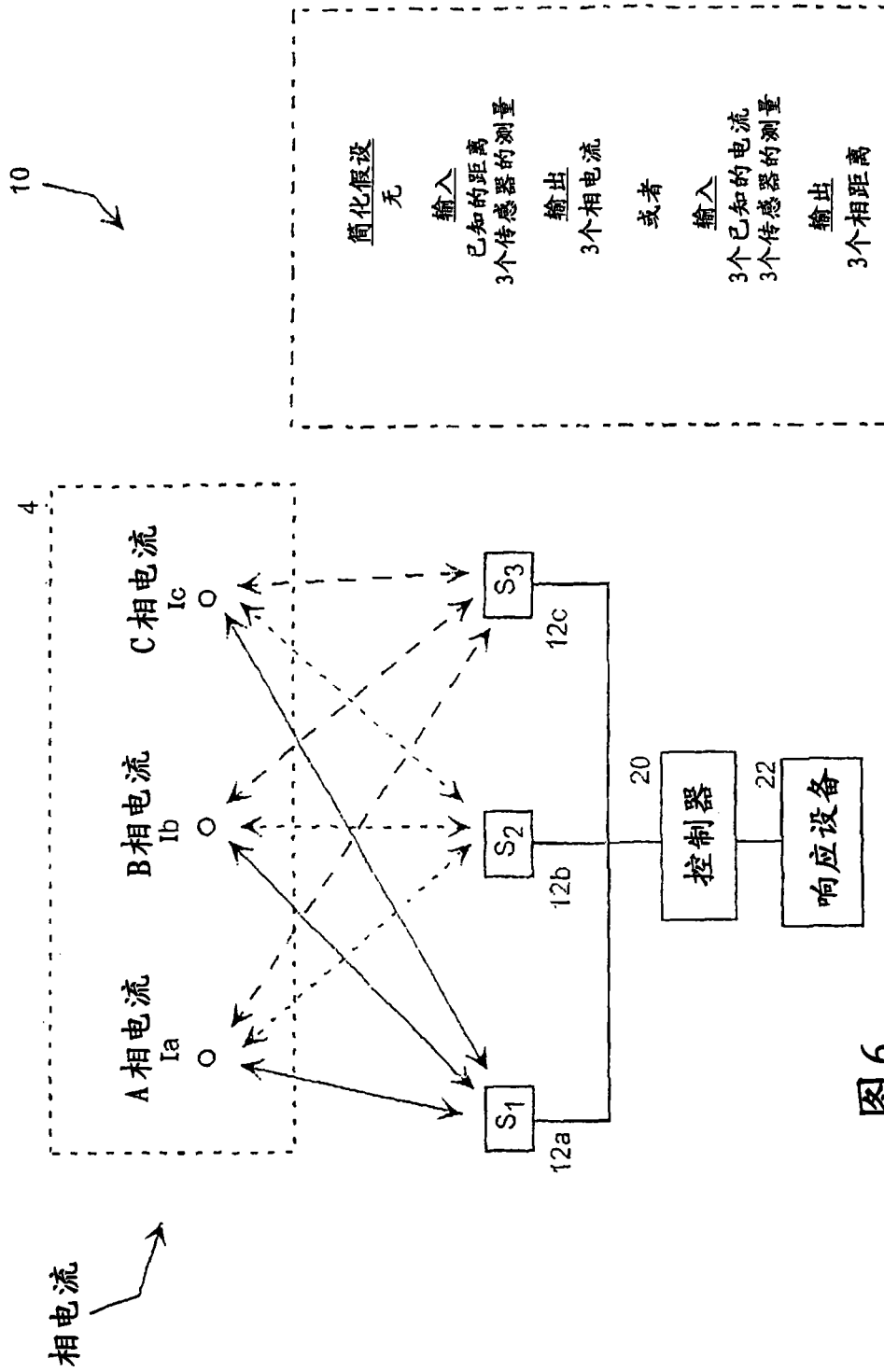


图6

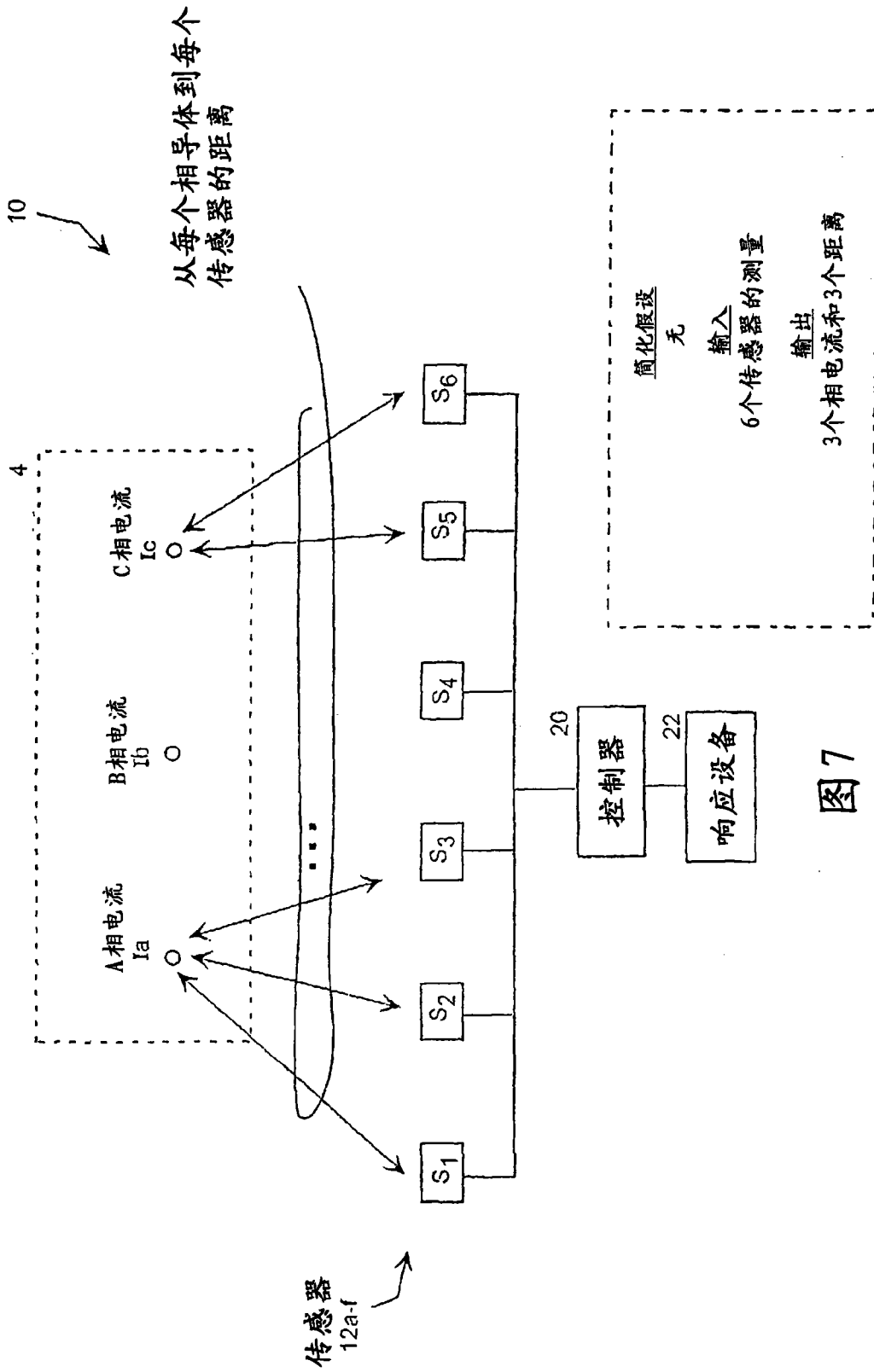


图7

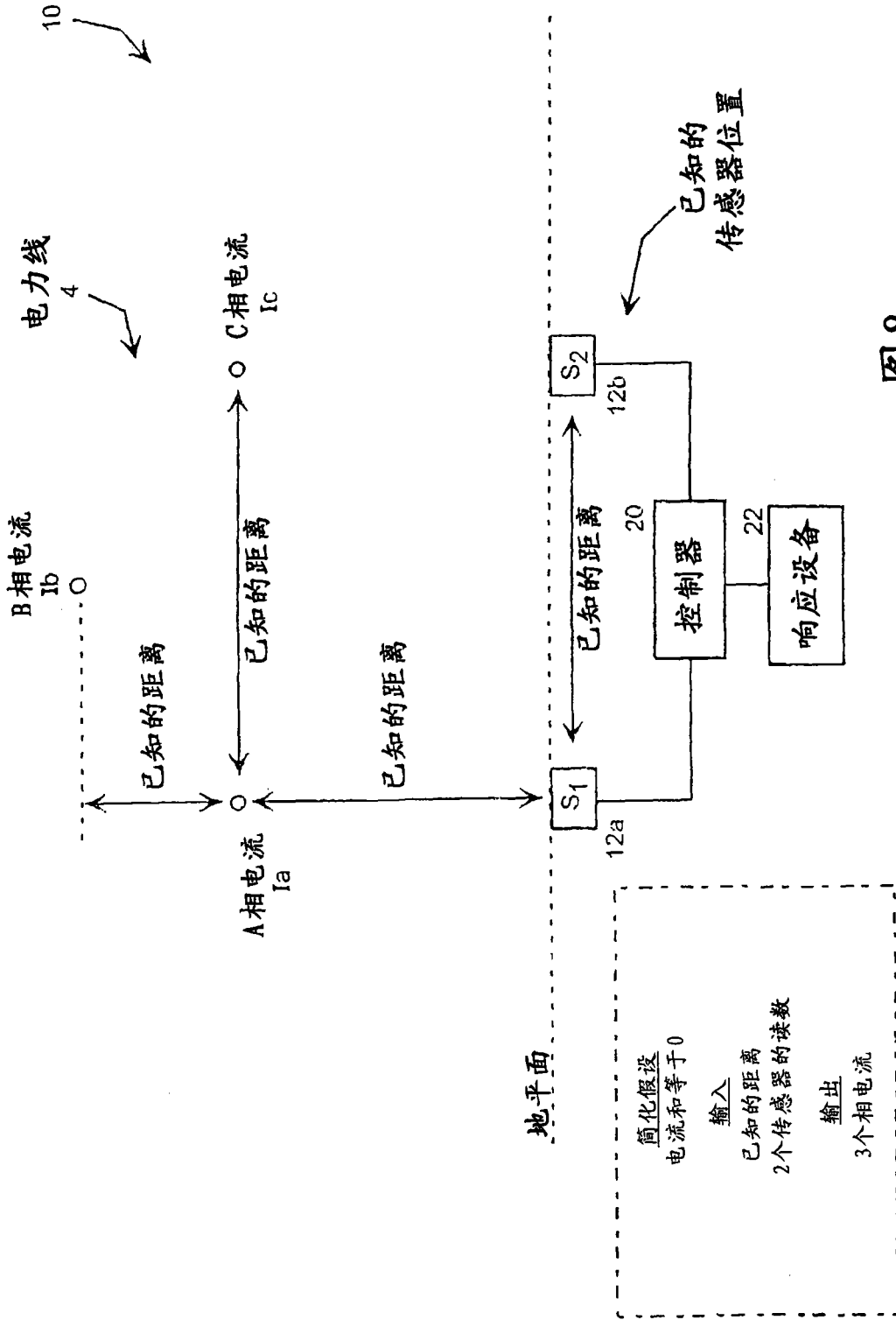


图8

