



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103219805 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201310094885. 1

US 5821728 A, 1998. 10. 13, 全文 .

(22) 申请日 2013. 03. 22

CN 102183251 A, 2011. 09. 14,

CN 102159422 A, 2011. 08. 17, 全文 .

(73) 专利权人 长沙理工大学

地址 410114 湖南省长沙市雨花区万家丽南
路二段 960 号长沙理工大学

审查员 刘茜

(72) 发明人 樊绍胜

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008

代理人 赵洪 周长清

(51) Int. Cl.

H02J 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5573090 A, 1996. 11. 12,

US 5573090 A, 1996. 11. 12,

CN 102969804 A, 2013. 03. 13,

CN 1139201 A, 1997. 01. 01,

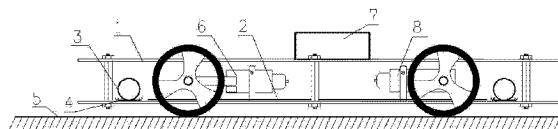
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种电磁轨道式移动机器人

(57) 摘要

本发明公开了一种电磁轨道式移动机器人,包括移动机器人本体、转向组件、行走驱动组件、能量发射系统、能量接收系统以及车载控制器,转向组件和行走驱动组件安装于移动机器人本体上,能量发射系统与能量接收系统组成了移动机器人的供电系统,能量发射系统包括发射电路、发射控制系统以及沿着机器人移动轨迹依次铺设的一个以上的发射线圈,能量接收系统包括安装于移动机器人本体上的接收线圈,发射电路和发射线圈将直流信号逆变为高频交流信号并以电磁波能量发射出去,接收线圈用来接收电磁波能量并由车载控制器中的电源管理模块处理之后给转向组件、行走驱动组件供电。本发明具有结构简单紧凑、续航时间长、定位可靠等优点。



1. 一种电磁轨道式移动机器人,其特征在于:包括移动机器人本体(1)、转向组件、行走驱动组件、能量发射系统、能量接收系统以及车载控制器(7),所述转向组件和行走驱动组件安装于移动机器人本体(1)上,所述能量发射系统与能量接收系统组成了移动机器人的供电系统,所述能量发射系统包括发射电路(10)、发射控制系统(9)以及沿着机器人移动轨迹依次铺设的一个以上的发射线圈(5),所述能量接收系统包括安装于移动机器人本体(1)上的接收线圈(2),所述发射电路(10)和发射线圈(5)将直流信号逆变为高频交流信号并以电磁波能量发射出去,所述接收线圈(2)用来接收电磁波能量并由车载控制器(7)中的电源管理模块(71)处理之后给转向组件、行走驱动组件供电;所述移动机器人本体(1)上安装有自动导航系统,所述自动导航系统包括一组以上由寻迹感应线圈(3)和基准感应线圈(4)构成的线圈组以及寻迹控制器(72),在移动机器人本体(1)的移动过程中所述寻迹感应线圈(3)和基准感应线圈(4)将会产生两路不同的感应电压,所述感应电压可以反映出移动机器人本体(1)的偏移方向和偏移距离;将所述两路感应电压输入到寻迹控制器(72)中,由寻迹控制器(72)处理之后输出一个转向信号到转向组件;所述基准感应线圈(4)平行于发射线圈(5)的平面放置,所述寻迹感应线圈(3)垂直于发射线圈(5)平面且平行于发射线圈(5)的边界放置;所述发射控制系统(9)包括发射控制器(91)、功率检测电路(92)以及开关切换电路(93),所述功率检测电路(92)用来实时监测发射电路(10)的输出功率,所述发射控制器(91)根据发射电路(10)的实时输出功率控制开关切换电路(93)进行切换,实时切换为对应的发射线圈(5)进行供电;当所述移动机器人本体(1)从所处发射线圈(5)的边缘开始移出时,输出功率开始减小;当移出超过一半的本体时,所述接收线圈(2)和发射线圈(5)的相对面积小于接收线圈(2)面积的一半时,所述发射线圈(5)和接收线圈(2)耦合减弱,所述发射电路(10)的输出功率接近为空载功率;当所述功率检测电路(92)检测到输出功率接近空载功率时,发射信号给发射控制器(91),由所述发射控制器(91)控制开关切换电路(93)进行切换,切换为相邻的下一个发射线圈(5)进行供电。

2. 根据权利要求1所述的电磁轨道式移动机器人,其特征在于:所述发射线圈(5)和接收线圈(2)的能量交换模式为磁耦合谐振式。

3. 根据权利要求2所述的电磁轨道式移动机器人,其特征在于:所述发射线圈(5)和接收线圈(2)分别加入电容补偿结构(11),设置两者具有相同的固有频率。

4. 根据权利要求1所述的电磁轨道式移动机器人,其特征在于:所述线圈组为两组,分别安装在移动机器人本体(1)的车前和车尾。

5. 根据权利要求1或2或3所述的电磁轨道式移动机器人,其特征在于:所述转向组件为转向电动机(6),所述行走驱动组件为行走电动机(8)。

一种电磁轨道式移动机器人

技术领域

[0001] 本发明主要涉及到移动机器人领域,特指一种采用电磁轨道式移动机器人。

背景技术

[0002] 目前,在移动机器人的众多应用领域中,有一类是由机器人代替人类完成固定区域内的重复工作,如工厂设备巡检、公共场所安全监视等。此类机器人一般沿预定的轨迹移动,其能量主要依靠机器人携带的电池或安装的内燃机来提供。采用电池供能的方式简单、方便,但电池本身会增加移动机器人的体积和重量,且续航能力有限,需要定期充电,不利于机器人进行大范围、全时段的作业。采用内燃机供能的方式虽然续航能力得以提高,但一般需人工添加燃料,且存在燃料成本、废气排放、噪音等不利因素,其应用受到很大限制。进而,有从业者提到了一种移动机器人的滑线供电方法,其实现形式是在机器人的运行轨道上设有连接外接电源的滑线,在移动机器人的底盘下表面连接有集电器,通过集电器在滑线上的滑行为机器人供电。这种滑线供电方法建立在有地面轨道的基础上,还需另外铺设相当于轨道长度的滑线,工程成本较高,而且在复杂的室外环境,其供电安全性也存在问题。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种结构简单紧凑、续航时间长、定位可靠的电磁轨道式移动机器人。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一种电磁轨道式移动机器人,包括移动机器人本体、转向组件、行走驱动组件、能量发射系统、能量接收系统以及车载控制器,所述转向组件和行走驱动组件安装于移动机器人本体上,所述能量发射系统与能量接收系统组成了移动机器人的供电系统,所述能量发射系统包括发射电路、发射控制系统以及沿着机器人移动轨迹依次铺设的一个以上的发射线圈,所述能量接收系统包括安装于移动机器人本体上的接收线圈,所述发射电路和发射线圈将直流信号逆变为高频交流信号并以电磁波能量发射出去,所述接收线圈用来接收电磁波能量并由车载控制器中的电源管理模块处理之后给转向组件、行走驱动组件供电。

[0006] 作为本发明的进一步改进:

[0007] 所述发射线圈和接收线圈的能量交换模式为磁耦合谐振式。

[0008] 所述发射线圈和接收线圈分别加入电容补偿结构,设置两者具有相同的固有频率。

[0009] 所述移动机器人本体上安装有自动导航系统,所述移动机器人本体上安装有自动导航系统,所述自动导航系统包括一组以上由寻迹感应线圈和基准感应线圈构成的线圈组以及寻迹控制器,在移动机器人本体的移动过程中所述寻迹感应线圈和基准感应线圈将会产生两路不同的感应电压,所述感应电压可以反映出移动机器人本体的偏移方向和偏移距离;将所述两路感应电压输入到寻迹控制器中,由寻迹控制器处理之后输出一个转向信号

到转向组件。

[0010] 所述线圈组为两组,分别安装在移动机器人本体的车前和车尾,所述基准感应线圈平行于发射线圈的平面放置,所述寻迹感应线圈垂直于发射线圈平面且平行于发射线圈的边界放置。

[0011] 所述发射控制系统包括发射控制器、功率检测电路以及开关切换电路,所述功率检测电路用来实时监测发射电路的输出功率,所述发射控制器根据发射电路的实时输出功率控制开关切换电路进行切换,实时切换为对应的发射线圈进行供电。

[0012] 所述转向组件为转向电动机,所述行走驱动组件为行走电动机。

[0013] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0014] 1、持续供电。本发明可实现移动机器人的持续供电,解决了常规移动机器人需携带电池或内燃机,不能持续供能的难题。

[0015] 2、结构简单,减轻重量。本发明所提出的移动机器人只需要携带一个接收线圈和一个整流稳压模块即可实现供电,不仅结构简单,成本低,而且减轻了移动机器人本体的重量,进一步降低了机器人功耗。

[0016] 3、无轨寻迹。本发明所提出的移动机器人可以自适应寻迹,节省了地面铺设轨道的工程量和投资成本。

[0017] 4、易于定位。由于线圈是轮流充电,每次只有一个线圈有电,因此能够很容易地确定机器人移动的准确位置,无需 GPS 或其他方式的定位装置。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明移动机器人的侧视结构示意图。

[0019] 图 2 是本发明移动机器人的俯视结构示意图。

[0020] 图 3 是本发明在具体应用实例中发射线圈的一种铺设示意图。

[0021] 图 4 是本发明在具体应用实例中能量发射系统的框架结构示意图。

[0022] 图 5 是本发明在具体应用实例中能量接收系统的框架结构示意图。

[0023] 图 6 是本发明所采用的自动寻迹原理的原理分析示意图;其中图 6(a) 为角度参数的前视分析示意图;图 6(b) 为角度参数的俯视分析示意图;图 6(c) 为距离参数的前视分析示意图。

[0024] 图例说明:

[0025] 1、移动机器人本体;2、接收线圈;3、寻迹感应线圈;4、基准感应线圈;5、发射线圈;6、转向电动机;7、车载控制器;71、电源管理模块;72、寻迹控制器;73、主控器;8、行走电动机;9、发射控制系统;91、发射控制器;92、功率检测电路;93、开关切换电路;10、发射电路;11、电容补偿结构。

具体实施方式

[0026] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0027] 如图 1 和图 2 所示,本发明的电磁轨道式移动机器人,包括移动机器人本体 1、转向组件、行走驱动组件、能量发射系统、能量接收系统以及车载控制器 7,转向组件和行走驱动组件安装于移动机器人本体 1 上用来完成移动机器人本体 1 的转向和行走驱动,其可以根

据实际需要采用前桥转向、后桥驱动方式,或者其他方式;驱动能量采用电能,转向组件采用转向电动机 6,行走驱动组件采用行走电动机 8。能量发射系统与能量接收系统一道组成了移动机器人的供电系统,该能量发射系统包括发射电路 10、发射控制系统 9 以及沿着机器人移动轨迹依次铺设的一个以上的发射线圈 5,该能量接收系统包括安装于移动机器人本体 1 上的接收线圈 2,发射电路 10 和发射线圈 5 把直流信号逆变为高频交流信号并以电磁波能量发射出去,接收线圈 2 用来接收电磁波能量并由车载控制器 7 中的电源管理模块 71 完成整流滤波稳压之后给移动机器人供电。

[0028] 在具体实施例中,如图 3 所示为发射线圈 5 的一种铺设方法,它由多个发射线圈 5 依次相接的排列方式,该排列方式是按机器人预设的行走路线铺设,并铺设在地面下,即形成行车路径。其中,发射线圈 5 和接收线圈 2 的能量交换模式为磁耦合谐振式,进行无线供电。发射线圈 5 设置为窄长型结构,每一个发射线圈 5 独立连接到发射电路 10,进行能量发射。接收线圈 2 固定于移动机器人本体 1,设置为与发射线圈 5 同等宽度,长度尺寸小于发射线圈 5,接收线圈 2 连接到车载控制器 7,进行能量接收并输入车载控制器 7 中的主控器 73 进行处理;并且发射线圈 5 和接收线圈 2 均为单匝线圈,都加入了电容补偿结构 11,按式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 配置使其具有相同的固有频率,发射电路 10 接通电源之后,发射线圈 5 和接收线圈 2 通过磁耦合谐振进行无线能量传输。

[0029] 磁耦合谐振式基于耦合模理论,如下所述:

[0030] 对于两个固有频率分别为 ω_1 和 ω_2 ,幅度分别为 a_1 和 a_2 的无损耗谐振器,耦合模式的基本方程如下: $\frac{da_1}{dt} = j\omega_1 a_1 + \kappa_{12} a_2$ (1)

$$[0031] \quad \frac{da_2}{dt} = j\omega_2 a_2 + \kappa_{21} a_1$$

[0032] 其中 κ_{12} 和 κ_{21} 是两个谐振器之间的耦合系数,当 $|\kappa_{12}| \ll \omega_1$, $|\kappa_{21}| \ll \omega_2$ 时,系统为弱耦合。根据能量守恒,系统的总能量不变,即 $\frac{d}{dt}(|a_1|^2 + |a_2|^2) = 0$,由此可以导出 $\kappa_{12} + \kappa_{21}^* = 0$,其由 κ_{21}^* 为 κ_{21} 的复共轭,假设耦合系统的固有频率为 ω ,求解公式 (1),可得:

$$[0033] \quad \omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)^2 + |\kappa_{12}|^2} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \pm \Omega_0 \quad (2)$$

[0034] 其中 $\Omega_0 = \sqrt{\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right)^2 + |\kappa_{12}|^2}$,可见,由于耦合的关系使系统的固有频率分开,即系统存在两个固有频率,当 $\omega_1 = \omega_2$ 时,两个固有频率之间的差别为 $2\Omega_0$,指定 $t = 0$ 时 $a_1(0)$ 和 $a_2(0)$ 的值,已知 $a_2(0) = 0$,且 $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$,可得:

$$[0035] \quad a_1(t) = a_1(0) \cos(\Omega_0 t) e^{j\omega_0 t} \quad (3)$$

$$[0036] \quad a_2(t) = \frac{\kappa_{21}}{\Omega_0} a_1(0) \sin(\Omega_0 t) e^{j\omega_0 t}$$

[0037] 分析上式, $t = 0$ 时第一谐振器被完全激发,而 $t = \frac{\pi}{2\Omega_0}$ 时激发全在第二谐振器。

$t = \frac{\pi}{\Omega_0}$ 时激发又回到第一谐振器, 如此不断重复, 激发以频率 $2\Omega_0 = 2|\kappa_{12}|$ 在两个谐振器之间来回转换。当 $\omega_1 \neq \omega_2$ 时, 转换不完全。当耦合系数 $\kappa_{12} \gg \Gamma$ 时, 系统的转换速率远大于损耗速率, 此时两个谐振体之间强耦合, 能量高效传输。其中 Γ 表示系统的损耗系数, 包括内阻损耗和辐射损耗。

[0038] 本发明中的发射线圈 5 和接收线圈 2 设置为相同的固有频率, 根据以上分析的耦合模理论, 系统将有两个固有频率点, 当系统的工作频率接近这两个固有频率点时, 系统有着高效的传输效率。

[0039] 本实施例中, 移动机器人本体 1 上安装有自动导航系统, 实现移动机器人本体 1 在预设轨道内的自动行走。如图 5 所示, 自动导航系统包括一组以上由寻迹感应线圈 3 和基准感应线圈 4 构成的线圈组以及寻迹控制器 72, 在移动机器人本体 1 的移动过程中, 寻迹感应线圈 3 和基准感应线圈 4 将会产生两路不同的感应电压, 该感应电压可以反映出移动机器人本体 1 的偏移方向和偏移距离; 然后将两路感应电压输入到寻迹控制器 72 中, 由寻迹控制器 72 进行相位比较和幅值检测等处理之后输出一个转向信号到转向电动机 6, 从而控制移动机器人本体 1 进行方位调整。

[0040] 本实施例中, 包含线圈组为两组, 每组感应线圈由一个基准感应线圈 4 和一个寻迹感应线圈 3 组成, 分别安装在移动机器人本体 1 的车前和车尾。移动机器人前进或后退时由车前或车尾的其中一组感应线圈进行工作。其中基准感应线圈 4 平行于发射线圈 5 的平面放置, 寻迹感应线圈 3 垂直于发射线圈 5 平面且平行于发射线圈 5 的边界放置。

[0041] 其中, 以基准感应线圈 4 产生的感应电压相位作为基准相位, 寻迹感应线圈 3 产生的感应电压相位与基准相位进行比较, 当移动机器人本体 1 发生向左偏移或向右偏移时, 相位的比较结果为零或 180 度相位差; 同时, 通过对寻迹感应线圈 3 产生的感应电压进行幅值检测可以判断移动机器人本体 1 偏移发射线圈 5 中心轴的距离。

[0042] 上述对于感应线圈产生的两路感应电压的处理方法基于以下理论:

[0043] 结合图 6 对此进行分析, 两条平行的长直导线 L1 和 L2 表示发射线圈的两条边界, L1 和 L2 之间距离为 d , 通过大小相同、方向相反的交流电流 $I_1 = I_2 = I \sin(\omega_0 t + \varphi)$, 点 P 表示寻迹感应线圈 3 的中心点位置, 距离发射线圈 5 平面的高度为 R 。

[0044] 由载流直导线在空间一点的磁场计算公式: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, 其中 μ_0 为真空磁导率, I 为载流直导线中通过的电流, r 为所求空间点和载流直导线的垂直距离, 由式可得, 点 P 的磁感应强度 \vec{B} 为 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$, 其中 $B_1 = \frac{\mu_0 I_1 \sin \theta_1}{2\pi R}$, $B_2 = \frac{\mu_0 I_2 \sin \theta_2}{2\pi R}$ 。其中 θ_1 , θ_2 如图 6(a) 中所示。

[0045] 本实施例中, 寻迹感应线圈 3 垂直放置, 因此只考虑磁感应强度矢量的水平分量, 则点 P 的磁感应强度大小 B_p 为:

[0046]

$$B_p = \frac{\mu_0 I \sin(\omega_0 t + \varphi)}{2\pi R} (\sin^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_2) \quad (4)$$

[0047] 应用磁通量和感应电动势的计算公式: $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$, $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$, 其中 Φ 为磁通量, \vec{B} 为

磁感应强度, \vec{S} 为面积, ε 为感应电动势。假设寻迹感应线圈 3 的面积为 1, 与发射线圈 5 中心轴的夹角为 α , 如图 6(b) 所示, 可得寻迹感应线圈 3 的感应电压有效值 V_p 为:

$$[0048] \quad V_p = \frac{\mu_0 \omega_0 I \cos \alpha}{2\sqrt{2}\pi R} (\sin^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_2), \text{ 其中 } \theta_2 = \arcsin \frac{R}{\sqrt{R^2 + (d - R \cot \theta_1)^2}}, \text{ 代入可得}$$

$$[0049] \quad V_p = \frac{\mu_0 \omega_0 I \cos \alpha}{2\sqrt{2}\pi R} \left(\sin^2 \theta_1 - \frac{R^2}{R^2 + (d - R \cot \theta_1)^2} \right) \quad (5)$$

[0050] 其中 ω_0 为直导线中的电流频率, d 为两条直导线 L1 和 L2 之间的距离。以发射线圈 5 的中心轴为坐标零点, 中心轴向右为坐标轴正方向, 如图 6(c) 所示, 用距离 x 代替角度 θ_1 , 将 $x = R \cot \theta_1 - \frac{1}{2}d$ 代入式 (5) 得:

$$[0051] \quad V_p = \frac{\mu_0 \omega_0 I \cos \alpha}{2\sqrt{2}\pi R} \left(\frac{R^2}{R^2 + (x + \frac{1}{2}d)^2} - \frac{R^2}{R^2 + (\frac{1}{2}d - x)^2} \right) \quad (6)$$

[0052] 由式 (6) 进行分析可知, 当 $x = 0$ 时, $V_p = 0$, 当 x 向正方向增长时, V_p 反向增大, 反之, 当 x 向反方向增长时, V_p 正向增大。因为 V_p 为感应电压的有效值, 实际的感应电压为 $V = \sqrt{2}V_p \cos(\omega_0 t + \varphi)$, 所以当 x 为正或负时, 感应电压相位相差 π 。

[0053] 应用以上理论基础, 经过比较基准感应电压和寻迹感应电压的相位可以知道移动机器人本体 1 是左偏或右偏, 同时根据寻迹感应电压的幅值可以判断移动机器人本体 1 偏离发射线圈 5 中心轴的距离。

[0054] 由于发射线圈 5 由多个线圈组成且在同一时刻只有一个发射线圈 5 供电, 因此当移动机器人在相邻发射线圈 5 之间移动时, 需要进行发射线圈 5 的供电切换。在本实施例中, 如图 4 所示, 发射控制系统 9 包括发射控制器 91、功率检测电路 92 以及开关切换电路 93, 功率检测电路 92 用来实时监测发射电路 10 的输出功率, 发射控制器 91 根据发射电路 10 的实时输出功率控制开关切换电路 93 进行切换, 实时切换为对应的发射线圈 5 进行供电。具体应用时, 随着移动机器人本体 1 的移动, 发射电路 10 的输出功率将会有相应变化: 移动机器人本体 1 从此时的所处发射线圈 5 的边缘开始移出时, 输出功率开始减小; 当移出超过一半的本体时, 即接收线圈 2 和发射线圈 5 的相对面积小于接收线圈 2 面积的一半时, 发射线圈 5 和接收线圈 2 耦合减弱, 接收的能量不足以驱动移动机器人, 此时发射电路 10 的输出功率接近为空载功率。当功率检测电路 92 检测到输出功率接近空载功率时, 发射信号给发射控制器 91, 由发射控制器 91 控制开关切换电路 93 进行切换, 切换为相邻的下一个发射线圈 5 进行供电。

[0055] 以上仅是本发明的优选实施方式, 本发明的保护范围并不局限于上述实施例, 凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出, 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰, 应视为本发明的保护范围。

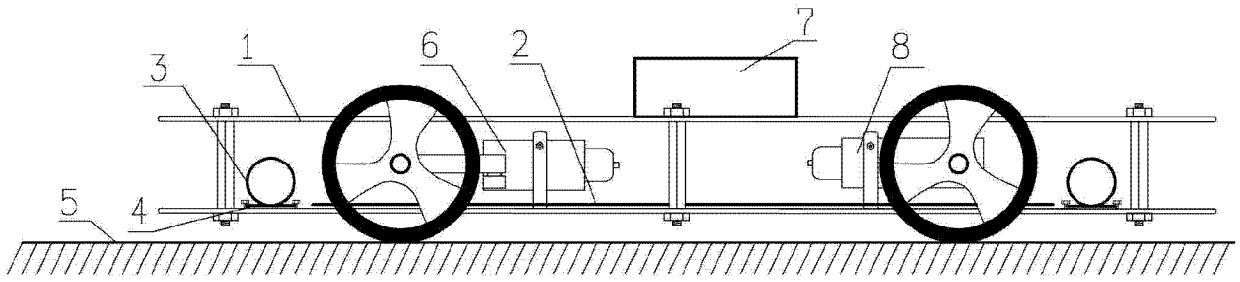


图 1

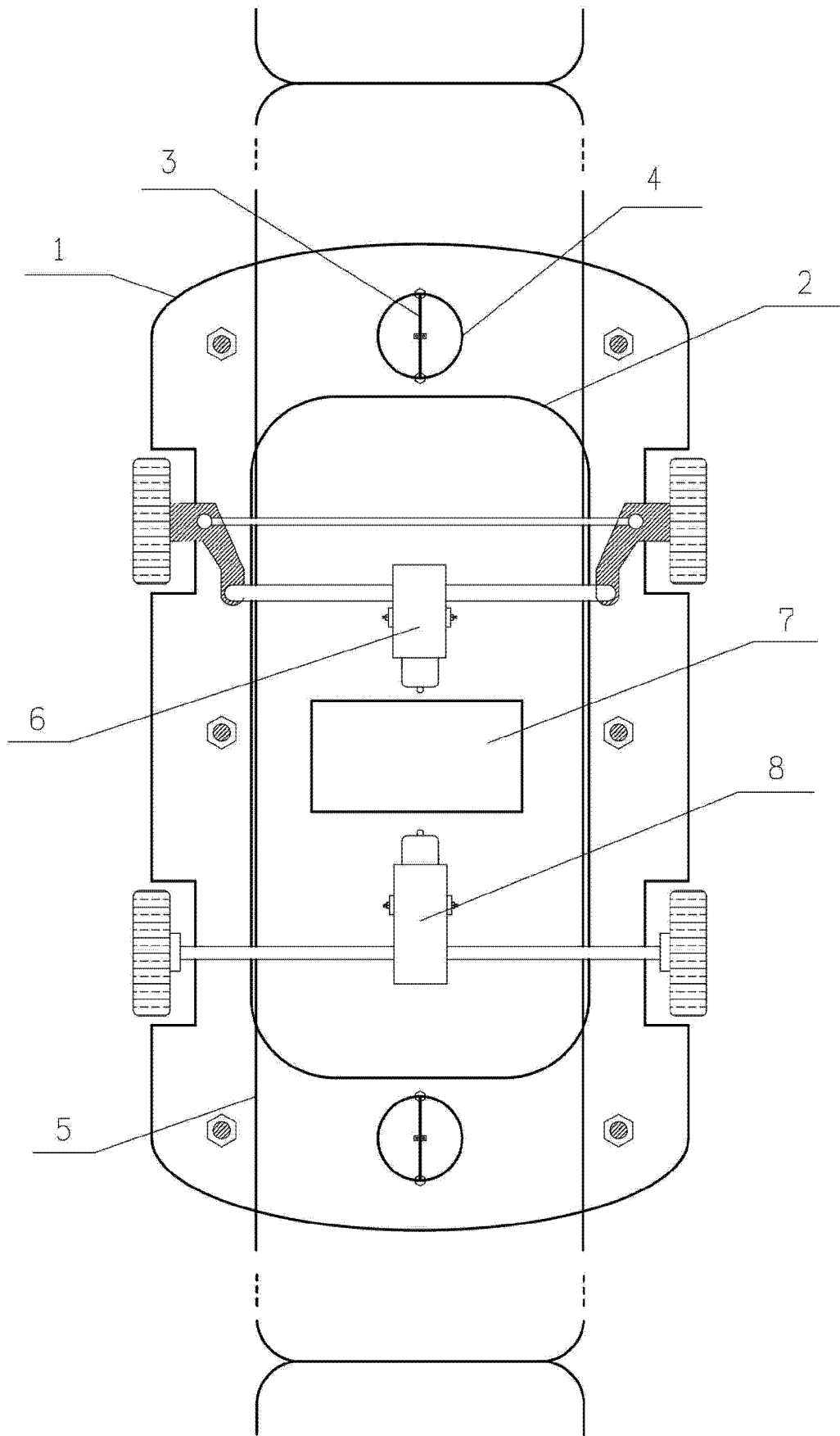


图 2

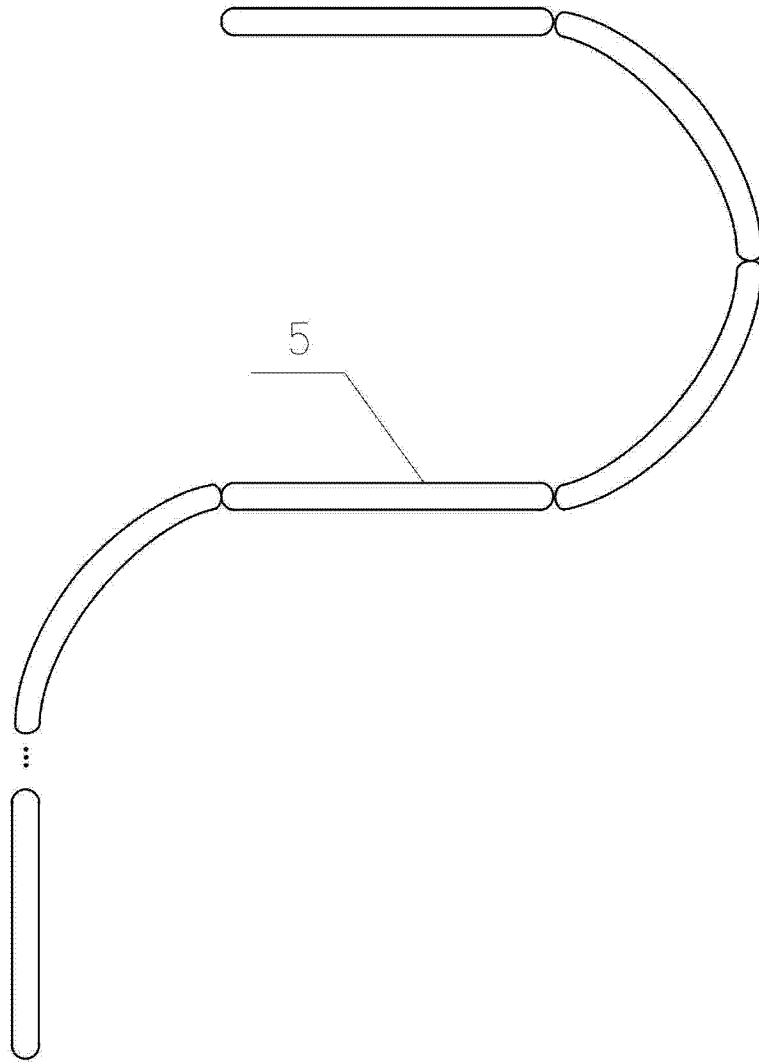


图 3

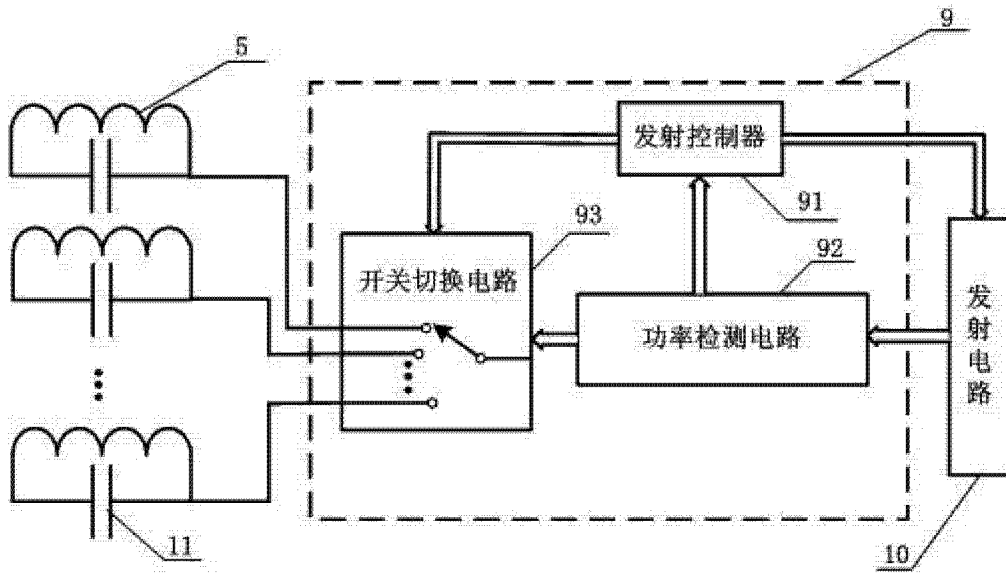


图 4

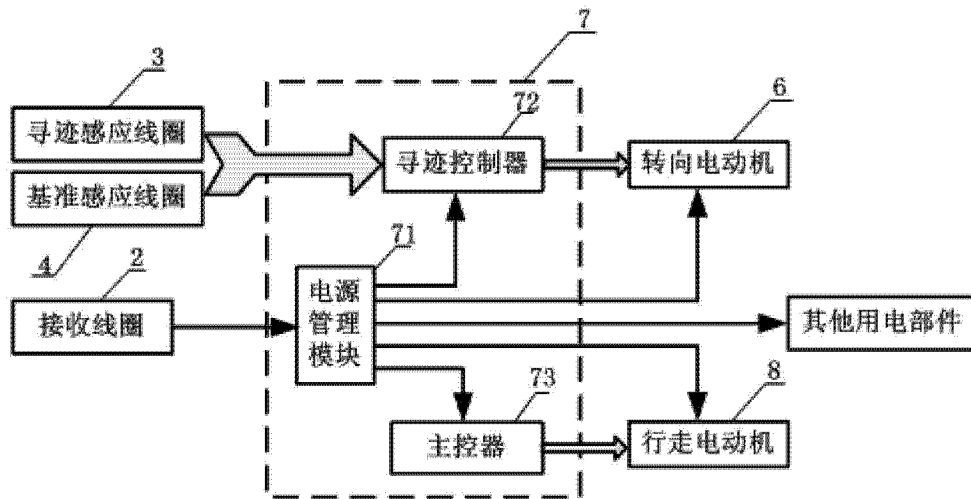


图 5

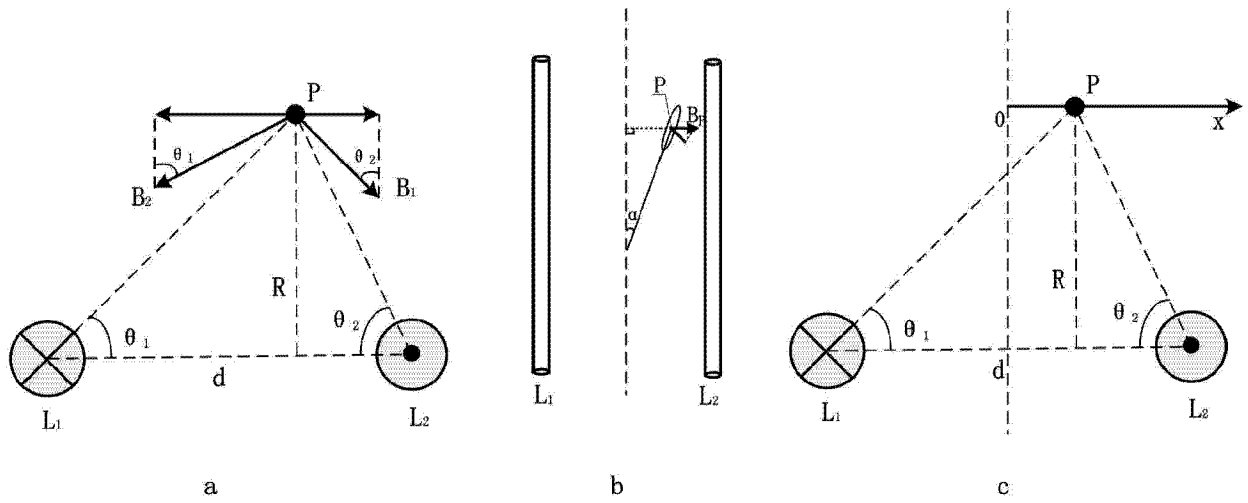


图 6