(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105634152 A
(43)申请公布日 2016.06.01

(21)申请号 201610185806.1

(22)申请日 2016.03.29

(71)申请人 湖北理工学院
地址 435003 湖北省黄石市桂林北路16号湖北理工学院

(72)发明人 胡国珍 马学军 张浚坤

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 钟锋

(51)Int.Cl.
H02J 50/12(2016.01)

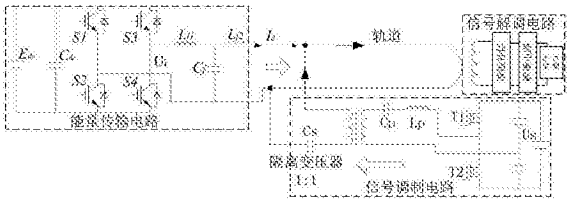
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统及方法，该系统包括依次连接的能量传送电路、信号调制电路和轨道，还包括与轨道无接触的多台取电设备，每台取电设备均包括信号解调电路，其中：能量传送电路产生连续恒定电流给负载提供电能；信号调制电路用于产生基带信号，对其进行调制产生正弦激励载波信号，并将该信号耦合至导轨中；取电设备通过信号解调电路对正弦激励载波信号进行解调，将其还原成基带信号。本发明实现了通过轨道式无接触供电系统进行信号传输，并且能耗少，抗干扰能力强，降低了信道发生误码的几率；另外，通过模块化设计，减少了设备的制造成本。



CN 105634152 A

1.一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，包括依次连接的能量传送电路、信号调制电路和轨道，还包括与轨道无接触的多台取电设备，每台取电设备均包括信号解调电路，其中：

所述能量传送电路与轨道相连，用于产生连续恒定电流给负载提供电能；

所述信号调制电路与导轨相连，用于产生基带信号，对其进行调制产生正弦激励载波信号，并将该信号耦合至导轨中；

所述取电设备与导轨无接触取电，并通过信号解调电路对正弦激励载波信号进行解调，将其还原成基带信号。

2.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，所述能量传送电路采用原边轨道恒流的LCL全桥谐振拓扑结构。

3.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，所述信号调制电路包括PWM发生电路、谐振电路和信号耦合电路。

4.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，所述信号调制电路采用半桥谐振变换器产生正弦信号作为正弦激励载波信号，通过2ASK/OOK调制方式将载波信号耦合到轨道中。

5.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，所述信号调制电路能根据轨道的长度调节PWM占空比进而对载波信号发射功率进行调节。

6.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，该系统还包括信号补偿电路，用于补偿信号中导轨的感抗，增加信号的传输距离。

7.根据权利要求1所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，其特征在于，所述信号解调电路包括依次连接的谐振环路、带通滤波器、信号放大整形电路和信号控制器，采用信号包络检波法解调信号。

8.一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1、搭建信号调制电路，包括PWM发生电路，谐振电路、信号耦合电路，产生基带信号后通过控制谐振式逆变器驱动电路使能端实现信号的调制；

S2、设置谐振电路的谐振频率与PWM信号相同，并将信号谐振成与调制频率相同的正弦波，通过连接导轨两端的信号耦合电路将该信号耦合入输电导轨；

S3、搭建信号接收电路，包括信号谐振电路、信号滤波电路、信号放大电路、幅值检波电路和电压比较电路；经过信号放大电路及幅值检波电路得到基带信号的包络线，并通过电压比较电路将其还原成基带信号。

9.根据权利要求8所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法，其特征在于，步骤S2的方法具体还包括：使用耦合电容与导轨自感产生谐振，该谐振频率同调制频率相同，并通过隔离变压器对强弱电进行电气隔离。

10.根据权利要求8所述的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法，其特征在于，步骤S3的方法具体还包括：使用以调制频率为中心频率的信号滤波电路，并提高低通部分增强对能量信号的滤除能力。

基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线能量传输领域，尤其涉及一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统及方法。

背景技术

[0002] 在工业应用很多特殊场合或恶劣环境下，如矿区、水下、无尘、易燃易爆场合，传统接触式供电方法会因为金属触点接触产生火花造成危险或者因为电线连接而限制了设备的移动范围，因此无线能量传输供电提供了有效解决方案。常见应用为工业电动输送、无尘搬运、轨道交通运输等大功率设备。工业柔性物流输送系统是指工业自动化领域以合理的成本水平采用合适的运输方式在规定的时间和地点，高效、准确、灵活的完成物料和工件的收集和配送的系统，系统搬运路线可以随着生产工艺流程的调整而及时调整。随着自动化物流系统和自动化仓库在中国乃至世界的发展，有轨载重导引小车(RGV)应用逐渐广泛，它可以十分方便地与其他物流系统实现自动连接，按照计划进行物料的输送，如出/入库站台、各种缓冲站、输送机、升降机和机器人等。传统RGV供电方式主要由有滑触线供电和蓄电池供电。滑触线供电方式容易引起电火花，同时在复杂的路径规划中极不方便；蓄电池供电方式需要定期对蓄电池进行充放电维护，且蓄电池寿命有限。

[0003] 轨道无接触供电系统(CPS)不仅需要电能的传输，而且还要利用电能传输通道进行信号传递，比如传递RGV控制指令(前进、后退、升降等)、工作状态信息(正常、故障)。目前针对信号传送工业上主要由2种方式，一种是采用WIFI等组成智能控制网络，采用遥控器或PLC终端进行指令传送，另一种是通过轨道耦合传送，采用能量和信号时分复用或频分复用原理对能量和通信进行解耦传送。相关文献虽实现了信号从电源侧到负载侧的信号传递，但能量传输存在波动情况，导致取电侧功率波动引起导轨小车运行速度和状态受影响，同时受开关频率限制无法在大功率应用场合高速传输。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于针对现有技术中能量传输效果容易受影响，且无法进行大功率高速传输的缺陷，提供一种传输实时性好、抗干扰性强的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统及方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

[0006] 本发明提供一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，包括依次连接的能量传送电路、信号调制电路和轨道，还包括与轨道无接触的多台取电设备，每台取电设备均包括信号解调电路，其中：

[0007] 所述能量传送电路与轨道相连，用于产生连续恒定电流给负载提供电能；

[0008] 所述信号调制电路与导轨相连，用于产生基带信号，对其进行调制产生正弦激励载波信号，并将该信号耦合至导轨中；

[0009] 所述取电设备与导轨无接触取电，并通过信号解调电路对正弦激励载波信号进行

解调，将其还原成基带信号。

[0010] 进一步地，本发明的所述能量传送电路采用原边轨道恒流的LCL全桥谐振拓扑结构。

[0011] 进一步地，本发明的所述信号调制电路包括PWM发生电路、谐振电路和信号耦合电路。

[0012] 进一步地，本发明的所述信号调制电路采用半桥谐振变换器产生正弦信号作为正弦激励载波信号，通过2ASK/OOK调制方式将载波信号耦合到轨道中。

[0013] 进一步地，本发明的所述信号调制电路能根据轨道的长度调节PWM占空比进而对载波信号发射功率进行调节。

[0014] 进一步地，本发明的该系统还包括信号补偿电路，用于补偿信号中导轨的感抗，增加信号的传输距离。

[0015] 进一步地，本发明的所述信号解调电路包括依次连接的谐振环路、带通滤波器、信号放大整形电路和信号控制器，采用信号包络检波法解调信号。

[0016] 本发明提供一种基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法，包括以下步骤：

[0017] S1、搭建信号调制电路，包括PWM发生电路，谐振电路、信号耦合电路，产生基带信号后通过控制谐振式逆变器驱动电路使能端实现信号的调制；

[0018] S2、设置谐振电路的谐振频率与PWM信号相同，并将信号谐振成与调制频率相同的正弦波，通过连接导轨两端的信号耦合电路将该信号耦合入输电导轨；

[0019] S3、搭建信号接收电路，包括信号谐振电路、信号滤波电路、信号放大电路、幅值检波电路和电压比较电路；经过信号放大电路及幅值检波电路得到基带信号的包络线，并通过电压比较电路将其还原成基带信号。

[0020] 进一步地，本发明的步骤S2的方法具体还包括：使用耦合电容与导轨自感产生谐振，该谐振频率同调制频率相同，并通过隔离变压器对强弱电进行电气隔离。

[0021] 进一步地，本发明的步骤S3的方法具体还包括：使用以调制频率为中心频率的信号滤波电路，并提高低通部分增强对能量信号的滤除能力。

[0022] 本发明产生的有益效果是：本发明的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，通过半桥谐振变换器产生载波，能耗少，谐振变换器直流母线可调，使在不同应用下可调整输出电压实现功耗最小化；产生的载波幅值可调，从而增加杂波信号强度增加抗干扰性，采用谐振滤波及带通滤波的多级滤波方式，有效减小能量信号及外界噪声的干扰；改进了电路结构和通信协议，降低了通信系统信道发生误码的几率；另外，对不同的功能使用模块化设计，可在原有系统上加装该装置实现通信，减少了设备的制造成本。

附图说明

[0023] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0024] 图1是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统的结构框图；

[0025] 图2是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统的调制电路结构示意图；

[0026] 图3是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统的解调电路结构示意图；

[0027] 图4是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法的流程图；

[0028] 图5是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统的解调过程各阶段波形；

[0029] 图6是本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统的多台取电器通信示意图。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0031] 如图1所示，本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，包括依次连接的能量传送电路、信号调制电路和轨道，还包括与轨道无接触的多台取电设备，每台取电设备均包括信号解调电路，其中：

[0032] 能量传送电路与轨道相连，用于产生连续恒定电流给负载提供电能；

[0033] 信号调制电路与导轨相连，用于产生基带信号，对其进行调制产生正弦激励载波信号，并将该信号耦合至导轨中；

[0034] 取电设备与导轨无接触取电，并通过信号解调电路对正弦激励载波信号进行解调，将其还原成基带信号。

[0035] 该系统采用能量信号耦合传送系统结构，能量信号传递互不干扰，采用高频隔离变压器有效滤除系统噪声，将能量和信号通道隔离。能量传送电路采用原边轨道恒流的LCL全桥谐振拓扑结构，该类拓扑可以对负载提供连续恒定电流，且具有优良的滤波特性。

[0036] 信号调制电路包括PWM发生电路、谐振电路和信号耦合电路，并采用半桥谐振变换器产生正弦信号作为正弦激励载波信号，通过2ASK/OOK调制方式将载波信号耦合到轨道中。信号调制电路根据轨道的长度调节PWM占空比进而对载波信号发射功率进行调节。

[0037] 轨道信号传送信道中噪声主要为电力电子开关噪声和能量传输频率噪声，在大功率应用场合，开关管工作在几十kHz，设计中选取能量传输频率为25kHz。信号通道载波频率的选取要远离电源噪声，同时也不应干扰环境中其他通信频段的工作，采用的开关型半桥式调制方案信号频率主要由MOSFET决定，为了尽量减小误码率，因此设计中选定通信载波频率为400kHz。

[0038] 系统还包括信号补偿电路，用于补偿信号中导轨的感抗，增加信号的传输距离。采用隔离变压器副边加补偿电容方式，实现感应耦合能量传输系统同载波通信系统的解耦，补偿导轨电感对载波信号产生的高阻抗。

[0039] 信号解调电路包括依次连接的谐振环路、带通滤波器、信号放大整形电路和信号控制器，采用信号包络检波法解调信号。

[0040] 在本发明的另一个实施例中，该系统包括能量传送电路、轨道、信号调制电路、信号解调电路。其中，如图1所示，由E_{dc}、C_{dc}、S1-S4、L_{f1}、L_{f2}、C_f等组成的能量传输通道，电感L_{f1}

和电容C_f在系统开关频率处发生并联谐振，在直流母线电压E_{dc}保持不变的情况下，LCL拓扑具有滤波和保持电流Is恒定不变的性能。根据拓扑原理及谐振补偿原理，满足公式(1)时有输入阻抗$Z_{in}=0$，且符合CPS系统的各种谐振条件。

[0041]
$$\begin{cases} j\omega L_{f1}=\dfrac{1}{j\omega C_f} \\ L_{f1}=L_{f2} \\ I_s=\dfrac{U_i}{\omega L_{f1}} \end{cases} \qquad (1)$$

[0042] 其中，L_{f1}为逆变侧电感，L_{f2}为轨道侧电感，C_f为原边谐振电容，Is为轨道电流，Ui为逆变桥端口电压，ω能量传输频率。

[0043] 传统载波调制电路采用功放电路进行设计，这种方式发射功率有限，无法在长导轨传输中应用，本发明采用电力电子开关型半桥谐振逆变器产生正弦信号作为载波信号，可以根据导轨距离调节PWM占空比任意控制发射功率。如图1所示，其中Us、C1、C2、T1、T2、Lp、Cp组成的信号传输通道中，电感Lp和电容Cp在系统开关频率处发生串联谐振，谐振放大信号作为载波调制信号在轨道上传输，信号传输通道需满足公式(2)要求。

[0044]
$$\begin{cases} Zp=j\omega_1 Lp+\dfrac{1}{j\omega_1 Cp} \\ Zs=\dfrac{1}{j\omega_1 Cs} \end{cases} \qquad (2)$$

[0045] 其中，Lp为信号调制谐振电感，Cp为信号调制谐振电容，Cs为信号隔直电容，Zp为信号调制谐振阻抗，Zs为隔直电容阻抗，ω_1为载波频率。

[0046] 如图2所示，半桥电路用驱动集成电路IR2110芯片驱动，PWMA和PWMB为主控芯片输出的互补脉冲，通过IR2110输出驱动半桥开关管Q1和Q2，电容Cp和电感Lp组成谐振滤波器，经过谐振后产生正弦激励源通过隔离变压器将调制电路和导轨进行隔离。当基带信号SD发“1”时，半桥电路形成互补的方波，正弦激励源输出到轨道，SD发“0”时，IR2110不输出PWM，半桥电路不工作。轨道25kHz能量噪声经过电容Cs产生阻抗Zs，经过Cp，Lp产生阻抗Zp，由公式(2)可知，能量噪声会产生很高的阻抗，从而实现了信号发射端与能量传输端的电气隔离，能量和信号传递互不干扰。

[0047] PWM端口输入400KHz互补的方波信号，SD端口从J1端口接入主控芯片调制的数字基带信号，J2端口直接接至导轨两端。

[0048] 信号调制电路主要是通过谐振式半桥逆变器将基带信号调制成400kHz正弦波，并通过信号耦合电路耦合至原边导轨。导轨补偿电路补偿信号中导轨的感抗，增加信号的传输距离。信号解调电路将载波检出并还原成基带信号送入终端。

[0049] 如图3所示，调制信号通过轨道传输，取电侧需要将此信号进行解调，2ASK/OOK信号解调主要有同步检测法和包络检波法，包络检波法不需要提取相干载波设计简单，在大信噪比情况下采用该方法。采用包络检波法的电路如图3所示，解调电路主要由谐振环节、带通滤波器，信号放大整形电路等组成。信号由天线感应导轨400kHz的正弦波载波信号，使用AD713芯片完成具体的电压跟随及滤波功能，采用LM311芯片进行正比例放大。

[0050] 如图4所示，本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送方法，用于实现本发明实施例的基于轨道式无接触供电的能量信号耦合传送系统，包括以下步骤：

[0051] S1、搭建信号调制电路，包括PWM发生电路，谐振电路、信号耦合电路，产生基带信号后通过控制谐振式逆变器驱动电路使能端实现信号的调制；

[0052] S2、设置谐振电路的谐振频率与PWM信号相同，并将信号谐振成与调制频率相同的正弦波，通过连接导轨两端的信号耦合电路将该信号耦合入输电导轨；使用耦合电容与导轨自感产生谐振，该谐振频率同调制频率相同，并通过隔离变压器对强弱电进行电气隔离。

[0053] S3、搭建信号接收电路，包括信号谐振电路、信号滤波电路、信号放大电路、幅值检波电路和电压比较电路；信号谐振回路采用带有磁棒的谐振天线同电容及电阻共同组成谐振回路，谐振回路的谐振频率同调制频率相同；使用以调制频率为中心频率的信号滤波电路，并提高低通部分增强对能量信号的滤除能力；经过信号放大电路及幅值检波电路得到基带信号的包络线，并通过电压比较电路将其还原成基带信号。

[0054] 如图5所示，为本发明调制解调过程各阶段波形。图5(a)为原边导轨电流波形，其电能质量不受400kHz载波的影响，可进行大功率电能传输；图5(b)为基带信号；图5(c)载波是接收端经过串联谐振及带通滤波之后产生的波形，其包络特性满足解调的要求；图5(d)是经电压比较器还原后的信号波形。

[0055] 如图6所示，在本发明的另一个实施例中，工业柔性物流输送系统中导轨上同时设置有多台RGV小车，因此需设计适合协议满足多机通信。多取电器通信系统采用主从式结构，能量通信系统作为主机，带取电器RGV小车作为从机。主机控制多个从机，从机不主动发送命令或数据，一切都由主机控制；并且在一个多机系统中，只有一台主机，各台从机之间不能相互通信，即使有信息交换也必须通过主机转发。从机通讯接口与负载通讯接口相接，负载通常为通过PLC、变频器连接RGV小车，通过设计的通信协议完成参数设置及对变频器、PLC的控制(如设定变频器参数，控制变频器运行)，从而实现对轨道多台RGV小车运行状态的控制。

[0056] 本实施例的通信连接过程为：

[0057] (1)对无接触供电系统电源柜来说，数据发送时，发送电路通过在微处理器内运行的协议栈添加起始符、目的站号、源站号、报文长度、命令码最终形成报文通过硬件电路调制发送到原边线圈导轨。

[0058] (2)对无接触供电系统取电器来说，数据接收时，通过磁棒从原边轨道接收到的数据帧，然后去掉起始符、目的站号、源站号、报文长度、命令码后递交给协议转换实体；此时，协议转换实体获得的是不附加有额外协议数据单元的纯原始数据，然后将此数据通过通讯接口传送给PLC或变频器的通信接口层。

[0059] (3)电源柜与取电器通信过程

[0060] 无接触供电系统能量信号耦合系统通过无接触供电方式与取电侧建立连接的过程：

[0061] 1)启动：启动时由电源柜向取电器发送启动指令，指令包括启动信息、电流信息，启动状态检测信息。

[0062] 2)建立连接：取电器收到来自电源柜命令帧后，判断执行模块，根据命令帧内容执行相应操作。

[0063] 3)数据传送。完成步骤(1)(2)以后，取电器被确认为有效合法设备，可以开始在链接上进行完成传送数据。数据传送的传送采用了重发机制，数据发送完成后必须等待来自电源柜的接收成功的确认帧，确认帧包含启动电流、启动状态、运行状态等信息，如果未收到确认帧则重发数据。所有数据的传送都经过协议转换后再通过其转发至导轨。

[0064] 4)断开并注销。在任何时候电源柜都可以申请断开连接并注销含取电器模块的RGV小车。

[0065] 如表1和表2所示，本发明实施例的通信格式为：

[0066] 表1 通信格式描述

[0067]

起始符	目的站号	源站号	报文长度	命令码	数据	校验码	结束符
2字节	1字节	1字节	1字节	1字节	N字节	2字节	2字节

[0068] 表2 通信功能域描述

[0069]

功能域	描述	备注
起始符	CB 45	十六进制
站号	范围为：10H-2FH； FFH为所有模块的通用地址	十六进制
报文长度	从命令码到校验码所含字节数（包含命令码和校验码）	十六进制
命令码	参见2.3通讯命令	
数据	报文数据区	十六进制
校验码	目的站号(包括目的站号)之后，效验码之前的所有字节的累加和(除起始符)。 当信息段长度为空时，校验码为00H。	十六进制
结束符	45 CB	十六进制

[0070] 如表3所示，本发明实施例的通信命令为：

[0071] 表3 通信命令

[0072]

命令	名称	描述	数据域
CM1	电压给定	给定取电器运行电压	180V-540V
CM2	设置模块参数	设置PLC/变频器运行状况	正转、反转、手动，自动模式
CM3	控制模块开关机	控制RGV小车工作停止信号	0x00 停止 0x01 工作
CM4	设定保护电压	设定取电器运行的保护电压值	低压：160V 高压：580V
CM5	运行情况	发送电源柜工作状态	0x00 故障 0x01 正常

[0073] 应当理解的是，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

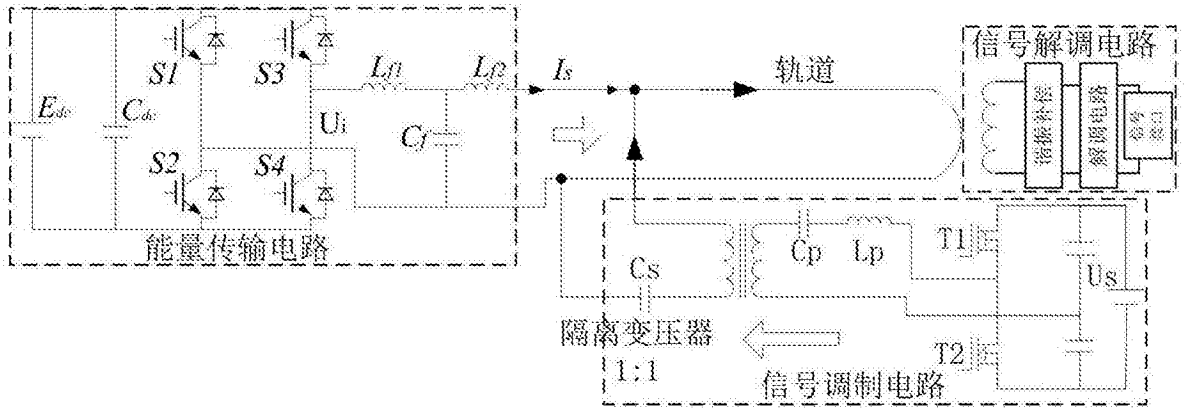

S1
S3
Lf1
Lf2
Is
轨道
信号解调电路
Edc
Cdc
Ui
Cf
S2
S4
能量传输电路
Cs
Cp
Lp
T1
Us
隔离变压器
1:1
T2
信号调制电路

图1

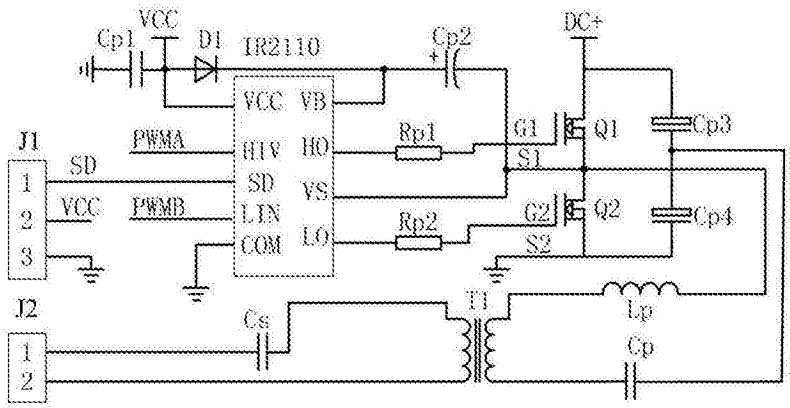

VCC
Cp1
D1
IR2110
Cp2
DC+
VCC
VB
J1
PWMA
HIV
HO
Rp1
G1
Q1
Cp3
SD
SD
VS
S1
VCC
PWMB
LIN
Rp2
G2
Q2
Cp4
COM
LO
S2
J2
Cs
T1
Lp
Cp

图2

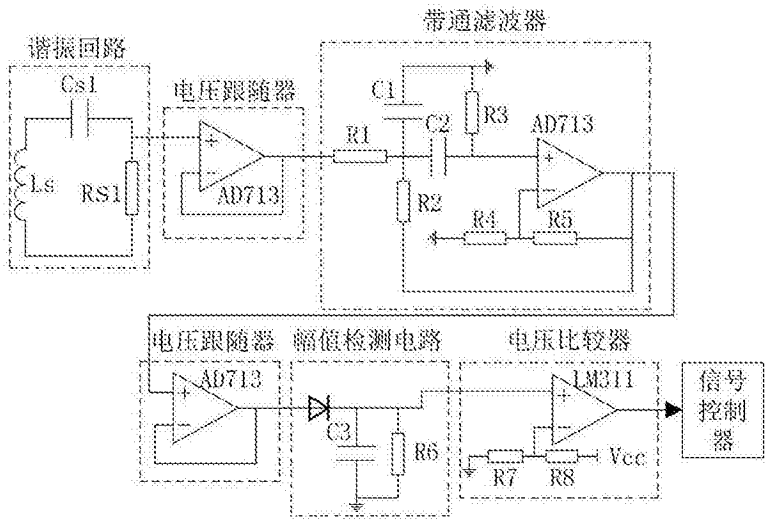

带通滤波器
谐振回路
Cs1
电压跟随器
C1
R3
AD713
R1
C2
Ls
RS1
AD713
R2
R4
R5
电压跟随器
幅值检测电路
电压比较器
AD713
LM311
信号控制器
C3
R6
R7
R8
Vcc

图3

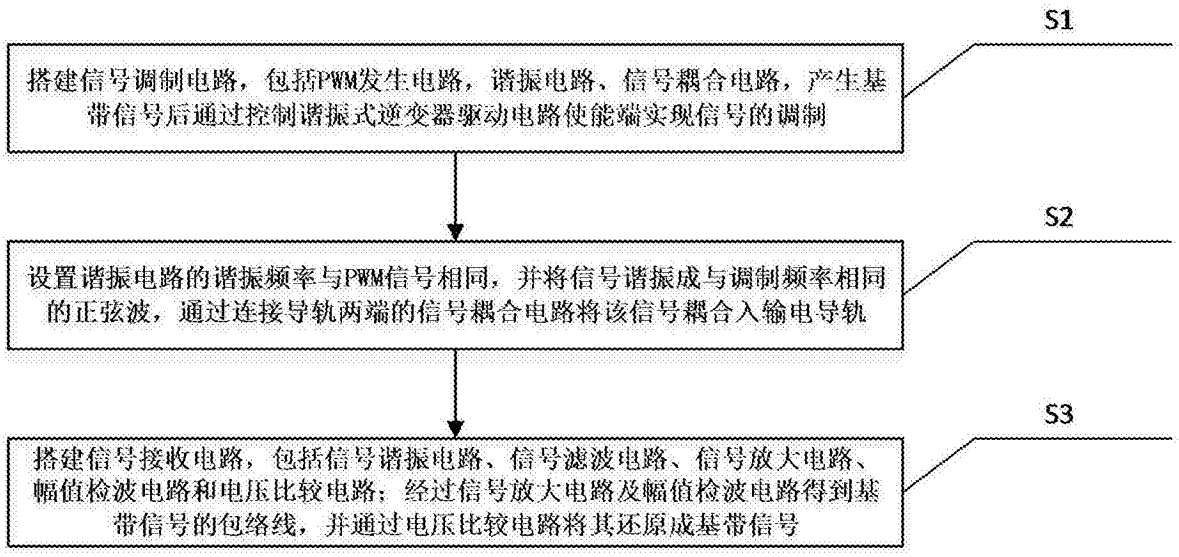

S1
搭建信号调制电路，包括PWM发生电路，谐振电路、信号耦合电路，产生基带信号后通过控制谐振式逆变器驱动电路使能端实现信号的调制
S2
设置谐振电路的谐振频率与PWM信号相同，并将信号谐振成与调制频率相同的正弦波，通过连接导轨两端的信号耦合电路将该信号耦合入输电导轨
S3
搭建信号接收电路，包括信号谐振电路、信号滤波电路、信号放大电路、幅值检波电路和电压比较电路；经过信号放大电路及幅值检波电路得到基带信号的包络线，并通过电压比较电路将其还原成基带信号

图4

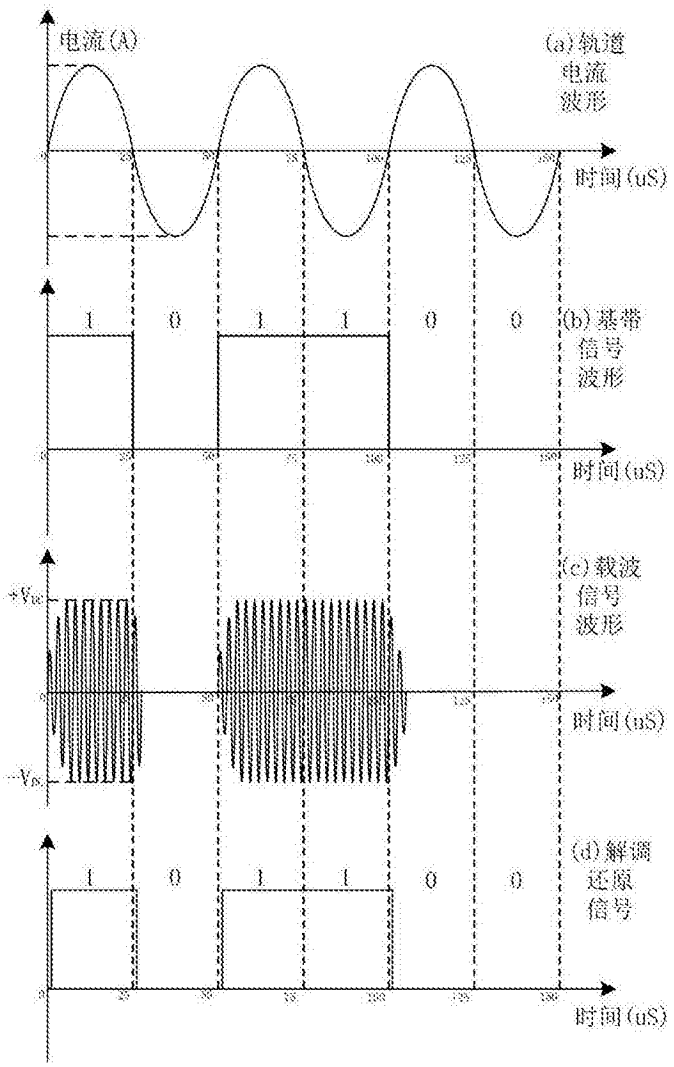

电流(A)
(a)轨道电流波形
时间(uS)
1
0
1
1
0
0
(b)基带信号波形
时间(uS)
(c)载波信号波形
时间(uS)
(d)解调还原信号
时间(uS)

图5

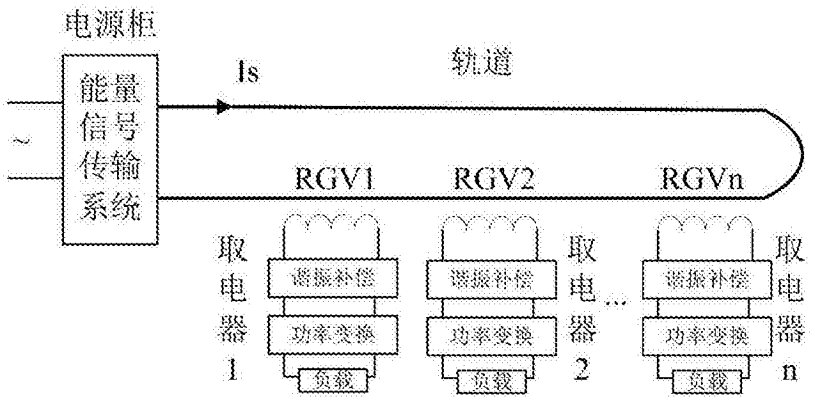


图6