



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111342566 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 202010215733.2

(22)申请日 2020.03.25

(71)申请人 西安电子科技大学

地址 710126 陕西省西安市长安区西沣路
兴隆段266号

(72)发明人 刘彦明 李小平 邢自康 韩高
李谦

(74)专利代理机构 西安知诚思迈知识产权代理
事务所(普通合伙) 61237

代理人 闵媛媛

(51)Int.Cl.

H02J 50/12(2016.01)

H02J 50/40(2016.01)

H02J 50/70(2016.01)

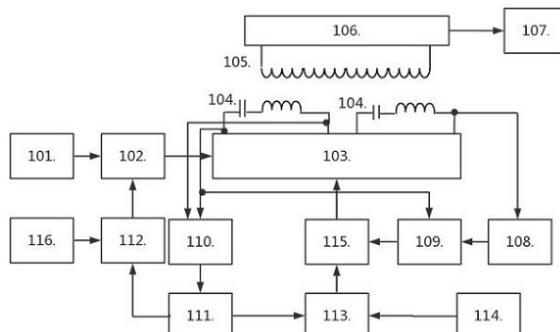
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

谐振跟踪式非接触多路供电装置及供电方法

(57)摘要

本发明公开了一种谐振跟踪式非接触多路供电装置及供电方法，开关电源电路输出端连接至MOS半桥电路组，MOS半桥电路组由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成；每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路，每条电能发射回路分别由谐振电容、电能发射线圈串联形成谐振回路，所有电能发射回路耦合同一个电能接收线圈；供电装置还包括频率调谐回路、电压调节电路和功率容量调节电路，分别进行激励频率自动调节、激励电压自动调节、功率容量控制调节。本发明供电装置在耦合参数发生改变时能够自动地跟踪最佳谐振频率点，根据负载变化需求自动调节激励电压，克服单组逆变功率限制，根据功率需求调节并行回路数，提高传输效率，降低能耗。



1. 一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，开关电源电路(102)输出端连接至MOS半桥电路组(103)，构成大功率激励源，其中MOS半桥电路组(103)由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成；每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路(104)，每条电能发射回路(104)分别由谐振电容、电能发射线圈(401)串联形成谐振回路，所有电能发射回路(104)通过耦合结构进行非接触能量传输；电压采样器(110)对电能发射回路(104)的电压进行取样；所述供电装置还包括频率调谐回路(109)、电压调节电路(112)和功率容量调节电路(113)；

所述电压调节电路(112)包括比较放大器，电压调节电路(112)输入端的一路为电压采样信号，电压采样器(110)输出的电压采样信号通过高频检波滤波电路(111)接比较放大器；另一路为参考电压信号，参考电压源(116)输入参考电压信号至比较放大器，比较放大器的输出端接开关电源电路(102)，控制电压幅度，构成激励电压自动调节环路；

所述功率容量调节电路(113)包括除法电路、半桥开关控制电路，功率容量调节电路(113)的输入端有两路，一路通过参考功率源(114)输入参考功率信号至除法电路；另一路为电压采样器(110)输出的电压采样信号，通过高频检波滤波电路(111)接除法电路，除法电路的输出端依次接半桥开关控制电路、浮栅驱动器(115)，其中半桥开关控制电路由多组触发电压不同的开关电路构成，每个开关电路输出控制一组MOS半桥逆变电路，控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量，构成功率容量控制调节环路。

2. 根据权利要求1所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，所述频率调谐回路(109)包括过零检测器、鉴相器、压控震荡器，电流采样器(108)对电能发射回路(104)的电流进行取样，电流采样器(108)的输出端依次连接过零检测器、鉴相器、压控震荡器后输出至浮栅驱动器(115)；电能发射回路(104)的激励电压信号通过鉴相器输出至浮栅驱动器(115)，浮栅驱动器(115)控制MOS半桥电路组(103)中MOS管通断频率，构成激励频率自动调节环路。

3. 根据权利要求1或2所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，所述耦合结构由电能发射线圈(401)、发射端磁芯(402)、电能接收线圈(105)、接收端磁芯(404)构成，电能发射线圈(401)以相同的匝数同向绕在发射端磁芯上(402)，构成一组电感值大小相同的发射线圈；电能接收线圈(105)绕在接收端磁芯(404)上，与发射端形成耦合，发射端磁芯(402)和接收端磁芯(404)结构相同、位置相对。

4. 根据权利要求1所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，所述电能发射回路(104)由电能发射线圈(401)和谐振电容构成，所有谐振电容的电容大小相同。

5. 根据权利要求1所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，所述电能接收线圈(105)通过整流及稳压电路(106)与负载(107)相连。

6. 根据权利要求1所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置，其特征在于，所述电压调节电路(112)包括单片机(210)、电压采样器(110)、高频检波滤波电路(111)和浮栅驱动器(115)；单片机(210)控制浮栅驱动器(115)与MOS半桥逆变电路的连接进而控制MOS半桥逆变电路并行数量，同时单片机(210)控制浮栅驱动器(115)交替驱动开关管导通，产生大功率激励方波电压；电压采样器(110)获取电能发射回路(104)中的电压取样信号通过高频检波滤波电路(111)输入单片机(210)的A/D转换器，由微处理器通过幅度测量模块测量谐振回路中的电压幅度，并与电压设定值进行比较，求出电压设定值与实际电压的误差，再根

据幅度误差由调整量计算模块计算激励电压调整量,再由激励电压调节模块根据激励电压调整量改变开关电源电路(102)的输出电压,实现激励电压的自动调节;

功率容量调节电路(113)包括电压采样器(110)、高频检波滤波电路(111)、半桥开关控制模块;半桥开关控制模块是单片机(210)的子模块,半桥开关控制模块由除法电路构成,电压采样器(110)输出的电压采样信号通过高频检波滤波电路(111)输入除法电路,功率参考输入除法电路,除法电路的微处理器根据实时电压与预设功率标准计算应有的电流,除法电路的输出接电平触发的开关电路组(216),每个开关电路输出通过浮棚驱动器(115)控制一组MOS半桥逆变电路,控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量,构成功率容量控制调节环路。

7. 根据权利要求1或6所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置,其特征在于,所述频率调谐回路(109)包括单片机(210)、电流采样器(108)、过零检测电路(209),电流采样器(108)获取电能发射回路(104)中的电流取样信号通过过零检测电路(209)输入单片机(210)的中断引脚,由微处理器通过相位差测量模块测量谐振回路中电压与电流相位差,再根据相位差由调整量计算模块计算频率调整量,再由可变频率方波发生模块根据频率调整量改变激励频率,使谐振回路中电压与电流相位差保持为零,实现激励频率自动调节。

8. 根据权利要求6所述的一种谐振跟踪式非接触多路供电装置,其特征在于,所述单片机(210)分别与按键(213)和显示器(214)连接,通过按键(213)和显示器(214)对电压参考值、传输功率进行设定。

9. 一种谐振跟踪式非接触多路供电方法,其特征在于,具体按照以下步骤进行:

S1,利用同步降压模式的开关电源电路(102),产生幅度可调电压源,施加于MOS半桥电路组(103)的电源端,MOS半桥电路组(103)由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成,通过功率容量调节电路(113)控制MOS半桥逆变电路的通断数;利用频率可控振荡器产生高频信号,通过MOS半桥逆变电路对该电压源进行斩波,产生高频大功率的方波激励信号;

S2,每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路(104),每条电能发射回路(104)分别由谐振电容、电能发射线圈(401)串联形成谐振回路,步骤S1所产生的高频大功率方波激励信号加在谐振回路的两端;

S3,利用电流采样器(108)不断获取电能发射回路(104)中的电流取样信号,电压采样器(110)不断获取电能发射回路(104)中的电压取样信号,通过频率调谐回路(109)进行频率调整,通过电压调节电路(112)进行电压幅度调整,并通过功率容量调节电路(113)进行功率调整;

所述频率调谐回路(109)利用过零检测器对获取的电流信号进行整形,变为与电流信号同相位的方波,作为电流相位信号;计算电能发射回路(104)激励电压信号与电流相位信号之间的相位差,根据相位差采用积分算法计算频率调整量,再根据相位差不断改变频率可控振荡器的输出频率,若电压超前于电流,则根据调整量降低频率,反之根据调整量升高频率,使谐振回路的电压与电流保持同相位;

所述电压调节电路(112)通过对电压取样信号进行检波、放大和滤波,得到电能发射回路(104)中的交流电压的幅度;将电能发射回路(104)中的电压的幅度与设定值比较,求得电压幅度误差;根据电压幅度误差采用比例-积分算法计算激励电压调整量,不断调整可调电压源的电压值,若电能发射回路(104)电流幅度高于设定值,则根据激励电压调整量降低

激励电压值,反之升高激励电压值,使谐振回路的电压幅度恒定;

所述功率容量调节电路(113)将电能发射回路(104)中的电压幅度与预设功率值比较,求得控制电压;根据控制电压,确定并调整同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量,使得输入功率匹配;

S4,将调整后的电能发射回路(104)电流,所有电能发射回路(104)通过耦合结构进行非接触能量传输,经整流及稳压电路(106)提供给负载(107)。

谐振跟踪式非接触多路供电装置及供电方法

技术领域

[0001] 本发明属于电源/电力电子技术领域,涉及一种谐振跟踪式非接触多路供电装置及供电方法。

背景技术

[0002] 非接触式供电作为一种新型的能量传输形式,具有无触点、无磨损、无火花、可全密封、防水隔爆等特性,正在逐步地应用于旋转部件、机器关节、防水设备、厨房/浴室电器、移动/便携设备和矿下设备等领域。

[0003] 现有的非接触式供电一般利用磁性材料与线圈构成松耦合变压器作为能量传输通道,将激励电压施加在初级线圈,在空间激励出交变磁场,将磁场作为能量载体跨越空气间隙后从次级线圈耦合感应出电能给设备供电。现有的提供激励的方式主要有以下两类:

直接激励方式:将激励电压直接加在初级线圈上,由于松耦合变压器的耦合系数较低,只有部分磁力线耦合至次级,因此采用直接激励进行传输效率较低,且电能传输距离很近,应用范围较窄,仅用于低成本、小功率供电的场合,如电动牙刷等消费类产品。

[0004] LC谐振激励方式:将初级线圈与电容构成谐振回路,按照谐振回路的连接关系又分为串联谐振和并联谐振两种类型,这两种类型的谐振方式均是将激励源施加在谐振回路上,当激励源频率等于LC回路的固有谐振频率时,发射线圈上将因谐振获得高于激励源电压多倍的电压,同时未发射的能量会被电容回收,大幅提高了传输效率和传输距离。因此该方法主要应用于需要大功率、高效率的应用中,如机械旋转关节、大功率防水设备的供电、高效率无线充电器。

[0005] 随着非接触式供电技术的普及,对非接触式供电的功率和效率要求也越来越高,目前,非接触式供电技术在应用环境中还有几个问题:

1. 非接触式供电功率传输中,需要使用逆变电路,而逆变功率受到元器件的限制,单组逆变功率较低。在大功率传输中,需要多路逆变并行才能满足传输功率需求。同时每组运行的MOS半桥电路,都会产生固定的元器件损耗,在传输功率较小时,多路逆变会产生极大损耗。

[0006] 2. 在实际中,系统的耦合系数会随着发射线圈与接收线圈之间距离及相对位置变化而改变。折合到发射线圈的等效电感、Q值等参数都会变化,引起LC谐振频率的变化。因此收发线圈的距离需要相对固定,限制了应用范围。

[0007] 由于耦合通道的耦合系数较低,当接收端负载大范围变化时,会引起接收端电压大范围变化。要求接收端负载相对恒定,同时增加了后级电源电路的设计难度和成本。

发明内容

[0008] 为了解决上述问题,本发明提供一种谐振跟踪式非接触多路供电装置,在耦合参数发生改变时能够自动地跟踪最佳谐振频率点,根据负载变化需求自动调节激励电压,克服单组逆变功率限制,根据功率需求调节并行回路数,保证在耦合系数较低、线圈位置变化

和负载特性变化情况下能够以最佳传输效率大功率传输电能,降低能耗。

[0009] 本发明的另一目的是,提供一种谐振跟踪式非接触多路供电方法。

[0010] 本发明所采用的技术方案是,一种谐振跟踪式非接触多路供电装置,开关电源电路输出端连接至MOS半桥电路组,构成大功率激励源,其中MOS半桥电路组由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成;每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路,每条电能发射回路分别由谐振电容、电能发射线圈串联形成谐振回路,所有电能发射回路通过耦合结构进行非接触能量传输;电压采样器对电能发射回路的电压进行取样;所述供电装置还包括频率调谐回路、电压调节电路和功率容量调节电路;

所述电压调节电路包括比较放大器,电压调节电路输入端的一路为电压采样信号,电压采样器输出的电压采样信号通过高频检波滤波电路接比较放大器;另一路为参考电压信号,参考电压源输入参考电压信号至比较放大器,比较放大器的输出端接开关电源电路,控制电压幅度,构成激励电压自动调节环路;

所述功率容量调节电路包括除法电路、半桥开关控制电路,功率容量调节电路的输入端有两路,一路通过参考功率源输入参考功率信号至除法电路;另一路为电压采样器输出的电压采样信号,通过高频检波滤波电路接除法电路,除法电路的输出端依次接半桥开关控制电路、浮栅驱动器,其中半桥开关控制电路由多组触发电压不同的开关电路构成,每个开关电路输出控制一组MOS半桥逆变电路,控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量,构成功率容量控制调节环路。

[0011] 进一步的,所述频率调谐回路包括过零检测器、鉴相器、压控震荡器,电流采样器对电能发射回路的电流进行取样,电流采样器的输出端依次连接过零检测器、鉴相器、压控震荡器后输出至浮栅驱动器;电能发射回路的激励电压信号通过鉴相器输出至浮栅驱动器,浮栅驱动器控制MOS半桥电路组中MOS管通断频率,构成激励频率自动调节环路。

[0012] 进一步的,所述耦合结构由电能发射线圈、发射端磁芯、电能接收线圈、接收端磁芯构成,电能发射线圈以相同的匝数同向绕在发射端磁芯上,构成一组电感值大小相同的发射线圈;电能接收线圈绕在接收端磁芯上,与发射端形成耦合,发射端磁芯和接收端磁芯结构相同、位置相对。

[0013] 进一步的,所述电能发射回路由电能发射线圈和谐振电容构成,所有谐振电容的电容大小相同。

[0014] 进一步的,所述电能接收线圈通过整流及稳压电路与负载相连。

[0015] 进一步的,所述电压调节电路包括单片机、电压采样器、高频检波滤波电路和浮栅驱动器;单片机控制浮栅驱动器与MOS半桥逆变电路的连接进而控制MOS半桥逆变电路并行数量,同时单片机控制浮栅驱动器交替驱动开关管导通,产生大功率激励方波电压;电压采样器获取电能发射回路中的电压取样信号通过高频检波滤波电路输入单片机的A/D转换器,由微处理器通过幅度测量模块测量谐振回路中的电压幅度,并与电压设定值进行比较,求出电压设定值与实际电压的误差,再根据幅度误差由调整量计算模块计算激励电压调整量,再由激励电压调节模块根据激励电压调整量改变开关电源电路的输出电压,实现激励电压的自动调节;

功率容量调节电路包括电压采样器、高频检波滤波电路、半桥开关控制模块;半桥开关控制模块是单片机的子模块,半桥开关控制模块由除法电路构成,电压采样器输出的电压

采样信号通过高频检波滤波电路输入除法电路，功率参考输入除法电路，除法电路的微处理器根据实时电压与预设功率标准计算应有的电流，除法电路的输出接电平触发的开关电路组，每个开关电路输出通过浮栅驱动器控制一组MOS半桥逆变电路，控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量，构成功率容量控制调节环路。

[0016] 进一步的，所述频率调谐回路包括单片机、电流采样器、过零检测电路，电流采样器获取电能发射回路中的电流取样信号通过过零检测电路输入单片机的中断引脚，由微处理器通过相位差测量模块测量谐振回路中电压与电流相位差，再根据相位差由调整量计算模块计算频率调整量，再由可变频率方波发生模块根据频率调整量改变激励频率，使谐振回路中电压与电流相位差保持为零，实现激励频率自动调节。

[0017] 进一步的，所述单片机分别与按键和显示器连接，通过按键和显示器对电压参考值、传输功率进行设定。

[0018] 一种谐振跟踪式非接触多路供电方法，具体按照以下步骤进行：

S1，利用同步降压模式的开关电源电路，产生幅度可调电压源，施加于MOS半桥电路组的电源端，MOS半桥电路组由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成，通过功率容量调节电路控制MOS半桥逆变电路的通断数；利用频率可控振荡器产生高频信号，通过MOS半桥逆变电路对该电压源进行斩波，产生高频大功率的方波激励信号；

S2，每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路，每条电能发射回路分别由谐振电容、电能发射线圈串联形成谐振回路，步骤S1所产生的高频大功率方波激励信号加在谐振回路的两端；

S3，利用电流采样器不断获取电能发射回路中的电流取样信号，电压采样器不断获取电能发射回路中的电压取样信号，通过频率调谐回路进行频率调整，通过电压调节电路进行电压幅度调整，并通过功率容量调节电路进行功率调整；

所述频率调谐回路利用过零检测器对获取的电流信号进行整形，变为与电流信号同相位的方波，作为电流相位信号；计算电能发射回路激励电压信号与电流相位信号之间的相位差，根据相位差采用积分算法计算频率调整量，再根据相位差不断改变频率可控振荡器的输出频率，若电压超前于电流，则根据调整量降低频率，反之根据调整量升高频率，使谐振回路的电压与电流保持同相位。

[0019] 所述电压调节电路通过对电压取样信号进行检波、放大和滤波，得到电能发射回路中的交流电压的幅度；将电能发射回路中的电压的幅度与设定值比较，求得电压幅度误差；根据电压幅度误差采用比例-积分算法计算激励电压调整量，不断调整可调电压源的电压值，若电能发射回路电流幅度高于设定值，则根据激励电压调整量降低激励电压值，反之升高激励电压值，使谐振回路的电压幅度恒定；

所述功率容量调节电路将电能发射回路中的电压幅度与预设功率值比较，求得控制电压；根据控制电压，确定并调整同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量，使得输入功率匹配；

S4，将调整后的电能发射回路电流，所有电能发射回路通过耦合结构进行非接触能量传输，经整流及稳压电路提供给负载。

[0020] 本发明的有益效果是：

1. 本发明采用多路相同的发射线圈并联，并在磁路上形成线性叠加关系；增加并联回路数，发射端总电压与发射端绕组总匝数同时同比例增加，对应在接收端上时，接收端电压

不变；在该谐振跟踪式非接触多路供电装置中，单条电能发射回路谐振时，其余电能发射回路也谐振，可以保证全传输装置的谐振跟踪，保证传输效率。

[0021] 2. 本发明采用了多组通断可控MOS半桥电路并联的结构，在传输功率较小时，可以减少并行支路数以减少固定的元器件损耗，在传输功率较大时，可以增加并行数以满足传输容量需求；保证传输效率的同时极大的提升了电能传输的最大功率。

[0022] 3. 本发明频率调谐回路通过电流采样器与过零比较器获取了谐振回路电流相位信息，并通过鉴相器及可控振荡器构成了频率自动调节环路，使得在电磁耦合特性变化时，能将激励的频率自动调节至谐振频率，从而保证无线供电装置始终具有最大效率和传输距离，实现了谐振频率自动跟踪功能。

[0023] 4. 本发明采用了电压采样器对谐振回路的电压进行检测，并通过比较放大器及开关电源对激励电压幅度进行调节，在负载电流大幅度变化的情况下，能够保证感应电压基本恒定，降低了后级电路的设计难度和成本。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1是本发明谐振跟踪式非接触多路供电装置实施例一的结构图。

[0026] 图2是本发明谐振跟踪式非接触多路供电装置实施例二的结构图。

[0027] 图3是本发明实施例谐振跟踪式非接触多路供电方法流程图。

[0028] 图4是本发明实施例一与实施例二中耦合结构的示意图。

[0029] 101. 直流电源，102. 开关电源电路，103. MOS半桥电路组，104. 电能发射回路，105. 电能接收线圈，106. 整流及稳压电路，107. 负载，108. 电流采样器，109. 频率调谐回路，110. 电压采样器，111. 高频检波滤波电路，112. 电压调节电路，113. 功率容量调节电路，114. 参考功率源，115. 浮栅驱动器，116. 参考电压源，209. 过零检测电路，210. 单片机，213. 按键，214. 显示器，216. 开关电路组，401电能发射线圈、402发射端磁芯、404接收端磁芯。

具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0031] 如图1，本发明实施例一由直流电源101、开关电源电路102、MOS半桥电路组103、电能发射回路104、电能接收线圈105、整流及稳压电路106、负载107、电流采样器108、频率调谐回路109、电压采样器110、高频检波滤波电路111、电压调节电路112、功率容量调节电路113、浮栅驱动器115、参考电压源116组成。

[0032] 其中开关电源电路102采用同步降压模式，且幅度0~100%可调，其输入端连接直流电源101，输出端连接至MOS半桥电路组103，构成大功率激励源，其中MOS半桥电路组103由

多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成；每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路104，每条电能发射回路104分别由谐振电容、电能发射线圈401串联形成谐振回路，所有电能发射回路104通过耦合结构进行非接触能量传输。

[0033] 如图4，耦合结构由电能发射线圈401、发射端磁芯402、电能接收线圈105、接收端磁芯404构成；电能发射线圈401以相同的匝数同向绕在发射端磁芯402上，构成一组电感值大小相同的发射线圈；电能接收线圈105绕在接收端磁芯404上，与发射端形成耦合，由于发射端磁芯402和接收端磁芯404结构相同、位置相对，每条电能发射线圈401与电能接收线圈105耦合情况相同、互感一致，互感系数相同，电能发射线圈401增加并联数时，电能接收线圈105感应电压不会变化。所有谐振电容的电容大小相同，每条电能发射回路104的阻抗相同、谐振频率相同；当一条电能发射回路104谐振时，其余电能发射回路104也谐振，可以保证全传输装置的谐振跟踪。

[0034] 电流采样器108采用无感电阻或高频铁氧体磁芯的互感器，对谐振回路的电流进行取样；电压采样器110对谐振回路的电压进行取样；电能接收线圈105通过整流及稳压电路106与负载107相连；供电装置还包括频率调谐回路109、电压调节电路112和功率容量调节电路113。

[0035] 频率调谐回路109包括过零检测器、鉴相器、压控震荡器，电流采样器108对电能发射回路104的电流进行取样，电流采样器108的输出端依次连接过零检测器、鉴相器、压控震荡器后输出至浮栅驱动器115；电能发射回路104的激励电压信号通过鉴相器输出至浮栅驱动器115，浮栅驱动器115控制MOS半桥电路组103中MOS管通断频率，构成激励频率自动调节环路。

[0036] 电压调节电路112包括比较放大器，电压调节电路112的输入端有两路，一路为电压采样信号，电压采样器110输出的电压采样信号通过高频检波滤波电路111接比较放大器；另一路为参考电压信号，参考电压源116输入参考电压信号至比较放大器，比较放大器的输出端接开关电源电路102，控制电压幅度，构成激励电压自动调节环路；在本发明中的传输结构运行时，每条电能发射回路104上的电压与电流都相同，但随传输功率的变化，同时运行的电能发射回路104数量不同，采用电流调节需考虑并行数，采用电压调节更为清晰简便，电压调节可以保证接收端电压的稳定，比电流调节更有优势。

[0037] 功率容量调节电路113包括除法电路、半桥开关控制电路，功率容量调节电路113的输入端有两路，一路通过参考功率源114输入参考功率信号至除法电路；另一路为电压采样器110输出的电压采样信号，通过高频检波滤波电路111接除法电路，除法电路的输出端依次接半桥开关控制电路、浮栅驱动器115，其中半桥开关控制电路由多组触发电压不同的开关电路构成，每个开关电路输出控制一组MOS半桥逆变电路，控制同时运行的MOS半桥逆变电路数量，构成功率容量控制调节环路。

[0038] 该实施例非接触供电装置工作原理如下：

直流电源101经过同步降压模式的开关电源电路102产生0~100%幅度可变的直流电压源，加在MOS半桥逆变电路构成的MOS半桥电路组103的电源端，功率容量调节电路113控制浮栅驱动器115与MOS开关电路的连接进而控制MOS半桥逆变电路并行数量，浮栅驱动器115交替驱动开关管导通，产生大功率激励方波电压。大功率激励方波电压通过谐振电容和电能发射线圈构成的串联谐振回路在电能发射线圈获得正弦电流信号，所激励的磁场跨越磁

隙,在电能接收线圈105中获得感应电压,经过整流及稳压电路106后,为负载107供电。通过电流采样器108获得电能发射回路104中的电流取样信号,通过电压采样器110获得电能发射回路104所中的电压取样信号,其中:

电流取样信号经过过零检测电路后变为与电能发射回路104电流同频同相的方波,作为电流相位信号;该电流相位信号与激励电压信号一起送入鉴相器,获得两者之间的相位差。该相位差输出信号与压控震荡器相连,根据相位差改变激励信号的频率,若电压超前于电流,则降低激励频率,反之升高激励频率,构成反馈环路,反馈的结果是谐振回路中电流信号与激励电压信号之间的相位差始终为零,即谐振回路始终工作于谐振频率。

[0039] 电压取样信号经过高频检波滤波电路111后作为激励电压幅度信号,连接至比较放大器,将激励电压幅度信号与参考电压比较,比较的结果用于控制开关电源电路102的输出电压,从而实现激励电压的自动调节,使得电能发射回路104的电压幅度恒定。在不同负载条件下电能发射线圈都能产生相同的交变磁场强度,即电能接收线圈能获得接近恒定的电压。通过改变参考电压源116,可改变次级的耦合电压,从而设定负载电压。

[0040] 电压取样信号通过高频检波滤波电路111输入除法电路,在除法电路中与功率参考比较求得控制电压,控制电压输入半桥开关控制电路,调整MOS半桥电路组103中并行MOS半桥逆变电路数,在传输功率较小时,减少并行支路数以维持高传输效率,在传输功率较大时,增加并行数以满足传输容量需求。

[0041] 在无线传输结构中,为了提高无线传输的最大功率,增加的MOS半桥逆变电路,会产生固定的元器件损耗,但是传输功率较小时,效率极低。本发明设计了一种可控的半桥逆变电路组,在需要传输功率的较小时,可以通过功率容量调节电路113减少并行支路数以维持高传输效率,在需要传输的功率较大时,可以通过功率容量调节电路113增加并行数以满足传输容量需求,使之与输出功率相匹配,得到容量足够的高效功率传输回路;在保证接收端电压、谐振频率不变的前提下实现了多路端增加输入功率。

[0042] 如图2,本发明实施例二由直流电源101、开关电源电路102、MOS半桥电路组103、电能发射回路104、电能接收线圈105、整流及稳压电路106、负载107、电流采样器108、过零检测电路209、单片机210、电压采样器110、高频检波滤波电路111、按键213、显示器214、浮栅驱动器115、开关电路组216组成。

[0043] 频率调谐回路109、电压调节电路112和功率容量调节电路113通过单片机210实现,其他结构与实施例一相同;频率调谐回路109包括单片机210、电流采样器108、过零检测电路209,电流采样器108获取电能发射回路104中的电流取样信号通过过零检测电路209输入单片机210的中断引脚,由微处理器通过相位差测量模块测量谐振回路中电压与电流相位差,再根据相位差由调整量计算模块计算频率调整量,再由可变频率方波发生模块根据频率调整量改变激励频率,使谐振回路中电压与电流相位差保持为零,实现激励频率自动调节。

[0044] 电压调节电路112包括单片机210、电压采样器110、高频检波滤波电路111和浮栅驱动器115;单片机210控制浮栅驱动器115交替驱动开关管导通,产生大功率激励方波电压;电压采样器110获取电能发射回路104中的电压取样信号通过高频检波滤波电路111输入单片机210的A/D转换器,由微处理器通过幅度测量模块测量谐振回路中的电压幅度,并与电压设定值进行比较,求出电压设定值与实际电压的误差,再根据幅度误差由调整量计

算模块计算激励电压调整量，再由激励电压调节模块根据激励电压调整量改变开关电源电路102的输出电压，实现激励电压的自动调节。

[0045] 功率容量调节电路113包括电压采样器110、高频检波滤波电路111、半桥开关控制模块；半桥开关控制模块是单片机210的子模块，半桥开关控制模块由除法电路构成，电压采样器110输出的电压采样信号通过高频检波滤波电路111输入除法电路，功率参考输入除法电路，除法电路的微处理器根据实时电压与预设功率标准计算应有的电流，除法电路的输出接电平触发的开关电路组216，每个开关电路输出通过浮栅驱动器115控制一组MOS半桥逆变电路，控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量，构成功率容量控制调节环路。

[0046] 该实施例非接触供电装置工作原理如下：

单片机210控制开关电路组216，开关电路组216控制MOS半桥逆变电路的连接进而控制MOS半桥逆变电路并行数量，同时单片机210控制浮栅驱动器115交替驱动开关管导通，产生大功率激励方波电压。大功率激励方波电压通过谐振电容和电能发射线圈构成的串联谐振回路在电能发射线圈获得正弦电流信号，所激励的磁场跨越磁隙，在电能接收线圈105中获得感应电压，经过整流、整流及稳压电路106后，为负载107供电。电流采样器108获取电能发射回路104中的电流取样信号通过过零检测电路209输入单片机210，电压采样器110获取电能发射回路104中的电压取样信号通过高频检波滤波电路111输入单片机210，其中：

电流取样信号经过过零检测电路209后变为与电能发射回路104电流同频同相的方波，作为电流相位信号。该电流相位信号送入单片机210的中断引脚，由微处理器通过相位差测量模块测量谐振回路中电压与电流相位差，再根据相位差由调整量计算模块计算频率调整量，再由可变频率方波发生模块根据频率调整量改变激励频率，使谐振回路中电压与电流相位差保持为零，即谐振回路始终工作于谐振频率点。

[0047] 电压取样信号经过高频检波滤波电路111后作为激励电压幅度信号，连接至单片机210的A/D转换器上，由微处理器通过幅度测量模块测量谐振回路中的电压幅度，并与电压设定值进行比较，求出电压设定值与实际电压的误差，再根据幅度误差由调整量计算模块计算激励电压调整量，再由激励电压调节模块根据激励电压调整量改变开关电源电路102的输出电压，从而实现激励电压的自动调节，使得发射电压的幅度恒定，电能接收线圈105能获得接近恒定的电压；通过按键213和显示器214对电压参考值进行设定，从而实现设定负载电压的功能。

[0048] 除法电路的输出接电平触发开关组，每个开关电路输出通过浮栅驱动器115控制一组MOS半桥逆变电路，控制同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量，构成功率容量控制调节环路。通过按键213和显示器214，可以对传输功率进行设定；在需要传输功率的较小时，可以减少并行支路数以维持高传输效率，在需要传输的功率较大时，可以增加并行数以满足传输容量需求。

[0049] 本发明是一种传输电压、传输频率、传输容量均可调的无线传输装置。每条电能发射回路104的发射线圈相同，所有发射线圈同向绕于同一条铁芯上，增加并联回路数，发射端总电压与发射端绕组总匝数同时同比例增加，对应在接收端上时，接收端电压不变。在该谐振跟踪式非接触多路供电装置中，单条电能发射回路谐振时，其余电能发射回路也谐振，可以保证全传输装置的谐振跟踪。本发明所设计的无线传输结构，可以保证在电压调节，频率调节不受影响的情况下，独立完成容量调节。

[0050] 如图3,本发明实施例谐振跟踪式非接触多路供电方法,具体按照以下步骤进行:

S1,利用同步降压模式的开关电源电路102,产生幅度0~100 %可调电压源,施加于MOS半桥电路组103的电源端,MOS半桥电路组103由多个开关可控的MOS半桥逆变电路并联构成,通过功率容量调节电路113控制MOS半桥逆变电路的通断数;利用频率可控振荡器产生高频信号,通过MOS半桥逆变电路对该电压源进行斩波,产生高频大功率的方波激励信号;

S2,每组MOS半桥逆变电路连接一条电能发射回路104,每条电能发射回路104分别由谐振电容、电能发射线圈401串联形成谐振回路,步骤S1所产生的高频大功率方波激励信号加在谐振回路的两端;

S3,利用电流采样器108不断获取电能发射回路104中的电流取样信号,电压采样器110不断获取电能发射回路104中的电压取样信号,通过频率调谐回路109进行频率调整,通过电压调节电路112进行电压幅度调整,通过功率容量调节电路113进行功率调整;

频率调谐回路109通过过零检测器对获取的电流信号进行整形,变为与电流信号同相位的方波,作为电流相位信号;计算电能发射回路104激励电压信号与电流相位信号之间的相位差,根据相位差采用积分算法计算频率调整量,再根据相位差不断改变频率可控振荡器的输出频率,若电压超前于电流,则根据调整量降低频率,反之根据调整量升高频率,使谐振回路的电压与电流保持同相位。

[0051] 电压调节电路112通过对电压取样信号进行检波、放大和滤波,得到电能发射回路104中的交流电压的幅度;将电能发射回路104中的电压的幅度与设定值比较,求得电压幅度误差;根据电压幅度误差采用比例-积分算法计算激励电压调整量,不断调整可调电压源的电压值,若电能发射回路104电流幅度高于设定值,则根据激励电压调整量降低激励电压值,反之升高激励电压值,使谐振回路的电压幅度恒定;

功率容量调节电路113将电能发射回路104中的电压幅度与预设功率值比较,求得控制电压;根据控制电压,确定并调整同时运行的MOS半桥逆变电路并行数量,使得输入功率匹配;

S4,将调整后的电能发射回路104电流,所有电能发射回路104通过耦合结构进行非接触能量传输,经整流及稳压电路106提供给负载107。

[0052] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围内。

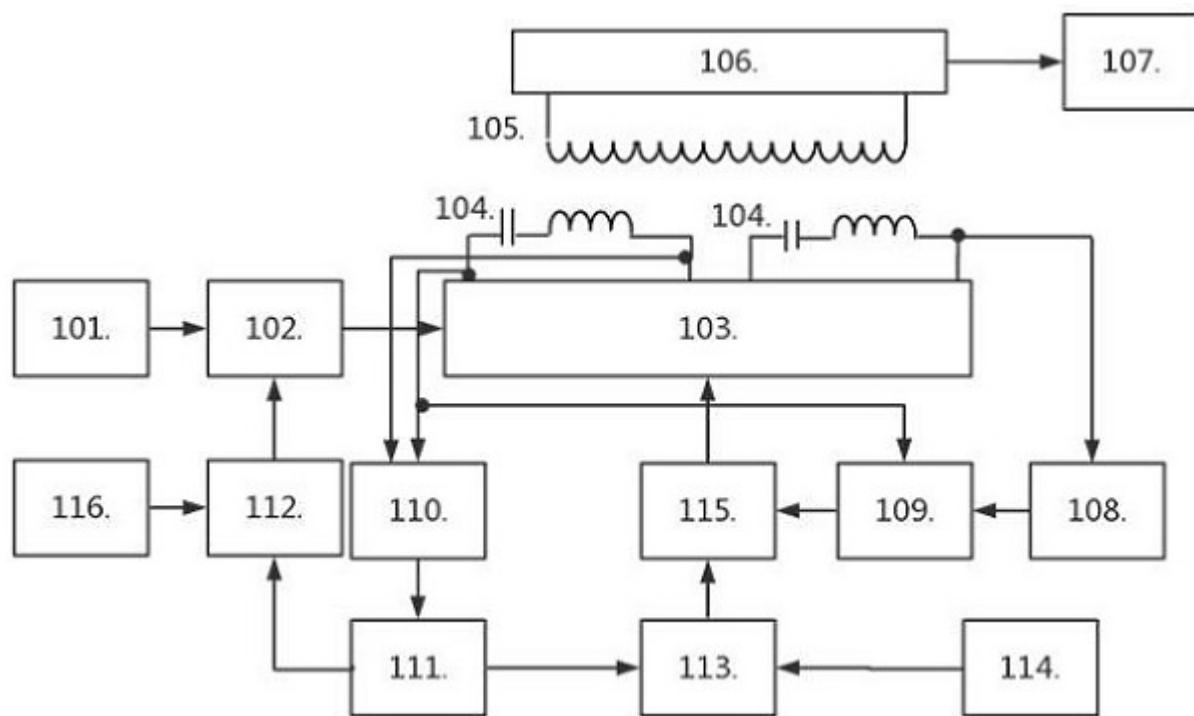


图1

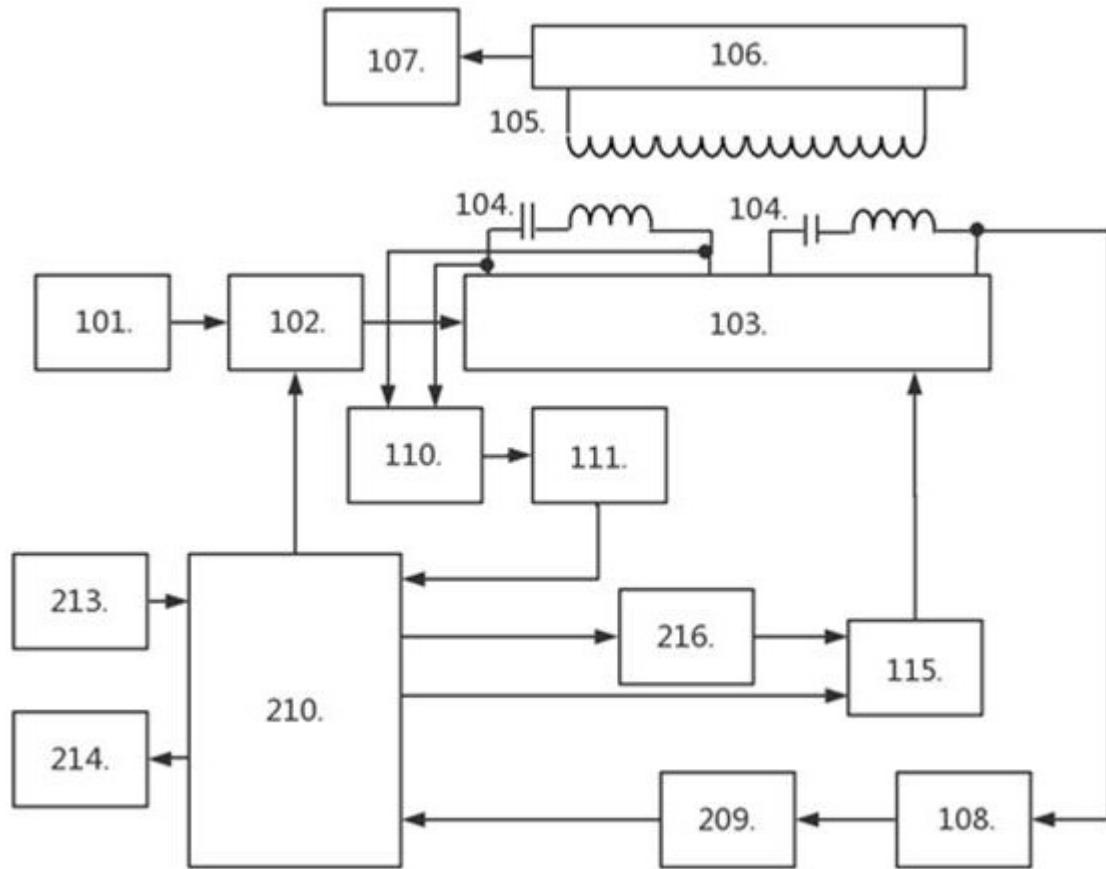


图2

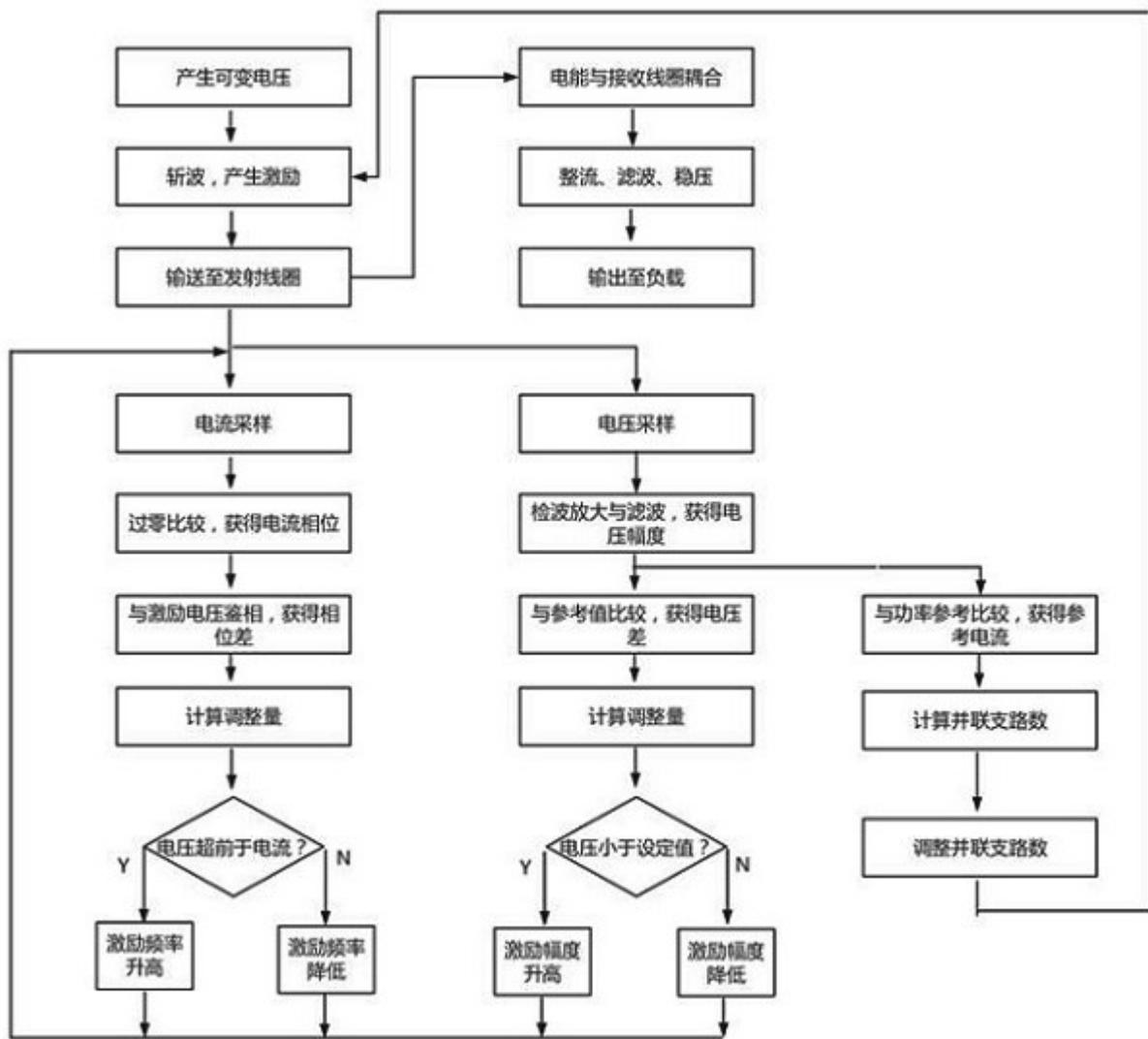


图3

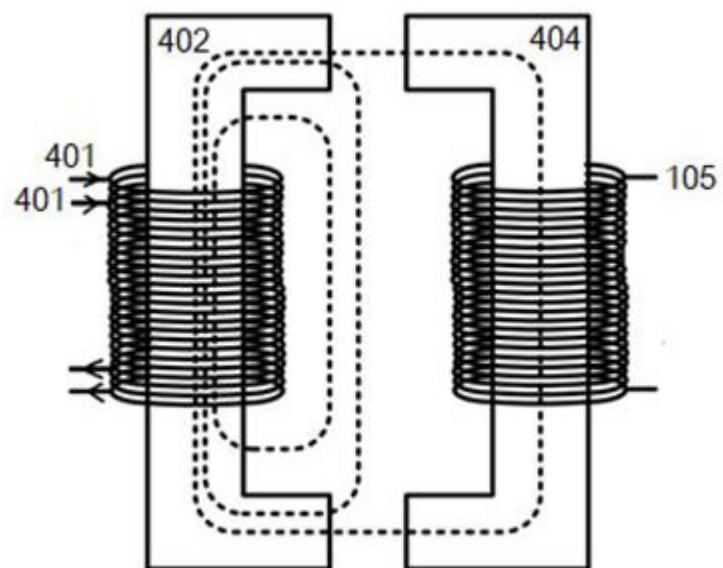


图4