



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101854086 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 06

(21) 申请号 201010169271. 1

(22) 申请日 2010. 04. 30

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市新港西路 135 号

(72) 发明人 王彪 朱允中 沈文斌 林少鹏
李一伦

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 禹小明

(51) Int. Cl.

H02J 17/00 (2006. 01)

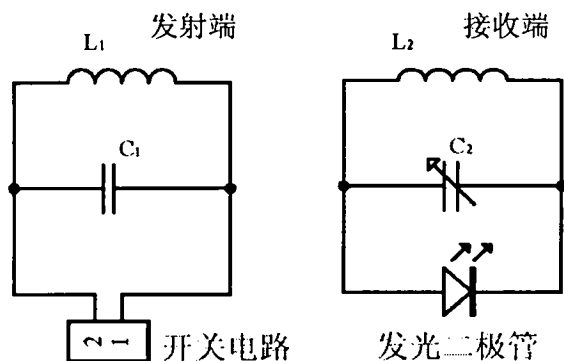
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种高品质因数的无线能量传输设备

(57) 摘要

本发明涉及能量传输领域,特别是一种高品质因数的无线能量传输设备,所述设备包括采用第一谐振结构的发射端和第二谐振结构的接收端,脉冲信号输入发射端并通过无线方式传输到接收端,所述发射端还包括用于控制脉冲信号与第一谐振结构连接或断开的开关电路。本发明通过采用开关电路驱动,可根据不同发射端自动调节工作参数,使发射端始终在 Q 值最高的状态下工作,大幅提高无线能量传输效率。



1. 一种高品质因数的无线能量传输设备,所述设备包括采用第一谐振结构的发射端和第二谐振结构的接收端,脉冲信号输入发射端并通过无线方式传输到接收端,其特征在于,所述发射端还包括用于控制脉冲信号与第一谐振结构连接或断开的开关电路。

2. 根据权利要求1所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述开关电路包括依次连接的多谐震荡模块,单稳震荡模块和开关模块;

脉冲信号经过多谐震荡模块调节脉冲周期,经过单稳震荡模块调节脉冲宽度,并由开关模块控制脉冲信号与第一谐振结构的连接或断开。

3. 根据权利要求1或2所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述第一谐振结构包括互相连接的第一电感和第一电容,所述第二谐振结构包括互相连接的第二电感和第二电容。

4. 根据权利要求3所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述第一电感与/或第二电感为由导线绕制的螺线管线圈。

5. 根据权利要求3或4所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述导线由多股漆包绝缘线绞合制成。

6. 根据权利要求5所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述漆包绝缘线由铜线通过绝缘线包裹制成。

7. 根据权利要求3所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述第一电容与/或第二电容为可变电容。

8. 根据权利要求3或7所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述第一电容与/或第二电容品质因数Q值 ≥ 2000 。

9. 根据权利要求8所述的无线能量传输设备,其特征在于,所述第一电容与/或第二电容以聚四氟乙烯为介质把铜箔梳状叠合而成。

10. 一种用于测试权利要求1所述无线能量传输设备中的系统品质因数的测试方法,其特征在于,所述方法包括:

(1) 示波器连接在发射端的第一电容两端;

(2) 示波器的测量图像中取N个周期,记录每个周期的振幅 A_{i1} - A_{iN} ;

(3) 通过以下公式计算单次测试品质因数 Q_i (i为测试次数):

$$Q_i^{-1} = \frac{1}{N\pi} \ln \frac{A_{i1}}{A_{i(N)}};$$

(4) 重复步骤(2)-(3)M次得到 $Q_1, \dots, Q_M$;

(5) 系统品质因数为 $Q = \frac{\sum_{i=1}^M Q_i}{M}$ 。

一种高品质因数的无线能量传输设备

技术领域

[0001] 本发明涉及能量传输领域,特别是一种高品质因数的无线能量传输设备。

背景技术

[0002] 室内安装一个电磁能量发射源,就可通过无线传输为室内照明、为手提电脑或手机等各种用电设备供电。这便是无线能量传输。是继红外,蓝牙,无线上网之后,除去用电设备与电源之间最后一根导线的技术。

[0003] 无线能量传输是二十世纪早期由Nikola Tesla提出的,其方案的传输距离可达数公里以上,但因发射设备庞大,分布区域过大,难以管理而逐渐被放弃。利用红外、微波、中短波为能量载体的方法是近十年才提出来的。利用红外线为载体,在“发射”和“传输”方面有较大的优越性,但“光电转换效率”差,穿透性差,易被中间物体阻隔而无法实现无线传输。利用 GHz 频段的微波虽传输效率较高,但微波会被人体吸收,造成危害。由于中短波(MHz) 具有不易被人体吸收,穿透性较好的特点,故在无线传输研究中得到越来越广泛的关注。

[0004] 目前通过弱电感耦合的方法已基本实现了能量的无线传输,但驱动电路多采用考毕兹电路(Colpitts oscillator),功率较低,效率不高。

发明内容

[0005] 本发明的第一个发明目的在于提供一种无线能量传输设备,以解决现有技术在线能量传输功率较低,效率不高的技术问题。

[0006] 本发明的第二个发明目的在于提供一种测试无线能量传输设备系统品质因数的测试方法。

[0007] 为实现本发明的第一个发明目的采用以下技术方案:

[0008] 一种无线能量传输设备,所述设备包括采用第一谐振结构的发射端和第二谐振结构的接收端,脉冲信号输入发射端并通过无线方式传输到接收端,所述发射端还包括用于控制脉冲信号与第一谐振结构连接或断开的开关电路。通过增加开关电路,以自动调节发射频率,维持在系统的固有频率下工作,使系统效率始终达到最高。

[0009] 作为一种优选方案,所述开关电路包括依次连接的多谐震荡模块,单稳震荡模块和开关模块;

[0010] 脉冲信号经过多谐震荡模块调节脉冲周期,经过单稳震荡模块调节脉冲宽度,并由开关模块控制脉冲信号与第一谐振结构的连接或断开。

[0011] 作为一种优选方案,所述第一谐振结构包括互相连接的第一电感和第一电容,所述第二谐振结构包括互相连接的第二电感和第二电容。

[0012] 作为进一种优选方案,所述第一电感与 / 或第二电感为由导线绕制的螺线管线圈。

[0013] 作为更进一步的优选方案,所述导线由多股漆包绝缘线绞合制成。

- [0014] 作为再进一步的优选方案,所述漆包绝缘线由铜线通过绝缘线包裹制成。
- [0015] 作为一种优选方案,所述第一电容与 / 或第二电容为可变电容。
- [0016] 作为进一步的优选方案,所述第一电容与 / 或第二电容品质因数 Q 值 ≥ 2000 。
- [0017] 作为再进一步的优选方案,所述第一电容与 / 或第二电容以聚四氟乙烯为介质把铜箔梳状叠合而成。
- [0018] 本发明的第二个发明目的采用的技术方案如下:
- [0019] 一种用于测试权利要求 1 所述无线能量传输设备中的系统品质因数的测试方法,其特征在于,所述方法包括:
- [0020] (1) 示波器连接在发射端的第一电容两端;
- [0021] (2) 示波器的测量图像中取 N 个周期,记录每个周期的振幅 $A_{i1}-A_{iN}$;
- [0022] (3) 通过以下公式计算单次测试品质因数 Q_i (i 为测试次数):
- [0023]
$$Q_i^{-1} = \frac{1}{N\pi} \ln \frac{A_{i1}}{A_{i(N)}};$$
- [0024] (4) 重复步骤 (2)-(3) M 次得到 $Q_1, \dots, Q_M$;
- [0025] (5) 系统品质因数为 $Q = \frac{\sum_{i=1}^M Q_i}{M}$ 。
- [0026] 本发明通过采用开关电路驱动,可根据不同发射端自动调节工作参数,使发射端始终在 Q 值最高的状态下工作,大幅提高无线能量传输效率。

附图说明

- [0027] 图 1 为本发明原理图;
- [0028] 图 2 为开关电路原理图。

具体实施方式

- [0029] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行进一步详细的说明。
- [0030] 图 1 为本发明原理图, L_1 和 C_1 组成的 LC 振荡电路为发射端,用开关电路驱动; L_2 和 C_2 组成接收端,动发光二极管 (L_1 和 L_2 均为用导线绕制的螺线管线圈)。 C_1 和 C_2 为可调电容。利用 L_1 和 L_2 之间的弱耦合可实现能量的无线传输。
- [0031] 本实施例对现有技术的改进主要包括三个部分:驱动电路,电感线圈和高 Q 值可变电容。
- [0032] 1. 驱动电路
- [0033] 目前考毕兹电路被广泛应用于无线传输研究中,但此电路受诸多限制,功率难以提高,元件极易损坏,效率不高。
- [0034] 最重要的一点是难以准确捕捉并且达到发射端振荡系统的频率。由于发射系统的振荡频率是由发射端的电容 C_1 、电感 L_1 和负载共同决定的,三者任一改变都会直接影响发射系统的固有频率。如果人工捕捉系统固有频率,由于系统受到外接测试仪器的影响,频率又会改变。并且,由于无线传输系统的接收端作为负载,也会对发射端的固有频率带来影响。随着接收端用电状况的不断改变,发射端的固有频率也会不断改变。因此使用传统方

式不可能完全准确测量或计算得到系统固有频率。如果系统无法精确的以固有频率工作，则品质因数 Q 值越高，效率越低。

[0035] 而如图 1 所示采用了开关电路作为驱动电路，则解决了这一问题。本实施例无需捕捉系统的固有频率，即使固有频率在不断变化，本系统仍会自动调节发射频率，维持在固有频率下工作，使系统效率始终达到最高。

[0036] 开关电路控制脉冲信号与 C_1 、 L_1 电路的连接或断开，在脉冲信号与 C_1 、 L_1 电路连接时，脉冲信号注入 C_1 、 L_1 电路，然后开关电路控制脉冲信号与 C_1 、 L_1 电路断开，则发射端中的 LC 震荡的频率是由其自身固有频率决定的。

[0037] 如图 2 所示为开关电路的具体示意图，包括多谐震荡模块，单稳震荡模块和开关模块。脉冲信号的功率通过多谐震荡模块和单稳震荡模块进行调节，开关模块通过闭合与断开控制脉冲信号与 C_1 、 L_1 电路的连接与断开。

[0038] 通过以上两个模块所得到的脉冲信号，对发射模块注入能量。在开关模块处于断开状态期间，发射端中的 LC 震荡的频率是由其自身固有频率决定的。在注入能量后给予了发射模块充分的时间依据自身性质来发射电磁波。可以通过在发射端系统接入示波器观察震荡的衰减速率， Q 值越高，衰减越慢，那么开关断开的时间也就可以越长，越节能。因此系统在 Q 值最高状态工作，效率最高。而固有频率这一性质则由发射模块，负载，环境等复杂因素决定。正因为实际问题非常复杂，无法确定。那么发射频率就由线圈自己决定，从而极大简化了问题。

[0039] 现有技术中，系统只有在其固有频率下工作，才能达到其最高的 Q 值，而 Q 值越高，衰减越慢，那么开关断开的时间也就可以越长，越节能！应该说，追求固有频率下工作，完全是为了提高效率。

[0040] 另一个方面讲，系统 Q 值越高，那么对系统的要求也越高。高 Q 值系统也是一把“双刃剑”，就是说，在 Q 值较高的系统中，如果其工作频率与固有频率差一点，都会对系统效率有极大影响。反而在 Q 值较低的系统中，对频率的准确性的要求较低，但是低 Q 值的系统，效率很低。

[0041] 所以追求高 Q 值系统，就必在系统固有频率下工作，两者缺一不可。而本发明发明则无需使系统在固有频率下工作也能达到高 Q 值，从而提高了效率。

[0042] 应用开关电路驱动发射端中的 LC 震荡电路，具有如下优点：

[0043] ● 普适：因为开关电路供给发射线圈脉冲信号，所以使任何发射线圈在该电路中都能以固有谐振频率振荡，系统振荡频率完全取决于发射端的电容 C_1 、电感 L_1 和负载。系统可在最大 Q 值状态下工作。

[0044] ● 节能：电路工作于开关状态，在高 Q 值、弱耦合的情况下，谐振衰减缓慢，可多个周期才驱动一次，减少驱动电路的能量损耗。

[0045] ● 节约：应用开关电路，避免了人工控制频率过程。电路简单，成本低廉。

[0046] ● 可调：输出功率由驱动脉冲宽度控制，无需改变脉冲高度和发射回路参数即可大幅度调节输出电压振幅，振幅可远超过电源电压。

[0047] ● Q 值测算准确——利用示波器测量衰减波形：由于高 Q 值大电流的电感和电容在普通测量 Q 值的仪器上很难得到准确的测量值（特别是在工作频率上），本实施例直接用示波器测量自由振动衰减过程的振幅值 A_n ，并用下式计算发射系统综合 Q 值。

[0048]
$$Q^{-1} = \frac{1}{N\pi} \ln \frac{A_1}{A_{N+1}} \quad (1),$$

[0049] 测试方式如下：

[0050] (1) 示波器连接在发射端的 C_1 两端；

[0051] (2) 示波器的测量图像中取 10 个周期，记录每个周期的振幅 $A_{i1}-A_{i10}$ ；

[0052] (3) 通过以下公式计算单次测试品质因数 Q_i (i 为测试次数)：

[0053]
$$Q_i^{-1} = \frac{1}{10\pi} \ln \frac{A_{i1}}{A_{i10}};$$

[0054] (4) 重复步骤 (2)-(3) 10 次得到 $Q_1, \dots, Q_{10}$ ；

[0055] (5) 系统品质因数为
$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_i}{10}.$$

[0056] 2. 电感线圈

[0057] L_1 和 L_2 均为用导线绕制的螺线管线圈，导线则用多股漆包绞合线制成，目的是为了减小趋肤效应和涡流效应。

[0058] 交变电流通过导体时，引起导体截面上电流分布不均匀，愈近导体表面电流密度越大。趋肤效应使导体的有效电阻增加。频率越高，趋肤效应越显著。当频率很高的电流通过导线时，可以认为电流只在导线表面上很薄的一层中流过，这等效于导线的截面减小，电阻增大。通常通电导线内部会伴随着一定程度的涡流效应，会引起导线发热，效率降低等损耗。而本发明的无线能量传输系统离不开高频的交变电流。如果是单股导线，则会导致较强的趋肤效应和涡流效应。

[0059] 针对上述传统工艺的弊端，本发明使用了多种的多股漆包绞合线：

[0060] - 包括但不限于铜箔，纯铜线；

[0061] - 包括但不限于 4 股的绞合线，100 股的绞合线，1000 股的绞合线。

[0062] 多股漆包绞合线的导线横截面积相同的条件，用于制作接收和发射端的电感线圈，用以提高传输效率。漆包绞合线就是把漆包绝缘线绞合在一起，用以有效降低趋肤效应、涡流效应，抗干扰性好，电磁场传播距离较远的导线。极大减小了趋肤效应和涡流效应的影响，十分有效的提高了系统效率。

[0063] 3. 高 Q 值可变电容

[0064] 目前电子市场上能买到的可调电容皆为 pF 级电容，且 Q 值很低，品质不好。即使同批生产的电容各方面属性也不完全相同。

[0065] 本发明采用的电容 C_1 和 C_2 为高 Q 值电容器。该电容用聚四氟乙烯为介质把铜箔梳状叠合而成，调节铜箔间相对面积就可以改变电容值，此电容的 Q 值可达 2000 以上。

[0066] 具体实施方法：

[0067] 电源部分使用 9V 干电池或 220V 市电两种方式来驱动开关电路，拥有便携或长期作为输出电源使用这两种选择。在开关电路的开关模块闭合期间，发出脉冲，占空比极低，并且占空比、脉冲宽度可根据实际情况调整，脉冲宽度决定充入能量的大小。此阶段由开关电路为电容充电。脉冲结束后开关模块断路，注入电容器的能量此时开始释放，在发射线圈和储能电容间高频振荡。此时的振荡频率即为受到发射端的电容器、电感线圈和负载（负

载包括线路的电阻,接收端线圈和用电器)三方面共同影响的系统的固有频率。系统在固有频率下工作即达到谐振最强的状态,从根本上最大化了无线能量传输系统的效率。振荡衰减到一定程度后,电路给出下一个脉冲,重复上述过程。根据 Q 值不同的系统,脉冲的周期可以自由调节,若系统 Q 值较高,则在释放能量期间振荡周期较多,衰减慢,那么调高脉冲周期可给予高 Q 值系统更大的发挥空间,提高效率节约大量能量。若系统 Q 较低,则在释放能量期间振荡周期少,衰减快,需减小脉冲周期以适应用电器的需要。

[0068] 为进一步提高系统效率,发射和接受电感线圈均使用多股漆包绞合线,极大减小了趋肤效应和涡流效应,有效提高了系统效率。

[0069] 同时,高 Q 值大容量可调电容不仅提高了系统的稳定性和效率。更重要的是其电容量可调节,可根据负载端用电器的不同要求改变容量。使系统达到最佳工作状态。

[0070] 上述已经描述了本发明的若干实施例。尽管如此,应当理解的是,可以在不脱离本发明精神和范围的前提下做出各种修改,如采用一个发射端多个接收端,或者一个接收端多个发射端,或者多个发射端多个接收端,仍然在本发明的保护范围之内。

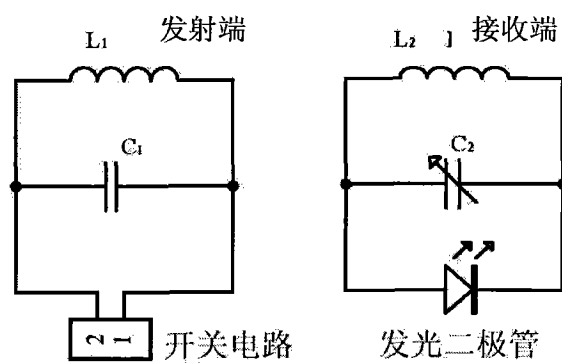


图 1

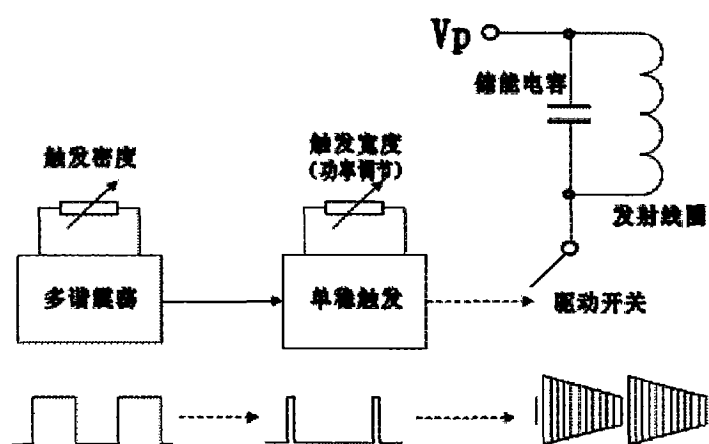


图 2