

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103259343 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201310166257. X

(22) 申请日 2013. 05. 07

(71) 申请人 南京邮电大学

地址 210013 江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号

(72) 发明人 周岩 高飞 张腾飞 谢俊

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 朱小兵

(51) Int. Cl.

H02J 17/00 (2006. 01)

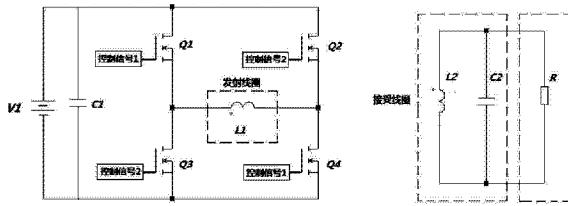
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置

(57) 摘要

本发明公开了一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，属于无线能量传输装置。本发明包括控制电路、驱动电路、发射电路、谐振接受电路；其中所述发射电路包括输入电源、与输入电源相连接且包含有发射线圈的非谐振类变换器，所述谐振接受电路包括接受线圈、谐振电容、负载。本发明直接控制非谐振类变换器中发射线圈的方波电压频率，当与接受线圈谐振频率点一致时，实现磁耦合谐振无线供电，无需依赖两个谐振点频率相同的线圈之间谐振工作，提高了无线电能装置的可靠性，容易在全范围内实现 ZVS 开关，EMI 干扰也较低，具有广阔的应用前景。



1. 一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，包括依次连接的控制电路、驱动电路、发射电路，以及与发射电路磁耦合的谐振接受电路，其特征在于：所述发射电路包括输入电源、与输入电源相连接且包含有发射线圈的非谐振类变换器，所述谐振接受电路包括接受线圈、谐振电容、负载，所述接受线圈分别与谐振电容、负载相并联；所述发射线圈与接受线圈相耦合；

其中：控制电路输出与接受线圈的谐振频率相同的高频控制信号至驱动电路，由驱动电路控制非谐振类变换器中的开关器件动作向所述发射线圈传输正负电压幅值和持续时间均相等的电压方波，使得发射线圈流过电流的基波分量所产生的磁场与接受线圈具有相同振荡频率而产生磁共振，通过发射线圈磁场的基波分量传输无线能量，从而实现无线电能传输到负载端。

2. 根据权利要求 1 所述的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，其特征在于：所述非谐振类变换器为全桥逆变器，所述发射电路还包括一个输入电容；其中所述输入电容、全桥逆变器分别并联于输入电源的两端，所述发射线圈的两端分别连接全桥逆变器的两个桥臂的中点，由驱动电路根据控制电路的控制信号产生两路互补导通的方波信号分别控制全桥逆变器中两个桥臂的开关管的导通周期，使得发射线圈承受正负电压幅值和持续时间均相等的电压方波。

3. 根据权利要求 2 所述的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，其特征在于：所述两路互补导通的方波信号分别为第一控制信号和第二控制信号，所述全桥逆变器包括由第一开关管、第三开关管组成的第一桥臂，以及由第二开关管、第四开关管组成的第二桥臂，其中第一控制信号分别控制第一开关管和第四开关管的导通，第二控制信号分别控制第二开关管和第三开关管的导通。

4. 根据权利要求 2 所述的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，其特征在于：所述发射线圈将与接受线圈谐振频率相同的磁场能量进行无线传输，将其他频率段的能量返回至输入电源端；利用发射线圈中的电流，实现全桥逆变器的零电压开关。

5. 根据权利要求 1 所述的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置，其特征在于：所述非谐振类变换器为双管正激变换器，所述双管正激变换器包括发射线圈、第一续流二极管、第二续流二极管，第一开关管、第二开关管；其中所述第一续流二极管的阴极、第一开关管的漏极分别与输入电源的正极相连接，所述第一开关管的源极分别与发射线圈的一端、第二续流二极管的阴极连接；所述第一续流二极管的阳极分别与发射线圈的另一端、第二开关管的漏极连接；所述第二开关管的源极、第二续流二极管的阳极以及输入电源的阴极分别连接后接地；由驱动电路根据控制电路的控制信号产生一路方波信号同时提供给第一开关管和第二开关管，其中所述方波信号的最大占空比不超过 0.5。

利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线能量传输装置,具体涉及一种利用基波磁耦合谐振的无线供电装置,用于需要为无线电能供电的场合。

背景技术

[0002] 非辐射性磁耦合谐振作为新型无线供电技术,通过使两个相同频率的谐振物体产生很强的相互耦合,而对周围非谐振频率的接受端只有较弱的耦合。磁耦合谐振系统包括发射谐振线圈、次级接受谐振线圈和负载。MIT 的 Marin Soljacic 助理教授是该系统的发明者,其 MIT 研究小组演示了无线供电,他们从 2 米的距离成功地点亮了 60W 灯泡。磁耦合谐振技术可实现中距离 (mid-range) 的能量传输,而不需要增强磁场强度,而传统的磁耦合只能在短距离范围内(一般在十厘米)取得相对良好的效果,传输距离只能通过增强磁场强度来增加。同时磁谐振耦合系统有一个重要优点就是可以穿透各种不同非金属障碍物,而且对系统的能量传输效率、功率等指标没有影响。

[0003] 目前磁谐振耦合无线供电技术需要依赖两个频率相同的谐振线圈,但在实际应用中器件参数误差,很难做到两个谐振参数完全一致的线圈,故两个谐振线圈的频率点很难完全一致。这不仅影响了传输距离,而且由于存在多个耦合线圈,系统整体效率也受到限制。因此需要研究基于磁耦合谐振无线供电的高效率工作电路,解决无线电能供电谐振线圈之间最佳谐振点一致性差的问题。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是针对磁耦合谐振无线供电应用场景,提出高效率、高可靠的磁耦合无线供电电路。

[0005] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0006] 一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置,包括依次连接的控制电路、驱动电路、发射电路,以及与发射电路磁耦合的谐振接受电路,所述发射电路包括输入电源、与输入电源相连接且包含有发射线圈的非谐振类变换器,所述谐振接受电路包括接受线圈、谐振电容、负载,所述接受线圈分别与谐振电容、负载相并联;所述发射线圈与接受线圈相耦合;

[0007] 其中:控制电路输出与接受线圈的谐振频率相同的高频控制信号至驱动电路,由驱动电路控制非谐振类变换器中的开关器件动作向所述发射线圈传输正负电压幅值和持续时间均相等的电压方波,使得发射线圈流过电流的基波分量所产生的磁场与接受线圈具有相同振荡频率而产生磁共振,通过发射线圈磁场的基波分量传输无线能量,从而实现无线电能传输到负载端。

[0008] 作为本发明的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置进一步的优化方案,所述非谐振类变换器为全桥逆变器,所述发射电路还包括一个输入电容;其中所述输入电容、全桥逆变器分别并联于输入电源的两端,所述发射线圈的两端分别连接全

桥逆变器的两个桥臂的中点,由驱动电路根据控制电路的控制信号产生两路互补导通的方波信号分别控制全桥逆变器中两个桥臂的开关管的导通周期,使得发射线圈承受正负电压幅值和持续时间均相等的电压方波。

[0009] 作为本发明的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置进一步的优化方案,所述两路互补导通的方波信号分别为第一控制信号和第二控制信号,所述全桥逆变器包括由第一开关管、第三开关管组成的第一桥臂,以及由第二开关管、第四开关管组成的第二桥臂,其中第一控制信号分别控制第一开关管和第四开关管的导通,第二控制信号分别控制第二开关管和第三开关管的导通。

[0010] 作为本发明的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置进一步的优化方案,所述发射线圈将与接受线圈谐振频率相同的磁场能量进行无线传输,将其他频率段的能量返回至输入电源端;利用发射线圈中的电流,实现全桥逆变器的零电压开关。

[0011] 作为本发明的一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置进一步的优化方案,所述非谐振类变换器为双管正激变换器,所述双管正激变换器包括发射线圈、第一续流二极管、第二续流二极管,第一开关管、第二开关管;其中所述第一续流二极管的阴极、第一开关管的漏极分别与输入电源的正极相连接,所述第一开关管的源极分别与发射线圈的一端、第二续流二极管的阴极连接;所述第一续流二极管的阳极分别与发射线圈的另一端、第二开关管的漏极连接;所述第二开关管的源极、第二续流二极管的阳极以及输入电源的阴极分别连接后接地;由驱动电路根据控制电路的控制信号产生一路方波信号同时提供给第一开关管和第二开关管,其中所述方波信号的最大占空比不超过0.5。

[0012] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

[0013] 本发明的一种利用基波磁耦合谐振的无线供电装置具有结构简单的优点,无需依赖发射线圈和接受线圈具有相同的谐振频率。同时全桥逆变器容易实现ZVS,可广泛应用于大功率无线供电场合。

附图说明

[0014] 图1是本发明的实施例一中利用基波磁耦合谐振的无线供电装置的实现电路示意图。

[0015] 图2是本发明的实施例一中的全桥逆变器驱动信号和发射线圈电流波形图。

[0016] 图3是本发明的实施例一中的发射线圈电流能量频谱分布图。

[0017] 图4是本发明的实施例一中的全桥逆变器中功率开关管的ZVS实现图。

[0018] 图5是本发明的实施例二中的双管正激变换器利用基波磁耦合谐振的无线供电装置的实现电路示意图。

[0019] 图6是本发明的实施例二中的双管正激变换器驱动信号和发射线圈电流波形图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明:

[0021] 本发明提出一种利用高频方波中基波能量的磁耦合谐振无线供电装置,包括控制电路、驱动电路、发射电路、谐振接受电路;其中所述发射电路包括输入电源、与输入电源相连接且包含有发射线圈的非谐振类变换器,所述谐振接受电路包括接受线圈、谐振电容、负

载,所述接受线圈分别与谐振电容、负载相并联;其中:控制电路输出与接受线圈的谐振频率相同的高频控制信号至驱动电路,由驱动电路控制非谐振类变换器中的开关器件动作向所述发射线圈传输正负电压幅值和持续时间均相等的电压方波,使得发射线圈流过电流的基波分量所产生的磁场与接受线圈具有相同振荡频率而产生磁共振,通过发射线圈磁场的基波分量传输无线能量,从而实现无线电能传输到负载端。

[0022] 实施例一:

[0023] 如图1所示,发射电路由直流电源V1、输入电容C1、开关管Q1-Q4组成的全桥逆变器,以及发射线圈L1构成。接受电路包括接受线圈L2、电容C2和负载R1。控制电路产生两路控制信号给开关管Q1-Q4,其中第1路控制信号给开关管Q1和开关管Q4,第2路控制信号给开关管Q2和开关管Q3。第1路控制信号和第2路控制信号为互补导通的方波信号,并留有一定的死区。

[0024] 控制电路输出高频信号给驱动电路,并为开关管Q1-Q4提供高频工作所需的驱动能力,此时控制电路给开关管Q1-Q4提供的开关频率为f₁。其中控制电路产生的方波驱动

信号频率f₁和接受线圈电感量L₂、谐振电容量C₂所构成的谐振频率f₂= $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$ 相同,即f₁=f₂。由于发射线圈中电流所引起的磁场频率和接受线圈频率相同,因此接受线圈L2能够接受到磁谐振传递的能量并传递给负载。

[0025] 如图2所示,其给出了全桥逆变器驱动信号和发射线圈电流波形。为方便体现本申请思想,图2中定义f₁=1MHz频率下的工作波形。事实上我们可以根据接受线圈的谐振频率定义工作周期以达到最好的控制效果。

[0026] 如图3所示,其给出了本发明的优选实例的发射线圈电流能量频谱分布图。图3中控制电路给出高频信号f₁=1MHz,可见大部分电流引起的磁场能量集中在1MHz频率段,当

接受线圈的谐振频率为f₂= $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$,此时传递无线电能。

[0027] 在图4中我们示出优选实例的全桥逆变器中功率开关管的ZVS实现图。由于全桥逆变器中发射线圈流过较大的激磁电流,在开关管Q1和开关管Q3驱动信号的死区时间内,可方便的实现开关管Q3的零电压导通。

[0028] 本发明的全桥逆变器优选实例的具体参数如下:输入电压V1为12VDC;输入电容1000uF;发射线圈L1为10uH;接受线圈L2谐振电感量为22uH;谐振电容值C2为470nF;开关管Q1-Q4为IPB108N15N3G;控制芯片为DSP TMS320F2812;驱动芯片为IR2100。

[0029] 实施例二:

[0030] 如图5所示,发射电路由直流电源V1,续流二极管D1、D2,开关管Q1、Q2,发射线圈L1构成。接受电路包括接受线圈L2、电容C1和负载R1。控制信号产生一路控制信号同时提供给开关管Q1、Q2,其中控制信号最大占空比不超过0.5。控制电路输出高频信号给驱动电路,为Q1、Q2开关管提供高频工作所需的驱动能力,此时控制电路给开关管Q1、Q2提供的开关频率为f₁。其中控制电路产生的方波驱动信号频率f₁和接受线圈电感量L₂、谐振电容

量C₁所构成的谐振频率f₂= $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_1}}$ 相同,即f₁=f₂。由于发射线圈中电流所引起的磁场频率和接受线圈频率相同,因此线圈L2能够接受到磁谐振传递的能量并传递给负载。

[0031] 如图 6 所示，其给出了双管正激变换器驱动信号和发射线圈电流波形。为方便体现本申请的思想，图 6 中定义 $f_1=1\text{MHz}$ 频率下的工作波形。事实上我们可以根据接受线圈的谐振频率定义工作周期以达到最好的控制效果。

[0032] 由以上分析可知，我们通过控制发射线圈中电流的基波频率，即可实现接受线圈的无线电能传输。通过这样的设计，无需依赖发射线圈和接受线圈具有相同的谐振频率，提高了系统可靠性。

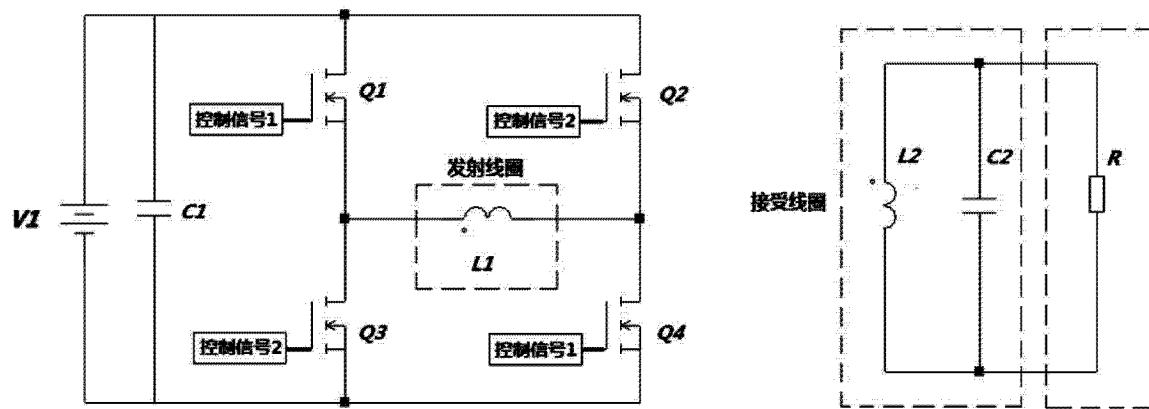


图 1

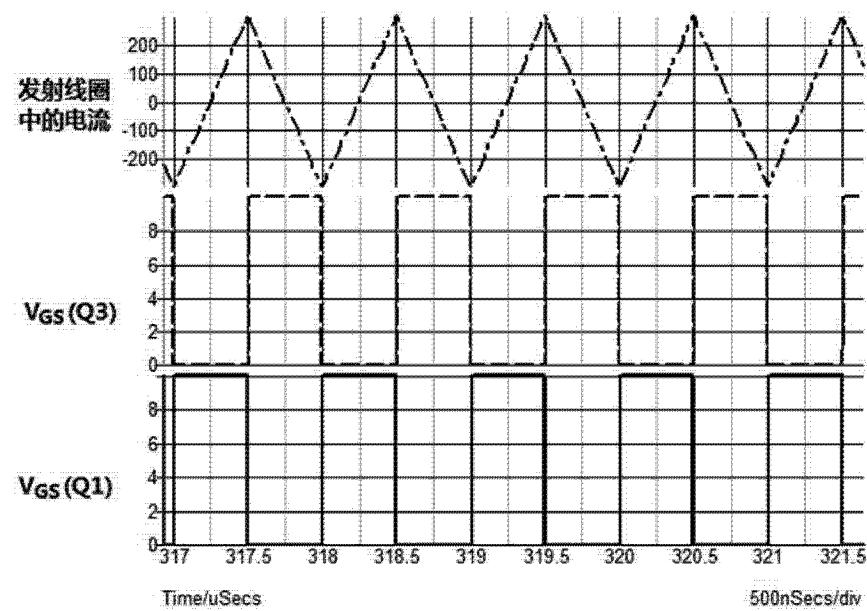


图 2

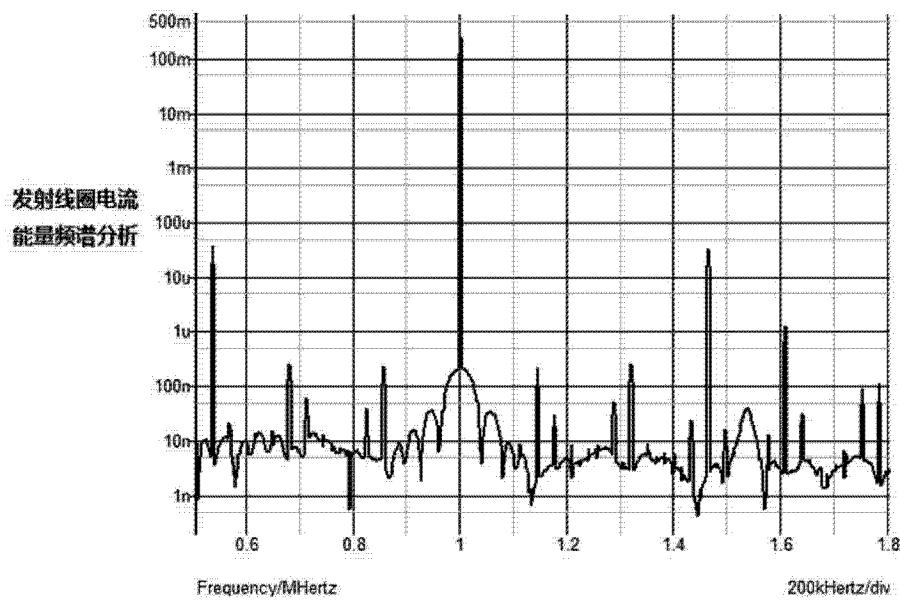


图 3

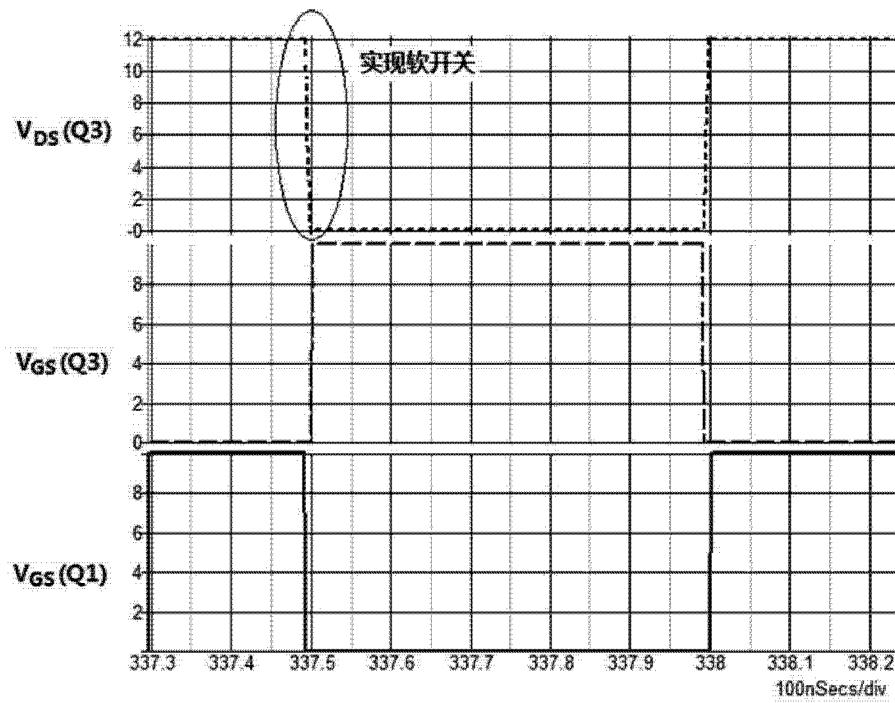


图 4

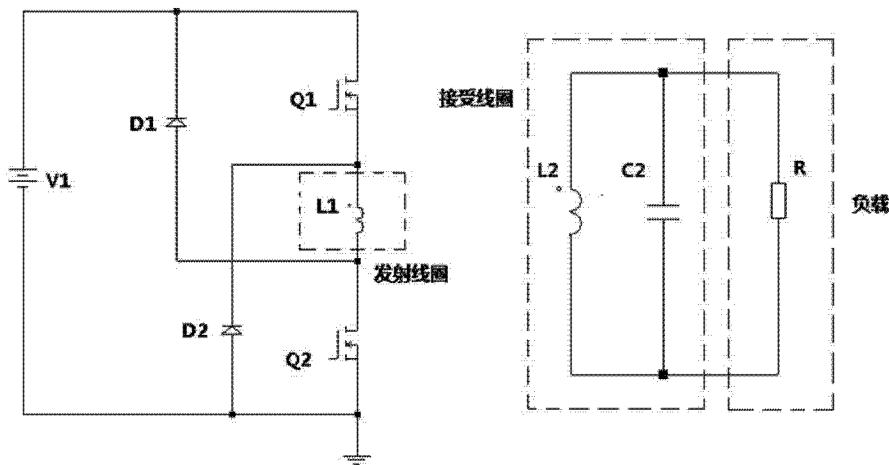


图 5

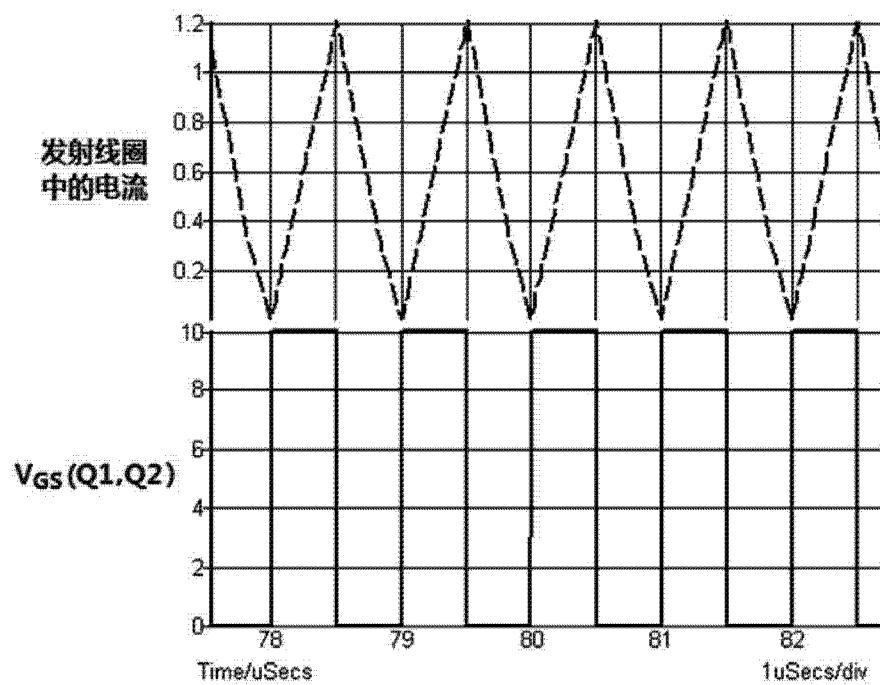


图 6