



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103580301 B

(45) 授权公告日 2016.04.27

(21) 申请号 201310520890.4 (第4期), 119-123.

(22) 申请日 2013.10.30 审查员 王笑寒

(73) 专利权人 青岛大学
地址 266071 山东省青岛市市南区宁夏路
308号青岛大学自动化工程学院

(72) 发明人 王春芳 陈杰民 马超 齐飞

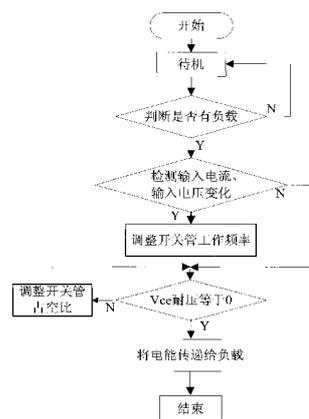
(51) Int. Cl.
H02J 50/12(2016.01)
H02M 7/42(2006.01)

(56) 对比文件
CN 102751875 A, 2012.10.24,
US 2013/0188397 A1, 2013.07.25,
CN 103326479 A, 2013.09.25,
孙跃等. 具有恒流恒频恒压特性的 IPT 系
统参数设计. 《华中科技大学学报(自然科学
版)》. 2013, 第 41 卷 (第 3 期), 57-62.
吕潇等. 复合谐振型感应电能传输系统分析
及参数优化. 《电力系统自动化》. 2013, 第 37 卷

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称
一种无线电能传输功率控制系统及方法

(57) 摘要
本发明公开了一种无线电能传输功率控制系统及方法,包括交流输入、全桥整流、LC 滤波、电压检测、原边补偿电容 C_p 、原边发射线圈 L_p 、副边接收线圈 L_s 、副边补偿电容 C_s 、全桥整流、输出滤波、电流检测、单片机、驱动电路和开关管 Q 等。本发明采用单管零电压开通、零电压关断逆变电路,其传输功率控制方式采用变频+变占空比的方式,电路结构新颖、简单,功率大,相同功率下,成本低,具有非常广的市场前景。



1. 一种无线电能传输功率控制系统,其特征在於,包括交流输入电路、原边全桥整流电路、LC滤波电路、电压检测电路、原边补偿电容 C_p 、原边发射线圈 L_p 、副边接收线圈 L_s 、副边补偿电容 C_s 、副边全桥整流电路、输出滤波电路、电流检测电路、单片机控制电路、驱动电路和开关管Q,电感 L_i 和电容 C_i 组成LC滤波电路,用于提高电路的功率因数;电阻 R_1 和 R_2 组成电压检测电路,用于检测LC滤波后的电压,判断无线电能传输IPT系统的输入电压是否过压或欠压;原边发射线圈 L_p 、原边补偿电容 C_p 、副边接收线圈 L_s 及副边补偿电容 C_s 组成谐振耦合网络,原边补偿电容 C_p 对原边发射线圈 L_p 进行谐振补偿,副边补偿电容 C_s 对副边接收线圈 L_s 进行谐振补偿;通过检测开关管Q的集电极和发射极之间的电压 V_{ce} 来实现开关管Q的零电压开通和零电压关断;单片机控制电路用于控制功率传输,并通过驱动电路,控制开关管Q;

220V_{ac}经全桥整流、LC滤波后转换成峰值310V的电压,单管逆变电路将该电压转换为高频方波电压并施加到原边发射线圈 L_p 的两端,由原边发射线圈 L_p 将能量传递给副边接收线圈 L_s ,副边接收线圈 L_s 两端的电压经全桥整流和电容 C_o 滤波后转换成有效值为220V的电压供负载使用,电压检测电路和电流检测电路一起用于调控无线电能传输IPT系统的输出功率。

2. 一种使用如权利要求1所述的无线电能传输功率控制系统的无线电能传输功率控制方法,其特征在於,包括以下步骤:

220V_{ac}端接入工频市电,首先判断是否有负载,若无负载则待机,若有负载则进入工作状态;进入工作状态后,检测输入电压、输入电流值判断功率变化,若功率没有发生变化,则直接检测开关管Q的集电极和发射极之间的电压 V_{ce} 的耐压值;若功率发生变化,则通过调整开关管工作频率,来调整主电路增益,稳定输出电压,然后再进行 V_{ce} 检测;进行 V_{ce} 耐压值检测后,判断 V_{ce} 耐压值是否等于0,若耐压值不为0,没有实现零电压开通,则减小开关管占空比;若耐压值为0,则保持开关管的工作频率和占空比,向副边传递能量。

一种无线电能传输功率控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于电学技术领域,涉及一种无线电能传输功率控制系统及方法,具体地说,涉及一种单管零电压开通、零电压关断无线电能传输功率控制系统及方法。

背景技术

[0002] 传统的电能需要由导线连接来实现能量传输。互感耦合式无线电能传输(IPT)技术是一种基于电磁感应原理的能量传输技术,具体表现为可以实现供电电路和用电设备的非导线接触传输。

[0003] 目前,在200W以上的应用场合中,IPT系统采用的拓扑主要是全桥逆变或者半桥逆变电路。用单管逆变电路进行无线电能传输的功率只有几瓦,一般用于为手机充电,未见大功率(1000W)的无线电能传输方案和应用实例。现有技术主要采用全桥逆变或者半桥逆变电路进行无线电能传输,电路结构复杂,可靠性低,成本高,不利于1000W以下领域(特别家电领域)的应用推广。

发明内容

[0004] 为了克服现有技术中的缺陷,本发明提供了一种无线电能传输功率控制系统及方法,采用新型单管零电压开通、零电压关断逆变电路和特有的控制和稳压技术,具有电路结构简单,可靠性高,成本低,且采用零电压开通、零电压关断,电路效率高,有利于家电等领域需要大量生产、成本低的场合。其技术方案为:

[0005] 一种无线电能传输功率控制系统,包括交流输入电路、全桥整流电路、LC滤波电路、电压检测电路、原边补偿电容 C_p 、原边发射线圈 L_p 、副边接收线圈 L_s 、副边补偿电容 C_s 、全桥整流电路、输出滤波电路、电流检测电路、单片机控制电路、驱动电路和开关管Q。电感 L_i 和电容 C_i 组成LC滤波电路,用于提高电路的功率因数;电阻 R_1 和 R_2 组成电压检测电路,用于检测LC滤波后的电压,判断IPT系统的输入电压是否过压或欠压;原边发射线圈 L_p 、原边补偿电容 C_p 、副边接收线圈 L_s 及副边补偿电容 C_s 组成谐振耦合网络, C_p 对 L_p 进行谐振补偿, C_s 对 L_s 进行谐振补偿;通过 V_{ce} 检测电路实现开关管Q的零电压开通和零电压关断;单片机控制电路用于控制功率传输,并通过驱动电路,控制开关管Q。

[0006] 220V_{ac}经全桥整流、LC滤波后转换成峰值310V的电压,单管逆变电路将该电压转换为高频方波电压并施加到 L_p 的两端,由 L_p 将能量传递给 L_s , L_s 两端的电压经全桥整流和电容 C_o 滤波后转换成有效值为220V的电压供负载使用。电压检测电路和电流检测电路一起用于调控IPT系统的输出功率。

[0007] 一种无线电能传输功率控制方法,包括以下步骤:

[0008] 电路上电,首先判断是否有负载,若无负载则待机,若有负载则进入工作状态;进入工作状态后,检测输入电压、输入电流值判断功率变化,若功率没有发生变化,则直接检测 V_{ce} 耐压值;若功率发生变化,则通过调整开关管工作频率,来调整主电路增益,来稳定输出电压,然后再进行 V_{ce} 检测;进行 V_{ce} 耐压值检测后,判断 V_{ce} 耐压值是否等于0,若耐压值不

为0,没有实现零电压开通,则减小开关管占空比;若耐压值为0,则保持开关管的工作频率和占空比,向副边传递能量。

[0009] 本发明为保证实现零电压开通,增加 V_{ce} 检测电路,当检测到 V_{ce} 下降到0与 V_{ge} 变为高电平之间的时间差减小到一定值时,降低驱动信号 V_{ge} 的占空比,以便能继续增加开关管工作频率 f_s 。这样通过变频+变占空比的控制方式便可达到控制输出电压稳定的目的。

[0010] 本发明的有益效果:

[0011] 本发明采用单管逆变,电路结构新颖、简单,功率大,相同功率下,成本低,具有非常广的市场前景。

附图说明

[0012] 图1是本发明无线电能传输功率控制系统原理图;

[0013] 图2是本发明无线电能传输功率控制方法流程图;

[0014] 图3是本发明无线电能传输系统的主电路电压增益图;

[0015] 图4是本发明无线电能传输系统主电路的工作波形图, V_{ge} 为驱动信号, I_{ce} 为开关管电流, V_{ce} 为开关管耐压, \dot{I}_{L_p} 为发射线圈 L_p 电流, \dot{V}_{C_p} 为原边补偿电容 C_p 。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案作进一步详细地说明。

[0017] 参照图1,一种无线电能传输功率控制系统,包括原边电路和副边电路,主要由交流输入电路、全桥整流电路、LC滤波电路、电压检测电路、原边补偿电容 C_p 、原边发射线圈 L_p 、副边接收线圈 L_s 、副边补偿电容 C_s 、全桥整流电路、输出滤波电路、电流检测电路、单片机控制电路、驱动电路和开关管Q组成,电感 L_i 和电容 C_i 组成LC滤波电路,用于提高电路的功率因数,代替传统IPT系统里的锁相环电路;电阻 R_1 和 R_2 组成电压检测电路,用于检测LC滤波后的电压,判断IPT系统的输入电压是否过压或欠压;原边发射线圈 L_p 、原边补偿电容 C_p 、副边接收线圈 L_s 及副边补偿电容 C_s 组成谐振耦合网络, C_p 对 L_p 进行谐振补偿, C_s 对 L_s 进行谐振补偿;通过 V_{ce} 检测电路实现开关管Q的零电压开通和零电压关断;单片机控制电路用于控制功率传输,并通过驱动电路,控制开关管Q。

[0018] 220V_{ac}经全桥整流、LC滤波后转换成峰值310V的电压,单管逆变电路将该电压转换为高频方波电压并施加到 L_p 的两端,由 L_p 将能量传递给 L_s , L_s 两端的电压经全桥整流和电容 C_o 滤波后转换成有效值为220V的电压供负载使用。电压检测电路和电流检测电路一起用于调控IPT系统的输出功率。

[0019] 参照图2,一种无线电能传输功率控制方法,包括以下步骤:

[0020] 电路上电,首先判断是否有负载,若无负载则待机,若有负载则进入工作状态;进入工作状态后,检测输入电压、输入电流值判断功率变化,若功率没有发生变化,则直接检测 V_{ce} 耐压值;若功率发生变化,则通过调整开关管工作频率,来调整主电路增益,来稳定输出电压,然后再进行 V_{ce} 检测;进行 V_{ce} 耐压值检测后,判断 V_{ce} 耐压值是否等于0,若耐压值不为0,没有实现零电压开通,则减小开关管占空比;若耐压值为0,则保持开关管的工作频率和占空比,向副边传递能量。

[0021] 本发明为保证实现零电压开通,增加 V_{ce} 检测电路,当检测到 V_{ce} 下降到0与 V_{ge} 变为

高电平之间的时间差减小到一定值时,降低驱动信号 V_{ge} 的占空比,以便能继续增加开关管工作频率 f_s 。这样通过变频+变占空比的控制方式便可达到控制输出电压稳定的目的。

[0022] 原、副边谐振频率设定

[0023] 副边谐振频率的设定:为了使输出功率最大,需要将副边接收线圈 L_s 、副边补偿电容 C_s 的谐振频率设置在开关管Q的开关频率处,即开关频率 $f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L_s \cdot C_s}}$ 。

[0024] 原边谐振频率的设定:原边补偿电容 C_p 需满足以下公式

$$[0025] \quad C_p = \frac{L_p - \frac{M^2}{L_s}}{\left(\frac{M^2 \cdot R}{L_s^2}\right)^2 + \left(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot L_p - \frac{2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot M^2}{L_s}\right)^2}$$

[0026] 其中, M 为原边发射线圈 L_p 与副边接收线圈 L_s 的互感, f_p 为原边发射线圈 L_p 与原边补偿电容 C_p 的谐振频率。为了使开关管Q实现零电压开通,需保证一定的死区时间。通常 t_2-t_6 对应的时间为半个谐振周期($1/(2 \cdot f_p)$),所以需满足 $1/(2 \cdot f_p) < 1/(2 \cdot f_s)$,才能实现零电压开通。但是本发明中,由于 \dot{V}_{C_p} 在 t_2 、 t_6 时刻的电压为输入电压,不为0,故 t_2-t_6 对应的的时间不是半个谐振周期,其真正半个谐振周期对应的时间为 t_3-t_5 ,故 f_p 需要特别设置。

[0027] 传输功率控制方式——变频+变占空比

[0028] 图3中 $a=L_p/L_s$,电压增益为输出电压比输入电压,即 U_o/U_i ,由电压增益曲线知,不同 a 值,电压增益曲线不同,最大电压增益点也不同。当 a 确定时,改变驱动信号频率可改变电压增益,从而调节功率输出。同时,由工作过程可知,为实现零电压开通,必须保证一定的死区时间。当驱动频率增大到一定值时,无法保证零电压开通,此时在增大频率的同时,需要通过降低占空比来保证零电压开通。通过电压检测、电流检测,判断输出功率的变化,来相应的调节开关管工作频率和占空比。

[0029] 如图4所示,时段 t_0-t_1 :驱动信号 V_{ge} 变为高电平,电感电流 \dot{I}_{L_p} 为负,开关管Q没有导通;

[0030] 时段 t_1-t_2 :电感电流 \dot{I}_{L_p} 变为正,开关管Q开始导通,该阶段是向副边传递能量的阶段;

[0031] 时段 t_2-t_3 :驱动信号 V_{ge} 变为低电平,开关管Q关断,电感电流 \dot{I}_{L_p} 通过电容 C_p 续流,电容 C_p 放电,电压 V_{ce} 缓慢上升,为零电压关断,到 t_3 时刻, \dot{V}_{C_p} 电压降为0;

[0032] 时段 t_3-t_4 :电感电流 \dot{I}_{L_p} 给电容 C_p 反向充电, C_p 的电压 \dot{V}_{C_p} 达到最大值,开关管Q耐压 V_{ce} 在 t_4 时刻达到最大值,电感电流 \dot{I}_{L_p} 由正变负;

[0033] 时段 t_4-t_5 :电容 C_p 放电,电感电流 \dot{I}_{L_p} 为负,到 t_5 时刻,电容电压 \dot{V}_{C_p} 降为0;

[0034] 时段 t_5-t_6 :电感电流 \dot{I}_{L_p} 为负,开关管Q的耐压 V_{ce} 降为0;

[0035] 时段 t_6-t_7 :阶段 t_6-t_7 为死区时间,电感电流 \dot{I}_{L_p} 仍为负,且通过开关管Q的体二极管续流,开关管Q的耐压 V_{ce} 降为0,到 t_7 时刻,驱动信号 V_{ge} 到来,开关管Q零电压开通。

[0036] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,本发明的保护范围不限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可显而易见地得到的技术方案的简单变化或等效替换均落入本发明的保护范围内。

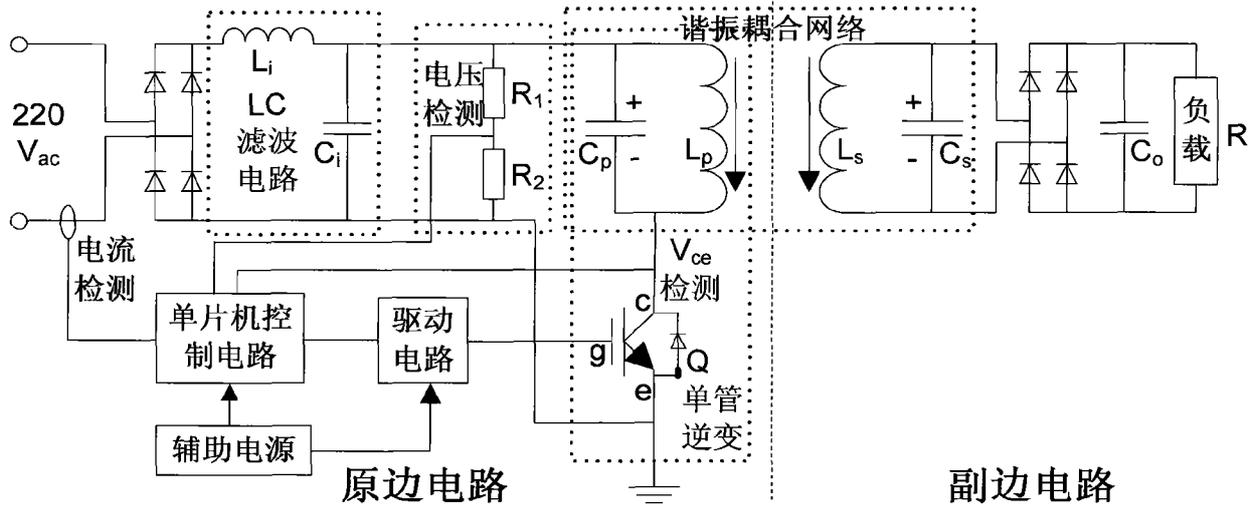


图1

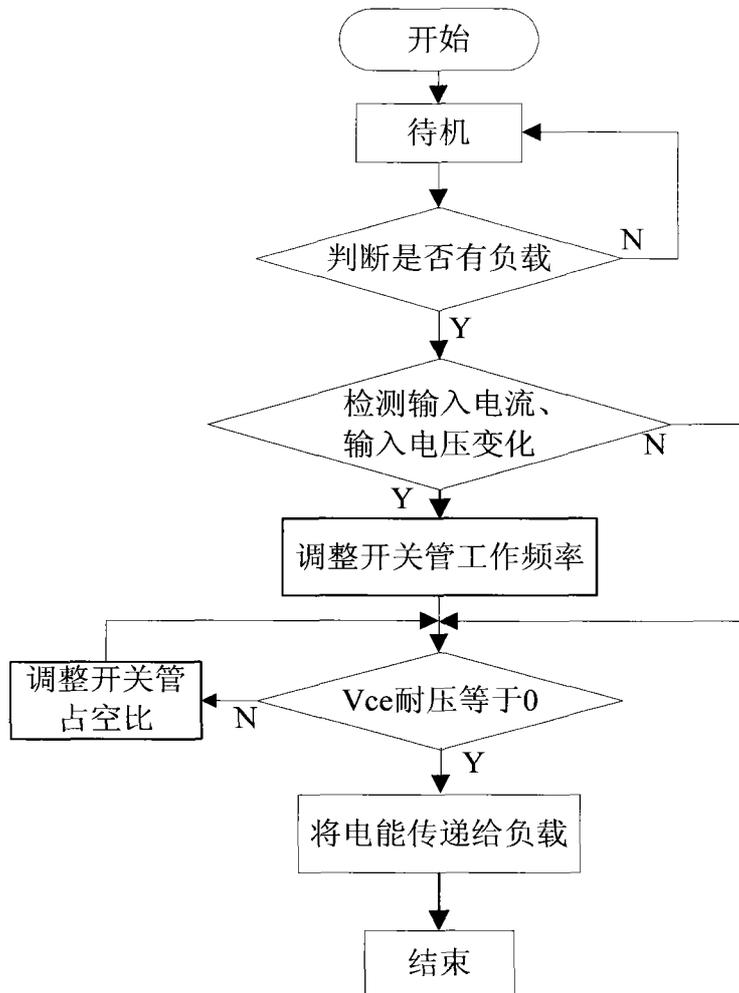


图2

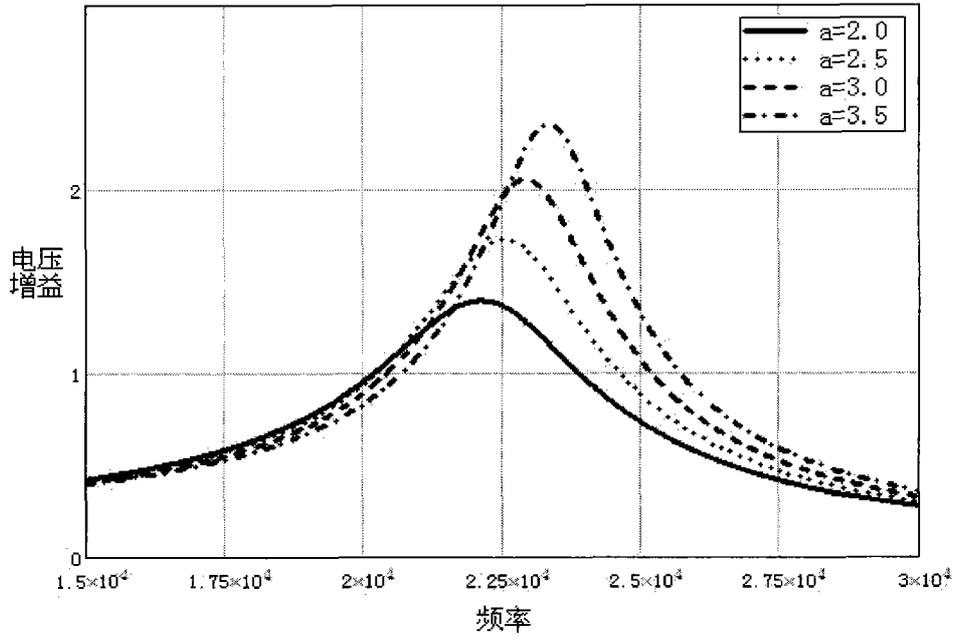


图3

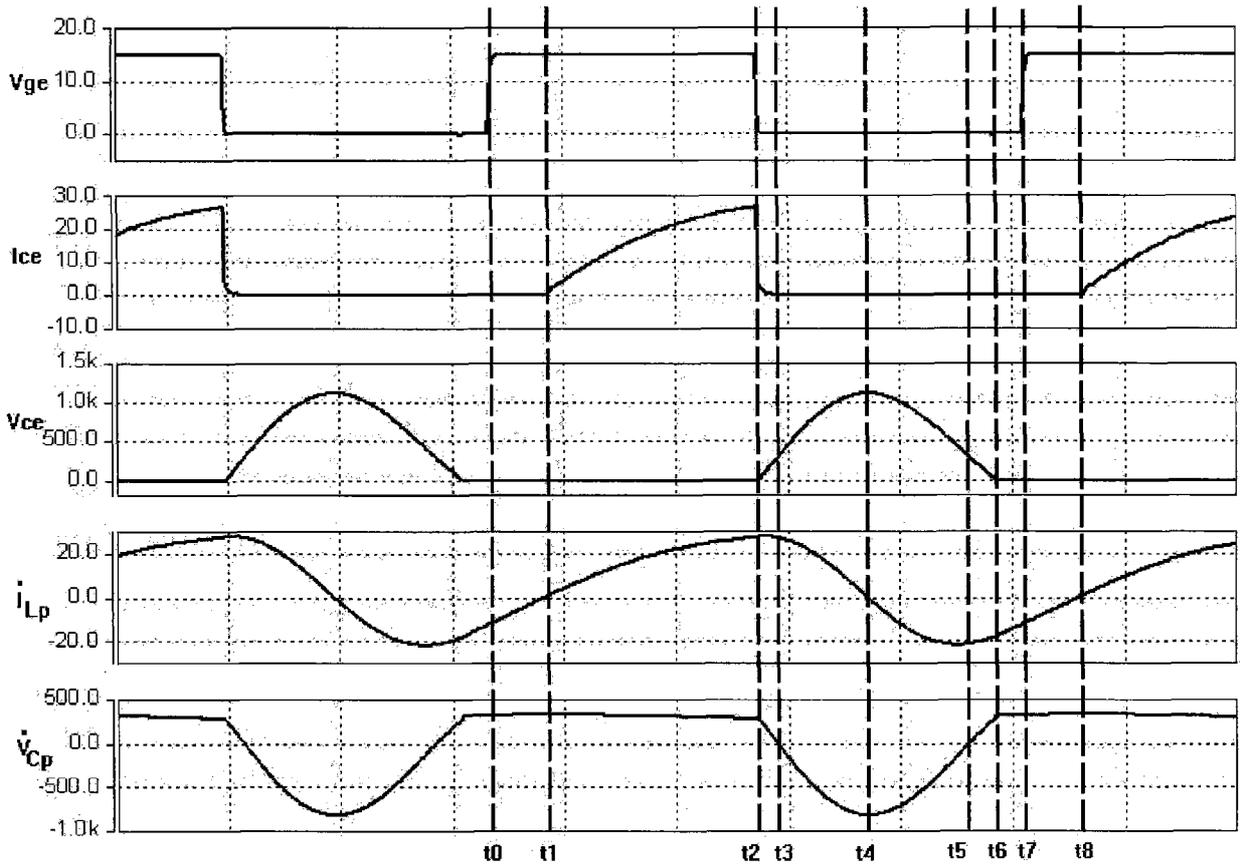


图4