



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108337778 B

(45)授权公告日 2019.06.07

(21)申请号 201810207172.4

审查员 崔文凯

(22)申请日 2018.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108337778 A

(43)申请公布日 2018.07.27

(73)专利权人 福州大学
地址 350108 福建省福州市闽侯县福州地
区大学新区学園路2号

(72)发明人 林国庆 徐心靖

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限
公司 35100

代理人 蔡学俊

(51) Int. Cl.
H05B 33/08(2006.01)

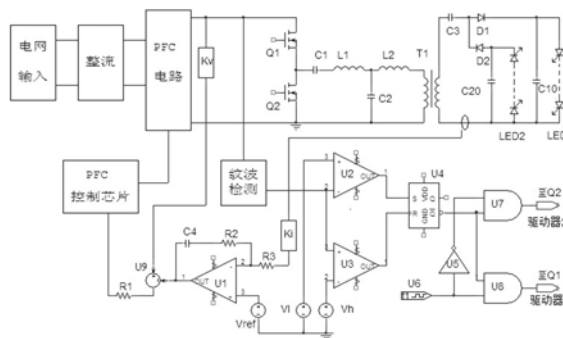
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法。包括PFC电路、半桥恒流谐振电路、LED负载和控制电路等；电网电源经整流后流入PFC电路；PFC电路输出与半桥恒流谐振电路输入端连接；半桥恒流谐振电路输出接LED负载；控制电路通过采集PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作，当PFC输出电压减小到设定的纹波谷值V1时半桥恒流谐振电路停止工作，当PFC输出电压上升到设定的开启电压Vh时，半桥恒流谐振电路继续工作。本发明能够有效地减少PFC电路输出端储能电容的容量，可以使用薄膜电容替代电解电容，实现无电解电容LED驱动电源。



1. 一种两级式无电解LED驱动电源,其特征在于,包括整流电路、PFC电路、半桥恒流谐振电路、LED负载电路、纹波检测电路和控制电路,其特征在于,电网电源经整流电路与PFC电路的输入端连接;PFC电路的输出端与半桥恒流谐振电路的输入端连接;半桥恒流谐振电路的输出端连接LED负载电路;控制电路通过纹波检测电路采集PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC输出电压减小到设定的纹波谷值 V_1 时半桥恒流谐振电路停止工作,当PFC输出电压上升到设定的开启电压 V_h 时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率 f' 工作。

2. 根据权利要求1所述的LED驱动电源,其特征在于,所述控制电路包括基准电压源、第一至第二电压源、误差放大器、第一至第二比较器、第一至第二驱动器、方波信号发生器、减法器、RS触发器、非门、第一与门、第二与门、第一至第三电阻、电容,第一电压源、第二电压源产生的电压分别 V_1 、 V_h ,第一比较器的同相输入端与第一电压源的正极连接,第一比较器的反相输入端作为PFC电路输出电压纹波采样端,第一比较器的反相输入端还与第二比较器的同相输入端连接,第二比较器的反相输入端与第二电压源的正极连接,第一比较器的输出端、第二比较器的输出端分别与RS触发器的S输入端、R输入端连接,RS触发器的Q输出端与第一与门的一输入端、第二与门的一输入端连接,第二与门的另一输入端经非门与第一与门的另一输入端连接,第二与门的另一输入端还与方波信号发生器的输出端连接,第一与门的输出端、第二与门的输出端分别与第二驱动器输入端和第一驱动器输入端连接,第二驱动器的输出端、第一驱动器的输出端分别与半桥恒流谐振电路的第二开关管的控制端、第一开关管的控制端连接,误差放大器的反相输入端与第三电阻的一端连接,第三电阻的另一端作为LED负载电路电流采样端,误差放大器的反相输入端还经第二电阻、电容与误差放大器的输出端连接,误差放大器的同相输入端与基准电压源的正极连接,基准电压源的负极、第一电压源的负极、第二电压源的负极相连接至GND,误差放大器的输出端还与减法器的一输入端连接,减法器的另一输入端作为PFC电路的电压采样端,减法器的输出端经第一电阻与PFC电路的PFC控制芯片连接。

3. 根据权利要求2所述的LED驱动电源,其特征在于,所述半桥恒流谐振电路还包括第二至第六电容、第一至第二电感、变压器、第一至第二二极管,第一开关管的一端作为半桥恒流谐振电路的第一输入端,第一开关管的另一端、第二开关管的一端与第二电容的一端连接,第二电容的另一端经第一电感与第三电容的一端、第二电感的一端连接,第二电感的另一端与变压器原边的一端连接,第三电容的另一端与变压器原边的另一端、第二开关管的另一端连接,变压器副边的一端经第四电容与第一二极管的阳极、第二二极管的阴极连接,变压器副边的另一端分别经第五电容、第六电容与第二二极管的阳极、第一二极管的阴极连接,第二开关管的另一端作为半桥恒流谐振电路的第二输入端,第五电容的两端与LED负载电路的第一LED灯串并联连接、第六电容的两端与LED负载电路的第二LED灯串并联连接。

4. 根据权利要求3所述的LED驱动电源,其特征在于,所述方波信号发生器用于产生频率与恒流谐振频率 f' 相同的方波信号,该恒流谐振频率 f' 求取方式如下:

设 U_{in} 为谐振网络输入电压基波分量的有效值,开关频率为 f , R_{eq} 为LED负载电路折算到变压器原边的等效电阻;假设变压器励磁电感 L_m 足够大,忽略其对负载电流的影响,根据诺顿定理将有源二端网络等效成电流源 I_{in} 和等效内阻 Z_{eq} 并联形式,由诺顿定理可得:

$$I_{in} = \frac{U_{in}}{j \cdot 2\pi f L_1 + \frac{1}{j \cdot 2\pi f C_2}}$$

由于第二电容C1很大,忽略其对谐振频率的影响,当开关频率f等于谐振频率,即第一电感L1与第三电容C2发生并联谐振时,其等效阻抗Zeq为无穷大,此时IReq等于Iin,负载电流只与谐振参数和输入电压有关,与负载电阻无关,即能实现恒流输出。

5. 一种基于权利要求1-4任一所述LED驱动电源的控制方法,其特征在于,根据控制电路通过检测PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC电路输出电压纹波大于设定的开启电压Vh时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率f工作,为LED负载提供恒定电流;当PFC输出电压小于设定的纹波谷值V1时半桥恒流谐振电路停止工作,输出电流为0。

一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法。

背景技术

[0002] LED光源由于具有高效、环保和长寿命等优点,被广泛应用在家用、商业和工业照明等领域。驱动电源是LED照明不可或缺的部件,它是保证LED发光品质和整体性能的关键。因此发展与LED光源相匹配的具有高可靠性、高功率因数 and 长寿命的LED 驱动电源必不可少。

[0003] 在交流供电场合下,为了减少对电网的谐波污染,LED驱动电源必须具有功率因数校正功能。而对于高功率因数的LED驱动电源,交流输入电压和电流同相,输入瞬时功率中含有两倍工频脉动,而输出功率为恒定值,其大小与输入功率平均值相等。为了平衡交流输入功率和直流输出功率之间的脉动功率,通常在直流侧并联一个大容量的电解电容器,该电容一般采用电解电容。电解电容的寿命一般约为5 千小时,与LED 8~10 万小时的寿命极不匹配,电解电容成为影响LED 驱动电源寿命的主要因素。并且电解电容体积较大,限制了驱动电源功率密度进一步提高。因此研究无电解电容照明驱动电源已成为一个热点。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法,能够有效地减少PFC电路输出端储能电容的容量,可以使用薄膜电容替代电解电容,实现无电解电容LED驱动电源。

[0005] 为实现上述目的,本发明的技术方案是:一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法,包括整流电路、PFC电路、半桥恒流谐振电路、LED负载电路、纹波检测电路和控制电路,其特征在于,电网电源经整流电路与PFC电路的输入端连接;PFC电路的输出端与半桥恒流谐振电路的输入端连接;半桥恒流谐振电路的输出端连接LED负载电路;控制电路通过纹波检测电路采集PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC输出电压减小到设定的纹波谷值 V_1 时半桥恒流谐振电路停止工作,当PFC输出电压上升到设定的开启电压 V_h 时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率 f 工作。

[0006] 在本发明一实施例中,所述控制电路包括基准电压源、第一至第二电压源、误差放大器、第一至第二比较器、第一至第二驱动器、方波信号发生器、减法器、RS触发器、非门、第一与门、第二与门、第一至第三电阻、电容,第一电压源、第二电压源产生的电压分别 V_1 、 V_h ,第一比较器的同相输入端与第一电压源的正极连接,第一比较器的反相输入端作为PFC电路输出电压纹波采样端,第一比较器的反相输入端还与第二比较器的同相输入端连接,第二比较器的反相输入端与第二电压源的正极连接,第一比较器的输出端、第二比较器的输出端分别与RS触发器的S输入端、R输入端连接,RS触发器的 \bar{Q} 输出端与第一与门的一输入端、第二与门的一输入端连接,第二与门的另一输入端经非门与第一与门的另一输入端连接,第二与门的另一输入端还与方波信号发生器的输出端连接,第一与门的输出端、第二与

门的输出端分别与第二驱动器输入端和第一驱动器输入端连接,第二驱动器的输出端、第一驱动器的输出端分别与半桥恒流谐振电路的第二开关管的控制端、第一开关管的控制端连接,误差放大器的反相输入端与第三电阻的一端连接,第三电阻的另一端作为LED负载电路电流采样端,误差放大器的反相输入端还经第二电阻、电容与误差放大器的输出端连接,误差放大器的同相输入端与基准电压源的正极连接,基准电压源的负极、第一电压源的负极、第二电压源的负极相连接至GND,误差放大器的输出端还与减法器的一输入端连接,减法器的另一输入端作为PFC电路的电压采样端,减法器的输出端经第一电阻与PFC电路的PFC控制芯片连接。

[0007] 在本发明一实施例中,所述半桥恒流谐振电路还包括第二至第六电容、第一至第二电感、变压器、第一至第二二极管,第一开关管的一端作为半桥恒流谐振电路的第一输入端,第一开关管的另一端、第二开关管的一端与第二电容的一端连接,第二电容的另一端经第一电感与第三电容的一端、第二电感的一端连接,第二电感的另一端与变压器原边的一端连接,第三电容的另一端与变压器原边的另一端、第二开关管的另一端连接,变压器副边的一端经第四电容与第一二极管的阳极、第二二极管的阴极连接,变压器副边的另一端分别经第五电容、第六电容与第二二极管的阳极、第一二极管的阴极连接,第二开关管的另一端作为半桥恒流谐振电路的第二输入端,第五电容的两端与LED负载电路的第一LED灯串并联连接、第六电容的两端与LED负载电路的第二LED灯串并联连接。

[0008] 在本发明一实施例中,所述方波信号发生器用于产生频率与恒流谐振频率 f 相同的方波信号,该恒流谐振频率 f 求取方式如下:

[0009] 设 U_{in} 为谐振网络输入电压基波分量的有效值,开关频率为 f , R_{eq} 为LED负载电路折算到变压器原边的等效电阻;假设变压器励磁电感 L_m 足够大,忽略其对负载电流的影响,根据诺顿定理将有源二端网络等效成电流源 I_{in} 和等效内阻 Z_{eq} 并联形式,由诺顿定理可得:

$$[0010] \quad I_{in} = \frac{U_{in}}{j \cdot 2\pi f L1 + \frac{1}{j \cdot 2\pi f C2}}$$

[0011] 由于 $C1$ 很大,忽略其对谐振频率的影响,当开关频率 f 等于谐振频率,即电感 $L1$ 与电容 $C2$ 发生并联谐振时,其等效阻抗 Z_{eq} 为无穷大,此时 I_{Req} 等于 I_{in} ,负载电流只与谐振参数和输入电压有关,与负载电阻无关,即能实现恒流输出。

[0012] 本发明还提供了一种基于上述所述LED驱动电源的控制方法,根据控制电路通过检测PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC电路输出电压纹波大于设定的开启电压 V_h 时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率 f 工作,为LED负载提供恒定电流;当PFC输出电压小于设定的纹波谷值 V_1 时半桥恒流谐振电路停止工作,输出电流为0。

[0013] 相较于现有技术,本发明具有以下有益效果:本发明能够有效地减少PFC电路输出端储能电容的容量,可以使用薄膜电容替代电解电容,实现无电解电容LED驱动电源。

附图说明

[0014] 图1为本发明两级式无电解电容LED驱动电源及控制原理图。

[0015] 图2为半桥LCL恒流谐振电路交流等效电路图。

- [0016] 图3为半桥LCL谐振网络的诺顿等效电路图。
- [0017] 图4 为PFC输出电压纹波与半桥谐振电路中点仿真波形。
- [0018] 图5 为PFC输出电压与LED负载电流仿真波形。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图,对本发明的技术方案进行具体说明。

[0020] 本发明的一种两级式无电解LED驱动电源及控制方法,包括整流电路、PFC电路、半桥恒流谐振电路、LED负载电路、纹波检测电路和控制电路,其特征在于,电网电源经整流电路与PFC电路的输入端连接;PFC电路的输出端与半桥恒流谐振电路的输入端连接;半桥恒流谐振电路的输出端连接LED负载电路;控制电路通过纹波检测电路采集PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC输出电压减小到设定的纹波谷值 V_1 时半桥恒流谐振电路停止工作,当PFC输出电压上升到设定的开启电压 V_h 时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率 f 工作。

[0021] 所述控制电路包括基准电压源、第一至第二电压源、误差放大器、第一至第二比较器、第一至第二驱动器、方波信号发生器、减法器、RS触发器、非门、第一与门、第二与门、第一至第三电阻、电容,第一电压源、第二电压源产生的电压分别 V_1 、 V_h ,第一比较器的同相输入端与第一电压源的正极连接,第一比较器的反相输入端作为PFC电路输出电压纹波采样端,第一比较器的反相输入端还与第二比较器的同相输入端连接,第二比较器的反相输入端与第二电压源的正极连接,第一比较器的输出端、第二比较器的输出端分别与RS触发器的S输入端、R输入端连接,RS触发器的 \bar{Q} 输出端与第一与门的一输入端、第二与门的一输入端连接,第二与门的另一输入端经非门与第一与门的另一输入端连接,第二与门的另一输入端还与方波信号发生器的输出端连接,第一与门的输出端、第二与门的输出端分别与第二驱动器输入端和第一驱动器输入端连接,第二驱动器的输出端、第一驱动器的输出端分别与半桥恒流谐振电路的第二开关管的控制端、第一开关管的控制端连接,误差放大器的反相输入端与第三电阻的一端连接,第三电阻的另一端作为LED负载电路电流采样端,误差放大器的反相输入端还经第二电阻、电容与误差放大器的输出端连接,误差放大器的同相输入端与基准电压源的正极连接,基准电压源的负极、第一电压源的负极、第二电压源的负极相连接至GND,误差放大器的输出端还与减法器的一输入端连接,减法器的另一输入端作为PFC电路的电压采样端,减法器的输出端经第一电阻与PFC电路的PFC控制芯片连接。

[0022] 所述半桥恒流谐振电路还包括第二至第六电容、第一至第二电感、变压器、第一至第二二极管,第一开关管的一端作为半桥恒流谐振电路的第一输入端,第一开关管的另一端、第二开关管的一端与第二电容的一端连接,第二电容的另一端经第一电感与第三电容的一端、第二电感的一端连接,第二电感的另一端与变压器原边的一端连接,第三电容的另一端与变压器原边的另一端、第二开关管的另一端连接,变压器副边的一端经第四电容与第一二极管的阳极、第二二极管的阴极连接,变压器副边的另一端分别经第五电容、第六电容与第二二极管的阳极、第一二极管的阴极连接,第二开关管的另一端作为半桥恒流谐振电路的第二输入端,第五电容的两端与LED负载电路的第一LED灯串并联连接、第六电容的两端与LED负载电路的第二LED灯串并联连接。

[0023] 所述方波信号发生器用于产生频率与恒流谐振频率 f 相同的方波信号,该恒流谐

振频率 f 求取方式如下:

[0024] 设 U_{in} 为谐振网络输入电压基波分量的有效值,开关频率为 f , Re_q 为LED负载电路折算到变压器原边的等效电阻;假设变压器励磁电感 L_m 足够大,忽略其对负载电流的影响,根据诺顿定理将有源二端网络等效成电流源 I_{in} 和等效内阻 Ze_q 并联形式,由诺顿定理可得:

$$[0025] \quad I_{in} = \frac{U_{in}}{j \cdot 2\pi f L1 + \frac{1}{j \cdot 2\pi f C2}}$$

[0026] 由于 $C1$ 很大,忽略其对谐振频率的影响,当开关频率 f 等于谐振频率,即电感 $L1$ 与电容 $C2$ 发生并联谐振时,其等效阻抗 Ze_q 为无穷大,此时 I_{Re_q} 等于 I_{in} ,负载电流只与谐振参数和输入电压有关,与负载电阻无关,即能实现恒流输出。

[0027] 本发明还提供了一种基于上述所述LED驱动电源的控制方法,根据控制电路通过检测PFC电路输出电压纹波谷值控制半桥恒流谐振电路工作,当PFC电路输出电压纹波大于设定的开启电压 V_h 时,半桥恒流谐振电路以恒流谐振频率 f 工作,为LED负载提供恒定电流;当PFC输出电压小于设定的纹波谷值 $V1$ 时半桥恒流谐振电路停止工作,输出电流为0。

[0028] 以下为本发明的具体实现过程。

[0029] 图2为半桥LCL恒流谐振电路交流等效电路图, U_{in} 为谐振网络输入电压基波分量的有效值,开关频率为 f , Re_q 为LED负载折算到变压器原边的等效电阻。假设变压器励磁电感 L_m 足够大,忽略其对负载电流的影响,根据诺顿定理将图2方框内的有源二端网络等效成电流源 I_{in} 和等效内阻 Ze_q 并联形式,如图3所示。由诺顿定理可得:

$$[0030] \quad I_{in} = \frac{U_{in}}{j \cdot 2\pi f L1 + \frac{1}{j \cdot 2\pi f C2}}$$

[0031] 由图3虚框可以看出,由于 $C1$ 很大,忽略其对谐振频率的影响,当开关频率等于谐振频率,即电感 $L1$ 与电容 $C2$ 发生并联谐振时,其等效阻抗 Ze_q 为无穷大,此时 I_{Re_q} 等于 I_{in} ,负载电流只与谐振参数和输入电压有关,与负载电阻无关,即能实现恒流输出。

[0032] 图1是本发明实施例两级式无电解电容LED驱动电源及控制原理图。PFC电路采用Boost变换器,由PFC控制芯片L6562控制;半桥恒流谐振电路由开关管 $Q1$ 、 $Q2$,电感 $L1$ 、 $L2$,电容 $C1$ 、 $C2$ 和变压器 $T1$ 组成,开关管 $Q1$ 、 $Q2$ 分别由占空比为0.5的互补驱动信号控制,半桥谐振电路工作在LCL谐振网络的恒流频率处。LED负载由两路均流电路驱动,一路由 $D1$ 、 $C10$ 和LED1组成,另一路由 $D2$ 、 $C20$ 和LED2组成, $C3$ 为两路LED负载的均流电容。

[0033] 图1控制电路中, K_{i1} 为LED负载电流的采样系数, K_v 为PFC电路输出电压的采样系数。纹波检测电路由隔直电容和电阻串联构成,用于检测PFC电路输出电压的纹波;由比较器 $U2$ 和 $U3$ 构成的窗口比较器将PFC电路输出纹波电压与窗口电压 $V1$ 和 V_h 进行比较通过RS触发器 $U4$ 、非门 $U5$ 、方波信号发生器 $U6$ 、第一与门 $U7$ 、第二与门 $U8$ 产生半桥开关管驱动信号,经驱动器1、驱动器2控制半桥谐振电路开关管 $Q1$ 、 $Q2$ 工作;LED负载电流经采样系数 K_{i2} 隔离放大后与基准信号 V_{ref} 进行比较,经电流误差放大器 $U1$ 后与PFC电路输出电压取样信号通过减法器 $U8$ 加权相减后送入PFC控制芯片L6562的电压反馈端,由PFC控制芯片L6562产生PFC电路开关管的驱动信号,以控制PFC电路的输出电压,从而实现了LED灯的恒流控制。

[0034] 本发明采用PFC输出电压与LED负载电流加权反馈的闭环控制方法,使LED负载电流保持恒定,具有恒流精度高的优点。半桥谐振电路采用恒频控制,控制简单、便于变压器、电感等的优化设计。

[0035] 图4和图5为本发明两级式无电解电容LED驱动电路仿真波形图。其中PFC电路输出储能电容采用4.7 μ 的薄膜电容。图4为PFC电路输出电压纹波与半桥谐振电路工作波形,可以看出,半桥谐振电路在PFC输出电压纹波谷值V1时停止工作,当PFC输出电压纹波值升到开启值Vh时半桥谐振电路重新启动工作(仿真时V1为-25V,Vh为-10V)。图5为PFC输出电压和LED负载电流仿真波形,从图5可以看出储能电容虽然减小了,但通过半桥谐振电路的工作切换使得PFC电路输出电压的纹波得到了有效控制,既可满足PFC电路输出电压始终高于输入电压以实现高功率因数,又可抑制输出电压峰值以减小储能电容和开关管的电压应力。LED负载电流在恒流值与零之间切换,其平均电流为LED额定工作电流。

[0036] 以上是本发明的较佳实施例,凡依本发明技术方案所作的改变,所产生的功能作用未超出本发明技术方案的范围时,均属于本发明的保护范围。

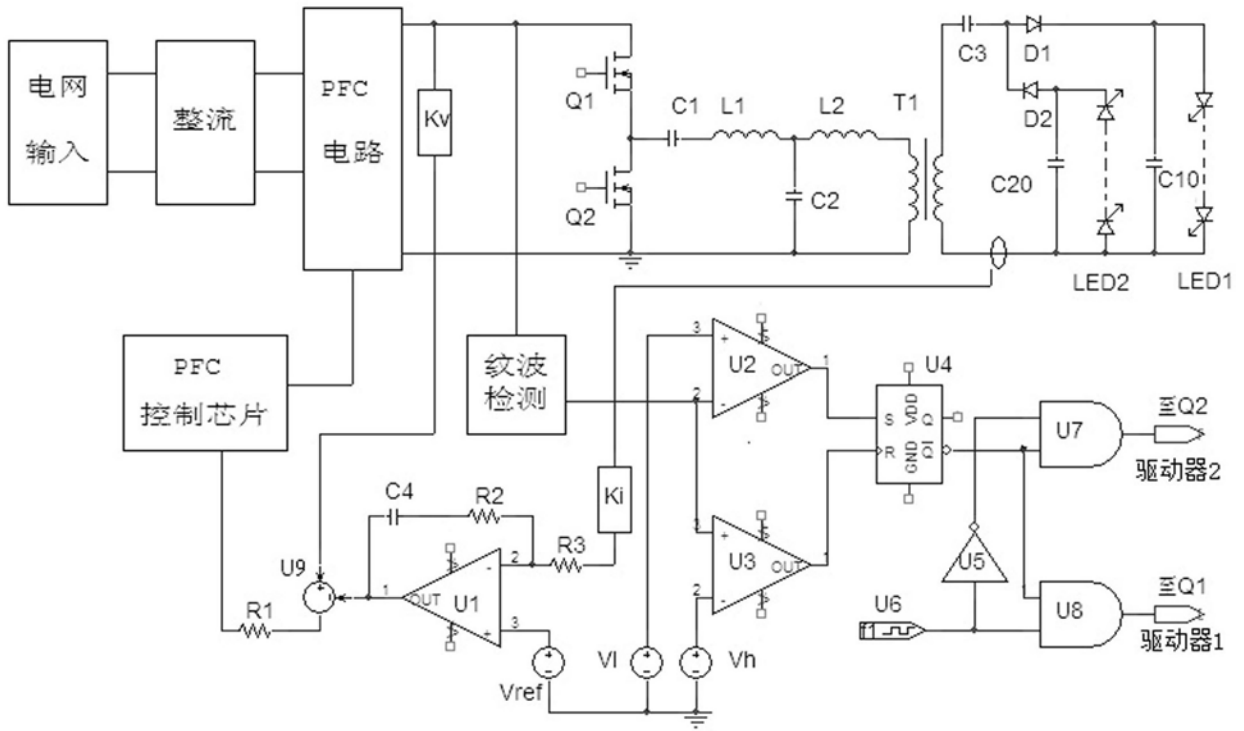


图1

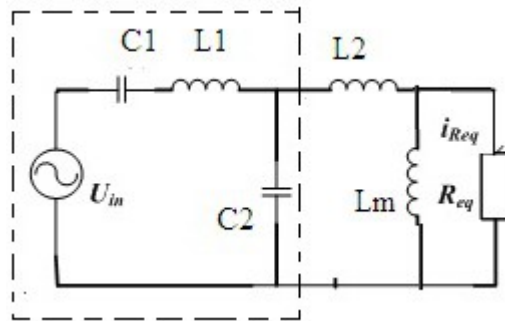


图2

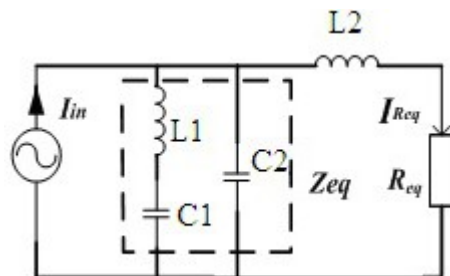


图3

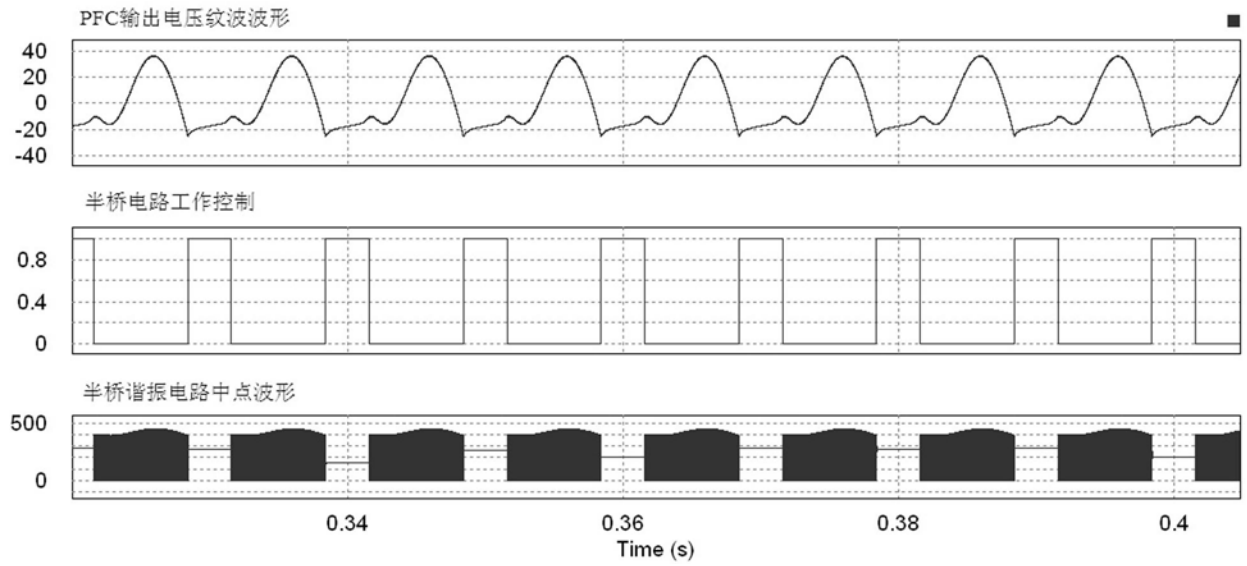


图4

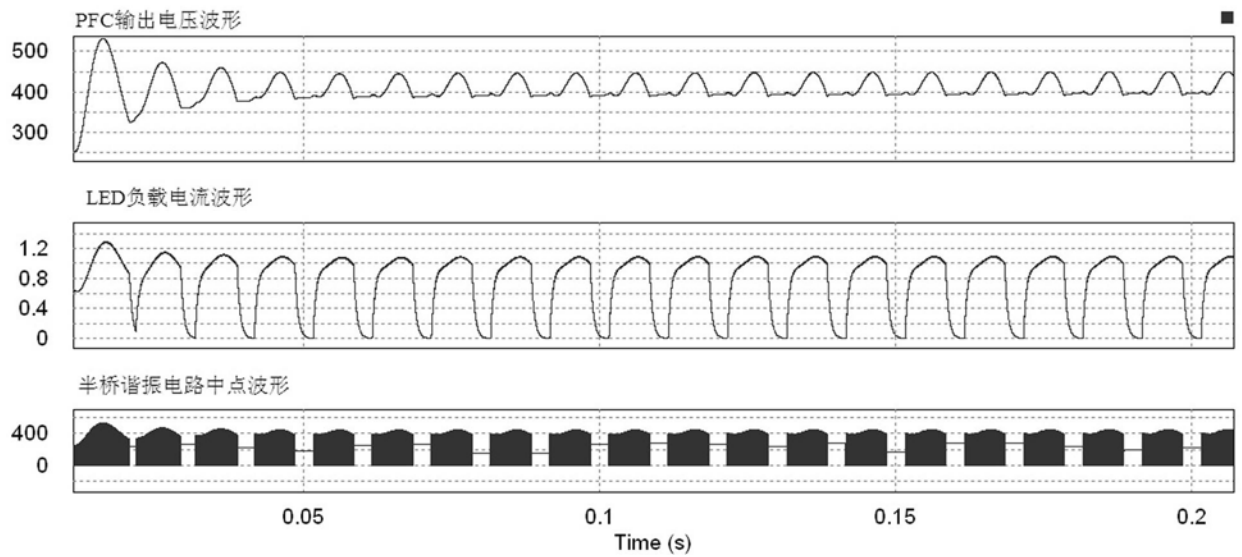


图5