(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109688669 A
(43)申请公布日 2019.04.26

(21)申请号 201910180257.2

(22)申请日 2019.03.11

(71)申请人 福州大学
地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇福州大学城学院路2号福州大学新区

(72)发明人 林国庆 黄秀玲

(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)

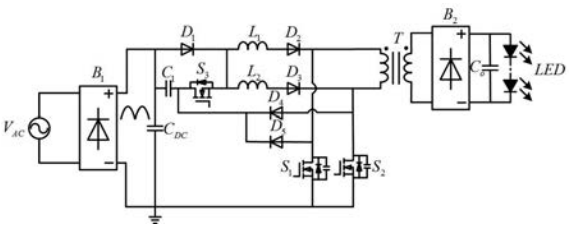
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种高功率因数无电解电容LED驱动电源及其控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种高功率因数无电解电容LED驱动电源及其控制方法，包括整流电路、两路交错并联Boost电路、辅助电路和LED负载等；两路交错并联Boost电路工作在电流断续模式，实现功率因数校正功能和恒流控制；辅助电路用于平衡交流输入瞬时功率和直流输出瞬时功率之差，从而避免使用大容量电解电容，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；通过对交错并联Boost电路和辅助电路的协调控制可以实现低纹波输出及对LED负载的恒流控制。



CN 109688669 A

1.一种高功率因数无电解电容LED驱动电源，其特征在于：包括第一整流电路B_1、辅助电路、两路交错并联Boost电路、LED负载、输入直流电容C_{DC}以及输出电容C_0；

所述辅助电路包括第一二极管D_1、辅助储能电容C_1、以及辅助电路开关管S_3；所述两路交错并联Boost电路包括第一电感L_1、第二电感L_2、第二二极管D_2、第三二极管D_3、第四二极管D_4、第五二极管D_5、第一开关管S_1、第二开关管S_2、变压器T、第二整流电路B_2；

所述第一整流电路B_1的输入接交流电源，所述第一整流电路B_1的正输出端分别连接至第一二极管D_1的阳极、辅助储能电容C_1的一端以及输入直流电容C_{DC}的一端，所述第一整流电路B_1的负输出端、所述输入直流电容C_{DC}的另一端、所述第一开关管S_1的源极以及所述第二开关管S_2的源极均接地；所述第一二极管D_1的阴极分别连接至第一电感L_1的一端、第二电感的L_2的一端、辅助电路开关管S_3的源极；所述辅助储能电容C_1的另一端分别连接至辅助电路开关管S_3的漏极、第四二极管D_4的阴极、第五二极管D_5的阴极；所述第一电感L_1的另一端连接至第二二极管D_2的阳极，所述第二电感L_2的另一端连接至第三二极管D_3的阳极；所述第二二极管D_2的阴极分别连接至变压器T的原边同名端、第五二极管D_5的阳极、第一开关管S_1的漏极；所述第三二极管D_3的阴极分别连接至变压器T的原边异名端、第四二极管D_4的阳极、第二开关管S_2的漏极；所述变压器T的副边连接至所述第二整流电路B_2的输入端，所述第二整流电路B_2的输出端并接有输出电容C_0以及所述LED负载。

2.根据权利要求1所述的一种高功率因数无电解电容LED驱动电源，其特征在于：所述辅助储能电容C_1的电压设定值大于N倍的LED负载电压，其中N为变压器T的匝数比。

3.一种基于权利要求1或2所述的高功率因数无电解电容LED驱动电源的控制方法，其特征在于：检测第一整流电路B_1的输出功率以及LED驱动电源的输出功率；

当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时，控制辅助电路开关管S_3关断，辅助电路不工作，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的死区时间将多余能量储存在辅助储能电容C_1中；

当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流，辅助电路开关管S_3在第一开关管S_1或第二开关管S_2关断前一段时间导通，通过控制辅助电路开关管S_3的占空比D，使一个工频周期内辅助储能电容电压C_1保持在一个设定值。

4.根据权利要求3所述的一种高功率因数无电解电容LED驱动电源的控制方法，其特征在于：当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时，所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态：

模态1：第一开关管S_1导通，第二开关管S_2关断，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电，第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量；

模态2：第二电感L_2电流减小到0，第三二极管D_3截止，第一电感L_1继续充电；

模态3：第一开关管S_1关断，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第五二极管D_5向辅助储能电容C_1释放能量，辅助储能电容C_1储存能量；

模态4：第二开关管S_2导通，第一开关管S_1关断，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量；

模态5:第一电感L_1电流减小到0,第二二极管D_2截止,第二电感L_2继续充电;

模态6:第二开关管S_2关断,第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第四二极管D_4向辅助储能电容C_1释放能量,辅助储能电容C_1储存能量。

5.根据权利要求3所述的一种高功率因数无电解电容LED驱动电源的控制方法,其特征在于:当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时,所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态:

模态1:第一开关管S_1导通、第二开关管S_2关断,交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电,第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量;

模态2:第二电感L_2电流减小到0,第三二极管D_3截止,第一电感L_1继续充电;

模态3:辅助电路开关管S_3导通,交流电压经第一整流电路B_1整流后与辅助储能电容C_1串联,通过辅助电路开关管S_3、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电,辅助储能电容C_1释放能量;

模态4:第一开关管S_1、辅助电路开关管S_3关断、第二开关管S_2导通,交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电,第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量;

模态5:第一电感L_1电流减小到0,第二二极管D_2截止,第二电感L_2继续充电;

模态6:辅助电路开关管S_3导通,交流电压经整流后与辅助储能电容C_1串联,通过辅助电路开关管S_3、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电,辅助储能电容C_1释放能量。

一种高功率因数无电解电容LED驱动电源及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及LED驱动领域，特别是一种高功率因数无电解电容LED驱动电源及其控制方法。

背景技术

[0002] LED以其节能、环保、高效、长寿命等诸多优点，成为新一代的绿色照明光源。随着LED照明技术的日益成熟，它将被广泛应用于各个领域。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。

[0003] 在交流供电场合，为了满足IEC61000-3-2 的谐波要求，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，交流输入瞬时功率中含有两倍的工频脉动，而输出功率为恒定值，其大小与输入功率平均值相等。为了平衡交流输入瞬时功率和直流输出瞬时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。

[0004] 相对于长寿命的LED灯，电解电容的使用寿命较短，而其他种类电容的耐压值和容值一般较小，无法简单替换电解电容。在已有的无电解电容LED驱动电源方案中，谐波电流注入法虽然可以实现无电解电容化，但是降低了电路的功率因数；用电感代替电容做存储元件，虽然可靠性高，但是体积增大，成本增加。因此研究高功率因数无电解电容LED驱动电源，对提高用电质量，延长LED灯具的使用寿命具有重要的意义。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本发明的目的是提出一种高功率因数无电解电容LED驱动电源及其控制方法，可以提高用电质量，延长LED灯具的使用寿命。

[0006] 本发明采用以下方案实现：一种高功率因数无电解电容LED驱动电源，包括第一整流电路B_1、辅助电路、两路交错并联Boost电路、LED负载、输入直流电容C_{DC}以及输出电容C_0；

所述辅助电路包括第一二极管D_1、辅助储能电容C_1、以及辅助电路开关管S_3；所述两路交错并联Boost电路包括第一电感L_1、第二电感L_2、第二二极管D_2、第三二极管D_3、第四二极管D_4、第五二极管D_5、第一开关管S_1、第二开关管S_2、变压器T、第二整流电路B_2；

所述第一整流电路B_1的输入接交流电源，所述第一整流电路B_1的正输出端分别连接至第一二极管D_1的阳极、辅助储能电容C_1的一端以及输入直流电容C_{DC}的一端，所述第一整流电路B_1的负输出端、所述输入直流电容C_{DC}的另一端、所述第一开关管S_1的源极以及所述第二开关管S_2的源极均接地；所述第一二极管D_1的阴极分别连接至第一电感L_1的一端、第二电感的L_2的一端、辅助电路开关管S_3的源极；所述辅助储能电容C_1的另一端分别连接至辅助电路开关管S_3的漏极、第四二极管D_4的阴极、第五二极管D_5的阴极；所述第一电感L_1的另一端连接至第二二极管D_2的阳极，所述第二电感L_2的另一端连接至第三二极管D_3的阳极；所述第二二极管D_2的阴极分别连接至变压器T的原边同名端、第五二极管D_5的阳极、第一开关管S_1的漏极；所述第三二极管D_3的阴极分别连接至变压器T的原边异名端、第四二极管D_4的阳极、

第二开关管S_2的漏极;所述变压器T的副边连接至所述第二整流电路B_2的输入端,所述第二整流电路B_2的输出端并接有输出电容C_0以及所述LED负载。

[0007] 进一步地,所述辅助储能电容C_1的电压设定值须大于N倍的LED负载电压,以使得当第一开关管S_1或第二开关管S_2导通时,第四二极管和第五二极管均处于截止状态,其中N为变压器T的匝数比。

[0008] 本发明还提供了一种基于上文所述电源的控制方法,具体为:检测第一整流电路B_1的输出功率以及LED驱动电源的输出功率;

当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时,控制辅助电路开关管S_3关断,辅助电路不工作,通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流,通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的死区时间将多余能量储存在辅助储能电容C_1中;

当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时,通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流,辅助电路开关管S_3在第一开关管S_1或第二开关管S_2关断前一段时间导通,通过控制辅助电路开关管S_3的占空比D,使一个工频周期内辅助储能电容电压C_1保持在一个设定值。

[0009] 进一步地,当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时,所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态:

模态1:第一开关管S_1导通,第二开关管S_2关断,交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电,第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量;

模态2:第二电感L_2电流减小到0,第三二极管D_3截止,第一电感L_1继续充电;

模态3:第一开关管S_1关断,第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第五二极管D_5向辅助储能电容C_1释放能量,辅助储能电容C_1储存能量;

模态4:第二开关管S_2导通,第一开关管S_1关断,交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电,第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量;

模态5:第一电感L_1电流减小到0,第二二极管D_2截止,第二电感L_2继续充电;

模态6:第二开关管S_2关断,第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第四二极管D_4向辅助储能电容C_1释放能量,辅助储能电容C_1储存能量。

[0010] 进一步地,当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时,所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态:

模态1:第一开关管S_1导通、第二开关管S_2关断,交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电,第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量;

模态2:第二电感L_2电流减小到0,第三二极管D_3截止,第一电感L_1继续充电;

模态3:辅助电路开关管S_3导通,交流电压经第一整流电路B_1整流后与辅助储能电容C_1串联,通过辅助电路开关管S_3、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电,辅助储能电容C_1释放能量;

模态4:第一开关管S_1、辅助电路开关管S_3关断、第二开关管S_2导通,交流电压经第一整

流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量；

模态5：第一电感L_1电流减小到0，第二二极管D_2截止，第二电感L_2继续充电；

模态6：辅助电路开关管S_3导通，交流电压经整流后与辅助储能电容C_1串联，通过辅助电路开关管S_3、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，辅助储能电容C_1释放能量。

[0011] 与现有技术相比，本发明有以下有益效果：本发明包括整流电路、两路交错并联Boost电路、辅助电路和LED负载等；两路交错并联Boost电路工作在电流断续模式，实现功率因数校正功能和恒流控制；辅助电路用于平衡交流输入瞬时功率和直流输出瞬时功率之差，从而避免使用大容量电解电容，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；通过对交错并联Boost电路和辅助电路的协调控制可以实现低纹波输出及对LED负载的恒流控制。

附图说明

[0012] 图1为本发明实施例的高功率因数无电解电容LED驱动电源电路图。

[0013] 图2为本发明实施例的当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时各个开关管的驱动波形示意图。

[0014] 图3为本发明实施例的当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时，LED驱动电源的各个工作模态示意图。

[0015] 图4为本发明实施例的当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时各个开关管的驱动波形示意图。

[0016] 图5为本发明实施例的当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时，LED驱动电源的各个工作模态示意图。

[0017] 图6为本发明实施例的高功率因数无电解电容LED驱动电源控制原理示意图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0019] 应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0020] 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0021] 如图1所示，本实施例提供了一种高功率因数无电解电容LED驱动电源，包括第一整流电路B_1、辅助电路、两路交错并联Boost电路、LED负载、输入直流电容C_{DC}以及输出电容C_O；

所述辅助电路包括第一二极管D_1、辅助储能电容C_1、以及辅助电路开关管S_3；所述两路交错并联Boost电路包括第一电感L_1、第二电感L_2、第二二极管D_2、第三二极管D_3、第四二极管D_4、第五二极管D_5、第一开关管S_1、第二开关管S_2、变压器T、第二整流电路B_2；

所述第一整流电路B_1的输入接交流电源，所述第一整流电路B_1的正输出端分别连接至第一二极管D_1的阳极、辅助储能电容C_1的一端以及输入直流电容C_{DC}的一端，所述第一整流电路B_1的负输出端、所述输入直流电容C_{DC}的另一端、所述第一开关管S_1的源极以及所述第二开关管S_2的源极均接地；所述第一二极管D_1的阴极分别连接至第一电感L_1的一端、第二电感的L_2的一端、辅助电路开关管S_3的源极；所述辅助储能电容C_1的另一端分别连接至辅助电路开关管S_3的漏极、第四二极管D_4的阴极、第五二极管D_5的阴极；所述第一电感L_1的另一端连接至第二二极管D_2的阳极，所述第二电感L_2的另一端连接至第三二极管D_3的阳极；所述第二二极管D_2的阴极分别连接至变压器T的原边同名端、第五二极管D_5的阳极、第一开关管S_1的漏极；所述第三二极管D_3的阴极分别连接至变压器T的原边异名端、第四二极管D_4的阳极、第二开关管S_2的漏极；所述变压器T的副边连接至所述第二整流电路B_2的输入端，所述第二整流电路B_2的输出端并接有输出电容C_0以及所述LED负载。

[0022] 在本实施例中，所述辅助储能电容C_1的电压设定值须大于N倍的LED负载电压，以使得当第一开关管S_1或第二开关管S_2导通时，第四二极管和第五二极管均处于截止状态，其中N为变压器T的匝数比。

[0023] 本实施例还提供了一种基于上文所述电源的控制方法，具体为：检测第一整流电路B_1的输出功率以及LED驱动电源的输出功率；

当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时，控制辅助电路开关管S_3关断，辅助电路不工作，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的死区时间将多余能量储存在辅助储能电容C_1中；其中，各个开关管的驱动波形如图2所示。

[0024] 当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时，通过调节第一开关管S_1和第二开关管S_2的开关频率实现输出恒流，辅助电路开关管S_3在第一开关管S_1或第二开关管S_2关断前一段时间导通，通过控制辅助电路开关管S_3的占空比D，使一个工频周期内辅助储能电容电压C_1保持在一个设定值。其中，各个开关管的驱动波形如图4所示。

[0025] 在本实施例中，当第一整流电路B_1的输出功率大于LED驱动电源的输出功率时，所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态，如图3所示：

模态1：第一开关管S_1导通，第二开关管S_2关断，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电，第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量；如图3中的(a)所示；

模态2：第二电感L_2电流减小到0，第三二极管D_3截止，第一电感L_1继续充电；如图3中的(b)所示

模态3：第一开关管S_1关断，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第五二极管D_5向辅助储能电容C_1释放能量，辅助储能电容C_1储存能量；如图3中的(c)所示；

模态4：第二开关管S_2导通，第一开关管S_1关断，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量；如图3中的(d)所示；

模态5：第一电感L_1电流减小到0，第二二极管D_2截止，第二电感L_2继续充电；如图3中的(e)所示；

模态6：第二开关管S_2关断，第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第四二极管

D_4向辅助储能电容C_1释放能量，辅助储能电容C_1储存能量；如图3中的(f)所示。

[0026] 在本实施例中，当第一整流电路B_1的输出功率小于LED驱动电源的输出功率时，所述高功率因数无电解电容LED驱动电源的工作过程包括以下六个模态，如图5所示：

模态1：第一开关管S_1导通、第二开关管S_2关断，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电，第二电感L_2通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第一开关管S_1向LED负载释放能量；如图5中的(a)所示；

模态2：第二电感L_2电流减小到0，第三二极管D_3截止，第一电感L_1继续充电；如图5中的(b)所示；

模态3：辅助电路开关管S_3导通，交流电压经第一整流电路B_1整流后与辅助储能电容C_1串联，通过辅助电路开关管S_3、第二二极管D_2、第一开关管S_1对第一电感L_1充电，辅助储能电容C_1释放能量；如图5中的(c)所示；

模态4：第一开关管S_1、辅助电路开关管S_3关断、第二开关管S_2导通，交流电压经第一整流电路B_1整流后通过第一二极管D_1、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，第一电感L_1通过第一二极管D_1、第二二极管D_2、第二开关管S_2向LED负载释放能量；如图5中的(d)所示；

模态5：第一电感L_1电流减小到0，第二二极管D_2截止，第二电感L_2继续充电；如图5中的(e)所示；

模态6：辅助电路开关管S_3导通，交流电压经整流后与辅助储能电容C_1串联，通过辅助电路开关管S_3、第三二极管D_3、第二开关管S_2对第二电感L_2充电，辅助储能电容C_1释放能量；如图5中的(f)所示。

[0027] 较佳的，如图6所示，可以通过采用数字控制器来采集驱动电源的输入与输出功率，并且产生驱动信号控制各个开关管的工作。所述数字控制器通过采集第一整流桥B_1输出电压和电流值计算输入功率(即第一整流桥B_1的输出功率)，并与由负载(LED负载)电压和电流采样值计算得到的LED驱动电源输出功率进行比较，当输入功率大于输出功率时，开关管S_3关断，辅助电路不工作，通过采集LED负载电流调节主电路开关管S_1和S_2的开关频率以实现输出恒流，通过调节开关管S_1和S_2的死区时间(其中死区时间由LED电源输入功率和输出功率计算得到)将多余能量储存在辅助储能电容C_1中；当输入功率小于输出功率时，通过采集LED负载电流调节主电路开关管S_1和S_2的开关频率以实现输出恒流，通过采集辅助储能电容C_1两端电压作为电压反馈信号，产生开关管S_3的驱动信号，控制开关管S_3工作，使一个工频周期内辅助储能电容C_1两端电压保持在一个设定值，从而解决了LED驱动电源输入输出瞬时功率不平衡问题，有效地减少输出端滤波电容的容量，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。

[0028] 本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0029] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流

程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0030] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0031] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0032] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非是对本发明作其它形式的限制，任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例。但是凡是未脱离本发明技术方案内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型，仍属于本发明技术方案的保护范围。

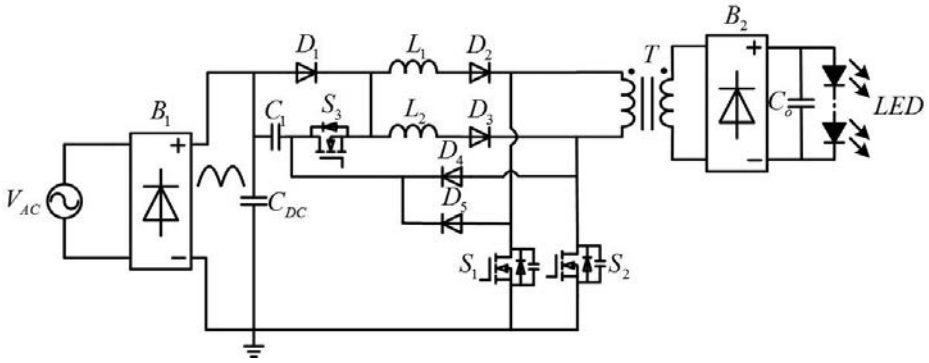

B_2
D_1
L_1
D_2
T
B_1
C_1
S_3
L_2
D_3
C_δ
LED
D_4
V_{AC}
C_{DC}
D_5
S_1
S_2

图1

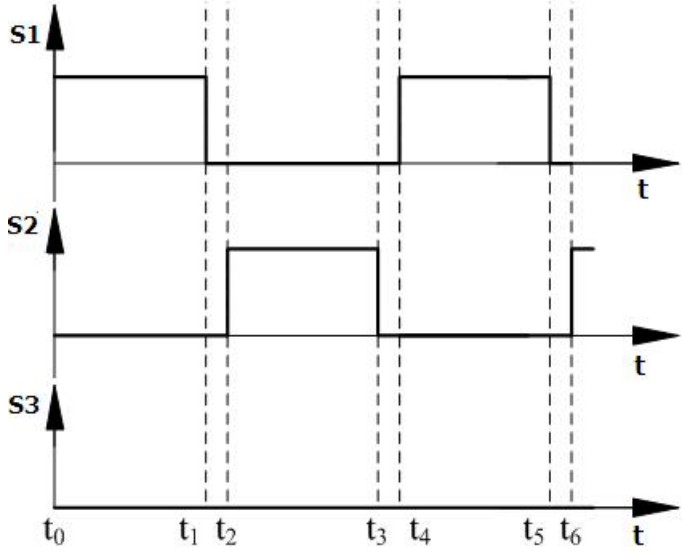

S1
t
S2
t
S3
t
t_0
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t_6

图2

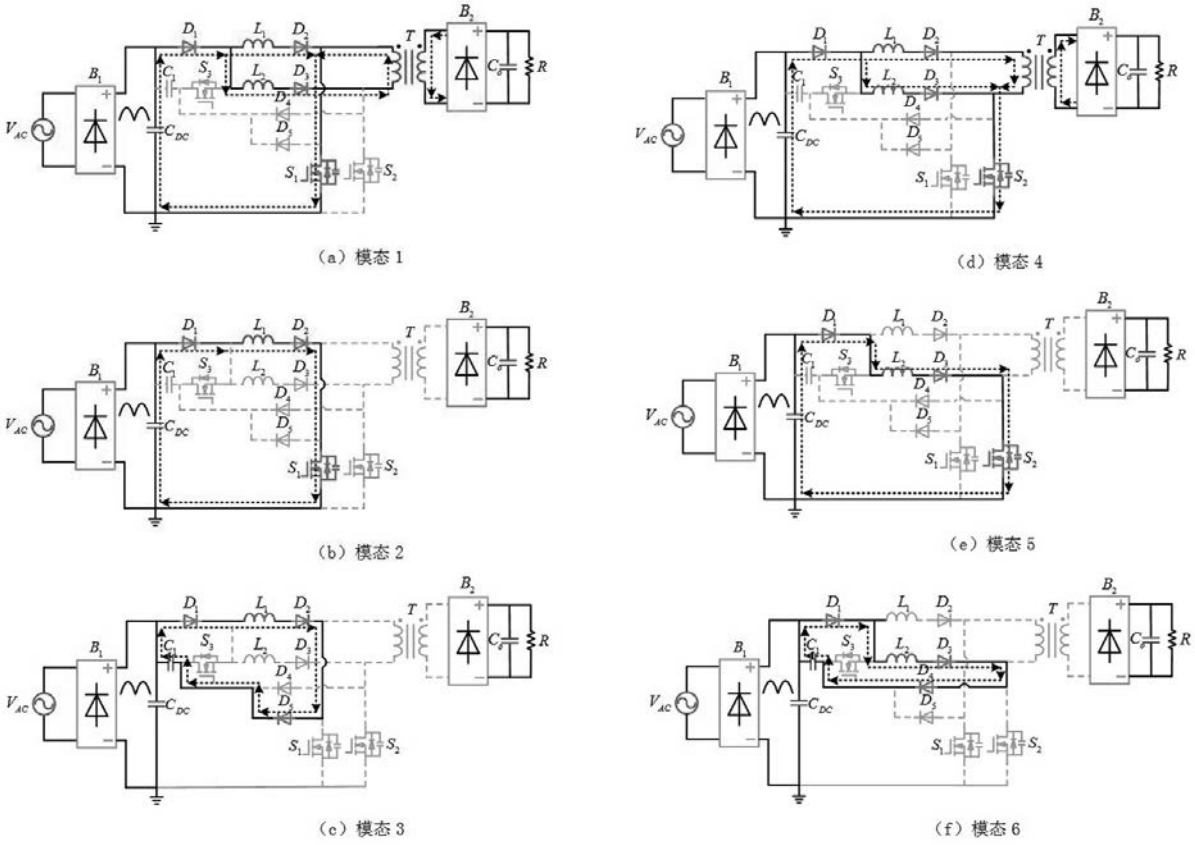


图3

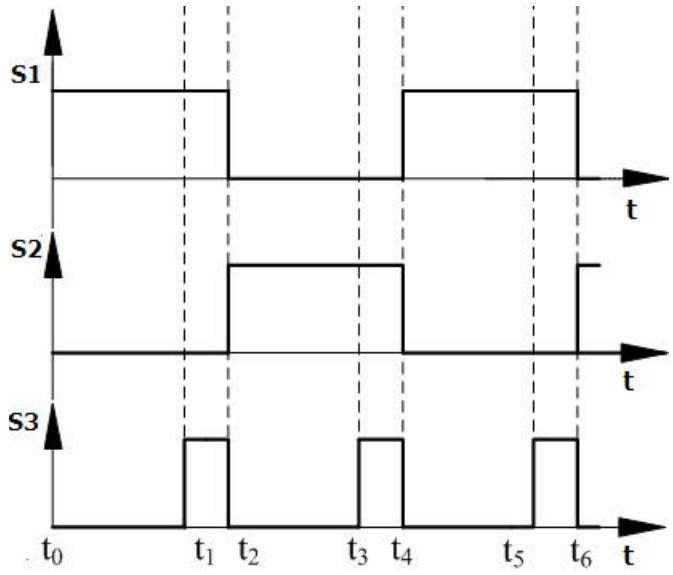


图4

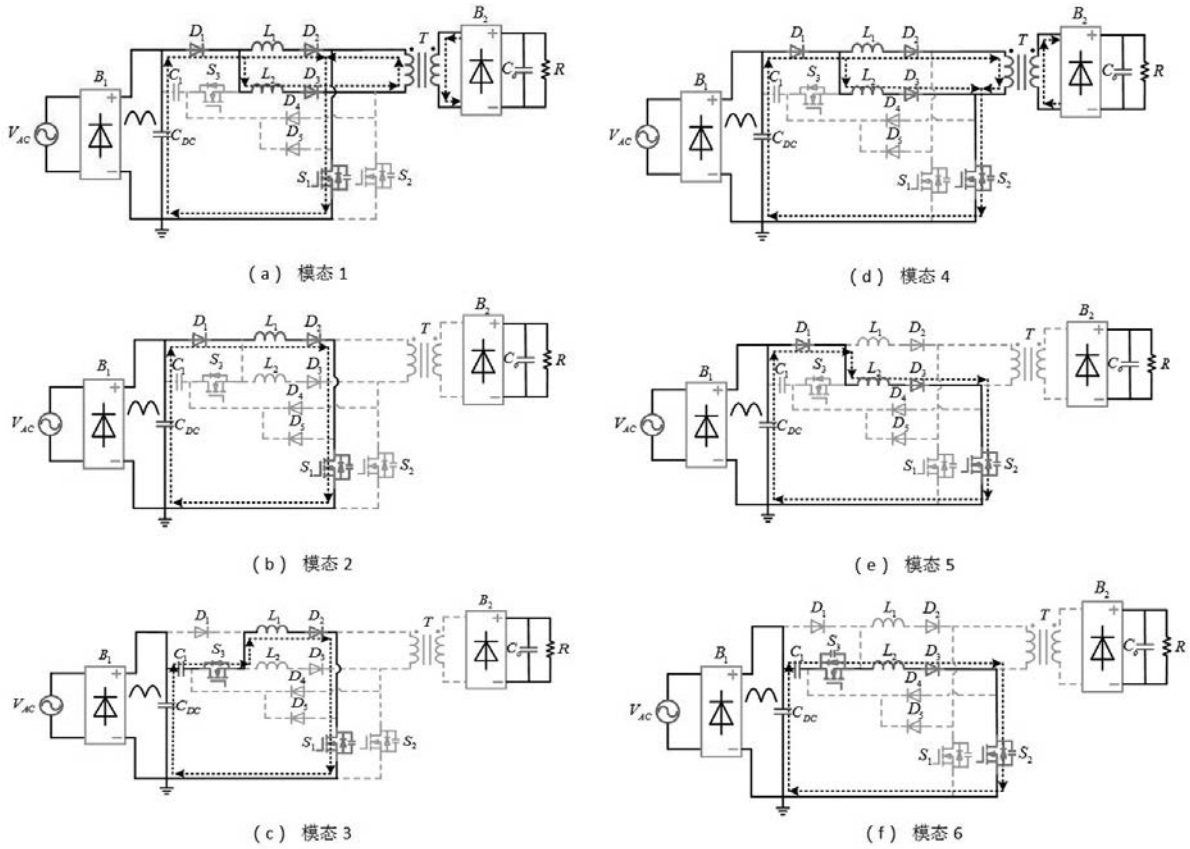

(a) 模态 1
(d) 模态 4
(b) 模态 2
(e) 模态 5
(c) 模态 3
(f) 模态 6

图5

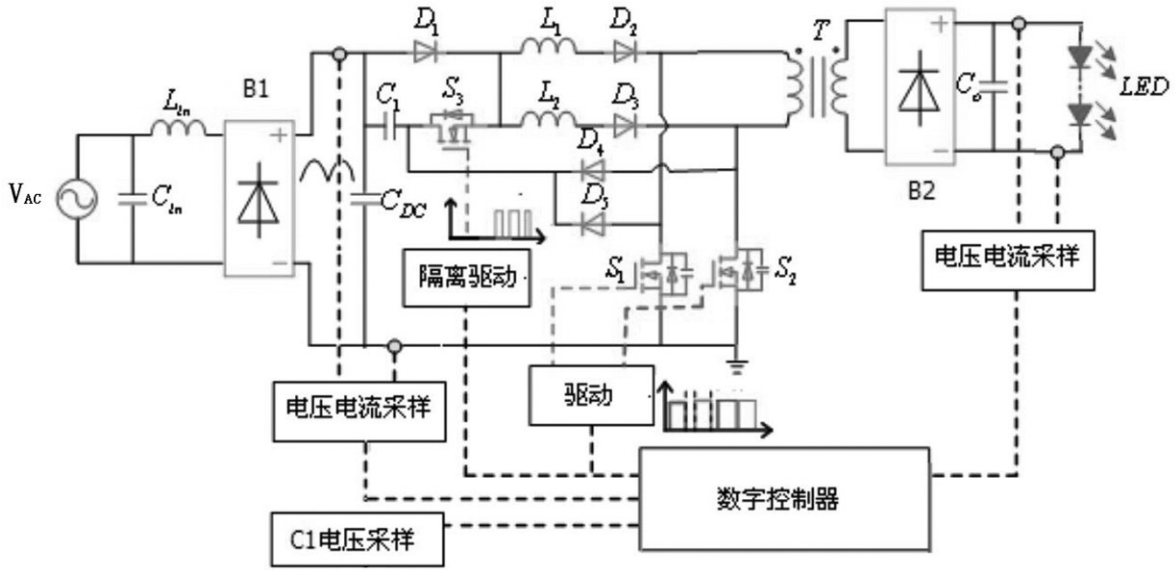

B1
B2
LED
隔离驱动
电压电流采样
驱动
电压电流采样
数字控制器
C1电压采样

图6