



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210725418 U

(45)授权公告日 2020.06.09

(21)申请号 201921404629.7

(22)申请日 2019.08.27

(73)专利权人 杭州士兰微电子股份有限公司
地址 310012 浙江省杭州市黄姑山路4号

(72)发明人 叶美盼

(74)专利代理机构 北京成创同维知识产权代理有限公司 11449
代理人 蔡纯 岳丹丹

(51)Int.Cl.
H05B 45/30(2020.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

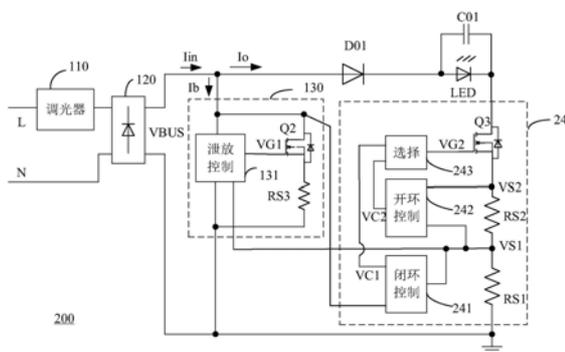
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)实用新型名称

LED驱动电路

(57)摘要

本申请公开了一种LED驱动电路。该驱动电路与调光器相连接,以获得经过斩波的交流输入电压,以及与LED相连接以控制流经所述LED的负载电流。该驱动电路包括:电流控制电路,用于控制流经LED的负载电流,以及根据直流母线电压调节负载电流在半工频周期中的持续时间从而实现调光,其中,电流控制电路根据负载电流的检测值获得调光器的导通角范围,选择性地工作于开环模式和闭环模式之一,在开环模式中,电流控制电路将负载电流维持为基准电流,在闭环模式中,电流控制电路根据直流母线电压负反馈调节负载电流。该LED驱动电路针对调光器中可控硅的不同导通角,采用不同模式控制晶体管的导通状态,可以兼顾调光的稳定性和调节响应速度。



1. 一种LED驱动电路,与调光器相连接以获得经过斩波的交流输入电压,以及与LED相连接以控制流经所述LED的负载电流,其特征在于,所述LED驱动电路包括:

整流桥,用于将所述经过斩波的交流输入电压转换成具有半工频周期的直流母线电压;以及

电流控制电路,与所述LED串联连接在所述整流桥的正输出端和负输出端之间,根据所述直流母线电压调节所述负载电流在所述半工频周期中的持续时间从而实现调光,

其中,所述电流控制电路根据所述负载电流的检测值获得所述调光器的导通角范围,选择性地工作于开环模式和闭环模式之一,

在所述开环模式中,所述电流控制电路将所述负载电流维持为基准电流,

在所述闭环模式中,所述电流控制电路根据所述直流母线电压负反馈调节所述负载电流。

2. 根据权利要求1所述的LED驱动电路,其特征在于,还包括:

泄放电路,所述泄放电路连接在所述整流桥的正输出端和负输出端之间,用于提供泄放电流,所述泄放电流用于提供所述调光器的维持电流;以及

二极管,所述二极管的阴极连接在所述整流桥的正输出端,所述二极管的阴极连接至所述LED的阳极。

3. 根据权利要求1所述的LED驱动电路,其特征在于,所述电流控制电路包括:

与所述LED串联连接的晶体管、第一采样电阻和第二采样电阻;

闭环控制模块,根据所述直流母线电压和所述第一采样电阻两端的第一电流采样信号产生第一信号;

开环控制模块,根据所述第二采样电阻两端的第二电流采样信号产生第二信号;以及

选择模块,与所述闭环控制模块和所述开环控制模块相连接,选择所述第一信号和所述第二信号之一作为所述晶体的控制信号。

4. 根据权利要求3所述的LED驱动电路,其特征在于,所述闭环控制模块包括:

比较器,将所述第一电流采样信号与第一基准电压相比较以产生检测信号;

基准发生模块,与所述比较器相连接,将所述检测信号转换成电压信号;

积分模块,与所述基准发生模块相连接,将所述第一电流采样信号与所述电压信号进行比较和积分运算,以产生补偿信号;

加减法电路,与所述积分模块相连接,将所述补偿信号与所述直流母线电压的反馈信号相减,以产生所述第一信号。

5. 根据权利要求4所述的LED驱动电路,其特征在于,所述积分模块包括:

第一电阻和第一电容;以及

第一运算放大器,

其中,所述第一运算放大器的反相输入端经由第一电阻连接至所述第一采样电阻和所述第二采样电阻的中间节点以接收所述第一电流采样信号,同相输入端与所述基准发生模块连接以接收所述电压信号,所述第一电容连接在所述第一运算放大器的反相输入端和输出端之间,所述第一运算放大器的输出端提供所述补偿信号。

6. 根据权利要求5所述的LED驱动电路,其特征在于,所述闭环控制模块还包括:第二电阻,所述第一运算放大器的反相输入端经由所述第二电阻接收第二基准电压。

7. 根据权利要求4所述的LED驱动电路,其特征在于,所述加减法电路还将所述补偿信号与第三基准电压相加。

8. 根据权利要求4所述的LED驱动电路,其特征在于,所述闭环控制模块还包括:串联连接在整流桥的正输出端和负输出端之间的第三电阻和第四电阻,所述加减法电路连接至所述第三电阻和所述第四电阻的中间节点以获得所述直流母线电压的反馈信号。

9. 根据权利要求4所述的LED驱动电路,其特征在于,所述基准发生模块包括:

第五电阻和第三电容,彼此串联连接所述比较器和地之间组成低通滤波器,在所述第五电阻和所述第三电容的中间节点提供所述电压信号;以及

齐纳二极管,连接在所述第五电阻和所述第三电容的中间节点和地之间,对所述电压信号进行高钳位。

10. 根据权利要求3所述的LED驱动电路,其特征在于,所述开环控制模块包括:

第二运算放大器,所述第二运算放大器的同相输入端接收第四基准电压,反相输入端连接至所述晶体管和所述第二采样电阻的中间节点以获得所述第二电流采样信号,

其中,所述第四基准电压是相对于所述第一采样电阻和所述第二采样电阻的中间节点电位的电压。

11. 根据权利要求10所述的LED驱动电路,其特征在于,所述基准电流等于所述第四基准电压除以所述第二采样电阻的电阻值。

12. 根据权利要求3所述的LED驱动电路,其特征在于,所述选择模块包括:

第一二极管和第二二极管,

其中,所述第一二极管的阳极连接至所述闭环控制模块的输出端以获得所述第一信号,

所述第二二极管的阳极连接到所述开环控制模块的输出端以获得所述第二信号,

所述第一二极管和所述第二二极管的阴极彼此连接以提供所述晶体管的控制信号。

13. 根据权利要求3所述的LED驱动电路,其特征在于,还包括:连接在所述晶体管的控制端和地之间的第六电阻。

14. 根据权利要求1所述的LED驱动电路,其特征在于,所述电流控制电路根据所述导通角范围,还可以选择性地按照混合模式工作,在所述混合模式中,在所述负载电流的持续时间中,先后按照开环模式和闭环模式调节负载电流。

LED驱动电路

技术领域

[0001] 本申请涉及电力电子相关领域,具体地,涉及LED驱动电路。

背景技术

[0002] 可控硅调光技术是一种非常成熟的调光应用方案,曾经广泛地用于白炽灯和节能灯的调光。随着LED照明产品的普及,可控硅调光技术也已经用于LED调光控制。可控硅调光系统包括调光器和与调光器相连接的LED驱动电路。调光器包括可控硅,根据用户的调光动作改变可控硅的导通角,从而改变交流电压波形。LED的输入电压有效值根据调光动作而改变,从而改变LED灯的负载电流和/或有效点亮时间,实现LED灯的亮度调节。

[0003] 然而,可控硅调光系统的调光效果受到可控硅的器件性能的影响。由于某些类型的可控硅的自身特性,调光器在交流电压的正半周期和负半周期产生不对称的交流电压波形。由于交流电压的不对称性,LED驱动电路相应地在工频周期中产生大小变化的负载电流。交流电压的不对称性与导通角的大小无关,该交流电压不对称,导致负载电流不对称,而出现“闪灯”的问题。

[0004] 期待在可控硅调光系统中兼顾整个调光范围的亮度稳定性和调节响应速度。

实用新型内容

[0005] 鉴于上述问题,本实用新型的目的在于提供一种LED驱动电路,其中,根据直流母线电压负反馈调节负载电流,从而在连续的半工频周期中维持LED的亮度稳定性以及改善响应速度。

[0006] 本实用新型提供一种LED驱动电路,该LED驱动电路与调光器相连接以获得经过斩波的交流输入电压,以及与LED相连接以控制流经所述LED的负载电流,所述LED驱动电路包括:

[0007] 整流桥,用于将所述经过斩波的交流输入电压转换成具有半工频周期的直流母线电压;以及

[0008] 电流控制电路,与所述LED串联连接在所述整流桥的正输出端和负输出端之间,根据所述直流母线电压调节所述负载电流在所述半工频周期中的持续时间从而实现调光,

[0009] 其中,所述电流控制电路根据所述负载电流的检测值获得所述调光器的导通角范围,选择性地工作于开环模式和闭环模式之一,

[0010] 在所述开环模式中,所述电流控制电路将所述负载电流维持为基准电流,

[0011] 在所述闭环模式中,所述电流控制电路根据所述直流母线电压负反馈调节所述负载电流。

[0012] 优选地,还包括:

[0013] 泄放电路,所述泄放电路连接在所述整流桥的正输出端和负输出端之间,用于提供泄放电流,所述泄放电流用于提供所述调光器的维持电流;以及

[0014] 二极管,所述二极管的阴极连接在所述整流桥的正输出端,所述二极管的阴极连

接至所述LED的阳极。

[0015] 优选地,所述电流控制电路包括:

[0016] 与所述LED串联连接的晶体管、第一采样电阻和第二采样电阻;

[0017] 闭环控制模块,根据所述直流母线电压和所述第一采样电阻两端的第一电流采样信号产生第一信号;

[0018] 开环控制模块,根据所述第二采样电阻两端的第二电流采样信号产生第二信号;以及

[0019] 选择模块,与所述闭环控制模块和所述开环控制模块相连接,选择所述第一信号和所述第二信号之一作为所述晶体的控制信号。

[0020] 优选地,所述闭环控制模块包括:

[0021] 比较器,将所述第一电流采样信号与第一基准电压相比较以产生检测信号;

[0022] 基准发生模块,与所述比较器相连接,将所述检测信号转换成电压信号;

[0023] 积分模块,与所述基准发生模块相连接,将所述第一电流采样信号与所述电压信号进行比较和积分运算,以产生补偿信号;

[0024] 加减法电路,与所述积分模块相连接,将所述补偿信号与所述直流母线电压的反馈信号相减,以产生所述第一信号。

[0025] 优选地,所述积分模块包括:

[0026] 第一电阻和第一电容;以及

[0027] 第一运算放大器,

[0028] 其中,所述第一运算放大器的反相输入端经由第一电阻连接至所述第一采样电阻和所述第二采样电阻的中间节点以接收所述第一电流采样信号,同相输入端与所述基准发生模块连接以接收所述电压信号,所述第一电容连接在所述第一运算放大器的反相输入端和输出端之间,所述第一运算放大器的输出端提供所述补偿信号。

[0029] 优选地,所述闭环控制模块还包括:第二电阻,所述第一运算放大器的反相输入端经由所述第二电阻接收第二基准电压。

[0030] 优选地,所述加减法电路还将所述补偿信号与第三基准电压相加。

[0031] 优选地,所述闭环控制模块还包括:串联连接在整流桥的正输出端和负输出端之间的第三电阻和第四电阻,所述加减法电路连接至所述第三电阻和所述第四电阻的中间节点以获得所述直流母线电压的反馈信号。

[0032] 优选地,所述基准发生模块包括:

[0033] 第五电阻和第三电容,彼此串联连接所述比较器和地之间组成低通滤波器,在所述第五电阻和所述第三电容的中间节点提供所述电压信号;以及

[0034] 齐纳二极管,连接在所述第五电阻和所述第三电容的中间节点和地之间,对所述电压信号进行高钳位。

[0035] 优选地,所述开环控制模块包括:

[0036] 第二运算放大器,所述第二运算放大器的同相输入端接收第四基准电压,反相输入端连接至所述晶体管和所述第二采样电阻的中间节点以获得所述第二电流采样信号,

[0037] 其中,所述第四基准电压是相对于所述第一采样电阻和所述第二采样电阻的中间节点电位的电压。

- [0038] 优选地,所述基准电流等于所述第四基准电压除以所述第二采样电阻的电阻值。
- [0039] 优选地,所述选择模块包括:
- [0040] 第一二极管和第二二极管,
- [0041] 其中,所述第一二极管的阳极连接至所述闭环控制模块的输出端以获得所述第一信号,
- [0042] 所述第二二极管的阳极连接到所述开环控制模块的输出端以获得所述第二信号,
- [0043] 所述第一二极管和所述第二二极管的阴极彼此连接以提供所述晶体管的控制信号。
- [0044] 优选地,还包括:连接在所述晶体管的控制端和地之间的第六电阻。
- [0045] 优选地,所述电流控制电路根据所述导通角范围,还可以选择性地按照混合模式工作,在所述混合模式中,在所述负载电流的持续时间中,先后按照开环模式和闭环模式调节负载电流。
- [0046] 根据本实用新型实施例的LED驱动电路,电流控制电路根据负载电流的检测值选择电流控制电路的工作模式,在开环模式中将负载电流维持为基准电流,在闭环模式中根据所述直流母线电压的负反馈调节所述负载电流。
- [0047] 在优选的实施例中,电流控制电路包括晶体管、以及控制晶体管的导通状态的闭环控制模块和开环控制模块。在调光器中的可控硅的不同导通角下,电流控制电路的闭环控制模块和开环控制模块之一控制晶体管的导通状态。例如,在小导通角范围,开环控制模块控制晶体管的导通状态,使得采样电阻两端的电压降恒定,因而,负载电流维持为预定值。在大导通角范围,闭环控制模块控制晶体管的导通状态,根据直流母线电压的电压波形,对负载电流进行负反馈补偿。
- [0048] 作为负载的LED灯的亮度是负载电流的幅值和在半周期中的持续时间的叠加效果。如上所述,在现有技术的可控硅调光控制系统中,在工频周期的连续半周期中,交流输入电压幅值越高,则负载电流在工频周期的半周期中持续时间越长,且负载电流的幅值越高,导致作为负载的LED灯的亮度随着半周期变化,因而出现“闪灯”现象。与现有技术不同,在根据本实用新型实施例的可控硅调光中,根据负载电流的检测值选择性地工作于开环模式和闭环模式之一,并且在闭环模式中响应交流输入电压的波动对负载电流的检测值进行负反馈调节,从而在工频周期的半周期中维持LED灯的稳定亮度。该负反馈调节还提高了LED驱动电路的效率。
- [0049] 对于大导通角的情形,在交流输入电压的幅值增大的情节下,电流控制电路中的闭环控制模块对负载电流进行负反馈调节。该控制方法不仅可以响应用户的调光动作改变LED灯的亮度以实现亮度调节,而且对于该亮度调节已经设定的导通角,在连续的半周期中可以维持LED灯的亮度大致稳定,因而可以减少甚至消除“闪灯”现象。
- [0050] 对于小导通角的情形,电流控制电路中的开环控制模块将负载电流维持为基准电流,使得开环模式的负载电流小于闭环模式的负载电流,从而减小交流输入电压的波动对连续半周期中的LED灯的亮度的影响。该控制方法不仅可以响应用户的调光动作改变LED灯的亮度以实现亮度调节,而且对于该亮度调节已经设定的导通角,在连续的半周期中可以维持LED灯的亮度大致稳定,因而可以减少甚至消除“闪灯”现象。
- [0051] 在优选的实施例中,电流控制电路中的闭环控制模块将与负载电流相关的补偿信

号与第三基准电压相叠加,以进一步改善对交流输入电压的波动的响应速度。

附图说明

[0052] 通过以下参照附图对本实用新型实施例的描述,本实用新型的上述以及其他目的、特征和优点将更为清楚。

[0053] 图1示出根据现有技术的可控硅调光控制系统的示意性电路图。

[0054] 图2示出根据现有技术的可控硅调光控制系统的工作波形图。

[0055] 图3示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统的示意性电路图。

[0056] 图4示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统中电流控制电路的示意性电路图。

[0057] 图5示出图4所示电流控制电路中的基准发生模块的电路示意图。

[0058] 图6至8分别示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统在不同导通角范围的工作波形图。

[0059] 图9示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统从开环模式向闭环模式过渡的工作波形图。

具体实施方式

[0060] 以下将参照附图更详细地描述本实用新型的各种实施例。在各个附图中,相同的元件采用相同或类似的附图标记来表示。为了清楚起见,附图中的各个部分没有按比例绘制。

[0061] 在本申请中,术语“导通角范围”表示在用户的调光动作下,调光器中的可控硅在交流电压的半工频周期中导通的电角度范围,例如,在正半周期中可控硅的小导通角范围为120度至180度,大导通角范围为90度至180度。LED灯在小导通角范围的亮度小于大导通角范围的亮度。

[0062] 图1示出根据现有技术的可控硅调光控制系统的示意性电路图。该可控硅调光控制系统100包括调光器110和LED驱动电路。LED驱动电路包括整流桥120、泄放电路130、以及主电路。

[0063] 如图1所示,调光器110串联连接在交流供电端和整流桥120的输入端之间。该调光器110根据用户的调光动作,对交流输入电压 V_{AC} 进行斩波,从而生成经过斩波的交流电压,该交流电压的导通角用于表征调光值。

[0064] 整流桥120将交流电压整流成脉动的直流母线电压 V_{BUS} ,该直流母线电压 V_{BUS} 例如具有半工频周期。主电路与泄放电路130并联连接在整流桥120的正输出端和负输出端之间,正输出端例如为正端,负输出端例如为负端。

[0065] 泄放电路130包括在整流桥120的正输出端和负输出端之间依次连接的晶体管Q2和电阻RS3,以及向晶体管Q2的控制端提供控制信号 V_{G1} 的泄放控制模块131。晶体管Q2可以是单个双极晶体管、金属氧化物半导体场效应管或由多个双极晶体管或金属氧化物半导体场效应管实现的组合。

[0066] 主电路包括在整流桥120的正输出端和负输出端之间依次串联连接的二极管D01、负载LED和电流控制电路140,以及与负载LED并联连接的电容C01。二极管D01的阳极连接至

整流桥120的正输出端,阴极连接至负载LED的阳极端,从而防止负载电流 I_o 倒流。电流控制电路140包括与负载LED串联连接的晶体管Q3和采样电阻RS1,以及向晶体管Q3的控制端提供控制信号VG2的恒流控制模块141。晶体管Q3可以是单个双极晶体管、金属氧化物半导体场效应管或由多个双极晶体管或金属氧化物半导体场效应管实现的组合。

[0067] 在可控硅调光控制系统100的工作状态,泄放电路130与主电路一起作为整流桥120的负载,从而可以在可控硅断开期间维持调光器110中的可控硅的正常工作。整流桥120提供的输入电流 I_{in} 分别在泄放电路130和主电路上分流为泄放电流 I_b 和负载电流 I_o 。

[0068] 电流控制电路140中的晶体管Q3工作于线性区。负载电流 I_o 依次流经晶体管Q3和采样电阻RS1。该采样电阻RS1两端的电压降为电流采样信号VS,用于表征负载电流 I_o 的数值。在电流控制电路140中,恒流控制模块141根据电流采样信号VS调节控制信号VG2的大小,从而维持负载电流 I_o 大致稳定,以及根据直流母线电压VBUS调节负载电流 I_o 在半工频周期中的持续时间,从而实现调光。

[0069] 图2示出根据现有技术的可控硅调光控制系统的工作波形图。曲线VBUS和 I_o 分别表示直流母线电压和负载电流随时间的变化。在调光器中,根据用户的调光动作对交流输入电压进行斩波。在LED驱动电路中,整流桥120将经过斩波的交流输入电压整流成直流母线电压VBUS。如

[0070] 图2所示,如果直流母线电压VBUS大于负载电压 V_{LED} ,则产生负载电流 I_o 流经作为负载的LED灯,使得LED灯点亮,如果直流母线电压VBUS小于等于负载电压 V_{LED} ,则未产生负载电流 I_o 。因此,在工频周期的正半周期和负半周期,LED灯均获得与交流输入电压的斩波波形相对应的点亮时间,从而实现与调光动作相对应的亮度。

[0071] 由于可控硅的自身特性,调光器在交流电压的正半周期和负半周期产生不对称的交流电压波形。在现有技术的LED驱动电路中,该不对称的交流电压波形导致在工频周期的正半周期和负半周期中,产生幅值和持续时间均变化的负载电流,从而出现“闪灯”的问题。

[0072] 图3示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统的示意性电路图。该可控硅调光控制系统200包括调光器110和LED驱动电路。调光器110的工作方式与图1所示的现有技术的可控硅调光控制系统相同,在此不再详述。LED驱动电路包括整流桥120、泄放电路130、以及主电路。以下仅详细描述LED驱动电路的工作方式。

[0073] 整流桥120将交流电压整流成脉动的直流母线电压VBUS,该直流母线电压VBUS例如具有半工频周期。主电路与泄放电路130并联连接在整流桥120的正输出端和负输出端之间。

[0074] 泄放电路130包括在整流桥120的正输出端和负输出端之间依次连接的晶体管Q2和电阻RS3,以及向晶体管Q2的控制端提供控制信号VG1的泄放控制模块131。晶体管Q2可以是单个双极晶体管、金属氧化物半导体场效应管或由多个双极晶体管或金属氧化物半导体场效应管实现的组合。

[0075] 主电路包括在整流桥120的正输出端和负输出端之间依次串联连接的二极管D01、负载LED和电流控制电路240,以及与负载LED并联连接的电容C01。二极管D01的阳极连接至整流桥120的正输出端,阴极连接至负载LED,从而防止负载电流 I_o 倒流。

[0076] 电流控制电路240包括闭环控制模块241、开环控制模块242、选择模块243、以及在负载LED和接地端之间依次串联连接的晶体管Q3和采样电阻RS2、RS1。闭环控制模块241连

接至采样电阻RS1的两端以获得电流采样信号VS1,连接至整流桥120的正输出端以获得直流母线电压VBUS,或者连接至负载LED与晶体管Q3的中间节点以获得直流母线电压VBUS的相应信号。闭环控制模块241产生第一信号VC1。开环控制模块242连接至电阻RS2的两端以获得电流采样信号VS2、以及产生第二信号VC2。选择模块243选择第一信号VC1和第二信号VC2之一作为晶体管Q3的控制信号VG2,以控制晶体管Q3的导通状态。晶体管Q3可以是单个双极晶体管、金属氧化物半导体场效应管或由多个双极晶体管或金属氧化物半导体场效应管实现的组合。

[0077] 在可控硅调光控制系统200的工作状态,泄放电路130与主电路一起作为整流桥120的负载,从而可以在可控硅断开期间维持调光器110中的可控硅的正常工作。整流桥120提供的输入电流 I_{in} 分别在泄放电路130和主电路上分流为泄放电流 I_b 和负载电流 I_o 。该泄放电流 I_b 例如维持为恒定电流。

[0078] 在主电路中,负载电流 I_o 依次流经负载LED和电流控制电路240。进一步地,电流控制电路240中的晶体管Q3工作于线性区,采样电阻RS1和RS2两端的电压降分别作为电流采样信号VS1和VS2,用于表征负载电流 I_o 的数值。闭环控制模块241根据电流采样信号VS1、直流母线电压VBUS产生第一信号VC1,开环控制模块242根据电流采样信号VS2产生第二信号VC2。选择模块243选择第一信号VC1和第二信号VC2之一作为晶体管Q3的控制信号。

[0079] 在调光器110中的可控硅的不同导通角下,闭环控制模块241和开环控制模块242之一可以控制晶体管Q3的导通状态。例如,在小导通角范围,开环控制模块242控制晶体管Q3的导通状态,使得采样电阻RS2两端的电压降恒定,因而,负载电流 I_o 维持为预定值,不会随着用户的调光动作而改变。在大导通角范围,闭环控制模块241控制晶体管Q3的导通状态,根据直流母线电压VBUS的电压波形,对负载电流 I_o 进行负反馈补偿。

[0080] 作为负载的LED灯的亮度是负载电流的幅值和在半周期中的持续时间的叠加效果。如上所述,在现有技术的可控硅调光控制系统中,在工频周期的连续半周期中,电压幅值越高,则负载电流在工频周期的半周期中持续时间越长,且负载电流的幅值越高,在同一导通角下,交流电压波形不对称时,导致作为负载的LED灯的亮度随着半周期变化,因而出现“闪灯”现象。与现有技术不同,在根据本实用新型实施例的可控硅调光中,在工频周期的连续半周期中,电压幅值越高,则负载电流在工频周期的半周期中持续时间越长,然而,电流控制电路240中的闭环控制模块241对负载电流 I_o 进行负反馈调节。该控制方法不仅可以响应用户的调光动作改变LED灯的亮度以实现亮度调节,而且对于该亮度调节已经设定的导通角,在连续的半周期中可以维持LED灯的亮度大致稳定,因而可以减少甚至消除“闪灯”现象。

[0081] 图4示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统中电流控制电路的示意性电路图。参见图3,电流控制电路240包括闭环控制模块241、开环控制模块242、选择模块243、以及在负载LED和接地端之间依次串联连接的晶体管Q3和采样电阻RS2、RS1。在图4中进一步示出闭环控制模块241、开环控制模块242和选择模块243的内部电路结构。

[0082] 闭环控制模块241包括电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电容C2、提供基准电压REF1的第一基准电压源、提供基准电压REF2的第二基准电压源、提供基准电压REF3的第三基准电压源、比较器B1、运算放大器A1、加减法电路U1、以及基准发生模块U2。

[0083] 比较器B1的同相输入端连接至采样电阻RS1和RS2的中间节点以接收电流采样信

号VS1,反相输入端接收基准电压REF1。也即,第一基准电压源的正端和负端分别连接到比较器B1的反相输入端和地。比较器B1将电流采样信号VS1与基准电压REF1相比较以产生检测信号。基准发生模块U2的输入端连接至比较器B1的输出端,以获得检测信号,并且产生与检测信号相对应的电压信号。

[0084] 运算放大器A1的同相输入端连接至基准发生模块U2的输出端以接收电压信号,反相输入端经由电阻R5接收基准电压REF2,以及经由电阻R6连接至采样电阻RS1和RS2的中间节点。电容C2连接在运算放大器A1的输出端和反相输入端之间。运算放大器A1、电阻R6和电容C2组成积分模块,运算放大器A1将基准发生模块U2提供的电压信号与基准电压REF2相比较,并且进行积分运算,以获得补偿信号COMP。

[0085] 加减法电路U1的第一正输入端连接运算放大器A1的输出端以接收补偿信号COMP,第二正输入端接收基准电压REF3,负输入端连接至电阻R3和R4的中间节点以获得反馈信号,输出端提供第二信号VC2。电阻R3和R4串联连接在整流桥120的正负输出端,以获得直流母线电压VBUS。

[0086] 开环控制模块242包括提供基准电压REF4的第四基准电压源和运算放大器A2。

[0087] 电阻RS2的一端连接至运算放大器A2的反相输入端,另一端连接至电阻RS1。运算放大器A2的同相输入端接收基准电压REF4。第四基准电压源的负端连接至采样电阻RS1和RS2的中间节点,即基准电压REF4是相对于采样电阻RS1和RS2的中间节点电位的预定电压。运算放大器A2的反相输入端连接至晶体管Q3和采样电阻RS2的中间节点。运算放大器A2将电流采样信号VS2与基准电压REF4相比较,以产生第二信号VC2。

[0088] 选择模块243包括二极管D2和D3。二极管D2的阳极连接至闭环控制模块241的输出端以接收第一信号VC1,二极管D3的阳极连接至开环控制模块242的输出端以接收第二信号VC2。二极管D2和D3的阴极彼此连接,并且连接至晶体管Q3的控制端。选择模块243将第一信号VC1和第二信号VC2相比较,选择信号电平较高者作为晶体管Q3的控制信号VG2。

[0089] 在优选的实施例中,电流控制电路240还包括连接在晶体管Q3和地之间的电阻R6。电阻R6作为控制端对地放电电阻。在晶体管Q3的控制端获得高电压之后,如果重新获得低电压,控制端经由电阻R6放电,从而可以恢复到低电压的控制状态。

[0090] 在图4所示的电流控制电路240中,选择模块243选择第一信号VC1和第二信号VC2之一,因此,闭环控制模块241和开环控制模块242择一地用于控制负载电流,电流控制电路240相应地工作于闭环模式、开环模式和混合模式之一。在混合模式中,在负载电流的持续时间内,电流控制电路240先后工作于开环模式和闭环模式。

[0091] 在第一信号VC1的信号电平小于第二信号VC2的信号电平的情形(例如,可控硅的小导通角范围)下,电流控制电路240工作于开环模式。当直流母线电压VBUS小于等于负载电压VLED时,晶体管Q3无法工作。当直流母线电压VBUS大于负载电压VLED时,晶体管Q3工作,如果 $I_o > (REF4/RS2)$,那么运算放大器A2输出为低电平,开环控制模块242不起作用,闭环控制模块241起作用;如果 $I_o \leq (REF4/RS2)$,运算放大器A2迅速调节输出电压,使得 $I_o = (REF4/RS2)$ 。该时刻非常短,几乎可以认为是立即完成的,开环控制模块242起作用,闭环控制模块241不起作用。

[0092] 在开环控制模块242起作用时,负载电流 I_o 维持为预定值。此时, $I_o = REF4/RS2$ 。因此,REF4/RS2表示基准电流,应该大于可控硅最小维持电流。

[0093] 在第一信号VC1的信号电平大于等于第二信号VC2的信号电平的情形(例如,可控硅的大导通角范围)下,电流控制电路240工作于闭环模式。 $REF1 < REF4 * RS1 / RS2$,在负载电流 I_o 大于零时,比较器B1输出的检测信号是高电平,即表示负载电流 I_o 的持续时间。导通角越大,则负载电流 I_o 的持续时间越长。基准发生模块U2将检测信号的方波转化为电压信号。负载电流 I_o 的持续时间越长,电压信号的电平越高。当负载电流 I_o 的持续时间增加到一定值的时候,即使持续时间进一步增加,电压信号不再增加,即负载电流高钳位。

[0094] 运算放大器A1、电阻R6和电容C2组成积分模块,产生补偿信号COMP。电阻R5、电阻R6组成叠加电路。由于电阻R5、电阻R6远远大于采样电阻RS1,因此,即使在采样电阻RS1两端没有电压,运算放大器A1的反相输入端也存在着偏置电压。该偏置电压为 $V_p = REF2 * R6 / (R5 + R6)$ 。由于运算放大器A1的反相输入端存在偏置电压。当基准发生电路U2产生的电压信号小于等于 $(V_p + D * REF4 * RS1 * R5 / RS2 / (R5 + R6))$,D为在半个工频周期中主回路工作时间占空比,运算放大器A1饱和,补偿信号COMP为低电平。当基准发生电路U2产生的电压信号大于 $(V_p + D * REF4 * RS1 * R5 / RS2 / (R5 + R6))$,运算放大器A1产生的补偿信号COMP翻转为高电平,使得电流控制电路240的闭环控制模块241控制晶体管Q3的导通状态,从而调整负载电流 I_o 的检测值。加减法电路U1根据直流母线电压VBUS、补偿信号COMP和基准电压REF3产生第一信号VC1。电阻R3和R4将把直流母线电压VBUS分压成反馈信号 V_{in} ,加减法电路U1产生的第一信号 $VC1 = COMP + REF3 - V_{in}$ 。因此,交流输入电压的幅值越高,则晶体管Q3的控制信号VG2越小,相应地,瞬时的负载电流 I_o 越小。

[0095] 在闭环控制模块241起作用时,在交流电压存在不对称性的情形下,响应于交流电压在工频周期的正半周期和负半周期的波动,对负载电流 I_o 进行负反馈调节,使得在连续的半周期中可以维持LED灯的亮度大致稳定。

[0096] 可以理解,上述的小导通角范围和大导通角范围是相对的术语,仅仅是为了便于理解本实用新型的实施例,而非限制本实用新型的实施例。例如,在电流控制电路240中,设置基准电压REF1的数值,以获得预定电路设计要求的小导通角范围和大导通角范围。

[0097] 图5示出图4所示电流控制电路中的基准发生模块的电路示意图。基准发生模块U2将检测信号的方波转化为电压信号。

[0098] 基准发生模块U2包括齐纳二极管Z1、电容C11和电阻R11。电阻R11和电容C11串联连接在基准发生模块U2的输入端和地之间,组成低通滤波器,将检测信号的方波滤波成与其检测值相对应的电压信号。电阻R11和电容C11的中间节点连接至基准发生模块U2的输出端,以提供电压信号。齐纳二极管Z1连接在基准发生模块U2的输出端和地之间,对该电压信号进行高钳位。

[0099] 因此,基准发生模块U2产生的电压信号的大小与负载电流 I_o 的持续时间相关。负载电流 I_o 的持续时间越长,电压信号的电平越高。当负载电流 I_o 的持续时间增加到一定值的时候,即使持续时间进一步增加,电压信号由于高钳位而不再增加。

[0100] 图6至8分别示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统在不同导通角范围的工作波形图。在图中,曲线VG1、VBUS、 I_o 、 $REF4 / RS2$ 分别表示泄放电路130中的晶体管Q2的控制信号、以及电流控制电路中的直流母线电压、负载电流、基准电流随时间的变化。

[0101] 如图6所示,在 t_0-t_3 的工频半周期中,调光器110中可控硅的导通角范围例如为30

度至180度,LED驱动电路中的电流控制电路240相应地工作于闭环模式。在 t_0-t_1 的时间段和 t_2-t_3 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 未超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3断开。在 t_1-t_2 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3导通。电流控制电路240的闭环控制模块241控制晶体管Q3的导通状态,从而控制负载电流 I_o 。由于该导通角范围对应的负载电流 I_o 持续时间长,因此,基准发生模块U2输出的电压信号高钳位。运算放大器A1根据电压信号产生补偿信号COMP,加减法电路U1根据直流母线电压 V_{BUS} 和补偿信号COMP产生第一信号VC1作为晶体管Q3的控制信号VG2,提供至晶体管Q3的控制端。在该模式中,直流母线电压 V_{BUS} 越高,晶体管Q3的控制信号VG2越低。因此,负载电流 I_o 呈现如图所示的U形波形。由于 I_o 工作电流一直大于设定的基准电流 $REF4/RS2$,因此,在电流控制电路240中仅闭环控制模块241控制晶体管Q3的导通状态,而开环控制模块242未起作用。

[0102] 泄放电路130的晶体管Q2在 t_0-t_1' 的时间段和 $t_2'-t_3$ 的时间段导通,在 t_1-t_2 的时间段断开。

[0103] 如图7所示,在 t_0-t_4 的工频半周期中,调光器110中可控硅的导通角范围例如为100度至180度,LED驱动电路中的电流控制电路240工作于混合模式,即先后工作于开环模式和闭环模式。在 t_0-t_1 的时间段和 t_3-t_4 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 未超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3断开。在 t_1-t_3 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3导通。在电流控制电路240的闭环控制模块241中,比较器B1和基准发生模块U2将负载电路 I_o 的持续时间转化为对应的电压信号。在 t_1-t_2 的时间段,由于闭环控制模块241的加减法电路U1负补偿直流母线电压,负载电流 I_o 小于基准电流 $REF4/RS2$,因此,在电流控制电路240中仅开环控制模块242控制晶体管Q3的导通状态,而闭环控制模块241未起作用。该负载电流 I_o 维持为基准电流 $REF4/RS2$,直至负载电流 I_o 无法维持恒定而升高。在 t_2-t_3 的时间段,负载电流 I_o 超过基准电流 $REF4/RS2$,因此,在电流控制电路240中仅闭环控制模块241控制晶体管Q3的导通状态,而开环控制模块242未起作用。

[0104] 在电流控制电路240的开环控制模块242起作用的情形下,电流控制电路240维持恒定的负载电流 I_o 。在电流控制电路240的闭环控制模块241起作用的情形下,电流控制电路240响应于交流电压在工频周期的正半周期和负半周期的波动,对负载电流 I_o 进行负反馈调节,使得在连续的半周期中可以维持LED灯的亮度大致稳定。

[0105] 泄放电路130的晶体管Q2在 t_0-t_1' 的时间段导通,在 $t_1'-t_4$ 的时间段断开。

[0106] 如图8所示,在 t_0-t_3 的工频半周期中,调光器110中可控硅的导通角范围例如为135度至180度,LED驱动电路中的电流控制电路240相应地工作于开环模式。在 t_0-t_1 的时间段和 t_2-t_3 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 未超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3断开。在 t_1-t_2 的时间段中,直流母线电压 V_{BUS} 超过负载电压 V_{LED} ,电流控制电路240的晶体管Q3导通。在 t_1-t_2 的时间段,在闭环控制模块241中,基准发生模块U2产生的电压信号小于或等于 $(V_p+D*REF4*RS1*R5/RS2/(R5+R6))$,运算放大器A1产生的补偿信号COMP饱和且为低电平,此时,负载电流 I_o 完全由开环控制模块242来控制。因此,在电流控制电路240中仅开环控制模块242控制晶体管Q3的导通状态,而闭环控制模块241未起作用。该负载电流 I_o 维持为基准电流 $REF4/RS2$ 。

[0107] 在电流控制电路240的开环控制模块242起作用的情形下,电流控制电路240维持

恒定的负载电流 I_o 。从波形上看,当调光器在交流电压的正半周期和负半周期产生不对称的交流电压波形时,在连续的半周期中,电流控制电路240产生的负载电流 I_o 峰值是一样的,但是持续时间不对称。电流控制电路240工作于开环模式中,开环控制模块242将负载电流维持为较低值,从而减小了LED的亮度波动,使得“闪灯”现象明显改善。

[0108] 泄放电路130的晶体管Q2在 t_0-t_1' 的时间段导通,在 $t_1'-t_3$ 的时间段断开。

[0109] 图9示出根据本实用新型实施例的可控硅调光控制系统从开环模式向闭环模式过渡的工作波形图。在图中,曲线COMP表示电流控制电路中的补偿信号随时间的变化。

[0110] 在电流控制电路240的闭环控制模块241中,加减法电路U1将直流母线电压VBUS、补偿信号COMP和基准电压REF3叠加以产生第一信号VC1。

[0111] 如果没有叠加基准电压REF3,则从开环模式过渡到闭环模式的时间是 t_5-t_7 的时间段。如果叠加基准电压REF3,则从开环模式过渡到闭环模式的时间是 t_5-t_6 的时间段。因此,在补偿信号COMP上叠加基准电压REF3可以改善从开环模式过渡到闭环模式的响应速度,大大改善由于响应时间导致的电流突变问题。

[0112] 本实用新型的实施例如上文所述,这些实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该实用新型仅为所述的具体实施例。显然,根据以上描述,可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例,是为了更好地解释本实用新型的原理和实际应用,从而使所属技术领域技术人员能很好地利用本实用新型以及在本实用新型基础上的修改使用。本实用新型的保护范围应当以本实用新型权利要求所界定的范围为准。

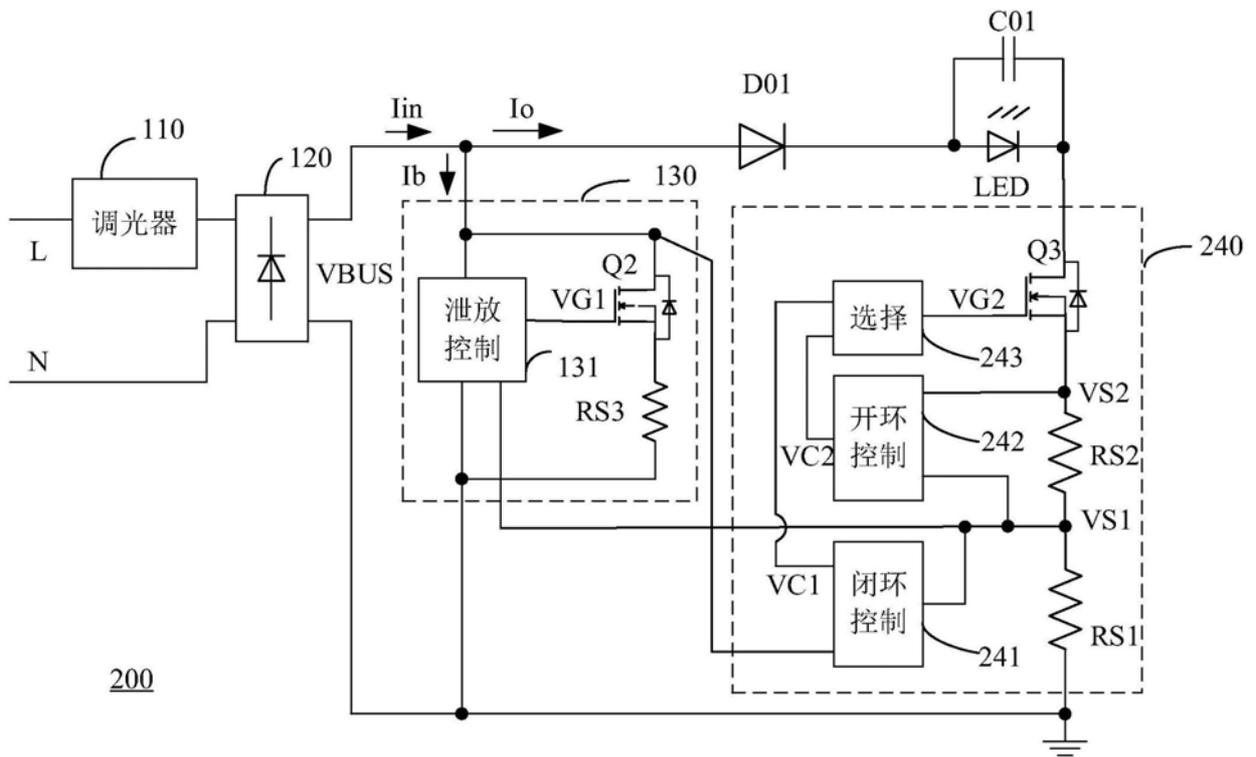
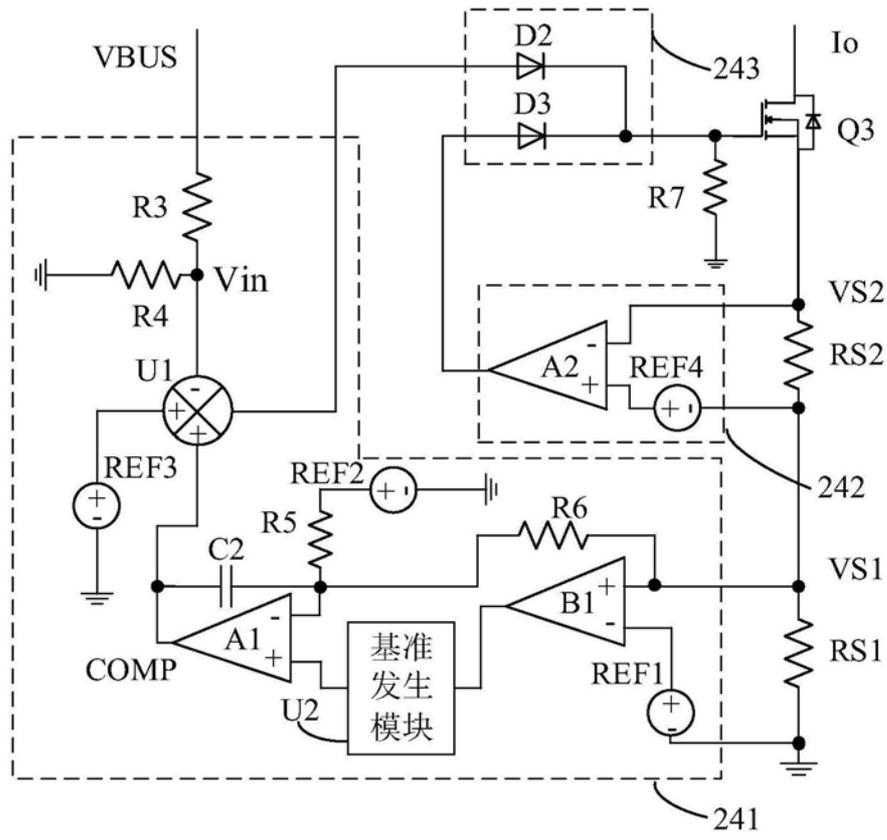


图3



240

图4

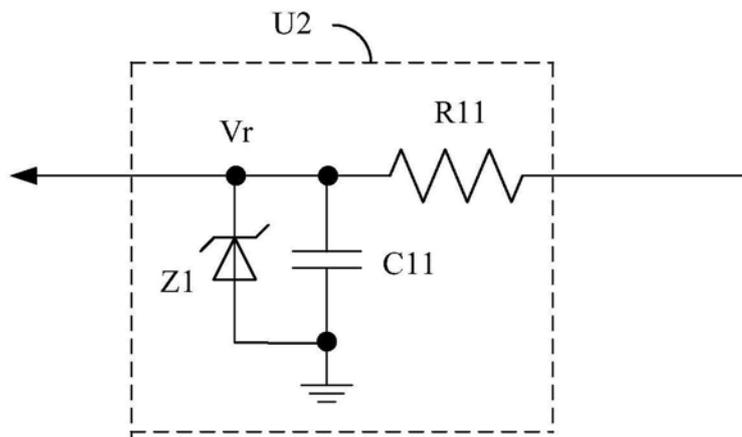


图5

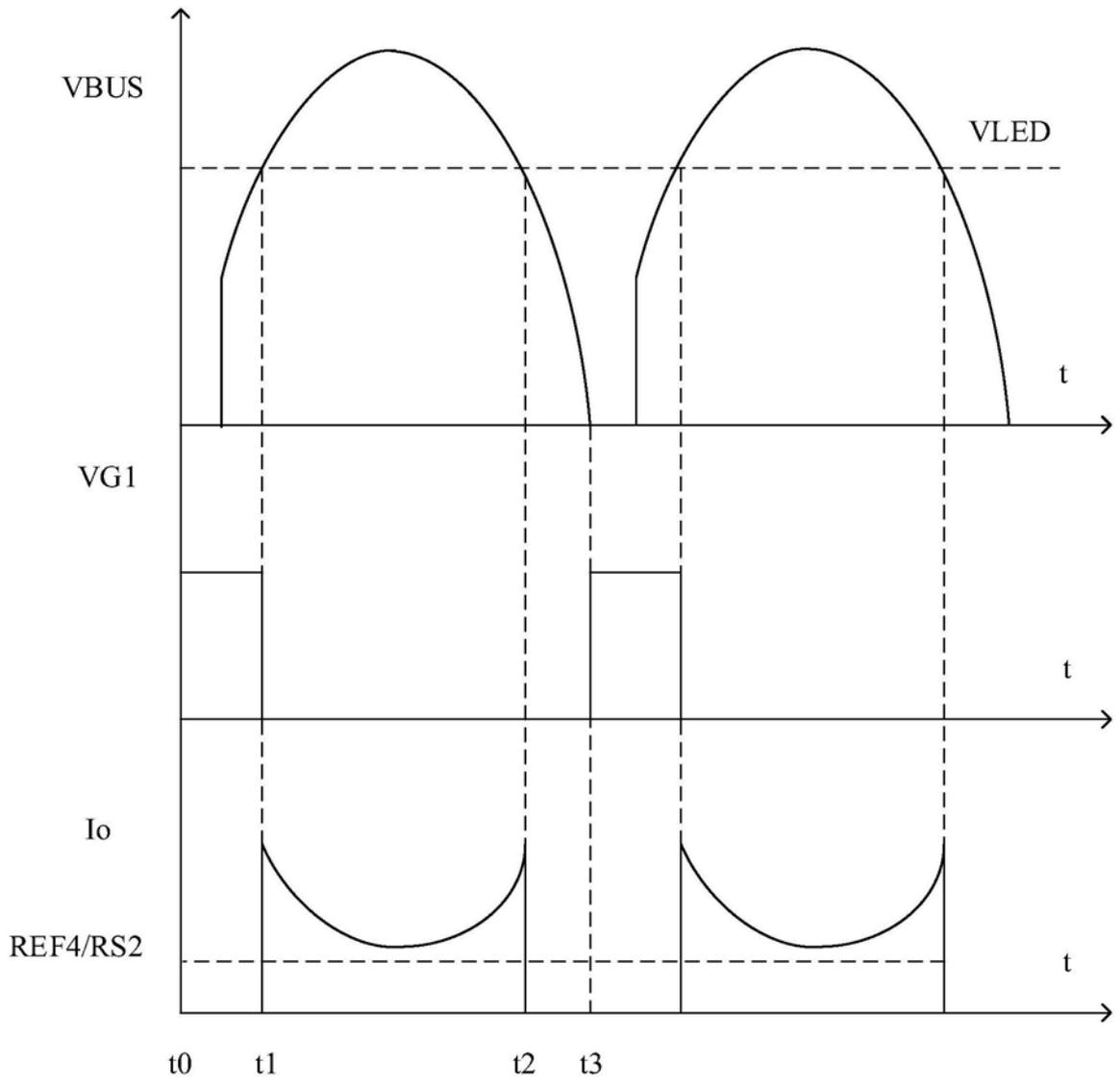


图6

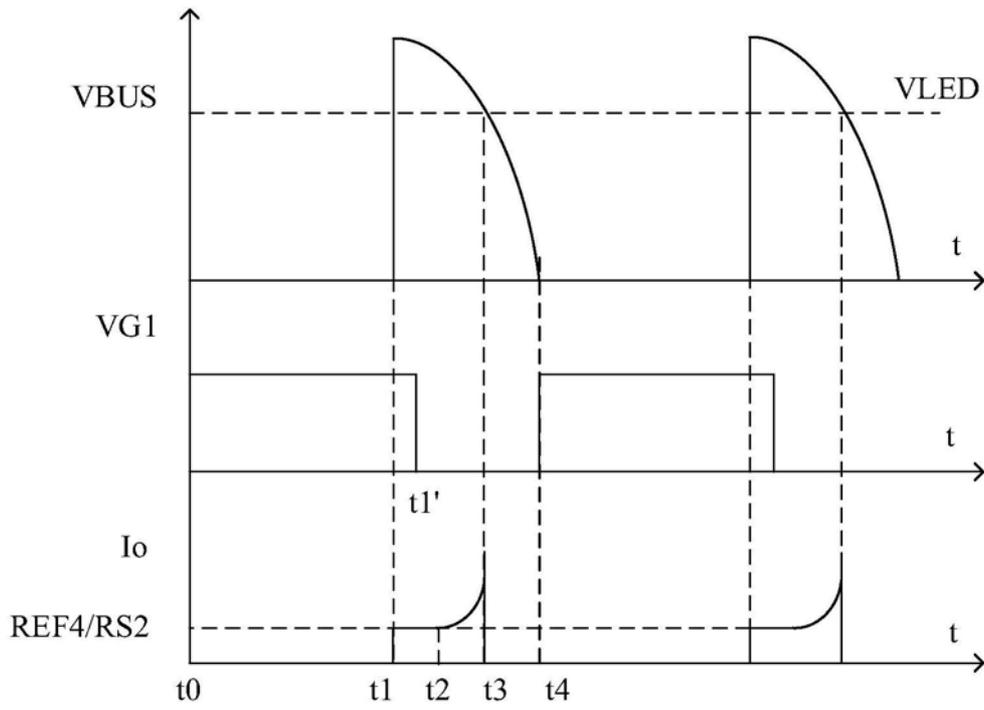


图7

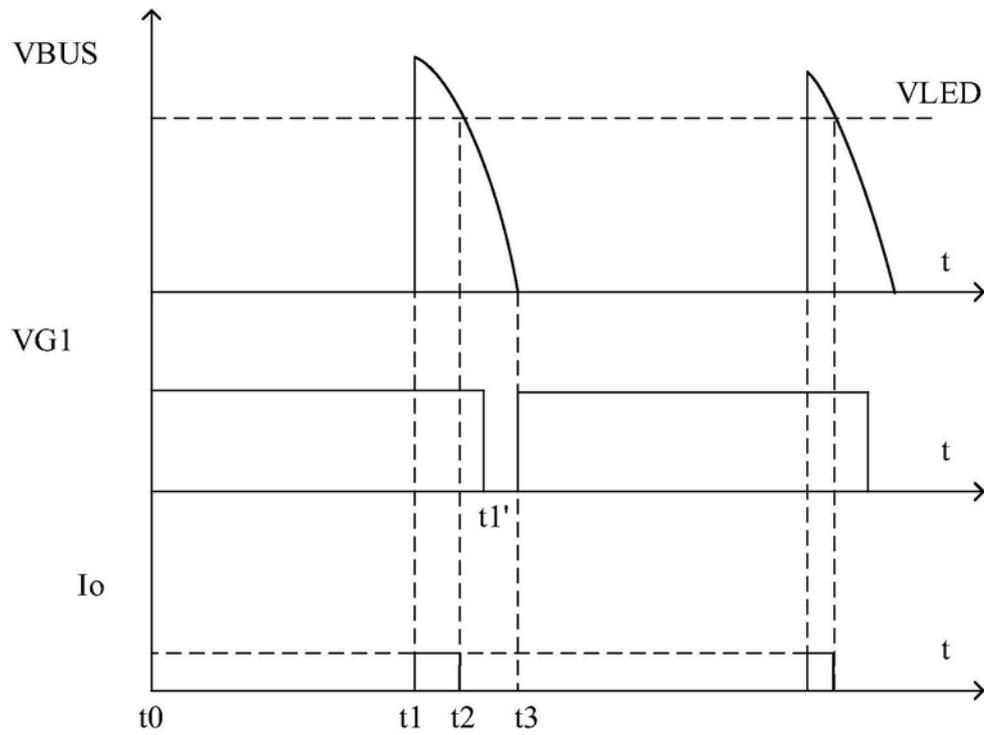


图8

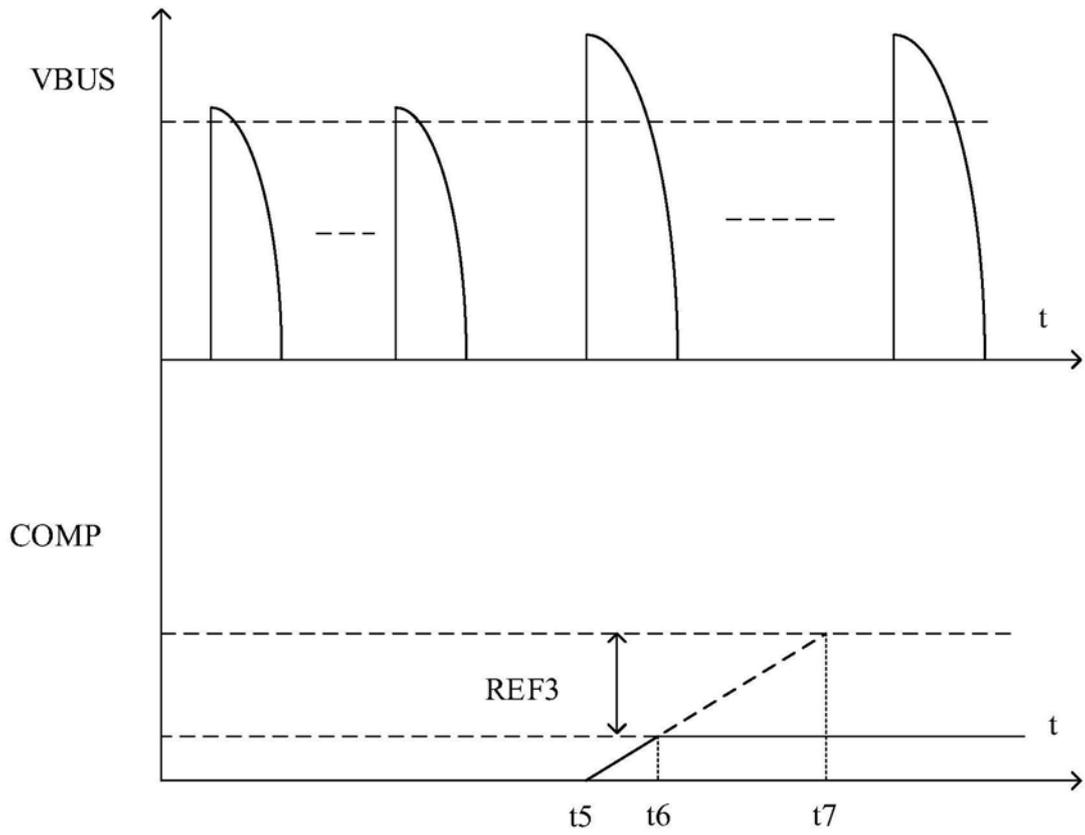


图9