



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103546033 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201310522881. 9

US 2010244789 A1, 2010. 09. 30,

(22) 申请日 2013. 10. 29

袁冰等. 片内频率补偿实现电流模 DC-DC 高稳定性. 《西安电子科技大学学报(自然科学版)》. 2008, 第 35 卷(第 4 期),

(73) 专利权人 矽力杰半导体技术(杭州)有限公司

审查员 刘侠

地址 310012 浙江省杭州市文三路 90 号科技大厦 A1501

(72) 发明人 余峰 赵晨

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务所(普通合伙) 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

H02M 3/155(2006. 01)

H02M 1/088(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101217255 A, 2008. 07. 09,

CN 1592063 A, 2005. 03. 09,

CN 101728953 A, 2010. 06. 09,

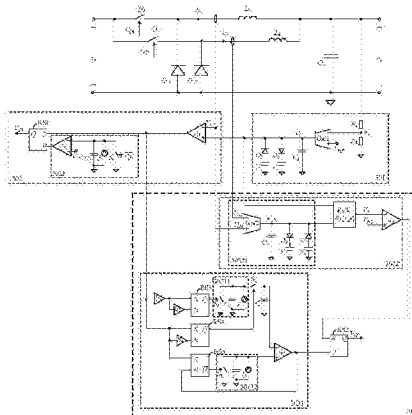
权利要求书3页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

用于交错并联式开关电源的控制电路

(57) 摘要

本发明提供一种用于交错并联式开关电源的控制电路,所述开关电源包括交错并联的两路电压调整电路,所述交错并联式开关电源的输入端接有输入电源,所述电压调整电路用于提升或降低所述输入电源的电压,并通过所述交错并联式开关电源的输出端输出质量更高的直流电压,所述控制电路包括反馈补偿信号产生电路、第一路开关控制电路和第二路开关控制电路。本发明提供的用于交错并联式开关电源的控制电路能够将两路电压调整电路中主开关管的相位差强制调制为 180°,解决了将恒定导通时间控制方式运用于交错并联式开关电源时,难以做到两路电压调整电路之间的交错并联的问题。



1.一种用于交错并联式开关电源的控制电路,所述交错并联式开关电源包括交错并联的第一路电压调整电路和第二路电压调整电路,其特征在于,采用了恒定导通时间控制方式,所述控制电路包括:

反馈补偿信号产生电路,其用于采样所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,并通过运算和补偿以输出一反馈补偿信号;

第一路开关控制电路,其用于接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,并将其与所述反馈补偿信号进行比较,当两者相等时,所述第一路开关控制电路控制所述第一路电压调整电路中的第一主开关管导通一预设时间,之后控制所述第一主开关管关断;

所述第一路开关控制电路包括第一比较器、第一关断信号产生电路和第一RS触发器,

所述第一比较器的反相输入端接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,同相输入端接收所述反馈补偿信号,通过比较所述电压信号和所述反馈补偿信号,输出端产生第一路开关开通信号给所述第一RS触发器的置位端;

所述第一关断信号产生电路接收所述第一主开关管的控制信号,在所述第一主开关管的控制信号为有效时,所述第一关断信号产生电路开始工作,经过所述预设时间,产生第一路开关关断信号给所述第一RS触发器的复位端,以控制所述第一主开关管的导通时间为所述预设时间;

所述第一RS触发器的输出端用于产生所述第一主开关管的控制信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一RS触发器置位,产生的所述第一主开关管的控制信号为有效,控制所述第一主开关管导通,当所述第一路开关关断信号为有效时,所述第一RS触发器复位,产生的所述第一主开关管的控制信号为无效,控制所述第一主开关管关断;

第二路开关控制电路,其用于在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,控制所述第二路电压调整电路中的第二主开关管导通,其中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期,同时还比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时增加或缩短所述第二主开关管的导通时间,之后控制所述第二主开关管关断,在多次调节所述第二主开关管的导通时间后最终使所述电感电流平均值相等;

所述第二路开关控制电路包括相差控制电路、第二关断信号产生电路和第二RS触发器,

所述相差控制电路接收所述第一路开关开通信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一主开关管的控制信号为有效,所述第一主开关管导通,并在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器的置位端,其中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期;

所述第二关断信号产生电路比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时,调整所述第二关断信号产生电路产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器的复位端的时间,以在多次调节后最终使所述电感电流平均值相等;

所述第二RS触发器的输出端用于产生所述第二主开关管的控制信号,当所述第二路开关开通信号为有效时,所述第二RS触发器置位,产生的所述第二主开关管的控制信号为有

效,控制所述第二主开关管导通,当所述第二路开关关断信号为有效时,所述第二RS触发器复位,产生的所述第二主开关管的控制信号为无效,控制所述第二主开关管关断。

2.根据权利要求1所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述第一关断信号产生电路包括第一开关、第一电流源、第一电容和第二比较器,

所述第一开关、所述第一电流源和所述第一电容为并联连接,其第一公共端连接至所述第二比较器的同相输入端,第二公共端接地;其中,所述第一开关由所述第一主开关管的控制信号控制,当所述第一主开关管的控制信号为有效时,即所述第一开关关断时,所述第一电流源对所述第一电容充电,当所述第一主开关管的控制信号为无效时,即所述第一开关开通时,所述第一电容上的电压被拉低至地;

所述第二比较器的反相输入端接收第二基准电压,当所述第一电容上的电压被充电至所述第二基准电压时,所述第二比较器的输出端产生所述第一路开关关断信号。

3.根据权利要求1所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述相差控制电路包括第一缓冲器、第二缓冲器、第三缓冲器、第三RS触发器、第四RS触发器、第五RS触发器、第一充电电路、第二充电电路、第二开关、采样电容和第三比较器,

所述第一缓冲器的输入端与所述第一比较器的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器的置位端连接,所述第二缓冲器的输入端与所述第一缓冲器的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器的复位端连接,所述第三RS触发器的输出端产生第一控制信号给所述第一充电电路;

所述第三缓冲器的输入端与所述第一比较器的输出端连接,其输出端与所述第四RS触发器的复位端连接,所述第四RS触发器的置位端与所述第一比较器的输出端连接,所述第四RS触发器的输出端产生开关控制信号给所述第二开关;

所述第五RS触发器的置位端与所述第一比较器的输出端连接,所述第五RS触发器的复位端与所述第三比较器的输出端连接,所述第五RS触发器的互补输出端产生第二控制信号给所述第二充电电路;

所述第一充电电路接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为无效时,所述第一充电电路中的第二电容开始充电,所述第一充电电路将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间即为所述第一主开关管的一个开关周期;

所述采样电容的正极与所述第三比较器的反相输入端连接,负极与地连接;

所述第二开关串联连接在所述第一充电电路的输出端与所述采样电容的正极之间,所述开关控制信号控制所述第二开关的开通或断开,当所述开关控制信号为有效时,所述第二开关开通,所述采样电容的电压值等于所述第一充电电路的输出电压最大值,当所述开关控制信号为无效时,所述第二开关断开,保持所述采样电容的电压值等于所述第一充电电路的输出电压最大值;

所述第二充电电路接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为无效时,所述第二充电电路中的第三电容开始充电,所述第一充电电路与第二充电电路的输出电压最大值相同,所述第二充电电路将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间为所述第一充电电路的一半,所述第三电容的正极与所述第三比较器的同相输入端连接;

当所述第三电容的电压值与所述采样电容的电压值相等时,所述第三比较器的输出端产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器的置位端。

4. 根据权利要求3所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述第一充电电路包括第二电流源、第三开关和第二电容,所述第三开关接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为有效或无效时,所述第三开关分别闭合或断开,所述第二电流源、第三开关和第二电容并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第二开关。

5. 根据权利要求3所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述第二充电电路包括第三电流源、第四开关和第三电容,所述第四开关接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为有效或无效时,所述第四开关分别闭合或断开,所述第三电流源、第四开关和第三电容并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第三比较器的同相输入端。

6. 根据权利要求1所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述第二关断信号产生电路包括均流电路、模拟加法器和第四比较器,

所述均流电路用于比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并输出一表征两路电压调整电路中电感电流差值平均值大小的补偿电压信号;

所述模拟加法器的两个输入端分别接入所述反馈补偿信号与所述补偿电压信号,所述模拟加法器的输出端产生补偿基准信号给所述第四比较器的反相输入端;

所述第四比较器的同相输入端与反相输入端分别接入表征所述第二路电压调整电路中电感电流的电压信号与所述补偿基准信号,所述第四比较器的输出端产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器的复位端。

7. 根据权利要求6所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述均流电路包括第二跨导运算放大器和第二补偿电容,

所述第二跨导放大器的同相输入端与反相输入端分别接收表征所述第一路电压调整电路与第二路电压调整电路中电感电流的电压信号,

所述第二补偿电容跨接在所述第二跨导运算放大器的输出端和地之间,所述第二补偿电容上的电压为所述补偿电压信号。

8. 根据权利要求1至7任一项所述的用于交错并联式开关电源的控制电路,其特征在于,所述反馈补偿信号产生电路包括采样电路、第一跨导运算放大器和第一补偿电容,

所述采样电路用于采样所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,以得到电压采样信号;

所述第一跨导运算放大器的同相输入端接收第一基准电压,反相输入端接收所述电压采样信号;

所述第一补偿电容跨接在所述第一跨导运算放大器的输出端和地之间,所述第一补偿电容上的电压为所述反馈补偿信号。

用于交错并联式开关电源的控制电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电路设计领域,尤其涉及一种用于交错并联式开关电源的控制电路。

背景技术

[0002] 在开关电源中,为了减小功率器件的负担,提高电源的功率密度,减小输出电压纹波,使开关电源的输出电压具有更高的质量,常将主电路以交错并联的方式连接。

[0003] 如图1所示,以主电路为交错并联的两路buck电路(降压电路)为例,常规的交错并联式开关电源包括第一路电压调整电路、第二路电压调整电路和输出电容 C_o ,所述第一路电压调整电路包括第一主开关管Q1、第一电感L1和第一续流二极管D11,所述第二路电压调整电路包括第二主开关管Q2、第二电感L2和第二续流二极管D12,所述第一主开关管Q1和第二主开关管Q2的一端均与所述输入电源的正极连接,所述第一电感L1和第二电感L2的一端分别与所述第一主开关管Q1和第二主开关管Q2的另一端连接,所述第一电感L1另一端和所述第二电感L2的另一端连接,所述第一续流二极管D11的一端与所述第一主开关管Q1的另一端连接,所述第二续流二极管D12的一端与所述第二主开关管Q2的另一端连接,所述第一续流二极管D11和第二续流二极管D12的另一端均与所述输入电源的负极连接,所述输出电容 C_o 的正极与所述第一电感L1和第二电感L2的另一端连接,其另一端与所述输入电源的负极连接并接地,所述输出电容 C_o 的正、负极即为所述控制电路的输出端正、负极。

[0004] 根据交错并联的工作原理,第一主开关管Q1和第二主开关管Q2错相 180° 导通,产生电流 i_{L1} 和 i_{L2} 。电流 i_{L1} 和 i_{L2} 的纹波相互抵消,使输出电流 i_o 的电流纹波大大减小,频率则增大为原来的2倍,同时,输出电压 v_o 的电压纹波也大大减小。因此,可以减小电感L1、L2和输出电容 C_o 的容量,同时提高动态响应速度。相比于传统buck电路,采用交错并联的两路buck电路中,各路buck电路只需承担一半的输出功率,电感L1、L2和开关管Q1、Q2上承受的电流也仅为传统buck电路的一半。在高频下,输出电容 C_o 可以采用等效电阻较小的陶瓷电容,使该开关电源的输出更为稳定,开关电源系统的效率更高。

[0005] 通常采用定频控制方式易于实现上述交错并联式开关电源的错相控制。而在一般开关电源的设计中,由于恒定导通时间控制方式通常可以获得更好的动态响应,其补偿设计也更为方便,因而得到了广泛的应用。但如果将恒定导通时间控制方式运用于交错并联式开关电源,由于其工作频率是变化的,很难做到两路电压调整电路之间的交错并联。

发明内容

[0006] 本发明提供一种用于交错并联式开关电源的控制电路,以解决将恒定导通时间控制方式运用于交错并联式开关电源时,难以做到两路电压调整电路之间的交错并联的问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供一种用于交错并联式开关电源的控制电路,所述交错并联式开关电源包括交错并联的第一路电压调整电路和第二路电压调整电路,其特征在于,所述控制电路包括:

[0008] 反馈补偿信号产生电路,其用于采样所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,并通过运算和补偿以输出一反馈补偿信号;

[0009] 第一路开关控制电路,其用于接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,并将其与所述反馈补偿信号进行比较,当两者相等时,所述第一路开关控制电路控制所述第一路电压调整电路中的第一主开关管导通一预设时间,之后控制所述第一主开关管关断;

[0010] 第二路开关控制电路,其用于在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,控制所述第二路电压调整电路中的第二主开关管导通,其中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期,同时还比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时增加或缩短所述第二主开关管的导通时间,之后控制所述第二主开关管关断,在多次调节所述第二主开关管的导通时间后最终使所述电感电流平均值相等。

[0011] 进一步的,所述第一路开关控制电路包括第一比较器、第一关断信号产生电路和第一RS触发器,

[0012] 所述第一比较器的反相输入端接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,同相输入端接收所述反馈补偿信号,通过比较所述电压信号和所述反馈补偿信号,输出端产生第一路开关开通信号给所述第一RS触发器的置位端;

[0013] 所述第一关断信号产生电路接收所述第一主开关管的控制信号,在所述第一主开关管的控制信号为有效时,所述第一关断信号产生电路开始工作,经过所述预设时间,产生第一路开关关断信号给所述第一RS触发器的复位端,以控制所述第一主开关管的导通时间为所述预设时间;

[0014] 所述第一RS触发器的输出端用于产生所述第一主开关管的控制信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一RS触发器置位,产生的所述第一主开关管的控制信号为有效,控制所述第一主开关管导通,当所述第一路开关关断信号为有效时,所述第一RS触发器复位,产生的所述第一主开关管的控制信号为无效,控制所述第一主开关管关断。

[0015] 进一步的,所述第一关断信号产生电路包括第一开关、第一电流源、第一电容和第二比较器,

[0016] 所述第一开关、所述第一电流源和所述第一电容为并联连接,其第一公共端连接至所述第二比较器的同相输入端,第二公共端接地;其中,所述第一开关由所述第一主开关管的控制信号控制,当所述第一主开关管的控制信号为有效时,即所述第一开关关断时,所述第一电流源对所述第一电容充电,当所述第一主开关管的控制信号为无效时,即所述第一开关开通时,所述第一电容上的电压被拉低至地;

[0017] 所述第二比较器的反相输入端接收第二基准电压,当所述第一电容上的电压被充电至所述第二基准电压时,所述第二比较器的输出端产生所述第一路开关关断信号。

[0018] 进一步的,所述第二路开关控制电路包括相差控制电路、第二关断信号产生电路和第二RS触发器,

[0019] 所述相差控制电路接收所述第一路开关开通信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一主开关管的控制信号为有效,所述第一主开关管导通,并在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器的置位端,其

中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期;

[0020] 所述第二关断信号产生电路比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时,调整所述第二关断信号产生电路产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器的复位端的时间,以在多次调节后最终使所述电感电流平均值相等;

[0021] 所述第二RS触发器的输出端用于产生所述第二主开关管的控制信号,当所述第二路开关开通信号为有效时,所述第二RS触发器置位,产生的所述第二主开关管的控制信号为有效,控制所述第二主开关管导通,当所述第二路开关关断信号为有效时,所述第二RS触发器复位,产生的所述第二主开关管的控制信号为无效,控制所述第二主开关管关断。

[0022] 进一步的,所述相差控制电路包括第一缓冲器、第二缓冲器、第三缓冲器、第三RS触发器、第四RS触发器、第五RS触发器、第一充电电路、第二充电电路、第二开关、采样电容和第三比较器,

[0023] 所述第一缓冲器的输入端与所述第一比较器的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器的置位端连接,所述第二缓冲器的输入端与所述第一缓冲器的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器的复位端连接,所述第三RS触发器的输出端产生第一控制信号给所述第一充电电路;

[0024] 所述第三缓冲器的输入端与所述第一比较器的输出端连接,其输出端与所述第四RS触发器的复位端连接,所述第四RS触发器的置位端与所述第一比较器的输出端连接,所述第四RS触发器的输出端产生开关控制信号给所述第二开关;

[0025] 所述第五RS触发器的置位端与所述第一比较器的输出端连接,所述第五RS触发器的复位端与所述第三比较器的输出端连接,所述第五RS触发器的互补输出端产生第二控制信号给所述第二充电电路;

[0026] 所述第一充电电路接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为无效时,所述第一充电电路中的第二电容开始充电,所述第一充电电路将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间即为所述第一主开关管的一个开关周期;

[0027] 所述采样电容的正极与所述第三比较器的反相输入端连接,负极与地连接;

[0028] 所述第二开关串联连接在所述第一充电电路的输出端与所述采样电容的正极之间,所述开关控制信号控制所述第二开关的开通或断开,当所述开关控制信号为有效时,所述第二开关开通,所述采样电容的电压值等于所述第一充电电路的输出电压最大值,当所述开关控制信号为无效时,所述第二开关断开,保持所述采样电容的电压值等于所述第一充电电路的输出电压最大值;

[0029] 所述第二充电电路接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为无效时,所述第二充电电路中的第三电容开始充电,所述第一充电电路与第二充电电路的输出电压最大值相同,所述第二充电电路将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间为所述第一充电电路的一半,所述第三电容的正极与所述第三比较器的同相输入端连接;

[0030] 当所述第三电容的电压值与所述采样电容的电压值相等时,所述第三比较器的输出端产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器的置位端。

[0031] 进一步的,所述第一充电电路包括第二电流源、第三开关和第二电容,所述第三开关接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为有效或无效时,所述第三开关分别闭合

或断开,所述第二电流源、第三开关和第二电容并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第二开关。

[0032] 进一步的,所述第二充电电路包括第三电流源、第四开关和第三电容,所述第四开关接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为有效或无效时,所述第四开关分别闭合或断开,所述第三电流源、第四开关和第三电容并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第三比较器的同相输入端。

[0033] 进一步的,所述第二关断信号产生电路包括均流电路、模拟加法器和第四比较器,

[0034] 所述均流电路用于比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并输出一表征所述差值大小的补偿电压信号;

[0035] 所述模拟加法器的两个输入端分别接入所述反馈补偿信号与所述补偿电压信号,所述模拟加法器的输出端产生补偿基准信号给所述第四比较器的反相输入端;

[0036] 所述第四比较器的同相输入端与反相输入端分别接入表征所述第二路电压调整电路中电感电流的电压信号与所述补偿基准信号,所述第四比较器的输出端产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器的复位端。

[0037] 进一步的,所述均流电路包括第二跨导运算放大器和第二补偿电容,

[0038] 所述第二跨导放大器的同相输入端与反相输入端分别接收表征所述第一路电压调整电路与第二路电压调整电路中电感电流的电压信号,

[0039] 所述第二补偿电容跨接在所述第二跨导运算放大器的输出端和地之间,所述第二补偿电容上的电压为所述补偿电压信号。

[0040] 进一步的,所述反馈补偿信号产生电路包括采样电路、第一跨导运算放大器和第一补偿电容,

[0041] 所述采样电路用于采样所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,以得到电压采样信号;

[0042] 所述第一跨导运算放大器的同相输入端接收第一基准电压,反相输入端接收所述电压采样信号;

[0043] 所述第一补偿电容跨接在所述第一跨导运算放大器的输出端和地之间,所述第一补偿电容上的电压为所述反馈补偿信号。

[0044] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0045] 本发明提供的用于交错并联式开关电源的控制电路通过反馈补偿信号产生电路提取所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,并加以运算和补偿以输出一反馈补偿信号;通过第一路开关控制电路接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,并将其与所述反馈补偿信号进行比较,当两者相等时,所述第一路开关控制电路控制所述第一路电压调整电路中的第一主开关管导通一预设时间,之后控制所述第一主开关管关断;通过第二路开关控制电路在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,控制所述第二路电压调整电路中的第二主开关管导通,其中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期,同时还比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时增加或缩短所述第二主开关管的导通时间,之后控制所述第二主开关管关断,在多次调节所述第二主开关管的导通时间后最终使所述电感电流平均值相等,即在使两路电压调整电路的导通时间相等的同时实现了错

相 180° 导通,解决了将恒定导通时间控制方式运用于交错并联式开关电源时,难以做到两路电压调整电路之间的交错并联的问题,获得了更好的动态响应。

附图说明

[0046] 下面结合附图对本发明作进一步说明:

[0047] 图1为现有技术中交错并联式开关电源的电路结构图;

[0048] 图2为本发明实施例提供的用于交错并联式开关电源的控制电路的电路结构图。

[0049] 在图1和图2中,

[0050] 301:反馈补偿信号产生电路;

[0051] 302:第一路开关控制电路;3021:第一关断信号产生电路;

[0052] 303:第二路开关控制电路;3031:相差控制电路;30311:第一充电电路;30312:第二充电电路;3032:第二关断信号产生电路;30321:均流电路;

[0053] v_i :输入电源; v_o :输出电压;Q1:第一主开关管;Q2:第二主开关管;L1:第一电感;L2:第二电感;D11:第一续流二极管;D12:第二续流二极管; C_o :输出电容;

[0054] D1:第一二极管;D2:第二二极管;D3:第三二极管;D4:第四二极管;

[0055] V1:第一电源;V2:第二电源;V3:第三电源;V4:第四电源;

[0056] C1:第一补偿电容;C2:第一电容;C3:第二电容;C4:采样电容;C5:第三电容;C6:第二补偿电容;

[0057] R1:第一采样电阻;R2:第二采样电阻;

[0058] A1:第一比较器;A2:第二比较器;A3:第三比较器;A4:第四比较器;

[0059] B1:第一缓冲器;B2:第二缓冲器;B3:第三缓冲器;

[0060] Gm1:第一跨导运算放大器;Gm2:第二跨导运算放大器;

[0061] RS1:第一RS触发器;RS2:第二RS触发器;RS3:第三RS触发器;RS4:第四RS触发器;RS5:第五RS触发器;

[0062] S1:第一开关;S2:第二开关;S3:第三开关;S4:第四开关;

[0063] I1:第一电流源;I2:第二电流源;I3:第三电流源;

[0064] V_{ref1} :第一基准电压; V_{ref2} :第二基准电压; V_{c1} :反馈补偿信号; V_s :电压采样信号; V_{c6} :补偿电压信号; V_a :补偿基准信号; V_{iL1} :第一路电压调整电路支路电压信号; V_{iL2} :第二路电压调整电路支路电压信号。

具体实施方式

[0065] 以下结合附图和具体实施例对本发明提出的用于交错并联式开关电源的控制电路作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书,本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是,附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比率,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0066] 本发明的核心思想在于,提供一种用于交错并联式开关电源的控制电路,其通过反馈补偿信号产生电路提取所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,并加以运算和补偿以输出一反馈补偿信号;通过第一路开关控制电路接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,并将其与所述反馈补偿信号进行比较,当两者相等时,所述第一路开

关控制电路控制所述第一路电压调整电路中的第一主开关管导通一预设时间,之后控制所述第一主开关管关断;通过第二路开关控制电路在所述第一主开关管导通的半个开关周期后,控制所述第二路电压调整电路中的第二主开关管导通,其中,所述第一主开关管一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期,同时还比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时增加或缩短所述第二主开关管的导通时间,之后控制所述第二主开关管关断,在多次调节所述第二主开关管的导通时间后最终使所述电感电流平均值相等,即在使两路电压调整电路的导通时间相等的同时实现了错相 180° 导通,解决了将恒定导通时间控制方式运用于交错并联式开关电源时,难以做到两路电压调整电路之间的交错并联的问题,获得了更好的动态响应。

[0067] 请参考图2,图2为本发明实施例提供的用于交错并联式开关电源的控制电路的电路结构图。

[0068] 如图2所示,本发明实施例提供一种用于交错并联式开关电源的控制电路,所述交错并联式开关电源包括交错并联的第一路电压调整电路和第二路电压调整电路,在本实施例中,所述两路电压调整电路均为buck电路,可以想到的是,所述两路电压调整电路也可以均为boost电路(升压电路)或buck-boost电路等其他拓扑结构电路,其皆不影响所述控制电路的控制方案,所述交错并联式开关电源的输入端接有输入电源 v_i ,所述电压调整电路用于提升或降低所述输入电源 v_i 的电压,并通过所述交错并联式开关电源的输出端输出质量更高的直流电压,所述控制电路包括:

[0069] 反馈补偿信号产生电路301,其用于采样所述交错并联式开关电源输出端的输出电压,并通过运算和补偿以输出一反馈补偿信号 V_{c1} ;

[0070] 第一路开关控制电路302,其用于接收表征所述第一路电压调整电路中电感电流的电压信号,即支路电压信号 V_{iL1} ,并将其与所述反馈补偿信号 V_{c1} 进行比较,当两者相等时,所述第一路开关控制电路302控制所述第一路电压调整电路中的第一主开关管Q1导通一预设时间,之后控制所述第一主开关管Q1关断;

[0071] 第二路开关控制电路303,其用于在所述第一主开关管Q1导通的半个开关周期后,控制所述第二路电压调整电路中的第二主开关管Q2导通,其中,所述第一主开关管Q1一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期,同时还比较两路电压调整电路中的电感电流在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时增加或缩短所述第二主开关管Q2的导通时间,之后控制所述第二主开关管Q2关断,在多次调节所述第二主开关管Q2的导通时间后最终使所述电感电流平均值相等。

[0072] 进一步的,所述第一路开关控制电路302包括第一比较器A1、第一RS触发器RS1和第一关断信号产生电路3021,

[0073] 所述反馈补偿信号 V_{c1} 及所述第一路电压调整电路的支路电压信号 V_{iL1} 分别接入所述第一比较器A1的同相、反相输入端,通过比较所述电压信号 V_{iL1} 和所述反馈补偿信号 V_{c1} ,所述第一比较器A1的输出端产生第一路开关开通信号给所述第一RS触发器RS1的置位端(S端);

[0074] 所述第一关断信号产生电路3021接收所述第一主开关管Q1的控制信号,在所述第一主开关管Q1的控制信号为有效时,所述第一关断信号产生电路3021开始工作,经过所述预设时间,产生第一路开关关断信号给所述第一RS触发器RS1的复位端(R端),以控制所述

第一主开关管Q1的导通时间为所述预设时间；

[0075] 所述第一RS触发器RS1的输出端(Q端)用于产生所述第一主开关管Q1的控制信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一RS触发器RS1置位,产生的所述第一主开关管Q1的控制信号为有效,控制所述第一主开关管Q1导通,当所述第一路开关关断信号为有效时,所述第一RS触发器RS1复位,产生的所述第一主开关管Q1的控制信号为无效,控制所述第一主开关管Q1关断。

[0076] 进一步的,所述第一关断信号产生电路3021包括第二比较器A2、第一电容C2、第一电流源I1和第一开关S1,

[0077] 所述第一开关S1、所述第一电流源I1和所述第一电容C2为并联连接,其第一公共端连接至所述第三比较器A3的同相输入端,第二公共端接地;其中,所述第一开关S1由所述第一主开关管Q1的控制信号控制,当所述第一主开关管Q1的控制信号为有效时,即所述第一开关S1关断时,所述第一电流源I1对所述第一电容C2充电,当所述第一主开关管Q1的控制信号为无效时,即所述第一开关S1开通时,所述第一电容C2上的电压被拉低至地;

[0078] 所述第二比较器A2的反相输入端接收第二基准电压Vref2,当所述第一电容C2上的电压被充电至所述第二基准电压Vref2时,所述第二比较器A2的输出端产生所述第一路开关关断信号。

[0079] 进一步的,所述第二路开关控制电路303包括相差控制电路3031、第二关断信号产生电路3032和第二RS触发器RS2,

[0080] 所述相差控制电路3031接收所述第一路开关开通信号,当所述第一路开关开通信号为有效时,所述第一主开关管Q1的控制信号为有效,所述第一主开关管Q1导通,并在所述第一主开关管Q1导通的半个开关周期后,产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器RS2的置位端,其中,所述第一主开关管Q1一次完整的开关动作所需的时间为一个开关周期;

[0081] 所述第二关断信号产生电路3032比较两路电压调整电路中的电感电流 i_{L1} 、 i_{L2} 在一个开关周期内的电感电流平均值,并在所述电感电流平均值不相等时,调整所述第二关断信号产生电路3032产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器RS2的复位端的时间,以在多次调节后最终使所述电感电流平均值相等;

[0082] 所述第二RS触发器RS2的输出端用于产生所述第二主开关管Q2的控制信号,当所述第二路开关开通信号为有效时,所述第二RS触发器RS2置位,产生的所述第二主开关管Q2的控制信号为有效,控制所述第二主开关管Q2导通,当所述第二路开关关断信号为有效时,所述第二RS触发器RS2复位,产生的所述第二主开关管Q2的控制信号为无效,控制所述第二主开关管Q2关断。

[0083] 进一步的,所述相差控制电路3031包括第一缓冲器B1、第二缓冲器B2、第三缓冲器B3、第三RS触发器RS3、第四RS触发器RS4、第五RS触发器RS5、第一充电电路30311、第二充电电路30312、第二开关S2、采样电容C4和第三比较器A3,

[0084] 所述第一缓冲器B1的输入端与所述第一比较器A1的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器RS3的置位端连接,所述第二缓冲器B2的输入端与所述第一缓冲器B1的输出端连接,其输出端与所述第三RS触发器RS3的复位端连接,所述第三RS触发器RS3的输出端产生第一控制信号给所述第一充电电路30311;

[0085] 所述第三缓冲器B3的输入端与所述第一比较器A1的输出端连接,其输出端与所述第四RS触发器RS4的复位端连接,所述第四RS触发器RS4的置位端与所述第一比较器A1的输出端连接,所述第四RS触发器RS4的输出端产生开关控制信号给所述第二开关S2;

[0086] 所述第五RS触发器RS5的置位端与所述第一比较器A1的输出端连接,所述第五RS触发器RS5的复位端与所述第三比较器A3的输出端连接,所述第五RS触发器RS5的互补输出端产生第二控制信号给所述第二充电电路30312;

[0087] 所述第一充电电路30311接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为无效时,所述第一充电电路30311中的第二电容C3开始充电,所述第一充电电路30311将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间即为所述第一主开关管的一个开关周期;

[0088] 所述采样电容C4的正极与所述第三比较器A3的反相输入端连接,负极与地连接;

[0089] 所述第二开关S2串联连接在所述第一充电电路30311的输出端与所述采样电容C4的正极之间,所述开关控制信号控制所述第二开关S2的开通或断开,当所述开关控制信号为有效时,所述第二开关S2开通,所述采样电容C4的电压值等于所述第一充电电路30311的输出电压最大值,当所述开关控制信号为无效时,所述第二开关S2断开,保持所述采样电容C4的电压值等于所述第一充电电路30311的输出电压最大值;

[0090] 所述第二充电电路30312接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为无效时,所述第二充电电路30312中的第三电容C5开始充电,所述第一充电电路30311与第二充电电路30312的输出电压最大值相同,所述第二充电电路30312将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间为所述第一充电电路30311的一半,即 $C_3=2C_5$,所述第三电容C5的正极与所述第三比较器A3的同相输入端连接;

[0091] 当所述第三电容C5的电压值与所述采样电容C4的电压值相等时,所述第三比较器A3的输出端产生第二路开关开通信号给所述第二RS触发器RS2的置位端。

[0092] 进一步的,所述第一充电电路30311包括第二电流源I2、第三开关S3和第二电容C3,所述第三开关S3接收所述第一控制信号,当所述第一控制信号为有效或无效时,所述第三开关S3分别闭合或断开,所述第二电流源I2、第三开关S3和第二电容C3并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第二开关S2。

[0093] 进一步的,所述第二充电电路30312包括第三电流源I3、第四开关S4和第三电容C5,所述第四开关S4接收所述第二控制信号,当所述第二控制信号为有效或无效时,所述第四开关S4分别闭合或断开,所述第三电流源I3、第四开关S4和第三电容C5并联,其一共同端接地,另一共同端接入所述第三比较器A3的同相输入端。

[0094] 进一步的,所述第二关断信号产生电路3032包括均流电路30321、模拟加法器和第四比较器A4,

[0095] 所述均流电路30321用于比较两路电压调整电路中的电感电流 i_{L1} 、 i_{L2} 在一个开关周期内的电感电流平均值,并输出一表征所述差值大小的补偿电压信号 V_{c6} ;

[0096] 所述模拟加法器的两个输入端分别接入所述反馈补偿信号 V_{c1} 与所述补偿电压信号 V_{c6} ,所述模拟加法器的输出端产生补偿基准信号 V_a 给所述第四比较器A4的反相输入端;

[0097] 所述第四比较器A4的同相输入端与反相输入端分别接入表征所述第二路电压调整电路中电感电流的电压信号(即支路电压信号 V_{iL2})与所述补偿基准信号 V_a ,所述第四比较器A4的输出端产生第二路开关关断信号给所述第二RS触发器RS2的复位端。

[0098] 进一步的,所述均流电路30321包括第二跨导运算放大器Gm2和第二补偿电容C6,

[0099] 所述第二跨导放大器Gm2的同相输入端与反相输入端分别接收表征所述第一路电压调整电路与第二路电压调整电路中电感电流的电压信号,即支路电压信号 V_{iL1} 、 V_{iL2} ;

[0100] 所述第二补偿电容C6跨接在所述第二跨导运算放大器Gm2的输出端和地之间,所述第二补偿电容C6上的电压为所述补偿电压信号 V_{c6} 。

[0101] 进一步的,所述均流电路30321还包括上箝电路和下箝电路,所述上箝电路和下箝电路均与第二跨导运算放大器Gm2的输出端连接,以防止由于所述两路电压调整电路支路电压信号 V_{iL1} 、 V_{iL2} 的幅值偏差过大的情况。

[0102] 进一步的,所述下箝电路包括第三二极管D3和与之串联的第三电源V3,所述第三二极管D3的正极与所述第二跨导运算放大器Gm2的输出端连接,所述第三电源V3的正极与所述第三二极管D3的负极连接,所述第三电源V3的负极接地,所述下箝电路将电路中的电压限制在 $U_{V3}+U_{D3}$ 以下。

[0103] 进一步的,所述上箝电路包括第四二极管D4和与之串联的第四电源V4,所述第四二极管D4的负极与所述第二跨导运算放大器Gm2的输出端连接,所述第四电源V4的正极与所述第四二极管D4的正极连接,所述第四电源V4的负极接地,所述上箝电路将电路中的电压限制在 $U_{V4}-U_{D4}$ 以上。

[0104] 进一步的,所述反馈补偿信号产生电路301包括第一跨导运算放大器Gm1、第一补偿电容C1、第一采样电阻R1和第二采样电阻R2,所述第一采样电阻R1的一端与所述交错并联式开关电源输出端的正极连接,其另一端与所述第一跨导运算放大器Gm1的反相输入端连接,所述第二采样电阻R2的一端与所述第一跨导运算放大器Gm1的反相输入端连接,其另一端接地,所述第一跨导运算放大器Gm1的同相输入端接入第一基准电压 V_{ref1} ,所述第一跨导运算放大器Gm1的输出端输出的电流给所述第一补偿电容C1充电,从而输出所述反馈补偿信号 V_{c1} 。

[0105] 进一步的,所述反馈补偿信号产生电路301还包括上箝电路和下箝电路,所述上箝电路和下箝电路均与第一跨导运算放大器Gm1的输出端连接,以控制所述反馈补偿信号 V_{c1} 的波动范围。

[0106] 进一步的,所述下箝电路包括第一二极管D1和与之串联的第一电源V1,所述第一二极管D1的正极与所述第一跨导运算放大器Gm1的输出端连接,所述第一电源V1的正极与所述第一二极管D1的负极连接,所述第一电源V1的负极接地,所述下箝电路将电路中的电压限制在 $U_{V1}+U_{D1}$ 以下。

[0107] 进一步的,所述上箝电路包括第二二极管D2和与之串联的第二电源V2,所述第二二极管D2的负极与所述第一跨导运算放大器Gm1的输出端连接,所述第二电源V2的正极与所述第二二极管D2的正极连接,所述第二电源V2的负极接地,所述上箝电路将电路中的电压限制在 $U_{V2}-U_{D2}$ 以上。

[0108] 进一步的,所述交错并联式开关电源包括第一路电压调整电路、第二路电压调整电路和输出电容 C_o ,所述第一路电压调整电路包括第一主开关管Q1、第一电感L1和第一续流二极管D11,所述第二路电压调整电路包括第二主开关管Q2、第二电感L2和第二续流二极管D12,所述第一主开关管Q1和第二主开关管Q2的一端均与所述输入电源 v_i 的正极连接,所述第一电感L1和第二电感L2的一端分别与所述第一主开关管Q1和第二主开关管Q2的另一

端连接,所述第一电感L1另一端和所述第二电感L2的另一端连接,所述第一续流二极管D11的一端与所述第一主开关管Q1的另一端连接,所述第二续流二极管D12的一端与所述第二主开关管Q2的另一端连接,所述第一续流二极管D11和第二续流二极管D12的另一端均与所述输入电源 v_i 的负极连接,所述输出电容 C_o 的正极与所述第一电感L1和第二电感L2的另一端连接,其另一端与所述输入电源 v_i 的负极连接并接地,所述输出电容 C_o 的正、负极即为所述交错并联式开关电源的输出端正、负极。

[0109] 下面结合图2详细阐述本发明实施例提供的用于交错并联式开关电源的控制电路的工作流程。

[0110] 反馈补偿信号产生电路301接收表征输出电压 v_o 的反馈信号 V_s ,并经过第一跨导运算放大器 G_m1 和第一补偿电容 $C1$ 的运算补偿后,产生反馈补偿信号 V_{c1} 。第一路开关控制电路302中的第一比较器A1,用于接收表征第一路电压调整电路中电感电流的支路电压信号 V_{iL1} 和反馈补偿信号 V_{c1} ,当电压信号 V_{iL1} 的谷值达到反馈补偿信号 V_{c1} 时,第一比较器A1的输出为高电平,第一RS触发器RS1的输出 V_{Q1} 为高电平,控制第一路电压调整电路的第一主开关管Q1导通;同时,由于第一开关S1由 $\overline{V_{Q1}}$ 控制,所以第一开关S1处于断开状态;第一电流源I1对第一电容C2充电,当第一电容C2上的电压被充到第二基准电压 V_{ref2} 时,第二比较器A2输出为高电平,第一RS触发器RS1复位,输出 V_{Q1} 跳变为低电平,控制第一路电压调整电路的第一主开关管Q1关断。由此可见,第一路电压调整电路的第一主开关管Q1的导通时间是由第一电流源I1、第一电容C2和第二基准电压 V_{ref2} 的参数决定,当三者固定时,第一主开关管Q1的导通时间也为固定值。

[0111] 第一缓冲器B1、第二缓冲器B2和第三缓冲器B3均为缓冲器,其是为了提供延时以保证RS触发器依次触发,以使第二路开关控制电路303正常工作。由于缓冲器B1、B2、B3的设置,因此第五RS触发器RS5先工作,第四RS触发器RS4再工作,第三RS触发器RS3最后工作;

[0112] 当第一主开关管Q1关断时,第一比较器A1输出低电平,相差控制电路3031中的第五RS触发器RS5先工作,第五RS触发器RS5的互补输出端输出高电平,第四开关S4开通,第三电容C5上的电压为0;

[0113] 然后第四RS触发器RS4开始工作,第四RS触发器RS4的输出端输出低电平,第二开关S2断开;

[0114] 接着第三触发器RS3开始工作,第三RS触发器RS3的输出端输出低电平,第三开关S3断开,第二电流源I2对第二电容C3充电,使得C3上的电压达到输出电压最大值时,即充电完成,该最大值与开关周期成正比,所述第一充电电路30311将其输出电压充到输出电压最大值所需的充电时间即为第一主开关管Q1的一个开关周期;

[0115] 当充电完成后,第一主开关管Q1开通,第一比较器A1输出高电平,第四RS触发器RS4工作,第四RS触发器RS4的输出端输出高电平,第二开关S2开通,第二电容C3上的输出电压最大值被采样电容C4采样,然后第二开关S2关断,采样电容C4上的电压被保持,即采样电容C4上的电压等于第二电容C3的输出电压最大值;

[0116] 同时,第五RS触发器RS5也在工作,第五RS触发器RS5的互补输出端输出低电平,第四开关S4断开,第三电流源I3对第三电容C5充电,由于 $C3=2C5$ 或者 $I2=2I3$,则第三电容C5上的电压上升速度为第二电容C3的两倍(容值越小,充电时电压上升速度越快;充电电流越大,充电时电压上升速度越快;C3达到输出电压最大值的时间是C5达到输出电压最大值时

间的2倍),最终使得第三电容C5上的输出电压最大值等于第二电容C3上的输出电压最大值,即在第一主开关管Q1开通的半个开关周期后,第三电容C5上的输出电压最大值等于采样电容C4上的电压,此时第三比较器A3输出高电平,第二RS触发器RS2的输出VQ2为高电平,第二路电压调整电路的第二主开关管Q2开通。由此可知,第二主开关管Q2开通时间落后第一主开关管Q1开通时间半个周期,即两者的相位差是 180° ,实现了两路电压调整电路的交错并联。

[0117] 均流电路30321接收表征第一路电压调整电路的电感电流的电压信号和第二路电压调整电路的电感电流的电压信号,即支路电压信号 V_{iL1} 和支路电压信号 V_{iL2} ,通过第二跨导放大器Gm2作运算,得到表征 i_{L1} 和 i_{L2} 在一个开关周期内差值平均值大小的电流信号,该电流信号对第二补偿电容C6充电得到补偿电压信号 V_{c6} ;

[0118] 在一个开关周期里,当 i_{L1} 的平均值 $>i_{L2}$ 的平均值时,经过Gm2得到的补偿电压信号 V_{c6} 增大,则补偿基准电压 V_a 增大,第四比较器A4持续输出低电平,第二主开关管Q2保持开通,以补偿基准电压 V_a 为基准的支路电压信号 V_{iL2} 的峰值也会增大, i_{L2} 的平均值增大,当 V_{iL2} 增大至 V_a 时,第四比较器A4输出电平跳变为高电平,第二主开关管Q2关断,经过闭环调节,达到稳态时,两路电感电流 i_{L1} 、 i_{L2} 的平均值相等,使两路电压调整电路的导通时间相等。

[0119] 类似的,在一个开关周期里,当 i_{L1} 的平均值 $<i_{L2}$ 的平均值时,经过Gm2得到的补偿电压信号 V_{c6} 减小,则补偿基准电压 V_a 减小,以补偿基准电压 V_a 为基准的支路电压信号 V_{iL2} 的峰值会提早到达, i_{L2} 的平均值减小,当 V_{iL2} 达到 V_a 时,第四比较器A4输出电平跳变为高电平,第二主开关管Q2关断,经过闭环调节,达到稳态时,两路电感电流 i_{L1} 、 i_{L2} 的平均值相等,使两路电压调整电路的导通时间相等。

[0120] 综上所述,第一路电压调整电路采用的是固定导通时间的谷值电流控制模式,第二路电压调整电路采用的是峰值电流控制模式。第二路电压调整电路的导通时间是由第一路电压调整电路决定的,其主开关管导通时的相位落后于第一路电压调整电路 180° 。而由于第二路电压调整电路的第二主开关管Q2的开通时间并不固定,在暂态发生时,两路电压调整电路能够共同作用以提高动态响应,实现了两路电压调整电路的均流,也因此可以得到比两路电压调整电路都是固定导通时间的更好的动态响应。

[0121] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些改动和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

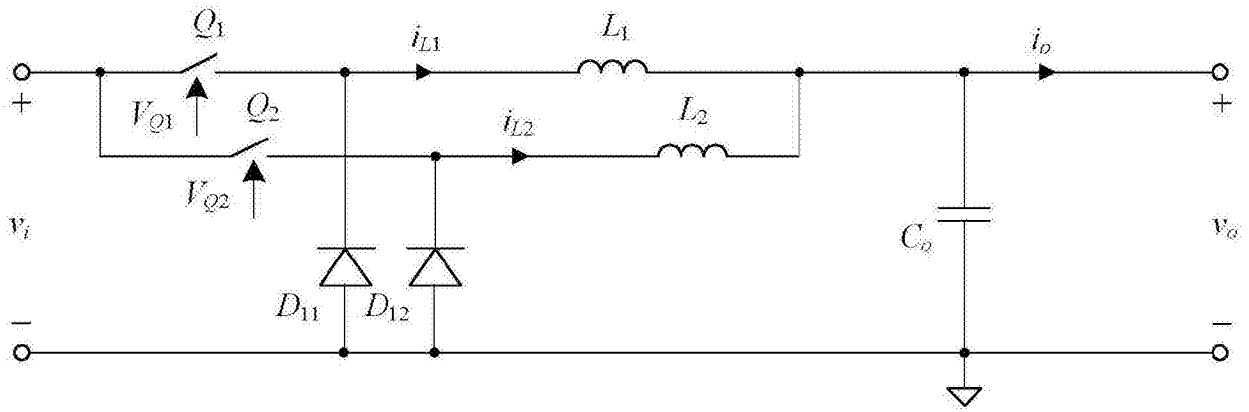


图1

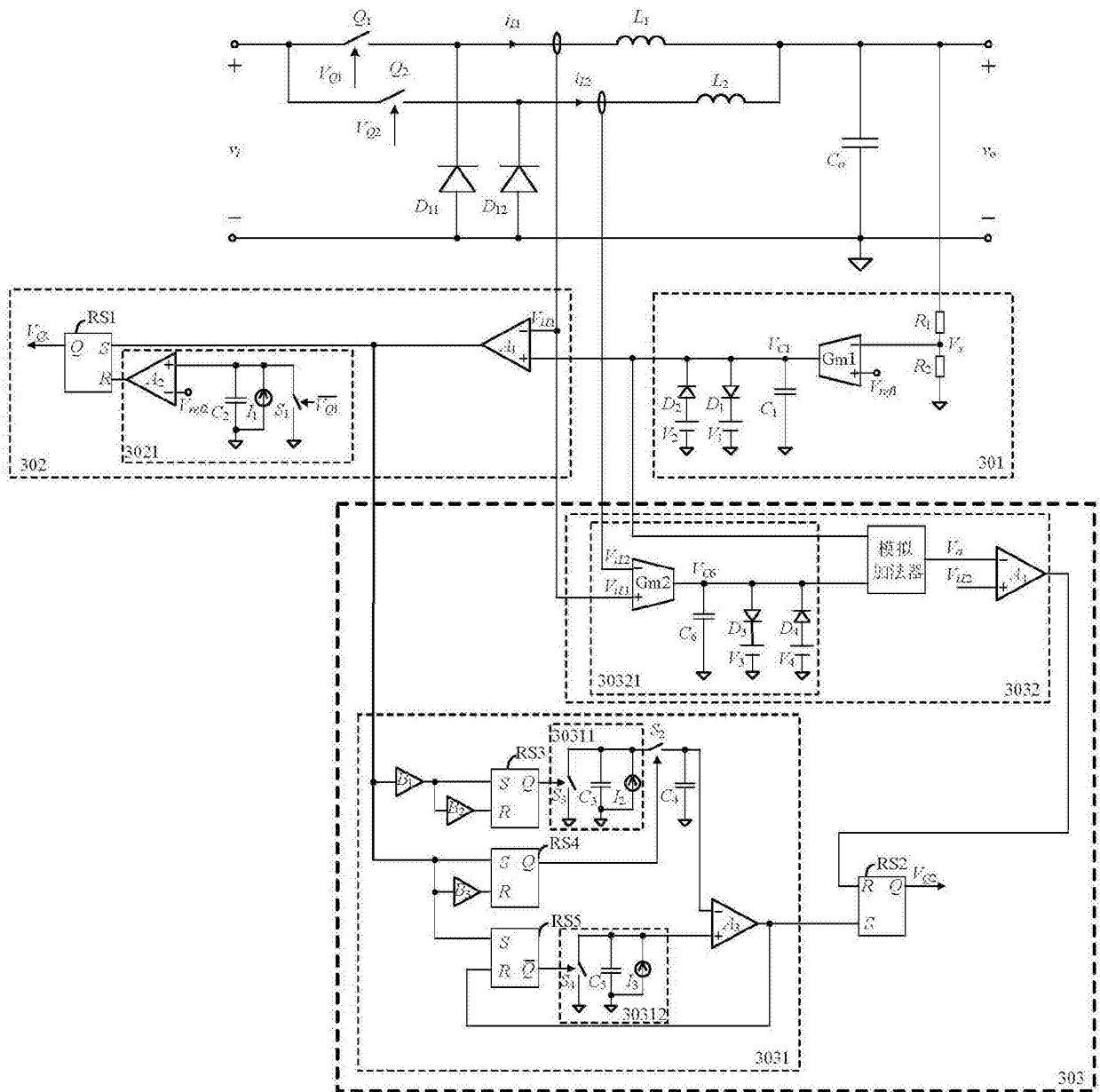


图2