



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103746552 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201410030273. 0

(22) 申请日 2014. 01. 23

(73) 专利权人 厦门科华恒盛股份有限公司

地址 361006 福建省厦门市火炬高新区火炬园马垄路 457 号

(72) 发明人 黄詹江勇 陈四雄 李锋源 许勇枝

(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.

H02M 1/32(2007. 01)

H02M 3/00(2006. 01)

审查员 王璐

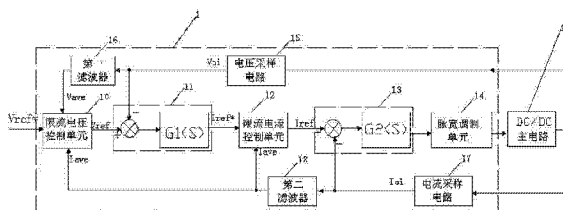
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

用于开关电源的无级限流控制系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明的用于开关电源的无级限流控制系统包含依次连接的限流电压控制单元、电压环控制器、限流电流控制单元、电流环控制器和脉宽调制单元,所述脉宽调制单元的输出端接至开关电源的DC/DC主电路,还包含一电压采样电路、一第一滤波器、一电流采样电路和一第二滤波器。本发明用于开关电源的无级限流的控制方法,用于对开关电源的DC/DC主电路进行外环为电压环控制和内环为电流环控制的双闭环控制,实现软件限流功能。本发明能够避免因限流导致功率开关驱动震荡,具备限流精准、限流点可设、降低限流条件下的输出纹波电压(峰-峰值杂音电压)、系统噪声小、可靠性高等特点。



1. 一种用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,用于对 DC/DC 主电路进行外环为电压环控制和内环为电流环控制的双闭环控制,其特征在于:所述用于开关电源的无级限流控制系统包含依次连接的限流电压控制单元、电压环控制器、限流电流控制单元、电流环控制器和脉宽调制单元,所述脉宽调制单元的输出端接至开关电源 DC/DC 主电路的主功率开关管控制极,还包含一电压采样电路、一第一滤波器、一电流采样电路和一第二滤波器;所述电压采样电路的输入端和电流采样电路的输入端都接至所述 DC/DC 主电路,所述电压采样电路的输出端分别接至所述电压环控制器的反馈端和所述第一滤波器的输入端,所述第一滤波器的输出端接至所述限流电压控制单元;所述电流采样电路的输出端分别接至所述电流环控制器的反馈端和所述第二滤波器的输入端,所述第二滤波器的输出端分别接至所述限流电压控制单元和所述限流电流控制单元;

在当前控制周期内,所述电压环控制中,限流电压控制单元根据 DC/DC 主电路输出的直流电压设置值 V_{ref}^* 、第一滤波器输出的输出电压采样平均值 V_{ave} 、第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 以及上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,电压采样电路的采样输出电压值 V_{oi} 作为电压环控制器的反馈,电压环控制器的给定 V_{ref} 与反馈 V_{oi} 取差值,经电压环控制器的 PID 或 PI 调节获得电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* ;

在所述电流环控制中,限流电流控制单元根据电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* 以及第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} ,电流采样电路的采样输出电流值 I_{oi} 作为电流环控制器的反馈,电流环控制器的给定 I_{ref} 与反馈 I_{oi} 取差值,经电流环控制器的 PID 或 PI 调节获得脉宽调制单元的控制量,脉宽调制单元输出 PWM 信号控制 DC/DC 主电路稳压限流输出。

2. 根据权利要求 1 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,其特征在于:所述电压环控制器为 PID 控制器或 PI 控制器,所述电流环控制器为 PID 控制器或 PI 控制器。

3. 根据权利要求 1 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,其特征在于:所述第一滤波器的滤波时间大于控制周期,所述第二滤波器的滤波时间大于控制周期。

4. 根据权利要求 3 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,其特征在于:所述第二滤波器的滤波时间小于所述第一滤波器的滤波时间。

5. 根据权利要求 4 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,其特征在于:所述第一滤波器的滤波时间为 100-1000 倍的控制周期,所述第二滤波器的滤波时间为 3-10 倍的控制周期。

6. 根据权利要求 1 至 5 任一所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法,其特征在于:在当前控制周期内,所述电压环控制中,所述限流电压控制单元经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,其具体实现步骤如下:

步骤 S11:当前控制周期内,判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt} + \Delta I$,若 $I_{ave} > I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S12,若 $I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S13;

步骤 S12:限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $[V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,即令 $V_{ref} = [V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,返回步骤 S11;

步骤 S13:判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt} - \Delta I$,若 $I_{lmt} - \Delta I < I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S14,

若 $I_{ave} \leq I_{lmt} - \Delta I$, 进入步骤 S15;

步骤 S14: 限流电压控制单元将上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 作为当前控制周期内电压环控制器的给定 V_{ref} , 即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1)$, 返回步骤 S11;

步骤 S15: 判断 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$ 是否小于 V_{ref}^* , 若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V < V_{ref}^*$, 则进入步骤 S17, 若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V \geq V_{ref}^*$, 进入步骤 S16;

步骤 S16: 限流电压控制单元令 $V_{ref} = V_{ref}^*$, 返回步骤 S11;

步骤 S17: 限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$, 即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$, 返回步骤 S11;

其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量, $V_{ref}(k-1)$ 为上一控制周期的电压环控制器的给定, K_v 为电压环控制器给定的调整系数, 且 $0 < K_v < 1$, ΔV 为限流电压法单次调整理论最大调整量。

7. 根据权利要求 1 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法, 其特征在于: 在当前控制周期内, 在所述电流环控制中, 所述限流电流控制单元经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} , 其具体实现步骤:

步骤 S21: 判断 I_{ave} 是否小于 $I_{lmt} - \Delta I_3$, 若 $I_{ave} < I_{lmt} - \Delta I_3$, 则进入步骤 S24, 若 $I_{ave} \geq I_{lmt} - \Delta I_3$, 进入步骤 S22;

步骤 S22: 判断 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K$ 是否小于 I_{ref}^* , 若 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K < I_{ref}^*$, 则进入步骤 S23, 若 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K \geq I_{ref}^*$, 进入步骤 S25;

步骤 S23: 设置电流环控制器给定 $I_{ref} = (I_{lmt} + \Delta I_1) * K$, 返回步骤 S21;

步骤 S24: 判断 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K$ 是否小于 I_{ref}^* , 若 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K < I_{ref}^*$, 则进入步骤 S26, 若 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K \geq I_{ref}^*$, 进入步骤 S25;

步骤 S25: 设置电流环控制器给定 I_{ref} 为电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* , 即令 $I_{ref} = I_{ref}^*$, 返回步骤 S21;

步骤 S26: 设置电流环控制器给定 $I_{ref} = (I_{lmt} + \Delta I_2) * K$, 返回步骤 S21;

其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值, ΔI_1 为限流下输出电流环控制的限流超调量; ΔI_2 为正常工作状态下电压环输出控制量饱和允许的最大电流超调量, ΔI_3 为控制电流阈值, 且 $\Delta I < \Delta I_3$, $\Delta I < \Delta I_1 < \Delta I_2$, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量, K 为电压环控制器输出量作为电流环的目标参考量的定标系数, 即同电流环反馈参考量匹配系数, I_{ref}^* 为电压环控制器输出控制量。

8. 根据权利要求 6 所述的用于开关电源的无级限流控制系统的控制方法, 其特征在于: 在允许最大限流点范围内, 当系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 可调时, 若系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 增大, 对应的电压环控制器给定的调整系数 K_v 减小。

用于开关电源的无级限流控制系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种限流控制系统,特别涉及一种应用于开关电源的无级限流控制系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 目前,带有电压环和电流环控制的开关电源,其限流方法如下:

[0003] (1) 硬件限流法(或称硬件峰值限流法):

[0004] 当输出电流 I_{oi} 超过输出电流限流点 I_{Lmt} 时,由硬件电路关断驱动 PWM 信号,实现输出电流限流目的,但在此时电压环、电流环均等效开环,当检测输出电流小于 I_{Lmt} 时,由于限流时电压环以及电流环开环饱和,驱动输出最大占空比功率管开关应力大,降低系统的可靠性,并且由于硬件限流方法容易导致功率管驱动震荡(驱动全开、驱动关断交替),驱动开关频率不稳定导致系统噪声变大,输出电压纹波较大。另外采用硬件限流的方法,系统的输出电流的限流点只能为一个点,无法根据需求满足单系统多个限流点的应用要求。

[0005] (2) 软件限流法(或称软件峰值限流法):

[0006] 当输出电流 I_{oi} 超过输出电流限流点 I_{Lmt} 时,由软件直接关断驱动 PWM 信号,实现输出电流限流目的,但在此时电压环等效开环,当检测输出电流小于输出电流限流点 I_{Lmt} 时,由于电压环以及电流环开环饱和,驱动输出最大占空比,功率管开关应力大,降低系统的可靠性,另外,现有软件限流法易导致功率管驱动震荡问题,同样存在系统噪声大,输出电压纹波大等问题。

发明内容

[0007] 本发明克服现有技术的不足,提出一种用于开关电源的无级限流控制系统及其控制方法,具体方案如下:一种用于开关电源的无级限流控制系统,

[0008] 包含依次连接的限流电压控制单元、电压环控制器、限流电流控制单元、电流环控制器和脉宽调制单元,所述脉宽调制单元的输出端接至开关电源 DC/DC 主电路的主功率开关管控制极;还包含一电压采样电路、一第一滤波器、一电流采样电路和一第二滤波器;所述电压采样电路的输入端和电流采样电路的输入端都接至所述 DC/DC 主电路,所述电压采样电路的输出端分别接至所述电压环控制器的反馈端和所述第一滤波器的输入端,所述第一滤波器的输出端接至所述限流电压控制单元;所述电流采样电路的输出端分别接至所述电流环控制器的反馈端和所述第二滤波器的输入端,所述第二滤波器的输出端分别接至所述限流电压控制单元和所述限流电流控制单元。

[0009] 进一步的,所述电压环控制器为 PID 控制器或 PI 控制器,所述电流环控制器为 PID 控制器或 PI 控制器。

[0010] 进一步的,所述第一滤波器的滤波时间大于控制周期,所述第二滤波器的滤波时间大于控制周期。

[0011] 进一步的,所述第二滤波器的滤波时间小于所述第一滤波器的滤波时间。

[0012] 进一步的,所述第一滤波器的滤波时间为 100-1000 倍的控制周期,所述第二滤波器的滤波时间为 3-10 倍的控制周期。

[0013] 本发明还提供一种用于开关电源的无级限流的控制方法,用于对 DC/DC 主电路进行外环为电压环控制和内环为电流环控制的双闭环控制,其特征在于:

[0014] 在当前控制周期内,所述电压环控制中,限流电压控制单元根据 DC/DC 主电路输出的直流电压设置值 V_{ref}^* 、第一滤波器输出的输出电压采样平均值 V_{ave} 、第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 以及上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,电压采样电路的采样输出电压值 V_{oi} 作为电压环控制器的反馈,电压环控制器的给定 V_{ref} 与反馈 V_{oi} 取差值,经电压环控制器的 PID 或 PI 调节获得电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* ;

[0015] 在所述电流环控制中,限流电流控制单元根据电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* 以及第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} ,电流采样电路的采样输出电流值 I_{oi} 作为电流环控制器的反馈,电流环控制器的给定 I_{ref} 与反馈 I_{oi} 取差值,经电流环控制器的 PID 或 PI 调节获得脉宽调制单元的控制量,脉宽调制单元输出 PWM 信号控制 DC/DC 主电路稳压限流输出。

[0016] 进一步的,在当前控制周期内,所述电压环控制中,所述限流电压控制单元经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,其具体实现步骤如下:

[0017] 步骤 S11:当前控制周期内,判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt} + \Delta I$,若 $I_{ave} > I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S12,若 $I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S13;

[0018] 步骤 S12:限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $[V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,即令 $V_{ref} = [V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,返回步骤 S11;

[0019] 步骤 S13:判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt} - \Delta I$,若 $I_{lmt} - \Delta I < I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S14,若 $I_{ave} \leq I_{lmt} - \Delta I$,进入步骤 S15;

[0020] 步骤 S14:限流电压控制单元将上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 作为当前控制周期内电压环控制器的给定 V_{ref} ,即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1)$,返回步骤 S11;

[0021] 步骤 S15:判断 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$ 是否小于 V_{ref}^* ,若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V < V_{ref}^*$,则进入步骤 S17,若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V \geq V_{ref}^*$,进入步骤 S16;

[0022] 步骤 S16:限流电压控制单元令 $V_{ref} = V_{ref}^*$,返回步骤 S11;

[0023] 步骤 S17:限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$,即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$,返回步骤 S11;

[0024] 其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量, $V_{ref}(k-1)$ 为上一控制周期的电压环控制器的给定, K_v 为电压环控制器给定的调整系数,且 $0 < K_v < 1$, ΔV 为限流电压法单次调整理论最大调整量。

[0025] 进一步的,在当前控制周期内,在所述电流环控制中,所述限流电流控制单元经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} ,其具体实现步骤:

[0026] 步骤 S21:判断 I_{ave} 是否小于 $I_{lmt} - \Delta I$,若 $I_{ave} < I_{lmt} - \Delta I$,则进入步骤 S24,若 $I_{ave} \geq I_{lmt} - \Delta I$,进入步骤 S22;

[0027] 步骤 S22:判断 $(I_{lmt} + \Delta I) * K$ 是否小于 I_{ref}^* ,若 $(I_{lmt} + \Delta I) * K < I_{ref}^*$,则进入步骤 S23,若 $(I_{lmt} + \Delta I) * K \geq I_{ref}^*$,进入步骤 S25;

- [0028] 步骤 S23 :设置电流环控制器给定 $I_{ref}=(I_{lmt}+\Delta I_1)*K$, 返回步骤 S21 ;
- [0029] 步骤 S24 :判断 $(I_{lmt}+\Delta I_2)*K$ 是否小于 I_{ref}^* , 若 $(I_{lmt}+\Delta I_2)*K < I_{ref}^*$, 则进入步骤 S26, 若 $(I_{lmt}+\Delta I_2)*K \geq I_{ref}^*$, 进入步骤 S25 ;
- [0030] 步骤 S25 :设置电流环控制器给定 I_{ref} 为电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* , 即令 $I_{ref}=I_{ref}^*$, 返回步骤 S21 ;
- [0031] 步骤 S26 :设置电流环控制器给定 $I_{ref}=(I_{lmt}+\Delta I_2)*K$, 返回步骤 S21 ;
- [0032] 其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值, ΔI_1 为限流下输出电流环控制的限流超调量; ΔI_2 为正常工作状态下电压环输出控制量饱和允许的最大电流超调量, ΔI_3 为控制电流阈值, 且 $\Delta I < \Delta I_3$, $\Delta I < \Delta I_1 < \Delta I_2$, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量, K 为电压环控制器输出量作为电流环的目标参考量的定标系数, 即同电流环反馈参考量匹配系数, I_{ref}^* 为电压环控制器输出控制量。
- [0033] 进一步的, 在允许最大限流点范围内, 当系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 可调时, 若系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 增大, 对应的电压环控制器给定的调整系数 K_v 减小。
- [0034] 本发明与现有技术对比的有益效果是 :
- [0035] (1) 与传统限流技术相比, 采用本发明的无级限流控制方法, 开关电源系统在输出电流限流时, 控制系统的电压环、电流环均不存在开环情况, 电压环在限流状态下不饱和, 不存在对 DC/DC 变换器的功率管的硬开启硬关断状态, 驱动开关频率恒定, 避免因限流导致功率开关驱动震荡, 大大降低开关电源的系统噪声 ;
- [0036] (2) 开关电源系统在输出电流限流时, 控制系统的电压环、电流环均不开环, 功率管不存在因限流导致驱动全开、驱动关断交替工作的情况, 减少功率管的开关应力, 提高系统的可靠性 ;
- [0037] (3) 本发明的无级限流控制方法具有下垂特性, 体现在限流电压控制单元上, 在输出电流限流时使得驱动输出较为稳定的占空比, 系统功率回路工作在连续状态, 可降低限流条件下的输出纹波电压(峰-峰值杂音电压) ;
- [0038] (4) 在电压环控制器给定的调整系数 K_v 的配合下, 只需改变输出电流限流点目标值 I_{lmt} , 即可实现系统在最大电流允许范围内的高精度无级限流输出, 同时系统可以根据需要设置多个输出限流点。

附图说明

- [0039] 图 1 为本发明的用于开关电源的无级限流控制系统原理框图 ;
- [0040] 图 2 为本发明的限流电压法获取电压环控制的给定 V_{ref} 流程图 ;
- [0041] 图 3 为本发明的限流电流法获取电流环控制的给定 I_{ref} 流程图。

具体实施方式

[0042] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下将通过具体实施例和相关附图, 对本发明作进一步详细说明。

[0043] 如图 1 所示, 本发明提供一种用于开关电源的无级限流控制系统用于包含 DC/DC 主电路 2 的开关电源, 所述用于开关电源的无级限流控制系统 1 包含依次连接的限流电压

控制单元 10、电压环控制器 11、限流电流控制单元 12、电流环控制器 13 和脉宽调制单元 14,所述脉宽调制单元 14 的输出端接至开关电源 DC/DC 主电路 2 的主功率开关管控制极。

[0044] 优选的,所述控制单元 1 还包含一电压采样电路 15、一第一滤波器 16、一电流采样电路 17 和一第二滤波器 18;所述电压采样电路 15 的输入端和电流采样电路 17 的输入端都接至所述 DC/DC 主电路 2,所述电压采样电路 15 的输出端分别接至所述电压环控制器 11 的反馈端和所述第一滤波器 16 的输入端,所述第一滤波器 16 的输出端接至所述限流电压控制单元 10;所述电流采样电路 17 的输出端分别接至所述电流环控制器 13 的反馈端和所述第二滤波器 18 的输入端,所述第二滤波器 18 的输出端分别接至所述限流电压控制单元 10 和所述限流电流控制单元 12。

[0045] 特别的,所述电压环控制器和所述电流环控制器均优选为 PID 控制器,但不限于此,可以是 PI 控制器或者其他控制器,该系统为采用电压外环和电流内环的双闭环控制形成开关电源恒流输出的调节控制,与现有技术相比,不同的电压环控制器的给定 V_{ref} 是经过限流电压控制单元 10 处理后得到的,同时电压环控制器输出控制量 I_{ref}^* 经过限流电流控制单元 12 处理得到电流环控制器的给定 I_{ref} ;优选的,所述第一滤波器的滤波时间大于控制周期,所述第二滤波器的滤波时间大于控制周期,进一步的,所述第二滤波器的滤波时间小于所述第一滤波器的滤波时间;更进一步的,所述第一滤波器的滤波时间为 100-1000 倍的控制周期,所述第二滤波器的滤波时间为 3-10 倍的控制周期。

[0046] 本发明还提供一种用于开关电源的无级限流的控制方法,用于对 DC/DC 主电路进行外环为电压环控制和内环为电流环控制的双闭环控制,目的是为了在输出负载较大时将开关电源的输出电流限制在 I_{lmt} 附近:

[0047] 在当前控制周期内,所述电压环控制中,限流电压控制单元根据 DC/DC 主电路输出的直流电压设置值 V_{ref}^* 、第一滤波器输出的输出电压采样平均值 V_{ave} 、第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 以及上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,电压采样电路的采样输出电压值 V_{oi} 作为电压环控制器的反馈,电压环控制器的给定 V_{ref} 与反馈 V_{oi} 取差值,经电压环控制器的 PID 或 PI 调节获得电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* ;限流电压控制策略的最终目的是:在输出电流达到限流点时,调整电压环控制器给定 V_{ref} ,将输出电流控制在 $I_{lmt}-\Delta I$ 与 $I_{lmt}+\Delta I$ 之间,以达到恒流输出的目的,在限流电压控制策略,即使在输出电流在限流的条件下,电压环仍然不饱和也不开环,输出控制平稳,可以将输出电流限流在较高的精度内,避免了功率管的硬开启与硬关断状态,系统具有噪声低,输出纹波小等优点;

[0048] 在所述电流环控制中,限流电流控制单元根据电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* 以及第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} ,电流采样电路的采样输出电流值 I_{oi} 作为电流环控制器的反馈,电流环控制器的给定 I_{ref} 与反馈 I_{oi} 取差值,经电流环控制器的 PID 或 PI 调节获得脉宽调制单元的控制量,脉宽调制单元根据该脉宽调制单元的控制量输出 PWM 信号控制开关电源 DC/DC 主电路稳压限流输出。

[0049] 如图 2 所示,在当前控制周期内,所述电压环控制中,所述限流电压控制单元经过限流电压法获得当前控制周期的电压环控制器的给定 V_{ref} ,其具体实现步骤如下:

[0050] 步骤 S11:当前控制周期内,判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt}+\Delta I$,若 $I_{ave} > I_{lmt}+\Delta I$,

进入步骤 S12,若 $I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S13;

[0051] 步骤 S12:限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $[V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,即令 $V_{ref} = [V_{ave} + V_{ref}(k-1)]/2 - K_v * \Delta V$,返回步骤 S11;

[0052] 步骤 S13:判断 I_{ave} 是否大于 $I_{lmt} - \Delta I$,若 $I_{lmt} - \Delta I < I_{ave} \leq I_{lmt} + \Delta I$,进入步骤 S14,若 $I_{ave} \leq I_{lmt} - \Delta I$,进入步骤 S15;

[0053] 步骤 S14:限流电压控制单元将上一控制周期的电压环控制器的给定 $V_{ref}(k-1)$ 作为当前控制周期内电压环控制器的给定 V_{ref} ,即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1)$,返回步骤 S11;

[0054] 步骤 S15:判断 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$ 是否小于 V_{ref}^* ,若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V < V_{ref}^*$,则进入步骤 S17,若 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V \geq V_{ref}^*$,进入步骤 S16;

[0055] 步骤 S16:限流电压控制单元令 $V_{ref} = V_{ref}^*$,返回步骤 S11;

[0056] 步骤 S17:限流电压控制单元将电压环控制器的给定 V_{ref} 设定为 $V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$,即令 $V_{ref} = V_{ref}(k-1) + K_v * \Delta V$,返回步骤 S11;

[0057] 其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量, $V_{ref}(k-1)$ 为上一控制周期的电压环控制器的给定, K_v 为电压环控制器给定的调整系数(在允许最大限流点范围内,输出电流限流点目标值 I_{lmt} 越大, K_v 越小),且 $0 < K_v < 1$, ΔV 为限流电压法单次调整理论最大调整量, $0 < \Delta I < I_{lmt}$ 。

[0058] 如图 3 所示,在当前控制周期内,在所述电流环控制中,所述限流电流控制单元经过限流电流法获得电流环控制器的给定 I_{ref} ,其具体实现步骤:

[0059] 步骤 S21:判断 I_{ave} 是否小于 $I_{lmt} - \Delta I_3$,若 $I_{ave} < I_{lmt} - \Delta I_3$,则进入步骤 S24,若 $I_{ave} \geq I_{lmt} - \Delta I_3$,进入步骤 S22;

[0060] 步骤 S22:判断 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K$ 是否小于 I_{ref}^* ,若 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K < I_{ref}^*$,则进入步骤 S23,若 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K \geq I_{ref}^*$,进入步骤 S25;

[0061] 步骤 S23:设置电流环控制器给定 $I_{ref} = (I_{lmt} + \Delta I_1) * K$,返回步骤 S21;

[0062] 步骤 S24:判断 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K$ 是否小于 I_{ref}^* ,若 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K < I_{ref}^*$,则进入步骤 S26,若 $(I_{lmt} + \Delta I_2) * K \geq I_{ref}^*$,进入步骤 S25;

[0063] 步骤 S25:设置电流环控制器给定 I_{ref} 为电压环控制器的输出控制量 I_{ref}^* ,即令 $I_{ref} = I_{ref}^*$,返回步骤 S21;

[0064] 步骤 S26:设置电流环控制器给定 $I_{ref} = (I_{lmt} + \Delta I_2) * K$,返回步骤 S21;

[0065] 其中, I_{lmt} 为系统的输出电流限流点目标值,, ΔI_1 为限流下输出电流环控制的限流超调量; ΔI_2 为正常工作状态下电压环输出控制量饱和允许的最大电流超调量, ΔI_3 为控制电流阈值,且 $\Delta I < \Delta I_3$, $\Delta I < \Delta I_1 < \Delta I_2$, ΔI 为系统控制限流精度最大误差量; K 为电压环控制器输出量作为电流环的目标参考量的定标系数,即同电流环反馈参考量匹配系数, I_{ref}^* 为电压环控制器输出控制量。

[0066] 特别的,在允许最大限流点范围内,当系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 可调时(可以对系统设置多个输出电流的限流点),若系统的输出电流限流点目标值 I_{lmt} 增大,对应的电压环控制器给定的调整系数 K_v 减小。

[0067] 当系统监测到在第二滤波器输出的输出电流采样平均值 I_{ave} 超过限流点阈值控制点 $I_{lmt} - \Delta I_3$ 时(即与系统设置限流点 I_{lmt} 接近时),将电压环输出控制量限制在(设置限流点 $(I_{lmt} + \Delta I_1) * K$ 下,使得在电流环参考量限幅在一个与限流点较小的超调范围

内,使得在系统在限流时控制的超调量较小,并在限流电压控制策略的控制下,将输出电流稳定在 $(I_{limt}-\Delta I)$ 与 $(I_{limt}+\Delta I)$ 之间;当系统监测到输出电流值小于(设置限流点 $I_{limt}-\Delta I3$)阈值控制点时,将电压环输出控制量恢复至(设置限流点 $I_{limt}+\Delta I2$)*K下,电压环输出控制量裕度较大,使得开关电源输出在小负载下,瞬间加载,具有较快的动态响应。

[0068] 上列较佳实施例,对本发明的目的、技术方案和优点进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

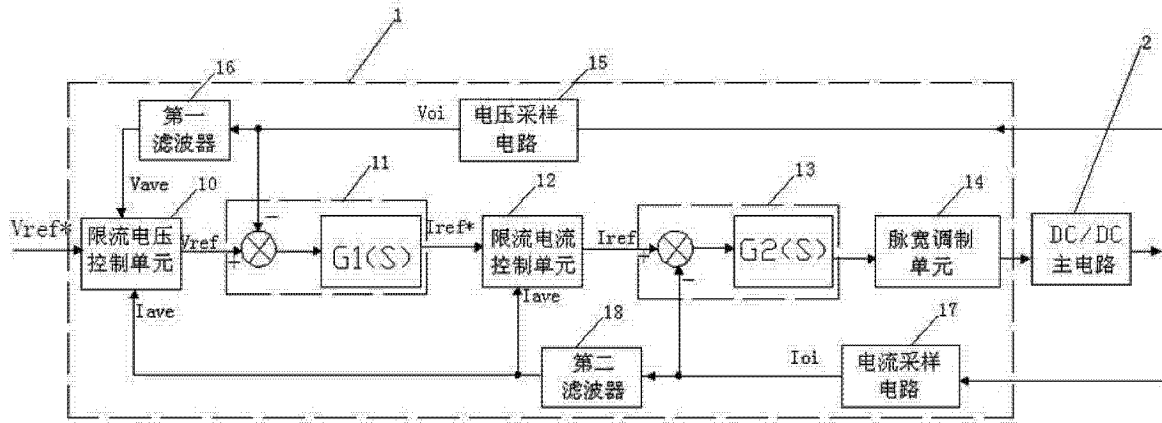


图 1

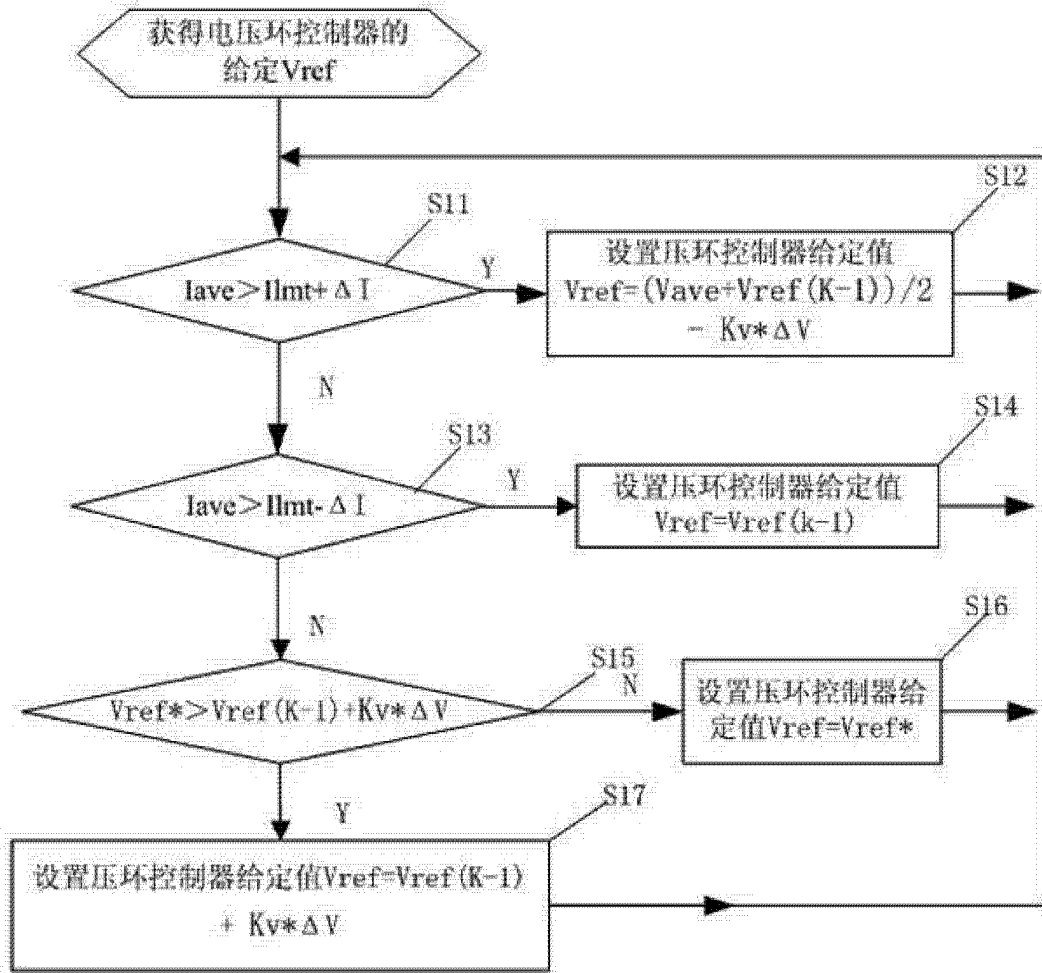


图 2

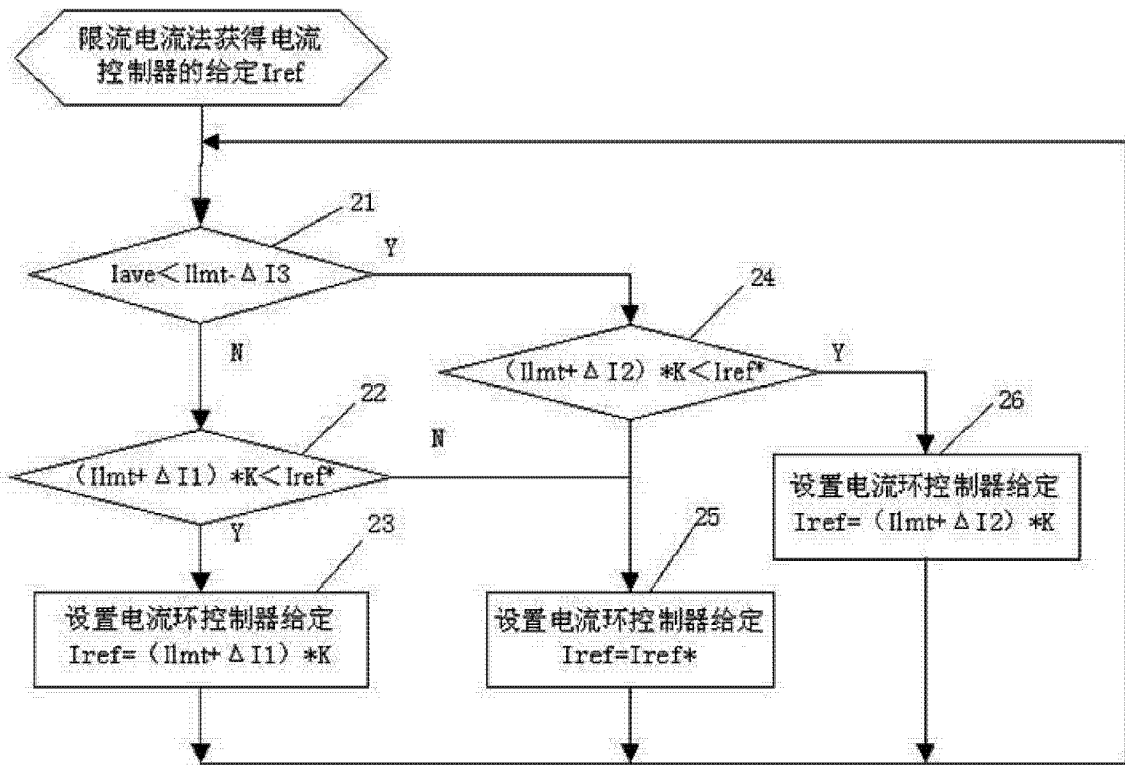


图 3