



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105553303 B

(45)授权公告日 2017. 11. 17

(21)申请号 201510998458.5

H02M 3/335(2006.01)

(22)申请日 2015.12.25

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105553303 A

- CN 102237812 A, 2011.11.09,
- CN 201656779 U, 2010.11.24,
- CN 102291000 A, 2011.12.21,
- CN 102761273 A, 2012.10.31,
- CN 102983763 A, 2013.03.20,
- CN 103248207 A, 2013.08.14,
- CN 1702949 A, 2005.11.30,
- JP 2007295761 A, 2007.11.08,
- US 2007279017 A1, 2007.12.06,

(43)申请公布日 2016.05.04

(73)专利权人 无锡硅动力微电子股份有限公司  
地址 214028 江苏省无锡市新区珠江路51号

(72)发明人 朱勤为 黄飞明 励晔 吴霖  
赵文遐

审查员 周容

(74)专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所  
(普通合伙) 32104

代理人 曹祖良 韩凤

(51) Int. Cl.

H02M 7/219(2006.01)

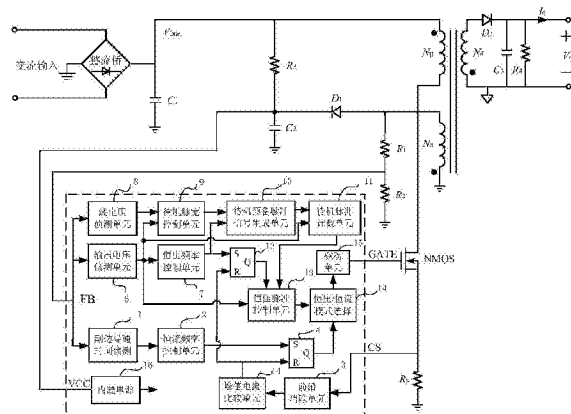
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其通过对恒压控制环路进行结构调整,引入多种控制状态,满足大范围负载变化的功率匹配需求;本发明通过增加线电压侦测单元、待机脉宽控制单元、待机脉冲计数单元、恒压脉冲控制单元、恒压/恒流模式选择单元,使待机脉冲宽度不受限于前沿消隐时间;相对于传统控制方式,本发明在不降低待机开关频率的条件下进一步降低了待机开关脉冲的宽度,从而在不影响动态响应特性的情况下达到低待机功耗的目的。



1. 用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,包括辅助绕组电压反馈引入脚FB引脚,电源引脚VCC引脚,原边绕组电流侦测引入脚CS引脚,驱动AC-DC开关电源中功率开关管的GATE引脚,其特征在于,

所述FB引脚分别连接到副边导通时间侦测单元(1)、输出电压侦测单元(6)和线电压侦测单元(8)的输入端,副边导通时间侦测单元(1)的输出连接恒流频率控制单元(2),输出电压侦测单元(6)的输出分别连接恒压频率控制单元(7)、待机脉宽控制单元(9)、待机脉冲计数单元(11)和恒压脉冲控制单元(13)的输入端;线电压侦测单元(8)的输出端依次连接待机脉宽控制单元(9)、待机预备脉冲信号生成单元(10)、待机脉冲计数单元(11);CS引脚经过前沿消隐单元(3)连接到峰值电流比较单元(4)的输入端;恒流频率控制单元(2)的输出端连接第一RS触发器(5)的S端,峰值电流比较单元(4)的输出端连接第一RS触发器(5)的R端,第一RS触发器(5)的Q端连接恒压/恒流模式选择单元(14)的输入端;恒压频率控制单元(7)的输出端连接第二RS触发器(12)的S端,峰值电流比较单元(4)的输出端连接第二RS触发器(12)的R端,恒压频率控制单元(7)的输出端还连接待机预备脉冲信号生成单元(10)的输入端,第二RS触发器(12)的Q端和待机脉冲计数单元(11)的输出端连接恒压脉冲控制单元(13)的输入端,恒压脉冲控制单元(13)的输出端连接恒压/恒流模式选择单元(14)的输入端,恒压/恒流模式选择单元(14)的输出端连接驱动单元(15),驱动单元(15)的输出连接GATE引脚;VCC引脚连接内建电源单元(16),为整个系统供电;

所述副边导通时间侦测单元(1),采集AC-DC开关电源中变压器的辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的副边导通时间 $T_{reset}$ ;

所述恒流频率控制单元(2),根据副边导通时间 $T_{reset}$ 构造得到一路恒流频率控制信号;

所述前沿消隐单元(3),采集流经AC-DC开关电源中功率开关管的原边电流信号,并屏蔽该信号在功率开关管导通瞬间所产生的电流毛刺;

所述峰值电流比较单元(4),将屏蔽毛刺后的原边电流信号与给定的电流基准 $I_T$ 进行比较,输出峰值电流比较信号;

所述第一RS触发器(5),以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒流频率控制信号作为S输入,从而输出恒流控制信号;

所述输出电压侦测单元(6),采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的输出电压反馈量 $V_f$ ;

所述恒压频率控制单元(7),根据输出电压反馈量 $V_f$ 构造得到一路恒压频率控制信号;

所述线电压侦测单元(8),采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的线电压反馈量 $U_f$ ;

所述待机脉宽控制单元(9),根据输出电压反馈量 $V_f$ 和线电压反馈量 $U_f$ ,生成一路恒压脉宽控制信号;

所述待机预备脉冲信号生成单元(10),根据所述恒压脉宽控制信号的高电平脉宽 $T_{on}$ 和恒压频率控制信号的频率 $f_s$ 生成待机预备脉冲信号;

所述待机脉冲计数单元(11),从待机预备脉冲信号中以每N个脉冲作为一组,对于任一组屏蔽其中的若干个脉冲,N为大于1的自然数;

所述第二RS触发器(12),以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒压频率控制信号作为S输入,从而输出恒压控制信号;

所述恒压脉冲控制单元(13),判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T2}$ :若是,则使屏蔽处理后的待机预备脉冲信号作为输出信号;若否,则使所述的恒压控制信号作为输出信号;

所述恒压/恒流模式选择单元(14),判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T3}$ :若是,则使恒压脉冲控制单元(13)得输出信号作为驱动信号输出;若否,则使所述的恒流控制信号作为驱动信号输出;

所述驱动单元(15),对驱动信号进行功率放大后输出,用于控制AC-DC开关电源中的功率开关管。

2.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述的副边导通时间 $T_{reset}$ 对应为辅助绕组分压信号中正电压线性部分的时长。

3.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述恒流频率控制信号的周期 $T_{period}$ 与副边导通时间 $T_{reset}$ 的关系如下:

$$T_{period} = \frac{1}{2} I_T \frac{N_p}{N_s} \frac{T_{reset}}{I_o}$$

其中: $I_o$ 为AC-DC开关电源的输出电流且为预期设定的, $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器原边绕组和副边绕组的匝数。

4.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述的输出电压反馈量 $V_f$ 为辅助绕组分压信号中正电压线性部分与谐振部分交界点的电压值。

5.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述恒压频率控制信号的频率 $f_s$ 与输出电压反馈量 $V_f$ 的关系如下:

$$\frac{1}{2} L_m I_T^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

其中: $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感, $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻, $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压, $R_1$ 和 $R_2$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值,辅助绕组的一端依次经过电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 接地,辅助绕组的另一端接地,FB引脚连接到电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 的连接点, $N_a$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组和副边绕组的匝数。

6.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述的线电压反馈量 $U_f$ 为辅助绕组分压信号中负电压线性部分的平均电压值。

7.根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述恒压脉宽控制信号的高电平脉宽 $T_{on}$ 与输出电压反馈量 $V_f$ 和线电压反馈量 $U_f$ 的关系如下:

$$\frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{line} * T_{on}}{L_m} \right)^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L} \quad U_f = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_p} V_{line} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

其中: $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感, $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻, $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压, $V_{line}$ 为AC-DC开关电源中变压器原边的直流线电压, $R_1$ 和 $R_2$

分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值,辅助绕组的一端依次经过电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 接地,辅助绕组的另一端接地,FB引脚连接到电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 的连接点, $N_a$ 、 $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组、原边绕组和副边绕组的匝数。

8. 根据权利要求1所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:所述的待机脉冲计数单元(11)屏蔽脉冲的方法为:对于待机预备脉冲信号的任一组脉冲,从该组内的第一个脉冲开始判断,即待当前脉冲结束后立即进行比较:若输出电压反馈量 $V_f$ 大于给定的电压基准 $V_{T1}$ ,则屏蔽组内后续的所有脉冲;否则,判断下一脉冲。

9. 根据权利要求8所述的用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,其特征在于:对于任一组脉冲,屏蔽处理后其组内剩下的脉冲个数 $M$ 满足以下关系:

$$\frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{line} * T_{on\_min}}{L_m} \right)^2 \frac{M}{N} = \frac{V_o^2}{R_L}$$

$$U_f = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_p} V_{line} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

其中: $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感, $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻, $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压, $V_{line}$ 为AC-DC开关电源中变压器原边的直流线电压, $T_{on\_min}$ 为恒压待机状态下恒压脉宽控制信号的高电平脉宽, $R_1$ 和 $R_2$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值,辅助绕组的一端分别依次电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 接地,辅助绕组的另一端接地,FB引脚连接到电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 的连接点, $N_a$ 、 $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组、原边绕组和副边绕组的匝数。

## 用于原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于开关电源控制技术领域,具体涉及一种原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统。

### 背景技术

[0002] 随着全球能源日渐紧缺,人们对于日常设备的节能性提出越来越高的要求。其中,近年来消费电子设备的大量普及在带给人们方便,愉悦的同时,也成为了一个巨大的能源消耗群。对于与电子设备相对应的充电设备而言,不仅仅要求其具有很高的转换效率,还要求待机功耗低。作为权威认证标准的能源之星已经从一星认证标准提高到了五星认证标准,对于AC-DC开关电源的待机功耗要求十分苛刻。

[0003] 原边反馈(PSR)AC-DC开关电源,因其具有外围系统元器件少,成本低,结构简单,待机功耗低等优点,受到了广泛的应用。由于其对于输出电压的采样具有周期性,因此必须保证一个最低的开关频率来维持正常工作。另外,目前的应用中对于系统动态性能也有相应的要求,与副边反馈(SSR)AC-DC开关电源相比,原边反馈AC-DC开关电源因其采样周期性决定了待机时最小频率不能太低,因此待机功耗要比副边反馈AC-DC开关电源大。目前,降低待机功耗方面,不论是脉冲频率调制方式(PFM)还是脉冲宽度调制方式(PWM)以及混合型控制方式,均是采用降低待机开关频率和减小控制电路耗电方式来实现低待机功耗。

[0004] 图1给出了现有原边反馈AC-DC开关电源的控制及应用框图。如图1所示,原边反馈AC-DC开关电源主要包括控制芯片、变压器和功率开关管,变压器包括原边绕组 $N_p$ 、辅助绕组 $N_a$ 以及次级绕组 $N_s$ ,控制芯片包括副边导通时间侦测单元、恒流频率控制单元、恒压控制单元、恒压/恒流模式选择单元、RS触发器、驱动单元、前沿消隐单元、峰值电流比较单元以及内建电源模块。

[0005] 在采用这种控制芯片构成的原边反馈AC-DC开关电源中,FB引脚为辅助绕组 $N_a$ 电压反馈引入脚,并从电阻 $R_1$ 和电阻 $R_2$ 构成分压电路中取得分压信号。在控制芯片内部,FB引脚连接到输出电压侦测单元和副边导通时间侦测单元的输入端,副边导通时间侦测单元的输出连接到恒流频率控制单元,输出电压侦测单元的输出端连接到恒压频率控制单元。CS引脚为原边绕组 $N_p$ 电流检测信号引入脚,从NMOS管源极电阻 $R_s$ 上取得信号。在控制芯片内部,CS引脚连接到前沿消隐单元的输入端,前沿消隐单元的输出端连接到峰值电流比较单元的输入端。恒流频率控制单元和恒压频率控制单元的输出信号分别连接恒压/恒流模式选择单元的两个输入端。恒压/恒流模式选择单元的输出端(即开启信号)和峰值电流比较单元的输出端(即关断信号)分别连接到RS触发器的S端和R端,RS触发器的输出端即Q端连接到驱动单元,驱动单元的输出端与控制芯片的GATE引脚连接,GATE引脚输出接至NMOS管的栅极,用于驱动外部的功率NMOS管。VCC引脚为控制芯片的电源引脚,用于为整个控制芯片接入外部电源;FB引脚同时作为恒流频率控制信号和恒压频率控制信号,其恒流频率控制用于侦测辅助绕组 $N_a$ 的导通时间,以便恒流频率控制单元按比例调节工作周期,使得次级绕组 $N_s$ 输出电流稳定在设定的值,即实现恒流功能;其恒压频率控制用于侦测副边导通

时辅助绕组的电压,间接反映输出绕组的电压,进而间接反映输出电压的大小,并根据所侦测到的电压大小来调节开关频率,使得输出电压稳定在设定值。CS为原边绕组 $N_p$ 电流侦测引脚,用于侦测原边绕组 $N_p$ 导通时的峰值电流,以实现各周期过程中原边峰值电流等于所设定的阈值。

[0006] 当系统正常工作时,由于变压器原边绕组 $N_p$ 的极性相对辅助绕组 $N_a$ 和次级绕组 $N_s$ 同名端相反,因此在原边绕组 $N_p$ 导通时,FB引脚为负电压;当处于次级绕组 $N_s$ 导通阶段时,由于辅助绕组 $N_a$ 与次级绕组 $N_s$ 同名端极性相同,因此FB电压为正电压,此时变压器副边绕组电压为 $V_s = V_o + V_z$ ,辅助绕组电压 $V_a = V_s * (N_a / N_s) = V_{fb} * R_2 / (R_1 + R_2)$ ,因此 $V_o = V_{fb} * R_2 * N_s / [(R_1 + R_2) * N_a] - V_z$ ,也就是输出电压是反馈电压 $V_{fb}$ 的函数,芯片通过恒压频率控制单元7来调节 $V_{fb}$ 到设定值,即可使得输出电压 $V_o$ 稳定在设定值,此时系统工作在恒压模式;当系统工作在恒流模式时,副边导通时间侦测单元可通过侦测FB引脚为正电压的时间来确定次级绕组 $N_s$ 的导通时间 $T_{ons}$ ,并以此为依据来确定系统的工作周期 $T = K * T_{ons}$ ,其中K为比例系数。由于系统工作与断续模式,每个周期均要使原边绕组 $N_p$ 储存的能量全部在次级绕组 $N_s$ 释放,这样次级绕组 $N_s$ 导通时的峰值电流, $I_{pp}$ 为原边绕组 $N_p$ 导通时的峰值电流, $N_s$ 为次级绕组 $N_s$ 的圈数, $N_p$ 为原边绕组 $N_p$ 的圈数。这样只要设定好 $I_{pp}$ 和K及变压器参数,那么次级绕组 $N_s$ 的输出电流就是一个恒定值。

[0007] 当系统工作在轻载或者空载时,由于每个周期原边峰值电流固定不变,因此每个周期传输给副边的能量固定不变,这样在输出完全空载时,由于不停地有能量向副边传输,副边输出电压会不断被抬高,且高于设定值,为了解决该问题,通常需要给副边输出端加入一个假负载 $R_4$ ,用于消耗掉每个周期传输过来的能量,使得输出电压维持在设定值。

[0008] 加入假负载 $R_4$ 带来的是待机功耗的增加,为了降低待机功耗,必须降低控制芯片的最低工作频率 $F_{min}$ ,使其在相同时间内导通次数减少,从而减少传输的能量,这样就能增大 $R_4$ 阻值来降低待机功耗。但是 $F_{min}$ 又会对系统的动态特性产生极大影响,当负载突然从零跳变到满载时受 $F_{min}$ 的限制,芯片不能立即使原边导通来补充能量,而是必须等待最大关断时间 $T_{max}$  ( $T_{max} = 1 / F_{min}$ ) 过了才能使原边导通,这样,在 $T_{max}$ 这段时间内由于输出端负载很大,而能量也没有传输,因此输出电压会迅速下降,其下降值完全取决于 $T_{max}$ , $T_{max}$ 越大,即 $F_{min}$ 越低则待机功耗越小,但是动态特性越差,因此在满足一定动态特性的情况下 $F_{min}$ 不能再降低。

## 发明内容

[0009] 针对现有技术所存在的上述技术问题,本发明提供了一种原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,能够在不影响动态性能的条件下降低AC-DC开关电源的待机功耗。

[0010] 所述原边反馈AC-DC开关电源的待机控制系统,包括:辅助绕组电压反馈引入脚FB引脚,电源引脚VCC引脚,原边绕组电流侦测引入脚CS引脚,驱动AC-DC开关电源中功率开关管的GATE引脚,所述FB引脚分别连接到副边导通时间侦测单元、输出电压侦测单元和线电压侦测单元的输入端,副边导通时间侦测单元的输出连接恒流频率控制单元,输出电压侦测单元的输出分别连接恒压频率控制单元、待机脉宽控制单元、待机脉冲计数单元和恒压脉冲控制单元的输入端;线电压侦测单元的输出端依次连接待机脉宽控制单元、待机预备脉冲信号生成单元、待机脉冲计数单元;CS引脚经过前沿消隐单元连接到峰值电流比较单

元的输入端;恒流频率控制单元和峰值电流比较单元的输出端分别连接第一RS触发器的S端和R端,第一RS触发器的Q端连接恒压/恒流模式选择单元的输入端;恒压频率控制单元和峰值电流比较单元的输出端分别连接第二RS触发器的S端和R端,恒压频率控制单元的输出端还连接待机预备脉冲信号生成单元的输入端,第二RS触发器的Q端和待机脉冲计数单元的输出端连接恒压脉冲控制单元的输入端,恒压脉冲控制单元的输出端连接恒压/恒流模式选择单元的输入端,恒压/恒流模式选择单元的输出端连接驱动单元,驱动单元的输出端连接GATE引脚;VCC引脚连接内建电源单元,为整个系统供电;

[0011] 所述副边导通时间侦测单元,采集AC-DC开关电源中变压器的辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的副边导通时间 $T_{reset}$ ;

[0012] 所述恒流频率控制单元,根据副边导通时间 $T_{reset}$ 构造得到一路恒流频率控制信号;

[0013] 所述前沿消隐单元,采集流经AC-DC开关电源中功率开关管的原边电流信号,并屏蔽该信号在功率开关管导通瞬间所产生的电流毛刺;

[0014] 所述峰值电流比较单元,将屏蔽毛刺后的原边电流信号与给定的电流基准 $I_T$ 进行比较,输出峰值电流比较信号;

[0015] 所述第一RS触发器,以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒流频率控制信号作为S输入,从而输出恒流控制信号;

[0016] 所述输出电压侦测单元,采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的输出电压反馈量 $V_f$ ;

[0017] 所述恒压频率控制单元,根据输出电压反馈量 $V_f$ 构造得到一路恒压频率控制信号;

[0018] 所述线电压侦测单元,采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的线电压反馈量 $U_f$ ;

[0019] 所述待机脉宽控制单元,根据输出电压反馈量 $V_f$ 和线电压反馈量 $U_f$ ,生成一路恒压脉宽控制信号;

[0020] 所述待机预备脉冲信号生成单元,根据所述恒压脉宽控制信号的高电平脉宽 $T_{on}$ 和恒压频率控制信号的频率 $f_s$ 生成待机预备脉冲信号;

[0021] 所述待机脉冲计数单元,从待机预备脉冲信号中以每N个脉冲作为一组,对于任一组屏蔽其中的若干个脉冲,N为大于1的自然数;

[0022] 所述第二RS触发器,以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒压频率控制信号作为S输入,从而输出恒压控制信号;

[0023] 所述恒压脉冲控制单元,判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T2}$ :若是,则使屏蔽处理后的待机预备脉冲信号作为输出信号;若否,则使所述的恒压控制信号作为输出信号;

[0024] 所述恒压/恒流模式选择单元,判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T3}$ :若是,则使恒压脉冲控制单元得输出信号作为驱动信号输出;若否,则使所述的恒流控制信号作为驱动信号输出;

[0025] 所述驱动单元,对驱动信号进行功率放大后输出,用于控制AC-DC开关电源中的功率开关管。

[0026] 所述的副边导通时间 $T_{\text{reset}}$ 对应为辅助绕组分压信号中正电压线性部分的时长。

[0027] 所述恒流频率控制信号的周期 $T_{\text{period}}$ 与副边导通时间 $T_{\text{reset}}$ 的关系如下：

$$[0028] \quad T_{\text{period}} = \frac{1}{2} I_T \frac{N_p}{N_s} \frac{T_{\text{reset}}}{I_o}$$

[0029] 其中： $I_o$ 为AC-DC开关电源的输出电流且为预期设定的， $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器原边绕组和副边绕组的匝数。

[0030] 所述的输出电压反馈量 $V_f$ 为辅助绕组分压信号中正电压线性部分与谐振部分交界点的电压值。

[0031] 所述恒压频率控制信号的频率 $f_s$ 与输出电压反馈量 $V_f$ 的关系如下：

$$[0032] \quad \frac{1}{2} L_m I_T^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

[0033] 其中： $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感， $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻， $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压， $R_1$ 和 $R_2$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值， $N_a$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组和副边绕组的匝数。辅助绕组的一端分别经过电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 接地，FB引脚连接到电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 的连接点。

[0034] 所述的线电压反馈量 $U_f$ 为辅助绕组分压信号中负电压线性部分的平均电压值。

[0035] 所述恒压脉宽控制信号的高电平脉宽 $T_{\text{on}}$ 与输出电压反馈量 $V_f$ 和线电压反馈量 $U_f$ 的关系如下：

[0036]

$$\frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{\text{line}} * T_{\text{on}}}{L_m} \right)^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L} \quad U_f = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_p} V_{\text{line}} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

[0037] 其中： $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感， $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻， $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压， $V_{\text{line}}$ 为AC-DC开关电源中变压器原边的直流线电压， $R_1$ 和 $R_2$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值， $N_a$ 、 $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组、原边绕组和副边绕组的匝数。

[0038] 所述的待机脉冲计数单元屏蔽脉冲的具体方法为：对于待机预备脉冲信号的任一组脉冲，从该组内的第一个脉冲开始判断，即待当前脉冲结束后立即进行比较：若输出电压反馈量 $V_f$ 大于给定的电压基准 $V_{T1}$ ，则屏蔽组内后续的所有脉冲；否则，判断下一脉冲。

[0039] 对于任一组脉冲，屏蔽处理后其组内剩下的脉冲个数 $M$ 满足以下关系：

$$[0040] \quad \frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{\text{line}} * T_{\text{on\_min}}}{L_m} \right)^2 f_s \frac{M}{N} = \frac{V_o^2}{R_L}$$

$$[0041] \quad U_f = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_p} V_{\text{line}} \quad V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$$

[0042] 其中： $L_m$ 为AC-DC开关电源中变压器的原边励磁电感， $R_L$ 为AC-DC开关电源的负载电阻， $V_o$ 为AC-DC开关电源的输出电压， $V_{\text{line}}$ 为AC-DC开关电源中变压器原边的直流线电压，



$T_{on\_min}$ 为恒压待机状态下恒压脉宽控制信号的高电平脉宽, $R_1$ 和 $R_2$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组的两个分压电阻阻值, $N_a$ 、 $N_p$ 和 $N_s$ 分别为AC-DC开关电源中变压器辅助绕组、原边绕组和副边绕组的匝数。

[0043] 所述的电压基准 $V_{T1}$ 略高于输出电压反馈量 $V_f$ ,电压基准 $V_{T2}$ 略高于输出电压反馈量 $V_f$ 且小于电压基准 $V_{T1}$ ,电压基准 $V_{T3}$ 略小于输出电压反馈量 $V_f$ 。

[0044] 本发明的优点是:本发明的待机控制系统通过对恒压控制环路进行结构调整,引入多种控制状态,满足大范围负载变化的功率匹配需求;本发明通过增加线电压侦测单元、待机脉宽控制单元、待机脉冲计数单元、恒压脉冲控制单元、恒压/恒流模式选择单元,使待机脉冲宽度不受限于前沿消隐时间;相对于传统控制方式,本发明在不降低待机开关频率的条件下进一步降低了待机开关脉冲的宽度,从而在不影响动态响应特性的情况下达到低待机功耗的目的。

## 附图说明

[0045] 图1为现有原边反馈AC-DC开关电源及其控制系统的结构示意图。

[0046] 图2为本发明原边反馈AC-DC开关电源及其待机控制系统的结构示意图。

[0047] 图3为AC-DC开关电源中辅助绕组分压信号的波形示意图。

[0048] 图4为本发明控制系统的工作状态示意图。

[0049] 图5为恒压调频状态原边峰值电流的波形示意图。

[0050] 图6为待机脉冲计数单元的信号屏蔽处理示意图。

## 具体实施方式

[0051] 为了更为具体地描述本发明,下面结合附图及具体实施方式对本发明的技术方案进行详细说明。

[0052] 如图2所示,本实施例提供了一种原边反馈AC-DC开关电源的空载控制系统。本发明和原有控制芯片的引脚一致,包括:辅助绕组电压反馈引入脚FB引脚,电源引脚VCC引脚,原边绕组电流侦测引入脚CS引脚,驱动AC-DC开关电源中功率开关管的GATE引脚。

[0053] 在系统内部,所述FB引脚分别连接到副边导通时间侦测单元1、输出电压侦测单元6和线电压侦测单元8的输入端,副边导通时间侦测单元1的输出连接恒流频率控制单元2,输出电压侦测单元6的输出分别连接恒压频率控制单元7、待机脉宽控制单元9、待机脉冲计数单元11和恒压脉冲控制单元13的输入端;线电压侦测单元8的输出端依次连接待机脉宽控制单元9、待机预备脉冲信号生成单元10、待机脉冲计数单元11;CS引脚经过前沿消隐单元3连接到峰值电流比较单元4的输入端;恒流频率控制单元2和峰值电流比较单元4的输出端分别连接第一RS触发器5的S端和R端,第一RS触发器5的Q端连接恒压/恒流模式选择单元14的输入端;恒压频率控制单元7和峰值电流比较单元4的输出端分别连接第二RS触发器12的S端和R端,恒压频率控制单元7的输出端还连接待机预备脉冲信号生成单元10的输入端,第二RS触发器12的Q端和待机脉冲计数单元11的输出端连接恒压脉冲控制单元13的输入端,恒压脉冲控制单元13的输出端连接恒压/恒流模式选择单元14的输入端,恒压/恒流模式选择单元14的输出端连接驱动单元15,驱动单元15的输出连接GATE引脚;VCC引脚连接内建电源单元16,为整个系统供电。

[0054] 所述副边导通时间侦测单元1,采集AC-DC开关电源中变压器的辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的副边导通时间 $T_{reset}$ ;

[0055] 所述恒流频率控制单元2,根据副边导通时间 $T_{reset}$ 构造得到一路恒流频率控制信号;

[0056] 所述前沿消隐单元3,采集流经AC-DC开关电源中功率开关管的原边电流信号,并屏蔽该信号在功率开关管导通瞬间所产生的电流毛刺;

[0057] 所述峰值电流比较单元4,将屏蔽毛刺后的原边电流信号与给定的电流基准 $I_T$ 进行比较,输出峰值电流比较信号;

[0058] 所述第一RS触发器5,以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒流频率控制信号作为S输入,从而输出恒流控制信号;

[0059] 所述输出电压侦测单元6,采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的输出电压反馈量 $V_f$ ;

[0060] 所述恒压频率控制单元7,根据输出电压反馈量 $V_f$ 构造得到一路恒压频率控制信号;

[0061] 所述线电压侦测单元8,采集所述辅助绕组分压信号,并从中检测得到AC-DC开关电源的线电压反馈量 $U_f$ ;

[0062] 所述待机脉宽控制单元9,根据输出电压反馈量 $V_f$ 和线电压反馈量 $U_f$ ,生成一路恒压脉宽控制信号;

[0063] 所述待机预备脉冲信号生成单元10,根据所述恒压脉宽控制信号的高电平脉宽 $T_{on}$ 和恒压频率控制信号的频率 $f_s$ 生成待机预备脉冲信号;

[0064] 所述待机脉冲计数单元11,从待机预备脉冲信号中以每N个脉冲作为一组,对于任一组屏蔽其中的若干个脉冲,N为大于1的自然数;

[0065] 所述第二RS触发器12,以所述的峰值电流比较信号作为R输入,以所述的恒压频率控制信号作为S输入,从而输出恒压控制信号;

[0066] 所述恒压脉冲控制单元13,判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T2}$ :若是,则使屏蔽处理后的待机预备脉冲信号作为输出信号;若否,则使所述的恒压控制信号作为输出信号;

[0067] 所述恒压/恒流模式选择单元14,判断输出电压反馈量 $V_f$ 是否大于给定的电压基准 $V_{T3}$ :若是,则使恒压脉冲控制单元13得输出信号作为驱动信号输出;若否,则使所述的恒流控制信号作为驱动信号输出;

[0068] 所述驱动单元15,对驱动信号进行功率放大后输出,用于控制AC-DC开关电源中的功率开关管。

[0069] 所述的待机脉冲计数单元11屏蔽脉冲的具体方法为:对于待机预备脉冲信号的任一组脉冲,从该组内的第一个脉冲开始判断,即待当前脉冲结束后立即进行比较:若输出电压反馈量 $V_f$ 大于给定的电压基准 $V_{T1}$ ,则屏蔽组内后续的所有脉冲;否则,判断下一脉冲。

[0070] 本实施方式电路的工作原理如下:本发明恒流控制环路与图1传统控制方式类似,由所述副边导通时间侦测单元1、恒流频率控制单元2、前沿消隐单元3、峰值电流比较单元4、第一RS触发器5组成。而恒压控制环路较图1传统控制方式不同,根据实际情况可将其分为三个状态,分别称为:恒压调频,恒压调幅,恒压待机。其中:

[0071] ①恒压调频:原边峰值电流不变,开关频率根据负载变化。

[0072] ②恒压调幅:原边峰值电流根据负载变化,开关频率不变。

[0073] ③恒压待机:原边峰值电流不变,系统产生的开关脉冲频率不变,但最终输出时选择性跳过部分脉冲。

[0074] 如图3所示,输出电压侦测单元可在Sample\_T1时刻检测FB引脚波形,得到电压为

$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_s} V_o$ , 其中 $R_2, R_1, N_a, N_s$ 都为固定量,因此可根据该电压判断输出电压 $V_o$ 大小。如图4

所示,当 $V_o < V_3$ 时,系统处于恒流控制状态(启动以后)。当 $V_o > V_3$ 时,系统进入恒压控制状态。

[0075] 当负载较重时,即 $I_{out} > I_{out2}$ ,系统处于恒压调频状态,此时所述恒压频率控制单元会根据输出电压具体大小调节该单元产生信号的频率,同时驱动信号的关断时刻由所述峰值电流比较单元4输出决定,所述峰值电流比较单元4内部设定了一个固定的基准电压,从而保证原边峰值电流不变。系统能量守恒公式如下:

$$[0076] \quad \frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_T}{R_s} \right)^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L}$$

[0077] 其中: $L_m$ 为所述变压器原边励磁电感, $V_T$ 为所述峰值电流比较单元4内部基准电压, $R_s$ 为图2中所示原边电流采样电阻, $f_s$ 为开关频率, $V_o$ 为系统输出电压, $R_L$ 为等效负载电阻。可见当 $V_T$ 是固定值后,开关频率 $f_s$ 与等效负载电阻 $R_L$ 有一一对应关系。开关频率 $f_s$ 随着等效负载电阻 $R_L$ 的变化而变化。由于开关频率 $f_s$ 在设计中存在最大值 $f_{s\_max}$ 和最小值 $f_{s\_min}$ ,因此当负载电阻 $R_L$ 进一步增大,也就是负载电流进一步减小,开关频率 $f_s$ 降低至最小值 $f_{s\_min}$ 时依旧无法满足能量守恒条件,那么系统将进入恒压调幅状态。

[0078] 当负载由重载变成中载时,即 $I_{out1} < I_{out} < I_{out2}$ ,系统处于恒压调幅状态,此时所述恒压频率控制单元输出信号频率已降至最低值 $f_{s\_min}$ ,并保持不变,同时驱动信号的关断时刻由所述待机脉宽控制单元9输出决定。系统能量守恒公式如下:

$$[0079] \quad \frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{line} * T_{on}}{L_m} \right)^2 f_s = \frac{V_o^2}{R_L}$$

[0080] 其中: $V_{line}$ 为图2中所示的系统线电压, $T_{on}$ 是开关驱动信号的有效导通时间。如图3所示,所述线电压侦测单元通过对FB引脚信号在Sample\_T2时刻采样得到

$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{N_a}{N_p} V_{line}$ , 由于 $R_1, R_2, N_a, N_p$ 均为常量,因此该值与 $V_{line}$ 成正比。所述待机脉宽控制单元

9在接收所述线电压侦测单元输出后,可自动调节 $T_{on}$ 来满足输出功率匹配要求。其中 $T_{on}$ 同样具有设定的最大值和最小值,在所述恒压调幅状态下,输出功率越小, $T_{on}$ 越小。为实现恒压调频状态和恒压调幅状态的功率平滑过渡,有:

$$[0081] \quad \frac{V_{line} T_{on\_max}}{L_m} = \frac{V_T}{R_s}$$

[0082] 待机脉宽的最大值 $T_{on\_max}$ 可由上式决定。

[0083] 如图5所示,在恒压调频状态中,系统通过检测原边电流是否到达阈值决定开关脉冲关断时刻。由于原边电流在开通瞬间存在电流毛刺,容易引起比较器误触发,因此通常会

有所述前沿消隐单元屏蔽电流毛刺阶段,所以在这种情况下,脉冲脉宽要大于前沿消隐时间。而在恒压调幅状态中,脉宽的产生不采用原边峰值电流比较的方式,可以消除前沿消隐时间的限制。即待机脉宽的最小值 $T_{on\_min}$ 可小于前沿消隐时间。具体数值由具体系统需求所定。

[0084] 当负载由中载变为轻载甚至待机时,即 $I_{out} < I_{out1}$ ,系统处于恒压待机状态,此时所述的恒压频率控制单元与恒压调幅状态相同,均输出最低频率 $f_{s\_min}$ 的脉冲。所述待机脉宽控制单元9输出待机脉宽的最小值 $T_{on\_min}$ 。另外所述待机脉冲计数单元11将有选择地屏蔽部分脉冲信号。如图6所示,在恒压待机状态下,系统按最低频率 $f_{s\_min}$ 和最小待机脉宽 $T_{on\_min}$ 发出连续脉冲,作为例子,当第M个脉冲到来时检测到输出电压 $V_o$ 。超过限定的阈值 $V_{burst}$  ( $V_{burst} > V_3$ ),则系统选择屏蔽掉接下来的脉冲信号直到第N个脉冲结束。其中N是系统内部设定的固定常数。根据负载的不同,屏蔽的脉冲个数也不同。相应的系统能量公式为:

$$[0085] \quad \frac{1}{2} L_m \left( \frac{V_{line} * T_{on\_min}}{L_m} \right)^2 \frac{M}{N} = \frac{V_o^2}{R_L}$$

[0086] 当处于待机状态时,系统的等效频率为 $f_{s\_min}/N$ 。通过调节N可改变系统待机的等效频率,从而调节动态效应。

[0087] 恒压脉冲控制单元13接收峰值电流比较单元4、恒压频率控制单元7、待机脉宽控制单元9、待机脉冲计数单元11的输出信号,进行逻辑处理,从而实现恒压调频、恒压调幅、恒压待机三种状态的切换与系统控制。

[0088] 上述的对实施例的描述是为便于本技术领域的普通技术人员能理解和应用本发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对上述实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,对于本发明做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

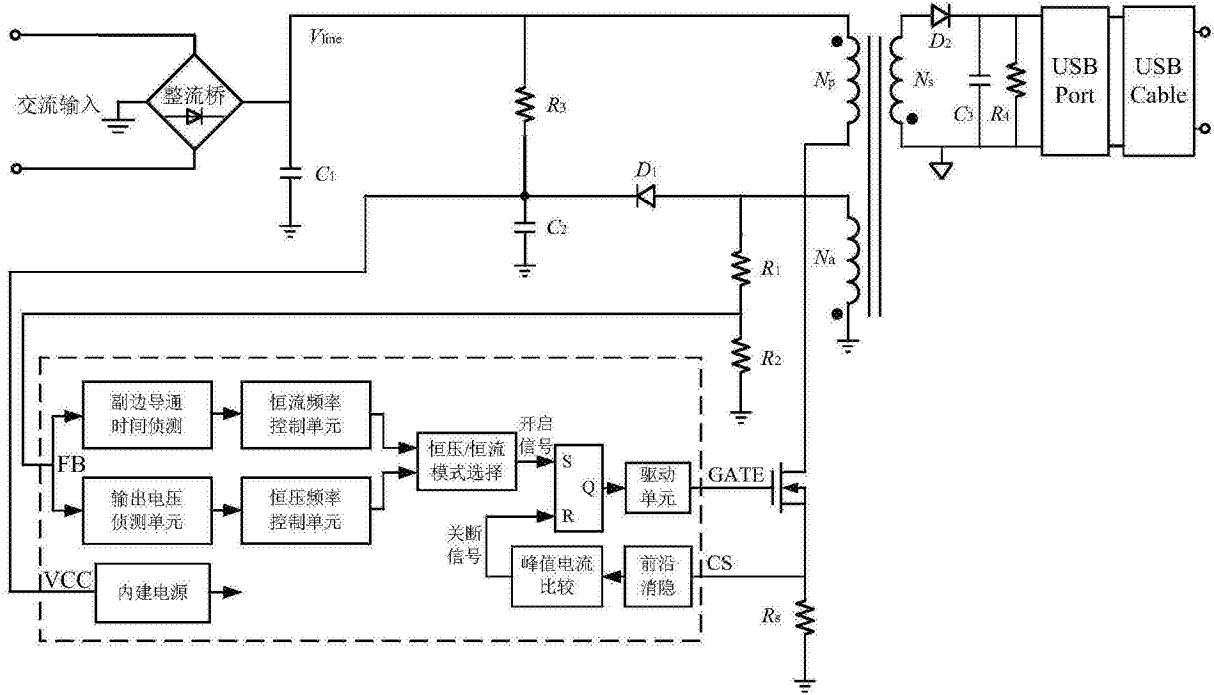


图1

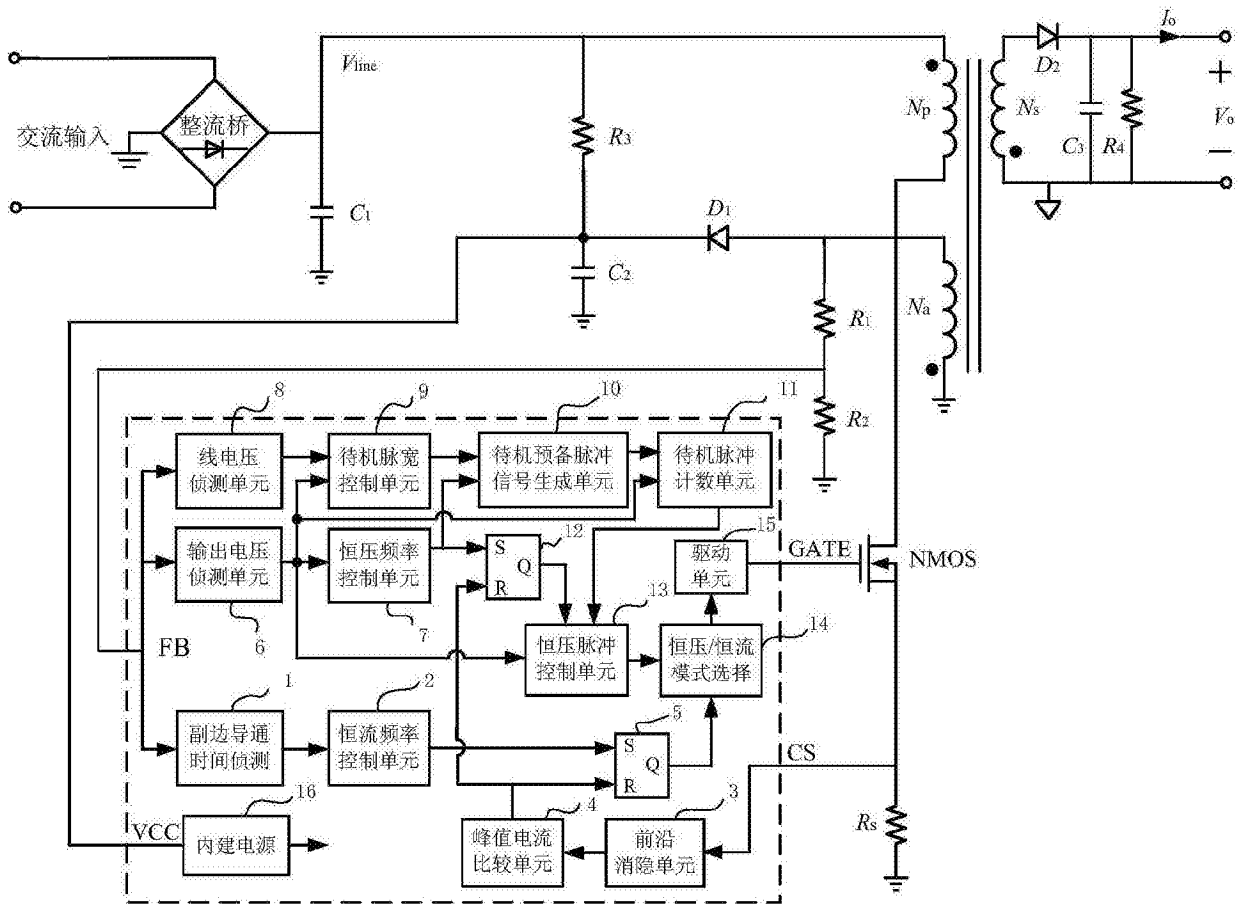


图2

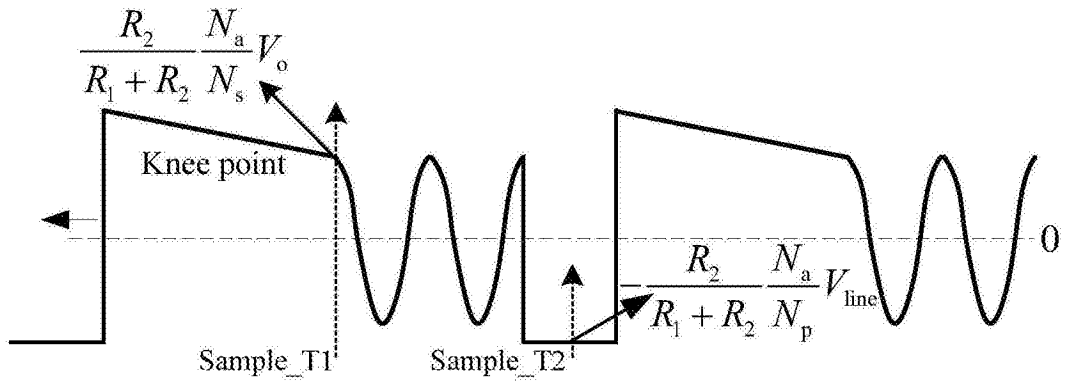


图3

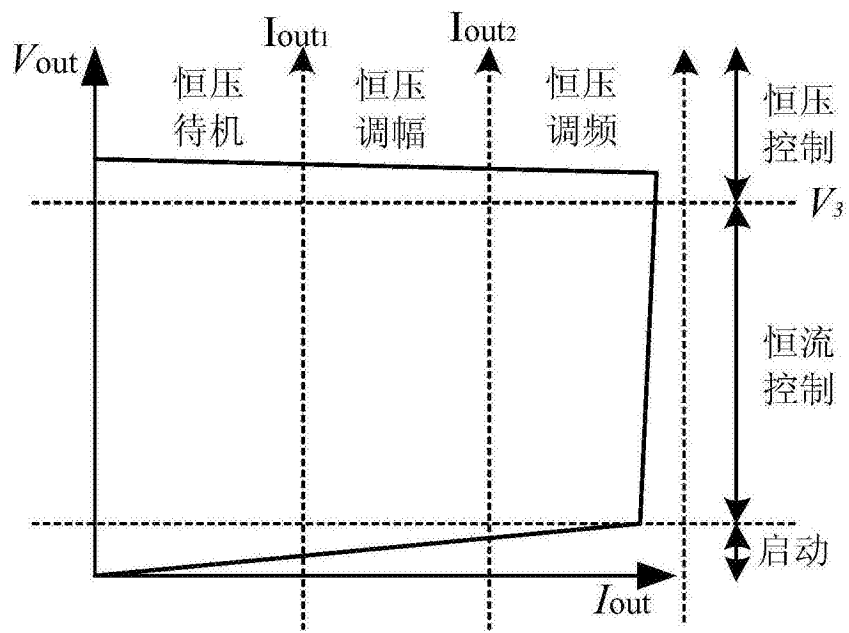


图4

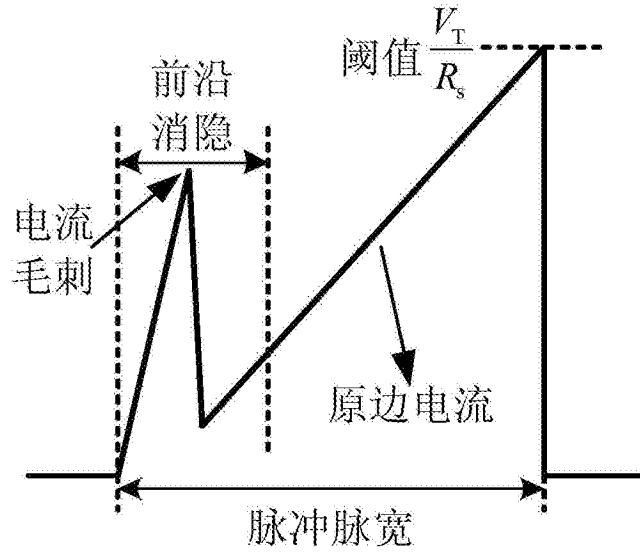


图5

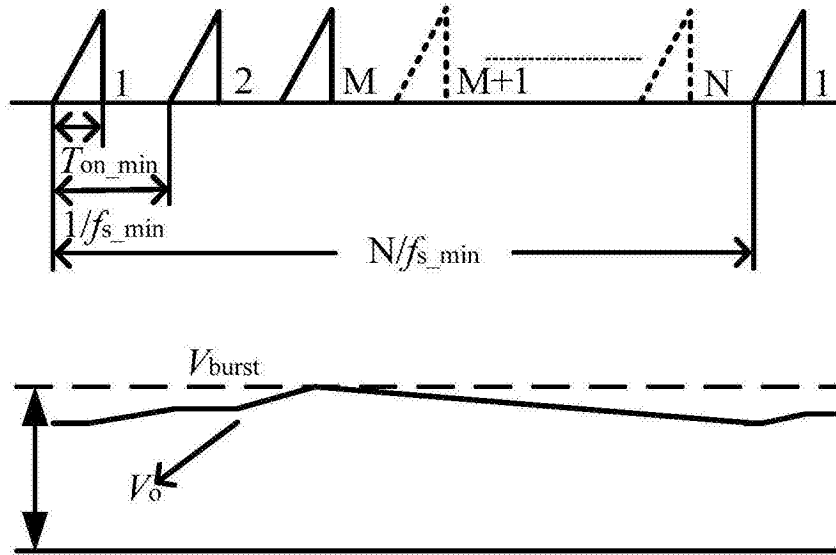


图6