

一种过压浪涌抑制电路的设计

毛云晶
中国电子科技集团公司第四十三研究所
DOI:10.32629/etd.v7i8.21655

[摘 要] 针对直流电子设备输入过压浪涌抑制需求,本文提出的一种过压浪涌抑制电路,分析了其电路原理,通过选取合适的元器件,灵活配置参数,在输入过压浪涌时保证后级电压在正常工作范围内。该电路器件选型简单,可靠性高,并经试验验证了电路的有效性。

[关键词] 过压浪涌;浪涌抑制;钳位

中图分类号: TM862 文献标识码: A

Design of an Overvoltage Surge Suppression Circuit
Yunjing Mao
The 43rd Research Institute of CETC

[Abstract] Addressing the need for overvoltage surge suppression in DC electronic equipment inputs, this paper presents an overvoltage surge suppression circuit, analysing its circuit principle. By selecting suitable components and flexibly configuring parameters, it ensures that the subsequent stage voltage stays within the normal range during input overvoltage surges. The circuit uses simple component selection, is highly reliable, and its effectiveness has been verified through testing.

[Key words] overvoltage surge; surge suppression; clamping

引言

低压直流电源系统主要由直流发电机、调压器、保护器和滤波器等组成,当发电机工作在额定负载时,由于某种原因负载突然断开,或主要的大负载突卸,会引起发电机汇流条电压短时升高,产生过压浪涌。该浪涌电压持续的时间较长,一般是几毫秒或者几十毫秒,短时的瞬态电压(浪涌电压和尖峰电压)大大超过稳态电源电压,可能使整个系统停顿、通信中止,当它袭击到用电设备的集成芯片上时,往往造成误操作和集成芯片的损坏。因此,必须对电压浪涌进行抑制。

1 二次电源的功能与组成

二次电源的组成框图如图1所示,输入一次电源(电压:18~36V,最大稳态电流:35A)通过隔离转换成稳定可靠的电源供各路用电组合使用。二次电源由尖峰电压抑制及雷电防护电路、过压浪涌抑制电路、瞬断保护电路、EMI滤波电路及各路电压转换单元等组成。输入最前端设置多级保护电路,抑制瞬时和短时母线上高电压、断电对系统供电的影响。EMI滤波电路的功能是抑制母线上的共模和差模干扰,达到电磁兼容指标要求。依据后级组合的用电需求选取不同功率的隔离DC/DC变换器适应负载供电要求,可以通过开关和延时电路控制各路启动及延时启动时间。

电源输入应符合GJB181A-2003《飞机供电特性》中对28V

直流用电设备规定的正常和非正常供电特性要求,需承受GJB 181-86《飞机供电特性》规定的80V/50ms浪涌电压。还需要满足用户要求的LDC105(正常电压瞬变试验)、LDC302(常规非正常电压瞬变试验)等要求。

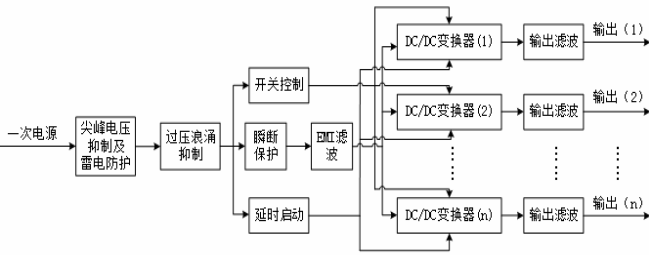


图1 二次电源组成框图

随着专业细分,DC/DC变换器具体实现不再是电源系统设计重点^[2]。本方案中,二次电源选用的DC/DC变换器均是9~40V宽范围输入的成熟货架产品,涵盖了系统要求的18~36V输入电压范围,具备50V/100ms浪涌输入电压保护功能,也具有一般微电路模块具备的输出过流保护和输出过压保护等功能。尖峰电压抑制和雷电防护是通过在输入正负线、正线-机壳、负线-机壳之间设置瞬态抑制二极管实现的^[3]。瞬断保护是通过电容储能,在输入瞬断时释放能量支撑后级变换器工作。开关控制通过光

耦隔离驱动模块禁止端实现。延时启动则是依据要求的延时时间用定时器芯片控制延时启动时间。

本文重点介绍过压浪涌抑制功能,综合前述试验文件的极限要求以及电源变换器本身的输入特性,二次电源除了满足80V/50ms浪涌电压抑制要求,还需在以下几个输入电压和时间维持正常工作:(1)38V,700ms;(2)50V,200ms;(3)70V,25ms;(4)70V,12ms,0.5s间隔3次。由于条件(1)是电源变换器正常工作电压,需重点关注几个非工作电压下过压浪涌抑制的实现。

2 过压浪涌抑制电路设计

电子设备的供电系统在工作任务切换时,如供电电源的同步与并联、负载的变化、用电设备的切换等,其瞬态特性会发生变化,此时供电电压会出现尖峰电压和浪涌电压等瞬态工作电压^[1]。这种瞬态电压可能会超出后级电路最大稳态电压,影响后级输出,甚至损坏。在很多标准中对浪涌电压抑制提出了要求,其中要求较为严苛的是GJB181-86的80V/50ms,此外还有一些特殊工况下的要求。因此需要在设备供电输入端设置过压浪涌抑制电路,保证后级电路输入电压在正常工作电压范围内。

常用的过压浪涌抑制方法,有并联压敏电阻、并联瞬态抑制二极管、双晶体管组合等分立器件电路的方法^[1],但存在过电流大时功耗大的缺点,高电压工作时间也不能太长。随着集成电路的发展,厂商研发了集成式浪涌控制芯片,由于芯片配置简单、占用体积小,已经广泛使用,例如凌特公司(Linear Technology)的LT4356、LT4364等,其工作原理是通过检测电压来调整场效应管驱动电压以改变其工作区,当检测电压超过配置值时,调整场效应管使其在安全工作区工作,稳定输出电压不超过配置值^[4]。

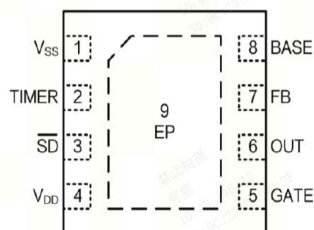


图2 CSV24366引出端排列

本文方案采用锗威特半导体的高压浪涌抑制器CSV24366,如图2所示,其控制外部N沟道场效应管的栅极,抑制器可以在过电压瞬变过程中调节输出,在场效应管两端承载过压的情况,负载可以保持运作状态。在返回线路中布设一个电阻器可隔离抑制器,并允许其随电源上下浮动;因此,输出电压的上限仅取决于高值电阻器的可用性和场效应管的额定规格。该电路结构简单,且不需要辅助电源,体积小,精度高,但需要高安全工作区的场效应管。

工作模式主要分为三种操作状态:启动、运行和调节模式。启动模式中,一个15uA涓流电流流过输入端电路,其中一半的电流用于栅极充电,而另一半电流则作偏置电流。当GATE引脚充电时,外部场效应管导通从而上拉OUT引脚电压。这将导致器件进入运行模式,此时输出电压之高足以成为充电泵的电源电压。充

电泵随后用于对栅极进行充分的充电。

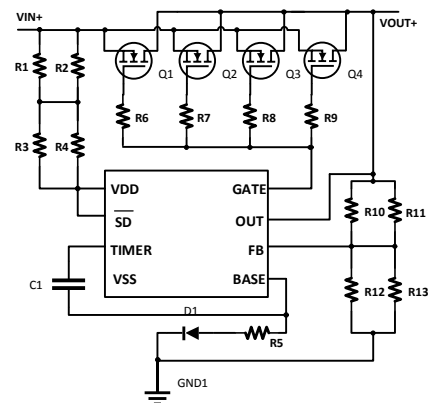


图3 过压浪涌抑制电路

图3中Q1-Q4为龙飞电子的线性功率场效应管LE10N002ALFJ,其安全工作区参数专门为过压浪涌设计,漏-源电压100V,漏极最大稳态工作电流180A,漏-源导通电阻为2.6mΩ。考虑最大浪涌电压80V时需输出38V,落差42V,在调节期间落差电压由场效应管承担,输入38V时输入电流13.3A,瞬时功率较大为42V*13.3A=560W,图中场效应管Q1采用4只LE10N002ALFJ并联,单个场效应管分担功率140W。根据厂家实验数据,单只该场效应管在常温下可承受瞬时(50ms)浪涌440W,高温105℃时可承受(50ms)300W,功率设计满足80V/50ms浪涌电压要求。

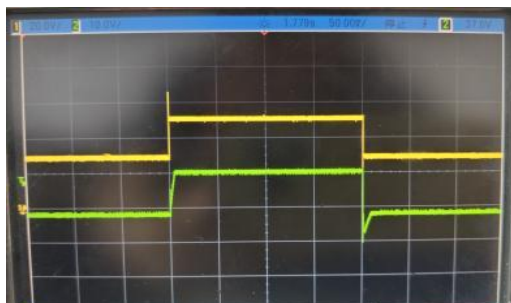
CSV24366的引脚中,TIMER是可调的过压定时器,是为了防止场效应管发生过热,该引脚与VSS之间连接的电容器C1,用于设定在开关断开之前进行过压调节时间,该时间与C1容量的关系为278ms/uF。目前C1的容值为2.2uF,当输入电压大于38V时,浪涌电路输出的脉冲宽度为 $t=2.2\mu\text{F}\times 278\text{ms}/\mu\text{F}=612\text{ms}$,输入电压的持续时间大于612ms时,浪涌电路输出将跌落至0。实际测试值往往比计算值更高,与设计值的偏差原因包括:每个芯片的引脚门限电压不完全相同,范围在2.6V~3.1V;电容容量误差。CSV24366的一个特性是,在触发关断后,有一个固化的9s冷却周期后再重新启动。停机引脚负责在停机期间将静态电流减小至14uA以下。当故障被清除时,在等待9s之后清除故障模式,将执行自动重试操作。

由于输出电压等于输入电压,因此有必要保护负载免遭输入电源过压的损坏。在调节模式中,使用一个1.23V基准作为过压调节放大器参考。若上方反馈电阻(R10与R11并联)两端电压超过1.23V,则调节放大器将拉低栅极电压以把下方反馈电阻(R12与R13并联)电压回调至1.23V。因此,输出电压的钳位通过设定两个电阻的适当比值来实现。图3中的R10为15kΩ和R12=36kΩ,可满足关断电压点大于38V的要求,同时保证小于40V,不高于DC/DC变换器最高安全工作电压。

因此,如果需要为后级电路提供更大功率、抑制更高浪涌电压,仅需根据应用场景更换功率场效应管^[3]。如果需要抑制更长时间的浪涌电压,改变电容参数即可实现。

3 电路测试

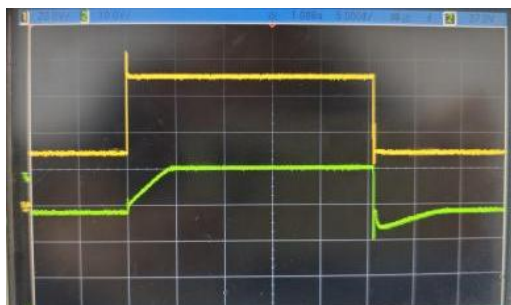
按图3的过压浪涌抑制电路进行试验验证, 图4(a)、(c)、(e)黄线为输入电压, 绿线为CSV24366输出电压; 图4(b)、(d)、(f)黄线为输入电压, 其他为二次电源输出, 可见过压浪涌发生时, 该电路能保证后级电压在设置范围内, 从而保证后级电子元器件和设备正常工作。



(a) 50V/200ms, 输入端



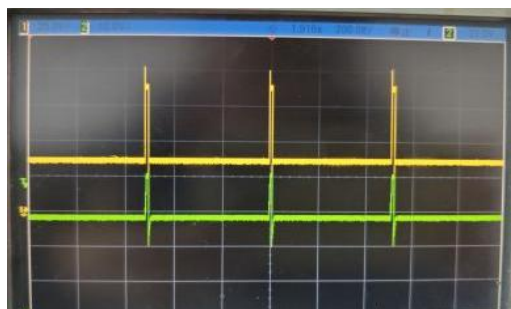
(b) 50V/200ms, 输入与输出端



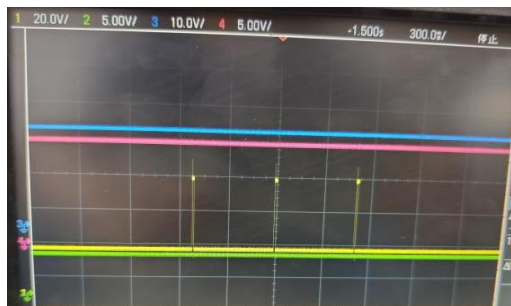
(c) 70V/25ms, 输入端



(d) 70V/25ms, 输入与输出端



(e) 70V/12ms, 0.5s间隔3次, 输入端



(f) 70V/12ms, 0.5s间隔3次, 输入与输出端

图4 浪涌电压抑制试验波形

4 结束语

本文提出的一种过压浪涌抑制电路, 选取合适的元器件, 能够灵活配置参数, 在输入过压浪涌时保证后级电压在正常工作范围内。该电路器件选型简单, 可靠性高, 并经三温试验验证了电路的有效性。

[参考文献]

- [1]王威,王勇,黄莉,等.高可靠性降压稳压型浪涌电压抑制电路[J].安全与电磁兼容,2022(4):49-51.
- [2]宋敏燕,卢俊男.阵面二次电源掉电故障延时启动电路设计[J].电工技术,2024(22):127-128,132.
- [3]蔡建义,林琦,刘娜娜,等.一种新型尖峰浪涌保护电路[J].新技术新工艺,2024(6):22-25.
- [4]汤晖斌.一种适用于直流电源的输入保护电路[J].科学技术创新,2018(19):164-165.

作者简介:

毛云晶(1993--),女,汉族,安徽人,硕士,工程师,研究方向:电源系统软硬件设计及电源变换器设计。