

一种带过载保护的开关稳压电源设计方案与实现

引言

近年来,随着我国农产品需求量的增加,农业自动化水平的提高,以及大量农业机械、电气照明和温控设备的增加,农业电耗逐年增加,生产成本不断提高。随着电子技术的迅猛发展,开关稳压电源已作为一种较理想的电源为人们所使用,其运用功率变换器进行电能变换,能够在满足各种农业用电的前提下,降低电耗,其高效节能可带来巨大的农业经济效益。然而当前的农业用开关稳压电源,虽然体积小,效率高,但输出电压的纹波较大,难以保证输出电压高稳定性,常常影响农用机械和电气设备的连续生产,反而增加了耗能。为此,本文提出一种新的带过载保护的开关稳压电源设计方案,能为农用大型机械和农业照明设备电路提供稳定的电源,具有比较广阔的应用和发展前景。

方案论证

1、DC2DC 主回路拓扑电路方案论证

目前,DC2DC 主回路设计方案可考虑的方案有 3 种。

(1)单端正激式电路。该电路的电路原理图如图 1 所示。

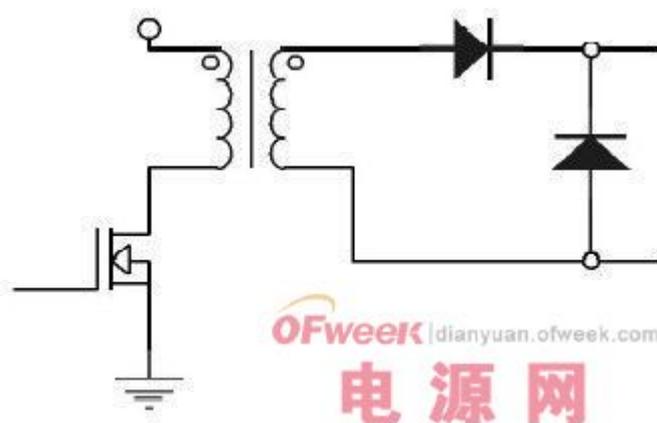


图 1

该方案结构简单,成本低,但变压器铁心易磁化,MOS 管导通时向负载供电,变压器并没有实现充分利用,效率不高,而且输出电压纹波大。该方案实现简单,目前为大部分农业机械和电器设备采用,但难以保证稳定持续的工作,应用效果并不理想。

(2)全桥整流式电路。图 2 所示为全桥整流式电路。该方案采用了 4 个 MOS 管,工作时对管同时导通,半周期内 Q1、Q3 导通,Q2、Q4 截止,然后 Q2、Q4 导通,Q1、Q3 截止。这样的工作方式使每半周期都有 2 个 MOS 管来分压,对 MOS 管的耐压要求就降低了,适用于高压场合,但由于使用了 4 个 MOS 管,使得损耗

功率增加，开关损耗同时增加。考虑到农业机械一般功率较大，采用该方案必然降低电能利用率，导致大量的能耗损失。

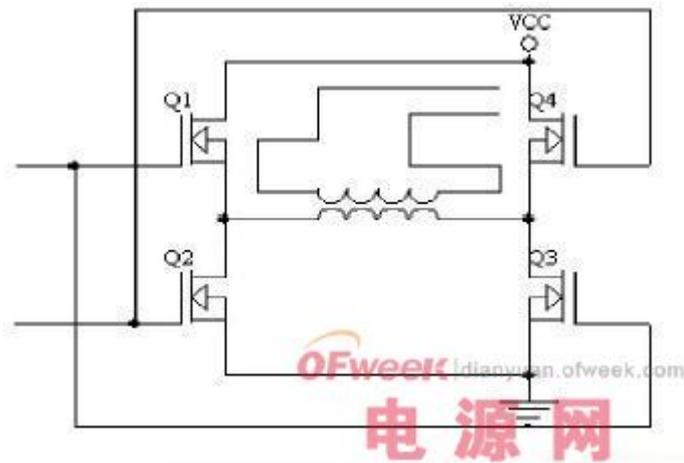


图 2

(3) 双管推挽放大电路。图 3 所示为双管推挽放大电路。该方案采用了 2 个 MOS 管轮流导通，比采用 4 个 MOS 管损耗低，而且输出电压比单端方式的要稳，为达到设计所需要的效率，本文选用了该方案。

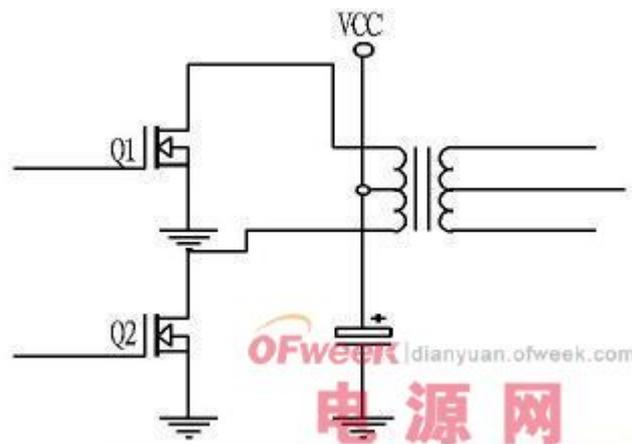


图 3

2、控制方法及方案论证

2.1、键控、稳压及显示控制

常用的方案有 2 种。

(1) 数字芯片方案。采用数字电路搭建控制平台，用 t1c4066 与 741s07 通过按键用 741s07 计数，并通过 4066 来选通分压电阻的电压，输入给 PWM 芯片，从

而控制输出电压。用 A/D 采样给数码管显示，但 A/D 控制不易实现而且显示部分电路难以实现。

(2) 嵌入式方案。采用 51 单片机小系统板对 PWM 芯片进行控制，并对 A/D 和 D/A 进行控制和采样。采用以 7279 为核心的按键扫描显示模块进行键控和显示。该方案编程比较容易，控制很方便，显示也很容易实现。经综合比较考虑，笔者选择采用嵌入式解决方案。

2.2、PWM 芯片的选取

TL494 是很常用的 PWM 芯片，但是外围电路复杂，缺少图腾柱式输出，且驱动能力不强。而 SG3525 芯片的驱动能力要比 TL494 强，性能稳定，并且以图腾柱式输出，驱动变压器设计简单，外围电路比 TL494 简洁。

因此，PWM 芯片的设计中选用 SG3525。

2.3、过流保护自动控制

(1) 纯硬件实现自动保护控制。在负载端采样电压，通过一个比较器输出一个电平控制可控硅的导通，由可控硅的状态来控制 SG3525 的 shutdown 端，从而控制输出状态。当负载正常时可控硅关断，shutdown 端为低电平，芯片正常工作；当负载过流时，通过取样电阻给比较器输出一个高电平，高电平通过一个电容送到一个与可控硅并联的三极管基极，使三极管导通，从而关断可控硅。该方案逻辑关系很强，参数选择严格，不容易实现，不适用于该系统。

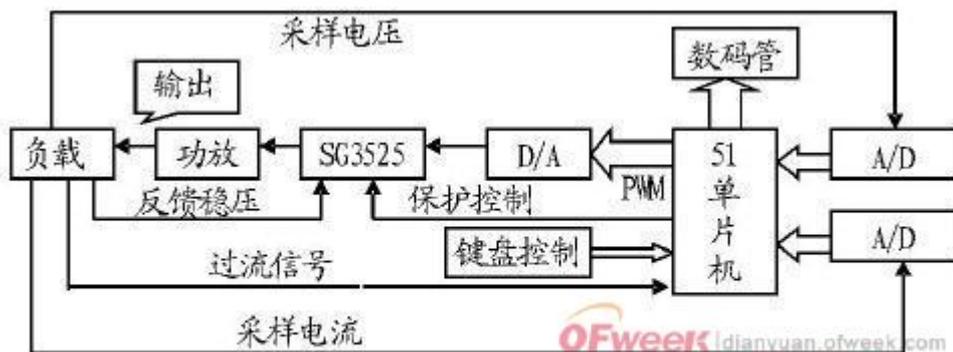


图4 系统总体方框示意

(2) 软件实现自动保护控制。在负载端采样电压，通过单片机来查询负载电平的高低控制 SG3525 芯片的 shutdown 端口来控制输出，从而达到保护的目。该方法简单，且为后续智能化过载保护的实现提供基础。通过对该电源电路进行方案论证，该系统的原理图如图 4 所示。

提高效率方法及解决方案

由于损耗主要来源于器件本身以及一些开关元件的寄生电阻和进行开关操作时的开关损耗,因此在设计电路时要尽量减少损耗元件的个数,选用耗能小的元件,采用比较理想的开关元件;并且变压器的选取和绕制也对效率有影响。

1、功放电路解决方案

为了降低损耗只能选用 2 个晶体管,并且要求它本身的导通压降很低,降低了损耗,并且开关速度很快,让开关在瞬间完成,才能够最大限度地降低开关损耗和开关噪声。

2、变压器解决方案

选用 EI 变压器,设置匝数比为 10:32,线径 0.7mm,初级双线并绕,次级单线绕制,这样能最大限度地提高效率。

3、硬件设计

3.1、开关管的选取

由于是 PWM 芯片直接驱动,因此驱动电流不大,考虑到效率问题,选用 IRF540。它是电压控制器件,要求驱动电流很低,并且开关速度很快,导通电阻很小,这样既减少了开关损耗,也降低了本身寄生电阻的损耗。

3.2、输入整流二极管的选取

由于集成整流桥用于整流滤波,易引起整流管过热,其输出电压过低,导致负载电压不稳。因此采用共阴极肖特基二极管取代。

3.3、输出整流二极管的选取

考虑到效率要求,选用了肖特基二极管,速度快且压降低。

3.4、变压器的绕制方法

选用 EI 变压器,工作频率为 30kHz,计算匝伏比: $N/V = T_{on} / (\Delta B \times A_e)$, 原边绕组匝数: $N_p = V_{inmin} \times (N/V)$, 副边绕组匝数: $N_2 = (V_o + V_d + I_o \times R) \times (N/V)$, 设置的匝数比为 10:32,线径 0.7mm,初级双线并绕,次级单线绕制。该设计方法能最大限度地提高效率。

3.5、整流管的输出稳压

由于 18V 经整流滤波后达到 25V,因此选用了耐压值为 1000 μ F/50V 的大电容来稳压。

3.6、LC 滤波参数设计

根据电感最大储能值 $0.5 \times L \times I \times I$ 确定电感峰值电流
 $I_{\max} = I_o + 2 \times V_o T_{\text{off}} / L$ (T_{off} 为关断时间), 匝数 N 应进行取整, 当匝数少电流大时, 应尽量避免取半匝的情况。经计算后选取电感量为 10mH, 电容为 4700 μ F。

3.7、保护电路设计

采用 LM358 和 LM193 作为过流采样比较器。若负载过流, 比较器输出高电平给单片机, 单片机查询端口作出判断给 SG3525 的 shut 口一个高电平, 同时把 1 个三极管打通给负载一个 5V 电压再次检测负载状态; 若过流拆除通过 LM393 比较器给单片机一个高电平, 那么单片机给 shut 端低电平来开启 SG3525。若未拆除, 过载单片机循环查询等待拆除。

运行情况与分析

在该设计中, 采用的试验手段及仪器如下:

(1) 输出电压调整范围的测试。通过 51 控制改变 DC2DC 变换器的电源电压值, 从而达到调整输出电压的目的。用万用表测试电压值。

(2) 最大输出电流的测试。通过调整负载电阻的值来调整输出电流, 当负载短路时输出电流最大。

(3) 电压调整率 S_u 的测试。在给定的输入电压从 15~21V 变化时, 用 5 位半的数字表分别测出负载电压的最大变化量, 然后除以负载电压就可以计算出 S_u 。用同样的方法可以测出 S_i 。

(4) 输出电压纹波 V_{pp} 。用交流调压器设定 U_2 为 18V, 负载电压为 36V, 电流为 2A 时, 用模拟示波器测量纹波电压峰峰值。

(5) DC2DC 的变换效率。分别用 5 位半的数字表测得负载电压和电流与 DC2DC 变换器的输入电压和电流, 然后计算出输入和输出功率, 便可计算出效率。

该系统在实验室中进行了测试, 其测试数据表如图所示。

表1 电压调整率的测量数据统计

Table 1 The measuring data statistics of the voltage regulation rate

次级电压 U_2 //V	输出电压 U_0 //V	电压调整率 S_u // %
Secondary voltage	Output voltage	Voltage regulation rate
15	36.091	0.008
16	36.092	0.005
17	36.093	0.003
18	36.094	0
19	36.103	0.002
20	36.105	0.003
21	36.107	0.003

注:负载 2 A,输出电压 36 V,以 18 V 输入为准。

表3 DC2DC 变换器效率的测量数据统计

Table 3 The measuring data statistics of DC2DC inverter efficiency

参数 Parameter	数值 Value	参数 Parameter	数值 Value
U_0 //V	36.032 0	I_N //A	5.174
I_0 //A	2.006 0	P_N	113.263
P_b	72.280 2	η // %	72.300
U_N //V	19.320 0		

通过测试,该稳压电源具有过流、过压保护功能。可见,该电源的稳压性能指标较高,控制输出具有可调性。

结语

本文设计的稳压电源采用性能稳定常用的 PWM 芯片 SG3525 来进行反馈调整稳压,并通过 51 单片机来设定输出电压,功放电路采用 MOS 管搭建的双端推挽方式,提高了电源效率。系统测试和运行结果表明,该稳压电源使控制更加智能化,能够长期高效,稳定的工作,更够满足农业机械以及照明设备电路的持续工作需要,同时避免了大量的硬件电路设计,降低了制造成本,在农业生产机械和照明设备上具有比较广阔的应用和发展前景。