

5V60A PWM型半桥式开关电源

中国船舶总公司第七二四研究所 黄 灿

一、概 述

本电源是为船用雷达系统而研制的开关电源，它的输出功率为300W，采用半桥式功率变换器，因为它对功率开关管的反压要求低，晶体管容易挑选，价格也便宜；高频变压器两端电压是正负对称的，变压器的磁通从 $-\phi_m$ 变到 $+\phi_m$ ，变压器利用率高，从而体积小；还具有抗不平衡能力。

控制电路先用国产集成块 X2527脉宽调制器，使其电源电路比较简单，使用元件少，制作容易，可靠性高。开关电源与串联线性电源相比，具有效率高，体积小，重量轻等优点。

二、工作原理

1. 电源方框图

见图1。

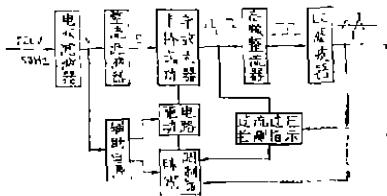


图 1 脉宽调制型半桥式开关电源方框图

2. 工作原理

输入交流220V通过电网滤波器，经过整流滤波得到直流电压 $E_1 = 300V_{DC}$ ，加到半桥式功率变换器上，由于变换作用，在高频变压器的次级得到正负相间的准方波，再经过高频整流及LC滤波就得到需要的稳定直流电压。

3. 半桥变换器

见图2。

当半桥变换器加上 $300V_{DC}$ ，而 BG_1 ， BG_2 的基极无控制脉冲时，它们都处于截止状

态，由于电容器 C_1 ， C_2 的分压作用， BG_1 ，

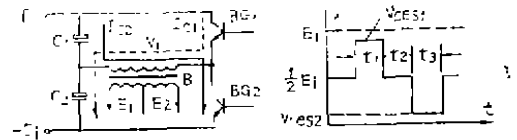


图 2 a) 半桥变换器

b) 变压器电压波形

BG_2 的集—射间电压均为 $\frac{1}{2}E_1$ ，变压器两端无电压。

在 t_1 期间，控制脉冲加到 BG_1 的基极时， BG_1 导通，电源电流 IC_1 从 E_1 经 BG_1 ，变压器和电容器 C_2 流向 $-E_1$ ，此时， BG_1 导通饱和， BG_2 集电极电压升为 E_1 ，变压器两端电压 $V = \frac{1}{2}E_1$ 。

在 t_2 期间，无控制脉冲送入 BG_1 ， BG_2 的基极，它们都处于截止状态，变压器两端电压为零。

在 t_3 期间，控制脉冲加到 BG_2 的基极时， BG_2 导通饱和，电流 IC_2 从 E_1 经电容器 C_1 ，变压器和 BG_2 流向 $-E_1$ ，此时 BG_1 集电极电压升为 E_1 ，变压器两端电压为 $-\frac{1}{2}E_1$ 。

由此类推，当 BG_1 ， BG_2 按一定控制脉冲方波交替导通和截止，变压器两端得到交变的准方波，见图2(b)。

4. 高频整流电路

高频变压器B次级感应出一连串正负相间，一定频率的准方波，经过二极管全波整流后得到一组单向正脉冲，再选择适当的LC滤波，就得到所需的直流稳定电压 V_0 。

当输出脉冲幅值 E_2 一旦固定之后，输出电压 V_0 的大小就由占空系数来决定。

三、脉宽控制电路

脉宽控制电路主要功能是将输出电压微小

的变化转换成脉冲宽度的变化，从而实现调整输出电压的目的。为了提高控制电路可靠性，多采用集成调制器代替分立元件电路。从国外引进的开关调制器种类很多，如MC3420/3520，CG1524/3524等等。本电源选用国产脉宽调制器X2527，它是仿制国外（CG2527，PWM27B），它的性能比较齐全，工作稳定可靠。

1. X2527脉宽调制器

图3是X2527原理方框图，各部分功能标写在各方框之中。

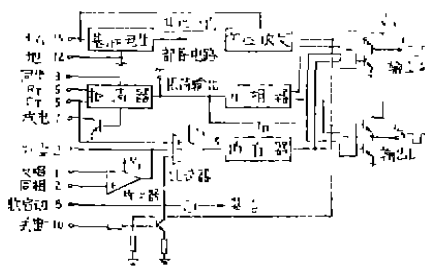


图3 X2527原理方框图

2. 脉宽控制电路

图4是由X2527组成反馈控制电路。

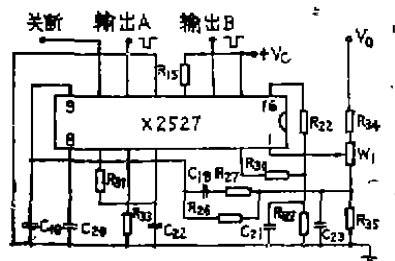


图4 反馈控制电路

①端输入从电源输出端的采样电压，②端输入基准电压 $V_{ref} = V_2 R_{32} / (R_{32} + R_{33})$ ，两个输入经过比较放大，产生控制脉冲，控制⑩和⑪两端输出的脉冲宽度变化。因此，只要调节电位器W₁，就能实现电源电压±10%的变化。

⑤端接入振荡定时电容C₂₂ = 2400pf。

⑥端接入定时电阻R₃₃ = 15k。

⑦端与⑤端接入调节电阻器R₃₁（0—500Ω），改变死区为5μs，防止两个功率管（BG₁、

BG₂）连通而损坏。

⑧端接入电容器C₂₀ = 2μf，为了实现软启动。

⑨端接入C₂₀ = 1000pf，为了消除振荡。

⑩端若得到过压、过流信号电压、关断⑩、⑪端输出脉冲方波，从而关断电源输出。

使用X2527脉宽调制器，简化开关电源的设计，增加可靠性，提高电源性能，它是比较理想的脉宽调制器。

四、驱动电路

为了降低功率管的开关损耗、减少存储时间，必须采用负偏压驱动电路，实现负偏压电路形式很多，为使驱动电路简单可靠，本电源采用贮能驱动变压器产生负驱动电路。见图5。

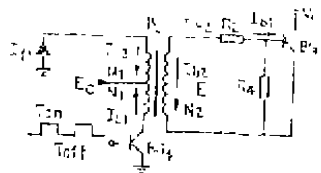


图5

在t_{on}期间，BG₄导通，在变压器中流过电流存储能量，二极管D₁₁处于反向偏置。

在t_{off}期间，BG₄截止，N₁绕组中电流要突变为零，在绕组上产生一个很大的反电势，当N₃绕组中的反电势大于E₀时，二极管D₁₁立即导通，产生一个较大的电流I_{L3}，变压器B₂的次级也感应出一个较大的负偏电流I_{b2}和负电动势-E_{b2}，促使BG₁迅速截止，从而减少功率晶体管BG₁的存储时间t_s，电阻R₄保护BG₄，电阻R₄保护BG₁，提高其抗二次击穿能力。

驱动变压器B₂采用FeNi50磁环，φ19×13×6.7，N₁ = 60T，N₂ = 13T，N₃ = 45T。

五、保护电路

1. 过压保护

为了防止电源在运行中，由于输出电压突然升高而损坏负载元器件（如集成电路），因

此，必须加过压保护电路。

见图6。

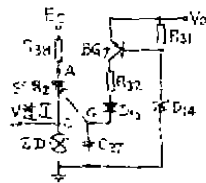


图 6 过压保护电路

稳压电源输出电压小于6.5V时，电源工作正常，由于故障使 $V_o > 6.5V$ 时，BG₇立即导通使可控硅SCR₂导通，过压指示灯ZD点亮，V_{过压}升为高电位，加到X2527第十脚上，关断①脚和④脚上的脉冲输出，截止功率晶体管BG₁ (BG₂)使电源无输出，从而保护负载。

2. 过流保护

当电源输出过电流或短路时，电源中功率管将会被烧坏，因此，需要加过流保护电路，见图7。

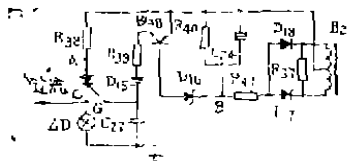


图 7 过流保护电路

当主回路出现过流 I_{cm} ，由电流变压器B₂将 I_{cm} 转换成电压信号，经D₁₇、D₁₈整流，C₂₄滤波得到直流电压V_{AB}，再与D₁₇产生的基准电压E_{ref}比较，若大于BG₃的V_B，BG₃就导通，使SCR₂导通，过流指示灯亮，V_{过流}信号加到X2527第10脚，关断电源输出。

3. 软启动电路

见图8，为了避免通电瞬间出现很大的浪涌电流，损坏功率器件，电路要加软启动保护电路，即在主回路中接入限流电阻R₁、可控硅SCR₁，SCR₁的控制极由高频变压器B₁次级耦合经二极管D₁、R₁₃、C₁₂整流积分来控制。当加电时，由于R₁的作用，对主回路中C₄充电缓慢，不会出现很大浪涌电流，只有当

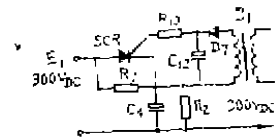


图 8 软启动电路

经X2527的⑧脚上C₂。软启动后，输出电压上升到指定值；通过变压器耦合，SCR₁导通，将R₁短路，以免降低稳压电源效率。R₁的瓦数要足够大，以免SCR₁失灵而烧坏。

六、电路参数的选择

1. 工作频率

开关电源的工作频率越高，高频变压器、扼流圈就可做得越小，电源体积也就越小。但是，工作频率受到功率开关管的开关参数 t_r 、 t_f 、 t_s 制约，通常按下式计算工作频率：

$$f = 1/T = 1/20 (t_r + t_f + t_s)$$

对于国产功率管3DK型，一般取工作频率为20kHz，则周期为50μs，随着我国电子工业发展，功率MOS场效应管的应用，工作频率将大幅度提高，电源的体积、重量将大大缩小。

2. 功率开关管

在半桥电路中，对功率开关三极管要求如下：

- ①三极管反向击穿电压 $BV_{ceo} \geq 450V$ 。
- ②应有低的饱和压降，短的开关时间，以降低集电极功耗。
- ③应有较高的二次击穿耐量。

本电源选用功率开关管3DK308三极管。

3. 高频变压器。

高频变压磁芯选用MXD—2000环形铁氧体，尺寸为 $\phi 60 \times 40 \times 20$ ，用两个叠绕。

①确定原边匝数 N_1 ，经过计算，确定 $N_1 = 50T$ ， $N_2 = 4T$ 。

绕制变压器时，为了减少漏感， N_1 和 N_2 采用强耦合绕制。即先绕初级 N_1 总匝数一半，再绕次级匝数 N_2 ，最后绕 N_1 的余下一半，保证 N_1 、 N_2 较好的耦合。

4. 整流二极管

在输出低电压大电流的电源中，必须采用正向压降小、快恢复的整流管，本电源选用肖特基二极管SBD50D，其正向压降 $V_F \leq 0.6V$ ，开关速度快，使管子温升下降，输出电压尖峰减小，提高了整机效率。

5. 滤波电路

因为工作频率高，采用LC滤波，可以减小滤波器的体积。

(1) 扼流圈

电感L是处于交直流叠加磁化，要选取铁芯材料在较宽的磁场范围内，具有较高的恒定不变的导磁率，本电源采用FeNi50环形磁芯，尺寸为 $\phi 64 \times 40 \times 28$ ，它具有宽磁场，不要加气隙，易制造，匝数N为18T。

(2) 滤波电容C

滤波电感的电流变化速度是有限的。为了

防止负载电流的突变引起输出电压大幅度地波动，必须把滤波电容C值取足够大。

本机采用高频电容器CD283，为了降低等效阻抗，用三只 $33000\mu F/6.3V$ 电容器并联，取得很好效果。

七、电源主要指标

1. 交流输入：50Hz单相 $220 \pm 10\%$
2. 输出电压： $5V \pm 10\%$
3. 输出电流： $0-60A$ ($0-+40^\circ C$)
 $0-50A$ ($-20-+65^\circ C$)
4. 电压稳定度： $\leq 0.3\%$
5. 电流稳定度： $\leq 0.5\%$
6. 输出纹波电压： $V_{O_p-p} = 50mV$
7. 效率： $\geq 65\%$
8. 过压保护： $= 6.5V$
9. 过流保护： $= 70A$

十万分之二大功率直流稳压稳流电源

由上海沪光仪器厂研制的YJ90型0—60V、0—10A直流稳压稳流电源，最近通过了由上海市仪表局组织，中国电源学会学术委员会，上海电子学会电源专业委员会，华东计算所，上海自动化仪表研究所，宝山钢铁总厂等十二个研究所和工厂的鉴定。目前已投入批量生产。YJ90电源是高稳定、高可靠、多功能的直流稳定电源。它可以用作稳压源，也可用作稳流源，称之为CV/CC电源。输出PARD（纹波）很低，稳压时仅为 $80\mu V$ ，稳流时只有几百微安。它具有较全的保护—过热保护、过压保护，以及判断负载出现故障的保护。它

能通过面板上键查询电源稳压、稳流、过压保护的设定值，功率调整管的压降、温升、基准等。它可以由外接电阻、电压和开关及其组合对输出电流和电压进行编程。它有功率管故障显示，及出现故障功率自动脱离线路，继续保持整机原有高性能。所以这电源适用长期连续工作。它是台式小体积的电源。它将适用于高精度计量、电磁测量、核物理、电光源、分析仪器、电子光学、CAM、CAT、自动控制设备。

姚善宝

