

2 kHz/26 V正弦激磁电源设计

徐成宝

(中国电子科技集团公司第43所, 安徽 合肥 230022)

摘要: 详细介绍了2 kHz/26 V正弦激磁电源的设计原理、工艺制作过程以及主要试验方法。重点介绍了电路的拓扑结构以及内部DC/DC变换器的瞬态特性, 并通过实验验证了该电路的性能及可靠性, 以期对该类产品的设计与制造提供借鉴。

关键词: 开关电源; 输入阶跃; 负载阶跃; 交越失真; OCL; 温度系数

0 引言

在控制系统及遥测系统中, 惯导平台系统是不可缺少的重要组成部分。2 kHz/26 V正弦激磁电源的主要用途是将输入频率为12 kHz的TTL电平转换为具有功率输出的低失真的26 V、2 kHz的正弦电压, 以便为旋转变压器提供激磁信号及解调基准信号。

1 电路设计原理框图

2 kHz/26 V正弦激磁电源的供电电压为28V (16~40 V), 输入为12 kHz的TTL信号, 输出为2 kHz、26 V、5 W的正弦波。如采用正弦调制技术 (SPWM), 即用SPWM波形来控制逆变电路中开关器件的通断以使其输出的脉冲电压的面积与所希望输出的正弦波在相应区间内的面积相等, 并通过改变调制波的频率和幅值来调节逆变电路输出电压的频率和幅值。那么, 用SPWM法输出波形失真度较差 (2%), 达不到系统要求的0.8%, 另一方面, SPWM的调制波频率较高, 也易对系统产生干扰。

本设计中则采用DC/DC变换器和正弦激磁电源相结合的方式来实现。系统中的DC/DC变换器可输出三路直流电压 (5 V、±15 V), 其中5 V为数字电路提供供电电源, ±15 V为滤波器以及O-CL提供供电电源 (15 W)。为保证正弦输出电压

的稳定, 设计时设置了稳幅反馈控制回路, 即通过输出端采样、整流、比较, 来控制输入信号的幅值, 以构成闭环负反馈回路, 从而达到稳定输出电压幅值的目的。其电路设计框图如图1所示。

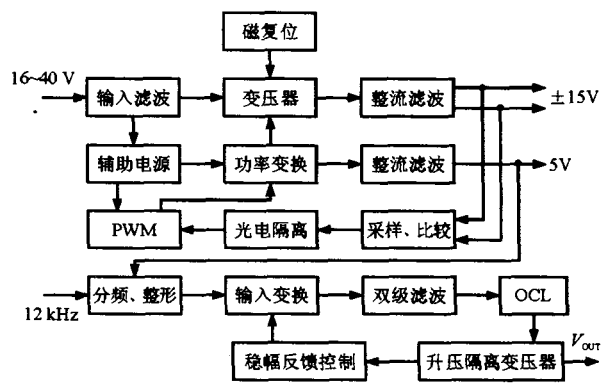


图1 电路设计框图

2 DC/DC变换器

2.1 电路拓扑结构设计

随着元器件的不断发展和进步, 开关电源正向着高频化、小型化、高功率密度、高可靠方向发展。开关电源的电路拓扑形式很多, 应用范围也极其广泛。本电路设计采用单端正激式电路拓扑结构, 使用电流型脉宽调制器, 采用该方式的优点是变压器初、次级线圈绕制方便, 功率转换部分采用单VDMOS管输出, 电路控制方案简单, 无二分频现象, 具有优点如下:

① 电路结构简单, 元器件数量少, 有利于减小体积和提高可靠性;

② 由于电流型脉宽调制器结构上有电压环、电流环双环系统,因此,开关电源的电压调整率(抗电压波动能力)、电流调整率和瞬态响应特性都大大提高,同时,过流限制特性也很好;

③ 采用变压器谐振复位及限幅技术,减小了功率管的电压应力;

④ 外同步功能强,外同步频率可在400 kHz~600 kHz之间;

⑤ 具有禁止、保护等功能。

2.2 元器件的选择

本设计中的开关管选用VDMOS管,这是因为功率VDMOS晶体管(Vertical Double-diffusion MOSFET的简称)兼有双极功率管与MOS器件的优点,具有开关速度快、输入电阻高、驱动功耗小、频率特性好、驱动能力高、跨导高度线性等特点,它没有双极功率管的二次击穿问题,且安全工作区大,是理想的功率开关器件。由于VD-MOS管截止时承受的电压约为输入电压(最大输入电压为40V)的2倍,因此,考虑到截止时浪涌电压和余裕量(耐压、电流、导通电阻等),设计时应合理地选择VDMOS的型号。

整流二极管可选用肖特基二极管,肖特基二极管正向压降小(仅0.2~0.3 V),反向恢复时间短,反向漏电流小。设计时应根据输出电压和电流的大小,合理地选择肖特基二极管的型号。必要时可采用肖特基并联的方法来提高效率。

变压器、电感器应选用TDK磁芯。TDK磁芯是功率铁氧体磁芯,具有高频、高磁导率和低损耗的特点。

2.3 输入干扰脉冲的抑制和吸收

DC/DC变换器长期工作在高频开关状态时,它首先不能产生超标的电磁干扰,其次,为了稳定工作,也应有较强的抗干扰能力。故在设计时应加输入滤波器、输出滤波器和屏蔽。

前级滤波电路(LC滤波)的主要功能是解决反射纹波污染母线的问题。滤波电感不能太大,否则容易引起振荡,影响启动和瞬态响应特性;但太小则起不到应有的作用。设计时必须根据功率和频率进行计算,并经实验验证。

电容的作用有两个,一个是平滑直流脉动,

另一个是响应负载瞬态变化;在高频(500 kHz)情况下,还要考虑其等效串联电感(ESL)和串联电阻(ESR)。一般钽电容具有较低的ESR。而在高频下,多层陶瓷片状独石电容更具有较低的ESL,因此更适合高频下应用。

2.4 瞬态设计

DC/DC变换器的瞬态性能指标主要有稳定性、快速性、抗扰动性;即启动过冲、启动延迟、负载瞬变时的输出电压变化和恢复时间、输入电压瞬变时的输出电压变化和恢复时间、以及负载故障恢复时间等。

DC/DC变换器是一个闭环自动稳定系统,由主电路和控制回路两部分组成。由于控制回路参数与开关电源的瞬态响应性能息息相关,因此,开关电源瞬态性能最优化设计的主要内容是选择反馈控制方式、补偿网络的拓扑形式以及PID参数的最优化设计等。

误差放大、补偿网络是一个有负反馈的误差放大器,其反馈支路中有比例(P)、积分(I)、微分(D)网络,它由RC元件组成,可以补偿和改善开关电源的瞬态性能。PID网络的设计涉及到开关电源的瞬态性能,是瞬态设计的重要部分。

控制回路主要包括环路的增益和带宽,增益影响稳定性和精度,带宽则决定了电路的瞬态响应特性。带宽过窄,瞬态特性差;带宽过宽,则容易自激。

开关电源的瞬态分析有时域法和频域法两种。本电路设计采用时域分析法,即选择PID网络拓扑来选择、计算并确定PID网络各元件参数。根据示波器上观察到的瞬态特性进行分析,直接得到瞬变时输出电压的变化和恢复时间。然后不断地优化PID网络参数,直到满足给定的瞬态性能指标为止。

3 正弦激磁电源

该2 kHz/26 V正弦激磁电源的输入为12 kHz的TTL信号,经分频整形电路(54LS92、CD4069等)后得到2 kHz的TTL信号,再经输入变换、双级滤波电路产生正弦波,接着经OCL电路产生具有功率输出的正弦波,然后通过升压隔离变压器

进行升压及隔离。为保证正弦输出电压的稳定,在升压变压器中应增加一组绕组来对输出电压进行采样、比较,同时构成负反馈回路来控制2 kHz的TTL信号幅值,从而实现输出电压的稳定。

3.1 双级滤波器

2 kHz/26 V正弦激磁电源对输出电压稳定度(1%)、温度系数(0.02%/°C)、失真度(0.8%)指标要求较高,因此,本电路采用双级滤波电路。第一级使用有源带通滤波器,第二级使用选频网络(双二阶滤波器)。这种方式的优点是幅频特性好,3 dB带宽范围宽,Q值小;可避免RC阻容元件选择的困难;而且中心频率点温度漂移小;同时正弦波失真度也比较小。

3.2 功率放大器

功率放大器采用互补对称式功率放大器(简称OCL)。为解决大功率管配对难的问题,功率放大器的输出级采用同型管(应根据耐压、最大集电极电流、最大集电极耗散功率等进行选择),在输出管前面再用一对小功率异型管,从而组成一对等效的NPN和PNP管,两管功能互补对称。由于三极管特性具有非线性,为了防止交越失真,可给两个三极管加一个略大于死区电压的正向偏压,即静态工作点 I_b 设置在略大于零的位置,以使两管在静态时处于微导通状态,这样,当有输入信号时,在零点附近仍能得到线性放大。事实上,合理地设置偏置可有效地减小交越失真,提高失真度。

3.3 稳幅反馈控制

由于2 kHz/26 V正弦激磁电源可通过升压变压器实现输入、输出的隔离,为了保证输出正弦电压的稳定和温度系数,在本设计通过变压器耦合来对输出信号进行采样,再经整流、限幅产生直流电压,再与温度系数仅为30 ppm/°C的基准电压通过误差放大器进行比较,并由误差放大器输出的直流电平来控制2 kHz、TTL输入信号电平的幅值,从而构成稳幅反馈控制回路。最终实现正弦波输出电压的稳定。

4 工艺设计与制作

这种2 kHz/26 V正弦激磁电源系厚膜混合集

成电路采用厚膜多层布线工艺、计算机辅助设计及金属全密封封装技术制作而成。衬底选择 Al_2O_3 陶瓷基板和导热性好的BeO陶瓷基片相结合,电路系裸芯片组装,组装密度大,集成度高。电路内部因地制宜地选用相应的组装手段,如金丝球焊、功率钎焊、再流焊等。同时采用合理的布局进行了可靠的热设计,电路中的变压器、电感器直接固定在外壳底座上,以减小内热阻,提高可靠性。同时采用平行封焊技术实施金属全密封封装(充 N_2)。其主要工艺流程图如图2所示。

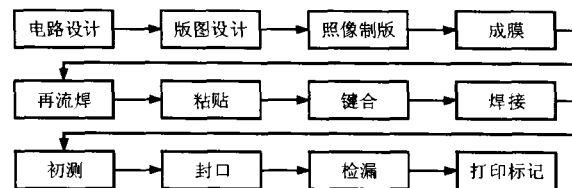


图2 主要工艺流程

5 验证

5.1 技术指标

该2 kHz/26 V正弦激磁电源经常温(25°C)、高温(85°C)、低温(-45°C)测试后,其电性能指标均满足系统和合同要求,模块主要技术指标与实测参数的比较如表1所列。

表1 主要指标与实测参数比较

参数名称	合同指标	实测参数
输入电源(V)	16~40(标称值28)	16~40(标称值28)
输入信号(KHz)	12(1±1%)	12(1±1%)
输出电压(V)	26(1±1%)	26(1±1%)
输出信号(KHz)	2(1±1%)	2(1±1%)
输出功率(W)	≥5	≥5
失真度	≤0.8%	≤0.8%
电压调整率	≤0.5%	≤0.2%
电流调整率	≤0.5%	≤0.5%
温度系数(/°C)	≤0.02%	≤0.01%
绝缘电阻(MΩ)	>100	>500

5.2 主要试验项目

对采用本设计方法制成的电源进行的主要试验项目如表2所列,表中采用的方法系指GJB548A中的试验方法。

6 结束语

针对惯导系统对正弦波激磁 (下转第36页)

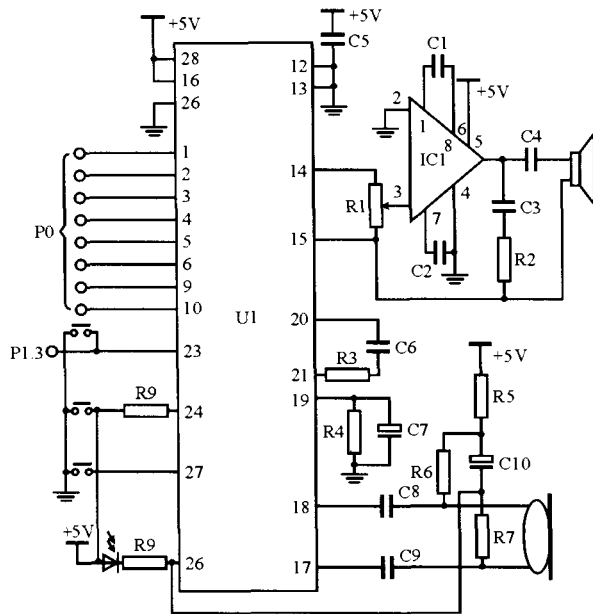


图6 语音电路原理图

以播放相应的提示音，从而完成下一步工作。

信号音电路选用ISD公司的优质单片语音集成电路ISD1420及外围元器件组成。ISD1420工作状态如下：

(1) 录音

按“REC”键不放（指示灯亮）可对着板上话筒讲话录音，松键时录音停止并形成一段。

(2) 放音

按一下“PE”键将一段录音全部播放出来，一段结束后自动停止放音。按住“PL”键即放音，松键即停止。

(3) 地址

ISD1420的地址线有8位，全部接到了AT89C52的I/O口。最小每段语音长度为125 ms，每段语音都可由地址线控制输出，每125 ms为一个地址，由A0~A7八根地址线控制，用户录制的语音每一段结束后，芯片自动设有段结束标志(EOM)，芯片录满后设有溢出标志(OVF)，单片机控制电路可按某一段的起始地址进行放音操作，遇到段结束标志(EOM)即自动停止放音，单片机收到段结束标志(EOM)就开始触发下一段语音的起始地址，如此控制，便可将很多、不同段的语音组合在一起形成一句话放音出来，从而实现语音的自动组合。

(上接第33页)

表2 主要试验项目

序号	项目	方法	条件和要求
1	温度循环	1010A	试验条件B, 10次, $t_1=30\text{min}$, $t_2 \leq 1\text{min}$,
2	机械冲击	2002A	500 g, 持续时间1 ms, Y1方向, 5次
3	PIND	2020A	条件B
4	随机振动	2026A	0 Hz~140 Hz, 0.05g ² /Hz; 140 Hz~320 Hz, 1.2g ² /Hz; 320 Hz~1000 Hz, 0.05g ² /Hz; 1 000 Hz~2 000 Hz, -6 dB/oct每方向10 min
5	老炼	1015A	$T_A=85^\circ\text{C}$, 160 h
6	最终电测试		常温、高温、低温
7	密封	1014A	细检: 条件A1, 压力为206 kPa, 时间4 h, $R_1 \leq 1 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 粗检: 条件C1
8	内部水汽含量	1018A	水汽含量: $\leq 5000 \text{ ppm}$

电源要求在中小功率以下，但输入电压范围宽，输出电压稳定度高以及正弦波失真小等要求。本文详细介绍了该类电源模块的设计理念，以期对该系列产品的设计及制造起到借鉴作用。

参考文献

[1] 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.

[2] 赵修科. 实用电源技术手册-磁性元器件分册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002.
 [3] 丁道宏. 电力电子技术[M]. 北京: 航空工业出版社, 1998.
 [4] 童诗白. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1988.
 [5] 秦世才, 王朝英. 集成运算放大器应用原理[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1983.