

开关电源设计步骤

步骤 1 确定开关电源的基本参数

交流输入电压最小值 U_{min}

交流输入电压最大值 U_{max}

电网频率 F_l 开关频率 f

输出电压 V_o (V): 已知

输出功率 P_o (W): 已知

电源效率 : 一般取 80%

损耗分配系数 Z : Z 表示次级损耗与总损耗的比值, $Z=0$ 表示全部损耗发生在初级, $Z=1$ 表示发生在次级。一般取 $Z=0.5$

步骤 2 根据输出要求, 选择反馈电路的类型以及反馈电压 V_{FB}

步骤 3 根据 u , P_o 值确定输入滤波电容 C_{IN} 、直流输入电压最小值 V_{imin}

令整流桥的响应时间 $t_c=3ms$

根据 u , 查出 C_{IN} 值

得到 V_{imin}

确定 C_{IN}, V_{imin} 值

$u(V)$	$P_o(W)$	比例系数($\mu F/W$)	$C_{IN}(\mu F)$	$V_{imin}(V)$
固定输入:100/115	已知	2~3	$(2\sim3) \times P_o$	90
通用输入:85~265	已知	2~3	$(2\sim3) \times P_o$	90
固定输入:230±35	已知	1	P_o	240

步骤 4 根据 u , 确定 V_{OR} 、 V_B

根据 u 由表查出 V_{OR} 、 V_B 值

由 V_B 值来选择 TVS

$u(V)$	初级感应电压 $V_{OR}(V)$	钳位二极管 反向击穿电压 $V_B(V)$
固定输入:100/115	60	90
通用输入:85~265	135	200
固定输入:230 ± 35	135	200

步骤 5 根据 V_{imin} 和 V_{OR} 来确定最大占空比 D_{max}

$$D_{max} = \frac{V_{OR}}{V_{OR} + V_{imin} - V_{DS(ON)}} \times 100\%$$

设定 MOSFET 的导通电压 $V_{DS(ON)}$

应在 $u=U_{min}$ 时确定 D_{max} 值, D_{max} 随 u 升高而减小

步骤 6 确定初级纹波电流 I_R 与初级峰值电流 I_P 的比值 K_{RP} , $K_{RP}=I_R/I_P$

$u(V)$	K_{RP}	
	最小值(连续模式)	最大值(不连续模式)
固定输入:100/115	0.4	1
通用输入:85~265	0.4	1
固定输入:230 ± 35	0.6	1

步骤 7 确定初级波形的参数

输入电流的平均值 I_{AVG}

$$I_{AVG} = \frac{P_O}{V_{Imin}}$$

初级峰值电流 I_P

$$I_P = \frac{I_{AVG}}{(1 - 0.5K_{RP}) \times D_{max}}$$

初级脉动电流 I_R

初级有效值电流 I_{RMS}

$$I_{RMS} = I_P \sqrt{D_{max} \times (K_{RP}^2/3 - K_{RP} + 1)}$$

步骤 8 根据电子数据表和所需 I_P 值 选择 TOPSwitch 芯片

考虑电流热效应会使 25 下定义的极限电流降低 10% , 所选芯片的极限电流最小值

$I_{LIMIT(min)}$ 应满足 : $0.9 I_{LIMIT(min)} \geq I_P$

步骤 9 和 10 计算芯片结温 T_j

按下式结算 :

$$T_j = [I_{RMS}^2 \times R_{DS(ON)} + 1/2 \times C_{XT} \times (V_{Imax} + V_{OR})^2 f] \times R_{\theta} + 25$$

式中 C_{XT} 是漏极电路结点的等效电容 , 即高频变压器初级绕组分布电容

如果 $T_j > 100$, 应选功率较大的芯片

步骤 11 验算 I_P $I_P = 0.9 I_{LIMIT(min)}$

输入新的 K_{RP} 且从最小值开始迭代 , 直到 $K_{RP} = 1$

检查 I_P 值是否符合要求

迭代 $K_{RP} = 1$ 或 $I_P = 0.9 I_{LIMIT(min)}$

步骤 12 计算高频变压器初级电感量 L_P , L_P 单位为 μH

$$L_P = \frac{10^6 P_O}{I_P^2 \times K_{RP} (1 - K_{RP}/2) f} \times \frac{Z(1 -) + }{}$$

步骤 13 选择变压器所使用的磁芯和骨架 , 查出以下参数 :

磁芯有效横截面积 S_j (cm^2) , 即有效磁通面积。

磁芯的有效磁路长度 l (cm)

磁芯在不留间隙时与匝数相关的等效电感 AL ($\mu H/匝^2$)

骨架宽带 b (mm)

步骤 14 为初级层数 d 和次级绕组匝数 N_s 赋值

开始时取 $d = 2$ (在整个迭代中使 $1 \leq d \leq 2$)

取 $N_s = 1$ (100V/115V 交流输入) , 或 $N_s = 0.6$ (220V 或宽范围交流输入)

$$N_s = 0.6 \times (V_O + V_{F1})$$

在使用公式计算时可能需要迭代

步骤 15 计算初级绕组匝数 N_p 和反馈绕组匝数 N_F

设定输出整流管正向压降 V_{F1}

设定反馈电路整流管正向压降 V_{F2}

计算 N_P

$$N_P = N_S \times \frac{V_{OR}}{V_O + V_{F1}}$$

计算 N_F

$$N_F = N_S \times \frac{V_{FB} + V_{F2}}{V_O + V_{F1}}$$

步骤 16~步骤 22 设定最大磁通密度 B_M 、初级绕组电流密度 J 、磁芯的气隙宽度，进行迭代。

设置安全边距 M ，在 230V 交流输入或宽范围输入时 $M=3\text{mm}$ ，在 110V/115V 交流输入时 $M=1.5\text{mm}$ 。使用三重绝缘线时 $M=0$

最大磁通密度 $B_M=0.2 \sim 0.3\text{T}$

$$B_M = \frac{100I_P L_P}{N_P S_J}$$

若 $B_M > 0.3\text{T}$ ，需增加磁芯的横截面积或增加初级匝数 N_P ，使 B_M 在 $0.2 \sim 0.3\text{T}$ 范围之内。如 $B_M < 0.2\text{T}$ ，就应选择尺寸较小的磁芯或减小 N_P 值。

$$\begin{aligned} \text{磁芯气隙宽度} &= 0.051\text{mm} \\ &= 40 S_J (N_P^2 / 1000 L_P - 1 / 1000 A_L) \end{aligned}$$

要求 0.051mm ，若小于此值，需增大磁芯尺寸或增加 N_P 值。

初级绕组的电流密度 $J=(4 \sim 10)\text{A}/\text{mm}^2$

$$J = \frac{1980}{\frac{1.27 D_{PM}^2 \times (1000 / 25.4)^2}{4 I_{RMS}}}$$

若 $J > 10\text{A}/\text{mm}^2$ ，应选较粗的导线并配以较大尺寸的磁芯和骨架，使 $J < 10\text{A}/\text{mm}^2$ 。若 $J < 4\text{A}/\text{mm}^2$ ，宜选较细的导线和较小的磁芯骨架，使 $J > 4\text{A}/\text{mm}^2$ ；也可适当增加 N_P 的匝数。

确定初级绕组最小直径（裸线） $D_{Pm}(\text{mm})$

确定初级绕组最大外径（带绝缘层） $D_{PM}(\text{mm})$

根据初级层数 d 、骨架宽带 b 和安全边距 M 计算有效骨架宽带 $b_e(\text{mm})$

$$b_e = d(b - 2M)$$

然后计算初级导线外径（带绝缘层） D_{PM} ： $D_{PM} = b_e / N_P$

步骤 23 确定次级参数 I_{SP} 、 I_{SRMS} 、 I_{RI} 、 D_{SM} 、 D_{Sm}

次级峰值电流 $I_{SP}(\text{A})$

$$I_{SP} = I_P \times (N_P / N_S)$$

次级有效值电流 $I_{SRMS}(\text{A})$

$$I_{SRMS} = I_{SP} \times \sqrt{(1 - D_{max}) \times (K_{RP}^2 / 3 - K_{RP} + 1)}$$

输出滤波电容上的纹波电流 $I_{RI}(\text{A})$

$$I_{RI} = \sqrt{I_{SRMS}^2 - I_O^2}$$

次级导线最小直径（裸线） $D_{Sm}(\text{mm})$

$$D_{Sm} = 1.13 \sqrt{I_{SRMS} / J}$$

次级导线最大外径（带绝缘层） $D_{SM}(\text{mm})$

$$D_{SM} = \frac{b - 2M}{N_s}$$

步骤 24 确定 $V_{(BR)S}$ 、 $V_{(BR)FB}$

次级整流管最大反向峰值电压 $V_{(BR)S}$

$$V_{(BR)S} = V_O + V_{Imax} \times N_s/N_p$$

反馈级整流管最大反向峰值电压 $V_{(BR)FB}$

$$V_{(BR)FB} = V_{FB} + V_{Imax} \times N_f/N_p$$

步骤 25 选择钳位二极管和阻塞二极管

步骤 26 选择输出整流管

步骤 27 利用步骤 23 得到的 I_{RI} ,选择输出滤波电容 C_{OUT}

滤波电容 C_{OUT} 在 105、100KHZ 时的纹波电流应 I_{RI}

要选择等效串连电阻 r_0 很低的电解电容

为减少大电流输出时的纹波电流 I_{RI} ,可将几只滤波电容并联使用,以降低电容的 r_0 值和等效电感 L_0

C_{OUT} 的容量与最大输出电流 I_{OM} 有关

步骤 28 ~ 29 当输出端的纹波电压超过规定值时,应再增加一级 LC 滤波器

滤波电感 $L=2.2\sim 4.7 \mu H$ 。当 $I_{OM} < 1A$ 时可采用非晶合金磁性材料制成的磁珠;大电流时应选用磁环绕制成的扼流圈。

为减小 L 上的压降,宜选较大的滤波电感或增大线径。通常 $L=3.3 \mu H$

滤波电容 C 取 $120 \mu F/35V$,要求 r_0 很小

步骤 30 选择反馈电路中的整流管

步骤 31 选择反馈滤波电容

反馈滤波电容应取 $0.1 \mu F/50V$ 陶瓷电容器

步骤 32 选择控制端电容及串连电阻

控制端电容一般取 $47 \mu F/10V$,采用普通电解电容即可。与之相串连的电阻可选 6.2 、 $1/4W$,在不连续模式下可省掉此电阻。

步骤 33 选定反馈电路

步骤 34 选择输入整流桥

整流桥的反向击穿电压 $V_{BR} = 1.25 \sqrt{2} U_{max}$

设输入有效值电流为 I_{RMS} ,整流桥额定有效值电流为 I_{BR} ,使 $I_{BR} = 2I_{RMS}$ 。计算 I_{RMS} 公式如下:

$$I_{RMS} = \frac{P_o}{U_{min} \cos \phi}$$

$\cos \phi$ 为开关电源功率因数,一般为 $0.5 \sim 0.7$,可取 $\cos \phi = 0.5$

步骤 35 设计完毕

在所有的参数中,只有 3 个参数需要在设计过程中进行检查并核对是否在允许的范围之内。它们是最大磁通密度 B_M (要求 $B_M=0.2T\sim 0.3T$)、磁芯的气隙宽度 (要求 $0.051mm$)、初级电流密度 J (规定 $J=4 \sim 10A/mm^2$)。这 3 个参数在设计的一步都要检查,确保其在允许的范围之内。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>