

开关电源设计

1 电子产品，特别是军用稳压电源的设计是一个系统工程，不但要考虑电源本身参数设计，还要考虑电气设计、电磁兼容设计、热设计、安全性设计、三防设计等方面。因为任何方面哪怕是最微小的疏忽，都可能导致整个电源的崩溃，所以我们应充分认识到电源产品可靠性设计的重要性。

2 开关电源电气可靠性设计

2.1 供电方式的选择

集中式供电系统各输出之间的偏差以及由于传输距离的不同而造成的压差降低了供电质量，而且应用单台电源供电，当电源发生故障时可能导致系统瘫痪。分布式供电系统因供电单元靠近负载，改善了动态响应特性，供电质量好，传输损耗小，效率高，节约能源，可靠性高，容易组成N+1冗余供电系统，扩展功率也相对比较容易。所以采用分布式供电系统可以满足高可靠性设备的要求。

2.2 电路拓扑的选择

开关电源一般采用单端正激式、单端反激式、双管正激式、双单端正激式、双正激式、推挽式、半桥、全桥等八种拓扑。单端正激式、单端反激式、双单端正激式、推挽式的开关管的承压在两倍输入电压以上，如果按60%降额使用，则使开关管不易选型。在推挽和全桥拓扑中可能出现单向偏磁饱和，使开关管损坏，而半桥电路因为具有自动抗不平衡能力，所以就不会出现这个问题。双管正激式和半桥电路开关管的承压仅为电源的最大输入电压，即使按60%降额使用，选用开关管也比较容易。在高可靠性工程上一般选用这两类电路拓扑。

2.3 控制策略的选择

在中小功率的电源中，电流型PWM控制是大量采用的方法，它较电压控制型有如下优点：逐周期电流限制，比电压型控制更快，不会因过流而使开关管损坏，大大减小过载与短路的保护；优良的电网电压调整率；迅捷的瞬态响应；环路稳定，易补偿；纹波比电压控制型小得多。生产实践表明电流控制型的50W开关电源的输出纹波在25mV左右，远优于电压控制型。硬开关技术因开关损耗的限制，开关频率一般在350kHz以下，软开关技术是应用谐振原理，使开关器件在零电压或零电流状态下通断，实现开关损耗为零，从而可将开关频率提高到兆赫级水平，这种应用软开关技术的变换器综合了PWM变换器和谐振变换器两者的优点，接近理想的特性，如低开关损耗、恒频控制、合适的储能元件尺寸、较宽的控制范围及负载范围，但是此项技术主要应用于大功率电源，中小功率电源中仍以PWM技术为主。

2.4 元器件的选用

因为元器件直接决定了电源的可靠性，所以元器件的选用非常重要。元器件的失效主要集中在以下四个方面：

(1) 制造质量问题

制造质量问题造成的失效与工作应力无关。质量不合格的可以通过严格的检验加以剔除，在工程应用时应选用定点生产厂家的成熟产品，不允许使用没有经过认证的产品。

(2) 元器件可靠性问题

元器件可靠性问题即基本失效率的问题，这是一种随机性质的失效，与质量问题的区别是元器件的失效率取决于工作应力水平。在一定的应力水平下，元器件的失效率会大大下降。为剔除不符合使用要求的元器件，包括电参数不合格、密封性能不合格、外观不合格、稳定性差、早期失效等，应进行筛选试验，这是一种非破坏性试验。通过筛选可使元器件失效率降低1~2个数量级，当然筛选试验代价(时间与费用)很大，但综合维修、后勤保障、整架联试等还是合算的，研制周期也不会延长。电源设备主要元器件的筛选试验一般要求：

①电阻在室温下按技术条件进行100%测试，剔除不合格品。

②普通电容器在室温下按技术条件进行100%测试，剔除不合格品。

③接插件按技术条件抽样检测各种参数。

④半导体器件按以下程序进行筛选：

目检→初测→高温贮存→高低温冲击→电功率老化→高温测试→低温测试→常温测试

筛选结束后应计算剔除率Q

$$Q=(n / N) \times 100\%$$

式中：N——受试样品总数；

n——被剔除的样品数；

如果Q超过标准规定的上限值，则本批元器件全部不准上机，并按有关规定处理。

在符合标准规定时，则将筛选合格的元器件打漆点标注，然后入专用库房供装机使用。

(3) 设计问题

首先是恰当地选用合适的元器件：

①尽量选用硅半导体器件，少用或不用锗半导体器件。

②多采用集成电路，减少分立器件的数目。

③开关管选用MOSFET能简化驱动电路，减少损耗。

④输出整流管尽量采用具有软恢复特性的二极管。

⑤应选择金属封装、陶瓷封装、玻璃封装的器件。禁止选用塑料封装的器件。

⑥集成电路必须是一类品或者是符合MIL—M—38510、MIL—S—19500标准B—1以上质量等级的军品。

⑦设计时尽量少用继电器，确有必要时应选用接触良好的密封继电器。

⑧原则上不选用电位器，必须保留的应进行固封处理。

⑨吸收电容器与开关管和输出整流管的距离应当很近，因流过高频电流，故易升温，所以要求这些电容器具有高频低损耗和耐高温的特性。

在潮湿和盐雾环境下，铝电解电容会发生外壳腐蚀、容量漂移、漏电流增大等情况，所以在舰船和潮湿环境，最好不要用铝电解电容。由于受空间粒子轰击时，电解质会分解，所以铝电解电容也不适用于航天电子设备的电源中。

钽电解电容温度和频率特性较好，耐高低温，储存时间长，性能稳定可靠，但钽电解电容较重、容积比低、不耐反压、高压品种(>125V)较少、价格昂贵。

关于降额设计：

电子元器件的基本失效率取决于工作应力(包括电、温度、振动、冲击、频率、速度、碰撞等)。除个别低应力失效的元器件外，其它均表现为工作应力越高，失效率越高的特性。为了使元器件的失效率降低，所以在电路设计时要进行降额设计。降额程度，除可靠性外还需考虑体积、重量、成本等因素。不同的元器件降额标准亦不同，实践表明，大部分电子元器件的基本失效率取决于电应力和温度，因而降额也主要是控制这两种应力，以下为开关

电源常用元器件的降额系数：

①电阻的功率降额系数在0.1~0.5之间。

②二极管的功率降额系数在0.4以下，反向耐压在0.5以下。

③发光二极管