
直流斩波器方案报告

概述

1.1 任务来源

本任务是根据某系统综合设计要求，研制直流斩波器。

1.2 产品功能、用途、组成

该直流斩波器是将输入的 440VDC-710VDC 直流电转换为电压 230V(175-320V)，额定电流 150A(峰值电流 215A)的直流电,再经输出滤波后为设备供电。

主要技术指标要求

1.3 输入

1.3.1 输入要求

电压：440VDC-710VDC 额定：610VDC

1.3.2 接插件刻字

a. 电源壳体表面不应有明显的凹痕、划伤、变形和污染。表面涂层应均匀、无凝结、脱落及磨损。金属零、部件不应有锈蚀和机械损伤。电源表面各项标识应简明、规范、清晰、牢固；

b. 插在引线端附近刻上输入、输出标识，用红漆标注；

1.4 输出特性

- 1) 电源端输出电压额定：230VDC；
- 2) 输出电压范围:175-320VDC
- 3) 额定输出电流：150A(峰值电流 215A)；
- 4) 效率大于等于 95%；

- 5) 负载稳定度: $\leq 1\%$;
- 6) 冷却方式: 自然风冷;
- 7) MTBF: $\geq 5000\text{h}$;
- 8) 保护功能: 电源模块应具有输入过压、欠压保护功能, 输出过压保护功能, 有过流保护功能, 过热保护功能;
- 9) 电磁兼容: 要求设计和试验;
- 10) 隔离要求: 输入, 输出可以隔离也可以不隔离;
- 11) 散热要求: 自然风冷散热;

1.5 环境适应要求

- 工作环境: $0^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$;
- 存储温度: $-25^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: 不大于 90% ($+25^{\circ}\text{C}$)。

1.6 可靠性要求

- a. 存储寿命: 10 年 (含生产周期 2 年);
- b. 通电寿命: 不小于 10000h ;
- c. 一次连续通电时间: 不小于 10h 。

1.7 结构要求

长 \times 宽 \times 高 $\leq 430*620*550\text{mm}$ 。重量 $<135\text{KG}$ 。

直流斩波器采用铝合金和不锈钢金属外壳, 功率散热器件贴有金属外壳内表面, 通过铝合金金属外壳自然散热。金属外壳外表面表面做氧化处理, 不应带有尖角, 注意人身安全。

电源上的各个插座位置应保证电缆方便正常插拔, 有电压、电流数码显示, 电压调节旋钮, 外部模拟电压 ($0-5\text{V}$) 调节接口 ($175-320\text{V}$)。

1.8 元器件使用要求

对所使用的元器件, 原材料必须百分之百进行入厂复验, 为了保证产品的质量, 对不能进行二次筛选和测试的器件采用随同部组件、分机、随机逐级进行考核和筛选。未完成上述规定要求的元器件、原材料不得装机使用。同时, 需对元

器件使用开展降额设计、容差设计、最坏情况分析、热设计、抗干扰设计，总体设计考虑电磁兼容设计。

1.9 结构设计方案

根据任务书要求，本电源结构设计采用全封闭式设计，外部预留风扇，当温度超过设定最高温度时，启动风扇，进行外部风冷。

1.9.1 外型及安装设计

按照任务书要求，直流斩波器设计外壳：

3.1.2 电源热设计

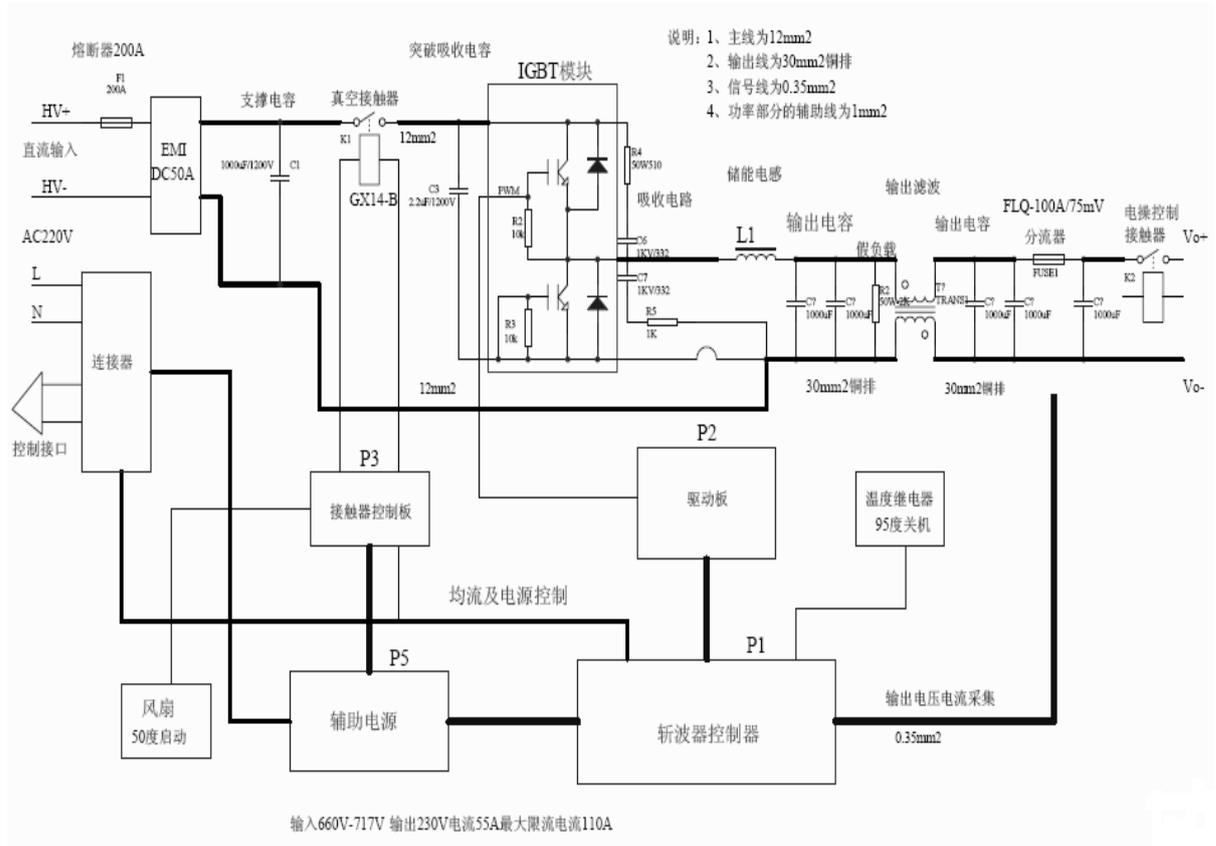
由于直流斩波器功率较大，输出功率 $P=320V*215A=68800W$ ；整体效率： η 为:95%；根据电源的输出功率和转换效率，推算功耗 $P=68800W/0.95 - 68800W=3440W$ ，根据所选散热器要求，采用自然风冷情况下，散热面积 $S>3440*12cm^2/3=13760cm^2$ ；所以在设计时应留出足够的散热空间，尽可能提高散热面积，同时在散热器上安装风扇，当温升超过设定最高温度 $50^{\circ}C$ 时，启动风扇，对散热器进行散热，确保电源稳定可靠工作。

3.1.3 电磁兼容设计

对于本结构,我们采用的是全密闭的结构方式，将风扇外置，输入输出选用圆形连接器，面板做屏蔽处理；输入选用专用直流滤波器对输入直流信号进行滤波，电路设计中将控制电路和功率电路部分分开，并用金属钢板隔开，控制电路应用了先进的零电压 (ZVS) 技术，有效地降低了开关管的电压、电流应力和开关损耗，提高了整机可靠性和效率，显著地减少了电磁干扰，输出采用进口纳米晶材料设计的滤波电抗器，和进口滤波电容及高频吸收电容，降低输出纹波噪音。

1.10 工作原理

1.10.1 主回路电路原理框图



控制电路

采用BUCK电路工作方式，实现三个斩波器模块并联工作。降低了单个电源模块输出功率，保证器件选择的通用性，提高了开关电源模块工作频率（20KHZ）和电源模块工作动态响应特性，有效的降低了电源体积和输出纹波；采用BUCK电路工作方式，减少电路工作环节，选用高频工作的IGBT和低损耗的滤波电感，在高频工作状态下，确保电源模块工作效率最高可达95%以上；

功率电路

额定输出功率： $(50000/3)*1.2=20000W$ ；

输出额定电流：75A；

开关频率：20KHZ；

IGBT: 1200V/200A 开关管;

输出电感: 500uH ;

效率: >95%;

IGBT 损耗功率:

开关电流: 60A; 开关频率: 20K; 导通损耗: 97.9W; 开关损耗: 210W;
合计损耗; 307.9W; 二极管的损耗: 109W。

(以上参数由 IGBT 厂家提供)

输出最大功率, $610V \times 60A \times 0.8 = 29280W$, 能满足最大输出功率
 $320V \times 75A = 24000W$ 的要求。IGBT 选型合理。

斩波器电感参数

$Lo_{Min} = (VM - Vo) \times T_{on} / 2 \times I_{min} = (710 - 230) \times 16 / 2 \times 10 = 389.5uH$

电感量最小 389.5uH, 电感量取值 500uH 选型合理

电感量: $L = 500uH$; 额定电流: 75A; 纹波电流: 15A; 频率: 20KHz;

磁芯损耗: 10.8W, 铜损: 21.6563W, 总损耗: 32.4563W。

(以上参数由磁芯厂家提供)

斩波器的总损耗功率 $P_Z = 307.9 + 109 + 32.5 = 449.4W$

额定状态整机总效率 $P = 230 \times 75 / (230 \times 75 + 449.4) < 97.4\%$ 最大

能满足最大整机总效率 >95% 的要求

输出线路滤波器设计说明

输出纹波电压 $V_{pp} = (I \times T) / C = (75A \times 50uS) / 9400uF = 0.39V$

输出纹波峰峰值 1.6‰

前级支撑电容: 2350uF/900V, 纹波电流: 21.5A;

1.10.2 抗震动冲击和湿热设计

直流斩波器外壳采取密闭设计, 电路板做三防处理, PCB 及器件安装完成

后用金属支架进行固定，电路板上的器件用硅胶进行固定。必要的情况下做减震处理。

综合上述，此设计方案能满足直流斩波器技术要求。