

公开

# 电路模块产品要求

清华大学

2025 年 8 月

# 电路模块产品要求

## 1. 电路模块产品内容

按技术要求提供一套支承电路、温控电路、光电传感器。

a) 支承电路包括二次电源模块、位移测量前置放大电路模块、三相信号源电路模块、FPGA 支承控制电路模块、功率放大电路模块、高压变压器组件、高压隔离电路模块，支承电路可实现将高速旋转转子稳定地悬浮在真空球腔中心；

b) 温控电路包括温度控制电路、温度测量电路和加热电路模块，可实现对仪表的高精度控制；

c) 光电传感器，包括赤道光电传感器和极轴光电传感器，赤道光电传感器实现转子转速测量，极轴光电传感器实现转子旋转主轴转角测量。

## 2. 技术要求

各电路模块主要功能如下：

- a) 二次电源：DC-DC 电压转换，为其它电路供电；
- b) 位移测量前置放大电路：检测高速旋转转子在球腔中心的位置；
- c) 三相信号源电路：为位移测量前置放大电路提供三路载波源信号；
- d) FPGA 支承控制电路：对支承系统进行总体控制；
- e) 功率放大电路：对 FPGA 支承控制电路输出的控制信号进行功率放大处理；
- f) 高压变压器组件：提供频率约 10kHz，峰-峰值 3kV~5kV 的 6 个方向交流支承电压；
- g) 高压隔离电路：隔离位移测量前置放大电路和高压变压器组件；
- h) 温度控制电路：对高精度仪表进行温度控制；
- i) 赤道光电传感器：输出转子转速测量脉冲信号；
- j) 极轴光电传感器：输出转子转角测量正弦波信号。

## 2.1. 二次电源

- a) 外形尺寸：长  $110\pm0.1\text{mm}$ ，宽：  $54.5\pm0.1\text{mm}$ ；
- b) 功能要求：电流检测、故障检测、超压欠压保护；
- c) 输入电压：  $27\text{V}\pm10\%$ ；
- d) 输出电压：模拟 $\pm12\text{V}$ 、模拟 $\pm5\text{V}$ 、数字  $5\text{V}$ 、 $27\text{V}$ 。

## 2.2. 位移测量前置放大电路

- a) 外形尺寸：圆环内径  $34\pm0.1\text{mm}$ ，外径  $79\pm0.1\text{mm}$ ；
- b) 输入电源：  $+5\text{V}\pm1\%$ ；  $-5\text{V}\pm1\%$ ；
- c) 输出：三路差分正弦信号，带宽大于  $10\text{kHz}$ 。

## 2.3. 高压隔离电路

- a) 外形尺寸：圆环内径  $34\pm0.1\text{mm}$ ，外径  $79\pm0.1\text{mm}$
- b) 耐压 $\geq 3000\text{V}$ (有效值)

## 2.4. 三相信号源电路

- a) 外形尺寸：外径  $79\pm0.1\text{mm}$ ，内孔长  $26\text{mm}$ ，内孔宽  $18.8\text{mm}$ ；
- b) 输入电源：  $+12\text{V}\pm1\%$ ；  $-12\text{V}\pm1\%$ ；
- c) 输出三路正弦波：三路相位差  $120\pm1.0^\circ$ ；
- d) 实现三路正弦信号解调：带宽大于  $10\text{kHz}$ 。

## 2.5. FPGA 支承控制电路

- a) 外形尺寸：外径  $79\pm0.1\text{mm}$ ，内孔长  $26\text{mm}$ ，内孔宽  $18.8\text{mm}$ ；
- b) 输入电源：模拟 $\pm12\text{V}$ 、模拟 $\pm5\text{V}$ 、数字  $5\text{V}$ ；电源电压精度 $\pm1\%$ ；
- c) 输出六路正弦波：六路正弦信号相位一致，频率可调，幅值可调；
- d) 实现三路支承闭环控制。

## 2.6. 功率放大电路

- a) 外形尺寸：长  $110\pm0.1\text{mm}$ ，宽：  $54.5\pm0.1\text{mm}$ ；

- b) 输入电压:  $27V \pm 10\%$ ;
- c) 功能: 对输入信号进行滤波和功率放大;
- d) 带宽: 不小于  $10\text{kHz}$ 。

## 2.7. 高压变压器组件

- a) 外形尺寸:  $26.5 \times 35.5 \times 44 \pm 0.1\text{mm}$ ;
- b) 谐振频率:  $9.5 \sim 10.5\text{kHz}$ ;

## 2.8. 温度控制电路

- a) 外形尺寸: 长  $110 \pm 0.1\text{mm}$ , 宽:  $54.5 \pm 0.1\text{mm}$ ;
- b) 输入电源: 模拟  $27V \pm 10\%$ ;
- c) 温度检测分辨率: 小于  $0.01^\circ\text{C}$ ;
- d) 温度控制精度: 优于  $0.02^\circ\text{C}$ ;
- e) 加热功率可调, 最大可达  $30\text{W}$ 。

## 2.9. 赤道光电传感器

- a) 外形尺寸: 异形, 符合图纸要求;
- b) 输入电源:  $5V \pm 10\%$ ;
- c) 工作电流  $\leq 50\text{mA}$ ;
- d) 输出与转子转速同频率的 TTL 电平脉冲信号。

## 2.10. 极轴光电传感器

- a) 外形尺寸: 外径  $30 \pm 0.1\text{mm}$ , 高  $25 \pm 0.1\text{mm}$ , 类圆柱形, 符合图纸要求;
- b) 输入电源:  $5V \pm 10\%$ ;
- c) 工作电流  $\leq 50\text{mA}$ ;
- d) 输出与转子转速同频率的正弦信号。

### 3. 质保及售后服务要求

- a) 质量问题响应时间 $\leq 24$  小时
- b) 质量保证期 1 年（提供免费维修服务）
- c) 可提供产品全生命周期技术咨询及维修服务