

doi: 10.7690/bgzd.2014.08.022

交流伺服驱动功率回路参数选取方法

李勇, 陈志锦, 张森

(中国兵器工业第五八研究所数控技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了正确选取交流伺服驱动器及其参数指标, 提出一种交流伺服系统驱动回路功率参数设计及计算方法。介绍了交流伺服系统的硬件系统, 通过计算整流器的容量、IPM的容量和滤波电容及释放电阻的容量, 得到交流伺服驱动器功率参数, 并进行实例分析, 该方法已经实现批量生产。实际生产结果表明: 该方法计算简单, 实用性强。

关键词: 交流伺服; 驱动回路; 功率参数; 设计计算方法

中图分类号: TP206 **文献标志码:** A

The Power Parameter Design and Calculation Method of AC Servo System

Li Yong, Chen Zhijin, Zhang Sen

(Department of CNC Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: For accurately choosing AC servo driver and its parameters, the parameter design and calculation method of the drive circuit power in AC servo system is presented. The hardware of the system is introduced. Its power parameter is got by calculating the capacity of rectifier, IPM, filter capacitor and released resistance. And instance analysis is done. Volume production comes out by using the method. The result proves that the method is simple and has strong practicability.

Keywords: AC servo; drive circuit; power parameter; design and calculation method

0 引言

交流伺服驱动器作为功率部件, 其驱动电路的功率器件参数决定着伺服系统的应用场合、带载能力及安全性、可靠性。在伺服系统的设计过程中, 必须有针对性地对驱动电路相关功率参数进行计算, 选择恰当的元器件及参数指标。基于此, 笔者对交流伺服驱动器功率回路参数选取进行分析。

1 交流伺服系统硬件结构

交流伺服系统由交流伺服驱动器及交流伺服电机组成。交流伺服驱动器以高性能专用数字信号处理器(digital signals processor, DSP)为主控芯片, 以大规模可编程集成电路(complex programmable logic device, CPLD)为逻辑运算单元, 运用现代电机控制理论及矢量控制方法, 利用高精度实时采样电路采样电机电流及母线电压形成电流闭环控制, 利用高分辨率位置传感器检测电机转子位置形成速度闭环控制, 以智能功率模块(IPM)为逆变器实现对交流永磁电机的全数字高性能控制; 交流伺服电机由电机本体及速度反馈装置构成, 与电机轴身相连的电机转子在通电线圈作用下旋转^[1-2]。

交流伺服系统原理框图如图 1 所示。

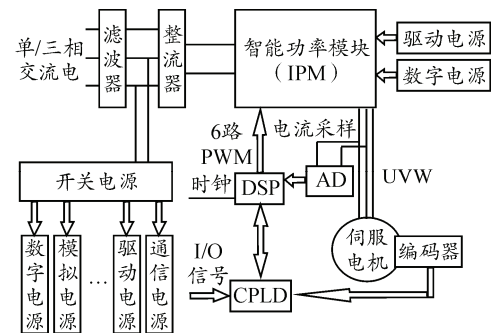


图 1 交流伺服系统原理框图

其中以 DSP 及 FPGA 为核心的控制部分, 主要接收上位控制器位置、速度或转矩指令, 完成伺服系统输入、输出信号处理及电机控制算法解析、PWM 控制信号输出; 以 IPM 为核心的功率驱动部分, 主要检测母线电压、电机电流及位置信号, 根据 PWM 控制信号, 动态调节伺服电机电流及母线电压, 驱动电机(PMSM)平稳、高效运转。

功率驱动部分主要由整流电路(AVC)、储能滤波电路、IPM 驱动电路以及释放回路组成, 其原理框图如图 2^[3]所示。

收稿日期: 2014-04-14; 修回日期: 2014-06-01

基金项目: 国家科技支撑计划资助(2011BAF12B03)

作者简介: 李勇(1982—), 男, 陕西人, 大学本科, 工程师, 从事交流伺服系统研究。

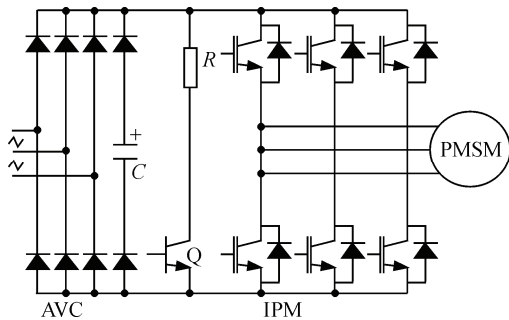


图 2 功率驱动原理框图

其中：AVC 为整流桥；C 为储能滤波电容；Q 为释放功率管；R 为释放电阻；IPM 为智能功率模块；PMSM 为交流伺服电机。

2 交流伺服驱动器功率参数计算

交流伺服驱动器内部的功率参数，主要有 IPM 容量、滤波电容容量以及释放电阻容量。

2.1 整流器的容量^[4]

交流伺服系统采用交流供电，经过整流器整流、滤波电路储能滤波后送到 IPM 逆变电路，进行功率逆变。整流桥的相数、电压等级、额定电流是需要注意的指标。

1) 整流器的相数。

根据交流伺服系统的应用场合、功率等级及现场供电情况，需要选择交流伺服整流器是两相或者三相；根据工程经验，对于功率在 1 kW 以下产品，多采用两相供电，对于 1 kW 以上功率产品，多采用三相供电。

2) 整流器的电压规格。

根据供电情况，要保障所选取的整流器标称可逆反向峰值电压高于整流后直流电压，且留有 30% 以上容量，确保输入电压有波动时元器件可靠工作。

3) 整流器的电流规格。

整流器标称的电流值多为直流输出最大值，在选择整流器时，应该保障其满足系统负载需求；而不能认为其为直流输入电流最大值。

2.2 IPM 的容量

功率逆变元件在 PWM 逆变中是至关重要的器件，因此 IPM 的耐压、电流容量以及开关过程中的发热损耗和噪声都需要认真考虑^[5]。

1) IPM 的额定电压。

$$V_{CEO} \geq V_D, V_D = V_{DC} K_1 K_2 K_3$$

其中： V_{CEO} 为 IPM 集电极的电压； V_{DC} 为直流母线电压； K_1 为交流电网电压波动系数； K_2 为制动时反

电动势系数； K_3 为安全裕度系数。

在工程实际中，如果采用单相交流 220 V 供电， $V_{DC} \approx 310$ V， K_1 可取 1.2， K_2 可取 1.2， K_3 可取 1.2； $V_{CEO} = 600$ V。

2) IPM 的额定电流。

$$I_C \geq I_{CM}, I_{CM} = \sqrt{2} I_\Phi K_1 K_2$$

其中： I_C 为 IPM 集电极电流； I_Φ 为伺服电机额定电流； K_1 为过载倍数； K_2 为开关管利用效率系数。

在工程实际中，如果要求伺服系统 3 倍过载， K_1 取 3， K_2 可取 1.5。

3) IPM 的开关频率。

IPM 的开关频率 f_s 越高，电机电流越逼近正弦波，电机运行性能越好；但 f_s 越高，开关损耗越大。IPM 的开关频率 f_s 越低，开关损耗越小，但电机电流纹波及尖峰增大，电机运行效率低、电机振动大、发热严重、调速性能差^[6]。

在工程实际中， f_s 一般要求在 5 kHz 以上，但不超过 16 kHz。

2.3 滤波电容及释放电阻的容量

母线滤波电容一方面消除高次谐波，提高供电质量，另一方面消除整流电路及逆变电路间的相互干扰，并为电机提供无功功率；当电机制动时，电机转子动能及电感储能都要回馈到滤波电容，为了避免电容电压过高造成开关器件和电容损坏，需要利用释放电阻放电；因此，滤波电容的耐压、容量以及释放电阻的阻值、功率需要认真考虑。

1) 滤波电容的耐压。

提高滤波电容的耐压，在保证电容安全的同时，可以缓解对电容容量及电阻功率的要求。

$$V_C > V_D, V_D = V_{DC} K_1, V_C = V_{DC} K_2$$

其中： V_C 为滤波电容的耐压； V_D 为释放电阻导通电压门限； V_{DC} 为直流母线电压； K_1 为释放门限系数； K_2 为安全裕度系数。

在工程实际中， K_1 可取 1.2， K_2 可取 1.3。

2) 滤波电容的容值^[7]。

$$C > C_1, C_1 = [\sum J (2\pi n / 60) 2 + 3L (K_1 I_\Phi) 2] / [(2V_{DC} + \Delta V) \Delta V]$$

其中： C 为滤波电容值， $\sum J$ 为负载折合到电机轴上惯量； n 为伺服电机额定转速； L 为电机电感； K_1 为过载倍数； I_Φ 为伺服电机额定电流； V_{DC} 为直流母线电压； ΔV 为电压波动限制。

在工程实际中， K_1 可取 2.5， ΔV 可取 20% V_{DC} 。

3) 释放电阻的阻值。

$$R = V_{DC} K_1 / (\sqrt{2} I_{\Phi} K_2)$$

其中： R 为释放电阻阻值； V_{DC} 为直流母线电压； K_1 为释放门限系数； I_{Φ} 为伺服电机额定电流； K_2 为过载倍数。

在工程实际中， K_1 可取 1.2，要求 3 倍过载时 K_2 取 3。

4) 释放电阻的功率^[8]。

$$W > W_1, W_1 = (V_D - V_E) \times (\sqrt{2} I_{\Phi} K_1) \times K_2$$

其中： W 为释放电阻功率； W_1 为最大释放功率， V_D 为释放电阻导通电压门限； V_E 为释放电阻关断电压门限， I_{Φ} 为伺服电机额定电流； K_1 为过载倍数； K_2 为释放占空比。

在工程实际中，为保障释放电阻的可靠过载， K_1 应该不小于过载倍数 3， K_2 不超过 5%。

3 实例设计

我公司用该方法设计的某型功率 750 W 产品，其功率驱动回路电路图如图 3 所示。

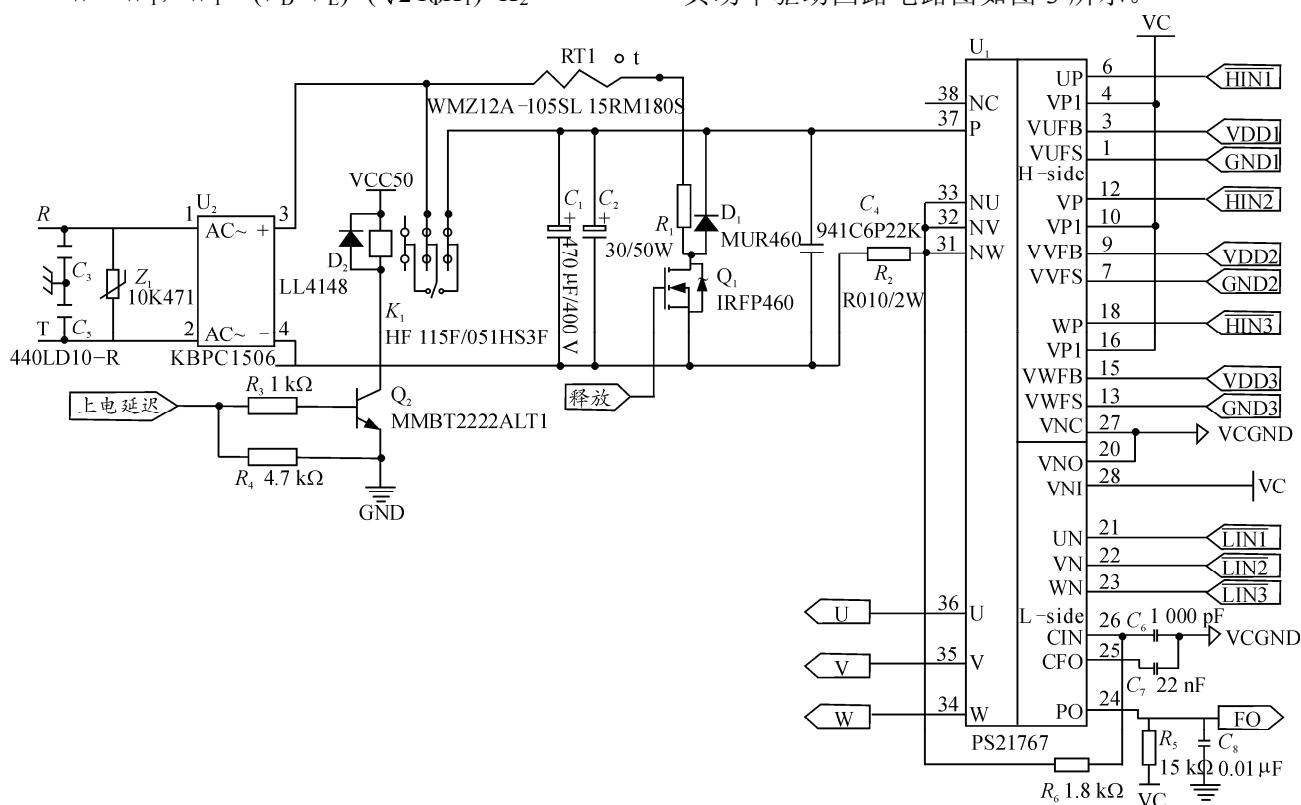


图 3 功率驱动回路电路

采用单相交流 220 V 供电，利用 Y 电容 (C_3 、 C_5) 及跨接在两相输入间的压敏电阻 (Z_1) 消除电源输入差模及共模干扰，然后由单相 600 V 电压、15 A 整流桥 (U2) 变换为直流电；同时，还采用了热敏电阻 (RT1) 缓冲电路及上电延迟电路 (Q_2 、 K_1)，保障系统在初始上电阶段对控制部分及功率元器件的冲击；整流后的直流电经由 2 支 400 V 电压、470 μ F 容值电解电容 (C_1 、 C_2) 并联进行储能滤波，保证母线电压的稳定及平滑；同时为了消除母线上的噪声及电压波动引起的干扰，还需要在逆变电路电源输入端就近接入具有良好温度及频率特性的平滑无感电容 (C_4)；功率逆变回路采用三菱公司 6 单元 600 V 电压、20 A 电流 IPM，开关频率 8 kHz，该模块要求上桥臂各相驱动单元独立供电；为了检测系统工

作状态下电流，达到闭环控制的目的，利用采样电阻 (R_2) 进行电流采样，采样结果经由 RC 电路 (R_6 、 C_6) 滤波后送往接收端；该功率电路 IPM 模块工作时，能自动检测温度、电路等指标，有异常时能自动关断输入信号，同时，送出报警信号，改报警信号的宽度可以进行设置 (C_7)，为了避免该信号误动作带来不必要的停机，对该信号进行滤波处理 (R_5 、 C_8)；在系统的运行过程中，为了避免快速停机及减速带来的母线电压升高，引起元器件损坏的情况，需要实时检测母线电压，当达到控制阈值时，通过控制芯片发出“释放”信号，导通功率管 (Q_1)，利用功率电阻耗能的方式，降低母线泵升电压，功率电阻功率 50 W、阻值 30 Ω ，为了避免电阻持续发热损坏，将释放占空比设置为 5%。

(下转第 86 页)