

一种创新型感应电机调速系统的设计与实现

徐丽霞¹, 徐靖²

(1.安徽国防科技职业学院 机电工程系, 安徽 六安 237011; 2.六安供电公司, 安徽 六安 237011)

摘要: 鉴于传统电力电子相关课程实验既无法直观了解电路内部构造, 也不能有效提升实际动手能力的情况, 设计了一种基于实验室环境的开放式创新型感应电机变频调速系统, 改造了主电路和控制电路的电源, 在适应实验室用电环境的同时, 能实现主电路低压可测量和提升学生实验的安全性; 并设计了采样电路和保护电路, 能加深学生对电路的了解, 增强实际动手能力. 经实验验证, 该系统能完成多段速运动控制、模拟量与数字量给定调速等相关实验.

关键词: 感应电机; 变频调速; 电力电子

中图分类号: TP303⁺.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2015) 03-0024-05

传统的电力电子课程实验采用实验挂箱方式, 挂箱内搭建好电路, 学生只需要按照实验指导书上的实验步骤连接导线就能完成实验, 根本无法深入了解其内部电路.

笔者设计了一种基于实验室环境的感应电机电气变频调速系统, 该系统作为一个内部开放式实验平台, 实现了将书本知识与实践操作结合, 方便学生对理论知识的深入理解. 其中, 系统主电路是基于 IGBT 模块的 AC-DC-AC 变换电路, 控制电路包括三相转单相异步电动机调速装置、多段速运动控制装置、越限自动报警、电磁能耗制动及模拟量与数字量给定调速装置.

1 总体设计

相较于传统的三相异步电机调速系统, 笔者在实验室单相电源的供电条件下, 更改了线路以适应单相异步电机的电气调速, 且主电路与控制电路独立. 为了在测试时可以使用低压示波器探头, 主电路采用稳压电源提供的 35 V 直流电压, 然后将 35 V 的低压作为三相全桥逆变电路的供电电源直接加在变频器高压母线的两端, 从而实现三相变单相. 控制电路用 220 V 单相交流电压供电, 经过整流、滤波后送给控制电路. 经整改后的主电路与控制电路如图 1 所示.

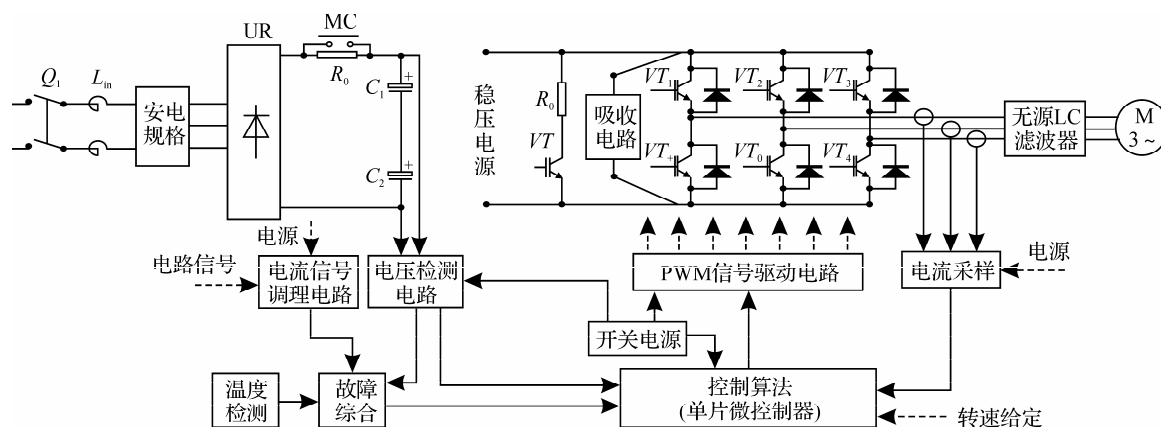


图1 感应电机调速系统主电路及其控制结构

收稿日期: 2014-11-29.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 安徽国防科技职业学院中青年骨干教师培养基金 (20121210).

第一作者: 徐丽霞 (1980-), 女, 湖北天门人, 硕士/讲师, 主要研究方向: 电子信息. E-mail: 380691577@qq.com

电路中主要电气硬件结构包括 CPU 控制板、通讯单元板、键盘与显示板、电源与驱动板、IGBT 器件板、安规板、霍尔板、制动电阻及其单元、直流电抗器、无源滤波器等。其中, CPU 控制板采用 TI 公司的 TMS320LF2407A 芯片, 键盘与显示板等相关器件来自实验室原有拆卸的变频器。

设计的系统可进行多段速运动控制实验、模拟量与数字量给定调速实验。其中, 多段速运动控制实验由 PLC、电气变频调速实验台完成, 通过 PLC 给定可实现变频调速的多段速度运动控制。模拟量与数字量给定调速实验可进行模拟量与数字量的给定, 设置权限与监控速度。越限自动报警装置采用输出继电器对运动控制中的过载、过流、过压、欠压、过温等故障进行报警点设置与越限报警信号的输出。

2 各模块的硬件电路设计

2.1 逆变电路的电源设计

由于更改了主电路的供电电源, 三相全桥逆变电路采用 35 V 的直流电源供电, 逆变电路的电源设计主要考虑对 6 个 IGBT 控制电源的设计。目前的变频器中的三相全桥逆变电路均采用 IPM 模块, IPM 模块内部集成了门极驱动控制、故障检测和多种保护等电路, 使用简单方便。笔者所设计的系统为实现全开放模式, 对三相逆变桥电路采用 IGBT 器件板, 同 IPM 模块一样, 上桥臂每个 IGBT 单元都需要单独的直流电源供电。而下桥臂的 3 个 IGBT 单元可共用同个直流电源供电。对于大容量的逆变器, 为了避免接地回路噪声, 6 个 IGBT 单元都需要单独的直流电源供电^[1]。电源结构如图 2 所示。小容量逆变器的四路电源以及大容量逆变器的七路电源必须采取隔离措施, 此功能由开关变压器完成。

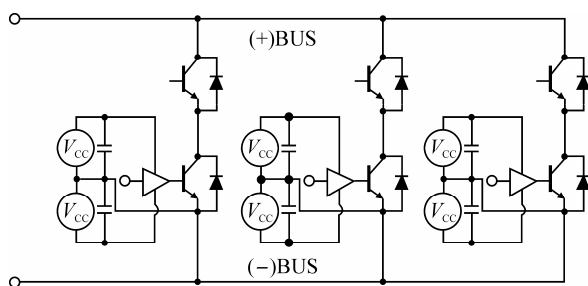


图2 逆变电路的电源结构

2.2 抗干扰电路设计

在主电路中, 采用压敏电阻抑制供电电源的尖峰电压和电压波动; 进线电容器用于抑制尖峰电压和电磁辐射; 信号线采用双绞线, 它不易受到电磁干扰的影响。由于扭绞的节距与导线的线径有关, 导线的线径要合适; 若要节距小, 需选择细导线, 但导线太细则会增加信号线上的阻抗^[2]。

驱动器与 CPU 板之间的隔离需采用光耦隔离, 且必须使用具有高共模抑止比、低输入阻抗的光耦合器隔离输入信号。本系统选用了型号为 TLP250 的高速光耦, 这是一种集电极开路输出和二次侧带屏蔽的高速光电耦合器, 适用于 50 A 左右电流的电路。

为降低 dV/dt 和 dI/dt , 除选择适当的开关频率、延长开关的上升及下降沿时间外, 硬件考虑上可以尽量减少引线电感、在输出端接滤波器、合理设计 CRD 电路等。

外部开关量输入全部使用光耦隔离。开关量输出根据需要设置光耦隔离或电磁隔离。同外部模拟量输入一样, 输出模拟量也非常容易引入各种干扰, 因此, 本系统增加了 1 个滤波电容器。但如果模拟输出端的外接线过长时, 需要另加抗干扰措施。

2.3 复位电路设计

复位电路与 CPU 相连, 电路的硬件构成如图 3 所示。当 +15 V、-15 V、+5 V 都稳定时, 完成复位功能。对于复位电路时延、滤波电容充电时延以及 IGBT 栅级的负电压建立时延而言, 此 3 个量的正确选取非常重要。

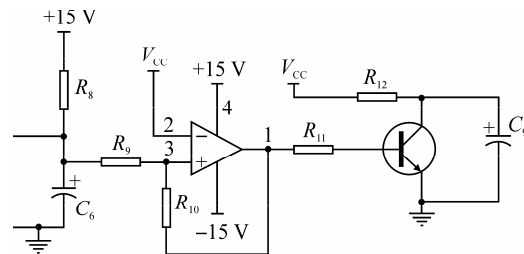
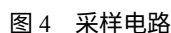


图3 CPU 的复位电路

2.4 采样电路设计

系统采样电路如图 4 所示^[3]。采样电路主要包括直流电压的采样与输出相电流的采样。

直流电压的采样是通过开关电源将变压器副边 -15 V 绕组正激变换整流得到峰值电压 V_{DC} , 在



由图 5 可知, 曲线的总上升时间为 4 格, 每格代表时间 2s, 总上升时间为 8s, 上升结束后保持恒定。按下停止键后, 开始匀减速, 匀减速下降的时

间为 8 s, 上升和下降的曲线均为直线. 所得结果与所给定参数相符, 验证了实验结果的正确性.

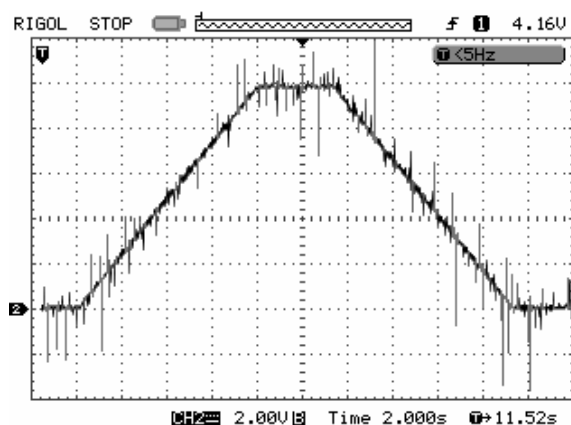


图5 启停过程输出电压曲线

3.2 开关频率设定实验

首先设置好起始频率为 0 Hz, 最高频率为 50 Hz, 加速模式为匀加速, 待加速过程结束后, 将开关频率设置为 5 kHz, 测量恒定频率下开关器件的开关频率, 用示波器测量输出波形.

由图 6 可知, 1 个脉冲的周期为 1 格, 对应的时间是 0.2 ms, 频率为 5 kHz, 和设置保持一致.

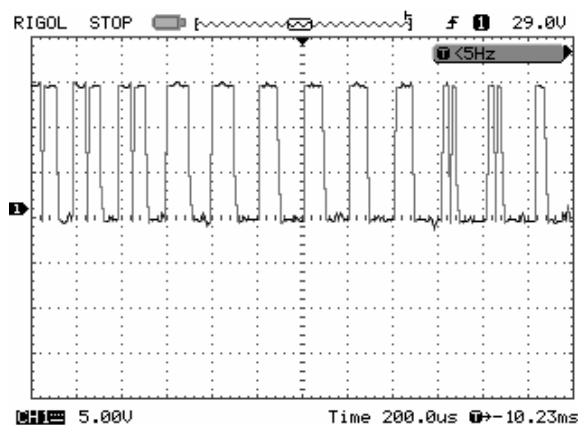


图6 开关频率 5 kHz 输出波形

3.3 S 型曲线测试实验

首先设置好加速时间和减速时间均为 8 s, 起始频率设为 0 Hz, 最高频率设为 50 Hz, 加速模式和减速模式均为 S 曲线加速, 待加速完成后, 匀速运行一小段时间, 按下停止键, 在频率计输出端子用示波器测量的波形.

由图 7 可知, 曲线的上升时间为 4 格, 每格代表时间 2 s, 总上升时间为 8 s, 上升结束后保持恒定, 按下停止键后, 开始匀减速, 匀速下降的时间

为 8 s, 上升和下降的曲线均为 S 型曲线. 所得结果与所给定参数相符, 验证了实验结果的正确性.

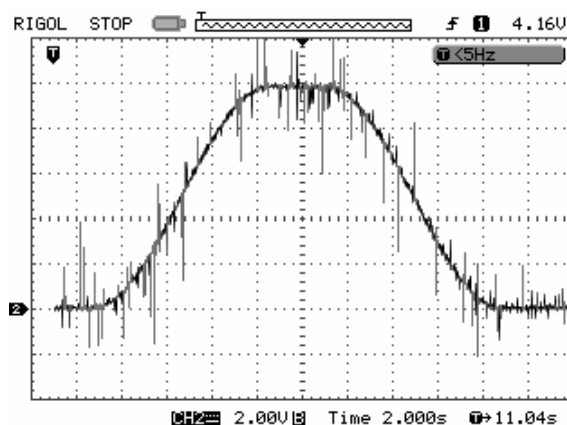


图7 S型曲线加速、减速图形

3.4 多段速调速实验

首先设置好多段速度的间隔时间为 2 s, 第 1 段频率设为 10 Hz, 第 2 段频率设为 20 Hz, 第 3 段频率设为 30 Hz, 第 4 段频率设为 40 Hz, 第 5 段频率设为 50 Hz, 上限频率为 100 Hz, 按下启动键, 用示波器在频率计输出端子测量的波形.

由图 8 可知, 电压曲线呈现阶梯形状, 共有 5 阶. 每段运行的时间间隔是 2 s, 且随着时间的推移电压的大小在增加, 和所给定的参数相符, 验证了实验结果的正确性^[5].

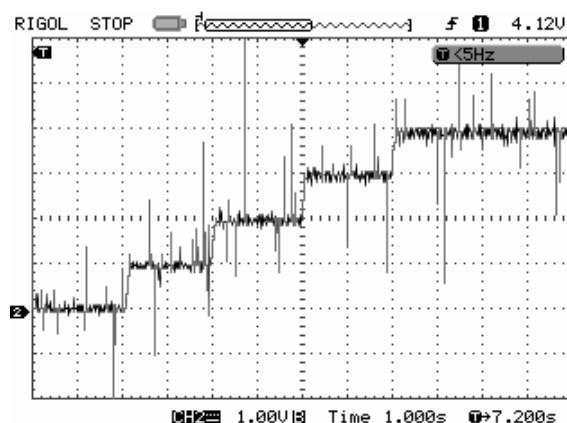


图8 5段速度曲线测定

4 结论

在系统搭建调试的过程中, 由于改变电压后会导致高压母线欠压报警. 分析后发现, 高压母线的欠压报警主要是由于直流采样电路的输入经过分压, 造成电压与随后电压小于 4 V, 导致比较器

的输出端口 V_{DC} 输出高电平给 CPU 后报警, 致使系统没办法正常测量. 通过重新设计分压电路, 使输出电压分压也能得到大于 4 V 的分压, 这样就可以解除欠压报警了.

由于直流电压的不稳定, 导致电压检测电路电压会有些波动, 当电压过高时, 可能使得 LED1 点亮, 发生过压报警. 分析直流电压采样电路可知, LED1 点亮的原因主要是由于 V_{DC-REF} 的电压过高, 高于比较电路的正相输入 3.6 V 时, 比较电路的输出为低电平, LED1 点亮, 发出过电压报警. 通过反复的理论计算与实际试验, 找到理想状态的比较电压的输入值 3 V, 这样既不会欠压也不会过压, 而且介于两者中间. 通过分析电路设计出合理的分压电路, 这样就防止了 CPU 的误动作.

笔者希望借助这个系统能让学生直观地面对变频器的每个硬件、模块. 借鉴这种创新性实验的模式, 在时间条件允许的前提下, 实验内容可以与

时俱进, 实验题目多样化并且与实际应用紧密相关, 在加强学生们的实际应用能力的同时, 也鼓励学生进行创新思考以及实践, 可以让学生切身感受到相关学科的技术前沿以及发展趋势, 为其日后走出校门建立扎实的知识基础.

参考文献:

- [1] 吉盛. 智能功率模块(IPM)在变频空调器中的应用[J]. 家用电器科技, 2000(9):34-36.
- [2] 张光武, 王国忠, 龚欣明. 架空导线的绞合节距和弯曲半径探讨[J]. 电线电缆, 2011(3):15-17.
- [3] 何希才. 新型实用电子电路 400 例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001:35-148.
- [4] Ramon Pallas Areny, John G Webster. 传感器和信号调节[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2003:20-29.
- [5] 张承慧, 崔纳新. 交流电机变频调速及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008:13-319.

Design and Implementation of a Novel Speed Regulating System for Induction Motor

XU Li-xia¹, XU Jing²

(1.Department of Mechanical And Electrical Engineering, Anhui Vocational College of Defense Technology, Lu'an 237011, China; 2.Luan Electric Power Supply Company, Lu'an 237011, China)

Abstract: Traditionally, the experiment for power electronics course is carried out using the hanging box designed according to the circuit wiring diagram, which neither facilitates the students to understand the internal structure of the circuit, nor effectively enhances their hands-on abilities. A novel speed regulating system of induction motor is designed based on open laboratory environment For the sake of measurability and security, the power of the main circuit and control circuit is transformed to adapt to the electricity environment of the laboratory. To improve the knowledge of circuit and enhance the practical ability of the students, the circuits of sampling and protection are also designed. The experimental results suggest that the system can perform the multi-speed motor control, analog and digital speed regulation under given conditions, and other related tasks.

Key words: induction machine drives; frequency control of motor speed; power electronics

(责任编辑 章践立)