

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.12.012

单相交流串励电机调速系统设计*

陈 浩^{1,2}, 吴定祥^{2,3}, 康志远^{1,2}, 杨增健^{1,2}, 唐立军^{1,2*}

(1. 长沙理工大学 物理与电子科学学院, 湖南 长沙 410114; 2. 近地空间电磁环境监测与建模湖南省普通高校重点实验室, 湖南 长沙 410114; 3. 长沙亿旭机电科技有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要:针对串励电机调速系统的连续性和稳定性问题,对单相交流串励电机控制电路、保护电路和驱动电路进行了研究,探索了一种通过控制 IGBT 管的通断来实现斩波式调压方法,提出了一种基于 STM32 ARM Cortex-M3 内核单片机的调速系统。该系统通过对单相交流串励电机速度的设定值和反馈值的偏差进行增量 PID 运算,根据 PID 运算结果计算 PWM 输出的占空比,来控制 IGBT 管的通断,从而改变加在单相交流串励电机交流正弦波的时间,达到改变串励电机两端电压的目的,实现串励电机的无级平滑调速。研究表明,该系统使用的 IGBT 管至少比传统系统的少 3 个,既节约成本又提高了系统的稳定性。

关键词:单相串励电机;调速系统;PWM

中图分类号:TH39;TM546⁺.4

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)12-1483-05

Research on single-phase AC motor of speed control system

CHEN Hao^{1,2}, WU Ding-xiang^{2,3}, KANG Zhi-yuan^{1,2}, YANG Zeng-jian^{1,2}, TANG Li-jun^{1,2}

(1. School of Physics and Electronic Sciences, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China; 2. Hunan Province Higher Education Key Laboratory of Modeling and Monitoring on the Near-Earth Electromagnetic Environments, Changsha 410114, China; 3. Changsha Billion set Electrical Technology Co., Ltd., Changsha 410000, China)

Abstract: Aiming at the problem of continuity and stability of series motor speed control system, the control circuit, protection circuit and driver circuit of single-phase series motor were researched, a method controlling the IGBT-off to achieve chopper surge was explored, speed control system based on the STM32 ARM Cortex-M3 microcontroller core was proposed. The system through the deviation of single-phase AC series motor speed setpoint and feedback values for incremental PID control operation. The PWM output duty cycle based on the PID operation result was calculation to control the IGBT turning on and off, the single-phase AC series motor AC sine wave time was changed to achieve the smooth stepless speed. The results indicate that the control system uses less three IGBT than conventional, not only reduces cost but also improves stability.

Key words: single-phase series motors; governing system; PWM

0 引言

单相串励电动机输出转矩大,转速一般可以达到

几千转甚至几万转每分钟,电路控制简单,交直流可以两用,广泛应用于家用电器、电动工具、搅拌机等场合^[1]。因此,对于转速要求比较高的某些场合,单相

收稿日期:2016-07-11

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAH28F04);湖南省科技重大专项项目(2013FJ1004-3);湖南省教育厅科学研究项目(14C0031, 15K009)

作者简介:陈 浩(1991-),男,湖南益阳人,硕士研究生,主要从事电路与系统方面的研究。E-mail: 397032909@qq.com

通信联系人:唐立军,男,教授,硕士生导师,E-mail: tanglj2000@263.net

串励电动机是一个不错的选择。目前单相串励电机采用的调速方法一般都是通过控制可控硅的导通角来实现的,即利用可控硅驱动电路、过零检测电路、触发电路、速度检测电路、可控硅控制电路组成单相串励电机电路,通过过零检测电路检测到交流零点后通过可控硅驱动电路实现对可控硅的控制,即可控硅两端的交流电压要达到一定的值才能导通,达不到在一个正弦波周期内全部导通的要求^[2-3],并且使用的 IGBT 较多,电路复杂。

因此,本研究主要探讨通过改进电路和算法,减少硬件数量,提高调节速度,增加稳定性和可靠性的方法,采用 STM32F103C8T6 芯片设计串励电机调速系统,为实现单相串励电动机连续、平稳调速提供一定的参考。

1 单相交流串励电机调速原理

单相交流串励电机的等效模型如图 1 所示。

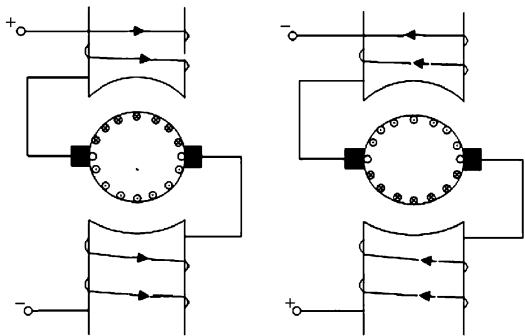


图 1 单相交流串励电机的等效模型

单相串励电动机是一种带有换向器和电刷的交流电动机,它的定子铁心主要由硅钢片叠压形成的,它的电枢绕组与定子绕组是串联的,电磁转矩方向和电流方向决定串励电机的转向,在交流电源情况下,定子磁场的极性和转子电流同时变换方向,由左手定则可知,电磁力的方向不会随着改变,所以串励电机始终维持一个恒定的转向不变^[4]。

单相串励电机的转速方程如下式所示:

$$n = \frac{[U \cos \varphi - I(R_1 + R_2 - \Delta U)]}{C_e \varphi} \quad (1)$$

式中: C_e —电动势常数; φ —磁通滞后电流的角度; R_1 、 R_2 —电阻值; I —电枢电流; φ —每极磁通; ΔU —对电刷的接触电压; U —串励电机两端电压。

从式(1)中可以看出,调节单相交流串励电机的速度可以通过调节电压、磁通、激励线圈两端的电阻来实现。在励磁线圈处并联可调电阻,存在消耗功率多、而且体积大的问题;采用改变磁通的办法也不是很实用的方法^[5],所以采用调节电压的方式来调节单相交

流串励电机的速度较适合。

单相交流串励电机调速系统电压调速原理如图 2 所示。

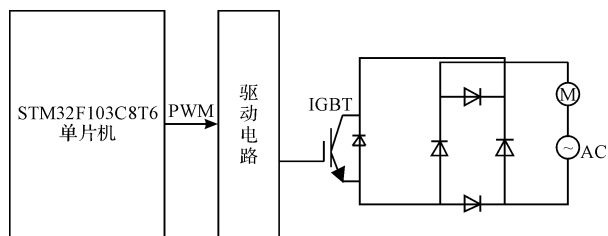


图 2 单相交流串励电机调速系统电压调速原理

通过控制电路产生 PWM 信号,经过保护电路和驱动电路后,加到 IGBT 管的控制端,通过控制 IGBT 管的通断,来达到控制一个交流正弦波周期内(即 20 ms)整流桥通断的目的。即利用 STM32 控制电路产生不同的 PWM 占空比,在每一个交流电压周期中,对开关元件 IGBT 管进行多次导通和关断,从而通过控制整流桥的通断,使交流正弦电压斩波成多个脉冲,通过改变导通比,达到调节电压的目的,调节效果波形如图 3 所示。

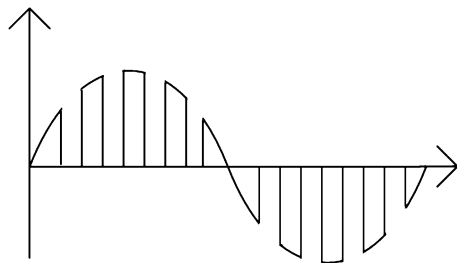


图 3 PWM 截取交流正弦波效果图

2 单相交流串励电动机调速系统实现

单相交流串励电动机调速系统框图如图 4 所示。

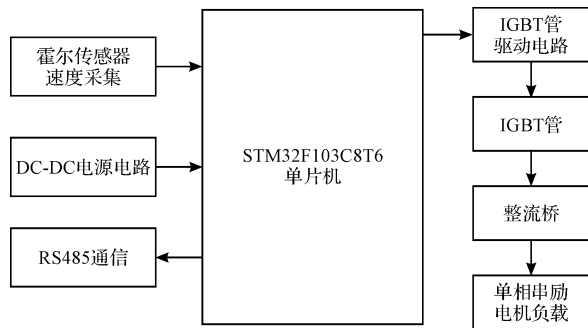


图 4 单相交流串励电动机调速系统框图

单相串励电机控制系统是一个基于增量 PID 的闭环控制系统,主要是通过调节单相串励电机两端的电压的方式来实现单相串励电机的速度控制。通过测量霍

ARM 芯片 STM32F103C8T6 首先进行初始化,包括串口、PWM、定时器模块等等,PID 运算通过对设定值与采集值的偏差进行比例积分和微分运算,得到一个反馈量给 PWM 输出占空比,从而控制 IGBT 管的通断;同时,MODBUS 显示功能主要完成 PC 上位机与单

相串励电机控制板之间的通信,以及采集所需要的信息在 MODBUS 主机上显示出来^[13]。

5 实验结果分析

实验结果如表 1 所示。

表 1 速度设定值与不同时间测定值的比较表

设定值/(r·min ⁻¹)	1 S 后速度/(r·min ⁻¹)	1 S 后误差/(%)	2 S 后速度/(r·min ⁻¹)	2 S 后误差/(%)	3 S 后速度/(r·min ⁻¹)	3 S 后误差/(%)
1 000	910	9.00	945	5.50	990	1.00
1 500	1 380	8.00	1 420	5.53	1 503	0.30
2 000	1 800	10.00	1 895	5.52	1 994	0.30
2 500	2 280	8.80	2 350	6.00	2 490	0.40
3 000	2 750	8.83	2 830	5.66	3 012	0.40
3 500	3 170	9.42	3 260	6.85	3 491	0.22
4 000	3 650	8.75	3 720	7.00	4 005	0.13
4500	4 080	9.33	4 250	5.55	4 400	2.22
5 000	4 590	8.20	4 700	6.00	4 980	0.40
5 500	4 980	9.45	5 225	5.00	5 400	1.82

本研究通过设定从 1 000 到 5 500 之间间隔 500 的 10 种不同的速度,经过 PID 运算之后。经过 1 S 后电机的速度误差控制在 8% 到 10%,经过 2 S 后电机的速度误差控制在 5% 到 7%,经过 3 S 后电机的速度误差一般低于 0.5%,极少数值较大但低于 2.5%。在系统超调之后,能够很快地响应,达到控制系统的要求。

6 结束语

本研究利用 STM32 灵活性高、功耗低、运算速度快等特点,设计控制电路,应用增量式 PID 控制算法,采用斩波式调压方法,即通过控制 IGBT 管的通断控制整流桥,实现对加在单相串励电机上的电压控制,配合对单相交流串励电机控制电路、保护电路和驱动电路的改进,实现了交流正弦电压周期的斩波式控制。该方法电路简单,并且只用 1 个 IGBT 管实现了一个正弦波周期内全部导通的要求,用该方法设计实现的单相串励电机调速系统响应速度快、稳定性好。

测试结果表明,笔者设计实现的单相串励电机调速系统经过 3S 后电机的速度调节系统误差一般低于 0.5%,最大误差为 2.5%,此时设定的转速达到了 4 500 r/min。该系统只用 1 个 IGBT 管解决了传统的利用多个 IGBT 管通断时容易出现多个 IGBT 管同时导通的问题,适用于单相交流串励电机的无级调速,具有一定的工程实用价值。

参考文献(References):

[1]刘汉忠,邵群涛.单相串励电动机闭环调速控制器的设计与实现[J].微特电机,2006,34(12):21-23.

[2]周玉霞.可控硅直流电机调速系统的特性分析[J].科技风,2015(12):68.

[3]唐开毅.中高压大功率 IGBT 驱动保护电路及应用研究[D].长沙:湖南大学机械与运载工程学院,2014.

[4]汪国梁.单相串激电机[M].陕西:陕西科学技术出版社,1980.

[5]史敬灼,果 宁,刘宝廷,等.单相交流串励电机无传感器转速测量方法[J].微特电机,2002,30(6):17-19.

[6]葛文庆,赖 华,靳振宇,等.基于单片机的电机调压调速电控系统设计[J].工业仪表与自动化装置,2013,43(2):62-66.

[7]李海瑞,颜钢锋.开关磁阻电机混合模糊 PI 控制研究[J].机电工程,2015,32(3):373-378.

[8]姜 伟,孙 军,裘信国.基于模糊 PI 控制的 PMSM 驱动控制系统[J].轻工机械,2015,33(5):69-72.

[9]兰 羽,张顺星.基于霍尔传感器的转速系统设计[J].电子测量技术,2013,36(12):84-86,91.

[10]鄢 涛,杜小丹,刘永红,等.基于 RS485 的数据通信协议的设计与实现[J].电子设计工程,2013,21(17):19-22.

[11]闫虎民.基于模糊自整定 PID 的直流电机调速系统研究[D].天津:天津大学电气与自动化工程学院,2013.

[12]张红娟,李 维.基于 PIC 单片机的直流电机 PWM 调速系统[J].机电工程,2005,22(2):10-12.

[13]周 阳,周美娇,殷 弋.直流电机调速系统设计与 PID 参数整定[J].电子科技,2016,29(5):153-157.

[编辑:张 豪]

本文引用格式: