

便携式汽油发电机电子调速器设计

徐凯,何卫彬,陈毅光

(中国船舶重工集团公司第七一五研究所,浙江 杭州 310012)

摘要: 为提高便携式汽油发电机的调速性能,采用数字信号控制器 dsPIC 开发了一种电子调速器。该调速器能根据负载大小和汽油机实际转速对油门位置进行调节,通过 PID 算法实现对汽油机转速的闭环控制。介绍了系统的总体方案,并对硬件、软件设计作了具体论述。试验结果表明,该调速器的控制效果达到设计要求。

关键词: 电子调速器;便携式汽油发电机;PID 控制;数字信号控制器

中图分类号: TK243.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)09-0068-03

Design of electronic speed regulator for portable gasoline generator

Xu Kai, He Weibin, Chen Yiguang

(No.715 Research Institute of China Shipbuilding Industry Corporation, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to improve the speed adjustment performance of portable gasoline generator, the electronic speed regulator based on digital signal controller was developed. It could adjust the gasoline throttle position according to the load and the actual speed. The speed control of gasoline generator was realized by the algorithm of PID. The overall design of the system was described, and the hardware and software were discussed in detail. Experiment results showed that the electronic speed regulator can meet the requirements.

Key words: electronic speed regulator; portable gasoline generator; PID control; digital signal controller

便携式汽油发电机是近几年发展较快的发电机产品,为适应其小型化和节能的要求,采用数字控制技术成为目前的发展方向。但由于汽油机的转速高、转动惯量小,启动、突加或突减负载时的扰动大,以及化油器静态特性的非线性和动态特性中的过渡性能差等多方面的原因,使得汽油机的电子调速的研究难度较大,采用较多的仍是机械式调速^[1]。

电子调速器体积小,控制精确,更重要的是能随着汽油机负载的变化而调节汽油机的转速,以达到明显节能和提高系统性能的作用,这是传统机械式调速器无法做到的^[2-3]。本文设计的电子调速器可根据汽油机负载变化实时控制油门位置,具有较高的油门控制精度,使得汽油机转速可控,节省了燃料消耗,提高了汽油机发电的经济性。

1 总体方案设计

本文设计的电子调速器组成如图 1 所示。控制器采用汽油发电机整流后的直流电压、电流信号,根据发动

机工作特性曲线计算出当前的期望转速,与实测转速比较,通过 PID 算法计算出油门的目标位置,通过步进电机对油门位置进行调整,构成汽油机转速的闭环控制系统。

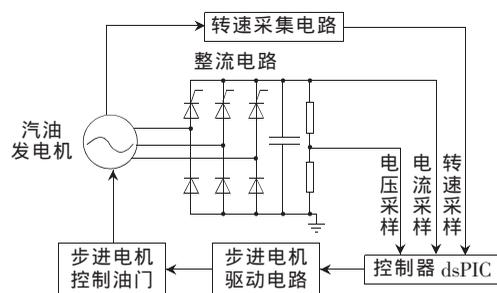


图 1 电子调速器系统框图

2 硬件设计

2.1 主控制处理器

电子调速器采用 Microchip 公司的 dsPIC30F2010 高性能 16 位单片机作为控制器,它的特点是将控制和数

字信号处理高速运算相结合。主控微处理器电路如图 2 所示,分配 I/O 口 RE0~RE5 作为电机驱动芯片的输入, RB0 采集电流信号, RB1 采集温度信号, RB2 采集电压信号, RB4 采集转速信号。

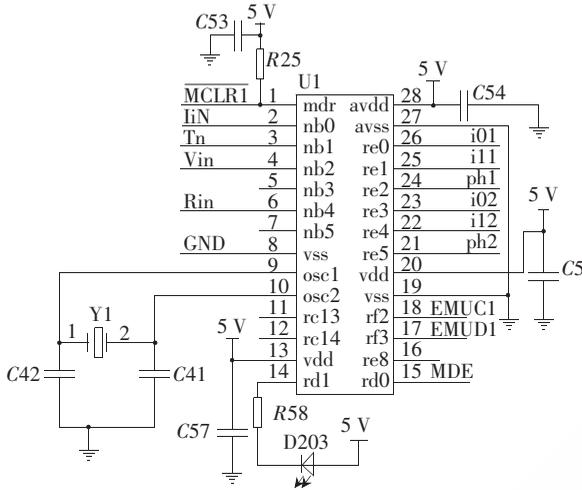


图 2 主控微处理器

2.2 转速采样电路

汽油发电机具有一组低压辅助绕组,其输出的交流电与发电机输出交流电同频率,通过检测绕组的交流电频率可以计算汽油机转速。发电机输出交流电频率 f 、汽油机转速 N_s 和电机极对数 p 之间具有如下关系:

$$f = p \times N_s / 60$$

本文所采用的汽油机极对数 p 为 7,可知交流电频率与汽油机转速存在线性关系。将低压辅助绕组输出的交流电经过如图 3 所示的频率信号采样电路后,输出给控制器进行频率采样。通过控制器的捕捉中断模块检测频率信号的上升沿,计算两次上升沿之间的时间间隔来计算频率。频率信号采样电路中采用了滞回比较电路,提高了电路的抗干扰能力。

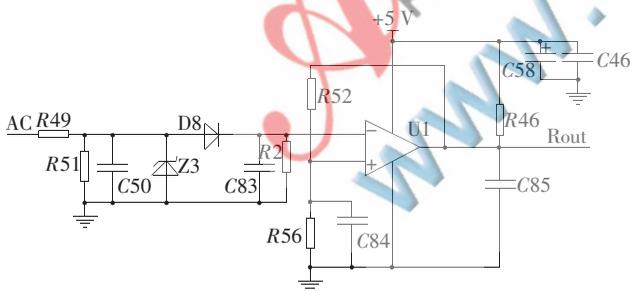


图 3 频率信号采样电路

2.3 电压电流采样电路

电压电流采样如图 4 所示。电流采样采用了 LEM 公司的 HTS10-P 电流传感器,其额定输入有效值电流为 10 A,测量电流范围为 15 A,灵敏度为 100 mV/A,输出信号有 2.5 V 偏置。实际测量的电流范围在 0~8 A,通过差分电路将传感器输出信号幅度缩至 1/2 并减去 2.5 V 直流偏置,最后通过全波整流后送入给控制器 A/D 进

行采样。电压采样也采用了差分电路,直流电压在 360~370 V,将直流信号幅度缩至 2/360 送入控制器 A/D 进行采样。

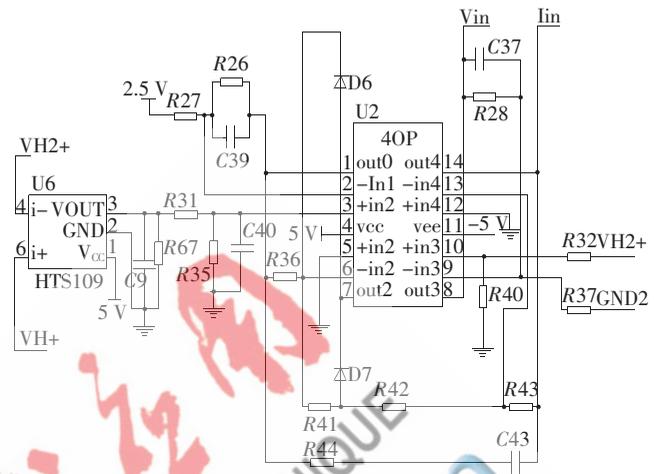


图 4 电压电流采样电路

2.4 油门控制电路

汽油机在负载变化时,转速变化很大,为了使其具有良好的动态响应和稳态响应,需要执行机构有较快的响应速度和控制精度。本文选用步进电机对油门进行控制,具有控制精度较高、调节频率和响应速度快的特点。

步进电机的驱动电路由两部分组成,一部分是功率放大部分,它提供步进电机所需要的功率;另一部分是数字逻辑部分,它决定步进电机各项绕组的通电顺序。功率放大部分采用了 MTS2916A 电机驱动器,如图 5 所示。数字逻辑部分由控制器对应 I/O 口按图 6 的时序输出电平,可实现半步距控制步进电机。

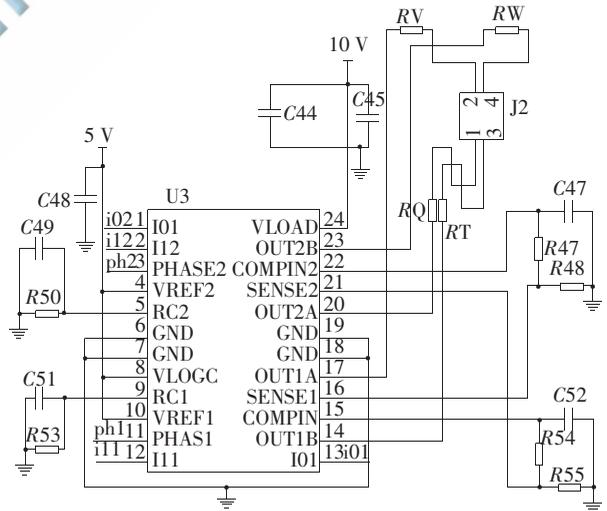


图 5 电机驱动电路

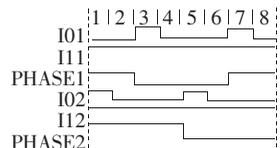


图 6 半步控制模式时序

3 软件设计

电子调速器的控制器软件流程如图 7 所示。为了保证采样频率的准确性,采用了中值滤波的方法,每次采样为 10 个频率值,舍弃最大的两个值和最小的两个值,其余 6 个值取平均值作为当前频率值。电流采样时,需根据电子调速器直流输出所接的逆变器工作频率进行调整,当逆变器输出为 50 Hz 时,采样周期应为 20 ms 的整数倍,以采样完整周期,本文的电流采样周期为 20 ms,在一个周期内通过定时中断采样 100 次并计算有效值。电压采样为直流值,故只需平均值滤波即可。

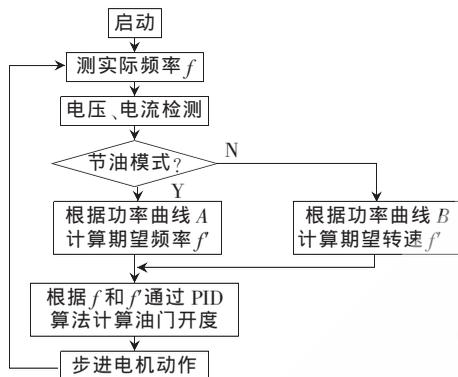


图 7 控制软件流程图

油门控制设计为两种模式^[4]:节油模式和全速模式,通过控制器 I/O 口 RD0 可以设置,当外接为高电平时为节油模式,外接为低电平时为全速模式。两种模式的功率与转速对应特性曲线由发电机厂家提供。节油模式时,调速器根据负载大小来实时调节油门,负载重时加大油门,负载轻时减小油门,达到节油的目的。全速模式时,在较低负载时,油门固定在一定位置,可以提高汽油机在较低负载时的带载能力和响应速度,当负载逐步加大到指定功率以上时,油门才开始动作。

油门控制采用增量式 PID 控制算法,该算法只需保存前三个时刻的偏差值,占用控制器存储空间小,计算误差或精度不足时对系统影响小,累计误差也比较小^[5]。

增量型 PID 控制的公式为:

$$\Delta u(k) = K_p \{ e(k) - e(k-1) + \frac{T}{T_i} e(k) + \frac{T_D}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \} \quad (1)$$

针对本控制系统为汽油机油门,难以准确得到数学模型,故采用简易工程整定法。具体实施时采用扩充临界比例度法,这种方法只需整定一个参数即可,也称其为归一参数整定法。

令 $T=0.1T_k$, $T_i=0.5T_k$, $T_D=0.125T_k$, 则

$$\Delta u(k) = K_p [2.45e(k) - 3.5e(k-1) + 1.25e(k-2)] \quad (2)$$

这样问题简化为整定参数 K_p , 改变 K_p 并观察控制效果。在本系统中,通过多次试验比较控制效果,采用分

段 PID 控制,当频率误差在 50 Hz 以内时, K_p 取 0.35; 当误差在 50 Hz 以上时, K_p 取 0.7, 使系统能稳定工作且负载突变时能具有较快的响应。

4 试验结果

试验时采用的汽油发电机额定功率为 3 kW, 电子调速器控制油门后测得的转速曲线如图 8 所示, 曲线 A 为节油模式工作曲线, 曲线 B 为全速模式工作曲线。节能模式时, 电子调速器控制汽油机转速随功率变化而变化, 使得低负载时, 油耗少、转速低, 噪音减小。全速模式时, 电子调速器控制汽油机在负载为 1.8 kW 以下时工作在固定转速, 当负载大于 1.8 kW, 电子调速器根据负载变化逐步增加汽油机转速。

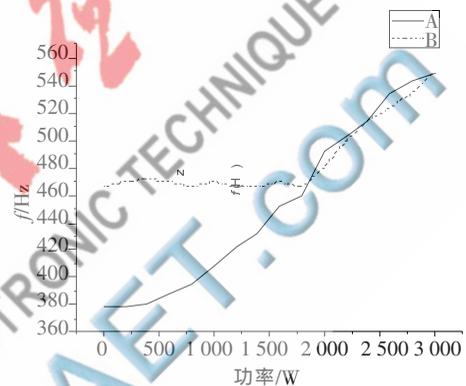


图 8 发电机输出功率-频率曲线图

电子调速器在发电机负载切换时,能迅速调整油门位置,保证发电机转速可控,较好地满足了系统的设计要求。

参考文献

- [1] 杨长圣. 小功率汽油发电机组数字电子调速器的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [2] 田雅宾, 郑胜国, 裴锋. 汽油发电机组电子调速器研究[J]. 移动电源与车辆, 2006(2): 1-4.
- [3] 郭军华, 张敏, 罗挺, 等. 小型汽油机调速系统建模与仿真研究[J]. 计算机仿真, 2004(5): 74-77.
- [4] 胡书举, 李建林, 裴云庆, 等. 便携式发电机用整流器的控制策略及实现[J]. 电气传动, 2008, 38(1): 35-38.
- [5] 于海生. 微型计算机控制技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

(收稿日期: 2012-12-15)

作者简介:

徐凯, 男, 1982 年生, 工学硕士, 工程师, 主要研究方向: 电力电子自动控制。