

质子交换膜燃料电池控制器的设计

宋英睿, 詹跃东

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051)

摘要: 介绍了基于嵌入式 PIC16F876A-I/SP 芯片的质子交换膜燃料电池控制器的软硬件的设计, 该控制器很好地改善了燃料电池的输出性能。实验结果表明, 设计的质子交换膜燃料电池控制器不仅具有保护反应堆和蓄电池等功能, 并可以在多变的环境下保持燃料电池的高度可靠性和稳定性。其性能基本达到预期指标。

关键词: 燃料电池; 主控芯片; 控制器

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)21-0100-03

Design of proton exchange membrane fuel cell controller

SONG Ying Rui, ZHAN Yue Dong

(School of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

Abstract: This paper mainly introduces the hardware and software design of proton exchange membrane fuel cell controller based on embedded PIC16F876A-I/SP chip. This controller is very good to improve fuel cell output performance. Experimental results show that the design of proton exchange membrane fuel cell controller has protection reactor and battery etc. function, and can be changeable environment fuel-cell high reliability and stability. Its performance reaches the target of anticipation.

Key words: fuel-cell; primary control chip; control apparatus

质子交换膜燃料电池系统是一种功率调节设备, 已广泛应用于电脑、医疗/生命维持系统、电信、工业控制等领域。它的主要功能是持续以高质量的功率供给负载。一个高性能燃料电池系统应该有一个线性和非线性负载的较低总谐波失真、效率高、可靠性好、突发电网故障和负载改变时的快速瞬态响应的净输出电压^[1]。伴随着个人电脑和互联网的普及, 低容量燃料电池产品将在工业领域和国内市场进一步增长。由于国际市场的高度竞争, 许多先进的技术, 例如更高的功率密度、更高的效率、智能化控制被应用在质子交换膜燃料电池系统中。

1 质子交换膜燃料电池的工作原理

质子交换膜燃料电池由一个负充电电极(阳极)、一个正充电电极(阴极)和一个电解质膜组成^[2]。氢气在阳极氧化, 氧气在阴极还原。质子通过电解质膜从阳极传送到阴极, 电子经外部电路负载传送。在阴极上, 氧气与质子和电子发生反应, 产生水和热。原理图如图 1 所示, 电极上的各化学反应如下:

阳极: $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

阴极: $1/2\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

总反应: $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

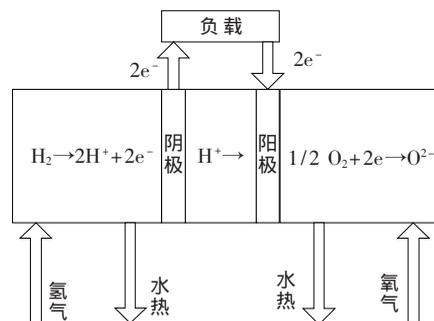


图 1 质子交换膜燃料电池

2 燃料电池控制器的硬件设计

硬件的设计首先必须满足系统的要求才能实现有效的控制。由于燃料电池控制系统的组成比较复杂, 采用单一的控制单元实现所有的功能存在连线复杂、控制单元负载率过高等缺点。因而可以根据实现功能和安装

位置的不同进行功能模块划分,实现分布式控制。燃料电池控制器主要由以下几个部分组成^[4]:燃料电池系统的主控制单元、燃料电池堆的电压检测单元、监控模块单元和显示模块。燃料电池控制器结构框图如图2所示。

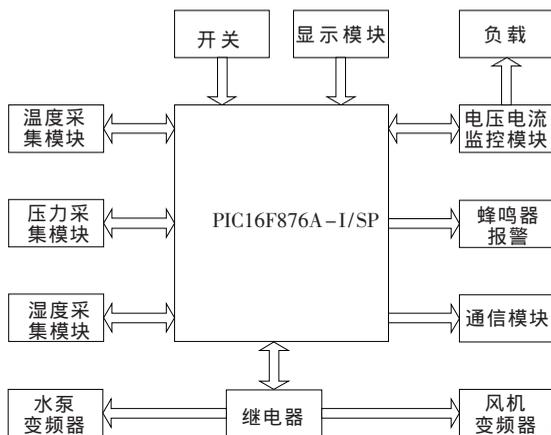


图2 燃料电池控制器结构框图

主控制单元作为控制系统的核心,其主要功能是:接收其他功能模块的数据,对发电系统的工作状态做出判断,根据当前发电系统的工作参数控制其工作在最佳状态。

2.1 主控芯片

本次燃料电池控制系统采取PIC16F876A-I/SP作为主控芯片^[5],该芯片采用的是哈佛结构,其工作频率可达20MHz,片内具有8KB快速Flash程序存储器、368B数据存储器、256BEEPROM数据存储器。其内部包含2个模拟比较器,3个计时器,5输入通道的10位模数转换器。指令系统只有35个指令,通过外扩DAC芯片可以输出模拟电压或电流,进而实现对鼓风机和水泵的转速控制。

2.2 A/D采集模块

在燃料电池发电系统中,温度、压力、电压、电流等被检测的对象都是连续变化的量,通过温度传感器、压力传感器、电压传感器、电流传感器将它们转换为连续变化的电压或电流。模数转换器ADC的作用就是将这些模拟电压或电流转换成计算机能识别的数字量。

2.3 保护与抗干扰

电路故障检测由主控芯片和比较电路来完成。监测到故障后,由主控芯片发出信息给蜂鸣器报警,同时切断DC-DC模块开关,保护系统电路。电路中强电、弱电信号并存,为提高系统的抗干扰能力,在DC-DC模块、电磁阀与单片机之间进行光电隔离,以确保电路的稳定性。

3 燃料电池控制器的软件设计

3.1 主程序

主程序的功能是完成系统初始化(包括各工作寄存器清零、开中断等)、工作状态判断以及合理调用各个子程序来实现系统的有效控制^[6]。主程序流程图如图3所示。

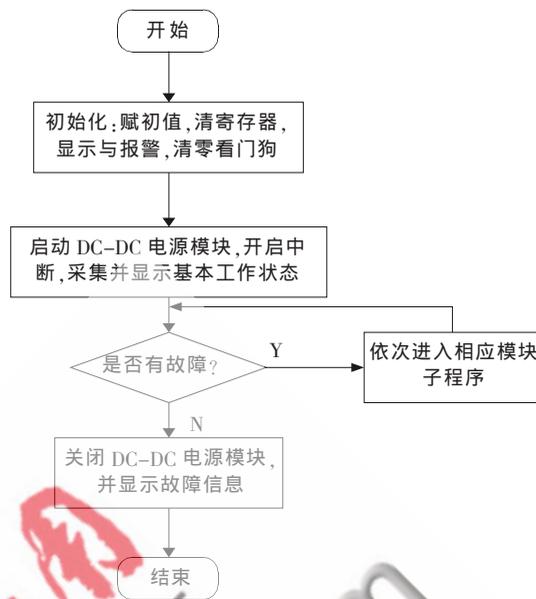


图3 主程序流程图

3.2 模块子程序

燃料电池控制器程序采用结构化模块程序设计的方法,各模块分别编程,使整个程序清晰明了,方便程序设计与代码的编译调试。燃料电池控制器模块的软件设计按照功能主要划分为初始化、A/D采样、控制方案、通信实施四部分。初始化是燃料电池控制器初始运行的一部分,负责初始化各种参数。A/D采样是对各模拟量进行采集并转换成数字量,例如读入燃料电池温度、氢气入口压力值、DC/DC出口电压及电流值,供主控芯片处理,并将这些值传给显示子程序及相应子程序,进行显示和报警等。所以在程序的编写上就比较复杂,不过按要求配置好各个A/D模块的控制器,经过触发就可以从相应的结果寄存器中读出A/D的值。控制方案包括了三部分内容:电池工作状态的确定、相对应的工作流程(扫描、启动、工作、关机)、安全信号的检测。通信模块可以实现对风机与水泵的控制。温控程序流程图如图4所示。

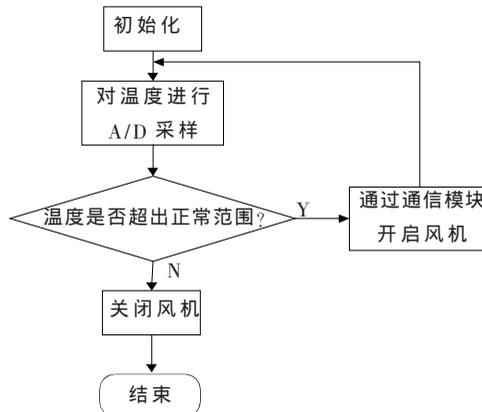


图4 温控程序流程图

4 燃料电池控制器实验结果

实验装置由质子交换膜燃料电池、铅酸蓄电池和数据采集系统组成。燃料电池和蓄电池为负载供电,数据采集系统用来记录必要的信息。所有物理参数,如质子交换膜燃料电池堆和蓄电池的电流与电压、反应物的气体流量、流场的压降、空气和氢气相对湿度和温度通过数据采集系统被记录。

随负载的增加,质子交换膜燃料电池堆温度将上升。由于温度控制器的调整,电池堆的温度将保持在 $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$,如图5和6所示。一般来说,更高的操作温度是令人满意的,因为其减少质量运输限制和增加电化学反应率,但同时,由于水蒸气的增加,更高的温度可能导致增加质量运输损失。因此,实验中电池堆的温度被控制在 $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$,以保持水分平衡,减少了内部阻力或欧姆损失的影响。

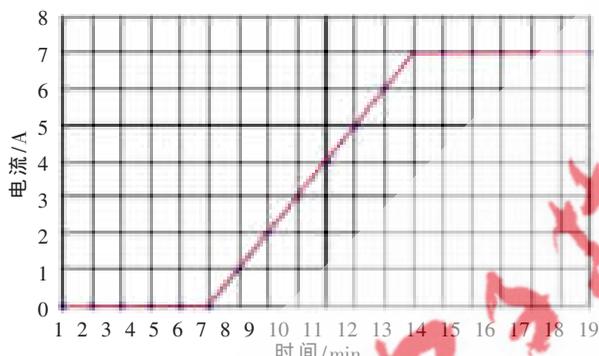


图5 当UPS伴随负载变化运行时的电流图

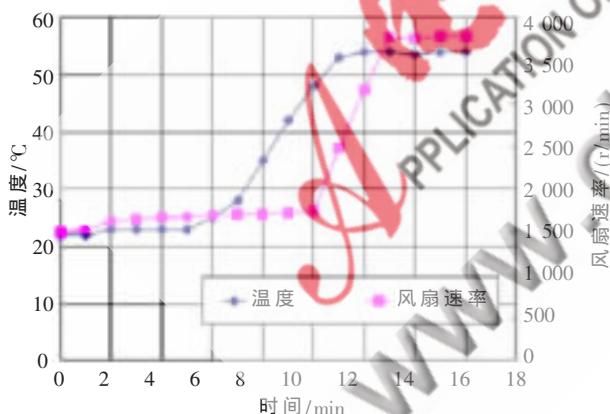


图6 当UPS伴随负载变化运行时电池堆温度和风扇速率

实验结果表明,当外部的负载突然改变时,氢气不能被快速提供给质子交换膜燃料电池堆。当UPS负载突然变化,例如,从60 W到210 W,质子交换膜燃料电池堆的输出电压迅速下降并使UPS关闭,因此,这个结果会使氢气和空气匮乏并可能毁掉质子交换膜燃料电池堆。为了能够为外部负载供应足够的功率并且保护质子交换膜燃料电池堆,混合UPS系统采用铅酸蓄电池,以防止质子交换膜燃料电池的过度使用和为外部负载提供稳定的电源。如图7所示,在正常情况下质子交换膜

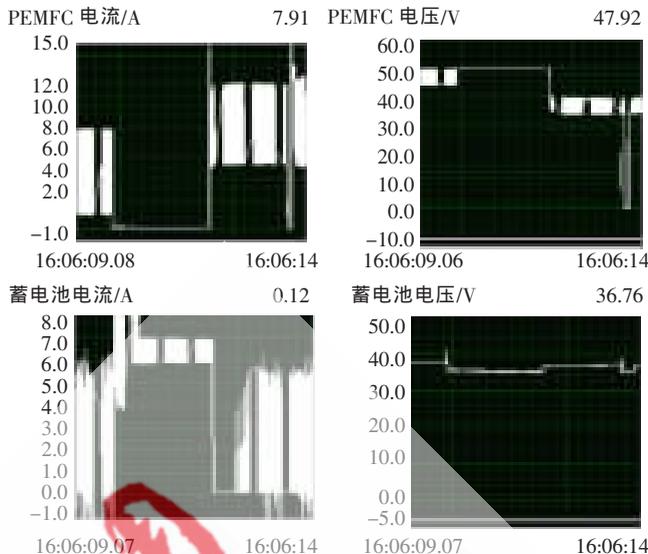


图7 当系统负载急剧变化(超过2.5倍)时从质子交换膜燃料电池到蓄电池供电

燃料电池堆可长时间供应UPS电源,当UPS负载急剧变化或氢气被净化,燃料电池控制器可以在质子交换膜燃料电池和蓄电池之间切换。

实验的结果已经证明了所设计的控制器监控方案与传统的质子交换膜燃料电池系统相比可以更好地工作。智能综合控制的主要优势是它可以解决燃料与空气的匮乏、膜严重浸水或干燥等问题对于一个质子交换膜燃料电池性能影响。它完成了对不同负载功率的适应性控制,提高了稳定性、功率效率和可靠性。

参考文献

- [1] 衣宝廉. 燃料电池——原理·技术·应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 182-311.
- [2] WANG X D, DUAN Y Y, YAN W M. Numerical study of cell performance and local transport phenomena in PEM fuel cells with various flow channel area ratios [J]. Journal of power sources, 2007, 172(1): 265-277.
- [3] 毛宗强. 燃料电池 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 140-142.
- [4] 林维明. 燃料电池系统 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 47-56.
- [5] 陈小文, 闫志强, 译. PIC 嵌入式系统开发 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008: 138-171.
- [6] 王继月. 燃料电池控制系统研究与实现 [D]. 上海: 同济大学, 2005: 11-31.

(收稿日期: 2010-06-02)

作者简介:

宋英睿,男,1984年生,硕士研究生,主要研究方向:燃料电池技术。