

基于 DSP 的锅炉给水变频控制系统应用

朱志甫¹, 白天蕊¹, 何永波², 李 林¹

(1. 西南交通大学, 四川成都 610000; 2. 成都理工大学, 四川成都 610000)

摘要:在分析传统的锅炉给水控制系统存在的问题基础上, 设计开发基于 DSP 的锅炉给水变频控制系统。该系统是以 TMS320LF2407 数字信号处理芯片为主微控制器, 给出了具体的原理方框图和软件流程图, 对系统的几个关键部位进行了详细介绍, 软件采用 C 语言与汇编语言混合编写。现场使用结果表明, 较好地实现了锅炉给水变频控制功能。

关键词:变频控制; 给水泵电机; 逆变器

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1002-1841(2007)07-0064-02

Application of System of Variable-frequency Control of Feed Water Boiler Based on DSP

ZHU Zhi-fu¹, BAI Tian-rui¹, HE Yong-bo², LI Lin¹

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610000, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610000, China)

Abstract: On the basis of analyzing the problem of system of feed water boiler, designs and develops the system of variable-frequency control of feed water boiler based on DSP, and shows the detailed principle map and the software flow chart. The software is written by C language and assemble language. The system is a controller mainly relying on the digital signal process chip TMS320LF2407. Several important parts of the system were introduced. The results show that the system can realize the system of variable-frequency control of feed water boiler.

Key words: variable-frequency control; feed water pump; frequency converter

1 基本原理

锅炉给水变频控制系统的方框图如图 1 所示。

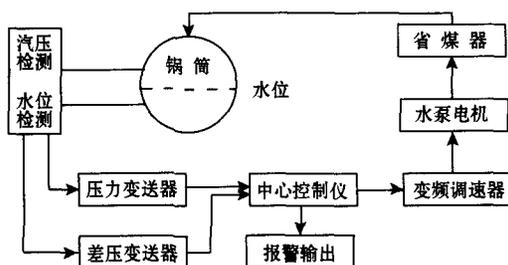


图 1 锅炉控制系统方框图

中心控制仪首先根据压力变送器和差压变送器检测锅筒的汽压和水位, 而后发出指令给变频调速器。变频调速器启动给水三相交流泵电机向省煤器供水, 水在省煤器里经过热交换达到一定温度后, 再送往炉筒进行第二次加热, 产生蒸汽。当水位较低时, 中心控制仪将使泵电机处于工频工作状态, 全负荷工作; 随着时间的增加, 水位的升高, 给水泵电机则将慢慢地降低其运行速度, 直至停止; 当水位较高时, 则相反, 使泵电机的转动速度变慢, 达到变频变速控制目的。由于某种原因检测到炉筒内压力和水位过高或过低时, 中心控制仪会输出报警信号, 停止向变频调速器输出信号, 泵电机停止给水, 等待操作人员排除故障。

2 锅炉给水变频控制系统的实现

采用锅炉给水变频控制系统对泵电机实行变频控制, 则能

够很好的实现对锅炉复杂对象的控制, 增加热辐射时间和泵电机的负荷控制, 还能提高效率、节煤节电, 从而降低成本。能实现锅炉蒸汽压力与水位一一对应且连续可调的上水系统功能(锅炉运行规程中要求低汽压中水位, 高汽压中高水位), 具备自动控制、手动控制、水位显示、压力显示、高低水位报警及输出、高低压报警及输出等多种功能, 且操作简单方便, 避免了人为因素造成的不安全事故发生。中心控制仪和变频调速器是设计的核心, 主要通过 TMS 以及外加电路来实现, 系统包括硬件和软件设计两大部分。

2.1 系统硬件电路

硬件电路由数字信号处理芯片 TMS 以及相应接口电路组成, 包括泵电机 PWM 波形产生及换相检测电路、逆变功率 MOSFET 驱动电路、水位/压力采集 A/D 电路、显示电路、报警电路和水位压力设定键盘输入等。系统硬件电路原理图如图 2 所示。

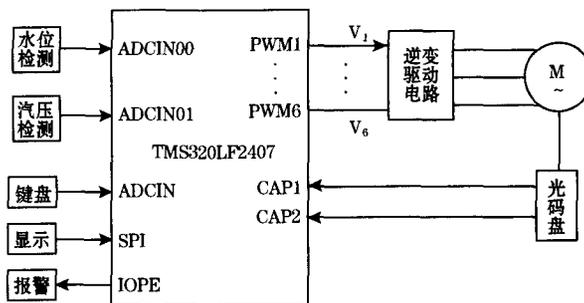


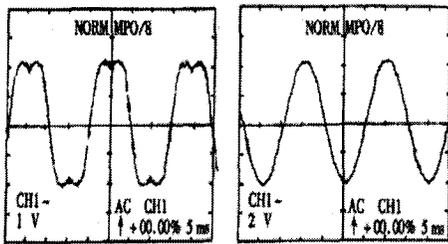
图 2 基于 TMS320LF2407 的锅炉给水变频控制原理框图

数字信号处理芯片主要完成换相时刻捕获、PWM 转速调节

输出、水压汽压检测信号处理等功能。

2.1.1 泵电机 PWM 输出及换相检测电路

泵电机采用原有的三相交流异步泵电机,不必对电机进行改装,只需外加电路来实现驱动。采用原电机,必须对其进行 PWM 波形发生及换相检测。系统的三相交流泵电机 PWM 输出采用文献[1]提出的空间电压矢量 PWM 算法,利用软件来实现 PWM 波形发生,如图 3 所示。泵电机的换相检测是通过位置传感器(光码盘)加软件来实现换相检测,当位置传感器输出两路相位差 90°的脉冲时,通过由 TMS 的捕捉单元 C_{AP1} 和 C_{AP2} 构成的双向计数器脉冲计数来完成换相检测。



(a)相电压波形 (b)线电压波形

图 3 三相调制时滤波后的电压波形($f_1 = 10 \text{ kHz}, f_0 = 50 \text{ Hz}$)

系统要不断采集当前水位、汽压,由于 TMS 内含有 16 通道 10 位 A/D 转换器,最快转换时间为 375 ns,所以,不必外加 A/D 转换电路,只需要将压力变送器和差压变送器采集的模拟数据送至 TMS 的 ADCIN,转化为数字信号进行运算处理即可,采集数据与比较寄存器内的设定值进行比较,处理后的数据送往 PWM 波形发生器。

2.1.4 水位/汽压显示和键盘输入电路

要设定的系统运行参数如水位、汽压等,通过系统的 8 个输入轻触按键来实现。显示电路由 1 个液晶模块、三色发光二极管及相应的驱动电路组成。显示内容有泵电机的运行情况、当前电压和电流、当前炉筒的水位和气压及当前时间等。正常情况下,三色二极管发出常亮的绿光;当三色二极管发出闪烁的红色光,示意有故障存在;三色二极管发出黄色光预示电路系统有问题,需要重新启动系统或复位。

2.1.5 报警电路

锅炉工作的水压和汽压都很高,属于危险设备,存在的危险性大。当有紧急情况发生时,必须报警提示,切断电源,断开主电路的控制。在 TMS 的外围电路接有故障报警和水位气压报警电路,用于呼叫操作人员。报警电路由驱动放大电路和喇叭组成,发出的声音通过软件编程来完成。

2.2 系统软件电路

锅炉给水变频控制系统软件是用 C 语言和汇编语言混合编写而成,在 CC2000 集成开发环境上编译。系统软件由主程序、状态检测程序、采集水位汽压 A/D 转换程序、空间电压矢量 PWM 波形产生程序、光码盘位置检测程序、键盘扫描程序、显示程序和报警程序等组成,完成锅炉给水变频控制。图 5 为锅炉给水变频控制系统的主程序流程图。

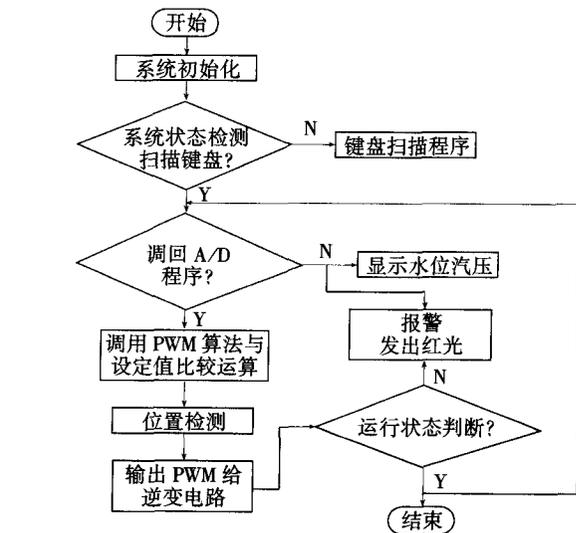


图 5 主程序软件流程图

3 试验结果

以四川成都全兴股份有限公司 3 台燃煤锅炉进行测试,每台锅炉每天产汽量为 10 t/h 时,消耗的能量及锅炉进水水温实测数据见表 1。

(下转第 67 页)

2.1.2 泵电机逆变功率 MOSFET 驱动电路

由分立电子元件构成的交-直-交方式的三相逆变电路,如图 4 所示。380 V 的三相交流电经过全波整流后变成脉动的直流电压,滤波电容用来平滑这一直流电压,滤除高频干扰信号,使其脉动减小,给 6 个功率 MOSFET 管构成的三相逆变开关电路提供工作电压,将直流信号变为频率可调的矩形波交流信号,给泵电机提供工作电压。MOSFET 中二极管起续流的作用,电阻起限流保护作用。

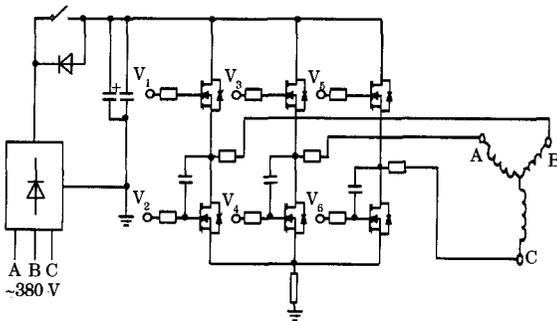


图 4 交-直-交方式的三相逆变电路

该电路采用二二导通制,每次使 6 个管中的 2 个同时导通,导通状态有 6 种,每个管导通 120°,每隔 60°更改导通状态 1 次。

通过采集锅炉中水位汽数据、检测泵电机位置信号,TMS 输出 PWM 波形,实现对应功率器件 MOSFET 导通与关断。当 TMS 输出的 PWM 波形信号加在 V₁ 和 V₂ 时,V₁ 和 V₂ 导通,电流流向为:直流电→V₁→A 相绕组→B 相绕组→V₂→地。转子转过 60°后,PWM 信号使 V₂、V₃ 导通,V₁、V₂ 截至,电流流向为:直流电→V₁→A 相绕组→B 相绕组→V₂→地。依次类推,使电动机按照一定的频率转动。

2.1.3 水位/汽压采集 A/D 电路

2.2 自学习模糊控制的基本算法

自学习模糊控制算法的基本结构见图 2。

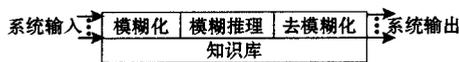


图 2 模糊控制器的组成

系统输入采用电机电流 I 和电压与电流的功率角 Φ 及管路压力 p , 通过检测电流大小及 Φ 角判定抽油机工作状态(上升、下降、轻载等), 通过检测 Φ 角判定电机是电动状态还是发电状态, 通过检测压力 p 判定是否满载运行。

模糊化将输入的精确量根据模糊规则转换成模糊化量, 模糊化的具体过程如下: 首先对这些输入量进行处理以变成模糊控制器要求的输入量; 将上述已经处理过的输入量进行尺度变换, 使其变换到各自的论域范围; 将已经变换到论域范围的输入量进行模糊处理, 使原先精确的输入量变成模糊量, 并用相应的模糊集合来表示。

知识库由数据库和模糊控制规则库两部分组成。数据库主要包括各语言变量的隶属度函数, 尺度变换因子以及模糊空间的分级数等。模糊控制规则是由一系列“IF-THEN”型的模糊条件句所构成。条件句的前件为输入和状态, 后件为控制变量。在自学习模糊控制中, 知识库可根据运行过程进行更新。

模糊推理是模糊控制器的核心, 该推理过程是基于模糊逻辑中的蕴含关系及推理规则来进行的。

由模糊推理得出的模糊输出必须转换为非模糊值输出, 这一过程称为去模糊化。去模糊化后输出控制 IGBT 功率模块, 进行系统调节。

系统输出为 IGBT 的控制角 α 。

在系统控制中, 对于系统的电流控制、 $\cos \Phi$ 控制采取的是

模糊函数规律即模糊 PID。具有自学习模糊 PID 控制算法的电流系统的结构见图 3。

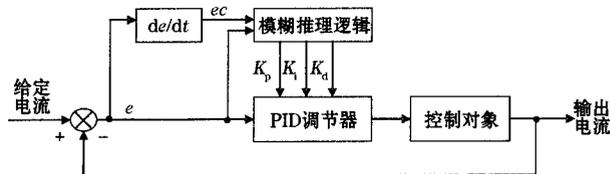


图 3 自学习模糊控制器结构

该控制器主要用于系统启动过程中, 实现恒流软启动, 在运行过程中与压力检测相配合可减少抽油机的冲程次数。到拉发电控制器结构与此类似。

3 结束语

由于采用多结构、多输入自学习的模糊控制, 较好地解决了游梁抽油机的到拉发电和冲程次数控制, 实现恒流软启动。现场试验表明: 抽油量可增加 10% 以上, 该方法对传统游梁抽油机的控制系统改造有很大应用价值。

参考文献:

- [1] 蔡庆玲. 基于专家控制器技术的抽油机系统. 电脑开发与应用, 2003, 16(3): 19-20; 25.
- [2] 梁肇基. 游梁式抽油机的创新设计与 1.5 自由度机型. 石油矿场机械, 1997, 26(2): 25-29.
- [3] 除宣宁. 模糊控制在抽油机节电方面的研究: [学位论文]. 西安: 西安石油学院, 2001: 22-23.
- [4] 应浩. 关于模糊控制理论与应用的若干问题. 自动化学报, 2001, 27(4): 591-592.
- [5] 龚元明. 抽油机智能控制系统的设计与实现. 石油机械, 2001, 29(1): 25-26.

作者简介: 陈颖峰(1972—), 讲师, 主要研究方向为电力电子技术应用。

(上接第 63 页)

有屏蔽层, 不能除去电容耦合, 为防止电容耦合, 可用铝制金属箔对绞合线进行屏蔽, 一端接地即可。在一般条件下使用绞合线加屏蔽是一种简单而效果又非常好的方法。

3.5 屏蔽线的使用

屏蔽线有同轴型和双绞线型, 图 10、图 11 是使用这两种屏蔽线的电路。两种电路都在负载端接地, 形不成环路, 因此都是较佳电路。图 10 电路的屏蔽是对信号电流没有提供反馈回路, 当高频时, 屏蔽层与地之间存有电容, 这样就能形成环路, 噪声电流流经屏蔽层就会在信号传输线上产生噪声电压, 这就变成了不平衡方式。而图 11 电路的双绞线型屏蔽线是平衡方式, 屏蔽层还能起到静电屏蔽的作用。从这个意义上说, 电路屏蔽线使用双绞线型的效果最好, 如图 11 所示。

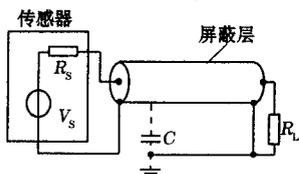


图 10 同轴型屏蔽线的使用

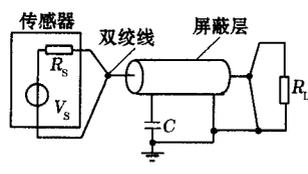


图 11 双绞线型屏蔽线的使用

参考文献:

- [1] 何希才. 传感器及其应用电路. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [2] 王家桢, 王俊杰. 传感器与变送器. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 宋文绪, 杨帆. 自动检测技术. 北京: 高等教育出版社, 2004.

作者简介: 王岗岭(1962—), 副教授, 主要从事电子技术应用的研究和教学工作。

(上接第 65 页)

表 1 锅炉测试数据

应用情况	耗电量/ (kW·h)	燃煤量 /t	锅炉进水 水温/℃
使用前	220	28	45
使用后	150	26	65

4 结束语

该 DSP 控制的锅炉给水控制系统主要的优点是实现了变频调速的原理, 实现锅炉蒸汽压力与水位一一对应且连续可调的上水系统功能。经在四川成都全兴股份有限公司、四川乐山华润啤酒有限公司和四川沙湾明珠造纸厂等十几家企业的运行情况来看, 该系统使锅炉安全性和自动化程度大幅度提高; 供水连续且稳定, 提高了省煤器输出温度, 避免了省煤器及整个供水管水汽中冲击造成泄漏和损坏现象; 经济效益好, 仅半年就收回成本; 泵电机使用寿命大大延长, 降低了设备维修费用, 减轻了司炉工劳动强度。

参考文献:

- [1] 于宏全. 基于 TMS320X240 的交流变频调速装置的设计. 电气传动自动化, 1999(8): 7-11
- [2] 李林. GZB 型蒸汽锅炉变频自动给水系统. 中国专利, ZL 982 51754.8. 1998-09.
- [3] 郝永德. 基于 TMP80PH40 的变频控制系统. 仪器仪表与传感器, 2006(10): 57-39.
- [4] 陈林. 基于 DSP 的变频调速系统设计. 电工技术, 2002(3): 9-11.
- [5] CHALLIE. Elliott Brushless Dc Motor Control TI Application Notes Microchip Technology Inc. USA. chandler & tempe, 2004.
- [6] 刘永良. 基于定频 PWM 控制器. HV9931 的单级 PFC LED 灯电源设计. 电源技术应用, 2006(9): 28-32.

作者简介: 朱志甫(1960—), 硕士研究生, 研究方向为 PWM 控制技术。