

# 主冷凝器模糊控制系统设计

刘维亭, 张冰, 朱志宇

(江苏科技大学电子信息学院 江苏 镇江 212003)

**【摘要】**从主冷凝器的特性出发,对真空-凝水过冷度控制系统进行了深入地研究,详细阐述了系统的设计准则、设计模型及实现方法。该系统硬件采用了数字信号处理芯片,以保证系统的实时性,软件采用了模糊-神经网络算法以克服系统模型的不确定性。结果表明,所设计的系统工作稳定可靠,具有较强的鲁棒性。

**关键词** 模糊控制; 冷凝器; 过冷度; 神经网络; 数字信号处理  
中图分类号 TP273.4 文献标识码 A

## Fuzzy Control System Design of Host Condensator

LIU Wei-ting, ZHANG Bing, ZHU Zhi-yu

(School of Electronics and Information, Jiangsu University of Science and Technology Zhenjiang Jiangsu 212003)

**Abstract** Based on character of host condensator, degree of super-cooling of vacuum-condensed water is researched. System design rule, model and realization method are illustrated in detail. The system hardware is implemented by Digital Signal Processing (DSP) chip to ensure real-time performance of system, while software is formed by fuzzy-neural networks to overcome uncertainty of system model. Simulation results show that the designed system is stable and reliable with strong robustness.

**Key words** fuzzy control; condensator; degree of super-cooling; neural networks; digital signal processing

主冷凝器作为舰艇中的一个重要设备,其真空-凝水过冷度的控制均为手动,即通过遥控操作主循环泵和就地手动操作除氧乏气阀来实现。而手动控制方式的效果与艇员的经验和素质有很大关系,且增加了艇员的劳动强度;同时在操作过程中存在惯性、滞后、非线性、时变、工作环境和干扰的不确定性。因此,改善该控制系统对提高装置运行的安全可靠具有重要意义。

### 1 模糊控制系统的设计原理及方法

模糊控制技术具有控制器设计简便,适用于许多非线性系统。模糊控制器通过定义模糊变量,模糊集合及相应的隶属度函数,采用一组模糊条件句来描述输入输出之间的映射关系。

本文所设计的模糊控制器借助于德国Inform公司的FuzzyTECH软件包作为开发环境<sup>[1]</sup>,采用自适应神经元模糊推理系统(Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System, ANFIS)技术建立了一个模糊控制规则库<sup>[2]</sup>,并利用该软件系统提供的分析与优化工具对模糊控制规则和隶属函数进行离线优化以及模糊逻辑运算,大大降低了设计模糊控制器的工作量,提高了设计效率和质量。

#### 1.1 模糊控制系统的设计方法

模糊控制系统的设计包括两个方面的内容,即结构设计和参数调整。实质上,就是模糊控制规则的获取问题。文献[3]总结了4种获取规则的方法,文献[4]也提出了语言自组织控制器,即在基本的模糊控制器基础上构成闭环自调整控制,通过类似神经网络的学习过程不断调整控制规则库,以提高模糊控制的控制性能。在对实际控制系统进行调试的过程中,可随时根据控制器调节效果在线修改优化模糊控制器的设计,

包括改变输入量的量化因子、输出量的比例因子, 增减、修改模糊规则, 调整隶属函数等, 直至达到满意的控制效果。

控制系统对每个工况都设计了一个相应的模糊控制器, 即通过从主冷凝器真空-凝水过冷度控制平台中获得倒车阀后压力( $P_b$ )、轮室压力( $P_f$ )、循环泵转速( $n$ )、循环水入口温度( $T_{b1}$ )、循环水出口温度( $T_{b2}$ )、真空压力( $P_o$ )、凝水温度1( $T_1$ )、凝水温度2( $T_2$ )、乏气阀开度( $A$ )、冷凝器水位( $H$ )、鼓泡除氧前凝水过冷度( $t_1$ )、鼓泡除氧后凝水过冷度( $t_2$ )等12个信号数据。并先根据倒车阀后压力( $P_b$ )和轮室压力( $P_f$ )决定当前的工况, 然后再把所测到的真空压力( $P_o$ )、真空压力导数和鼓泡除氧前凝水过冷度( $t_1$ )通过相应的模糊控制器算出下一个时刻的循环泵转速; 然后再将此循环泵转速和测到的鼓泡除氧后凝水过冷度( $t_2$ )通过相应的模糊控制器算出下一个时刻的乏气阀开度。

### 1.2 模糊逻辑与神经网络的融合

模糊逻辑控制理论是一种智能控制方法, 即软计算方法。其指导原则是开拓对不精确性、不确定性和部分真实的容忍, 以达到可处理性、鲁棒性、低成本求解以及与现实更好地紧密联系。它不是一个单独的方法论, 而是一个方法的集合, 集合中的主要成员是模糊逻辑、神经计算、概率推理、遗传算法等。模糊控制器的基本原理就是采用神经网络和模糊控制的基本原理建立起来的一种神经-模糊系统。

### 1.3 模糊控制系统的功能

模糊控制系统是一个实时多任务系统, 它通过A/D转换器能连续监测蒸汽锅炉的各种运行参数, 并可以以3种方式显示(巡回显示、定点显示、抄表显示)。对于不同类型的冷凝器, 当环境发生变化时, 为使该系统能正常工作, 提供了一个参数校正功能; 同时还可与上位机进行通信, 通过网络将冷凝器的实时信息传给远端的管理上位机。

模糊控制系统的功能框图如图1所示。在模糊控制系统的设计中, 采用了一些样本数据对模糊控制器进行训练, 校正由于数学模型不精确所引起的误差, 这样不但有利于系统的稳定, 同时减少了超调量和震荡, 使控制器的输出迅速跟踪系统的变化, 从而达到实时控制真空-凝水过冷度的目的。

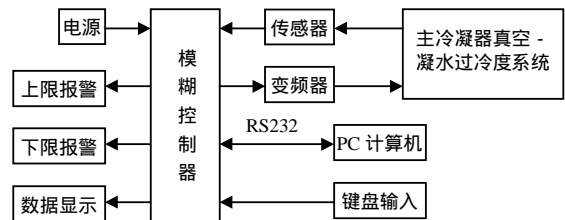


图1 模糊控制器的功能框图

## 2 控制系统软、硬件的设计与实现

### 2.1 控制系统的硬件设计

系统的硬件设计须根据要求和指标选择合适的器件和连接方式, 使系统具有较强的可扩展性和良好的性价比。为此, 模糊控制系统以TMS320C32为核心, 在接口线上配置了ActelA54SX08芯片、RAM、ROM、键盘接口、数码显示器、A/D采样转换器、D/A转换和V/I转换电路、I/V转换电路以及和上位机进行串行通信的接口电路。所有电路采用了模块插板方式, 便于维修、扩展。整机由I/V转换板、主机板、显示和键盘电路板、D/A和V/I转换板及电源组成, 如图2所示。

### 2.2 控制系统的软件设计

(1) 模糊量的划分设计: 模糊化是将输入、输出变量的精确量转化成适当论域上的语言变量值(模糊输入值), 即确定各输入、输出量的变化范围及其对应语言变量的论域元素。在本控制系统中, 根据偏差的正负及大小, 可得定义偏差的7种模糊量, 即正大(PB), 正中(PM), 正小(PS), 零(Z), 负小(NS), 负中(NM), 负大(NB)。根据相邻两次偏差的大小, 将偏差变化率定义为5种模糊量, 即正大(PB), 正小(PS), 零(Z), 负小

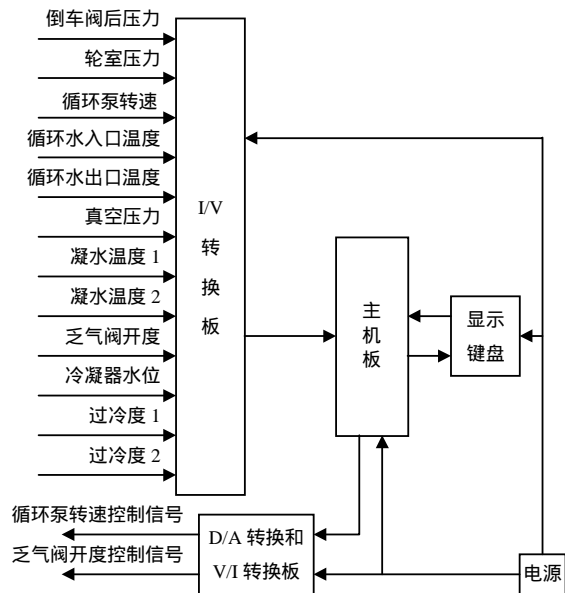


图2 模糊控制器的硬件结构

(NS), 负大(NB)。模糊量大于等于5小于9, 可保证系统有一定的精度, 使系统的算法不会过于简单。(2) 模糊量隶属函数的设计: 模糊量的隶属函数从理论上任何正规的凸函数都可以, 考虑到实际情况, 采用三角分布和梯形分布的隶属函数。(3) 模糊推理规则的设计: 模糊推理是指以知识库为基础, 通过一定的推理机制, 由模糊输入值得到模糊输出值的过程。控制器借助于Fuzzy TECH软件先粗略定义了35条控制规则, 然后利用实际控制系统的经验数据, 对这些规则进行了优化。(4) 反模糊化设计: 对于任何计算得到的误差和误差变化率, 都可求出控制量。将语言逻辑推理得出的模糊集, 转换为一个确切的控制量。反模糊化有很多方法, 本文采用加权平均法。

软件设计采用模块化设计方法, 整个模糊控制子程序如图3所示。

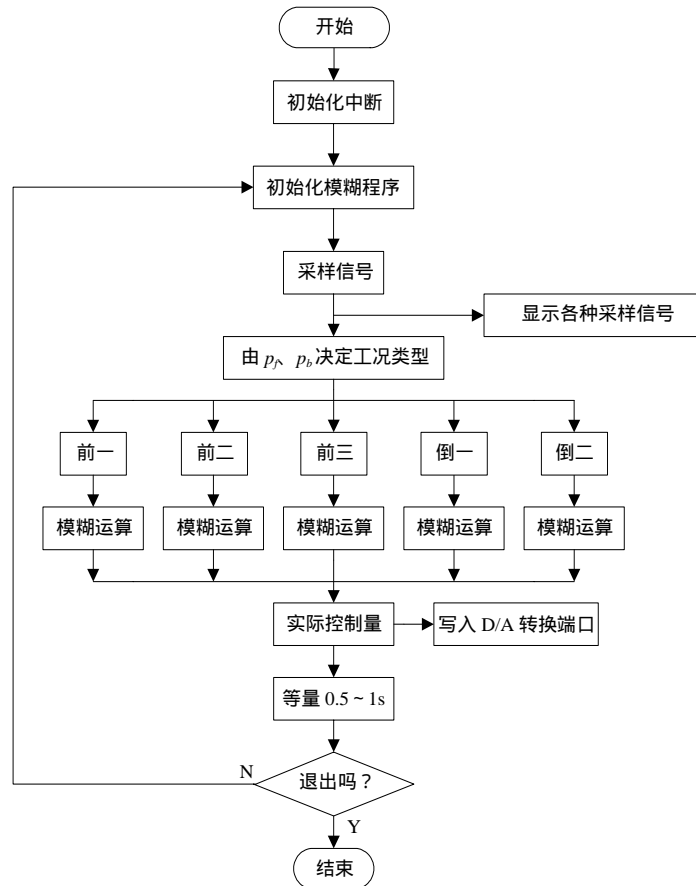


图3 模糊控制子程序流程图

### 3 结 论

本文所设计的主冷凝器真空-凝水过冷度模糊控制器, 经过系统仿真与硬件调试, 控制系统在各种工况下均能正确控制主循环泵的转速和除氧乏气阀的开度, 并将其控制在规定范围内。由此可见, 运用模糊神经网络算法的控制系统工作稳定可靠, 动态和静态性能都达到了较好的效果, 在抗参数摄动以及抗干扰等方面均表现出了良好的性能, 具有较强的鲁棒性。

### 参 考 文 献

- [1] Inform Software Corporation. Fuzzy TECH 5.4 user's manual[EB/OL]. www.fuzzytech.com, 2000-11-15
- [2] JANG J R. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system[J]. IEEE Trans on SMC, 1993, 23(3): 665-683
- [3] Sugeno M. An introductory survey of fuzzy control[J]. Information Science, 1985, 36: 59-83
- [4] Procyk T J, Mamdani E H. A linguistic self-organizing process controller[J]. Automatic, 1978, 15: 15-30

编 辑 漆 蓉