

模糊 PID 在锅炉汽包水位控制系统中的应用

孟亚男¹, 周雪阳¹, 姬庆宽², 孙 铭¹, 高思航¹

(1.吉林化工学院信息与控制工程学院, 吉林 吉林 132022;

2.长垣盾安节能热力有限公司, 河南 长垣 453400)

摘 要:针对锅炉汽包水位控制动态响应缓慢、滞后大等问题,提出了一种将模糊算法与常规比例积分微分控制相结合的控制策略,设计了一套三冲量模糊 PID 自适应控制系统,通过模糊控制更新 PID 各参数。此外,还利用 MATLAB 中 Simulink 模块搭建模型并进行仿真,利用更新得到的新参数对水位实现控制,达到优化的目的。

关键词:汽包水位 三冲量控制 模糊 PID

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:2095-0748(2022)12-0117-02

引言

汽包水位作为锅炉参数之一,在工业生产中有着重要影响。由于锅炉汽包水位控制动态响应缓慢、滞后大,以及运行状态下水位会随时间不断上下波动,带来了不确定因素,也给控制增加了难度。

主要有单冲量、双冲量和三冲量方法来控制汽包水位。目前工厂上采用的较多是三冲量控制方法,它不仅能克服“虚假液位”现象引起阀的误动作,还能及时解决给水流量对汽包的扰动问题^[1]。本文将模糊算法与 PID 控制相结合,设计模糊 PID 控制器,作用于锅炉汽包液位三冲量控制系统中,使该系统保持较高的控制精度、快速的响应速度与较强的稳定性,从而对锅炉汽包液位进行优化控制。

1 锅炉汽包水位三冲量控制系统设计

1.1 三冲量控制方案的提出

针对汽包压力骤降产生的“虚假液位”现象^[2],是锅炉控制过程需要特别注意的问题,也是锅炉控制方案选择时需要特殊考虑的问题。就单冲量、双冲量、三冲量来说,单冲量适合负荷变化不大的小型锅炉,双冲量成本较高,它作用于给水压力稳定条件下,但由于给水控制系统存在较严重的滞后情况。综上分析,本文选用了三冲量控制方法。

1.2 三冲量汽包水位控制系统

三冲量水位控制系统在结构上就是一个前馈-串级的复合控制系统^[3]。液位控制器 LC 与流量控制器 FC 构成串级控制系统。前馈的作用主要克服蒸汽负荷的变化,串级的副回路能对给水扰动进行及时的克服。

2 模糊 PID 控制器的设计

本文设计了一个“二输入三输出”的模糊控制器,

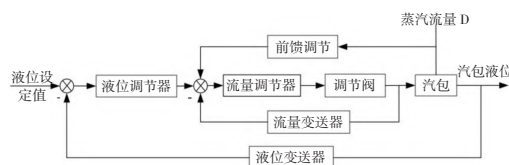


图 1 三冲量控制系统方框图

结合模糊优化与 PID 控制两种策略,二输入包括液位偏差 e 和液位偏差变化速率 e_c ,三输出包括整定后的 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d ,用模糊语言总结程一条条控制规则,在线整定后组成模糊 PID 优化控制系统,可以解决一些传统控制不容易解决的控制问题。

2.1 输入输出量的模糊化

模糊控制器无法对实际语言值进行处理,需要将其离散化。语言变量 e 、 e_c 、 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 离散化处理得到全新的模糊集合均为 {NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB}, 本文中 e 、 e_c 、 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d = {-6, -4, -2, 0, 2, -4, -6}, 三角形函数图形简单,反应灵敏,因此本文模糊变量的隶属度函数均采用三角形函数。

2.2 模糊规则表的建立

在锅炉汽包水位系统中,模糊规则表是根据 PID 参数变化来制定的,存在于控制器的内部,针对不同模糊变量的整定原则,制定的模糊规则如表 1~ 下页表 3 所示^[4]。

表 1 ΔK_p 的模糊规则

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	ZO	ZO
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZO	NS	NM	NM	NM	NB
PB	ZO	ZO	NM	NM	NM	NB	NB

收稿日期:2022-04-02

第一作者简介:周雪阳(1997—),女,安徽铜陵人,吉林化工学院 2020 级在读研究生,主要从事先进控制理论在实际工程中应用以及集散控制系统的开发应用方面的研究。

通讯作者:孟亚男(1969—),女,吉林吉林人,硕士,吉林化工学院教授,主要从事先进控制理论在实际工程中应用以及集散控制系统的开发应用方面的研究。

表 2 ΔK_i 的模糊规则

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	MM	NS	ZO	ZO
NM	NB	NB	NM	NS	NS	ZO	ZO
NS	NB	NM	NS	NS	ZO	PS	PS
ZO	NM	NM	NS	ZO	PS	PM	PM
PS	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	PB
PM	ZO	ZO	PS	PS	PM	PB	PB
PB	ZO	ZO	PS	PM	PM	PB	PB

表 3 ΔK_d 的模糊规则

E	EC						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PS	NS	NB	NB	NB	NM	PS
NM	PS	NS	NB	NM	NM	NS	ZO
NS	ZO	NS	NM	NM	NS	NS	ZO
ZO	ZO	NS	NS	NS	NS	NS	ZO
PS	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
PM	PB	PS	PS	PS	PS	PS	PB
PB	PB	PM	PM	PM	PS	PS	P

3 仿真与结果分析

为了对比控制效果,将本文的模糊 PID 三冲量控制方法与常规的前馈-串级 PID 控制进行了比较。利用 MATLAB 软件进行仿真,规定汽包水位设定值为 100 cm,在 $t=200$ s 时,加入蒸汽负荷干扰;在 $t=400$ s 时,加入给水流量干扰。仿真波形如图 2 所示。

由图 2 可知,未加扰动时,模糊 PID 的超调量为 8.0%,达到稳定的时间为 82.0 s,传统 PID 的超调量为 48.0%,达到稳定的时间为 82.1 s;加入扰动后,模糊 PID 达到稳定时间传统 PID 短,系统超调量也更小。因此与传统 PID 相比,模糊 PID 能过够在更短的时间内达到稳定,系统超调量也更小,能够保证系统

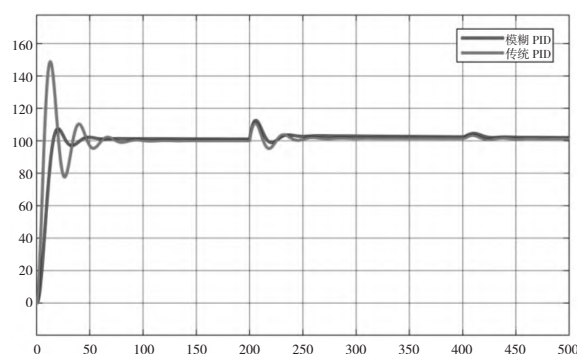


图 2 两种控制方式的仿真曲线

的稳定性,满足实际工况要求。

4 结论

针对锅炉汽包水位控制系统具有动态响应缓慢、时滞性、扰动大等问题,本文提出了模糊 PID 三冲量控制方法,用 Simulink 对该方法进行了仿真。结果表明,在超调量和调节时间指标上,模糊 PID 要优于传统 PID,模糊 PID 控制结合了模糊控制灵活性强和传统 PID 控制稳态精度高的特点,不仅适用于工业锅炉这类复杂的工业对象,也为提高汽包水位的控制效果提供了参考。

参考文献

- [1] 张能文.船用锅炉汽包水位三冲量给水系统仿真[J].中国水运(下半月),2021,21(7):31.
- [2] 陈娟.基于模糊 PID 控制的锅炉汽包水位系统研究[D].兰州:兰州交通大学,2019.
- [3] 韩玉敏,王希凤.基于模糊控制的锅炉汽包水位控制系统的研究[J].黑龙江工程学院学报,2016(6):20-23;54.
- [4] 卢春华,王丹丹,杜章永.三冲量锅炉汽包液位控制系统仿真研究[J].化工管理,2019(33):135-136.

(编辑:刘楠)

Application of Fuzzy PID in Boiler Ladle Water Level Control System

Meng Yanan¹, Zhou Xueyang¹, Ji Qingkuan², Sun Ming¹, Gao Sihang¹

(1. School of Information and Control Engineering, Jilin Institute of Chemical Technology, Jilin Jilin 132022;

2. Changyuan Dun'an Energy-saving Heat Power Co.,Ltd., Changyuan Henan 453400)

Abstract: For the problems of slow dynamic response and large hysteresis of boiler ladle water level control, a control strategy combining fuzzy algorithm and conventional proportional-integral differential control is proposed to design a three-impulse fuzzy PID adaptive control system, and update each parameter of PID by fuzzy control. In addition, a model is built and simulated using Simulink module in MATLAB, and the new parameters obtained from the update are used to achieve control of the water level for optimization purposes.

Key words: steam ladle water level; three-impulse control; fuzzy PID

欢迎投稿 欢迎订阅

联系电话:0351-7334249

电子邮箱:xdgyjjxxhx@163.com