



自适应模糊 PID 控制在地源热泵 空调压缩机系统的仿真

石建华, 杨 杰

(武汉职业技术学院 电子信息工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:为了解决地源热泵空调系统实际能效与设计能效相差较大的问题,结合地源热泵空调系统的特点,优化组合了模糊算法与 PID 算法。通过对地源热泵空调系统的压缩机进行自适应模糊 PID 仿真,并将仿真运行的结果与普通 PID 控制算法的结果进行了对比分析,证明该控制方法具有良好的控制性能及较强的鲁棒性。

关键词:地源热泵;空调压缩机;自适应模糊 PID

中图分类号: TU833.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2016) 03-0076-04

地源热泵中央空调系统是以地表浅层地热资源作为冷热源,利用热泵的工作,通过少量的高位电能输入,实现低位热能向高位热能转移的一种高效的节能环保型供暖、空调技术^[1]。目前,国内地源热泵中央空调系统的控制主要依靠引进国外的热泵控制技术,控制方式基本采用传统的 PID 算法。

传统的 PID 控制对被控对象模型的精确性很高的要求,因而常规 PID 控制有时在实际控制场合是

无法实现精确控制。特别是地源热泵中央空调系统,由于中央空调系统的非线性和时不变性等特点,如果采用 PID 控制,若干年后其运行效果和效率都会下降。而模糊控制对模型精确性的依赖性不高,不用精确的数学模型也会有很好的控制效果。因此将模糊控制与 PID 控制结合起来,组成自适应模糊 PID 控制器,对地源热泵的压缩机组进行仿真,以提高空调压缩机的控制效果和效率。

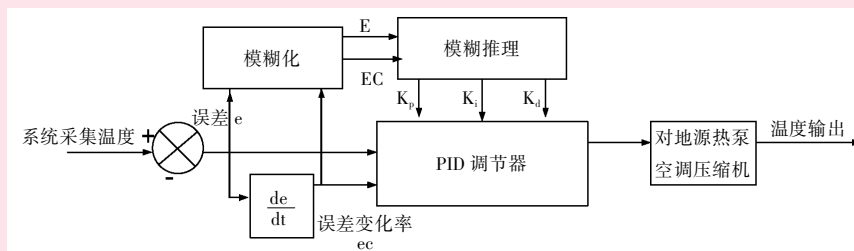


图 1 自适应模糊 PID 控制器的结构

收稿日期: 2016-04-27

基金项目: 2013 年湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目“地源热泵中央空调系统土壤换热器阵列节能运行策略的研究”(项目编号: B2014221)。

作者简介: 石建华(1971-), 男, 湖北鄂州人, 硕士, 武汉职业技术学院高级工程师、副教授, 研究方向: 工业自动化、过程控制; 杨杰(1976-), 男, 湖北潜江人, 硕士, 武汉职业技术学院高级工程师、副教授, 研究方向: 工业自动化。

一、自适应模糊 PID 算法

在传统的 PID 算法基础上,把实际中的操作、规则和条件用模糊集来表达,建立模糊控制知识库,再根据实际控制情况运用模糊推理,通过查询模糊矩阵对传统的 PID 控制参数进行调整,以满足不同时刻误差 e 和误差变化率 ec 对 PID 控制参数精确要求的一种控制方法^[2,3],就构成了自适应模糊 PID 算法。组合后的算法同时拥有模糊算法与 PID 算法各自的优点,而且具有更好的鲁棒性和自适应性。自适应模糊 PID 控制器的结构如图 1 所示。

自适应模糊 PID 算法应用模糊合成推理设计 PID 参数的模糊矩阵表,将查出的修正参数代入下式计算:

$$\begin{cases} K_p = K_p' + \Delta K_p(e, ec) \\ K_i = K_i' + \Delta K_i(e, ec) \\ K_d = K_d' + \Delta K_d(e, ec) \end{cases}$$

其中 K_p' 、 K_i' 、 K_d' 是传统 PID 控制的输出, ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 模糊推理的结果,是误差 e 和误差变化率 ec 的函数。 K_p 、 K_i 、 K_d 为自适应模糊 PID 控制输出。

根据控制实际,设误差 e 和误差变化率 ec 服从高斯正态分布。在模糊化过程中,将 E 与 EC 的论域分为 12 个等级,其论域范围为 $[-6 \ 6]$ 。

模糊推理的结果 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 也服从高斯正态分布。考虑到地源热泵中央空调系统的压缩机组的特性,取 ΔK_p 的论域范围为 $[-0.3 \ 0.3]$, ΔK_i 的论域范围为 $[-0.06 \ 0.06]$, ΔK_d 的论域范围为 $[-3 \ 3]$ 。

系统输出控制参数 K_p 、 K_i 、 K_d 的论域设定范围由实际系统的参数的调节范围确定。

为了得到 K_p 、 K_i 、 K_d 三个参数,必须建立模糊控制规则表,对建立的 Δk 模糊规则表进行统一,利用 MATLAB 建立模糊控制规则表,并把该模糊规则表封装到模糊规则库中。

二、地源热泵的压缩机模型的建立

典型的地源热泵中央空调机组系统由四个子系统组成:室外地能换热系统、水源热泵机组系统、室

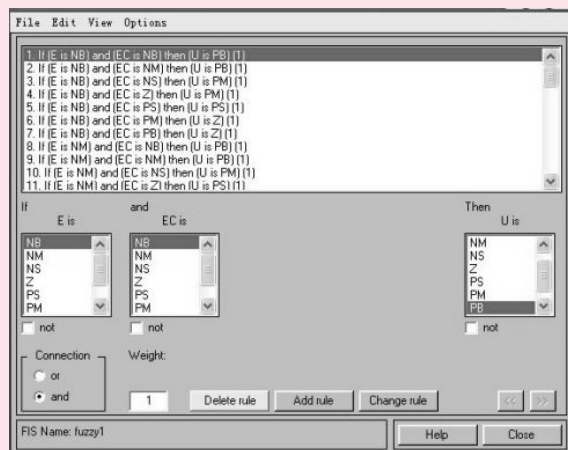


图 2 模糊控制器规则库

内采暖空调末端系统及水循环系统组成,四个子系统联合工作,完成将能量从低品位热源向高品位热源的传递^[4]。其中空调压缩机是热泵系统的核心,进行压缩和输送循环工质,将低品位热源输送到高品位热源处的作用。

由于地源热泵空调压缩机是一个非线性化的系统,常用的建模方法有分析法和图形法。分析法是利用热力学基础,对压缩机的额定功率、容积效率、能效比(COP)等进行简化而得到的数学模型。图形法是根据压缩机生产厂家提供的性能曲线进行回归的建模方法。本文采用分析法建立如下建模:

$$G(s) = \frac{\Delta T(s)}{\Delta n(s)} = \frac{P \times COP + Q}{c \times \rho \times q} \times \frac{1}{s + 0.0245} = \frac{0.07}{s + 0.0245}$$

其中 ΔT 为经过热泵传递后的水的温差; n 为压缩机工作的台数; P 为压缩机的额定功率; COP 为压缩机的能效比; Q 为从地下获取的热量; c 为水的热容; ρ 为水的密度; q 为水的流速^[5]。

三、系统仿真及分析

建立自适应模糊 PID 仿真系统如图 3 所示,引入提前建好的模糊控制器子模块、PID 控制子模块以及模糊 PID 控制子模块。

在设计好仿真框图后直接运行,可得模糊 PID

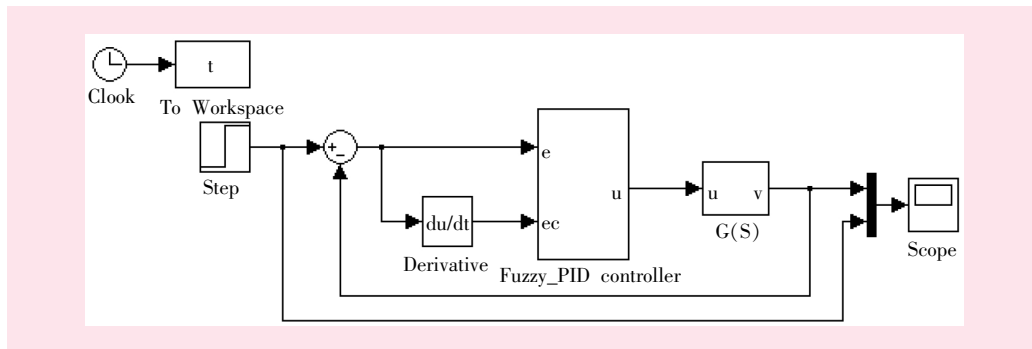


图 3 自适应模糊 PID 算法仿真模型

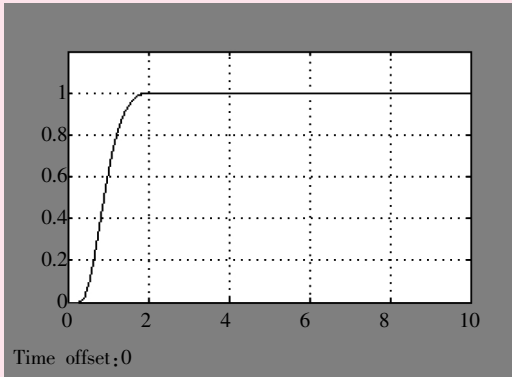


图 4 自适应模糊 PID 控制曲线

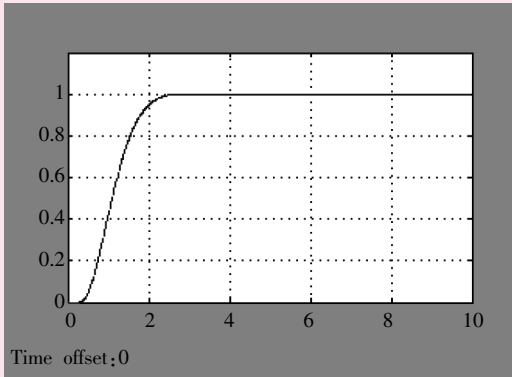


图 5 传统 PID 控制曲线

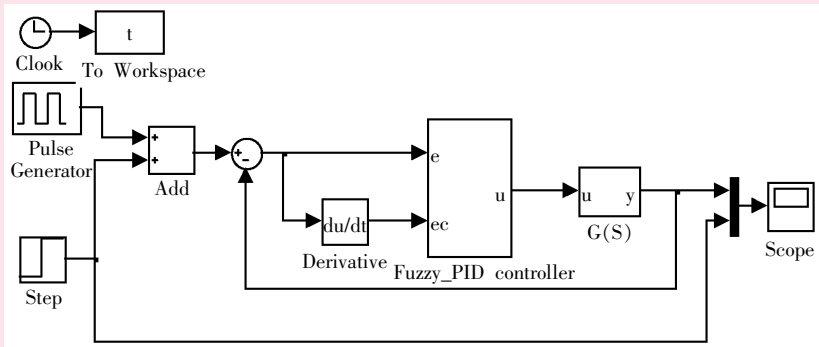


图 6 加扰动的自适应模糊 PID 控制系统仿真框图

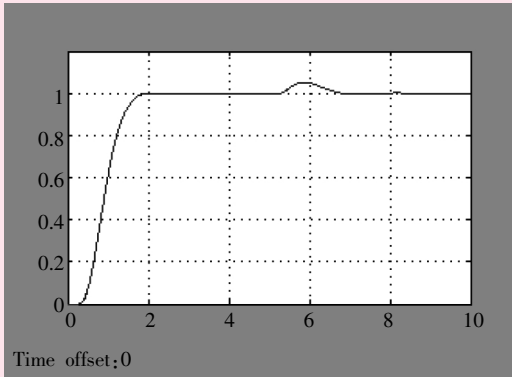


图 7 加入干扰后的自适应模糊 PID 控制曲线

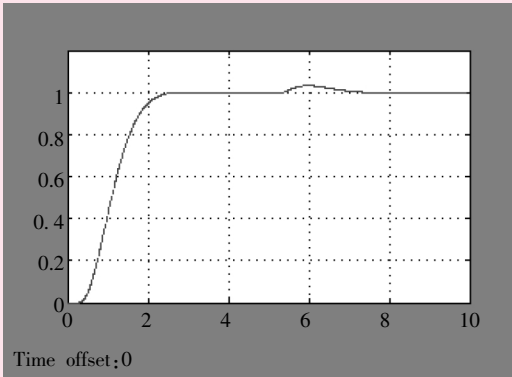


图 8 加入干扰后的传统 PID 控制曲线

控制曲线图和常规 PID 控制曲线图,如图 4 所示和图 5 所示。对比模糊 PID 控制曲线图和常规 PID 控制曲线图,易得模糊 PID 控制较常规的 PID 控制,具有较高的控制精度,超调量小,调节时间短,控制效果好等。

运行自适应模糊 PID 算法仿真模型,得自适应模糊 PID 控制曲线图,如图 4 所示。图 5 为常规 PID 控制仿真曲线图。对比自适应模糊 PID 控制曲线和常规 PID 控制曲线,可以看出,自适应模糊 PID 控制较常规的 PID 控制,具有较高的控制精度,超调量小,调节时间短,控制效果好等优点。

利用 MATLAB 中的 Pulse generator (脉冲发生器)作为干扰,在连续系统中产生脉冲,分别对自适应模糊 PID 控制系统和常规 PID 控制系统进行仿真,分别得到图 7 和图 8 所示的仿真曲线,通过对比可以看出,模糊 PID 控制系统较常规的 PID 控制系统,在加入干扰后,可以缩短调节时间,提高系统恢复稳定的能力。

综上所述,由仿真结果可知,模糊 PID 控制与常规的 PID 控制相比较,具有较高的控制精度,超调量小,调节时间短,抗扰性好,控制效果好等优点。由此可知,模糊 PID 控制克服了常规 PID 控制器的缺点,

将模糊控制与PID控制器结合起来,扬长避短,不仅保持了常规PID控制系统原理简单、使用方便、鲁棒性较强等优点,而且具有更大的灵活性、整定性、控制精度更好。

四、结论

通过对组合优化后的模糊PID算法仿真模块的建立,针对地源热泵中央空调系统压缩机子系统进行仿真,对仿真结果进行对比分析,验证了在地源热泵中央空调系统中优化组合模糊PID控制器比传统的PID控制器具有更好的适应性及鲁棒性^[6-7],从系统响应时间看优化组合模糊PID控制器也有较快捷的反应速度,较小的超调可以提高地源热泵中央空调的热转换效率。

参考文献:

[1] 张晓明, 吴建坤. 土壤源热泵系统的应用与经济性分析

[J]. 沈阳建筑大学学报, 2011, (1): 35-39.

[2] 陈国武, 林凡, 倪子伟. 工艺型中央空调节能控制系统的算法与系统结构研究 [J]. 工业控制计算机, 2006, (11): 54-57.

[3] 袁立新. 中央空调节能控制技术应用 [J]. 大众用电, 2006, (9): 19-22.

[4] 曹秋声. 新型中央空调节能控制系统研究 [J]. 节能, 2005, (6): 27-30.

[5] 周圣平. 地源热泵中央空调节能控制系统设计 [D]. 长沙: 湖南大学, 2012: 19-20.

[6] Chen Jinhua, Bao Xiubi, Peng Yunlin. Heat balance of solar soil source heat pump compound system [J]. JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2012, (3): 809-815.

[7] 钟钦华, 李永光, 冯志明. PLC在中央空调控制系统中的节能应用 [J]. 制冷, 2009, (2): 27-30.

[责任编辑: 刘 骋]

The Simulation of Adaptive Fuzzy PID on Ground-source Heat Pump's Compressor System

SHI Jian-Hua YANG Jie

(College of Electronic & Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan, 430074, China)

Abstract: Because of the significant difference between the actual and the designed energy efficiency of ground-source heat pump, we optimized the combination of the fuzzy algorithm and PID algorithm, based on the feature of ground-source heat pump air-conditioning system. A simulation of the self-adaptive fuzzy PID is done on the air-conditioning compressor of ground-source heat pump, and the simulation results are analyzed and compared with those using the ordinary algorithm. It is proved that the adaptive fuzzy PID control method has better performance and strong robustness.

Key words: Ground-source heat pump; air-conditioning compressor; adaptive fuzzy PID

(上接第 75 页)

The Design of Intelligent Monitoring on Water Quality and Management System of Water Conservation Based on Wireless Sensor Network

YANG Shao-chun¹, LI Yu-feng²

(1. College of Electronic & Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan, 430074, China;

2. Hangzhou Shanke Technology Company of Energy Development, Hangzhou, 310000, China)

Abstract: Based on the current situation of water resources in China, the design of intelligence monitoring on water quality and management system of water conservation is proposed, i.e. "4 Monitors + 1 Controller". It can collect the electronic signals of specific water information by sensor and transmit them to data controller for process, which will then be transmitted to the server at data center via wireless network. The relevant information is sent to users' mobile phones by GSM network in the form of text message so as to help them solve the problems in time at site. As tested, the system has achieved the design requirement in practical operation.

Key words: monitoring on water quality; sensor; wireless communication; controller; data center