

基于模糊PID控制的恒压供水系统与Matlab仿真

为了解决由于高水塔供水或直接水泵供水方式造成的供水质量低、能源浪费的问题,提出了一种基于模糊PID控制的恒压供水系统,并利用Matlab进行仿真。仿真结果表明,该系统具有快速的动态响应速度和良好的控制准确度。

丘汉标 胡建园 耿海洲 徐作粉/安徽理工大学电气与信息工程学院

0 引言

随着社会的发展,能源短缺越来越明显,然而人们对供水质量及其可靠性的要求却越来越高。因此,利用现代先进控制技术设计一种高效、可靠和节能的供水系统具有重要意义。

供水系统往往是一个一阶滞后的惯性系统,并且传统的变频器基本采用PID算法,该控制策略的控制准确度较低、超调量较大,往往造成了供水系统的不稳定,以及能源的浪费,难以通过传统的PID控制策略达到预定的控制效果。

模糊控制技术利用模糊推理来实现系统自动控制,它不需要设计者建立数学模型^[1]。近些年,众多学者利用模糊控制策略设计了多种控制方案,并获得了令人满意的结果。例如:丁成松利用模糊PID算法设计了恒压供水控制系统^[2];王鑫等人利用模糊PID算法设计了变频水泵恒压供水系统^[3];徐国强采用模糊控制技术设计了矿井综采面恒压供水系统^[4];赵永娟等人设计了一种模糊PID控制器并通过Matlab其进行仿真^[5]。

在系统地分析了供水控制系统的工作要求及其技术要求后,本文初步采取模糊-PID控制策略来构建基于PLC和变频器的恒压供水系统,并对传统PID控制

策略、模糊控制策略和模糊-PID控制策略进行系统仿真。对比试验仿真结果,模糊-PID控制效果最佳。

1 供水系统的特性分析

当管网水流量变化时,控制系统实时监测管道出水口的压力值,控制水泵的运行速度从而使水泵运行的扬程保持不变。扬程水压 H 与流量 Q 之间的关系曲线如图1所示。曲线 A 是管网的特性曲线,曲线 B 是水泵的特性曲线, Q 点是供水系统工况下水泵的工作点。由曲线 B 知,流量 Q 越大,扬程 H 越小;如果开口阈值跟水泵转速都不变,流量 Q 取决于用户的用水量。由曲线 A 知,在同样的开口阈值条件下,扬程 H 越大,流量 Q 越大;当开口阈值变化时,供水系统的供水能力保持在一个常数。

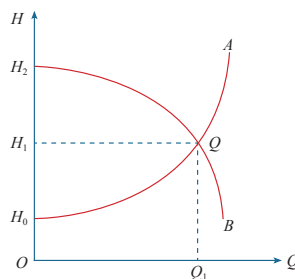


图1 供水系统水泵与管网的特性曲线

2 供水系统的组成及数学模型

2.1 供水系统的组成

供水系统主要由水泵组、起动控制系统、管网、控制器、变频器和压力传感器等组成,如图2所示。其中,通过软起动器控制工频泵的起停,从而减小对



丘汉标/硕士研究生

关键词/Keywords

模糊PID控制 ·
PLC ·
恒压供水 ·
Matlab仿真 ·

电动机的损害；附属泵容量是主水泵的2/5，主要是为了供夜间用水量较小的时候用，不仅节约了能源，而且对主水泵电动机起到了保护作用。

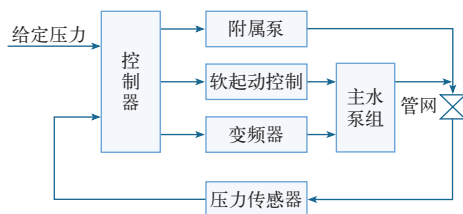


图2 供水系统的组成

系统控制原理如图3所示。

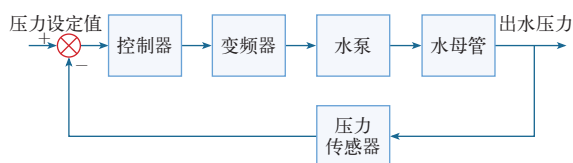


图3 系统控制原理图

2.2 供水系统的数学模型

由于供水系统的数学模型具有非线性、多变量、强耦合、延迟性和参数随时间变化等特点，因此很难找到一个准确的分析模型。根据工程实践，变频器的传递函数近似为一比例分量。由电机学知识可知，可以用非线性微分方程组来描述异步电动机的动态过程，所以其传递函数可近似为一阶惯性环节。由供水系统的特性知，水泵从起动到稳定的转换过程可分为压力增大的过程和压力不变的过程，压力增大过程可近似为一阶惯性环节，恒压过程可近似为纯滞后过程；而传感器的传递函数可近似为比例环节。所以，供水系统的数学模型近似为

$$G(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_m s + 1)} e^{-\tau s} \quad (1)$$

式中， K 为系统的总增益； T_1 为系统的惯性时间常数； T_m 为异步电动机的机电时间常数； τ 为延迟时间常数。

采用阶跃响应法对系统模型参数进行测试得， $K=19$ ， $T_1=11\text{ s}$ ， $T_m=0.4\text{ s}$ ， $\tau=6\text{ s}$ 。

3 供水系统仿真

3.1 模糊-PID建模

传统PID控制器的数学模型为

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

式中， $e(t)$ 为输入量； K_p 为比例环节增益； K_i 为积分环节增益； K_D 为微分环节增益。

由于传统PID控制准确度较差，系统稳定性较低；而模糊控制难以消除本身的系统稳态误差，所以本文采用模糊控制策略对PID控制器参数进行优化。以误差 e 和误差变化率 e_c 为模糊控制器的输入， ΔK_p 、 ΔK_i 和 ΔK_D 作为模糊控制器的输出，根据模糊控制理论对PID参数进行整定，模糊控制器结构如图4所示。

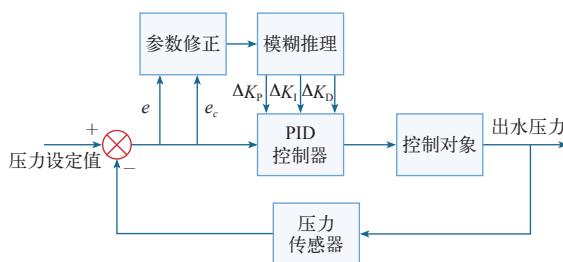


图4 模糊控制结构

K_p 、 K_i 和 K_D 经过修正之后：

$$K'_p = K_p + \Delta K_p \quad (3)$$

$$K'_i = K_i + \Delta K_i \quad (4)$$

$$K'_D = K_D + \Delta K_D \quad (5)$$

K'_p 、 K'_i 和 K'_D 作为PID控制器的输入。

因为对于不同的误差 e 和误差变化率 e_c ，对PID控制器的 K_p 、 K_i 和 K_D 参数都有不同的要求。以典型二阶系统单位阶跃响应的误差曲线为例，如图5所示。

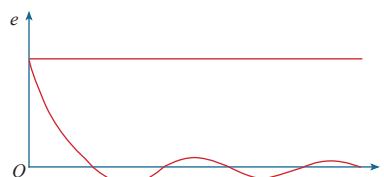


图5 二阶系统单位阶跃响应误差曲线

根据图5， K_p 、 K_i 和 K_D 的推理规则如下：

1) 当 $|e|$ 较大时, K_p 取较大值以提高响应速度; 同时为了防止 $|e_c|$ 过大及控制超调量, K_i 和 K_D 都取较小值。

2) 当 $|e|$ 较小时, 适当增大 K_p 、 K_i 的取值以减小系统的稳定误差; 同时 K_D 应取适当值以防止在系统平衡点出现振荡。

其核心思想是: 寻找每个PID参数跟误差 e 和误差变化率 e_c 之间的模糊关系, 通过对 e 和 e_c 实时检测, 然后根据模糊控制原理在线修正各个参数以达到在不同 e 和 e_c 下的控制要求, 进而使系统达到良好的动态、静态性能。

3.2 供水系统的Matlab仿真

系统近似模型为

$$G(s) = \frac{19}{(12s+1)(0.4s+1)} e^{-6s} \quad (6)$$

选择的控制策略及对应的参数分别为: 选择PID控制, $K_p=9$, $K_i=0.8$, $K_D=13$; 选择模糊控制 $K_e=$

11, $K_{ec}=4$, $K_u=0.005$; 选择模糊-PID控制 $K_p=9$, $K_i=0.8$, $K_D=13$, $K_e=11$, $K_{ec}=4$, $K_u=0.005$ 。

利用Matlab中的Simulink和Fuzzy工具箱建立系统的传统PID控制、模糊控制和模糊-PID控制的仿真模型, 如图6所示。

运用阶跃响应对供水系统进行性能测试, 结果如图7所示。

4 结果分析

如图7所示, PID控制调节时间最长79 s, 模糊-PID用时最短仅仅45 s, 模糊控制居中55 s, 可以看出模糊-PID控制的响应速度比传统PID控制的响应速度快, 更加满足系统的要求; 并且, PID控制超调量最大75%, 而模糊控制和模糊-PID控制超调量基本为零, 可以看出传统PID控制抗干扰能力较差。从图7可以看出, 系统的模糊控制和模糊-PID控制方式都没有出现振荡现象, 动态静态

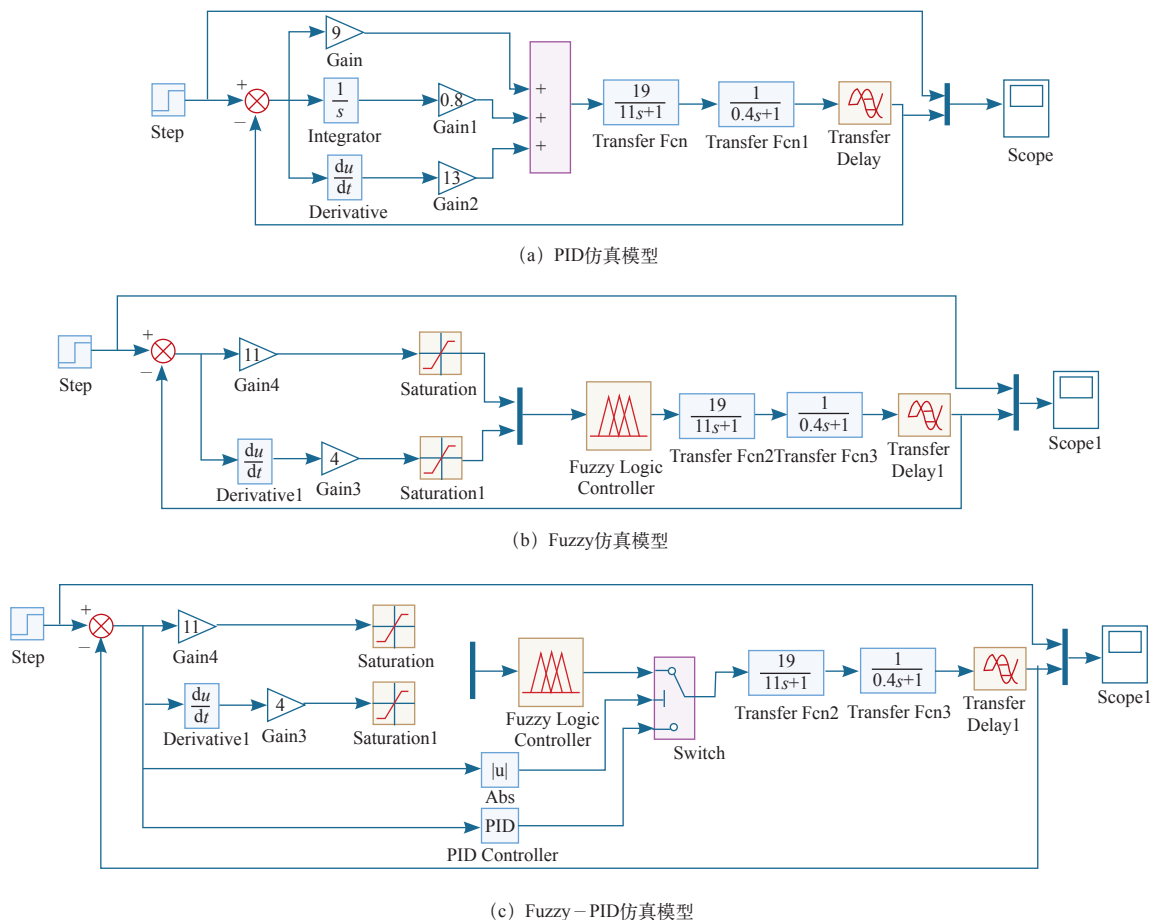


图6 控制仿真模型

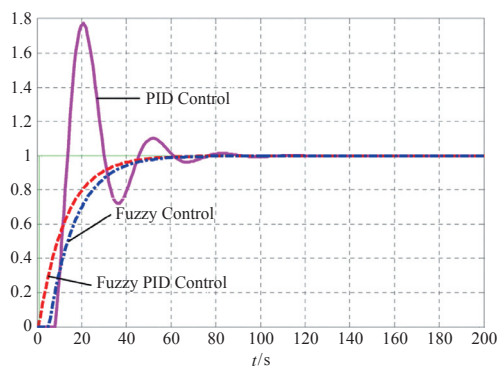


图7 三种控制策略下的系统性能曲线

性能都比较稳定。

5 结束语

从仿真结果知,模糊-PID控制具有超调量小、调节时间短、稳态准确度高和抗干扰能力强等特点,控制效果明显优于传统PID控制方式。因此,模糊-PID控制方式更适合恒压供水系统。

(上接第56页)

6 结束语

为满足南方电网对未来计量平台的业务需求,本文针对传统计量平台存在的问题,提出了基于Hadoop的分布式云计算方法,设计了基于Hadoop的智能计量平台,并对平台的功能进行了实现。第三方测试数据表明,平台能够对大多数功能在规定的时间内进行快速响应,但对于居民用电数据的分析应用,还需从调度算法、资源动态分配方面进行深入研究。

参考文献

- [1] 宋亚奇,周国亮,朱永利.智能电网大数据处理技术现状与挑战[J].电网技术,2013,37(4):927-935.
- [2] 赵腾,张焰,张东霞.智能配电网大数据应用技术与前景分析[J].电网技术,2014,38(12):3305-3312.
- [3] 刘正伟,文中领,张海涛.云计算和云数据管理技术[J].计算机研究与发展,2012,49(增刊1):

参考文献

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets [J]. Information and Control, 1965 (8): 338-353.
- [2] 丁成松.基于模糊PID的恒压供水系统设计[D].济南:山东大学,2010.
- [3] 王鑫,黄险峰,林彬.基于模糊PID的变频水泵恒压供水系统仿真[J].五邑大学学报:自然科学版,2013,27(1):59-63.
- [4] 徐国强.模糊变频控制在煤矿井下恒压供水系统中的应用研究[J].科技情报开发与经济,2008,18(34):97-99.
- [5] 赵永娟,孙华东.基于Mathlab的模糊PID控制器的设计与仿真[J].微计算机信息,2009,25(1):48-49.

(收稿日期:2015-07-14) **EA**

26-31.

- [4] 张素香,刘建明,赵丙镇,等.基于云计算的居民用电行为分析模型研究[J].电网技术,2013,37(6):1542-1546.
- [5] Geelan J. Twenty one experts define cloud computing, virtualization [J/OL]. [2012-03-02]. <http://virtualization.sys-con.com/node/612375>.
- [6] 刘萌,褚晓东,张文,等.负荷分布式控制的云计算平台构架设计[J].电网技术,2012,36(8):140-144.
- [7] 饶威,丁坚勇,路庆凯.智能电网云计算平台构建[J].华东电力,2011,39(9):1493-1496.
- [8] 沐连顺,崔立忠,安宁.电力系统云计算中心的研究与实践[J].电网技术,2011,35(6):171-175.
- [9] 董新华,李瑞轩,周湾湾,等.Hadoop系统性能优化与功能增强综述[J].计算机研究与发展,2013,50(增刊2):1-15.
- [10] 李玉林,董晶.基于Hadoop的Map Reduce模型的研究与改进[J].计算机工程与设计,2012,33(8):3110-3116.

(收稿日期:2016-04-20) **EA**