

基于仿人智能的供水系统控制策略

熊仁权¹, 乔正洪²

(1. 重庆渝荣水务有限公司, 重庆 402460; 2. 重庆三峡水利电力集团有限公司 信息中心, 重庆 404000)

摘要:结合工程实践,总结了供水系统控制中存在的问题,针对被控对象特性,分析了可供供水系统控制采用的策略和方法,用仿真方法作了对比实验,系统响应显示出基于仿人智能的控制策略是可行与可用的。仿真结果表明采用该策略可取得令人满意的控制品质。

关键词:供水泵系统;控制策略;仿人智能控制

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2012)01-0076-03

1 问题的提出

水与空气一样是人类存在的最基本条件,供水系统建设直接关系到国计民生与经济社会的发展。随着城市化进程的推进与高层智能建筑象春笋般地拔地而起,传统的供水方式已经很难满足人们生活与生产发展及消防供水的需要。一般生活用水供水压力在300~350 kPa,办公楼350~450 kPa,生产与消防供水各有其特殊要求,由于地理位置高低不同,分布各异等因素影响,这些都不是一般供水管网能解决的,因为管道承受的最大静压力不得大于600 kPa,因此传统的重力给水系统是有局限性的,对地理位置比较高或者某些特定用途的给水一般采用恒压力给水系统供水。其优势在于供水压力可以根据用途设定,便于满足不同用户需要,因为是在恒压力下给水,无论用水量大小都可以满足用户用水要求,这实际上是一个控制工程问题。本文针对恒压给水系统对被控对象特性,控制策略选取,控制算法及变频调速节能应用等作些讨论。

2 供水系统特性

供水系统是一个具有不确定性的复杂大系统。成千上万的用户什么时间用水,用多少水,用于什么用途,等等是随机的,具有极大的不确定性,其中最主要的是时变性,随着季节的不同供水量显著不同,特别在酷热的夏天往往供不应求。用户只是关心用水,而并不考虑水从何而来,供水网络管道能否满足实际需求水量是供水工程的设计者必须认真对待的。值得注意的是供水系统是一个带有时间延迟的惯性系统,表现出以下与控制相关的一些特性:

1) 供水系统参数的不确定性,用户什么时间用水,用多少水,用于什么用途等是未知的,随着时间而变,是随机的,其分布状况是分散的,难以事先准确预测;

2) 供水系统有大惯性与滞后的特性,其系统参数常常是未

知的和时变的;

3) 供水系统受到多种因素的制约,具有严重的非线性特性;

4) 供水系统中的各个变量间具有相互关联性;

5) 环境复杂,受到多种干扰,其扰动变量是未知的,干扰类型具有随机性与多样性;

上述表现出的特性使供水系统难以进行数学建模并对其实施有效控制,是控制工程中的难题。

3 供水系统中存在的控制问题

上述特性表明,供水系统是一个具有不确定性的复杂系统,采用常规控制策略是难以对其进行有效控制的,以下5方面的问题是传统控制方法难以应付的。

1) 传统控制方法局限于解决确定性控制问题。如PID控制系统设计是基于数学模型的,在系统分析基础上对系统进行设计与校正,最后付诸控制的实施。供水系统难以用数学方法建模,因为“未知”与不确定性因素难以进行数学描述,因此传统控制方法并不适宜于用于对供水系统进行控制;

2) 线性系统有成熟的控制方法,由于供水系统是一个高度非线性的系统,没有可供通用的成熟理论与方法可资利用,即使有也是针对特定对象或过程的,对供水系统往往因其复杂而却步。比如水阀门的开度就不是线性的,由于非线性性导致传统控制方法对其控制无能为力。

3) 传统控制属定量控制范畴,结构化程度高,本质是一种数值计算方法,有如微分方程以及各种数学变换等作为研究工具对其进行描述或建模,以分析和设计控制系统,但是供水系统中半结构化与非结构化问题是主要的,比如由于系统复杂与庞大而采用不同梯级的供水方案;

4) 系统结构复杂、关联变量众多,供水系统环境差异大,是一个广义的对象,它不仅涉及控制对象与操作对象,而且控制与所处的环境紧密相关,常规控制方法对此缺乏有效的应对手段;

5) 一般控制系统因其简单,可靠性问题并不突出。供水系统是一个由多个子系统组成的相互依赖相互制约的整体,如采用传统控制方法有可能使整个控制系统崩溃。

为了对供水系统取得更好的控制效果,以下对其控制策略作某些讨论。

4 供水控制系统策略选取

前面已经提及由于象供水这样的复杂大系统难以建立精确的数学模型,传统的控制方法与理论因其基于数学建模,显然供水系统不具备上述条件,因此其控制策略不在考虑之列。对供水系统而言,有许多控制策略可供参考^[1-5],从中可以得到启发。

ANN 控制的关键是选择网络模型,通过训练与学习寻找出最佳结构与权值。但是供水系统的实验样本难以从已知经验和事先的实验中获得,因其方法的局限性,因此难以对供水系统进行有效的优化控制。ECS 能处理各种定性的、定量的、精确的、模糊的信息,为控制提供控制策略和控制模态。但因其特征信息的采集、表达、完备知识库建立实现难度大,事实上是不可取的。实际工程中,实践已经证明:人的控制经验是可以利用的自然语言加以总结和描述的,例如,可以通过调节水泵阀门开度大小将水塔中的水位保持在规定的位,按照操作者的经验:若水位高则排水,如果差值大那么排水阀门也相应开大,此时排水也快,如果差值小那么排水阀门也相应开小,此时排水就慢;相反,其控制过程也类似,即如果水位低那么就加水,差值越大给水阀门开度也越大,此时给水越快,反正则给水阀门开度小,给水速度自然越慢。上述“高”、“低”、“开度大”、“开度小”等都是模糊语言,基于模糊集合可用 If condition Then action 语句予以刻画,就可将自然语言描述直接转化为计算机所能接受的算法语言,以实现供水系统的模糊控制。尽管该控制技术还有待不断完善和发展,但工程应用效果表明,一般情况下其控制品质和效果是令人满意的,因此对供水系统而言,模糊控制策略是有借鉴意义的,是一种可供选择的策略。

仿人智能控制(HSIC)是总结人的控制经验,以产生式规则基于模仿人的控制思想,描述其在控制方面的行为。因为该策略基于对动态控制系统状态的在线特征识别和特征记忆;在控制方法上采用定性决策与定量控制相结合,开环控制与闭环控制结合,因此可以形成多模态的控制方式,比较适合于逻辑启发式与直觉推理逻辑方面的应用。实质上基于仿人智能的控制系统是一种分级递阶的控制结构,不仅系统的上层而且在其底层(即直接控制级)都具有一定智能。由于它不同于常规控制器,因此控制器采用的是多模态控制方法,可以更好地满足系统对实时、高速、高精度的控制品质要求。对供水系统而言,由于该控制策略其直观性好、鲁棒强、系统动态响应快,因此是一种值得推广的控制策略,文中采用基于仿人智能的控制策略对供水系统实施控制。

5 广义控制模型与控制规则集

5.1 广义控制模型结构

图1所示的供水控制系统控制模型是一个广义的控制模

型,由广义的被控对象和 IC 控制器两部分组成,IC 控制器实质上就是一个智能控制器。图中 $e(t)$ 表示系统误差, $y(t)$ 是系统的输出, $r(t)$ 是系统的输入,由图1可见,显然: $e(t) = r(t) - y(t)$,其控制目标是当 $t \rightarrow \infty$ 时,使得 $e(t) = \dot{e}(t) = 0$,即输入完全跟踪输出。该控制模型基于人的智能、控制者的经验和技巧,是人机结合的控制模型,即控制者的知识模型和被控对象的机理模型相结合的广义控制模型。其控制规则不是依据供水控制系统的数学模型,而是总结控制专家的知识 and 实际操作者的经验、智能和技巧,根据动态系统特征信息进行推理,用在线方式确定或改变每步的控制策略,因此可对供水系统进行有效的控制。

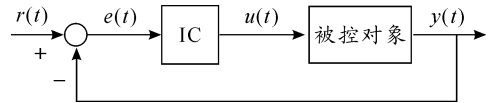


图1 供水控制系统

5.2 控制规则集

按照图1的广义控制模型,基于原型仿人智能控制算法:

$$u = \begin{cases} K_p e + kK_p \sum_{i=1}^{n-1} e_{m,i} & e \cdot \dot{e} > 0 \cup e = 0 \cap \dot{e} \neq 0 \\ kK_p \sum_{i=1}^n e_{m,i} & e \cdot \dot{e} > 0 \cup \dot{e} < 0 \end{cases}$$

式中: $e_{m,i}$ 是误差的第 i 次峰值; e 是系统误差; \dot{e} 是系统误差的变化率, u 是控制输出; K_p 是比例系数; k 是抑制系数。结合上述原型仿人智能控制算法,针对不同特征状况,总结人的控制经验,所建立的控制规则集的具体控制规则如下:

If $e > \beta R$ Then $u_n = u_m$;

If $e < -\beta R$ Then $u_n = -u_m$;

If $|e| < \delta_1$ and $|\dot{e}| < \delta_2$ Then $u_n = u_{n-1}$;

If $|e| > m \cdot R$ and $e \cdot \dot{e} > 0$ Then $u_n = u_p$;

If $e \cdot \dot{e} < 0$ and $|e/\dot{e}| > a$ Then $u_n = \alpha p_1$;

If $e \cdot \dot{e} < 0$ and $|e/\dot{e}| > b$ Then $u_n = p_1 + K_d \dot{e}$;

If $e \cdot \dot{e} < 0$ and $b \leq |e/\dot{e}| \leq a$ Then $u_n = p_1$;

If $e \cdot \dot{e} \geq 0$ and $|e| \in (\delta_1, \theta_1)$, $|\dot{e}| \in (\delta_2, \theta_2)$;

Then $u_n = P_1 + K_{p1} e + K_{p2} \sum e_j$;

If $e \cdot \dot{e} < 0$ and $|e| \in (\delta_1, \theta_1)$, $|\dot{e}| \in (\delta_2, \theta_2)$;

Then $u_n = P_1 + K_{p2} e$;

If $e \cdot \dot{e} \geq 0$ and $|e| > \theta_2$;

Then $u_n = P_1 + K_{p1} e + K_{i1} \sum e_j - K_d \dot{y}$.

上述控制规则中: $K_{p1}, K_{p2}, K_{i1}, K_{i2}, K_d$ 分别表示比例、积分和微分增益; R 为设定值; $\delta_1, \delta_2, \theta_1, \theta_2$ 分别表示允许的误差及误差速率范围; α, a, b 分别为由知识集中的经验规则确定的常数;

β 为切换因子; $\sum_j e_j$ 表示在 $e \cdot \dot{e} \geq 0$ 期间内所有偏差的累计;

$p_1 = r \sum_{i=1}^l e_{m,i}$ 是控制器输出的最近一次保持值,其中 $e_{m,i}$ 为偏差的第 j 次极值, r 为极值加权因子,可在线修正; \dot{y} 表示系统的输出变化率; u_m 表示输出保持值,它与输入变化量 ΔR 有关; e, \dot{e} 分别表示系统的偏差及偏差的变化率; u_p 表示强制保持值; u_n 表示控制器的第 n 次输出值。

6 仿真结果及分析

为了简化,可取典型的二阶系统加一个具有大滞后环节的二阶模型为例,为了便于比较不同控制策略的控制效果,这里采用PID控制策略和基于仿人智能控制的控制规则(HSIC)分别对二阶模型施加控制,观察其系统的响应,以考察系统控制的性能及控制算法的鲁棒性。设供水系统控制模型为

$$G(s) = \frac{K_0 \times e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

其中: $T_1 = 1.0 \text{ s}$, $T_2 = 2.0 \text{ s}$, $K_0 = 4.134$,在 $t = 4.5 \text{ s}$ 时,对控制系统施加幅度为0.5的脉冲扰动,其响应曲线如图2,图中曲线1和曲线2分别为PID和HSIC控制时的系统响应曲线,可以看出:HSIC控制具有较好的鲁棒性。

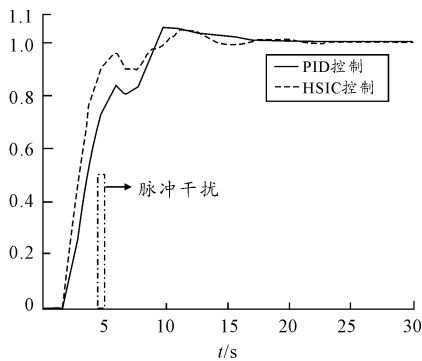


图2 干扰下的过程响应

(上接第57页)

4 结论

1) 通过数理模型计算和模型实验得到的高压驱动最大膛压值和飞盘速度基本吻合,说明此工程模型可以用于具有高启动压力、短驱动行程的内弹道工程计算;运用相似理论,从模型试验结果预测得到的原型装置最大膛压值和飞盘速度,与数值计算结果基本吻合,表明本文建立的近似模拟方案是正确的,用该缩尺模型进行高压驱动内弹道的近似模拟是可行的。

2) 高压驱动模型实验以130 MPa的最大压力驱动飞盘得到183 m/s的速度,原型可以使飞盘达到440 m/s左右的速度,经过加装发射药和调整启动隔板厚度可以使飞盘获得更大的速度。可见采用高启动压力在短行程内驱动飞盘获得较快速度是可行的。以高压驱动方式发射飞盘,为坦克主动防御的提供了一种新型对抗手段。未来可以设计进行高压驱动飞盘旋转飞行实验和大口径原型实验,以及利用尾翼稳定脱壳穿甲弹射击飞盘的撞击实验等,进一步验证高压驱动方案的可行性以及运用

7 结论

本文提出的基于仿人智能的供水系统控制策略已经用于实际工程,仿真实验与供水工程控制实践都表明,该控制策略不仅控制品质比较好,而且与变频器相结合使用,可收到显著的节能效果,大幅度节约电能。

参考文献:

- [1] 杨志,李太福,盛朝强,等. 基于仿人智能的复杂关联系统控制[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2002,25(7):9-11.
- [2] 吴垣甫. 神经模糊控制在机器人导航中的应用[J]. 四川兵工学报,2009,30(5):111-115.
- [3] 李太福,冯国良,钟秉翔,等. 一类不确定复杂系统的控制策略分析[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2003,26(9):4-7.
- [4] 王川川,赵锦成,齐晓慧. 模糊控制器设计中量化因子、比例因子的选择[J]. 四川兵工学报,2009,30(1):61-63.
- [5] 李乐,嵇成新. 基于SOFM神经网络的多目标跟踪方法[J]. 四川兵工学报,2009,30(4):20-23.

(责任编辑 周江川)

高压驱动飞盘对抗穿甲弹的可行性。

参考文献:

- [1] 张卫东. 国外装甲车辆主动防护系统发展[J]. 国外装甲车辆主动防护系统发展,2008,(2):7-14.
- [2] 王泽山,何卫东. 火药装药设计原理与技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006.
- [3] 魏惠之. 弹丸设计理论[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [4] 欧阳楚萍,徐学华,高森烈. 相似与弹药模化[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.
- [5] 李强,朱基智. 火炮内弹道模拟实验方法研究[J]. 弹道学报,1997(9):79-83.
- [6] 翁佩英,任国民,于骥. 弹丸靶场实验[M]. 北京:兵器工业出版社,1996.

(责任编辑 周江川)