

基于人工神经网络的水洞试验装置的PID自动控制系统

The PID Control System of Water-Tunnel Based on Artificial Neural Networks

赵唯,李端义(中国科学院力学研究所 LNM 国家重点实验室,北京 100080)

ZHAO Wei, LI Duan-yi (State Key Laboratory of Nonlinear Mechanics, Chinese Academy of Sci., Beijing 100080, China)

摘要:在水洞试验中,通过水泵及收缩段的形状控制水洞的运行过程,以保证水洞的稳定运行,并保证所进行的各种试验的质量。PID 调节是最常见的一种。文章给出了一种基于人工神经网络实现自学习 PID 控制方法。利用该方法可以较好地实现水洞的控制。

关键词:自动控制;神经网络;水洞

ABSTRACT:In this paper, we introduced a new control method of water tunnel. It is the PID control system of water-tunnel based on artificial neural network. By neural network, we expanded the capability of PID control system.

KEYWORDS:Control System; Neural Network; Water Tunnel

中图分类号:TP273 文献标识码:A

1 引言

在水洞试验中,通过水泵及收缩段的形状控制水洞的运行过程,以保证水洞的稳定运行,并保证所进行的各种试验的质量。PID 调节是自动控制理论中最常见的一种。

一般来说, PID 调节方法主要应用于使被控系统的输出跟踪给定的期望输出。设定的期望输出为 $t(k)$, 被控系统的输出为 $r(k)$, 定义偏差信号为:

$$e(k) = t(k) - r(k)$$

传统的增量式数字 PID 调节器的控制信号为:

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k)$$

$$u(k) = KIe(k) + KP[e(k) - e(k-1)] + KD[e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]$$

其中 KI , KP , KD 分别为数字 PID 调节器的积分增益、比例增益和微分增益,在实际中很难整定,并且没有主动适应系统或环境的能力。

2 人工神经网络

考虑到水洞调节系统是一个包含水力、电气、机械等复杂运动规律的自动控制系统,给动态模型的建立、系统分析及综合设计带来极大困难。而神经网络能以

非常高的精度拟和任意非线性复杂函数,为解决这类模型未知的系统提供了一条新思路。因此,采用基于 B-P 神经网络为基础的自学习 PID 调节系统,对水洞这类复杂的试验设备进行改造是一次有益的尝试。

3 基本算法

我们采用三层前向人工神经网络作为 PID 调节器。在网络中,采用线性输入层和输出层,隐层神经元的激发函数选择为:

$$f(x) = (1 / (1 + e^{-bx})) - 0.5 \quad (b > 0)$$

该激发函数能够保证神经网络的输出是在 $(-1, 1)$ 间连续变化,以直接应用作为水洞的调节器。在本组中,由于偏差信号和积分信号以及微分信号相差很大,不利于网络训练,因此对其进行适当的滤波处理,以提高网络训练速度。

在网络学习过程中,定义能量函数为:

$$E(K) = 0.5 * e^2(k)$$

用反向传播算法对网络进行训练,确定网络的连接权。

根据以上思想,归纳出如下调节算法:

Step1:测取水洞的试验段入口流速,并计算偏差 $e(k) = t(k) - r(k)$ 和能量函数 $E(k)$, 当

$$E(k) < rE(k-1) \quad (0 < r < 1)$$

时,可以认为前一步的控制增量 $u(k-1)$ 显著改变了系统的输出,并使 $E(k)$ 减少。在这种情况下,计算网络的学习率 $\eta(k)$ 为:

$$\eta(k) = \eta_0(E(k-1) - E(k)) / (E(k-1) + E(k)) \quad (0 < \eta_0 < 1)$$

并将数组 $\{e(k), e(k) - e(k-1), e(k) - 2e(k-1) + e(k-2), u(k-1), \eta(k)\}$ 作为训练神经网络的样本组系统,定期从样本组中删除旧的样本来更新样本组。

Step2:根据 $e(k)$, $e(k-1)$ 和 $e(k-2)$ 等偏差信息,由神经网络计算出系统控制器的输入控制增量 $u(k)$,从而产生实际的输入控制量:

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k)$$

其中衰减激励信号 $\eta(k)$ 为:

数字控制系统中的采样周期和数字滤波

The Sampling Period and the Digital Filters in the Computer - controlled Systems

金孚安(陕西经贸学院统计学系,陕西省西安 710061)

JIN Furan(Dept. of Statistics, Shaanxi Univ. of Economy and Trade, Xi'an SXS, 710061, China)

摘要:文章给出按相位裕量确定采样周期使其动态过程的衰减度为 $1/4$, 并且提出了用闭环系统时间常数选择非振荡系统的采样周期和用闭环系统特征方程的根的虚部选择衰减振荡系统的采样周期。用线性迭加原理分析了均值滤波对动态过程的影响, 并提出如何选择有均值滤波的控制系统的采样周期。

关键词:计算机控制系统; 采样周期; 过渡过程; 相位裕量; 均值滤波

ABSTRACT: Gives the method of using the phase margin to determine the sampling period, which makes the controlled systems have the $1/4$ attenuation ratio, presents using the closed loop system's time constant to choose the sampling period of non-oscillating systems and using the imaginary part of the root of the closed loop system's characteristic equation to choose the sampling period of decay oscillating systems. Using the principle of linear repeatedly addition analyses the mean-value filter's influence on the transition process, presents how to choose the sampling period of the controlled systems with the mean-value filter.

(收稿日期) 2001-11-20

(作者简介) 金孚安(1947—), 男(回族), 陕西经贸学院统计学系副教授, 工学硕士。

$$(k) = (k) e(k) / K \quad (0 < < 1)$$

式中, (k) 为均匀分布噪声。

Step3: 输入控制增量 $u(k)$ 到被控对象。

Step4: 利用工作线程, 当新样本积累到一定数量, 从样本组中顺序取出学习样本在原有权值基础上来训练神经网络控制器。在控制发生时刻之间的空闲时刻, 替换原有权值集合。再返回 Step1。

4 结论

按照上述控制过程所改进的水洞, 经过 15 分钟左右的学习过程, 系统达到收敛状态。能够较好的满足试验要求。在后续的自控过程中, 尽管在进行后台训练, 但系统效能没有降低。水洞实际流速与理论流速

KEYWORDS: Computer-controlled System; Sampling Period; Transition Process; Phase Margin; Mean-Value Filter

中图分类号: TP273.5 文献标识码: A

在工程里, 一般采用模拟化—离散化方法设计计算机控制系统。连续控制系统设计好以后, 其首要和关键的工作是确定计算机控制系统的采样周期。采样周期越小, 控制性能越好, 但却加重了计算机和外设的工作负担, 增加了设备经费。选择采样周期的原则是在满足系统的控制指标的情况下, 尽可能选择大的采样周期。

1 连续控制系统的性能指标

按模拟化—离散化方法设计的计算机控制系统是准连续控制系统, 因此要求它的控制性能很接近连续控制系统。对于连续控制系统的性能, 主要考虑它的动态特性, 即过渡过程特性。动态特性与开环传函和闭环传函的某些指标有关, 它们可作为选择采样周期的依据。计算机控制系统的性能总是比连续控制系统的差一些, 应把连续控制系统的性能指标设计得比实际要求高一些, 在选择采样周期时能有一定的余地。

相差仅为 1.35%。达到了进行某些高要求试验的要求。该系统研究结果表明, 基于人工神经网络的自学习 PID 调节可以适应水洞调节系统随运行工况的不断变化而变化的特点, 具有很强的适应性和鲁棒性。

[参考文献]

- [1] 赵林明, 等. 多层前向人工神经网络 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, TP. 9, 1999. 7.
- [2] Abhijit S. Pandya Pattern Recognition with Neural Networks [M]. CRC Press, 1999.
- [3] P. G. J. Lisboa. Neural Networks current applications [M]. ITP Press, 1996.
- [4] 焦李成. 神经网络的应用与实现 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1993.