

基于仿真技术的调节阀选型教学软件的设计

马昕,孙江丽,张贝克

(北京化工大学 信息科学与技术学院,北京 100029)

摘要: 以调节阀选型的教学为目的,深入研究了多种调节阀的结构特点及其输入输出特性,对调节阀的选型步骤和选型方法进行了软件实现,并对其动态特性进行了仿真分析。在 Visual Studio2008 环境中使用 C++ 编程,实现了调节阀的选型、流量系数的计算、输入输出特性的仿真分析及故障情况下流出特性的仿真分析等功能。

关键词: 教学软件;调节阀选型;动态特性仿真;故障分析

中图分类号: TP319

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)11-0004-03

Simulation-based design about software of control valve selection and teaching

Ma Xin, Sun Jiangli, Zhang Beike

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The paper is purposed on control valves selecting teaching. We had a deep research on structure and dynamic entering and exporting characteristic of current control valves. Selecting steps and methods have been realized on software, and dynamic characteristics have been simulated. With C++ program language in Visual Studio2008, We have achieved control valves' selecting, calculating Cv, simulation of input and output characteristics about pneumatic control valves and electric control valves and the simulation of failure and repairing faults.

Key words: teaching software; selecting of control valves; simulation of dynamic characteristic; failure analysis

在调节阀选型的环节中,由于经济和空间等因素的限制,用户不可能对所有调节阀进行试验,而且用户选择了自己认为适合的调节阀后,并不清楚该阀门应用在具体工况中的输入-输出特性的效果,这就造成了调节阀选型及教学的困难。本文研究的调节阀选型软件基于仿真技术,在为用户提供选型步骤及数据的同时能够更加直观地为用户提供所选调节阀的样式、特性及其在特定工况中的输入-输出关系曲线。另外,为了让用户能够更方便地了解实际工况中故障的产生原理及现象,本系统还增加了故障仿真环节。

1 仪表选型软件的设计

本系统研究的意义在于为用户提供选型方法和选择众多厂家各系列的数据,在软件上实现对调节阀型号的选择及对所选阀门进行动态分析等。该选型软件的主要功能如图 1 所示。

软件平台的设计类图如图 2 所示。

4

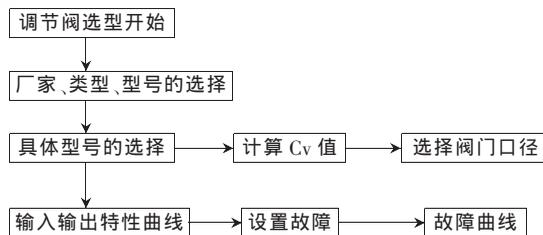


图 1 软件设计图

2 初步选型

用户进入选型系统后首先对仪表厂家、阀门类型以及阀门型号进行选择。之后用户可以针对所选厂家的所选型号进行具体的调节阀定制,这两个步骤构成了调节阀的初步选型。这两步均有可显示的帮助信息,用户可以根据该帮助信息进行筛选。

3 输入输出曲线的实现

调节阀输入与输出特性仿真曲线的实现对调节阀

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 11 期

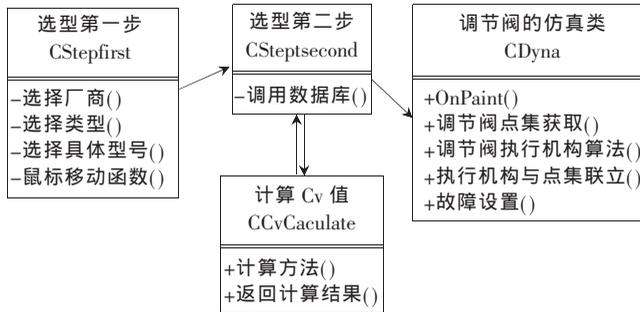


图2 程序类图

选型教学方面有着重要意义,用户根据选定工况下输出曲线的情况,可以直观判断出所选调节阀的优劣程度。而调节阀仿真技术是得到输入输出曲线的关键。仿真可以理解为运用物理模型或数学模型代替实际系统进行试验和研究。过程系统与数学模型的关系称为建模,数学模型与仿真机之间的关系称为仿真^[1]。本文对调节阀的仿真研究包括执行机构的仿真和阀体的仿真,执行机构的仿真又包括气动执行机构的仿真和电动执行机构的仿真。

3.1 气动执行机构的数学模型

气动执行机构通常会与阀门定位器配套使用,对气动执行机构的研究包括阀门定位器和执行机构两部分。阀门定位器又分为气动阀门定位器和电-气动阀门定位器两种方式。

3.1.1 气动阀门定位器与气动执行机构的数学模型

气动阀门定位器与气动薄膜执行机构配套使用,是气动调节阀组合单元的一个主要配套件。从气动遥控板输出 0.02~0.10 MPa 的气动模拟信号,经气动阀门定位器将输出一个气动操作信号驱动执行机构动作,以此控制气动调节阀的行程,通过阀门位置反馈,从而使气动遥控板输出的控制信号与阀门的行程对应关系成比例,实现正确定位。气动阀门定位器输入量 P 与气动阀输出量 L 的关系式为:

$$\frac{L}{P} = F_{B1} \frac{\frac{C_r K_3 K_{v1}}{l_3 K_1 (T_{v1} S + 1)}}{1 + \frac{C_r l_2 l_5 B K_3 K_2 K_{v1}}{l_3 l_4 A K_1 (T_{v1} S + 1)}} \approx \frac{F_{B1} l_4 A}{K_2 l_2 l_5 B} \quad (1)$$

其中 $F_B, K_2, l_1, l_2, l_4, l_5, A, B$ 等参数均为阀内常量参数^[2-3]。

3.1.2 电-气动阀门定位器与气动执行机构的数学模型

电-气动阀门定位器与气动薄膜执行机构配套使用,定位器将 4~20 mA 的标准信号转换为 0.2~1 Pa 的标准气压信号,去改变气动执行机构阀杆位移,阀杆位移又通过机械反馈部分反馈至定位器的输入端,从而形成一个具有负反馈的闭环系统^[2-3]。电-气动阀门定位器与前面介绍的气动阀门定位的区别在于输入信号的装置不同。气动阀门定位器输入压力信号的装置为波纹管,而电-气动阀门定位器输入压力信号的装置为力矩电动机,由此引出的两种定位器的输入力矩不同。基于

前者的输入输出关系函数,将气动阀门定位器的输入信号至输出力矩部分式(1)转变为电-气动阀门定位器的输出力矩式(2),即可得到该类型的输入量 I 与气动阀输出量 L 的关系式如式(3):

$$M = P \times F_{B1} \quad (2)$$

$$M = \frac{1}{2} I W \phi_1 \frac{l}{l_p} \quad (3)$$

$$\frac{L}{I} = \frac{1}{2} W \frac{\phi_1 l_4 A}{K_2 l_2 l_5 B} \quad (4)$$

式中 $W, \phi_1, l, l_4, l_5, A, B, K_2$ 等参数均为阀内常量参数。

3.2 电动调节阀的仿真

电动执行器将输入的电流 4~20 mA 直流信号转换为相应的输出轴角位移或直线位移^[4]。无论是角行程还是直行程的执行机构,结构和工作原理完全相同,两者的差别只是减速器不一样。本软件研究的是应用最为普遍的 220V AC 电源为动力的电动执行器。电动执行机构输入 $\sum I_i$ 与输出 θ 或 l 的传递函数 $W(t)$:

$$W(t) = \frac{K}{T} e^{-\frac{t}{T}} = \frac{K_s K_f}{RC \ln \frac{1}{1-\eta}} e^{-\frac{RC \ln \frac{1}{1-\eta}}{t}} \quad (5)$$

其中 $\sum I_i$ 为电动执行机构的输入信号, θ 或 l 为调节阀执行机构的输出, $K_f, K_s, K_1, K_f, R, C, \eta$ 等参数均为阀内常量参数。

电动调节阀在程序算法的实现上也需要一定的方法才能使得输入 $\sum I_i$ 与输出 θ 或 l 形成对应关系,本文以输出 θ 为例进行编程实现。实现方法如下:根据式(5)得出时间 t 与时频传递函数 $W(t)$ 的曲线大致走势如图 3。在程序中利用循环的方法,以步长 $\Delta t = 0.1$ s 为单位,循环长度设为 20 s,进行取点,最终得到 $(t, W(t))$ 的一组点,即得到了一组横坐标 $\sum I_i$ 与纵坐标 θ 的斜率点组 $W(t_i)$,

由已知的给入量横坐标 $\sum I_i$ 与斜率点 $W(t_i)$ 相乘得出点

组 θ , 即最终得出点组 $(\sum I_i, \theta)$ 连成的曲线大致走势如图 4。

由以上传递函数与阀体联立仿真之后得到的输入输出曲线如图 5(以重庆川仪十一厂有限公司 DZL-4100 系列为例)。

3.3 阀体的仿真

阀体部分的流量特性曲线分为四种:线性、快开、抛物线、等百分比。而阀门的流量特性主要与阀芯的形状及厂商的制造工艺有关^[2],故引用的函数是由厂家给出

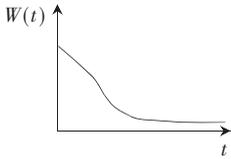


图3 时间 t 与函数 $W(t)$ 的曲线走势

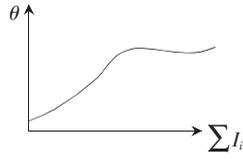


图4 点组连成的曲线走势

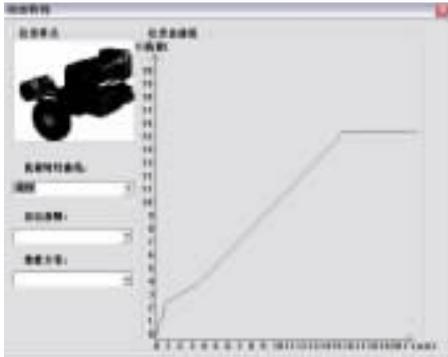


图5 电动执行机构输入 I 与输出 Q 之间的关系曲线

的流量特性曲线经过取点再插值所得的。

3.4 执行机构与阀体联合实现仿真的方法

将调节阀执行机构部分与阀体部分的仿真联系在一起得到整体的仿真函数,如图6所示。由于 (I, Q) 曲线由厂家提供,故 I 与 Q 为已知值,而 I_i 为输入值,故由 $I_i = f(I_i)$ 在取一定步长的情况下,由 I_i 可得出 I ,再通过 (I, Q) 曲线查出 Q 的值,由此便得到点集 (I_i, Q) 。得出最终输入输出曲线如图7所示(以上海自动化仪表有限公司48-41000系列为例)。

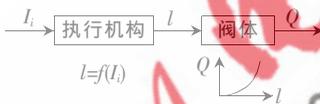


图6 整体仿真函数



图7 气动阀门定位器输入 P 与输出 Q 之间的关系曲线

4 调节阀故障的仿真

为了让用户能够更真切地了解实际工矿中故障的产生原理及现象,以达到防微杜渐的目的,本文特增加了故障仿真环节。在完成对调节阀的输入与输出关系的仿真的基础上,对调节阀进行故障仿真。本系统中故障主要是源于仿真参数的变化,当调节阀内某一器件损坏

或者磨损时其对应的常量必然会发生改变,也就导致该调节阀的传递函数改变,最终体现在输入输出曲线上,也就形成了相应的故障。

本软件研究的各种调节阀在其他参数一定的情况下变量与故障之间的关系(部分)如表1所示。例如当设置故障为波纹管损坏,则参数变小,其故障表现在曲线为输入输出曲线的斜率减小。

表1 调节阀各种变量与故障之间关系

执行机构形式	故障参数	故障设置	故障表现
气动阀门定位机构	波纹管有效面积 F_b	波纹管损坏	输出曲线的斜率减小
	波纹管做用点与主杠杆支点距离 l_1	波纹管固定点下滑	输出曲线的斜率减小
电-气动阀门定位器与气动执行机构	力矩电动机线圈匝数 N	线圈匝数增加或减小	输出曲线斜率发生改变
	永久磁铁产生的总磁阻 ΣR	永久磁铁总磁阻变弱	输出曲线的斜率减小
电动执行机构	伺服放大器放大倍数 K_f	伺服放大器损坏	输出曲线变坏
	机械减速器 K_j	减速器损坏	输出曲线变坏
.....

本系统在对调节阀选型过程中,实现了:(1)用户在有帮助或无帮助情况下学习调节阀选型或自行测试。(2)用户可对所选调节阀进行不同介质下的试验,并形成输入电流、电压或压力与输出流量之间的关系曲线。(3)用户设置故障并观察故障现象曲线。本选型系统可以起到很好的教学作用,具有经济、快捷、安全等优点,并且与实际生产联系紧密,对故障起到警示作用。

参考文献

- [1] 吴重光.PSE 过程系统仿真技术[M].北京:中国石化出版社,1998.
- [2] 吴国熙.调节阀使用与维修[M].北京:化学工业出版社,1998,9(5):209-213.
- [3] 孙洪程,李大宇,翁维勤.过程控制工程[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [4] 何衍庆,邱宣振,杨洁,等.控制阀工程设计与应用[M].北京:化学工业出版社,2005.

作者简介:

马昕,女,1975年生,讲师,博士,主要研究方向:生产过程优化调度与故障诊断。

孙江丽,女,1984年生,硕士研究生,主要研究方向:仪器仪表建模与仿真、计算机软件开发与技术应用。

张贝克,男,1976年生,教授,主要研究方向:过程智能仿真技术、大型复杂过程系统计算机辅助安全评价等。