

自调整二维智能控制器的优化设计^{*}

陈益飞

(盐城工学院 电气工程系 江苏 盐城 224003)

摘 要:详细介绍了具有在线自动调整机能的二维智能控制器的设计过程,使控制系统具有增益自适应能力和较好的鲁棒性,并在此基础上介绍其优化的方法和思路。

关键词:自调整;智能控制;优化设计

中图分类号:TP273.2

文献标识码:A

文章编号:1671-532X(2003)01-0038-05

智能是指人类所特有的智慧和才能的综合。人工智能就是研究如何使计算机去做那些过去只有人才能做的工作。人工智能也称机器智能,就是让机器更“聪明”。在系统控制和决策中引入人工智能,实现对传统控制理论难以控制的系统进行有效控制,这种仿效人类智能的控制,称为智能控制。智能控制器的控制规则归根到底是模拟人的思维决策方式,将控制规则通过编程输入计算机,那么,计算机就获得了控制决策能力,这就是智能控制器设计的基本思想。

1 二维智能控制器的设计

1.1 确定智能控制器的输入变量和输出变量

由于智能控制器的控制规则是根据人手动控制规则提出的,所以智能控制器的输入变量可以有 3 个,即误差、误差的变化及误差变化的变化;输出变量一般选择控制量的变化。通常将智能控制器的输入变量的个数称为智能控制器的维数。目前广泛采用的是二维智能控制器,这种控制器是以误差和误差的变化为输入变量。结构如图 1 所示:

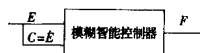


图 1 二维模糊智能控制器结构

Fig.1 Controller structure

of indistinct intelligent of two dimensions

1.2 设计智能控制器的控制规则

控制规则的设计一般包括 3 部分设计内容:选择描述输入输出变量的词集,定义各模糊变量的子集及建立模糊控制器的控制规则。

1.2.1 输入、输出变量的词集

定义误差输入为 7 个模糊子集,即:正大(pbe)、正中(pme)、正小(pse)、零(oe)、负小(nse)、负中(nme)和负大(nbe)。

定义误差变化的输入也为 7 个模糊子集,即:正快(pbc)、正中(pmc)、正慢(psc)、零(oc)、负快(nbc)、负中(nmc)和负慢(nsc)。

同理输出控制量也为 7 个模糊子集,即:快增(pbf)、增(pmf)、慢增(psf)、不变(of)、慢减(nsf)、减(nmf)和快减(nbf)。

1.2.2 建立模糊子集

等级数一般取模糊词集的 2~3 倍,这里以 2 倍为例进行设计,所以误差及其变化和控制量的量化论域分别为:

$XE = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

$XC = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

$XF = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

每个模糊子集的赋值可根据统计资料建立,也可以分析定义,在分析定义中,常用三角形函数或正态分布函数作为隶属函数。这里采用正态分布函数作为隶属函数。

对于误差论域 XE 而言,设 $0 < e_1 < e_2 < e_3 < e_4$ 则有:

* 收稿日期:2003-01-09

作者简介:陈益飞(1968-),男,江苏盐城市人,盐城工学院讲师,硕士。

表 1 误差变量模糊子集的赋值表

Table 1 Valuable chart of indistinct assembly of error Variable

E_j	X_i												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
nbe	1.0	0.8	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nmb	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
nse	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0	0	0	0	0	0	0
oe	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
pse	0	0	0	0	0	0	0	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0
pme	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2
pbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.8	1.0

表 2 误差变化的模糊子集赋值表

Table 2 Valuable chart of indistinct assembly of error changes

C_j	X_i												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
nbc	1.0	0.8	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nmb	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
nsc	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0	0	0	0	0	0	0
oc	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
psc	0	0	0	0	0	0	0	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0
pmc	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2
pbc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.8	1.0

表 3 控制量模糊子集的赋值表

Table 3 Valuable chart of

F_j	X_i												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
nbf	1.0	0.8	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nmb	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
nsf	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0	0	0	0	0	0	0
of	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
psf	0	0	0	0	0	0	0	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0
pmf	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2
phf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.8	1.0

信号增,等等。用一组语句总结控制策略,可得到一系列控制规则。根据这一系列控制规则就建立 7×7 的矩阵,这一矩阵称为模糊联想存储器(FAM)如表 4 所示。

表 4 中模糊联想存储器把智能控制的输入与输出联系起来。这种表示也可以看作是另一种形式的规则,即:

if 列条件 and 行条件 then 相交处的动作

据的每一条控制规则用模糊语言写出其相应的表达式,进一步写出其相应的数学表达式。例如:

IF nbe AND psc THEN nbf

$R_i = nbe \times psc \times nbf$

首先, $D = nbe \times psc$ 即: $D(X, Y) = nbe(X)$

再求出 $D(X, Y)$ 的列向量 $D^T(X, Y)$, 最后 $R_i = D^T \times nbf$ 即: $R_i = D^T(X, Y) \times nbf(Y)$ 。通过各条控制规则分别建立各自的控制器 R_i , 最后由各自的控制器 R_i 合成总的控制器 R , 即这样, 每输入一组等级量经过模糊化处理后, 与控制器 R 合成: 即 $R = \bigcup_{i=1}^n R_i$ 先求出 $D = E \times C$, 再求出 D 的列向量 D^T , 最后求出控制量 $F = D^T \cdot R$, 得到的是控制器输出的控制量的量。再经清晰化(非模糊化)处理即可得到等级控制量。清晰化处理与前面模糊化处理是相对应的, 通常有选择最大隶属度法、取中位数法、加权平均法, 这里采用的是加权平均法 $F = \frac{\sum \mu(F_i) \cdot F_i}{\sum \mu(F_i)}$ 。这种方法充分利

表 4 模糊联想存储器
Table 4 Memory of indistinct association

变化 c	误差 E						
	正大	正中	正小	零	负小	负中	负大
正快	不变	不变	慢减	减	减	快减	快减
正中	不变	不变	慢减	减	减	快减	快减
正慢	增	增	不变	慢减	减	快减	快减
零	快增	快增	增	不变	减	快减	快减
负慢	快增	快增	增	慢增	不变	减	减
负中	快增	快增	增	增	慢增	不变	不变
负快	快增	快增	增	增	慢增	不变	不变

用模糊子集提供的有用信息量,但计算量大。通过上面的理论推导将量化后每个等级量代入就可以进一步推导出控制响应表即等级表,如表 5 所示。

表 5 智能控制等级响应表
Table 5 Reaction degree of intelligent control

E	C													
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
-6	0	0	1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	
-5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	
-4	-1	-1	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	
-3	-1	-1	-1	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	
-2	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	2	3	3	4	4	
-1	-2	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	2	3	3	4	
0	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	2	3	3	
1	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	2	2	
2	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2	2	
3	-4	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	1	
4	-5	-5	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	
5	-5	-5	-5	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	
6	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	

基于上述分析,在系统调试中可根据系统的现实响应与对其要求进行有目的、有针对性地修改存储器。

1.3 选择模糊智能控制器的输入变量和输出变量的论域并确定模糊控制器量化因子及比例因子
把模糊控制器的输入变量偏差、偏差变化率的实际范围及输出控制量的实际变化范围称为这些变量的基本论域。设误差的基本论域 $[-X_e, X_e]$, 其内的量是精确量。而前面提到偏差的量化论域为 $XE = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, 正整数 6 为将 $0 \sim X_e$ 范围内连续变化的偏差离散化(或量化)后分成的级数, 因此 $K_e = 6/X_e$ 为误差的量化因子。

同理, 误差变化的量化因子 K_c 以及输出控制量的比例因子 K_f 。

在实际使用中可不断调节 K_e 、 K_c 、 K_f 大小, 以达到粗控精调的目的。在开始和结束瞬时 K_e 、 K_c 为无穷大

K_c 、 K_f 取得很大, 在运行过程中相对平衡即误差不大及误差变化不是太大时 K_e 、 K_c 、 K_f 取得小, 起到“放大”作用。其结构如框图 3 所示。

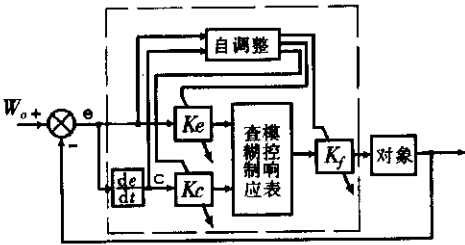


图 3 控制结构框图

Fig.3 Chart of control structure

2 编制模糊智能控制算法的应用程序

智能控制器的控制算法是由计算机的程序实现的。这个程序一般包括两部分。

(1) 根据输入、输出量的模糊控制表和控制规则求出相应的模糊关系矩阵, 再由输入、输出量

的精确量进行模糊化处理后与总关系矩阵合成控制响应表(查询表)。程序流程图如图 4 所示。

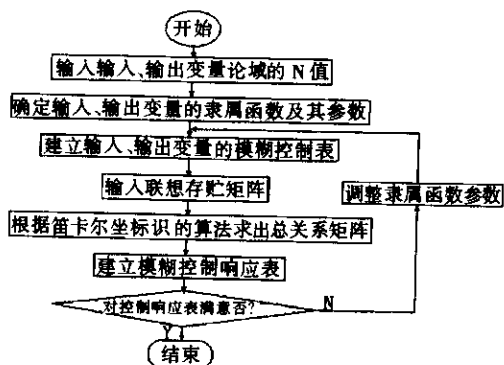


图 4 合成查询表的流程图

Fig.4 Flow chart of compose - inquired table

根据上面所列举的算法编写出算法程序,求出控制响应表,如表 4 所示。这个表可以由计算机事先离线计算,并通过不断改变 σ 、 e_1 、 c_1 、 f_1 、 e_2 、 c_2 、 f_2 等参数,以获得最佳的、理想的控制响应表。

2、实时控制过程中,根据采样得的值与设定值比较后得误差 X_e 和误差变化 X_c 根据模糊量化后的误差值 $e(k)$ 及误差变化值 $c(k)$,直接查询表以获得控制量的变化值 $F(k)$,再乘以比例因子 K_f 即得 XF ,可以作为输出控制被控对象(其中包括参数调整机制)。其流程图如图 5 所示。

在使用控制响应表这种控制器时,只需要将输入量进行量化处理转变等级量,然后通过查表的方法得到输出控制量精确量,再经过比例化处

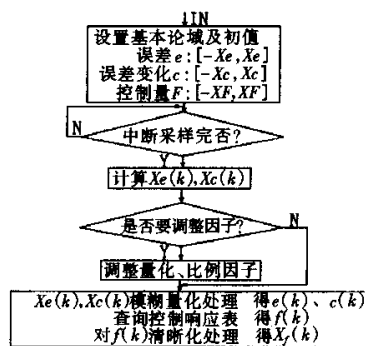


图 5 实时控制算法流程图

Fig.5 Flow chart of control way of practical time

理即可得到实际输出量。为弥补控制响应表不变的不足,在实际使用中可通过改变调节 K_e 、 K_c 、 K_f 大小,以获得最优控制特性。本篇的自调整机能就是在此基础上进行的。

3 结论

控制响应表建立后在计算机上仿真,经上千次训练,到满意控制效果后,再装入控制器,这样减少控制器的运算量,提高控制速度。设计上述这种为弥补控制响应表不变的不足,在实际使用中采用调节因子(通过改变调节 K_e 、 K_c 、 K_f 大小)的方法,获得了粗控精调的效果,实现了具有自调整机能的二维智能控制器,效率高,可获得最优控制特性,尤其对大滞后环节可达到实时控制的目的。

参考文献:

[1] 王学慧.微机模糊控制理论及应用[M].北京:电子工

业出版社,1987.

[2] 蔡自兴.智能控制[M].北京:电子工业出版社,1990.

[3] 张跃.模糊数学方法及其应用[M].北京:煤炭工业出版社,1992.

Optimize Design of Self - regulate Two - dimension Intelligent Controller

CHEN Yi-fei

(Department of Electric Engineering of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract This paper introduces the design course of 2-dimension intelligent controller which has on-line self-regulating function in detail. This design has made the controlling system have adaptive ability and effective robustness. Some optimizing methods and thoughts are also based on the design.

Keywords Self - regulate ; Intelligent Control ; Optimize Design

万方数据