

研究简报

一种新型最优模糊控制器的应用

王勇 熊晓红 黄树槐

(华中理工大学材料科学与工程学院 武汉 430074)

李从心

(上海交通大学塑性成形工程系 上海 200030)

关键词 模糊控制, 环境相似度, 路径记忆因子, 液压机

APPLICATION OF A NEW KIND OF OPTIMAL FUZZY CONTROLLERS

WANG Yong XIONG Xiaohong HUANG Shuhuai

(Institute of Mate., Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074)

LI Congxin

(Dept. of Plasticity Technology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030)

Key words Fuzzy control, degree of environment similarity, factor of path memory, hydraulic press.

1 引言

常规模糊控制器的结构框图见图1. 图中 e, c 和 u 分别为误差、误差变化和控制在量. k_e 和 k_c 为量化因子, k_u 为比例因子. E, C 和 U 分别为误差、误差变化和控制在量的模糊语言变量.

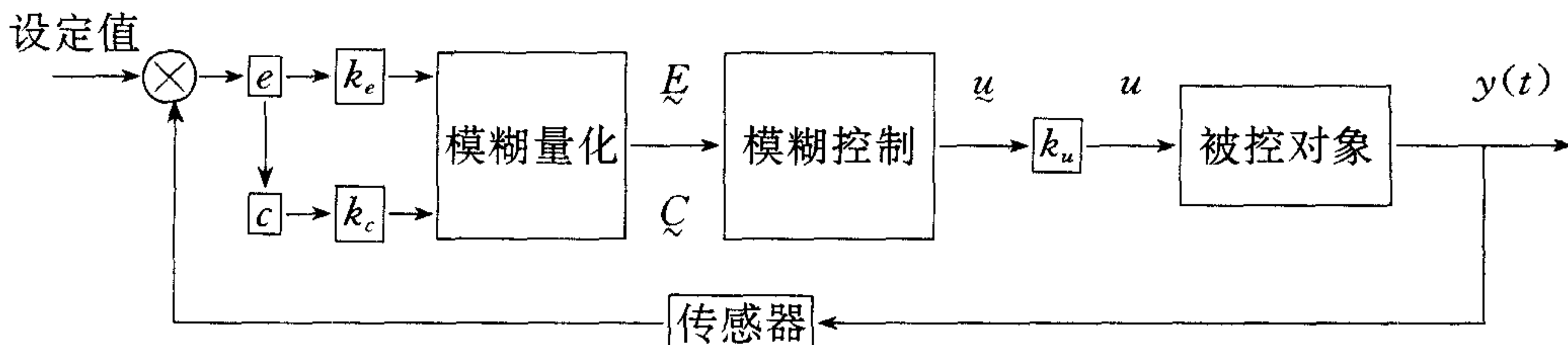


图1 常规模糊控制器结构框图

常规模糊控制的规则可用一个解析表达式近似概括为^[1]

$$u = -(E - C)/2.$$

式中 E, C 及 U 均为经过量化的模糊变量,其相应的论域分别为误差、误差变化及控制量.

由于模糊控制规则的获取完全凭经验进行,造成了模糊控制器的设计无法保证有最优或是次最优的控制性能.

2 最优模糊控制规则的获取

为了得到最优控制规则,可采取如下具体步骤^[2]:

1) 根据对象工艺要求,确定输入 u 和输出 y 的变化范围,即确定论域 U 和 Y . 然后,分别在论域 U 和 Y 上定义参考模糊子集 A_1, A_2, \dots, A_n 和 B_1, B_2, \dots, B_m .

2) 在模糊子集 B_1, B_2, \dots, B_m 中确定控制目标模糊子集 $B_E (B_E \in \{B_1, B_2, \dots, B_m\})$, 即希望控制的结果使对象输出 y 落在 B_E 中.

3) 采用逆向回溯法建立控制网络. 具体方法是,先在所有规则中寻找在结论部分包含有 B_E 的那些规则,将这些规则的前提部分中包含的模糊子集 B_j 作为第一级逆向回溯的结果,记为 $B_{(s,0)}$,其中 $s=1, 2, \dots, m$;再以 $B_{(s,0)}$ 作为第二级逆向回溯的起点,进行同样搜索,得到第二级逆向回溯的结果,记为 $B_{(s,1)}$,其中 $s=1, 2, \dots, m$. 这样逐级进行逆向回溯,并注意保持单向性. 经过这样的搜索后,可以方便地采用基本动态规划方法求出从各起始点(模糊子集 $B_j \neq B_E$)向目标结点(模糊子集 B_E)控制作用的最佳路径,使该路径上的损耗函数

$$J = \sum_{k=1}^{\infty} (aN_{A(k)} + bN_{B(k)})$$

取最小值. 式中 $A(k)$ 和 $B(k)$ 分别表示在 k 时刻 u 和 y 所取的参考模糊子集; $N_{A(k)}$ 和 $N_{B(k)}$ 为 $A(k)$ 和 $B(k)$ 的模; a, b 为加权系数.

3 环境相似度和路径记忆因子

由于在控制路径间进行比较时,不同的初始运动状态将导致不同的对应关系,因此作者提出了环境相似度的概念.

环境相似度——被控系统初始运动状态的相似程度. 其数学描述为

$$S_{\text{condition}} = (a_1F_1 + a_2F_2 + \dots + a_mF_m).$$

上式中 F_1, F_2, \dots, F_m 分别表示需要考虑的运动初始时刻各影响因素的取值; a_1, a_2, \dots, a_m 为大于零的加权系数.

寻找最佳控制路径时,只将环境相似度接近的路径相互比较,这样既可以提高控制系统的精度,又可以提高控制规则的查找速度.

为了防止由于存储控制路径的不断增多而导致的爆炸,并提高控制规则的查找速度,作者提出了路径记忆因子的概念.

路径记忆因子——软件所记录的路径数的权值,其数学描述为

$$F_{ts} = 1/J,$$

式中 J 即路径损耗函数. 软件初始化时设定一个域值,当所存储的路径数超过该域值时即将 F_{ts} 值最小的路径记录删除.

4 应用实例

作者所在的教研室采用常规模糊控制方法对大冶特殊钢股份有限公司的800t快锻机组进行了改造,并取得了较好的效果^[3].为了进一步提高快锻机组的性能,更好地解决锻打快速性与平稳性之间的矛盾,作者采用了最优模糊控制器.

制订最优控制规则就是在已有的控制路线中,选择最优模糊目标函数最小的一条,作为下一次模糊控制的参考路线,并在此基础上继续进行修正,以使控制效果逐渐达到最优.

由于快锻液压机组工况复杂,每次运动的初始条件都不完全相同,因此就有必要引入环境相似度的概念,以便达到最精确有效的控制.另外,快锻机组每天24h连续工作,将所有的控制路径都记录下来是不可能的,也是不必要的,因此在控制软件中使用了路径记忆因子.

快锻液压机在保证锻件质量的情况下,要提高锻打次数,同时又要减小液压冲击,存在着快速性与平稳性之间的矛盾,为此,提出如下最优模糊目标函数

$$J_m = (aS + bV + cT).$$

上式中 S ——活塞位移误差的绝对值; a ——精度加权系数, $a > 0$;
 V ——活塞到达设定位移时的速度; b ——液压冲击加权系数, $b > 0$;
 T ——锻打一次时间; c ——快速性加权系数, $c > 0$.

为了检验本文提出的控制策略,对快锻机组进行了试验研究.设定锻打距离为

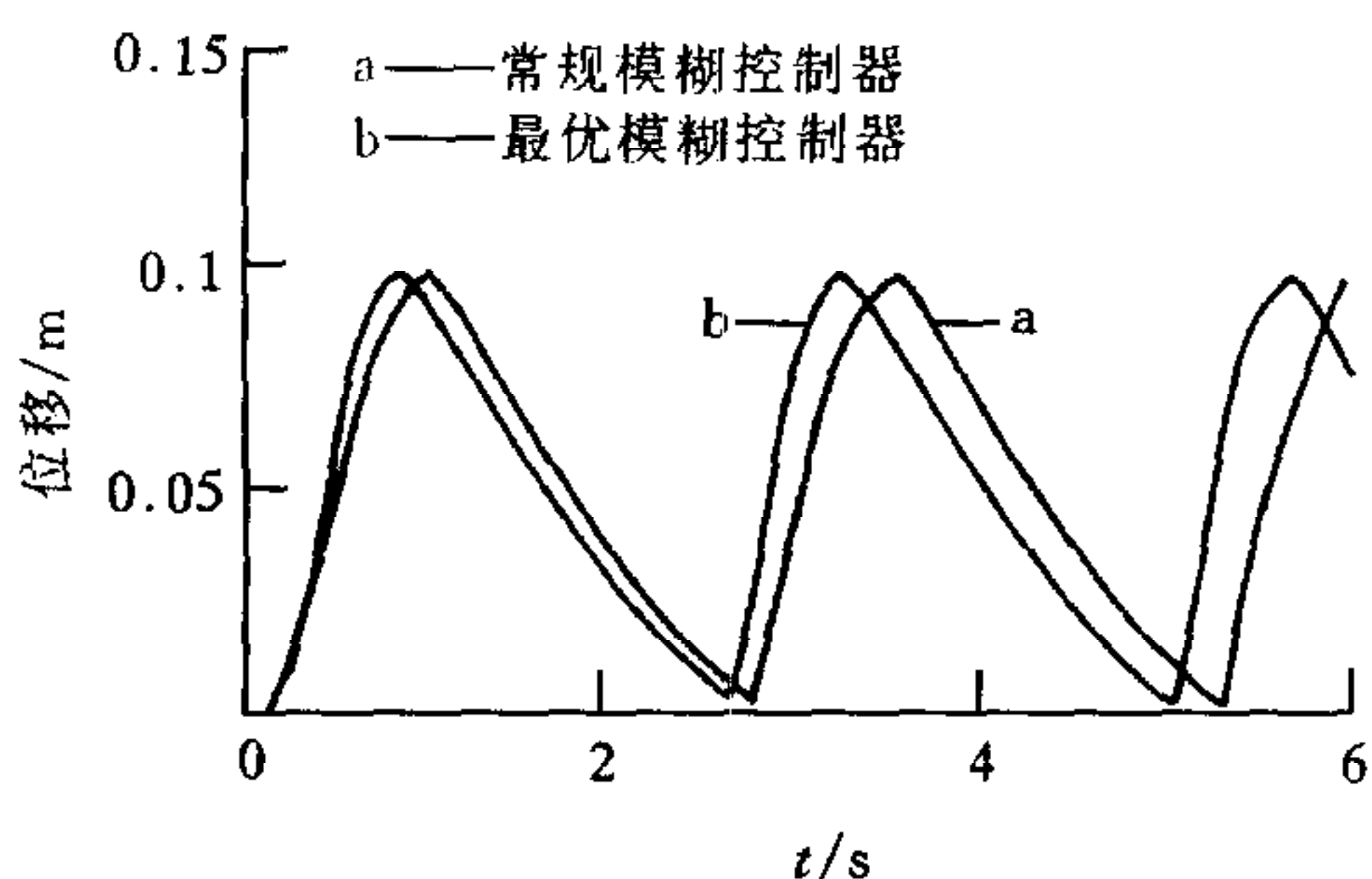


图2 油缸活塞位移曲线

100mm,负载为8MN,试验所用毛坯材料为45钢,毛坯尺寸为122mm,取三次锻打过程的平均值,锻打结果见图2.

另外,为了检验锻打快速性,采用秒表计算1min的锻打次数,取三次的平均值;为了检验锻打精度,采用卡钳测量热锻件尺寸.所得结果见表1.可见采用本文提出的控制器能明显提高压机性能.

表1 试验结果实测表

控制类别	常锻次数(次/min)	快锻次数(次/min)	锻打精度(1mm)
最优模糊控制	25	85	±1
常规模糊控制	22	71	±3.5

参 考 文 献

- 1 李士勇. 模糊控制和智能控制理论与应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990. 78—124
- 2 李平, 孙优贤, 周春晖. 最优模糊控制器的系统设计. 控制理论与应用, 1995, 12(2): 46—52
- 3 熊晓红, 李从心, 黄树槐. 快速锻造液压机组的计算机控制. 华中理工大学学报, 1996, 23(5): 58—60

王 勇 1966年生. 华中理工大学博士研究生. 主要研究方向为复杂液压系统的智能

控制.

熊晓红 1965年生. 华中理工大学副教授. 主要研究方向为大型锻造机械的智能控制.

黄树槐 1930年生. 华中理工大学教授, 博士生导师. 主要研究方向为快速原形制造技术和大型锻造机械的智能控制.

李从心 1944年生. 上海交通大学教授, 博士生导师. 主要研究方向为大型液压机械的控制与仿真.

《自动化学报》征稿简则

一、《自动化学报》是中国自动化学会主办的高级学术期刊, 每年出版六期; 本刊的英文翻译版在美国试行出版, 每年四期。

二、本刊刊载自动化科学与技术领域的高水平学术论文和科学研究成果。内容包括: 1. 自动控制理论; 2. 系统理论与系统工程; 3. 自动化技术及其在国民经济各领域中的创造性应用; 4. 自动化系统计算机辅助技术; 5. 机器人与自动化; 6. 人工智能与智能控制; 7. 自动控制系统中的新概念、新原理、新方法、新设计; 8. 信息理论与信息处理技术, 模式识别; 9. 自动化学科领域的其它重要问题。

三、本刊发表的文章以论文和短文两种形式为主, 并不定期地发表综述性文章和书刊评论、问题研讨、读者来信、国内外学术活动信息等。

四、本刊原则上只发表原始性稿件, 但不排除刊登已在国内外学术会议上发表或准备发表的优秀论文的可能性(对于此种情况, 作者必须如实说明)。请勿一稿多投。

五、来稿格式及要求

1. 来稿要求论点明确、论证充分、语言通顺、文字简练。一般定稿时论文不超过6000字; 短文不超过3000字; 其它形式文章视具体内容由编辑部决定。

2. 稿件首页应包括下列内容: 标题; 作者姓名、工作单位、详细通讯地址(包括邮政编码)、电话号码; 中文摘要; 关键词。

3. 论文和短文的文章结构请参照本刊最近发表的文章格式。论文摘要必须在200字以内; 短文100字左右。文中非标准缩写词(中文或英文)须在首次出现时定义清楚; 公式、图、表均须分别用阿拉伯数字全文统一编号。插图应贴于稿纸并附在文末。

4. 计量单位一律用国际单位, 即 SI 单位制。名词术语必须规范化、标准化, 前后一致。外国人名、地名、书刊名称除已通用者外一律用原文。

(下转第575页)