

短文

Fuzzy 控制理论在甜菜制糖过程的应用¹⁾

李友善

(河北机电学院 石家庄 050054)

班喜光

(大连海军舰艇学院 大连 116000)

摘 要

基于 Fuzzy 控制理论提出了归一 Fuzzy 量化及带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整方法,并介绍了该法在甜菜制糖过程的成功应用。通过某糖厂的运行结果,证明了微机 Fuzzy 控制在甜菜制糖过程应用的可行性与有效性。

关键词: 归一 Fuzzy 量化, Fuzzy 控制规则自调整, 分离加权。

1、引言

我国甜菜制糖生产,长期靠人工操作,直到70年代末,始有部分糖厂实现仪表控制。但由于甜菜制糖过程的复杂性及常规仪表控制的局限性,仍难满足制糖工艺要求。近年,通过某糖厂应用归一 Fuzzy 量化及带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整方法实现制糖过程 Fuzzy 控制证明,微机 Fuzzy 控制运行可靠、操作方便、具有较强的抗干扰能力,控制效果显著。

2、归一 Fuzzy 量化及带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整方法

Fuzzy 控制规则的调整是提高 Fuzzy 控制器性能的关键。文献[1,2]提出了通过修正因子 α 确定 Fuzzy 控制规则的方法,为 Fuzzy 控制规则的自调整以及参数寻优提供可能。但由于修正因子 α 一旦确定,便使 Fuzzy 控制规则固定而不可改变,故难以满足控制系统在不同状态下使误差及其变化具有不同权重的要求。本文提出的归一 Fuzzy 量化以及通过修正函数使误差及其变化分离加权的方法,能很好满足不同状态下过程响应对权重的不同要求。

本文于1992年3月11日收到。

1) 本文曾在1990年全国控制理论与应用学术交流会上宣读。

2.1 归一 Fuzzy 量化

设控制系统的误差 e 及其变化 \dot{e} 的定义为

$$\left. \begin{aligned} e(n) &= R(n) - y(n) \\ \dot{e}(n) &= e(n) - e(n-1) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

其中 R 为控制系统的设定值, 对于恒值系统, R 为常数; $y(n)$ 为 nT 时刻的系统输出响应值; $e(n)$ 和 $\dot{e}(n)$ 分别为 nT 时刻的系统误差值及其变化值; T 为采样周期. 通过计算 e/R 及 \dot{e}/R , 将系统误差及其变化归一化, 并将其在闭区间 $[0, 1]$ 内分成若干等级以完成 Fuzzy 量化. 例如, 为某糖厂制糖过程 Fuzzy 控制系统选取如下形式的误差 E 及误差变化 EC 的归一 Fuzzy 量化:

$$E = \begin{cases} 5\text{sgn}(e), & |e/R| \geq 0.8; \\ 4\text{sgn}(e), & |e/R| \geq 0.5; \\ 3\text{sgn}(e), & |e/R| \geq 0.3; \\ 2\text{sgn}(e), & |e/R| \geq 0.1; \\ 1\text{sgn}(e), & |e/R| \geq 0.03; \\ 0, & |e/R| < 0.03; \end{cases}$$

$$EC = \begin{cases} 5\text{sgn}(\dot{e}), & |\dot{e}/R| \geq 0.3; \\ 4\text{sgn}(\dot{e}), & |\dot{e}/R| \geq 0.2; \\ 3\text{sgn}(\dot{e}), & |\dot{e}/R| \geq 0.15; \\ 2\text{sgn}(\dot{e}), & |\dot{e}/R| \geq 0.08; \\ 1\text{sgn}(\dot{e}), & |\dot{e}/R| \geq 0.02; \\ 0, & |\dot{e}/R| < 0.02. \end{cases}$$

其中 E 及 EC 分别为控制系统误差及其变化的 Fuzzy 论域. Fuzzy 论域的划分要求: (1) 无混叠现象, 以避免控制规则的不唯一; (2) 无空档现象, 以防止出现失控点; (3) 零档划分需反映控制精度. 实践证明, 归一 Fuzzy 量化不仅可保证恒值调节的控制精度, 而且也可满足随动控制相对误差的要求; 对量测噪声有一定抑制作用; 无需进行对量化因子的调整及采样值的量纲变换.

2.2 带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整

设被控过程的 Fuzzy 控制规则由下式描述:

$$U = U_0 + \Delta U. \quad (2)$$

其中

$$\Delta U = \begin{cases} \langle \alpha E \rangle & , |E| > E_m; \\ \langle \alpha E + (1 - \alpha) EC \rangle & , E_w < |E| \leq E_m; \\ \langle \alpha E + (1 - \alpha) EC + \beta \Sigma E \rangle, & |E| \leq E_w. \end{cases} \quad (3)$$

式中 U 和 U_0 分别为 Fuzzy 控制器的瞬态输出与稳态输出, 同时也是被控过程的控制作用; α 为修正因子; β 为当误差绝对值 $|E|$ 小于阈值 E_w 时, 旨在提高控制精度在控制规则中所加积分作用的权重; 阈值 E_m 大于阈值 E_w , 即 $E_m > E_w$.

基于误差大时, 控制作用主要应表现为尽快消除误差提高响应速度, 故需对误差给予较大的权重, 以及当误差小时, 为减小系统响应的超调使之尽快进入稳态, 故需对误差变

化给予较大权重的控制策略,建立如下修正函数

$$\alpha = k \left| \frac{e}{R} \right|^p \tag{4}$$

修正因子 α 与误差 e 以及参数 k, p 的关系如图 1 所示. 其中当 $p < 1$ 时, 修正因子 α 随误差 e 增大递增较快, 控制规则中 E 的作用相对加强; 当 $p > 1$ 时, 情况相反, 控制规则中 EC 的作用加强, 且 p 值越大, 其作用越强. 通常取 $p \in [0.5, 3]$. 参数 k 的取值范围与参数 p 的取值有关, 通常为使误差初值较大时过程响应较快, 取 $k > 1$. 但还需考虑

当 $|E| = E_m$ 时应满足 $(1 - \alpha) \geq 0$ 的要求, 由式(4)求得 $1 \leq k \leq |R/E_m|^p$.

通过修正因子 α 的变化, 很容易实现不同状态下过程响应对误差 E 及其变化 EC 的分离加权要求, 达到灵活调整 Fuzzy 控制规则的目的.

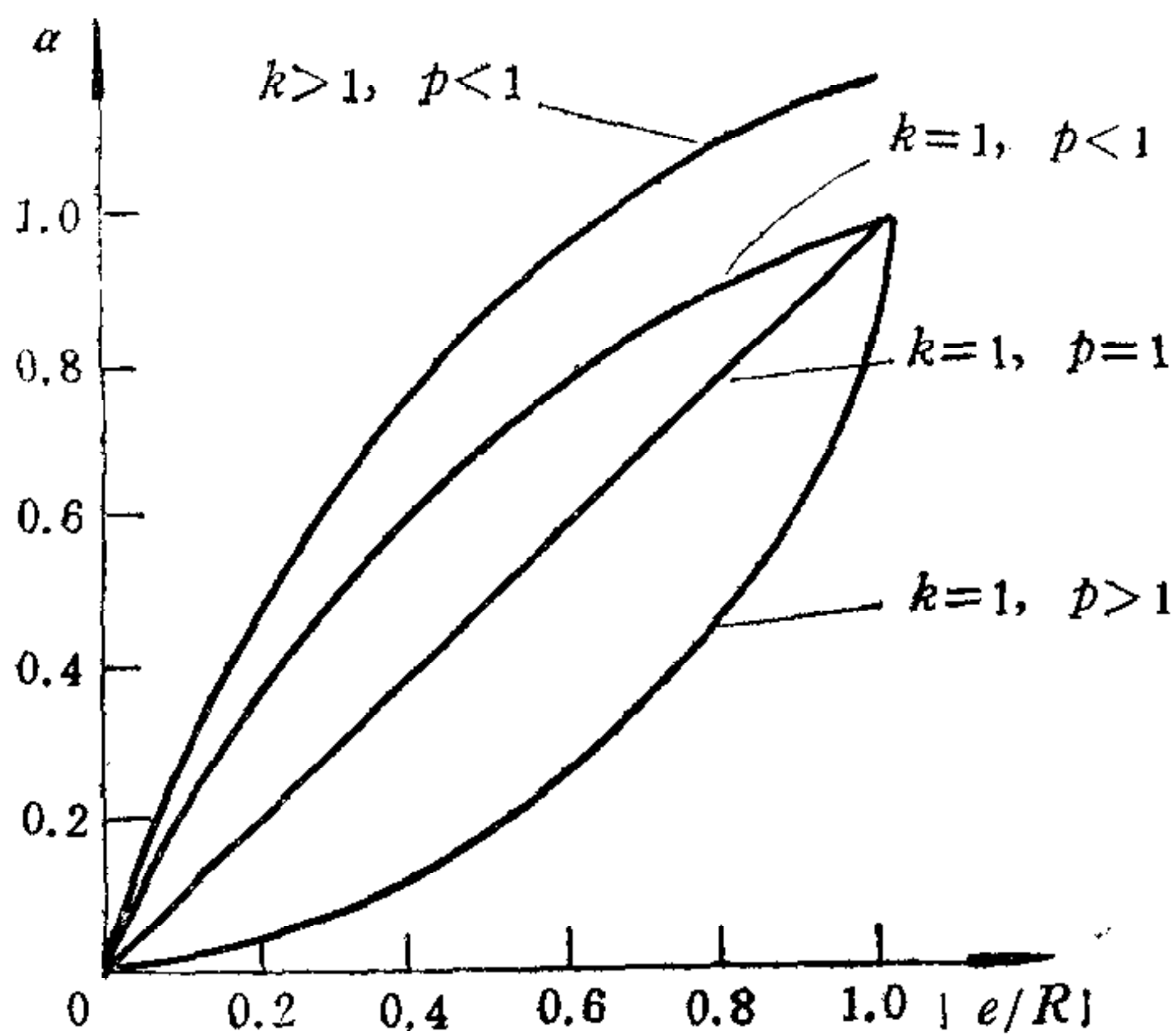


图 1 修正函数曲线

3、归一 Fuzzy 量化及带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整方法在甜菜制糖过程的应用

应用归一 Fuzzy 量化及带修正函数的 Fuzzy 控制规则自调整的被控过程方框图如图 2 所示.

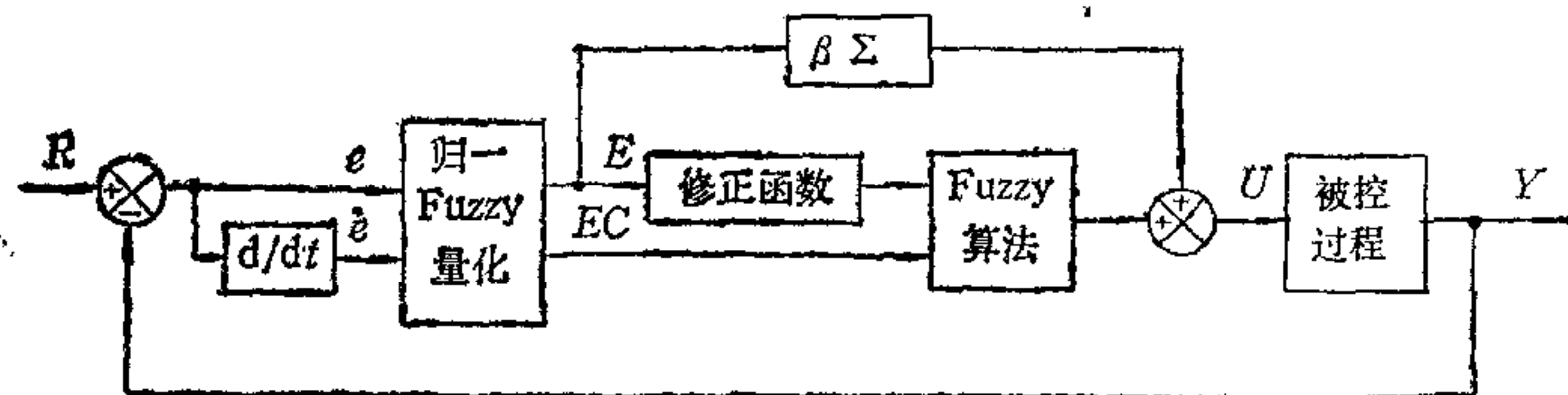


图 2 Fuzzy 控制系统方框图

通过现场调试, 阈值 E_m 及 E_w 分别选定为 4 及 2; 系数 k 及 P 分别选定为 1.13 及 0.81; 选积分权重 $\beta = 0.12$; 选取 Fuzzy 控制器输出控制作用 ΔU 的比例系数 $k_u = 25$.

运行实践表明, 对于用本文所提方法实现的制糖过程, 其中的 Fuzzy 控制系统能准确保持渗出器液位符合工艺指标要求; 实现计量桶放汁的均匀调节; 降低石灰石原料消耗, 提高洗净效率 15%; pH 值控制稳定, 其合格率由 60% 提高到 98% 以上; 使白糖成品糖的色值由人工操作时的 100 以上降至 80—90; 减少能源消耗 7%, 取得白糖产量与质量的明显提高, 以及可观的经济效益.

参 考 文 献

[1] 龙升照, 汪培庄. Fuzzy 控制规则自调整问题. 模糊数学, 1982, (3): 105—112.

- [2] 李东辉. Fuzzy 控制规则自调整和 Fuzzy 控制系统寻优仿真研究. 模糊数学, 1986, (3): 53—61.

APPLICATION OF FUZZY CONTROL IN SUGAR MAKING PROCESS

LI YOUSHAN

(*Hebei Institute of Mechano-Electric Engineering, Shijiazhuang 050054*)

BAN XIGUANG

(*Dalian Institute of Naval Vessel, Dalian 116000*)

ABSTRACT

In this paper, a method of fuzzy return-to-one quantification and a new method of fuzzy control law for self-adjusting are presented, successful applications of this method in sugar making process is presented also. The feasibility and effectiveness of Fuzzy control in sugar making process are verified by the productivity results of a certain factory.

Key words: return-to-one quantification; fuzzy control law self-adjusting; separation in power.