

研究简报

可控硅直流传动控制系统中的 ITAE 最佳调节律

雷 迅

(中国科学院武汉数学物理所)

摘 要

本文证明了在可控硅双闭环调速系统中用 ITAE 最佳调节律比用电子最佳调节律有更优越的动态性能指标和抗干扰能力。物理实验和数字仿真证明了理论分析是正确的。

一、问题的提出

目前，用电子最佳调节理论整定 SCR-D 双闭环调速系统已在国内外生产实践中获得了广泛的应用^[1]。理论上已证明 ITAE 最佳调节律比电子最佳调节律具有更好的动态性能指标^[2,3]，但至今没有见到它在工程中实际应用。本文通过物理实验和数字仿真证明了上述结论，并给出了设计这种系统的一种简化算法。

二、SCR-D 双闭环调速系统的 ITAE 最佳调节律的基本算法

SCR-D 双闭环调速系统的原理图如图 1 所示。图中虚线方框内为电流环，外边是速度环。

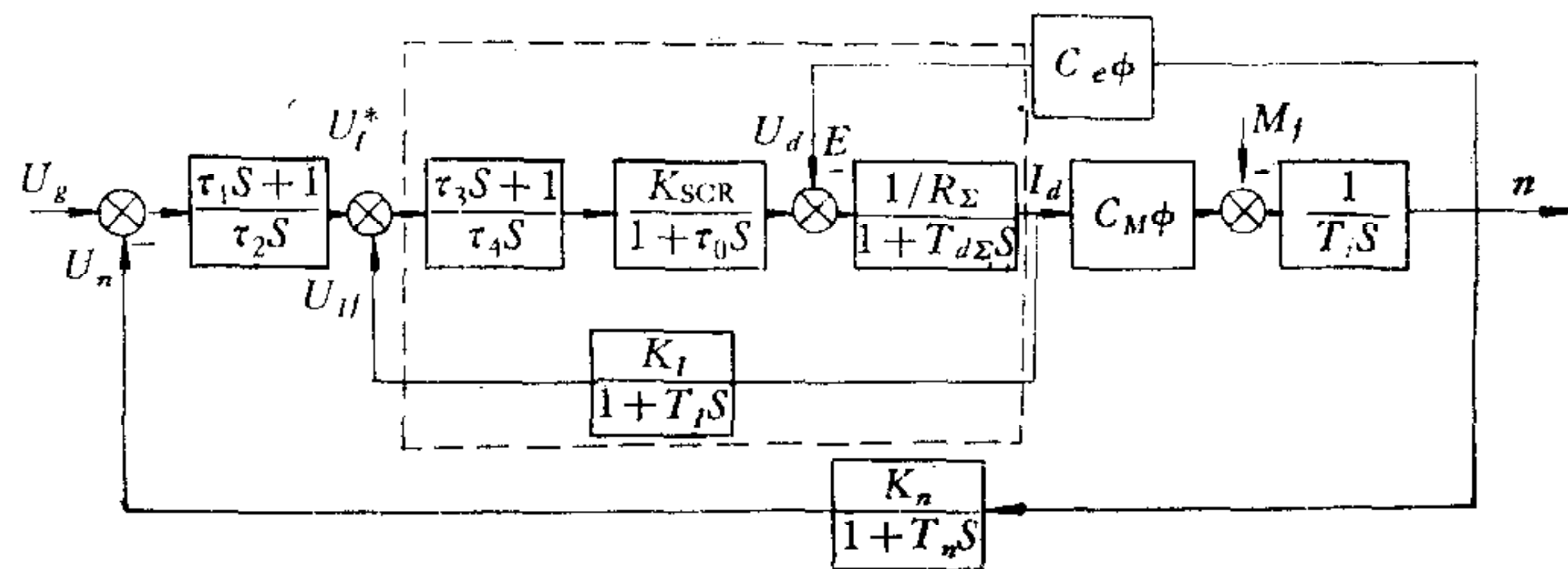


图 1

经 ITAE 化后，电流环的等效传递函数为

$$\frac{u_{if}}{u_i^*} = \frac{K/T_i\tau_4}{S^2 + \frac{1}{T_i}S + \frac{K}{T_i\tau_4}} \quad (2-1)$$

电流调节器 (P, I) 参数的计算公式为

$$\tau_3 = T_{d\Sigma}, \quad \tau_4 = 1.41^2 T_i K. \quad (2-2)$$

式中 $K = K_{SCR}K_I/R_\Sigma$, $T_i = \tau_0 + T_l$.

简化后, 电流环的等效传递函数为

$$\frac{I_d}{u_i^*} = \frac{1/K_I}{T'S + 1}. \quad (2-3)$$

式中 $T' = 1.41^2 T_i$. 因此, 系统等效结构图如图 2 所示. 它所对应的传递函数属于三阶位移无静差系统.

$$W(S) = \frac{n(S)}{u_g(S)} = \frac{K_p/\tau_2 T}{S^3 + \frac{1}{T}S^2 + \frac{\tau_1 K_p}{\tau_2 T}S + \frac{K_p}{\tau_2 T}} \cdot \frac{1}{K_n}. \quad (2-4)$$

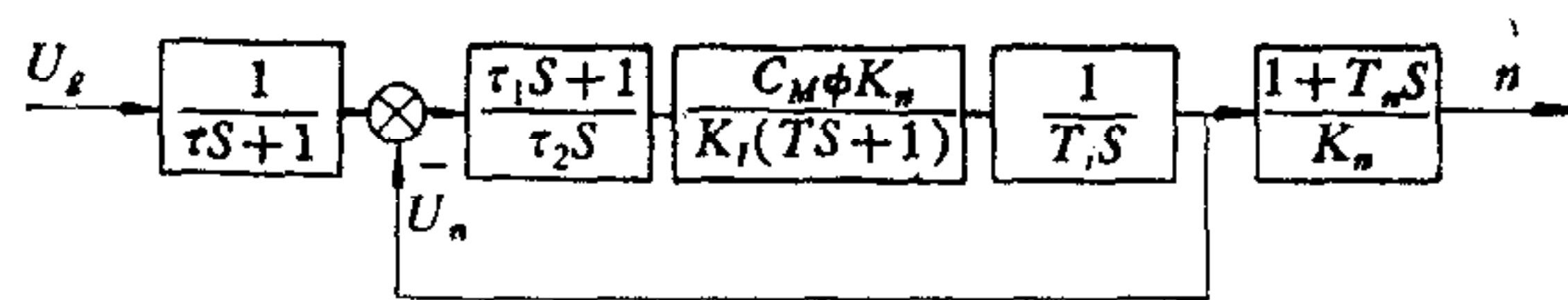


图 2

根据 ITAE 最佳调节律, 可给出速度调节器的参数计算公式如下:

$$\tau_1 = 3.76T, \quad \tau_2 = 5.36K_p T^2. \quad (2-5)$$

式中 $T = T' + T_n = 1.41^2 T_i + T_n$, $K_p = C_M \phi K_n / T_i K_I$, $T_i = GD^2 / 375$.

通过理论计算, 两种调节律的暂态特性指标如表 1 所示.

表 1

指 标	名 称	
	电调三阶最佳	ITAE 三阶内定最佳
超调量 $\delta\%$	8.1%	2%
上升时间 t_r	7.6T	7.1T
调整时间 t_T	16.4T	13.3T

三、实验结果

根据以上公式, 对一个典型的 SCR-D 双闭环可逆调速系统进行了物理仿真和数字仿真. 系统的电气原理图见图 3, 系统的结构图见图 1. 实验装置所用的电机参数是: 功率 3 千瓦; 额定电压 220V; 额定电流 17.2A; 转速 1500r.p.m. 其它参数是: $K_n = 0.004$ 伏·分/转; $GD^2 = 0.357$ 公斤·米²; $C_e \phi = 0.14$ 伏·分/秒; $C_M \phi = 0.136$ 公斤米/安; $R_\Sigma = 3$ 欧; $R_d = 1.33$ 欧.

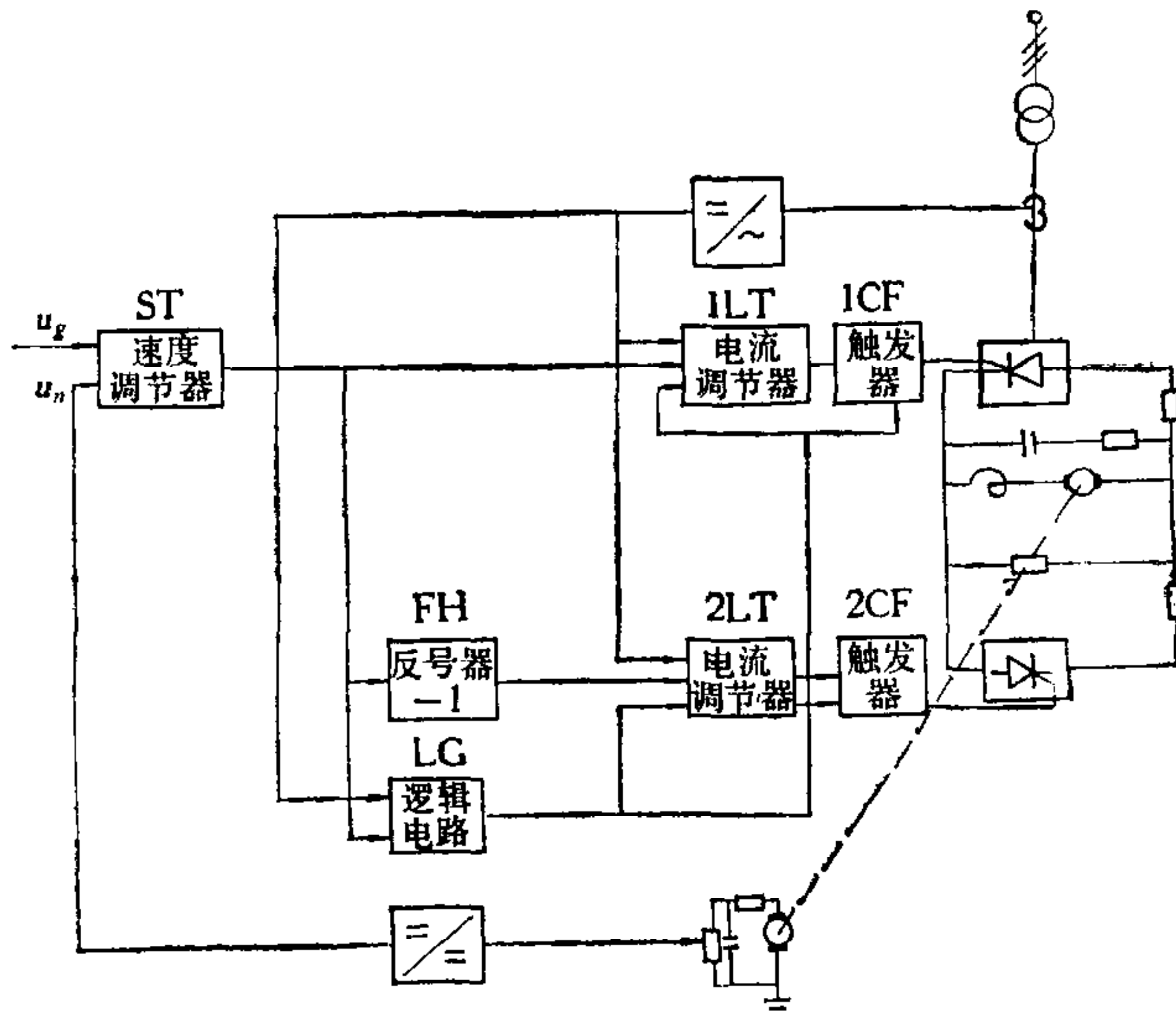


图 3

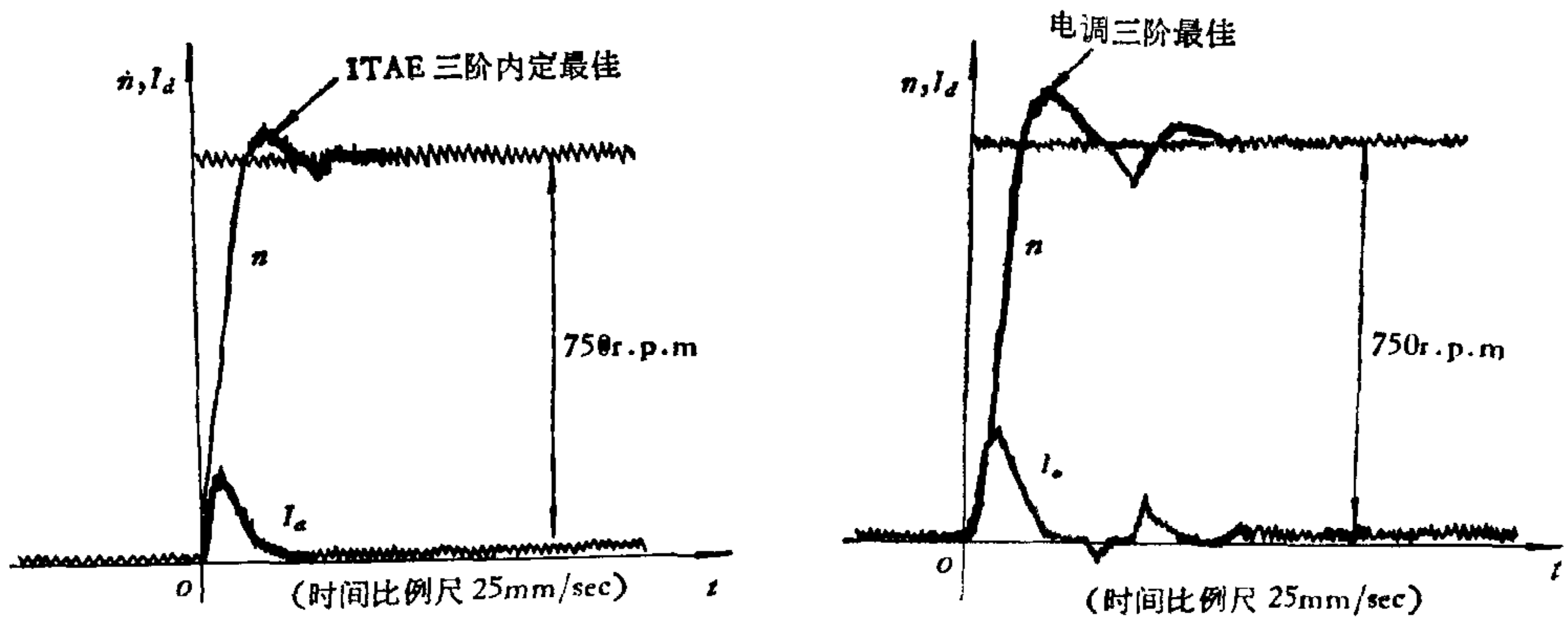


图 4 双环系统的阶跃响应

表 2

名称 指标	单位给定			单位扰动	
	起调时间	调节时间	超调量	波动率	恢复时间
电调三阶最佳	0.2S	0.88S	8.3%	2.12%	0.66S
ITAE 三阶内定最佳	0.18S	0.36S	3%	1.73%	0.56S

由物理实验和数字仿真得到的系统动态响应及性能指标如图 4、图 5 和表 2。

四、结 论

理论计算、数字仿真和物理实验说明了按 ITAE 最佳调节律综合的三阶系统,其快速

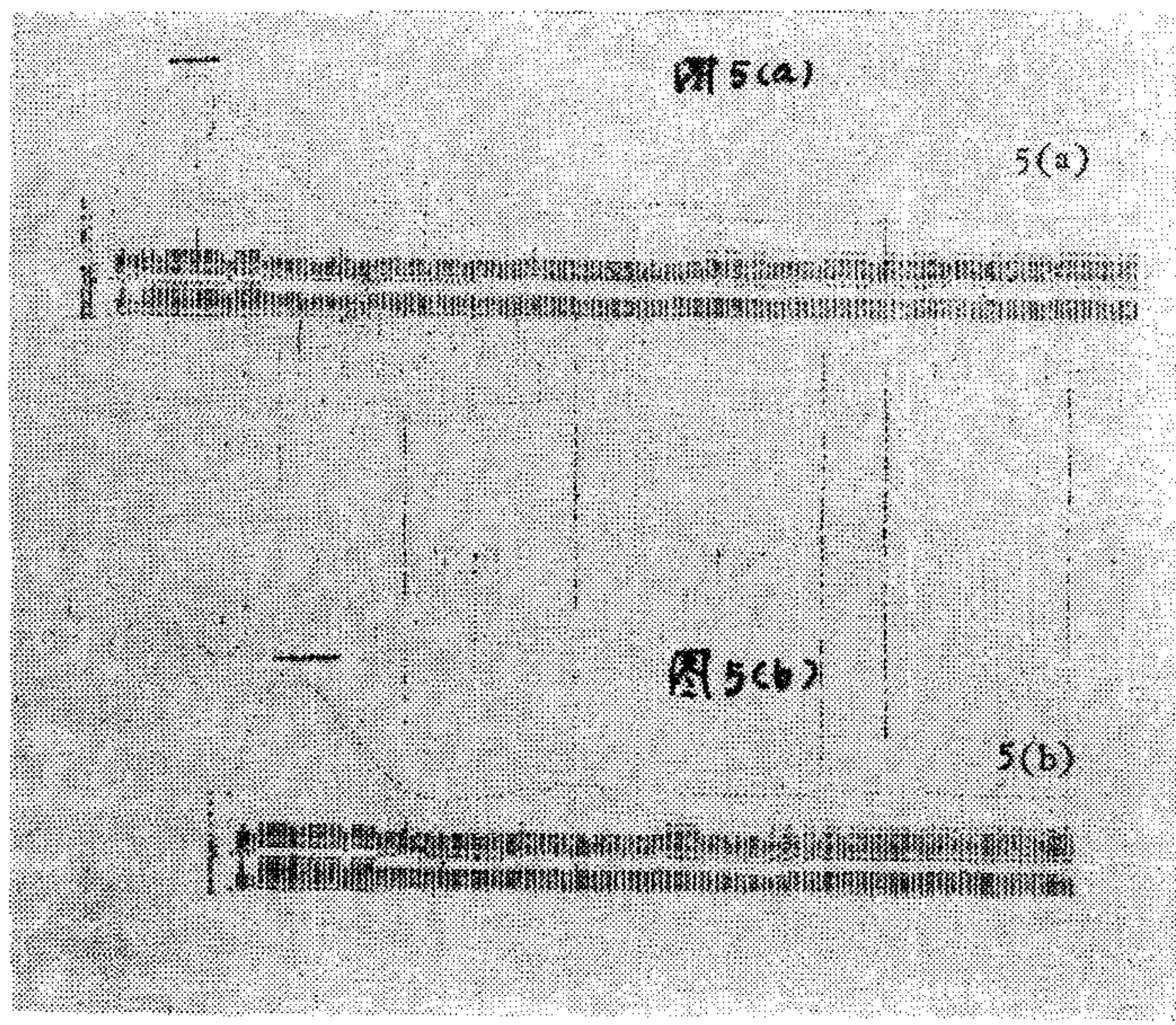


图 5

- (a) 电调三阶最佳系统的扰动响应
 (b) ITAE 三阶内定最佳系统的扰动响应

性、稳定性、抗干扰能力都比电调三阶最佳系统好。而且其综合方法简单,易于掌握,适宜于在工程中使用。

作者在完成本文的过程中,曾得到福州大学自动化所项国波、吴源达副教授的指导和梁述明等同志的支持,在此一并致以谢意。

参 考 文 献

- [1] 陈广洲,最佳调节理论在工程上的应用,电气传动,1974,第1期。
 [2] 项国波,线性负反馈系统 ITAE 最佳调节,电气传动,1977,第2期。
 [3] 项国波,线性定常反馈控制系统中的 ITAE 最佳调节,中国科学,1982,第2期。

THE ITAE OPTIMAL REGULATION LAW IN SCR DIRECT CURRENT DRIVE SYSTEMS

LEI XUN

(Wuhan Institute of Mathematical Sciences, Academia Sinica)

ABSTRACT

In this paper, it is theoretically proved that the application of the ITAE optimal regulation law has more advantage in dynamic performance and anti-interference capability than the electronic optimal regulation law for a speed regulating systems of SCR double-closed loop. In addition, the correctness of the theoretical analysis is demonstrated by physical experiment and digital simulation.