

极值调节器的研制

王永初

(精密机械工程系)

摘 要

极值调节器是 DDZ-Ⅲ型或 DDZ-Ⅱ型系列仪表的一个新单元,可用于生产过程的静态最佳控制,如燃烧效率控制、蒸发器最佳液位控制。由于本调节器是由模拟线路构成,所以在模拟信号的保持、传送以及梯度方向的判断遇到某些困难,本文介绍这些问题及其解决办法。这台仪表的精度为 $\pm 0.5\%$ 。

一、研制极值调节器的背景

由重庆工业自动化仪表研究所主持的 DDZ-Ⅲ型、DDZ-Ⅱ型仪表全国统一设计,鉴于当时国内的情况,总体开发规划差不多是与国外同类型系列产品相同,尽管每一个系列均有60种以上的产品,但品种还是不全,尤其是一些具有特殊功能的仪表,至今仍有不少空白。目前两套单元组合仪表的年销售量在一百万台以上,应用遍及炼油、化工、电厂、冶金、原子能及轻工与机械部门。为了工程配套的需要,我们接受研制了一种与 DDZ-Ⅲ型及 DDZ-Ⅱ型匹配的极值调节器*,并已通过鉴定。

极值调节器应用于最佳燃烧率控制系统,冶金厂连续铸锭过程的结晶器最佳冷却水量控制系统,制糖厂糖液蒸发器的最佳液位控制系统。

二、设计要求

由于电子器件发展十分迅速,目前采用国产电子器件来构成一台极值调节器,在技术上已不存在实现的难点。

仪表设计的要求:

(1)接受两种统一的仪表信号:DDZ-Ⅲ型仪表的统一信号为4—20mA或1—5V;

本文1986年6月3日收到。

• 仪表整机线路的设计由王永初完成,仪表线路的试验与样机的制作由机械部重庆工业自动化仪表研究所的陈元完成。

DDZ-Ⅱ 型仪表的统一信号为 0—10mA。

(2) 输送两种统一的仪表信号，并具有较强的负载能力，并能带动电动执行器工作。

(3) 自动搜寻目标函数的极值：

工业过程控制对象的目标函数多数是单峰极值函数，如图 1 所示。其中图 1(a) 为有极大值的目标函数，图 1(b) 为有极小值的目标函数，图 1(c) 为有多峰极值的目标函数。对于图 1(c) 的情况，在限定输入信号 (u_1, u_2) 的范围内，仍然可按单峰极值函数来处理。极大值函数的搜寻过程如下：当操纵变量 u 处于初始值 u_0 时，将 u 增加到 $u_0 + \Delta u$ ，并计算目标函数的增量， $\Delta J = J_1 - J_0$ ，如果 $\Delta J > 0$ ，则继续增加，若 $\Delta J < 0$ ，则将 u 减少。极值调节器实现如下函数运算

$$u_{k+1} = \alpha \frac{\Delta J_k}{\Delta u_k} \tag{1}$$

式中， k 代表第 k 次的对应于变量或函数的采样值和运算值。

式 (1) 函数利用微型计算机实现是相当容易的。但是，采用微型计算机时要同时配备 A/D 转换器与 D/A 转换器，这使仪表的造价大大增加。因此根据本仪表是属于 DDZ-Ⅲ (与Ⅱ) 型仪表的一个补充品种，线路主体要求采用模拟组件。

三、整机线路结构

极值调节器的整机线路的结构方框图如图 2 所示。包括输入、输出、极值运算、控制及信号发生器五个部分，线路的核心是极值函数运算部分。

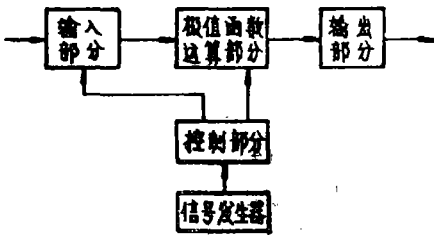


图 2

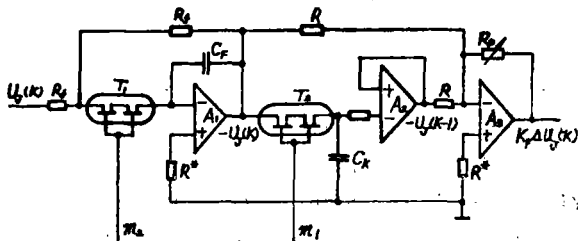


图 3

极值函数部分首先要完成的功能是实现目标函数增量 ΔJ_{n-1} 的运算，用 $u_J(n)$ 代表本次测量的目标函数值， $u_J(n-1)$ 代表前一次目标函数的测量。为此线路要能保持 $u_J(n-1)$ 至下一个采样时刻来到为止。图 3 表示目标函数的增量运算线路，其中运算放大器 A_1 与电容

C_1 构成一个反相保持器, 运算放大器 A_2 与电容 C_2 构成一个正相保持器。当 m_1 来到时, 无触点开关 T_2 由断开变成闭合, $-U_J(k)$ 转移到电容 C_2 , 变成运算放大器 A_2 的输出 $-U_J(k-1)$ 接着 m_2 脉冲来到, 无触点开关 T_1 断开, $U_J(k)$ 的信号经运算放大器 A_1 变成 $-U_J(k)$, 所以经 A_2 综合后得到的信号为

$$\Delta U_J = K_p[U_J(k) - U_J(k-1)]$$

(2)

其中

$$K_p = -\frac{R_p}{R}$$

但是图 3 的线路还不能实现式 (1) 的功能, 还需要一个方向判断和 $K_p\Delta U_J(k)$ 换向的控制线路。方向判断是根据对象是极大值或极小值及其逻辑关系设计的。表 1 为极大值对象操纵变量移动方向的原则, 表 2 为极小值对象操纵变量移动方向的判断原则。根据表 1、2 设计的线路原理图如图 4 所示。

表 1

Sign{ $\Delta U(k)$ }	+	+	-	-
Sign{ $\Delta U_J(k)$ }	+	-	+	-
Sign{ $\Delta U(k+1)$ }	+	-	-	+

表 2

Sign{ $\Delta U(k)$ }	+	+	-	-
Sign{ $\Delta U_J(k)$ }	+	-	+	-
Sign{ $\Delta U(k+1)$ }	-	+	+	-

当开关 Z 置于实线所示的位置的线路完成极大值的方向判断, 并执行对操纵变量的增减运算。当开关 Z 置于虚线所示的位置, 线路完成极小值的方向判断, 并执行对操纵变量的增减运算。运算放大器 A_6 与电容 C_J 保持上一次操纵变量的信号值, U_{A_5} 为本次操纵变量的信号值。 A_7 为一个比较器。当 A_7 输出为正信号时, 表示 $\Delta U(k)$ 为正, 当 A_7 输出为负信号时, 表示 $\Delta U(k)$ 为负。下面以极大值为例讨论线路的工作原理。

由表 1 可以看出, 当 Sign{ $\Delta U(k)$ } 为 “-” 时, Sign{ $\Delta U(k+1)$ } 均与 Sign{ $\Delta U_J(k)$ } 相反, A_7 的输出通过反相器、双稳元件与与门 1 与 2, 控制脉冲 m_3 是加到 T_3 还是 T_4 。当 A_7 输出为负时, 将 $K_p\Delta U_J(k)$ 变换符号后, 经无触点开关加到电容 C_N , 当 A_7 输出为正时, $-K_p\Delta U_J(k)$ 直接经无触点开关 T_3 加到电容 C_N 。在 T_5 闭合前 C_N 存储的电量 Q_{CN} 为

$$Q_{CN} = C_N \cdot K_p \Delta U_J(k)$$

(3a)

或

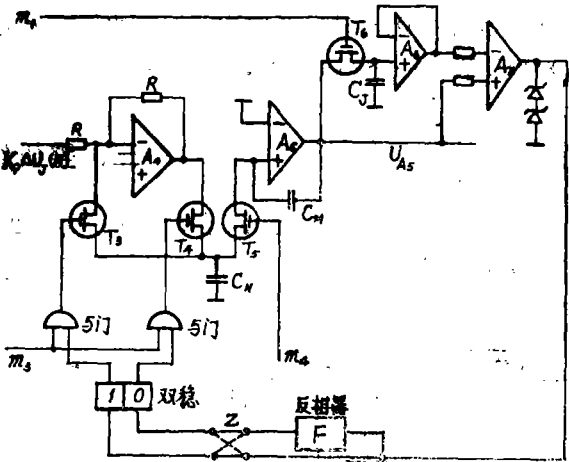


图 4

$$Q_{CN} = -C_N \cdot K_p \Delta U_J(k) \quad (3b)$$

当 T_5 闭合而 T_3 与 T_4 断开后, C_N 上的电量全部转移到电容 C_M 上, 这是因为 T_5 闭合时, C_N 两端的电位均接近于零, 这时 C_N 的电量没有其它通路, 只能转移到 C_M 上。假设转移前 C_M 上的电量为 Q_{M0} , 则转移后的电量为

$$Q_{CM} = Q_{M0} + Q_{CN} \quad (4)$$

$$\text{其中} \quad Q_{M0} = C_M U_{A5}(k-1) \quad (5a)$$

$$Q_{CM} = C_M U_{A5}(k) \quad (5b)$$

由上述诸式得到

$$U_{A5}(k) = U_{A5}(k-1) \pm K_p \frac{C_N}{C_M} \Delta U_J(k) \quad (6)$$

整机线路是在脉冲信号 m_1 、 m_2 、 m_3 与 m_4 的作用下协调工作的。 m_1 — m_4 信号由一个可调脉冲源及一个简单的译码器组成。线路的输入部分与输出功放部分采用电动单元组合仪表全国统一设计的线路, 这里不再重复介绍。因此本仪表与 DDZ-Ⅲ型及 DDZ-Ⅱ型仪表是可以匹配使用的。

研制的仪表样机在 DMJ-3A 电子模拟计算机上产生的极值对象联接进行极值的搜寻试验。试验的结果静态极值点的误差小于 0.5%, 符合单元组合仪表的统一标准。

参 考 文 献

- [1] 机械工业部重庆工业自动化仪表研究所编, DDZ-Ⅰ型电动单元组合仪表(第一、二、三分册), 水利电力出版社, (1966)。
- [2] 机械工业部重庆工业自动化仪表研究所编, QDZ气动单元组合仪表(第一、二、三分册), 水利电力出版社, (1966)。
- [3] 机械工业部重庆工业自动化仪表研究所第四研究室, DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表系列总体设计, 工业自动化仪表, 1—4(1973)。
- [4] 机械工业部重庆工业自动化仪表研究所, DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表, 重庆出版社, (1985)。
- [5] 王永初、任秀珍编著, 现代调节器及其应用, 重庆出版社, (1986)。
- [6] 任秀珍、王永初, 按一阶梯度设计极值控制系统的方法, 冶金自动化, 5(1982)。
- [7] 王永初, PID调节的发展趋势分析, 仪器仪表学报, 2(1980)。

The Development of a Limiting Value Regulator

Wang Yongchu

Abstract

This paper introduces a regulator of optimum limiting value, a new unit in DDZ-Ⅲ or DDZ-Ⅱ series instrumentation. It is of great use for the static optimal

control in production run, such as the control of combustion efficiency and the optimal level control of vaporiser.

As the regulator is made up of analogue circuit and there are some difficulties in the holding and transmission of analogue signal and in the judgement of gradient direction, those problems and their solving are discussed in this paper. The instrument shows an accuracy of $\pm 0.5\%$.