

第二届国际自动化学术会议论文选集

(第一卷)

上海科学技术出版社

第二屆
國際自動化學術會議論文選集

(第一卷)

上海市電機工程學會 譯

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本书是第二届国际自动化学术會議論文选集的第一卷, 共論文 31 篇, 內容大多是叙述控制系統的理论和設計方法而偏重于最佳控制問題方面, 可供自动化专业的工程技術人員、研究人員及大專师生参考。

第二届国际自动化学术會議論文选集

(第 一 卷)

上海市电机工程学会 譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/16 印張 22 排版字數 421,000

1965 年 12 月第 1 版 1965 年 12 月第 1 次印刷

印數 1—1,800

統一書号 15119·1832 定价(科七) 3.00 元

前 言

第二届国际自动化学术会议是1963年8月28日至9月4日在瑞士的巴塞尔召开的。会议以讨论1960年第一届国际自动化学术会议以来有关自动装置和系统的理论和实用的科学新成就为主要内容。这届会议有32个国家、1500多名代表参加。我国也派代表出席,并宣读了论文。

1963年第二届国际自动化学术会议上所提出的论文,大体上可分为理论、应用和工具等三个方面。

上海市电机工程学会鉴于这些论文有一定的参考价值,因而组织了专业同志,分担其中一部分论文的翻译工作。经过整理,分为两卷,由上海科学技术出版社出版。只是我们在翻译工作中,不免存在一些缺点,请读者提出批评指正。

上海市电机工程学会

1965年9月

目 录

前 言

用 A-110(ANALAC) 模拟计算机求解最佳问题	[法] E. Honore et Sté Analac	(1)
在模拟计算机上研究催化裂化装置中能量回收系统的动态行为	[荷兰] C. A. J. M. van der Heyden, A. G. van Nes	(10)
“STELLA” 自学机的方案	[英] J. H. Andreae	(30)
关于求取反描述函数的問題	[美] J. E. Gibson, E. S. di Tada	(38)
过渡过程平方积分鉴定的反演	[波兰] W. Jarominek	(47)
继电自动调节系统中的分谐波振荡	[法] J-C. Gille, [波兰] S. Wegrzyn, [加拿大] J-G. Paquet	(64)
研究稳定性的一种方法	[英] H. H. Rosenbrock	(73)
在常参数控制系统中构成 Ляпунов 函数的新方法	[意大利] G. P. Szegö	(78)
利用 Ляпунов 第二方法分析含有精确化非线性系统的稳定性	[瑞士] H. Nour Eldin	(88)
用 Ляпунов 直接法分析某一类非线性和不定常系统时, 线性边界法的应用	[美] R. A. Nesbit	(101)
非线性调节系统中振荡的相对稳定性	[以色列] Z. Bonenn	(114)
二阶非线性系统快速最佳控制的必要和充分条件	[美] E. B. Lee, L. Markus	(120)
确定一阶非线性系统的描述函数的新方法	[西德] R. Lauber	(132)
用辅助算子法搜索梯度的自整定系统的理论	[苏联] И. Е. Казаков, Л. Г. Евланов	(141)
对象放大系数变化较大的控制系统的自整定方法	[美] R. J. Kochenburger	(151)
最佳及自整定系统理论近似方法	[英] J. H. Westcott, J. J. Florentin, J. D. Pearson	(161)
自动调节系统中的最佳程序	[苏联] Г. С. Поспелов	(177)
具有分布参数系统的最佳控制	[苏联] А. Г. Бутковский	(186)
三阶和四阶系统的最佳和准最佳控制	[美] I. Flügge-Lotz, H. A. Titus, Jr.	(194)
时间断续的动态过程的最佳控制	[美] B. Friedland	(206)
时滞系统中的最佳过程	[苏联] Н. Н. Красовский	(218)
定结构和变结构自动调节系统的不变性和最佳化	[苏联] Б. Н. Петров, Г. М. Уланов, С. В. Емельянов	(228)
研究最佳控制系统的非线性规划	[苏联] Н. И. Андреев	(244)
有多范数制约系统的最佳控制	[美] P. E. Sarachik, G. M. Kranc	(253)

預測最佳控制的方法·····〔苏联〕 Ф. Б. Гулько, Б. Я. Коган	(269)
用于某些自动調節系統中的一种新元件的几个問題、作用原理····· 和計算方法·····〔匈牙利〕 O. Benedikt	(277)
在小信号时具有綫性特性在大信号时近似具有继电特性的控制系統的綜合·· ·····〔瑞士〕 E. V. Persson	(285)
利用定型調節器来接近于最佳快速作用非綫性調節过程的工业自动調節系統 的綜合·····〔西德〕 E. Pavlik	(299)
自整定系統的穩定性和設計·····〔美〕 R. K. Smyth, N. E. Nahi	(308)
应用 Понтрягин 极大值原理綜合最佳控制系統·····〔日〕 Y. 佐川, C. 林	(319)
最佳控制系統的綜合·····〔美〕 L. W. Neustadt	(330)

用A-110(ANALAC)模拟计算机 求解最佳問題

〔法〕 E. Honore et Sté Analao

1. 最佳問題的数学提法

目前,“最佳化”这个名詞用得很广。当解算問題在形式和内容方面都不相同时,須根据我們研究的范围来应用这个名詞。例如,在“运筹学”范围内,最佳化包含这样許多問題:一个或几个变量的最佳化;一个或几个函数的最佳化;某个过程的最佳化。但是由于这些問題之間都相互联系,所以某个过程的最佳化通常就可以把它归結为对某些参数实现最佳化。

在說明用 A-110 计算机求解最佳問題的主要过程以前,要求对最佳問題有正确的理解。这里所指的是臆断地把所談到的最佳化問題归結为有限个变量的最佳化問題上。更精确地說,可以用下面的方式来确定。

使 N 个变量 $x, y, \dots$, 一方面满足 n 个形为 $f(x, y, \dots) = 0$ 的方程式, 另一方面也要满足 n' 个形为 $g(x, y, \dots) \geq 0 (\leq 0)$ 的不等式。須要找出当表达式 $h(x, y, \dots)$ 取最小值或最大值时的 $x, y, \dots$ 。变量数 N 、方程式数目 n 以及不等式数目 n' 只要求满足条件 $n < N$ 。函数 f, g 和 h , 可以是任意的、精确或近似的函数。因而,有可能把这种方法推广到綫性或非綫性的情况下去。

此外,函数 f, g 和 h 可以包含一些常数和变参数,例如,可以是时间的函数。因而能把这种方法用到静态和动态問題方面。

对于前面提出的最佳問題,能給出一定的物理解釋。可以把变量 $x, y, \dots$, 看作处于 N 維空間的点 M 之坐标。方程式 $f(x, y, \dots) = 0$ 确定了 N 个表面, 而 $g(x, y, \dots) = 0$ 确定了 n' 个表面。点 M 一方面属于前者决定的表面, 另一方面又被后者限制在某一个区域内。換句話說, 可以认为不等式 $g(x, y, \dots) \geq 0$ 不准点 M 进入以 $g = 0$ 所确定的空間边界。此外, 点 M 还处于以势能 $P = h(x, y, \dots)$ 为特征的力場中, 該力場力图移动点 M 至势能最小之处。

这个物理解釋引出的判据应满足最佳問題的解答。

2. 解的判据

为了导出这个判据,我們研究作用在点 M 上的各种力。这些力可能是由于表面 $f=0$ 的作用而产生的,也可能是由表面 $g=0$ 产生的,甚至也有可能是由势能 h 产生的。

如果我們研究表面 $f=0$ 在点 M 上形成的力,那么很明显,力的方向是沿着法綫,并指向表面的。它們的大小剛好把点 M 保持在 $f=0$ 的表面上。

由此看来,譬如对于表面 $f_i=0$ 所产生的力 F_i 而言,首先,它的分力 $F_{ix}, F_{iy}, \dots$ 相应地与函数 $f_i(x, y, \dots)$ 的偏导数 $\frac{\partial f_i}{\partial x}, \frac{\partial f_i}{\partial y}, \dots$ 成比例;其次,比例系数可以是正、負或零;但是,它們永远使 $f_i=0$ 。

換句話說

$$\frac{F_{ix}}{\partial f_i / \partial x} = \frac{F_{iy}}{\partial f_i / \partial y} = \dots = F_i$$

并且 F_i 要使 f_i 等于零。

为了实现这些条件,力 F_i 可以利用 f_i 对時間的积分而得到: $F_i = -K \int f_i dt$ 。其实,在这种情况下,只有当 $f_i=0$ 才有可能平衡。

現在来研究 $g=0$ 表面在点 M 上产生的作用力。首先,仅仅在表达式 $g(x, y, \dots)$ 不等于零,且具有所研究的不等式所需要的符号时,这些力才等于零。其次,表达式 $g(x, y, \dots)$ 力图改变符号(因而破坏了所研究的不等式),这些力就不等于零,其方向是沿着法綫并指向 $g=0$ 表面,而数值为阻止表达式 $g(x, y, \dots)$ 取相反的值。由此可得如下結論:

例如对于 $g_j=0$ 表面(假定所研究的不等式有 $g_j \geq 0$) 产生的作用力 G_j 而言,首先,它的分量應該相应的与函数 $g_j(x, y, \dots)$ 的偏导数 $\frac{\partial g_j}{\partial x}, \frac{\partial g_j}{\partial y}, \dots$ 成比例。其次,当点 M 在 $g_j(x, y, \dots) > 0$ 的区域内时,比例系数 G_j 等于零,而当点 M 属于 $g_j=0$ 的表面时,比例系数为正或等于零。这样一来, G_j 保証了表达式 $g_j(x, y, \dots)$ 为非負的条件。就某种意义来讲,就是移动点 M ,使其穿过 $g_j=0$ 的表面。換句話說是

$$\frac{G_{jx}}{\partial g_j / \partial x} = \frac{G_{jy}}{\partial g_j / \partial y} = \dots = G_j$$

式中 如果 $g_j > 0$ 有 $G_j = 0$;

相反,如果 $g_j = 0$, 就有 $G_j \geq 0$, 这样, $g_j(x, y, \dots)$ 就不能成为負值。

利用 g_j 对時間的积分而得到的 G_j , $G_j = -K \int \gamma_j dt$, 能够滿足 $g_j(x, y, \dots)$ 不为負值。式中 γ_j 等于 G_j 与 g_j 两个量中最小的一个(就代数值而言)。

应指出,在这些条件下,只有是下面两个情况之一才能平衡:

(1) 如果 $G_j > g_j$, 那么, $\gamma_j = g_j$ 。因而 $G_j = -K \int g_j dt$, 所以只有在 $g_j = 0$ 的情况下, 才可能平衡。

(2) 如果 $G_j < g_j$, 那么 $\gamma_j = G_j$ 。因而 $G_j = -K \int G_j dt$ 。也就是说, 仅在 $G_j = 0$ 的情况下才平衡。

上面所讨论的是 $g_j \geq 0$ 的情况。显然, 上述论断在 $g_j \leq 0$ 的情况下也是适用的。并且可以导出如下条件: 当 $g_j < 0$ 时, $G_j = 0$ 。相反, 如果 $g_j = 0$, 那么 $G_j \leq 0$, 使得 g_j 不能变为正值。

现在如果研究用势函数表征的力场在点 M 处形成的力, 那么, 就可以看出: 该力沿着法线, 指向通过点 M 的等势面 $h(x, y, \dots) = \text{const}$, 而且力图减少 $h(x, y, \dots)$ 的数值。由此观之, 它的分量 $H_x, H_y, \dots$ 应该相应地与函数 $h(x, y, \dots)$ 的偏导数 $\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial h}{\partial y}, \dots$ 成比例。而且比例系数 H 的符号保证表达式 $h(x, y, \dots)$ 按其要求变化。

换句话说

$$\frac{H_x}{\partial h / \partial x} = \frac{H_y}{\partial h / \partial y} = \dots = H$$

如果是搜索 $h(x, y, \dots)$ 的极大值, 则 H 是正的数值。而搜索 $h(x, y, \dots)$ 的极小值, H 是负的数值。因而, 可臆断地认为, 它的数值是任意的。实际上, 在所采用的装置中, 将把 H 选为常数。显然, 只有作用在点 M 上的力之和等于零时, 它才处于平衡状态。即是满足

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{ix} + \sum G_{ix} + H_x &= 0 \\ \sum F_{iy} + \sum G_{iy} + H_y &= 0 \end{aligned} \right\} N \text{ 个等式}$$

总的说来, 下列 N 个方程式的总和能给出所求的解。

$$\left\{ \begin{aligned} \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial x} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial x} + H \frac{\partial h}{\partial x} &= 0 \\ \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial y} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial y} + H \frac{\partial h}{\partial y} &= 0 \\ \dots\dots\dots \end{aligned} \right.$$

式中, i 是从 1 变到 n ; 而 j 是从 1 变到 n' 。系数 F_i 中的每一个应该是使 $f_i(x, y, \dots)$ 等于零。

在形式为 $g_j \geq 0$ 的不等式中, 表达式 $g_j(x, y, \dots)$ 可为正或等于零。对应于前一种情况的是系数 G_j 等于零; 对应于后一种情况的是大于零。这样一来, 使 g_j 不能为负值。

在形式为 $g_j \leq 0$ 的不等式中, 表达式 $g_j(x, y, \dots)$ 的值可为负亦可为零。相应于第一种情况的系数 G_j 应该等于零, 对于第二种情况 G_j 应该是负值或等于零, 这样就不能使 g_j 是正值。

當要求確定表达式 $h(x, y, \dots)$ 的最大值時, 係數 H 是正的; 而最小值時, H 是負的。

以後我們將看到, 由於具有獨特的結構, 特別是可逆誤差分配器的存在, A-110 計算機就可以非常簡單地找到 N 個方程式組成的方程組的解。

3. 簡短的說明

這裡, 我們不準備詳細地研究 A-110 計算機的技术特性。有關這些內容, 在 Honore, Torcheux 和 Uffler 的文章中已有闡述, 並發表於法國雜誌 "l'Onde Electrique" 1960 年 10 月和 12 月号上。為了簡化我們所研究的問題, 只簡單地研究 A-110 計算機的某幾種基本特性。

計算網絡 ANALAC 計算機的計算網絡工作頻率大約為 500 千赫。它僅由一些電感線圈和電容器組成, 其線路形式是對稱的。因而, 不管從輸入端或輸出端看進去, 網絡都是不變的。它是這樣工作的: 輸出端的電壓和電流 V_s, I_s 與輸入端的電壓和電流 V_e, I_e 有下述關係

$$V_s = \frac{I_e}{A} \quad \text{及} \quad I_s = A \cdot V_e$$

式中, A 稱為網絡的特性導納。

由於網絡對輸入端和輸出端而言, 是對稱的。因此, 這些關係式是可逆的, 並能寫出

$$V_e = \frac{I_s}{A} \quad \text{及} \quad I_e = A \cdot V_s$$

因而, 這樣的網絡不是單向, 而是雙向的。

誤差分配器 網絡的可逆性除在其他方面的應用外, 還可利用誤差分配器自動地求解隱函數方程組。誤差分配器的結構及作用原理的方框圖示於圖 1。它給出了三個未知數的三個方程式

$$f(x, y, z) = 0$$

$$g(x, y, z) = 0$$

$$h(x, y, z) = 0$$

伺服機構 S_x, S_y 和 S_z 主要是用以選擇變量 x, y, z 的現時值。根據這些數值, 計算部件 (部件 I) 給出表征表达式 f, g, h 的電壓; 另一個計算部件 (部件 II) 得到表征 f, g, h 的電壓並給出控制相應的伺服機構 S_x, S_y, S_z 的電壓 $\delta x, \delta y, \delta z$ 。這樣的部件就稱之為誤差分配器。它主要是由圖 1 上的一些網絡組成, 其中的三個是常數 ($A=1$) 而其餘的九個是按 x, y, z 的作用變化的。但是, 實現該作用的裝置並未畫在圖上。它們的特性導納相應地等於函數 f, g, h 對 x, y, z 的偏導數。根據網絡的可逆性, 電壓 $\delta x, \delta y, \delta z$ 由下列方程式確定

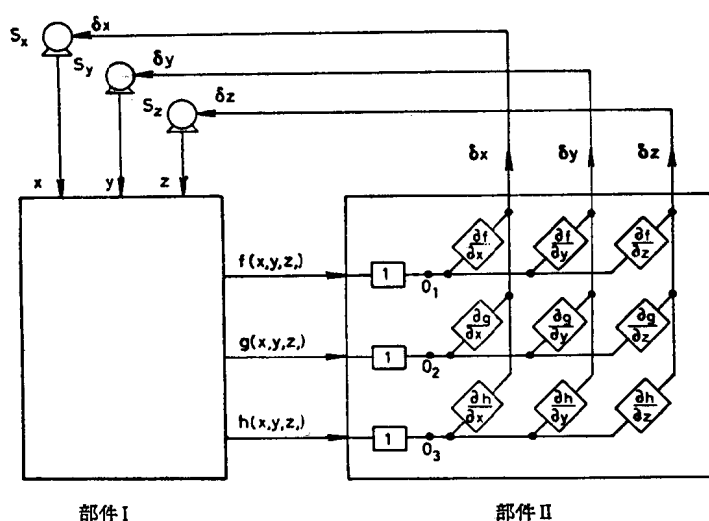


图 1

$$\delta x \cdot \frac{\partial f}{\partial x} + \delta y \cdot \frac{\partial f}{\partial y} + \delta z \cdot \frac{\partial f}{\partial z} = -f(x, y, z)$$

$$\delta x \cdot \frac{\partial g}{\partial x} + \delta y \cdot \frac{\partial g}{\partial y} + \delta z \cdot \frac{\partial g}{\partial z} = -g(x, y, z)$$

$$\delta x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + \delta y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} + \delta z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} = -h(x, y, z)$$

比較变量 x, y, z 的偏差对变量 x_s, y_s, z_s , 可以引出二次变量。而变量 x_s, y_s, z_s 就是方程組(*)的解。在 $x=x_s, y=y_s, z=z_s$ 的条件下, 伺服机构能自动地处于稳定状态。当方程式的数目多于未知数的数目时, 誤差分配器就自动地給出一个变化值。就某种意义而言, 該变化量是最佳的, 能滿足牛頓定律(最小平方差之和)。順便提一句, 在一般情况下, 伺服机构的控制单元完全是开路的, 并且有固定的放大系数。这样一来, 可自动得到稳定解。

A-110 计算机的结构 A-110 计算机是由內装运算部件的一些单独的柜子所組成。其中一部分称为“系数部件”, 用以得到常数或变数的各种乘积。而另一部分称为“代数部件”, 可按普通的数学表示方法写出方程式。在代数部件中又分“单项式部件”(“部件单项式”与方程的一项对应)及“比較部件”。后者能实现的运算符号是“相等(=)”或“等于零(=0)”。

利用“代数部件”及“单项式部件”与相应的“系数部件”組合, 装置本身就可以写出方程式 $f=0, g=0$ 和 $h=0$, 并使图 1 上的綫路得以实现。換句話說, 操作人員可把連續运算部件(部件 I)、誤差分配器(部件 II)以及实现这两个环节之間必需关系的比較部件同时組合使用。

4. 最佳問題的解法

現在，我們來研究一下前面提到的一些特點，以使 A-110 計算機求解前面提出的最佳問題。在有 N 個變量的情況下，裝置的線路示於圖 2。它包括：

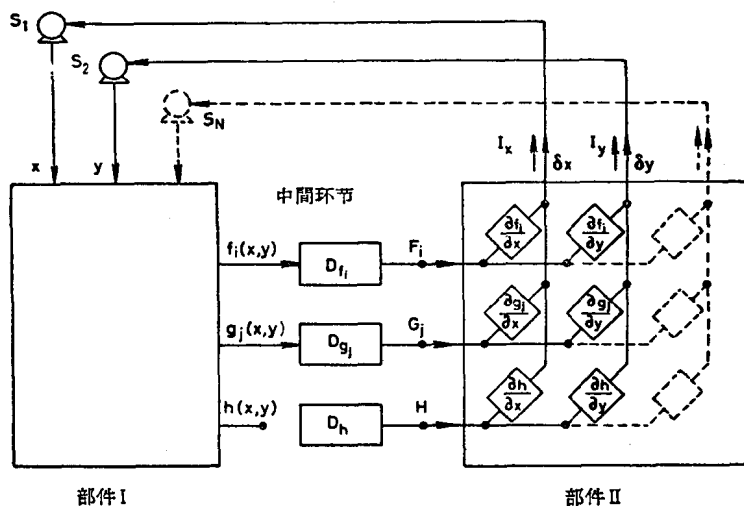


圖 2

—— N 個伺服機構： $S_1, S_2, \dots, S_N$ ；
 ——第一計算部件(部件 I)；
 ——中間環節 D_{f_i}, D_{g_j}, D_h ；
 ——第二計算部件(部件 II)，第二計算部件網絡的特性導納等於函數 $f_i(x, y, \dots), g_j(x, y, \dots), h(x, y, \dots)$ 對 $x, y, \dots$ 的偏導數(控制變量 $x, y, \dots$ 的部件在圖 2 上沒有給出)。可以看到，象對誤差分配器(部件 II，圖 1)一樣，用“單項式部件”在計算機上寫出表达式 $f_i(x, y, \dots), g_j(x, y, \dots), h(x, y, \dots)$ 能自動地構成圖 2 上的部件 I 和部件 II。此外，中間環節的配置如同配置比較部件的方法一樣。

我們來簡明地描述一下計算機的工作：

—— N 個伺服機構給出變量 $x, y, \dots$ 的即時值。
 ——函數 $f_i(x, y, \dots), g_j(x, y, \dots)$ 及 $h(x, y, \dots)$ 是以產生在部件 I 輸出端上的電壓來表示的。
 ——將這些電壓加到環節 D_{f_i} 和 D_{g_j} 的輸入端，而 D_{f_i} 和 D_{g_j} 給出電壓 F_i 和 G_j 。
 ——環節 D_h 給出電壓 H (各環節的作用將在下面研究)。
 ——在部件 II 的輸入端加上各種電壓 F_i, G_j 和 H 。根據前面對計算網絡作用原理的分析，部件 II 輸出端上就有電流 $I_x, I_y, I_s, \dots$ 出現，這些電流可用下面等式來確定。

$$I_x = \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial x} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial x} + H \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$I_y = \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial y} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial y} + H \frac{\partial h}{\partial y}$$

.....

把綫路 I 的輸出端直接联到輸入阻抗 R 很大 (假定所有伺服机构的輸入阻抗均相同, 其值为 R) 的 N 个伺服机构的輸入端, 結果, 部件 I 的各个輸出端出現电压 δx , δy , ...。并分別等于

$$\delta x = R \cdot I_x$$

$$\delta y = R \cdot I_y$$

.....

显然, 只有在电压 δx , δy , ...; 或电流 I_x , I_y , ... 等于零的情况下, 伺服机构 S_1 , ..., S_N 才会处于平衡状态。也就是要实现下列等式

$$N \text{ 个方程式 } \begin{cases} \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial x} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial x} + H \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \\ \sum F_i \frac{\partial f_i}{\partial y} + \sum G_j \frac{\partial g_j}{\partial y} + H \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \\ \dots\dots\dots \end{cases}$$

前面在研究解题判据时 (第 2 节) 所得到的方程組是和这个方程組等价的。因此, 伺服机构給出的变量 x , y , ..., 就是所研究問題极小值之解答。

剩下的仅仅是研究中間环节 D_n 、 D_{gj} 、 D_h , 怎样向所要求的数值 F_i 、 G_j 、 H 过渡。这部分內容在下一节內叙述。

5. 各中間环节的结构和作用原理

环节 D_h 环节的作用在于形成电压 H 。在第 2 节中我們已經看到, 这个电压有直流成份: $h(x, y, \dots)$ 取极小值时为負; $h(x, y, \dots)$ 取极大值时为正。較准确的讲, H 的数值并不重要, 只要足够保証在各伺服机构的綫路內有必需的放大系数即可。环节 D_h 基本上是简单的固定电压源, 此外, 还能确定表达式 $h(x, y, \dots)$ 之值。在 ANALAO 计算机中, 这个环节是以称为“最佳部件”的单个計算部件的形式实现的。在使用方面与比較部件相似。

环节 D_f 环节 D_f 的作用是按第 2 节的原则將 f_i 轉換为 F_i 。在实际系統中, 它作下面的轉換

$$F_i = - \int f_i \frac{dt}{\tau} - f$$

時間常数 $\tau \approx 1$ 毫秒; $-f$ 項是校正电流, 它可以含有高频分量。由于在部件 I 的可逆結合中存在这个分量, 因而可以得到稳定的解答 (象誤差分配器的情況一样)。

在方框图 3 中环节 D_j 由三个元件组成:

传递系数是 -1 的反号器;

时间常数为 1 毫秒的积分器;

加法器。

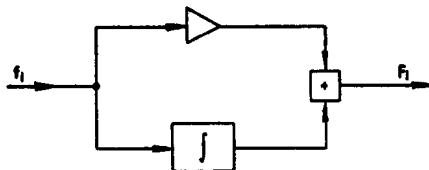


图 3

在加法器的输入端加上反号器及积分器的输出, 那么它的输出端即能给出 F_i 。在 ANALAC 计算机上, 这个环节是由两个标准部件 SM 组合而成的。它使小时间常数的积分能够实现并且亦可以称为能实现残余函数的限制部件, 也能当比较部件使用。

环节 D_{gj} D_{gj} 的作用是按第 2 节的原则把 g_j 转换为 G_j 。

在实际系统中, 根据与环节 D_{ji} 相同的原因, 可以实现下面的转换

$$G_j = -\int \gamma_j \frac{dt}{\tau} - g_j$$

式中, $\tau \approx 1$ 毫秒。

就代数意义而言, γ_j 等于 G_j 和 g_j 中最小的一个。图 4 是 D_{gj} 的线路。它由四部分组成:

反号器——传递系数是 -1 ;

转换器 C ——输入电压是 G_j, g_j ; 输出电压是 γ_j (这个环节是由二极管组成);

积分器——积分时间常数小, 输入电压为 γ_j ;

加法器——能给出 G_j 。

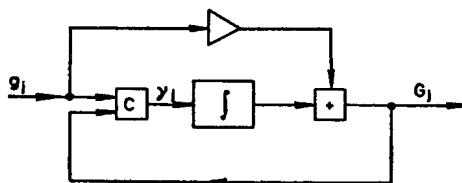


图 4

显然, 图上的方框图是与 $g_j(x, y, \dots) \geq 0$ 的情况相对应的; 而在 $g_j(x, y, \dots) \leq 0$ 的情况下, 应取 G_j 和 g_j 二者中最大的一个 (就代数意义而言)。

在计算机中, 上面已分析过的限幅部件总是包含用二极管组成的转换元件 C 。这样一来, 利用开关元件 C 的简单换接, 在部件 SM 的组合中, 当 $g_j \geq 0$ 时, 它就可以

当作环节 D_n , D_{gj} 使用。或者当 $g_j \leq 0$ 时, 当作环节 D_{gj} 来使用。

結 束 語

A-110 ANALAC 模拟计算机的结构特点及其技术特性, 使得它能够特别方便地求解方程式数目为一定的方程组及未知数最少的方程组。甚至, 在方程组中可以同时含有近似方程、精确方程及不等式。

但是, 应指出: 用 ANALAC 计算机解最佳问题的范围是很广的。因为, 它既能解含有各种极值条件、方程式及不等式组合起来的问题; 又能解线性、非线性的多变量方程式及不等式。当函数 f 、 g 和 h 是时间的函数时, 这个机器还能求解动态问题。

同时还要指出: 不论所研究的问题怎样复杂, 都有把握得到稳定的解答。

最后提一下, 操作人员的工作是相当简单的, 只要操作人员能用普通的方法对计算机给出数目最少的表达式、必需的方程式及不等式就可以了。

(韓振革譯 倪純仁、梁漢泉校)

在模拟计算机上研究催化裂化装置中 能量回收系统的动态行为

〔荷兰〕 C. A. J. M. van der Heyden, A. G. van Nes

引 言

美国的 Shell 公司拟定了利用包含在催化裂化装置再生器废气中能量的系统^①。这一想法已在 Montreal 炼油厂做过小型试验。

在设计催化裂化装置能量回收的工业系统时,为了确定控制和保护系统的效率,就必须研究系统的动力学。

因为用一般计算方法来解此课题过于复杂,所以提出了利用模拟计算机上的电学模型。

1. 能量回收系统的描述

在催化裂化装置的再生器中,催化剂上的焦炭在空气中燃烧,并转变成 CO。此 CO 气体进入锅炉(图 1),CO 在锅炉里燃烧。燃烧所得的热量用来产生蒸汽。从锅炉中出来的烟气带动透平机,并经过预热给水的省煤器后,排至大气。透平机本身又带动压缩机把空气送到催化裂化装置再生器,也把空气送到锅炉,以使用来燃烧一氧化碳。

从研究系统静态而得出的最好调节系统包括:再生器中的压力调节器,它使得装在透平机旁路上的调节阀动作;供给再生器的空气流量调节器,它使得再生器旁路上的调节阀动作;透平机入口处的气体温度调节器,它使得装在锅炉下面燃烧器燃料供应管路上的调节阀动作;流入锅炉燃烧器中燃料和空气流量的比值调节器,它使得装在燃烧器燃料供应管路上的蝶阀动作。

2. 决定必须在模拟线路上进行研究的因素

为了确定:(a)系统的稳定性和(b)在事故情况下系统的行为,要求对上面所描

会议论文第 261 号

① The Oil and Gas Journal, April 20th 1959, Vol. 57, No. 17, p. 94~100——原注

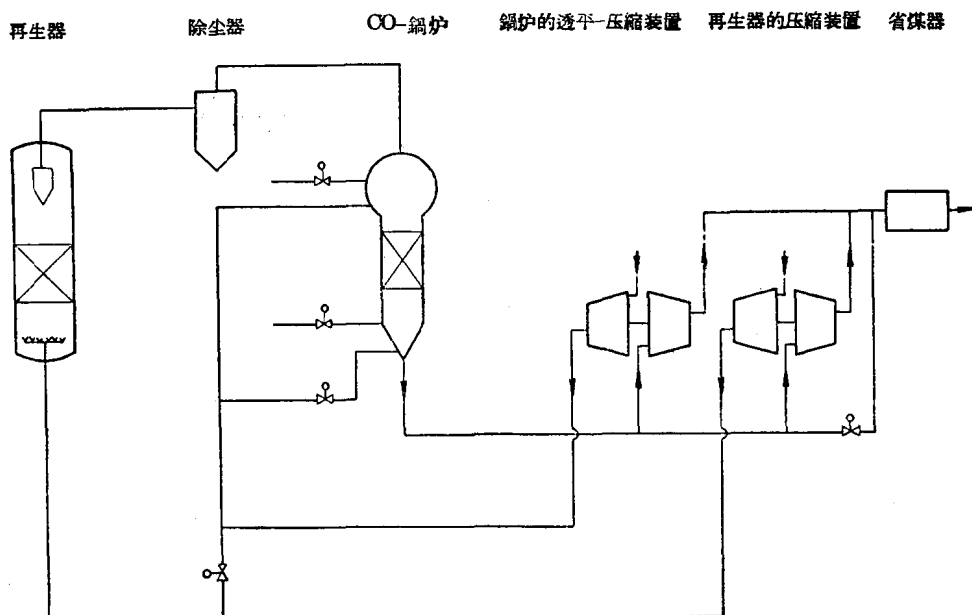


图 1

写的系统进行动态分析。对系统还要求：装置的个别组件的事故，不会造成催化裂化装置的停工。

能量回收系统由若干闭合回路组成。第一个回路，从再生器的空气压缩机开始，经过再生器和 CO-锅炉，并在带动再生器空气压缩机的透平机处闭合。第二个回路，由把空气送到锅炉以燃烧一氧化碳的压缩机，锅炉本身和带动这些压缩机的透平机所组成。调节系统要求附加三个闭合回路。这些闭合回路使得用解析法研究系统的动态行为成为非常困难。根据这样一个理由，提出了模拟方法。

3. 工作概述

在建成电学模型之前，必须预先研究对这种模型的要求。

在计算机上的试验应分六个阶段进行。

(1) 检查在设计状态下系统的稳定性。这一试验的任务在于确定所提出的自动调节系统线路图是否与所提出的目的相符合；在不符合的情况下，在电学模型上试验其他的可能方案。

(2) 检查在偏离设计状态下系统的稳定性。这一试验的任务在于检查调节系统在接上不同数量的透平-压缩装置情况下的工作。

用下列要求来确定透平-压缩装置的一些组件的工作范围：

- (a) 透平机入口气体温度不应超过规定值。
- (b) 在下面所举出的事故情况下，不应该引起整个催化裂化装置完全切断。(i)