

自动系统中的计算装置

上 册

A. A. 費里德堡 著

科学出版社



73.8
.668
-1

自动系统中的计算装置

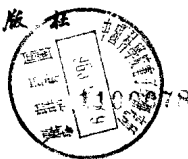
上 册

A. A. 費里德堡 著

王众托 譯

科学出版社

1965



自动系统中的计算装置

下 册

A. A. 费里德堡 著

王众托 译

科学出版社

1965



1100079

А. А. Фельдбаум
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Физматгиз, Москва, 1959

內容提要

本书着重从理論方面来讲述各种計算裝置(主要是电的)的作用原理,綫路結構,計算裝置在自动系統中应用的必要性、可能性、使用方式以及由于使用計算裝置而发展起来的几个新的自动控制方向(如最佳过程、自整定控制等)等问题。

全书共有三部分,中譯本分上、下两册出版。上册包括第一、第二两部分。第一部分——自动系統,扼要地介紹了自动控制(主要是自动調整)的基本概念和理論;第二部分——計算裝置,系統地講述了电的計算裝置元件、連續動作式和数字式計算裝置的作用原理、綫路結構、优缺点与应用范围。下册,即原书的第三部分——計算裝置在自动系統中的应用,介紹了計算裝置在自动系統中的应用以及由此而发展起来的一些新型控制系統的工作原理与理論問題。

本书可供从事自动控制与計算技术方面的科学工作者、高等学校有关专业的教师、研究生、高年级学生以及工程技术人员参考和使用。

自动系統中的計算裝置

上 册

(苏联) А. А. 費里德堡 著

王众托 譯

科学出版社出版

北京朝陽門大街117号

北京市书刊出版业营业登记证出字第061号

上海新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

1965年4月第一版

1965年4月第一次印刷

印数:0001—6,400

开本:787×1092 1/16

印张:20 3/4

字数:477,000

统一书号:15051·108

本社书号:3114·13-8

定价:[科七] 2.90元

А. А. Фельдбаум
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Физматгиз, Москва, 1959

0572/11

內 容 提 要

本书着重从理論方面来讲述各种計算裝置(主要是电的)的作用原理,綫路結構,計算裝置在自动系統中应用的必要性、可能性、使用方式以及由于使用計算裝置而发展起来的几个新的自动控制方向(如最佳过程、自整定控制等)等問題。

全书共有三部分,中譯本分上、下两册出版。上册包括第一、第二两部分。第一部分——自动系統,扼要地介绍了自动控制(主要是自动調整)的基本概念和理論;第二部分——計算裝置,系統地讲述了电的計算裝置元件、連續动作式和数字式計算裝置的作用原理、綫路結構、优缺点与应用范围。下册,即原书的第三部分——計算裝置在自动系統中的应用,介绍了計算裝置在自动系統中的应用以及由此而发展起来的一些新型控制系統的工作原理与理論問題。

本书可供从事自动控制与計算技术方面的科学工作者、高等学校有关专业的教师、研究生、高年級学生以及工程技术人员参考和使用。

自动系統中的計算裝置

下 册

[苏联] А. А. 費里德堡 著

王 众 托 譯

科学出版社出版

北京朝陽門內大街 117 号

北京市书刊出版业营业登记证出字第 001 号

上海新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

1959 年 4 月 第一版

1959 年 4 月第一次印刷

印数: 0001—6,400

开本: 787×1092 1/16

印张: 20 3/4

字数: 486,000

统一书号: 15031·100

本社书号: 3115·15-8

定价: [科七] 2.90 元

序 言

目前,各种类型的計算裝置已經广泛地用来解决与自动調整有关的问题,用来計算、臆定和研究自动系統。一个新的发展阶段——在自动系統中应用計算裝置,把它用作自动系統的控制部分,正在开始。这种应用可以保证自动学显著的技术进步,可以在这门科学中开辟新的領域。在这方面,还有许多未曾闡明的问题:不仅是沒有问题的解法,甚至許多重要问题的确切提法都还没有。在本书中,研究自动学中这一新的領域的基本特征、设备的理論和結構原理;此外,还討論某些发展前途。本书讲述内容不可能无所不包,因为在一本书中,不可能把与自动学这一方面有关的全部工程問題、物理問題与数学問題都包含在內。因此着重在基本概念与原理。实际例子的选择,以及对某些理論部分作較細致的闡述,在一定程度上受到作者所参与的理論与实验性研究工作的性质所制约。

本书是根据作者在 1954—1956 年間为高等学校听讲者、教員与工程技术人員讲课的几次讲稿整理出来的。本书可供高年級大学生与研究生、自动学专家以及对自动学感兴趣的物理学家与数学家使用。书中第一部分是自动系統理論的基本概念与研究方法的概述。第二部分研究計算裝置的构成原理。第三部分篇幅最大,研究計算裝置在自动系統中应用的途徑。书末附有参考文献,其中包括作者引用的文献,以及本书完稿后出現的文献,添上以供进一步研究这一領域的问题使用。作者感谢技术科学副博士 А. В. 賀拉美(Храмов)在列述文献时的鼎力协助。

技术科学博士 Я. В. 崔普金(Цыпкин)教授提出許多宝贵意見,本书編輯者、技术科学副博士 Н. А. 柯若列夫(Королев)为了提高本书质量付出大量劳动,作者深致谢忱。第十二章第一节中“非綫性系統中的补偿”一段,乃是与数-理科学副博士 Ю. А. 施雷德爾(Шредер)共同执笔完成的。

А. 費里德堡

目 录

序言	(iii)
----------	---------

第一部分 自动系统

第一章 自动系统理论的基本概念	(1)
-----------------------	-------

§ 1. 自动系统的一般构成原理	(1)
自动化的任务(1), 控制的形式(1), 自动系统的结构(3),	
§ 2. 自动调整系统的例子和分类	(5)
随动系统(5), 电压调整器(8), 自动调整系统的分类(9),	
§ 3. 自动系统理论的基本概貌	(11)
自动调整理论的任务(11), 控制系统一般理论的结构(13),	

第二章 系统的结构图和特性	(16)
---------------------	--------

§ 1. 环节和系统结构图	(16)
基本线性环节(16), 自动调整系统线性环节的例子(19), 自动调整系统的结构图(21), 自动调整系统的动态误差(22), 非线性环节和非线性自动调整系统的结构图(23),	
§ 2. 线性环节和系统的特性	(25)
转移函数(25), 系统的过渡函数(30), 复转移系数(30), 幅-相特性(32),	

第三章 稳定性	(33)
---------------	--------

§ 1. 线性系统的稳定判据	(33)
赖斯-霍维茨判据(33), 临界放大系数(34), 稳定域(35), 米哈依洛夫判据(36), 奈魁斯特判据(37),	
§ 2. 附加速系; 线性系统的镇定	(38)
附加速系的基本类型(38), 利用附加速系进行镇定的例子(41),	
§ 3. 非线性系统稳定性的研究法	(42)
相空间(42), 运动稳定性(44), 基本研究方法的特点(45), 微偏法(46), 李亚普诺夫第二方法(48), 谐波平衡法(49),	
§ 4. 特殊系统稳定性的研究	(50)
带迟滞的系统(50), 脉冲调整系统(51), 不连续拉氏变换(53), 脉冲转移函数(54), 脉冲自动调整系统的稳定性(55),	

第四章 稳定系统中的过程	(57)
--------------------	--------

§ 1. 调整品质与综合问题的提法	(57)
对过渡过程的要求的提法(57), 研究任务(58),	
§ 2. 过渡过程研究方法	(58)
直接研究法(58), 间接法的主要类型(59), 频率法(60), 根分布法(62), 积分法(64),	

- § 3. 統計研究法..... (67)
过程研究法的主要类型(67), 均方根誤差及其極小化(67), 統計意义下最佳綫性系統的概念(71).
- § 4. 最速过渡历程系統的概念..... (72)
問題的提出(72), 最簡單的情况下的最佳过渡历程(73), 最簡單的最佳系統的綜合(74).

第二部分 計 算 裝 置

第五章 自动計算裝置的构成原理 (77)

- § 1. 控制理論的基本概念..... (77)
控制理論的原始概念(77), 信号和系統的基本特性(78), 控制理論的基本任务(80).
- § 2. 量的表示方式..... (81)
表示方式的分类和基本定义(81), 不連續-連續表示法(82), 純粹不連續表示法(83), 柯切爾尼科夫定理(86).
- § 3. 信息論概要..... (86)
信息量(86), 信息量公式的推广(88), 无干扰的不連續傳輸訊道(92), 有干扰的不連續通訊道(96), 連續信号(101).
- § 4. 量的变换..... (105)
純粹連續表示方式的量的变换(105), 不連續-連續表示量的变换(108), 純粹不連續表示方式的量的变换(109), 邏輯代數概要(109), 使用不連續表示法时的基本元件(111).
- § 5. 計算裝置的結構图..... (112)
連續动作的計算裝置的結構图(112), 不連續动作的計算裝置結構图(116), 計算裝置結構图的分类(118).
- § 6. 計算裝置的用途与应用范围..... (120)
計算裝置的主要应用范围(120), 計算裝置主要类型的划分(122).

第六章 电的計算裝置的元件 (124)

- § 1. 計算裝置元件的分类..... (124)
按綫路复杂程度和专用性的分类(124), 按照量的变换特点来分类(125), 按綫路构成原理来分类(125).
- § 2. 放大器..... (125)
直流放大器(125), 电子穩压器(133).
- § 3. 触发器綫路的主要类型..... (134)
触发器綫路的工作原理(134), 平衡状态的稳定性(136), 对称触发器綫路(137), 不对称触发器綫路(139), 用晶体三极管构成的触发器(140), 动态触发器(140).
- § 4. 触发器綫路的变型与应用..... (142)
触发器綫路的应用范围(142), 对称触发器被加在两个栅板上的脉冲所翻轉(143), 最簡單的二进制計数器綫路(145), 在計算裝置中使用的触发器綫路方案(147), 十进(十位)計数器(149), 单穩触发器(151), 多諧振蕩器(152).
- § 5. 最簡單的非綫性变换器綫路..... (153)

线路的分类与主要用途(153)。限幅器(153)。开关(155)。基本邏輯元件线路(157)
二极管矩阵(159)。

第七章 連續动作的計算裝置 (164)

- § 1. 电机式与无源电环节 (164)
电机式积分环节(164)。电机式乘法器(165)。无源电路(165)。
- § 2. 电子綫性环节 (167)
带误差补偿的积分环节(167)。带深度負反饋的环节(168)。基本环节线路(171)。
深度負反饋线路对泄漏和負載变化的不敏感性(174)。
- § 3. 綫性电子模型 (177)
线路构成的一般方法(177)。模型线路构成的特殊方法(180)。初始条件的給定和线路的启动(183)。
- § 4. 通用单輸入非綫性变换器(HII-1) (186)
单輸入非綫性变换器(HII-1)的分类(186)。二极管式 HII-1 (187)。二极管三极管式 HII-1 (188)。組合式兩級 HII-1 (190)。
- § 5. 专用HII-1 (191)
专用 HII-1 的二极管单元(191)。饱和区与失灵区的模拟(192)。空滞特性与带滞环的继电器特性的模拟(194)。干摩擦的模拟(197)。
- § 6. 乘法器和除法器 (197)
乘法器和除法器的分类(197)。二极管式乘法器(199)。使用碳化硅电阻的乘法器(200)。時間脉冲式乘法器(201)。具有粗糙两种系統的乘法器(204)。
- § 7. 双輸入式通用非綫性变换器(HII-2) (209)
可能实现 HII-2 的原理(209)。逐段綫性近似的电子式 HII-2 的构成原理(210)。电子式 HII-2 线路(211)。
- § 8. 非綫性电子計算裝置 (213)
非綫性电子模型的例子(213)。在連續动作的計算裝置中产生误差的原因(216)。在简单的計算裝置线路中误差研究举例(219)。計算裝置线路中误差研究的某些方法(222)。

第八章 数字計算裝置中的算术运算 (223)

- § 1. 不連續动作的計算裝置的基本构成原理 (223)
不連續动作的計算裝置技术的发展(223)。程序控制的数字計算裝置(224)。数字計算裝置的基本类型(225)。
- § 2. 数字計算裝置工作的算术基础 (226)
計數制(226)。数字表示形式(228)。原碼(229)。补碼(231)。反碼(232)。位兩溢出的标志(234)。在計算裝置中进行算术操作(235)。
- § 3. 数字計算裝置元件的线路 (237)
脉冲与电位(237)。基本部件的线路(238)。寄存器(239)。
- § 4. 加法器 (244)
加法器的分类(244)。一位組合加法器(245)。串行組合加法器(246)。串行累加器(247)。并行組合加法器(248)。并行累加器(248)。加法器一位的线路举例(251)。
- § 5. 运算器 (253)
运算器中的操作(253)。乘法(255)。

第九章 不連續动作的計算裝置	(257)
§ 1. 使用延遲綫的存儲器	(257)
裝置原理(257), 汞延遲綫(257), 使用汞延遲綫的存儲器結構圖(258).	
§ 2. 使用磁鼓的存儲器	(260)
裝置原理(260), 磁性記錄(261), 写入与讀出綫路(262), 使用磁鼓的存儲器的結構圖(263).	
§ 3. 使用电子射綫管的存儲器	(264)
裝置原理(264), 写入(265), 讀出(267), 保存(267), 优点与缺点(268).	
§ 4. 其它类型的存儲器	(268)
使用磁芯的存儲器(268), 靜电存儲器(270), 磁帶(270), “固定”存儲(271).	
§ 5. 程序設計	(272)
基本操作(272), 按标准子程序进行的操作(273), 指令的形式(276), 无条件轉移与条件轉移(277), 变换地址(279), 程序設計举例(281).	
§ 6. 控制器	(284)
控制器的任务(284), 控制器的元件(285), 控制器結構圖举例(288).	
§ 7. 使用程序控制的数字计算机的工作	(290)
輸入与輸出裝置(290), 数从一种計数制变到另一种計数制(291), 数字计算机可以解的題(293), 計算的檢查(295).	
§ 8. 专用数字計算裝置	(297)
数字微分分析机(297), 帶固定結構綫路的数字計算裝置(302).	
§ 9. 計算裝置发展趋势	(305)
裝置元件(305), 計算裝置組成的型式和原理(313).	
參考文獻	(316)

目 录

第三部分 计算装置在自动系统中的应用

第十章 计算装置在自动系统中应用的一般原理	(325)
§ 1. 计算装置(BY)在自动系统(AC)中应用的主要方向	(325)
自动系统的发展趋势(325), 指令式计算装置(326), 处理信息用的计算装置(信息式计算装置)(327), 补偿式计算装置(328), 调整式计算装置(329).	
§ 2. 计算装置在自动调整系统(CAP)中的应用	(330)
整定值的调整(330), 最佳系统(333).	
§ 3. 计算装置在自整定系统中的应用	(335)
自整定系统(CAH)(335), 自寻最优系统(336), 自动探索方法(338).	
§ 4. 与计算装置应用有关的若干理论问题	(340)
对策(博弈)论与线性规划(340), 假设检验(345), 信号和噪音的分离(350).	
第十一章 指令式与信息式计算装置	(355)
§ 1. 表示方式的变换	(355)
表示方式变换器的作用(355), 变角位移为脉冲电码表示方式的变换器(356), 变电压为数字表示形式(361), 由数字表示形式变换成连续形式(364).	
§ 2. 金属加工中的指令式计算装置	(365)
工业自动学中的指令式计算装置(365), 不连续动作式指令式计算装置(367), 混合型指令式计算装置(373), 连续动作式指令式计算装置(374).	
§ 3. 数字控制系统的研究法	(374)
理论研究法(374), 利用电子模型的研究法(378).	
§ 4. 处理规则信息的计算装置	(381)
处理信息用的计算装置的应用范围(381), 第一类信息式计算装置(382), 第二类信息式计算装置(384), 第三类信息式计算装置(389).	
§ 5. 处理随机信息的计算装置	(394)
随机信号发生器(394), 分布函数分析器(397), 求平均值(400), 利用相关函数求对象的过渡函数(404).	
第十二章 补偿式与调整式计算装置	(409)
§ 1. 补偿理论	(409)
补偿与调整(409), 线性系统中的补偿(410), 论自动调整理论中“补偿”这一名词(413), 非线性系统中的补偿(417).	
§ 2. 轧钢机用的补偿式计算装置	(426)
补偿的任务(426), 系统方程式(428), 补偿式计算装置的线路(432).	
§ 3. 调整式计算装置	(439)
统计调整(439), 电弧炼钢炉中过程的调整(441), 电炉的电子模型(443), 电炉电力工况积分校正用的计算装置(444).	

§ 4. 复合系统	(447)
复合系统的结构图(447), 焊管机的自动控制(448), 参变补偿系统(450), 间接鉴定输入作用的参变补偿(454)。	
第十三章 最佳系统	(458)
§ 1. 最佳过程理论	(458)
最佳过程的概念(458), n 段定理(463), 最佳过程举例(467), 极大值原理(471),	
§ 2. 最佳系统综合理论	(473)
综合问题的提出(473), 利用相空间解决问题的方法(475), 一些看法和总结(477),	
§ 3. 最佳系统综合举例	(482)
可在相平面上解决的问题举例(482), 可在三维相空间中解决的问题举例(489),	
§ 4. 近乎最佳系统的综合方法	(501)
快速系统综合的基本方法(501), 理想关系式的逼近(501), C 部分的简化(506), 构成快速系统的某些原理(512),	
§ 5. 最佳系统的特殊情况 and 概念的推广	(513)
快速方面的最佳系统(513), 极小化极大值(519),	
§ 6. 生产过程中的最佳状态	(520)
热裂装置的最佳状态问题(520), 反应器中的最佳过程(523),	
第十四章 自整定系统	(529)
§ 1. 自整定系统最重要的类型和应用范围	(529)
看作反馈系统的自整定系统(529), 自寻最优系统(531), 自寻最优系统应用的展望(532),	
§ 2. 最简单的极值系统装置的原理	(535)
单变量极值系统的类型(535), 使用连续试探动作的系统(536), 偶而进行试探动作的系统(544),	
§ 3. 自动寻优器, 综合器(变分自动机)	(546)
自动寻优器构成问题(546), 在电子模型上进行线性规划(548), 不加限制的寻优器(552), 加限制的寻优器(566), 综合器(569),	
§ 4. 间接寻优法	(572)
解决自寻最优问题的各种方法(572), 电力系统中负荷的经济分配(574), 自整定系统与自动调整系统之间的相互关系的一些形式(579),	
第十五章 自整定系统的理论基础	(585)
§ 1. 不连续自动机	(585)
不连续系统的类型(585), 多拍线路(588), “逻辑”机(594), “学习”机(598), 算法装置(601),	
§ 2. 自整定系统中的过程	(603)
自整定系统的特征(603), 定态过程(近似求法)(607), 定态过程(准确求法)(610), 稳定性(613),	
§ 3. 论自动探索的最佳过程	(619)
最佳自寻最优系统的综合问题的提出(619), 随机因素对自动探索过程的影响(623), 自寻最优系统的改善途径(633), 某些展望(640),	
参考文献	(643)

第一部分 自动系統

第一章

自动系統理論的基本概念

§1. 自动系統的一般构成原理

自动化的任务 自动化的目的在于消除人直接控制生产过程。在自动化的生产中，人应该只监视过程的进行，并且控制整个生产（而不是每个单独的机组）。当然，设备的检修、整定、更换以及研究和改进还是需要人直接参加的，但是在一般的正规的生产过程中，在每个生产工段上是应该消除人的直接参加的。

生产过程自动化是不可能立刻全面“一蹴而就”的。这是一个漫长的过程，在这个过程中，各工序的局部自动化逐渐扩大，转变为生产的综合自动化。

自动化的必要的先决条件是生产的机械化。

在机械化的生产中，人控制机器的工作。但是原动机和工具机的发展不可避免地会达到这样一个地步：必需研制代替人在生产过程的这一工段上的控制机。这样就开始了自动化阶段。

各种过程之所以需要自动化，是由于要提高机器的生产率、动作速度、尺寸和功率，提高生产过程的准确度和复杂程度。对于人来说，要想足够迅速而准确地控制机器的运动，已经变得很困难甚至不可能了。有时候，只有从手动控制过渡到利用机器控制，即使用自动化，才能有效地利用生产机组，研制新的高生产率装置。

由于自动化机组的产品产量增加、质量改善而获得的经济效果，是自动化的有力刺激。劳动条件的改善也是一种有力的刺激。

在自动化的生产中，人的作用是不是就趋于零了呢？完全不是；相反地，人的作用变得愈来愈重要了，因为这时人要控制复杂的机器和自动机系统。照管这种系统需要高度的熟练程度与本领。但系统的生产率要比非自动化的机器的生产率高得无与伦比。在自动化的情况下，人的劳动变得更熟练和更复杂，但工作条件却显著改善了。

控制的形式 在研究生产过程自动化的方法之前，最好是分析一下：人在非自动化的机组上，完成什么样的控制作用。当保持生产过程正常进行时，通常使用了三种控制形式，这三种形式可以称为：(a) 程式性控制；(b) 调整；(c) 整定。

程式性控制 包括最简单的控制作用，例如机组的投入运转和解出，发出一定的控

制脉冲(这可能是按照某一程序的)等等,所有这些控制作用,都是事先确定的运动或信号,与生产过程的实际进行情况或者机组的具体状态无关。

在研制程式性控制系统时,产生一系列对控制机技术说来具有特点的复杂问题。例如在远距离传送信号脉冲时,尽可能减小干扰的影响是极其重要的。此外还有怎样储存复杂的程序、怎样变换控制脉冲等问题。事实上,这一系列问题,和通讯的基本问题是一致的——这并不是偶合。的确,通讯可以看作远距离控制电话听筒膜片的振动,使它重复送话端送话器电路中的振荡,或者看作控制电视接收机的显象管中的电子束的运动,或看作控制电报接收打字机等等。因此,通讯理论与控制理论的许多基本问题,根本是一致的。今后将不止一次地强调指出这一事实。

从原理上来说,程式性控制系统的应用是受到限制的。的确如此,采取事先确定的控制作用,是为了得到一定的结果,这种结果是以过程进行的适当进程或结局形式表示的。程式性控制所依据的是下列原理:“同样原因得出同样结果”。比方说,如果根据以往的观察和试验已经知道,磨轮需要在怎样的初始位置,需要怎样的进给,以及需要多少磨削时间,才能得到所需尺寸的零件,那么在加工后面的零件时,只要把这些量整定为原先给定的值就行了。如果已经知道,一定的矿料、一定的热风温度与压力等等可以保证高炉正常运行,那只要把它们整定为给定值就行了。但是,使用这种控制方法,却没有考虑一些附加因素,这些因素可能使过程发生变化,而它们的作用大部分是事先完全无法考虑的,例如:

- (a) 给定的输入参量无法准确地保持住所造成的影响;
- (b) 一些无法考虑的“寄生”扰动由外界作用于控制对象所造成的影响;
- (b) 控制对象状态或特性的改变所造成的影响¹⁾。

比方说,磨轮的磨损、进给量的未能准确保持、連結处的空隙与齿隙等都会使零件尺寸开始偏离所需值。高炉中矿料成分的微小偏差,以及炉况的改变(例如由于装料不均而使穿过料层的透气不均匀),都会改变高炉冶炼过程的进行。因此,对于很大的一类过程来说,这种又“瞎”又“聋”、不能觉察出过程实际进行的特点的程式性控制,是很不方便甚至根本不能用的。必需过渡到更复杂的控制形式。

调整 当使用调整这种方式时,作用在控制对象上的控制信号,事先是不确定的,它们的特性决定于生产过程具体的进程。调整的任务在于保持任何过程的指标为所需值。发电机母线上的电压应该保持等于某一所需的恒定值,不依各种因素的变化,例如不依发电机负载电流值为转移。高射炮的炮管轴的角位置,例如炮管轴的方位角,应该和由对空射击指挥仪所给定的标定轴角位置一致,不依其他因素为转移。磨削加工的零件的尺寸,在加工之后,应该等于所需值,与任何因素无关,包括磨轮磨损在内。淬火炉的温度,在淬火过程中,应该按照某一事先确定的程序改变,不依任何其他因素,例如外界室温变化为转移。

在上述每一个例子里,都有一个量,它的值需要保持恒定,或者按适当方式变化。这个量叫作被调整量。在高射炮中,这个量是炮管角位置;在磨床中,这是磨削加工零件的尺寸;在淬火炉中,这是它的温度。我们用字母 X 表示被调整量。需要固定或保持被调整量等于某一已知值 X_0 , 我们把这个值叫作规定量或者标定量。规定量 X_0 可以是:

- (a) 恒定量,例如零件所需的尺寸便是恒定量;

¹⁾ 所有这些影响,都可以折算成作用于对象的干扰(例如参看第十五章)。

- (6) 事先知道的时间函数,例如淬火炉的温度变化应该按一定的程序进行;
 (b) 事先不知道的时间函数,例如高射炮的炮管角位置应该按照某种规律,随着目标的任意的、事先不知道的运动变化。

由此可见,在进行调整时,需要保持等式

$$X = X_0, \quad (1.1)$$

确立和保持这一等式的操作叫作调整。这是基本的和最重要的控制操作之一。在调整过程中,要比较 X 与 X_0 ; 如果发现 $X > X_0$, 就应该减小 X ; 倘若 $X < X_0$, 就必需增大 X 值。

整定 人还可以完成比调整更要复杂的控制作用。下一种更复杂的控制作用的形式,包括对任何控制系统(甚至可能是自动化的系统)的整定和调准,使系统趋于正常的、有利的或者最好的工作状态。这种操作可能是偶而或周期性的整定某种装置,例如把其中的过程调到最佳状况上。这种操作也可能是连续校正自动控制系统的参量,以便在控制对象或者更广泛一些——调整与控制系统的某一部分的特性经常变化时,保证最有利的工艺状态。

在进行整定时所进行的主要操作是探索。我们来研究把收音机调准到任何一个无线电台的情况作为例子。为了得到最好的调谐,必须进行试探动作,旋转调谐旋钮。如果这时响度加大,那么就应当向原来方向继续旋转旋钮。如果响度变小了,那么就应当向相反方向旋转旋钮。这样一来,利用探索的方法,就可以找到事先不知道的、对应于最大响度的旋钮位置。

自动系统的结构 当上述控制作用自动化了的时候,就形成了三类自动系统:

- (a) 自动程式性控制系统(俄文缩写 САМКУ);
 (б) 自动调整系统(俄文缩写 САР);
 (в) 自动整定系统(俄文缩写 САИ)或称自适应系统。

自动程式性控制系统的结构图最简单(图 1.1)。控制装置 Y 把控制作用 u 加在控制对象 O 上。控制作用 u 与对象 O 中过程的进行无关;例如,它和对象任何输出量 X 的值无关。

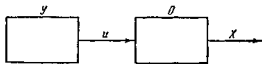


图 1.1

自动调整系统的任务是自动确立并保持等式(1.1)。在实际的自动调整系统中,这个等式一般说来是不可能理想地准确实现的,因此也就存在着某一偏差或者说误差 x :

$$x = X_0 - X, \quad (1.2)$$

研制自动调整系统的任务就在于使误差 x 在一定意义下尽可能小。

有时候,需要调整好几个互相关联的量 $X_1, X_2, \dots, X_n$, 例如它们乃是控制对象中进行的过程的参量。这些量应该分别等于规定值或标定值 $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}$ 。这时,自动调整系统的任务可以解释为确立向量等式:

$$X = X_0 \quad (1.3)$$

的问题,其中向量 X 的坐标为 $X_i (i=1, \dots, n)$, 而向量 X_0 的坐标为 $X_{0i} (i=1, 2, \dots, n)$ 。在任何实际系统中,一般说来,存在误差向量 x :

$$x = X_0 - X; \quad (1.4)$$

因此,研制自动调整系统的任务,就在于使向量 x 在一定意义下尽量小。

调整好几个量虽然常需要使用比较复杂的技术措施,但从原理上说来,却与调整一个量没有区别。因此在这一章里,下面只研究一个量的调整。

自动调整系统的任务事实上是一个具有双重使命的任务。一方面, X 这个量应该随着外界确定的 X_0 这个量变化(在理想情况下应该等于 X_0)。但是除了量 X_0 外,作用在任何物理系统上的,总还有许多其他的、并不是我们所希望的扰动。例如直流放大器中的漂移电动势,机构中的摩擦力,使飞机偏离规定航线的风,影响电力拖动转速的负载力矩,影响发电机电压的、任意变化的负载电流,影响炉温的外界温度变化等等,就是这类扰动。因此,另一方面,量 X 不应该随着这些扰动变化。所以,自动调整系统的任务也就和通讯理论的基本任务一样了。在通讯中,接收系统应该尽可能准确地复现发出的信号,但是却尽可能不反应任何类型的、统称为噪音的干扰。

构成自动调整系统的问题的一般解决方法是使用反馈原理(图 1.2, a)。从调整对象 O 引出的被调整量 X , 与给定作用 X_0 相比较, 求出误差 x , 控制装置 Y 按照误差的大小、符号和变化趋势, 自动地求得调整作用 u 的值, 作用 u 加在调整对象 O 的输入端。当 $X > X_0$ 时, 即当 $x < 0$ 时, 应该在对象 O 输入端加上这样的控制作用 u , 它可以使量 X 减小; 而当 $X < X_0$ 时, 量 X 应该增大。在图 1.2, a 中, 量 X 的符号的改变, 通常是用令 X 通过一个放大系数等于负一的放大器的方法来表示的。差值 $x = X_0 - X$ 的获得通常是用一条直线表示的, 线的一方面加上量 X_0 , 与 $-X$, 另一方面引出产生的差值 x 。环节间的箭头指示出信号流通的方向(从输入到输出)。

我们可以把图 1.2, a 画得更紧凑一些, 这只要把虚线圈住的所有环节连成一个部分, 并且把它叫做控制部分就行了(这是更广义的, 要比图 1.2, a 中控制装置 Y 的意义广泛, 因为它还包括比较元件)。这样就得到图 1.2, b 所示的结构图, 其中并未画出可能加在对象 O 上的外扰动。

从图 1.2, b 可知, 自动调整系统乃是带反馈的闭环系统。正是这种系统构成原理, 才使我们有可能不管扰动的数目多少、特点如何, 都可以使量 X 趋于所需的 X_0 值; 当

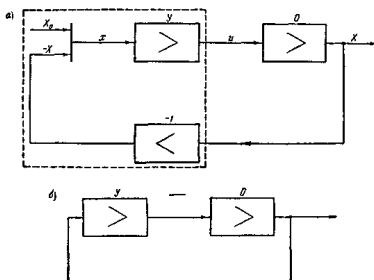


图 1.2

然,这时必需以足够的准确度来比较量 X 与 X_0 。闭合的作用回路的存在乃是任何自动调整系统的特殊标志,因为闭合回路是作为这种系统构成基本原理的结果。

控制部分 Y 有时可以分成量测部分(比较 X 与 X_0 , 求出误差 e)、控制部分(产生控制作用)和执行部分(直接作用于调整对象 O)。

自动调整系统乃是目前自动系统的基本类型。大量的文献是研究自动调整系统理论的(参看例如调整理论文献[1.1, 1.2])。

从原理上来说,自动调整系统在一定的方面仍旧是不能代替控制生产对象的人的,人具备改变自己的控制方式以适应条件变化的特点。一般的自动调整系统具有不可变的固定特性,因而并不具备这种特点。更复杂的自动系统——自整定系统或称自动整定系统,却具备适应条件变化的特性。

图 1.3, a 所示为这类系统的结构图的一个例子。其中 Y_1 是自动调整系统的控制部分;自动调整系统的闭合回路还包括控制对象 O 和连接对象 O 输出与控制部分 Y_1 输入的传输线。但是,除了这一闭合回路外,还有一个从对象 O 到另一控制部分 Y_2 ,然后再从它到 Y_1 的闭合回路。 Y_2 的功用是分析调整过程的进行情况。发现过程的进行不够理想或者不是最佳(例如由于对象特性产生难以预料的改变)时, Y_2 则作用于控制部分 Y_1 , 使它的特性向调整过程改善或者趋近最佳的方向改变。如果趋近最佳是利用自动探索来进行的,也就是进行试探动作、分析试探结果并按照它使系统进一步运动,那么这种系统就是自整定系统。

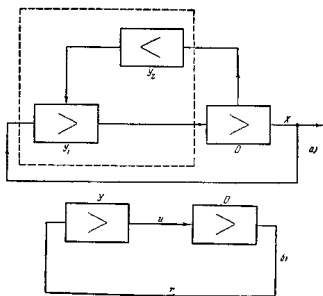


图 1.3

过程的进行情况。发现过程的进行不够理想或者不是最佳(例如由于对象特性产生难以预料的改变)时, Y_2 则作用于控制部分 Y_1 , 使它的特性向调整过程改善或者趋近最佳的方向改变。如果趋近最佳是利用自动探索来进行的,也就是进行试探动作、分析试探结果并按照它使系统进一步运动,那么这种系统就是自整定系统。

如果把控制部分 Y_1 与 Y_2 (图 1.3, a 虚线框出的系统部分)连成一个控制部分,那么就得到图 1.3, b 所示的结构图,从外形看来,它和图 1.2, b 并无两样。但是这两个结构图的内在差异是很大的;在图 1.3, b 线路中,有自动探索过程(例如探索最好的关系)在进行,这要比一般自动调整系统中进行的消除误差的过程更复杂。

目前,自动整定系统的研究刚刚开始;这类系统还没有得到显著的实际应用。但是,由于它的应用前途无量,所以可以预料,自动整定系统的理论和应用不久将有显著发展。

有时候,自动整定系统也叫作自动探索系统,以便强调出控制过程与自动调整系统和开环系统不同的地方。

§ 2. 自动调整系统的例子和分类

随动系统 我们来研究一个随动系统作为例子,它的线路如图 1.4 所示。假设有某一个轴 AA' , 我们把它叫作标定轴。这个轴的旋转角 α_0 是事先由外面给定的。在这个系统中,量 α_0 是标定作用。随动系统的任务是使另一个称为接收轴的轴 BB' 的旋转角 α ,