

自动调整原理

第一分册

苏联 B. B. 察哈多夫尼柯夫主编

电力工业出版社

自动调整原理

第一分册

苏联 B. B. 索洛多夫尼柯夫主編

王 众 託譯

電力工業出版社

自动调整原理

第二分册

苏联 B. B. 索洛多夫尼柯夫主编

王众託译

电力工业出版社

自动調整原理（一、二、三分册）总結了自动調整理論的發展現狀，講述了線性和非線性自动調整系統的分析、計算和綜合的方法。

本分册包括原書第一、第二兩篇，講述線性化自动調整系統的基本理論和穩定性的分析。

本書可供科學研究工作，高等學校動力、電工、儀器製造以及國防方面各有關專業的教師、研究生、高年級學生和技術人員閱讀參考用。

В. В. СОЛОДОВНИКОВ

ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕОРИЯ

МАШГИЗ МОСКВА 1954

自动調整原理 第一分册

根据苏联国立机器制造書籍出版社 1954 年莫斯科版翻譯

王 众 託譯

*

659D244

電力工業出版社出版（北京府右街26号）

北京市書刊出版登記證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本 * 11 1/2 印張 * 312 千字 * 定价（第10类）2.30元

1957年9月北京第1版

1957年9月北京第1次印刷（0001—5,100册）

自动调整原理(一、二、三分册)总结了自动调整理论的发展现状,讲述了线性和非线性自动调整系统的分析、计算和综合的方法。

本分册包括原著第三、第四两篇,讲述自动调整系统品质的分析和校正装置的综合,自动调整系统在随机作用影响下的分析和综合的某些问题等。

本书可供科学研究工作者,高等学校动力、电工、仪器制造以及国防方面各有关专业的教师、研究生、高年级学生和技术人员阅读参考用。

В. В. СОЛОДОВНИКОВ

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕОРИЯ**

МАШИГИЗ МОСКВА 1954

自动调整原理 第二分册

根据苏联国立机器制造书籍出版社 1954 年莫斯科版翻译

王众 译

*

741D272

电力工业出版社出版 北京东兴门外月坛南街(邀命街)

北京市书刊出版业营业登记证出字第 082 号

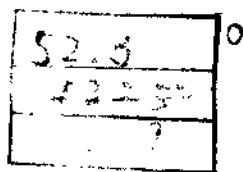
北京市印刷一厂排印 新华书店发行

*

850×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 * 15 号印张 * 355 千字 * 定价(第10类)2.60 元

1958 年 1 月北京第 1 版

1958 年 1 月北京第 1 次印刷(0001—5,100 册)



原書主編者為中譯本所寫的序言

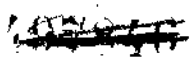
譯者附記：這是原書主編者 B. B. 索洛多夫尼柯夫教授應譯者請求為中譯本所寫的序言。由於從 1954 年本書出版以來，蘇聯在自動調整理論方面又有了新的成就，特別是隨着控制論的發展，對於自動化的科學基礎又有了新的觀點，所以索洛多夫尼柯夫教授應譯者所請，特地在這篇序言內對上述問題作了扼要的介紹。索洛多夫尼柯夫教授對本書的中譯工作極為關懷，在百忙中抽暇為中譯本撰寫序文，譯者謹向他深表謝意。

自動調整理論雖然已經基本上是一門成熟的學科，但也是一門仍在迅速發展的學科。

1953 年秋季在莫斯科舉行的全蘇第二次自動調整理論會議的決議中曾經指出：自動調整理論的最重要的任務是：

- (a) 研究調整系統的綜合方法；
- (б) 研究複雜的相互關連的調整系統的理論與分析方法；
- (в) 發展品質問題的解決方法；
- (г) 發展動態準確度問題的解決方法，特別是在隨機作用下分析與綜合的統計方法；
- (д) 發展“大範圍”穩定性的理論與研究方法；
- (е) 研究決定周期性境況的準確方法與近似方法；
- (ж) 進一步發展和推廣已有的研究複雜系統相空間結構的方法；
- (з) 發展以應用模擬與計算技術工具為基礎的自動調整系統研究法和動特性的改善方法。

近年來，無論是在蘇聯還是在國外，所有這些方面都得到了巨大的成果。



2P71/16

但是更重要的是这里必須強調指出对自动調整理論的一个新观点，这个观点近年来已經为愈来愈多的人所承認。随着信息論的發展，随着控制論(控制的一般理論)的某些概念的推广，以及随着計算技术的發展，事情已經很明显：自动調整理論可以看作是一門更广泛的学科——自动控制理論——的一个主要組成部分。

为了說明自动控制理論的研究对象和任务，必須首先簡單地談一談控制論的研究对象。

外界对于生物器官和某些机器的作用，是通过它們的感觉器官实现的，感觉器官按照系統的职能，选择它所需要的有关周圍环境的信息。信息经过变换、傳輸、蓄积，然后用来反作用于外界。

控制論的基本思想是：生物器官与某些机器的上述类似之处，可以極有成效地用来建造能够模拟人类器官最复杂的秉性的自动控制系统。

控制論就是针对解决这一問題的。

在控制論中，研究信息过程所用的基本方法，乃是为它“排列算法”^①的方法。这种方法的本質是：任何信息过程，不論它發生在什么对象之內，都可以排成一系列一定的、相互关連的数学与邏輯操作，也就是所謂該信息过程的“算法”^②。

从这个观点看来，我們可以說，控制論所研究的，乃是怎样構成反映信息过程的算法，怎样研究算法，以及算法的綜合和工程上实现的方法。

控制論可以認為是由两个主要部分組成的：一部分是分析控制論，一部分是工程控制論。

如果說，分析控制論的主要任务是分析任何对象中的信息过程，以便为它排列算法，那末“工程”控制論的主要任务是綜合信息机，信息机可以实现这些算法，并且履行算法所反映的職責，这种職責可能就是人腦的某些職責。

这样看来，工程控制論的对象乃是研究信息机的構造原理与理

① Алгоритмизация

② Алгоритм

論，这种信息机可以把描述信息过程的算法付諸实现。

工程控制論可以分成下列三門学科：

1. 信息論，研究信息傳輸过程；
2. 信息机的理論与技术，研究信息按給定算法进行变换的方法；
3. 自动調整理論与技术，研究利用信息完成具有一定目的性的动作的方法。

控制論也可以按照信息过程所在的对象，分成几个分支。

我們通常把控制論中，專門研究自动化生产过程与对象中信息过程的分析問題，和研究描述这类对象的控制过程所用的算法的实现問題这样一个分支，叫作自动控制理論。

自动控制理論目前还是在形成阶段，自动調整理論归併到它里面，也是不久的事。

我們現在看到的自动控制理論的迅速发展，是由于实际上从局部自动化过渡到綜合自动化的需要所促成的。

所謂局部自动化，就是自动化的这样一个发展阶段：只有生产过程的个别控制手續是不用人来参加而自动进行的，例如單个机床、电动机等的控制。而整个生产过程的控制，还是由人来担任的。

自动化的第二阶段目前只是正在开始發展，它的特点是实现綜合自动化，这时候，控制的不仅是單个机組，而是一个車間、一个工厂、甚至是几个工厂这样規模的整个生产过程，使用的是自动的控制机。

自动控制理論事实上就是生产綜合自动化的科学基础，就像自动調整理論是局部自动化的科学基础一样。

作为生产綜合自动化的科学基础的自动控制理論的形成趋势，从苏联科学院 1956 年 10 月 15—20 日召开的生产自动化的科学問題全会的文献中可以看得出来。

这次全会在自动学專家的科学生活中，乃是全苏第二次自动調整理論會議以来最重大的事件。

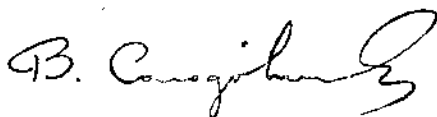
1957 年 3 月 5—8 日在莫斯科举行的自动控制与計算技术的科学技术會議，又特別討論了自动控制理論的形成問題。

前面只是極簡單的講到自动控制理論的特点以及它發展的最初几步，但是已經很清楚地說明，本書所講述的自动調整理論，可以看作是自动控制理論的一个主要組成部分，它講的乃是借助于反饋原理的利用信息以完全具有一定目的性的动作的問題。

如果本書在某種程度上能够幫助中国讀者掌握現代自动調整理論，並且在他們的实际工作中有用处，那末對於編寫本書的全体作者來說，將是莫大的榮幸。

我們這部平凡的著作譯成中文，可以看作是苏联工程師与科学工作者和中国工程師与科学工作者之間牢不可破的友誼的一种表現。

最后，謹向担任本書中譯的巨大工作的王众託同志深致謝忱。



莫斯科，1957年6月

原 序

在党的第十九次代表大会的指示中，強調指出了生产过程机械化和自动化的意义，認為它們是把我国国民經济提高到新的、更高的發展水平上的重要手段。为了實現許多过程的自动化，必須自动調整和自动控制这些过程。因此，自动調整理論以及以它为基础的計算方法（这种理論和方法能使我們更容易設計穩定的、品質优良的、准确而可靠的自动調整系統），現在就有着極其重大的实用意义。

自动調整理論是由卓越的俄国学者И. А. 維什聶格拉斯基奠定基础的，这一理論由于苏联学者們和工程师們的努力，特别是在近十五年来，有了巨大的發展。因此，迫切需要出版有系統地闡述現代自动調整理論基础的著作。在近年来問世的一些書中，上述問題已得到部分的解决，但是許多方面仍有待繼續努力。例如在已有的几本苏联作者所著的自动調整理論書籍中，对于目前在实际上業已广泛应用的頻率法講得非常簡單。而就我們所知道的几本書中，还没有一本稍微全面地講到非綫性調整系統的分析方法。同样对于在連續变化的外作用影响下的自动調整系統的分析 and 綜合方法也注意得不够。

本書的目的是講述自动調整理論的基本方法，因而要对自动調整理論的現狀加以总结。从这个观点看来，本書可以看作是一本具有独立意义的完备著作。本書同时也是目前打算出版的另外兩本書的理論基础。這兩本書也是講述自动調整問題的。其中一本將闡述自动調整器和随动系統各种元件的典型綫路、作用原理、構造、靜特性和动特性、計算与設計方法。另外一本將要講述在各工業領域內应用的自动調整系統的典型綫路，并且提供以本書內容为基础的調整系統計算与設計方法。此外，还要討論模拟与实验研究自动調整系統的方法。

本書以机械出版社所出版的“自动調整理論”講义石印本为藍本。这本講义是1951年由全苏仪器制造工程技术学会和苏联科学院自动

学与远动学研究所共同組織的自动調整理論討論班上，許多專家講課的講稿。本書的結構就是按討論班的进行經驗以及講義讀者的希望来安排的。比起原講义来，講述材料的分量和討論問題的广都大大增加了。

本書是由許多作者集体著作的，这些作者差不多都是主要在他們所写的那部分中有着創造性的研究成果的。因而在本書的內容中就不能不留下这些方面的痕迹。从一方面看来，这样組織作者，可以比由一位作者单独写書更全面地講述自动調整理論；但是从另一方面来看，这末多位作者合作，各有各的笔調，通常使用的表示符号和名詞又不尽相同，因此很难使得全書在闡述上达成完全的統一，严整和匀称。

本書可供在自动調整領域內工作或从事研究、并且对自动調整理論問題已有一些了解的科学工作者、高等工業学校教师、研究生、高年級学生和工程师使用。讀者要想更容易掌握本書內容，最好具备数学某些部分的一定程度的知識，特别是有关福里哀变换和拉普拉斯变换理論的知識，虽然本書已对这些理論的某些原理加以扼要闡述。

最后，作者对 И. М. 魯塞維赤工程师在編輯本書时的协助深致謝忱。

В. В. 索洛多夫尼柯夫

“自动調整原理”各章作者

(以姓氏字母为序)

М. А. 艾澤曼 (М. А. Айзерман), 技术科学博士 (第十一、三十四章); Д. А. 巴什基洛夫 (Д. А. Башкиров), 技术科学副博士 (第三十八章); П. В. 柏朗布格 (П. В. Бромберг), 技术科学副博士 (第三十六章); А. А. 伏龙諾夫 (А. А. Воронов), 技术科学副博士, 副教授 (第三章); Л. С. 戈尔德法柏 (Л. С. Гольдфарб), 技术科学博士, 教授 (第三十三章); В. В. 卡薩凱維赤 (В. В. Казакевич), 技术科学博士 (第二十七、二十八章); А. А. 柯拉索夫斯基 (А. А. Красовский), 技术科学副博士, 副教授 (第二十章); А. Я. 列尔聶尔 (А. Я. Лернер), 技术科学副博士 (第七、三十一章); А. М. 列托夫 (А. М. Летов), 数理科学博士, 教授 (第九、三十二、三十六章); П. С. 馬托維也夫 (П. С. Матвеев), 工程师 (第三十九章); Ф. А. 米哈依洛夫 (Ф. А. Михайлов), 技术科学副博士 (第二十五章); Б. Н. 彼得洛夫 (Б. Н. Петров), 苏联科学院通訊院士 (第四、十九章); В. В. 彼得洛夫 (В. В. Петров), 技术科学副博士 (第二十六、二十九、三十章); Г. С. 柏思別洛夫 (Г. С. Поспелов), 技术科学副博士, 副教授 (第三十五章); В. В. 索洛多夫尼柯夫 (В. В. Солодовников), 技术科学博士, 教授 (第二、五、六、十二、十五、十六、十七、二十二、二十三章、緒論以及各篇的引言); Ю. И. 托布契也夫 (Ю. И. Топчиев), 工程师 (第八、十四、十八章); Г. М. 烏蘭諾夫 (Г. М. Уланов), 技术科学副博士 (第十三、二十四、三十章); А. В. 賀拉莫伊 (А. В. Храмой), 技术科学副博士 (第一章); Я. З. 崔普金 (Я. З. Цыпкин), 技术科学博士, 教授 (第十、二十一、三十七章)。

原書 审 閱 者

Б. Л. 罗西也夫斯基 (Б. Л. Лосицкий), 技术科学博士, 教授。

目 录

原序	
緒論	1

第 一 部 分

概述。綫性化自动調整系統的理论基础

第 一 篇

概論。自动調整系統的微分方程、轉移函数和过渡函数

第一章 自动調整理論在苏联的發展綜述	9
蘇維埃时代以前的調整理論的發展	9
蘇維埃时代的調整理論的發展	17

第二章 自动調整理論的基本概念和定义	25
1. 动力学系統(25) 2. 自动調整系統的基本作用原理与定义(27) 3. 自动調整系統的三个主要类型(30) 4. 自动調整系統的基本元件按用途的分类(31) 5. 有靜差的与無靜差的自动調整系統(33) 6. 連續、脈冲与繼电作用的自动調整系統(36) 7. 單环和多环自动調整系統。互不相关的与相互关联的自动調整系統(38) 8. 对自动調整系統动力学特性提出的要求(38)	

第三章 自动調整系統的基本元件和典型綫路	46
1. 自动調整系統的基本元件(46) 2. 水輪机轉速的自动調整(51) 3. 电子調压器(61) 4. 6441A 型半自动做型銑床的隨动系統(64) 5. CLIP-584 型雷达站的隨动系統(67) 6. 电力自动駕駛仪(71)	

第四章 自动調整系統微分方程的列写方法	75
1. 应用拉格朗日第二型方程式来列写自动調整系統的微分方程式(76) 2. 自动調整系統的一般綫性化微分方程式(79) 3. 自动調整系統元件的微分方程列写方法。自动調整对象的方程式列写举例(83) 4. 方程式变到具有無量綱系数的相对單位形式(88) 5. 調整对象方程式中系数的物理意义(91) 6. 自动調整对象的典型綫性化方程式(97)	

第五章 福里哀变换和拉普拉斯变换及其在过渡历程分析方面的应用	99
--------------------------------	----

1. 动力学系統的自由振盪与強制振盪(99) 2. 強制振盪的計算。頻率特性(100) 3. 在任何週期性作用下的強制振盪。福里哀級数与直綫頻譜(103) 4. 福里哀积分和福里哀变换(107) 5. 过渡历程以福里哀积分形式表示(110) 6. 拉普拉斯变换	
--	--

(110) 7. 最简单的函数的拉普拉斯变换式(113) 8. 函数 $F(s)$ 的零点与极点(115) 9. 拉普拉斯变换的基本性质(118) 10. 应用拉普拉斯变换解线性微分方程的例子(124) 11. n 阶方程当初始条件为零时的解(129) 12. 当初始条件不为零时 n 阶方程的解(130) 13. 应用拉普拉斯变换解微分方程组(136) 14. 当作用是阶跃函数时把非齐次微分方程变成齐次方程(138)

第六章 自动调整系统的基本动力学特性——转移函数和过渡函数

数 140

1. 动力学系统转移函数的定义与基本性质(141) 2. 自动调整系统的转移函数(142) 3. 有静差系统与无静差系统的转移函数(145) 4. 脉冲过渡函数(或称权函数)与单位过渡函数(150) 5. 在任何作用下过渡历程与脉冲过渡函数间的关系(155) 6. 被调整变量的误差与偏移表达式的积分形式(157) 7. 自动调整系统的积分方程(158) 8. 误差系数(159) 9. 多环自动调整系统的结构图。结构元件的转移函数(164) 10. 结构图的变换(168)

第七章 自动调整系统的典型环节 174

1. 环节的分类(175) 2. 非週期性环节(177) 3. 振荡环节(182) 4. 积分环节(187) 5. 放大环节(189) 6. 一阶微分环节(190) 7. 二阶微分环节(191)

第八章 自动调整系统的微分方程、结构图和转移函数列写举

例 194

1. 水轮机自动调速系统(194) 2. 电子调压器(204) 3. 微型铣床的随动系统(210) 4. 雷达站的随动系统(220)

第 二 篇

自动调整系统稳定性的研究

第九章 李亞普諾夫对稳定性问题的一般提法以及自动调整系统

稳定性的分析 226

1. 自动调整理论中稳定性问题的提法(226) 2. 按一次近似方程式研究稳定性(231) 3. 论李亞普諾夫直接法(233) 4. 应用李亞普諾夫直接法分析一类自动调整系统的稳定性(237)

第十章 自动调整系统的稳定判据 246

1. 引言(248) 2. 米哈依洛夫稳定判据(250) 3. 翰斯和霍維茨稳定判据(254) 4. 奈魁斯特-米哈依洛夫频率稳定判据(260) 5. 按幅相特性分析稳定性的最简单的例子(268)

第十一章 稳定域的划分 275

1. 特征方程式系数空间和参量空间 Π 划分概念(276) 2. 一个复参量平面上的 Π 划分(277) 3. Π 划分和各种稳定判据的连系(282) 4. 两个实参量的平面上的 Π 划分(維什聶格拉斯基圖)(285) 5. 稳定域的存在条件(294)

第十二章 利用对数频率特性法分析自动调整系统的稳定性296

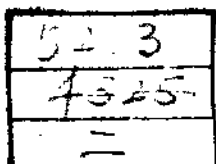
1. 开环系统幅相特性的名词术语与几点解释(296)
2. 对数频率特性(299)
3. 典型环节的对数频率特性(301)
4. 单环系统对数频率特性的近似绘制法(315)
5. 单环自动调整系统按对数频率特性分析稳定性(318)
6. 多环自动调整系统的稳定性(321)
7. 频率稳定判据推广到多环系统(322)
8. 利用对数频率特性分析多环自动调整系统的稳定性(324)

第十三章 具有迟滞的自动调整系统稳定性的分析333

1. 具有恒迟滞的自动调整系统的转移函数和频率特性(334)
2. 具有恒迟滞的系统的稳定性(335)
3. 具有迟滞的自动调整系统参量域的划分(341)

第十四章 自动调速系统稳定性分析举例344

1. 水轮机自动调速系统(344)
2. 电子调压器(350)
3. 微型铣床的随动系统(353)
4. 控制CQP-584 天线用的随动系统稳定性的研究(357)



52.3
10

1

目 录

第 三 篇

自动調整系統品質的分析和校正裝置 的綜合。脉冲調整理論基础

第十五章 自动調整系統品質分析的頻率法..... 364

1. 广义頻率特性。广义頻率特性与过渡历程間的关系(366)
2. 函数 $X(s)$ 在整个右半平面与虚軸上不含奇点的情况(369)
3. 頻率特性与脉冲过渡函数之間的关系(370)
4. 函数 $X(s)$ 在座标原点有極点的情况(370)
5. 頻率特性与过渡函数之間的关系(373)
6. 按系統开环幅相特性求閉环实頻与虚頻特性(374)
7. 按倒幅相特性求实頻与虚頻特性的圖解法(380)
8. 按开环系統对数頻率特性决定函数 $P(\omega)$ 、 $Q(\omega)$ 的圖解法(383)
9. 按开环幅相特性决定閉环幅頻特性与相頻特性的圖綫(385)
10. 在更一般的情况下利用圖綫(388)
11. 利用典型梯形頻率特性繪制过渡历程曲綫的近似法(392)
12. 頻率特性的性質与品質之間的关系(398)
13. 按照不同的过渡函数所对应的頻率特性来鑑定过渡函数間的差異絕對值(412)
14. 开环幅相特性的乘性与品質之間的关系(415)
15. 在随动系統中为保証高准确度而向頻率特性提出的要求(418)
16. 对数幅頻特性和品質之間的关系(420)
17. 按照对数幅頻特性决定轉移系数或优良度值(422)
18. 按对数幅頻特性决定正弦控制作用下的定态誤差(423)
19. 利用梯形法按对数幅頻相頻特性近似繪制过渡历程曲綫的方法(426)
20. 按对数幅頻特性的联接頻率近似計算过渡历程的方法(426)
21. 对数幅頻特性的联接頻率与誤差系数之間的关系(432)

第十六章 自动調整系統动力学特性的某些校正方法..... 434

1. 串联与并联校正裝置(434)
2. 幅相特性校正举例(435)
3. 以变换誤差信号为基础的校正方法(437)
4. 电学無源校正迴路(440)
5. 利用并联校正裝置校正自动調整系統动特性(445)
6. 应用反饋来变换輸入信号(448)
7. 利用串联与并联校正裝置的校正方法比較(452)
8. 閉环与开环原理联合应用的复合自动控制系統(452)

第十七章 自动調整系統校正裝置的綜合..... 455

1. 問題的提出(457)
2. 最佳过渡历程所对应的轉移函数和頻率特性(458)

407863

3. 预期对数幅频特性(464) 4. 预期对数幅频特性的画法举例(470) 5. 典型的对数幅频特性及其分类(471) 6. 综合校正装置用的列线图(473) 7. 繪制列线图所用的公式(476) 8. 列线图应用于其他类型的对数幅频特性(480) 9. 应用列线图使预期对数幅频特性形状更精确的例子(482) 10. 串联校正装置的綜合(484) 11. 串联的环节組跨接以并联校正装置时对数幅频特性的某些性質(486) 12. 并联校正装置的綜合(489) 13. 串联与并联校正装置合用时的綜合法(490) 14. 上述方法推广到調整对象有迟滯的情况(492)

章第十八章 自动調整系統校正裝置綜合举例 494

1. 水輪机自动調速系統校正裝置的綜合(494) 2. 仿型銑床随动系統校正裝置的綜合(500) 3. 雷达站 CUP-584 随动系統校正裝置的綜合(506)

章第十九章 过渡历程品質与轉移函数零点極点分佈之間的关系 ... 513

1. 决定过渡历程的一般表达式(513) 2. 系統特征方程根分佈的分析与过渡历程品質的鑑定(516) 3. 轉移函数極点分佈特性(519) 4. 寻求轉移函数極点分佈基本特性的方法(521) 5. 系統振盪度的求法(528) 6. 按照函数 $E(s)$ 平面左半部的座标網的映象决定特征方程根的分佈区域(531) 7. 按照已知的 η 、 ξ 、 ω 值鑑定过渡历程品質(538) 8. 超調度的鑑定(544) 9. 当外作用存在时轉移函数極点与零点的分佈对过渡历程品質的影响(547)

章第二十章 自动調整系統的积分鑑定与参量選擇 561

1. 平方积分鑑定(563) 2. 关于平方积分鑑定式的应用方法与举例(575) 3. 綫性积分鑑定(582) 4. 綫性积分鑑定式的应用举例(589)

章第二十一章 脉冲調整系統的理論基础 592

1. 脉冲調整系統的分类(593) 2. 脉冲調整系統的方程式和頻率特性(603) 3. 脉冲調整系統的稳定性(613) 4. 脉冲調整系統中的調整过程(619) 5. 脉冲調整系統品質的間接鑑定法(621) 6. 連續調整看作脉冲調整的極端情况(626) 7. 第三类脉冲調整系統(627) 8. 典型脉冲溫度自动調整系統的基本性質(628)

第二十一章附录 635

第 四 篇

自动調整系統在随机作用影响下的分析与綜合的某些問題

章第二十二章 平稳随机过程理論的基本概念及其在自动調整系統准确度分析方面的应用 648