

电子工业技术词典

自动控制与遥控遥测

国防工业出版社

R
73.6072
174.18

电子工业技术词典

自动控制与遥控、遥测

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

4525/17



内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》(试用本)的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参考。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照,书末附有英文索引,合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前,将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序,将视具体情况而定。

本分册是《词典》第二十章自动控制与遥控、遥测的内容,它包括:自动控制,遥控,遥测,遥控、遥测应用举例等四节。

电子工业技术词典

自动控制与遥控、遥测

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 5¹/₄ 105千字

1977年1月第一版 1977年1月第一次印刷 印数: 00,001—26,000册

统一书号: 17034·29-26 定价: 0.59元

前 言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

- | | |
|-----------------|-------------|
| 一、电工基础； | 二、基本电子线路； |
| 三、网络分析与综合； | 四、电波传播与天线； |
| 五、信息论； | 六、电阻、电容与电感； |
| 七、厚薄膜电路； | 八、磁性材料与器件； |
| 九、电子陶瓷与压电、铁电晶体； | 十、机电组件； |
| 十一、电线与电缆； | 十二、电子管； |
| 十三、半导体； | 十四、电源； |
| 十五、其它元器件； | 十六、通信； |

十七、广播与电视；

十九、导航；

二十一、电子对抗；

二十三、系统工程；

二十五、微波技术；

二十七、红外技术；

二十九、电声；

三十一、声纳；

三十三、电子测量技术与设备；

十八、雷达；

二十、自动控制与遥控、遥测；

二十二、电子计算机；

二十四、电子技术的其它应用；

二十六、显示技术；

二十八、激光技术；

三十、超声；

三十二、专用工艺设备与净化技术；

三十四、可靠性。

各章互有联系，并尽量避免章节间词汇的重复，故每章只有一定的系统性。正文前有章节和词汇目录，正文中各词汇后附有英文对照，最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版，各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作，自始至终是在毛主席革命路线的指引下，在党的领导下进行的。贯彻了“独立自主，自力更生”的伟大方针，坚持了群众路线，实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学三个结合，以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限，加上时间仓促，虽然作了很大努力，但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处，恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目 录

一、自动 控制

自动控制·····	20-1	静态精度·····	20-10
自动控制系统·····	20-1	动态精度·····	20-10
自动调节·····	20-2	开环控制·····	20-10
自动调节系统·····	20-2	前馈控制·····	20-11
反馈·····	20-3	闭环控制·····	20-11
反馈控制系统·····	20-3	定值调节·····	20-11
被控对象·····	20-3	程序调节系统·····	20-11
输入量·····	20-3	程序控制·····	20-12
输出量·····	20-3	随动系统·····	20-12
被控制量·····	20-3	断续控制系统·····	20-12
被调量·····	20-4	脉冲系统·····	20-12
控制量·····	20-4	采样控制系统·····	20-12
调节量·····	20-4	串级控制系统·····	20-12
干扰·····	20-4	自治调节·····	20-13
随机干扰·····	20-4	多回路控制系统·····	20-13
对象数学模型·····	20-4	多参数系统·····	20-13
传递函数·····	20-4	自适应控制系统·····	20-14
频率特性·····	20-5	整定·····	20-14
脉冲过渡函数·····	20-5	自整定系统·····	20-14
单位过渡函数·····	20-5	极值控制系统·····	20-14
稳定性·····	20-6	自寻最佳点控制·····	20-15
稳定准则·····	20-6	目标函数·····	20-15
频率准则·····	20-6	最优控制·····	20-15
稳定裕量·····	20-7	快速最优控制系统·····	20-15
根轨迹·····	20-8	极大值原理·····	20-15
相轨迹·····	20-8	控制算法·····	20-15
给定值·····	20-9	自学习系统·····	20-16
品质指标·····	20-9	过程控制·····	20-16
超调量·····	20-10	计算机控制系统·····	20-16
衰减度·····	20-10	数字控制·····	20-16
过渡过程时间·····	20-10	直接数字控制系统·····	20-16

监督控制系统·····	20-17	可控硅装置·····	20-23
计算机整定点控制系统·····	20-17	执行机构·····	20-23
分级控制系统·····	20-17	调节阀·····	20-23
集中检测系统·····	20-18	巡回检测装置·····	20-23
自动化技术工具·····	20-18	工业自动化·····	20-24
敏感元件·····	20-18	化工生产过程自动化·····	20-24
工业测量仪表·····	20-18	炼油生产过程自动化·····	20-24
过程控制仪表·····	20-19	油、气田自动化·····	20-25
电子单元组合仪表·····	20-19	油罐区自动化·····	20-25
变送器·····	20-19	冶金生产自动化·····	20-25
电-气转换器·····	20-19	选矿生产过程自动化·····	20-26
气-电转换器·····	20-20	烧结厂自动化·····	20-26
标度变换器·····	20-20	高炉自动化·····	20-27
调节器·····	20-20	转炉自动化·····	20-27
比例调节器·····	20-20	轧钢自动化·····	20-28
比例-积分调节器·····	20-20	带钢热轧机计算机控制·····	20-28
比例-积分-微分调节器·····	20-20	电力系统自动化·····	20-28
比例度·····	20-21	有功功率和频率的自动调整·····	20-28
积分时间·····	20-21	无功功率和电压的自动调整·····	20-28
微分时间·····	20-21	电力系统安全控制·····	20-29
控制装置·····	20-22	水电站自动化·····	20-29
两位控制器·····	20-22	火电站自动化·····	20-29
半比例控制·····	20-22	数字程序控制机床·····	20-29
比例-积分、比例-微分控制·····	20-22	群控·····	20-30
动态补偿装置·····	20-22	自动线·····	20-30
非线性反馈装置·····	20-22	铁路编组站自动化·····	20-30
最佳点调节器·····	20-22	铁路行车指挥自动化系统·····	20-31
顺序控制装置·····	20-23		

二、遥 控

遥控·····	20-32	执行端·····	20-33
遥调·····	20-32	监测系统·····	20-33
远动技术·····	20-32	指令产生器·····	20-33
指令遥控·····	20-32	遥控指令·····	20-33
指令遥控系统·····	20-32	指令信号·····	20-33
遥控站·····	20-33	连续指令·····	20-34
遥控主控站·····	20-33	指令系数·····	20-34
遥控副控站·····	20-33	断续指令·····	20-34

一次指令·····	20-34	指令接收机选择逻辑·····	20-38
单音指令·····	20-34	指令监测接收机·····	20-38
多音指令·····	20-34	互相关指令接收机·····	20-38
数字指令·····	20-34	自相关指令接收机·····	20-38
时间程序指令·····	20-34	同步跟踪天线·····	20-38
实时指令·····	20-34	程序跟踪天线·····	20-38
预警指令·····	20-34	时分指令同步方式·····	20-38
执行指令·····	20-35	硬性同步·····	20-39
虚假指令·····	20-35	循环同步·····	20-39
指令容量·····	20-35	按步同步·····	20-39
指令时延·····	20-35	指令单发方式·····	20-39
最小指令间隔·····	20-35	指令重发方式·····	20-39
指令结构·····	20-35	指令连发方式·····	20-39
指令长度·····	20-35	指令隐蔽发送方式·····	20-39
遥控编码·····	20-35	故障切换·····	20-39
指令码·····	20-35	反馈比对指令遥控系统·····	20-39
信息码·····	20-35	自适应指令接收技术·····	20-40
前导码·····	20-35	被控端·····	20-40
同步码·····	20-35	执行设备·····	20-40
地址码·····	20-36	执行逻辑·····	20-40
开门码·····	20-36	制导·····	20-40
保密码·····	20-36	主动段制导·····	20-40
执行码·····	20-36	被动段制导·····	20-40
副比特码·····	20-36	指令制导·····	20-40
频率码·····	20-36	波束制导·····	20-41
译码矩阵·····	20-36	寻的制导·····	20-41
编码矩阵·····	20-36	自动导引·····	20-41
指令监控台·····	20-36	主动寻的制导·····	20-41
目力监测系统·····	20-37	半主动寻的制导·····	20-41
电视监测系统·····	20-37	被动寻的制导·····	20-42
雷达监测系统·····	20-37	自主制导·····	20-42
导航监测系统·····	20-37	组合制导·····	20-42
遥测监测系统·····	20-37	有线制导·····	20-42
测试编码器·····	20-37	无线电制导·····	20-43
指令监视译码器·····	20-37	红外制导·····	20-43
指令传输设备·····	20-37	激光制导·····	20-43
指令发射机·····	20-38	音响制导·····	20-43
指令接收机·····	20-38	地磁制导·····	20-43

无线电引信·····	20-43	制导系统惯性·····	20-46
飞行路线·····	20-43	导引误差·····	20-46
追逐曲线法·····	20-44	导弹控制回路与稳定回路·····	20-46
直接瞄准法·····	20-44	自动驾驶仪·····	20-46
平行接近法·····	20-44	陀螺仪·····	20-46
比例导航法·····	20-45	位置陀螺·····	20-46
三点法·····	20-45	速率陀螺·····	20-46

三、遥 测

遥测·····	20-47	主帧·····	20-54
遥信·····	20-47	副帧·····	20-54
遥测系统·····	20-47	帧频率·····	20-54
遥测参数·····	20-47	帧格式·····	20-54
容量·····	20-47	二进制码·····	20-54
抗干扰度·····	20-48	二进制码形式·····	20-54
交叉干扰·····	20-48	遥测编码·····	20-55
路际干扰·····	20-48	差错控制·····	20-55
精度·····	20-48	数据压缩·····	20-56
系统误差·····	20-48	码组·····	20-56
随机误差·····	20-49	编码基数·····	20-57
频分制遥测系统·····	20-49	码位·····	20-57
时分制遥测系统·····	20-50	码速率·····	20-57
脉冲编码遥测系统·····	20-50	帧同步·····	20-57
副载波·····	20-51	帧同步码·····	20-57
副载波调制器·····	20-51	副帧同步码·····	20-57
线性相加器·····	20-51	伪随机码·····	20-57
副载波解调器·····	20-51	帧同步逻辑·····	20-57
脉冲调制·····	20-51	模/数转换·····	20-58
采样·····	20-52	数/模转换·····	20-58
采样频率·····	20-52	时钟·····	20-58
量化·····	20-52	载波跟踪回路·····	20-58
量化误差·····	20-53	副载波跟踪回路·····	20-58
时间划分开关·····	20-53	相位误差·····	20-58
交换子·····	20-53	相位模糊·····	20-59
主时分开关·····	20-53	多次调制·····	20-59
副时分开关·····	20-54	复合调制·····	20-59
超倍采样·····	20-54	输入设备·····	20-59
帧·····	20-54	传感器·····	20-59

变换器·····	20-60	实时数据处理·····	20-62
遥测终端设备·····	20-60	事后数据处理·····	20-62
数据记录设备·····	20-60	数据事后快速处理·····	20-63
数据显示设备·····	20-60	数据最终处理·····	20-63
速记记录·····	20-60	实时数据传输·····	20-63
笔式自动记录仪·····	20-60	实时显示·····	20-63
振子记录示波器·····	20-60	遥测数据处理专用机·····	20-63
紫外线记录仪·····	20-61	遥测数据处理专用语言·····	20-63
电子示波器摄影记录·····	20-61	数据剪辑·····	20-63
点式记录·····	20-61	遥测设备的校准·····	20-63
线式记录·····	20-61	时统·····	20-64
直接记录·····	20-62	电路质量自动检查设备·····	20-64
调频记录·····	20-62	可编程序遥测·····	20-64
饱和记录·····	20-62	存储程序遥测·····	20-64
数字磁带记录器·····	20-62	存储逻辑遥测·····	20-64
检前磁记录器·····	20-62	自适应遥测·····	20-64
数据处理设备·····	20-62	分集遥测·····	20-64

四、遥控、遥测应用举例

分散型目标运动系统·····	20-65	姿态调整指令遥控·····	20-68
电力网运动系统·····	20-65	回收遥控·····	20-68
电力系统运行数据的遥测与处理·····	20-65	安全遥控设备·····	20-68
输油和输气管线监控系统·····	20-65	发动机关车控制·····	20-68
城市公用事业监控系统·····	20-66	再入遥测·····	20-68
铁路调度集中系统·····	20-66	再入段遥控·····	20-68
地下铁道遥控遥测系统·····	20-66	俯冲控制·····	20-69
电视发射台遥控遥测系统·····	20-67	等高控制·····	20-69
无线电遥测自动气象站·····	20-67	无人驾驶飞机·····	20-69
医用遥测·····	20-67	无人侦察机·····	20-69
空间遥测·····	20-67	遥控战斗机·····	20-69
卫星轨道控制·····	20-68	遥控靶艇·····	20-69
同步定点控制·····	20-68		

一、自动控制

自动控制

automatic control

自动控制是指在无人直接参加的情况下,采用自动化装置对控制信号进行测量、变换、传递和计算,并用来控制被控对象(如机器或生产过程),使被控对象达到预定的运动状态或具有所要求的控制功能。

自动控制的基本内容包括自动控制理论、自动控制工具及其应用。

自动控制理论发展初期,主要是以反馈理论为基础的自动调节原理,随着工业生产和科学技术的发展,它已发展成为一门独立的学科——控制论。现代控制理论比古典理论有了很大的发展。

自动控制技术工具,最初是以机械、气动、液压等类型为主;五十年代后,逐步发展为电动、电子式的了,气动、液压以及射流技术也有所发展。自动控制工具一般是机电式、气动、液压式和电子式的混合系统。

自动控制的应用非常广泛。从用一个继电器控制水槽的水位,到采用大量电子、机电设备组成一个复杂系统来控制电力、化工等生产过程;从设计一个锁相回路到设计飞行器的遥控、遥测系统,都离不开自动控制技术。因此,自动控制技术在工农业生产及国防上都有着广泛的应用。

自动控制系统

automatic control system

它是指由被控对象和控制装置所构成的、能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统。控制装置和被控对象之间的相互联系和相互作用,构成了自动控制系统的运动。自动控制系统的运动可以用数学方法来

描述(即数学模型),亦可用电子计算机(数字机及模拟机)进行数学模拟,或将计算机与部分实际自动装置进行半实物模拟。要使一个自动控制系统能正常工作,必须使系统满足一定的要求:如必须稳定;满足静态精度、动态精度、过渡过程品质等要求;对于外界的干扰有一定的抗扰能力等。

自动控制系统种类很多,按不同的角度有各种不同的分类方法,下面仅举出几种分类方法。

按被控制量的变化规律(给定信号特点)可分三类:

(1) 恒值控制系统:给定信号是恒定值。如电源自动稳压系统;

(2) 程序控制系统:给定信号是已知的时间函数或按预定规律变化。如高炉程序加料系统及控制机床;

(3) 随动系统:给定信号是未知规律变化的任意函数。如炮瞄雷达天线控制系统、电子电位差计等显示记录仪表等。

按控制系统中所包含的元件特性、信号作用特点分类有:

1. 连续控制系统与断续控制系统:

连续控制系统:它也称模拟控制系统。系统中不包含断续元件,各个组成元件输出量都是输入量的连续函数;

断续控制系统:系统中包含有断续元件,其输入量是连续量,而输出量是断续量。断续控制系统又可分为继电控制系统(包含继电器)、脉冲控制系统(包含脉冲元件)、数字控制系统(包含数字逻辑元件)。

2. 线性控制系统与非线性控制系统:

线性控制系统:各组成元件或环节不包

含非线性元件。线性系统是用线性方程来描述的。

非线性控制系统：系统中包含有非线性元件或环节（其输入量与输出量之间是非线性关系）。非线性系统是用非线性方程来描述的。

3. 常系数控制系统与变系数控制系统：

常系数控制系统：系统内各元件及环节的参数都不随时间而变化。

变系数控制系统：系统内包含有变系数环节、元件或对象的参数随时间而变化。如导弹姿态控制系统及化学反应器控制系统。

按系统结构特点分类有：

1. 单回路控制系统与多回路控制系统。
2. 开环控制系统（系统内不存在主反馈回路）、闭环控制系统（具有主反馈回路）、复合控制系统（是既有主反馈又有前馈的开环、闭环结合的系统）。

3. 单级控制系统与多级控制系统。

4. 固定结构控制系统及变结构控制系统。

按控制系统的功能分类有：自动调节系统；最优控制系统；自适应控制系统；自学习控制系统；自组织控制系统等。

按自动化技术工具特点分类有：常规仪表控制系统与计算机控制系统。计算机控制系统又可分成：直接数字控制系统；整定点控制系统；监督控制系统；单机控制系统；多机控制系统。

按自动元器件及装置的能源分类则有：机械控制系统；气动控制系统；液压控制系统（又可分为有可动部件系统；无可动部件系统——射流控制系统）；电力拖动系统与电子控制系统；气动、液压、电子混合系统等。

随着电子技术的发展，电子自动控制装置在自动控制中占有愈来愈重要的地位。由于自动化与电子化有不可分割的联系，因此

自动控制技术的发展越来越依赖于电子技术的发展。

自动调节

automatic regulation

为了使某台机器设备或某生产过程正常运行，必须要求决定工作状态的物理量保持某个规定值或满足一定的函数关系（按某种规律变化），如发电机正常运转要求输出电压、频率恒定，反应器要求温度、压力按一定规律变化等。凡由人工来保持某些物理量达到规定值的操作称人工手动调节，而采用仪表、自动装置在没有人直接参与下实现使物理量达到规定值或按某种规律变化的操作称为自动调节，或叫做自动调整。

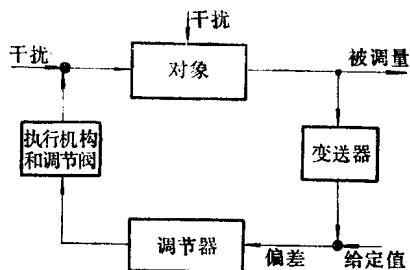
自动调节是自动化技术的主要组成部分。在军工和民用各部门它都得到广泛应用，如飞机自动驾驶及生产过程自动化，都需要对一系列工艺参数实现自动测量和调节。自动调节与控制是自动化的基础。

自动调节系统

automatic regulating system

它是在无人直接参与下能使被调对象的被调量达到规定值或按一定规律变化的系统。它一般是由被调对象、变送器、调节器以及执行机构和调节阀组成。它一般是按偏差调节并具有反馈的闭环系统。其结构见方框图。

由于对象有多个被调量，所以实际的系统通常是具有多个反馈回路的多回路系统。



自动调节系统方框图

反馈

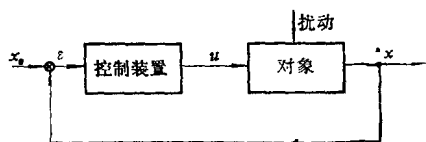
feedback

把输出信号送回到输入端，以增强或减弱输入信号的效应称为反馈。凡使输入信号增强者称正反馈；凡使输入信号减弱者称负反馈。正反馈能提高系统的灵敏度和选择性，但它是产生振荡的主要原因；负反馈能增加系统的稳定性，减少畸变与失真，改善频率响应，减小元件参数或特性的变化对系统品质的影响以减小某些非线性因素的影响等。在自动调节与控制系统中，将被控对象的输出量送回到输入端，与给定值进行比较，形成偏差信号。偏差信号通过调节器的作用，调节被控对象的输出量，使输出量与给定值的偏差保持在容许的范围以内。在自动调节与控制系统中，偏差信号的产生、被控制量的调节都是由负反馈实现的。这种反馈称为主反馈。为了改善系统的品质，常常把某一部件的输出量反馈到它的输入端，形成局部反馈。若反馈信号与输出量成比例（即反馈元件的输出量与输入量成比例），则称为硬反馈或刚性反馈。若反馈信号与输出量成导数关系（即反馈元件的输出量是它的输入量的导数），则称为软反馈或柔性反馈。

反馈控制系统

feedback control system

系指根据按偏差控制的反馈原理建立的控制系统。其特点是输入量与输出量之间既有顺向联系，又有反向联系。控制系统一般是按偏差进行控制的，即都是反馈闭环控制系统。它通过反馈控制装置就能减小偏差，



反馈控制系统方框图

克服各扰动作用的影响，达到自动控制的目的。反馈控制系统的结构见方框图。

被控对象

controlled plant

系指要求实现自动控制的机器、设备或生产过程，例如飞机发动机、锅炉、加热炉、反应器、机床以及石油化工生产过程等。被控对象按其特性可分为线性对象与非线性对象；集中参数对象与分布参数对象（前者用常系数微分方程来描述，而后者用偏微分方程来描述）。分析研究对象的状态变量并建立对象的状态方程，实验测取对象静态与动态特性，研究对象的数学模型是自动控制系统设计和调试运行的重要前提。

输入量

input

输入量（或称输入变量，输入信号）是指作用于一个元件、装置或系统输入端的物理量。它可以是电量，也可以是非电量，但它们一般都是时间的函数（已知或未知规律的确定函数或随机函数）。这里指的不是物料或能量，而指的是信息或信号（包括各种干扰及有用信号）。

输出量

output

输出量（或称输出变量，输出信号）是指确定被控元件、装置或系统运动状态的物理变量。它是在元件或系统输出端出现的电量（电压、电流或频率）或非电量（温度、压力、成分或位移等）。在自动化系统中，对象的被调量就是要求控制的输出量。它是系统初始状态和输入量的函数。

被控制量

controlled variable

系指被控对象内要求实现自动控制的物理量。它通常是决定被控对象工作状态的主要变量，如火箭、导弹和飞船的方向、速度及轨道参数；电机的转速；轧机钢板厚度；

化学反应器的浓度等。被控制量也就是自动控制系统的输出量。要求它服从一定的规律,使被控对象保持最优工作状态或所要求的工作状态。当被控对象只要求实现自动调节,即要求某些参数保持给定数值或按一定规律变化时,被控制量就变成被调节量。

被调量

regulated variable; controlled variable

系指被调对象内要求保持给定数值或按一定规律变化的物理量。它通常是决定对象工作状态的主要变量,如水槽的水位、加热炉的温度、电机的转速等。被调量亦称为对象或系统的输出量。有时,被调量就是指的被控制量。凡是要求控制的物理参量都是被控制量。

控制量

manipulated variable

它也叫控制(调节)作用或调节量。系指调节器的输出量,它通过执行机构改变输入于被控对象的物料或能量(如温度对象的进出物料;加热蒸汽或燃料的流量;电动机转速控制系统中发电机激磁电流等),从而对被控对象进行控制。

调节量

regulating variable

见“控制量”。

干扰

disturbance

在自动控制中干扰又称扰动。被控对象及自动控制系统各个环节都存在着干扰。引起被调量变化的除调节量外的所有变量,以及影响各部件输出量变化的因素都可视为干扰。如电源电压的振幅和频率的变化,环境温度、湿度、气压的变化以及负载的变化等,都是每个系统普遍存在的干扰量。有效的自动调节与控制系统应具有补偿和克服内外干扰变化的能力,使被调量与给定值的偏差尽可能地减小,使被控量按一定的规律变化,从

而使被控对象处于最优工作状态。

随机干扰

random disturbance

在实验对象和自动控制系统中均存在着时隐时现、忽大忽小,其变化规律不能用某一函数关系描述的随机干扰。这种干扰信号是一个随机量。例如:在雷达跟踪系统中,由于被搜索目标的运动规律以及大量的干扰信号(如空中电波干扰、飞机本身摆动等)是不能用确定的时间函数描述的,所以具有随机性;在生产过程中,由于原材料成分变化、环境条件变化以及设备内部条件的变化(如触媒老化),形成了大量随机干扰。因此,系统的分析与综合必须考虑存在随机干扰输入作用的情况。

对象数学模型

mathematical model of controlled plant

系指自动化对象的数学描述。对象的数学模型的建立,对于自动化系统的设计与调试运行具有重要意义,特别是采用计算机控制时,务必建立对象的数学模型,因为它是实验最优控制的前提。

生产过程数学模型包括对象的静态特性、动态特性、控制指标和目标函数以及系统的状态方程式。建立数学模型的方法有:理论分析法(根据生产过程基本规律、机理,求出理论解析模型);实验测试法(在实验或中间试验装置或生产装置上实测数据,经统计分析求得数学模型);混合法(理论分析与实验测试相结合的方法)。

传递函数

transfer function

线性元件或线性系统的传递函数(或称转移函数)是数学模型的一种表达形式。它是在初始条件为零时,元件或系统的输出量拉普拉斯变换与输入量拉普拉斯变换之比。传递函数可由描述运动规律的微分方程来求取,亦可由实验测取的时间特性(飞升曲线、

阶跃响应或脉冲响应)来求取。

设线性系统的运动方程有如下 n 阶常系数微分方程的形式:

$$a_n \frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u$$

各项逐次进行拉普拉斯变换 $L[f(t)] = F(s)$

$$= \int_0^\infty f(t) e^{-st} dt, \text{ 经过简化整理可得:}$$

$$(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0) X(s) = (b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0) u(s)$$

令

$$W(s) = \frac{X(s)}{u(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0} = \frac{M(s)}{D(s)}$$

$$W(s) = K \frac{(s-r_1)(s-r_2)(s-r_3)\cdots(s-r_m)}{(s-\lambda_1)(s-\lambda_2)(s-\lambda_3)\cdots(s-\lambda_n)}$$

$W(s)$ 为传递函数, 它一般是 s 的有理分式 ($m \leq n$)。传递函数的分母部分

$D(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0 = 0$ 为系统的特征方程式, 其根 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$ 为 $W(s)$ 的极点; 传递函数的分子部分 $M(s)$ 的根 $r_1, r_2, \cdots, r_m$ 称为零点。因此, 传递函数 $W(s)$ 就是在复变量 s 域内描述系统的数学模型, 它比时间域内描述系统的微分方程更简便。

当 $s = 0$ 时, 传递函数 $W(s)$ 就变成了放大系数

$$K = W(0) = \frac{M(0)}{D(0)} = \frac{b_0}{a_0}$$

当 $s = j\omega$ 时, 传递函数就变成了频率特性 $W(j\omega)$ 。利用传递函数就可以方便地分析系统品质及进行系统的校正综合。

频率特性

frequency response

它是线性系统动态特性的主要表达形

式。它反映了不同频率的正弦输入作用下的稳态输出特性。它是一个与系统参数及输入信号频率有关的复变函数, 由于线性系统服从叠加原理, 故在谐波输入作用下的强制振荡仍为谐波函数, 其频率相同, 幅值变化 $A(\omega)$ 倍, 相角滞后 $\varphi(\omega)$ 。其数学表达式为:

$$W(j\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega)$$

其中, $W(j\omega)$ 称为幅相频率特性; $A(\omega)$ 为幅频特性; $\varphi(\omega)$ 为相频特性; $P(\omega)$ 为实频特性, $Q(\omega)$ 为虚频特性。频率特性可以看作是初始条件为零时输出与输入量的傅里叶变换之比, 其输出有振幅放大与相位移动。频率特性可以从系统微分方程式或传递函数求取; 亦可用实验方法测取。后者首先是测取系统内每个元件、环节的频率特性, 而后再求取整个开环或闭环系统的频率特性 (目前已成批生产的超低频系列仪器就是频率特性测试仪器)。已知频率特性之后就可以分析闭环系统的稳定性、静态品质和过渡过程品质。上述方法就是系统分析与综合的频率法。除普通频率特性外, 还有对数频率特性, 利用对数幅相频率特性, 就可以方便地用图解法进行稳定性及品质分析和对串联并联校正装置的综合。

脉冲过渡函数

impulse response

脉冲过渡函数是系统在单位脉冲输入作用下产生的输出过渡过程的数学描述。它也称脉冲响应。它是系统动态特性的一种表达形式, 它是传递函数的及拉普拉斯变换原函数, 是频率特性及傅里叶变换的原函数。

单位过渡函数

unit step response

也称阶跃响应。系指系统在单位阶跃输入作用下产生的输出过渡过程的数学表述。它是系统的动态特性的一种表达形式。它是实验求取系统传递函数的原始数据。从单位

过渡函数不难求得传递函数,反之,已知传递函数也容易求取单位过渡函数。所谓飞升曲线,就是对象的单位阶跃输入时的输出,也就是对象的单位过渡函数。

稳定性

stability

系指系统在外扰作用下能否保持平衡状态,过渡过程能否结束达到预定状态的性能。凡在外扰作用消除后系统能恢复原来平衡状态的称此系统是稳定的。换言之,过渡过程是衰减振荡,系统在扰动作用下能保持物理上可以观察到而在实际上能够达到的定态。如果原始偏差在一定限度内,系统才能保持稳定,原始偏差超出某一限值,系统就不稳定,称此系统是小范围稳定;如果原始偏差不管多大,系统都稳定,则称为大范围稳定。线性系统都是大范围稳定,而只有非线性系统才有可能小范围稳定,而大范围不稳定的情况。

线性系统的稳定性,可由特征方程式的根在复数平面上的分布来判别:其根全部位

于左半平面(即是负实部的根)则稳定;只要有一个根位于右半平面(有正实部根)则不稳定;只要有一根位于原点或一对复根位于虚轴,则系统处于稳定边界。如图所示。非线性系统的稳定性可由一次线性近似系统来判别。若线性近似系统处于临界状态,则应由原始非线性方程来分析。

如果一个系统能通过改变参数满足稳定条件,则称此系统结构是稳定的;如果不能通过改变参数来达到稳定状态,则称此系统结构是不稳定的。

稳定准则

stability criterion

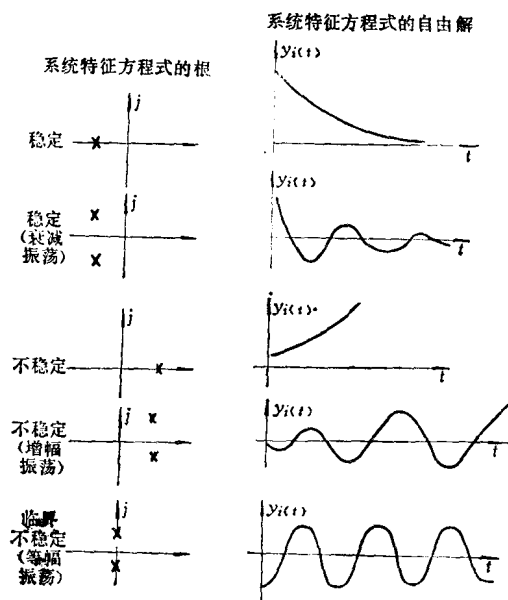
它又称稳定性判据。它是一种分析自动控制系统的运动状态稳定还是不稳定的法则和依据。要判定系统的运动状态的稳定性,有两种方法:一种是直接求出系统运动方程的解(如特征方程的根),然后再判定系统的稳定性;另一种是用间接的判断系统稳定性的法则(这就是稳定准则)来判断系统的稳定性。

由于研究系统稳定性客观实际的需要,人们已经寻求到了多种形式的稳定判据,并且将来还可能出现新的判据。判定线性化系统的稳定性准则有:代数准则(即古尔维茨准则)、几何准则、频率准则(即奈奎斯特准则)等。应用这些准则,不仅能够分析系统稳定与否,而且还能找出使系统由不稳定转化为稳定的途径。

频率准则

Nyquist criterion

频率准则又称奈奎斯特准则。它是用已知的开环频率特性来分析闭环系统是否稳定的一种稳定准则。奈氏准则与古氏准则不同。古氏准则是利用闭环系统的特征方程式来判断系统的稳定性的。而奈氏准则的主要特点是直接用开环系统的幅相特性来判断闭环系统的稳定性的。因为系统的开环幅相特性与



特征根与过渡过程自由分量的关系

组成系统的各环节的特性有直接的联系,并且开环幅相特性可以用实验的方法获得(利用幅相仪)。因此,奈氏准则在解决高阶系统的稳定性的分析方面,在指出改善稳定性途径方面,以及应用实验数据和曲线方面,都具有突出的优点。这样一来,它在自动控制中,得到了广泛的应用。

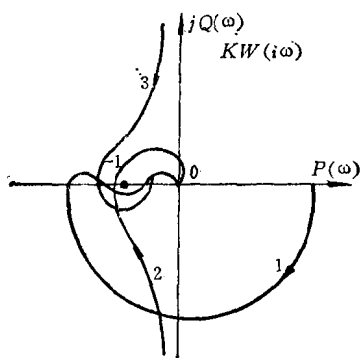
奈氏准则的内容是:

1. 若开环系统是稳定的,则闭环系统稳定的充要(充分与必要)条件是:在 $[W]$ 平面上,当 ω 从 $0 \rightarrow +\infty$ 时,开环系统的幅相特性 $W(j\omega)$ 不包围 $(-1, j0)$ 点。

2. 若开环系统是不稳定的,且开环传递函数在右半面有 p 个极点,则闭环系统稳定的充要条件是:在 $[W]$ 平面上,当 ω 从 $0 \rightarrow +\infty$ 时,开环系统的幅相特性 $W(j\omega)$ 按逆时针方向绕 $(-1, j0)$ 点转 $p/2$ 圈。

上述二种情况的相反情况,则闭环系统是不稳定的。其典型情况如下图所示。

3. 若开环系统中有 v 个积分环节时,先在 $[W]$ 平面上作出 ω 从 $0_+ \rightarrow \infty$ 时幅相特性



频率准则: 1,3稳定
2不稳定

频率准则典型图解

$W(j\omega)$,再作出 ω 从 $0_+ \rightarrow 0$ 之间的补充圆弧,其具体做法是:从 $\omega = 0_+$ 处向逆时针方向划出补充圆弧,其转过的角度为 $v \frac{\pi}{2}$

(注意:在计算时,应从 $\omega = 0 \rightarrow 0_+$ 是顺时针方向,所以是 $-v \frac{\pi}{2}$)。然后,根据开环

系统在右半面是否有极点,分别应用前面的结论,判断闭环系统的稳定性。

应用对数频率特性,同样能得到相应的对数频率特性的稳定判据。

稳定裕量

stability margin

稳定裕量是系统稳定度的数量标志,它表示系统的参数与系统在稳定边界时的参数之差。

自动控制系统在实际工作中有时候出现这样的情况,即当 $W(j\omega)$ 靠近 $(-1, j0)$ 点,虽然 $W(j\omega)$ 还没有包围 $(-1, j0)$ 点,理论分析系统时,诚然还是稳定的(在开环系统是稳定的情况下),但实际上系统可能已经是不稳定的了。造成这种事实的原因是多方面的,主要是: 1) 在列写系统各环节的方程式时,不可避免地都是将某些复杂的物理过程作了简化,只抽取其中主要的(而次要的变化过程都忽略不计)变化过程用某种电工、热工、力学、机械等方面的基本规律表示; 2) 各环节方程的系数所包含的参量、转动惯量、气动力参数、时间常数等都不十分精确,被控对象的参数更是如此; 3) 当系统工作环境或气候发生变化时,各环节的参数都可能发生变化等等。因此,系统方程式中的参数实际上是近似的。根据近似参数作出的开环频率特性 $W(j\omega)$ 与 $(-1, j0)$ 点很靠近时,实际上可能已经通过 $(-1, j0)$ 点,甚至可能包围了 $(-1, j0)$ 点了,因而实际上可能已经是不稳定了。

为了确保系统稳定,就需要不仅不包围,而且要使 $W(j\omega)$ 与 $(-1, j0)$ 点有一定的距离,因此必须引入稳定裕量的概念。

稳定裕量也是分析和综合常参数线性连续系统的过渡过程品质的一种指标。

根据不同的稳定准则,稳定裕量有不同的表达形式和计算方法:在代数准则中,稳定裕量是那些不等式不变为等式的余量;在