

# 第一章 自动控制的一般概念

---

- 1) 在自控理论中，时域中数学模型有微分方程、差分方程和状态方程；复数域中模型有结构图、信号流图、根轨迹；频域中数学模型有频率特性等
- 2) 对自动控制系统的基本要求可以概括为三方面，即稳定性、准确性、快速性
- 3) 一个控制系统至少包括控制装置和控制对象
- 4) 反馈控制系统是根据被控量和给定值的偏差进行调节的控制系统
- 5) 根据自动控制系统是否形成闭合回路来分类，控制系统可分为开环控制系统、闭环控制系统；  
根据信号的结构特点分类，控制系统可分为：反馈控制系统、前馈控制系统和前馈-反馈复合控制系统；  
根据给定值信号的特点分类，控制系统可分为：恒值控制系统、随动控制系统和程序控制系统；  
根据控制系统元件的特性分类，控制系统可分为：线性控制系统、非线性控制系统；  
根据控制信号的形式分类，控制系统可分为：连续控制系统、离散控制系统
- 6) 线性控制系统的特点是可以应用叠加原理，而非线性控制系统则不能
- 7) 组成控制系统的基本功能单位是环节
- 8) 常规控制器中定值元件的作用是产生给定值信号，其类型应与测量元件来的信号一致
- 9) 自动控制系统的组成：控制器、被控对象、反馈环节、给定装置等
- 10) 反馈是将检测出来的输出量送回到系统的输入端，并与输入量进行比较的过程，反馈有正反馈和负反馈之分，只有负反馈能改善系统性能

## 第二章 控制系统的数学模型

---

- 1) 传递函数的定义是对于线性定常系统，零初试条件下，系统的输出的拉氏变化与输入的拉氏变换之比。
- 2) 判断一个闭环线性控制系统是否稳定，可采用劳斯判据、根轨迹、奈奎斯特判据等方法。
- 3) 令线性定常系统传递函数的分母多项式为零，则可得到系统的特征方程
- 4) 系统的传递函数完全由系统的结构和参数决定

- 5) 线性定常系统的传递函数, 是在零初始条件下, 系统输出信号的拉氏变换与输入信号的拉氏变换的比
- 6) 信号流图中, 节点可以把所有输入支路的信号叠加, 并把叠加后的信号传送到所有的输出支路
- 7) 运算放大器具有的优点是输入阻抗高, 输出阻抗低
- 8) 传递函数的概念适用于线性定常系统, 传递函数的结构和各项系数包括常数项完全取决于系统本身结构; 它是系统的动态数学模型, 与输入信号的具体形式和大小无关, 不反映系统的内部信息
- 9) 动态过程包含了系统的稳定性、快速性、平稳性等信息
- 10) 稳态过程是指时间  $t$  趋近于无穷大时, 系统输出状态的表现形式。它表征系统输出量最终复现输入量的程度。稳态过程包含系统的稳态误差等信息

## 第三章 线性系统的时域分析法

---

- 1) 二阶系统当阻尼比大于 0 小于 1 和等于 1 时, 分别称为欠阻尼和临界阻尼二阶系统
- 2) 系统校正按校正装置在系统中的连接方式可分为串联校正、反馈校正和复合校正等, 则频域超前校正属于串联校正, 速度负反馈校正属于反馈校正
- 3) 劳斯表计算时, 当某一行出现全 0, 则系统存在纯虚根
- 4) 典型二阶系统的性能指标计算中, 当阻尼比确定后, 系统的超调量可以确定
- 5) “I”型系统一定能无差跟踪阶跃信号
- 6) 包含了比例、微分、积分项, 这个环节称为PID环节
- 7) 主导极点: 在系统的时间响应过程中起到主导作用的极点。闭环主导极点可以是实数极点也可以是复数极点, 或者是他们的组合。一般认为如果某对极点到虚轴的距离仅为其他闭环极点到虚轴距离的  $1/5$  或者更小, 且附近没有闭环零点, 则这对极点可以被看做是闭环主导极点。
- 8) 对复杂系统的方框图, 要求出系统的传递函数可以采用梅森公式
- 9) 在时域分析中, 人们常说的过渡过程时间是指调整时间
- 10) 衡量一个控制系统准确性 / 精度的重要指标通常是指稳态误差
- 11) 对于二阶系统来说, 系统特征方程的系数都是正数是系统稳定的必要条件

- 12) 一阶系统的阶跃响应无超调量
- 13) 一阶系统 $G(s)=1/Ts+1$ 的 $T$ 越大,则系统的输出响应达到稳态值的时间就越长
- 14) 衡量控制系统动态响应的时域性能指标包括动态和稳态性能指标
- 15) 分析稳态误差时, 将系统分为 0 型系统、I 型系统、II 型系统..., 这是按开环传递函数中的积分环节数来分类的
- 16) 二阶系统的阻尼系数 $\xi=0.707$  时, 为最佳阻尼系数。这时系统的平稳性与 快速性都较理想
- 17) 系统特征方程式的所有根均在根平面的左半部分是系统稳定的充要条件
- 18) 系统的模态 (响应形式) 由闭环极点确定, 闭环零点只影响响应的幅值。闭环极点的不同取值, 动态过程有单调上升, 衰减振荡、发散振荡和等幅振荡四种 形式
- 19) 二阶系统中, 引入比例微分控制, 系统阻尼增加, 其对振荡的抑制强于闭环零点对振荡的扩大。因此, 总体是使超调减弱, 改善平稳性
- 20) 二阶系统中闭环零点的出现, 加快了系统响应速度, 克服了阻尼过大, 响应速度慢的缺点,实现快速性和平稳性均提高
- 21) 二阶系统中, 引入比例微分控制, 不影响系统误差, 自然频率不变

## 第四章 线性系统的根轨迹法

- 1) 根轨迹与虚轴相交, 表示系统阻尼比为零, 系统处于临界稳定状态。
- 2) 通常增加开环极点 (选: 零点或极点), 将导致系统根轨迹向右移动, 使系统稳定性变差; 相反选择增加开环零件,会让系统的根轨迹相左边移动, 系统的稳定性变好。
- 3) 当开环传递函数中可变参数是开环增益外的其他参数时, 得到的根轨迹通常称 为参量根轨迹
- 4) 系统闭环极点 (或主导极点) 都在复平面的左边, 离虚轴越远系统稳定性越好
- 5) 根轨迹是当系统某一参数发生改变,系统的闭环特征根在 $s$ 平面上绘制的曲线。

(一般以开环增益为变化参数) 绘制的几条主导原则: ①根轨迹的分支数/起点/终点②根轨迹在实轴上的分布区间③根轨迹的渐进线④根轨迹的分离点⑤ 根轨迹与虚轴的交点⑥根轨迹的起始角与终止角

内部环路指的是小环,外部环路指的是大的闭合回路

- 6) 根轨迹上的点应满足两个条件是: 幅角条件和幅值条件

# 第五章 线性系统的频域分析法

---

- 1) 对一线性系统输入正弦信号 $A\sin(\omega t + a)$ , 则输出信号的频率一定不变
- 2) 系统开环伯德图中,如果截止频率越宽,系统的时域响应越快
- 3) 相角裕度: 对于闭环稳定系统而言,如果系统的开环相频特性再滞后 $r$ 度,则系统将处于临界稳定状态;
- 4) 幅值裕度: 对于闭环稳定系统而言,如果系统的开环幅频特性再增大 $h$ 倍,则系统将处于临界稳定状态。

对于最小相位系统而言,只要当幅值裕度与相角裕度都是正值时,系统才是稳定的

- 5) 奈奎斯特判据: 若系统开环稳定,则系统的闭环系统稳定的充要条件是奈奎斯特图不包围 $(-1, j0)$ 点。

对于开环不稳定的系统而言,系统的闭环系统稳定的充要条件是奈奎斯特图包围 $(-1, j0)$ 点圈数位 $-n$ 周, $n$ 位开环传递函数在右边平面的极点数。

- 6) 最小相位系统是系统的传递函数的全部零点以及极点位于 $S$ 的左半平面或者虚轴上的系统。
- 7) 用频域法分析控制系统时,最常用的典型输入信号是正弦函数
- 8) 用频率法研究控制系统时,采用的图示法分为极坐标图示法和对数图示法
- 9) 系统的相频特性是指输入、输出正弦相位差与频率的关系,幅频特性是指输入、输出正弦幅值比与频率的关系
- 10) 系统的稳态输出正弦的复数形式与输入正弦函数的复数形式之比是一个复数,复数的幅值就是幅频特性,复数的幅角就是相频特性
- 11) 比例元件在信号变换中起着改变增益而不影响相位的作用

# 第六章 线性系统的校正方法

---

- 1) PD 控制可使系统阻尼比增大,使阶跃响应的超调量下降,调节时间减小
- 2) 超前校正的作用: 利用相角超前特性来提高系统的截止频率与系统的相角裕度,从而减少系统的超调量,还可以提高系统的动态响应速率,但不利于系统的抗高频干扰能力。
- 3) 滞后校正的作用: 利用高频衰减特性来减少系统的截止频率,提高系统的相角裕度,从而减少系统的超调量,还可以抑制高频噪声,但不利于系统的快速性。

4) 滞后-超前校正: 兼有滞后校正和超前校正的优点,利用超前部分的相角超前特性提高系统的相角裕度,同时利用滞后部分的幅值衰减特性来改善系统的稳态性能。

5) PID 控制器进行串联校正时, 通常应使 I 部分发生在系统频率特性的低频段, 以提高系统的稳态性能, 而使 D 部分发生在系统频率特性的中频段, 以提高系统的动态性能

6) PI 控制器可以在保证系统稳定的情况下提高系统的型别,PD控制提高了系统的相角裕度,从而提高了系统的稳定程度。

7) 包含了比例、微分、积分项, 这个环节称为 PID 环节

8) 经典的三频段理论: 由 Bode 图来说,可以分成三个频段,低频段,中频段,高频段.低频段是在  $\omega(0, \omega_{\min})$ ,低频段主要是由比例环节 K 与系统的型别来绘制

的,所以说与系统的稳态误差有关,低频段越高越陡,系统的稳态误差越小,即跟随输入的误差也越小; 其次,中频段范围是截止频率的左右两个转折频率所构成的,

而截止频率与系统的动态性能相关,截止频率越大,系统的响应速度越快; 高频段的范围就是  $\omega(\omega_{\max}, \infty)$ ,越陡,系统的抗高频干扰能力就越强。

9) 若受控对象存在较大的延迟和惯性, 效果较好的控制方式是比例微分控制

10) 比例微分控制器中, 微分时间常数越大, 则系统的动态偏差越小

11) 比例微分校正可全面改善系统稳态及暂态性能, 但是对系统抗高频干扰的能力影响较大, 只能用于原系统抗高频干扰的能力非常强的系统

## 第七章 线性离散系统的分析与校正

1) 判断离散系统稳定的充要条件是闭环特征根大于-1 小于 1

2) 连续系统稳定,其对应的离散系统可能稳定,和采样周期有关

3) 连续系统用微分方程,传递函数,频率特性建立数学模型,而离散系统采样  $z$  变化法建立离散系统的数学模型; 通过  $z$  变化处理后的离散系统,可以把用于连续

系统中的许多方法,如稳定性分析,稳态误差计算,时域响应分析以及系统校正方法等经过适当等效变换后,直接用于离散系统的分析和设计中。

4) 离散系统的应用相比与连续系统有以下特点:

①由于数字计算机构成的数字校正装置效果比连续校正装置好,而且由软件实现的控制规律易于改变,控制灵活。

②采样信号,特别是数字信号的传递可以有效地抑制噪声,从而提高了系统的抗干扰能力。

③允许采样高灵敏的控制元件,提高系统的控制精度。

④可以用一台计算机分时控制元件,提高系统的控制精度。

⑤对于大延迟系统,可引入采样的方式稳定。

5) 什么是连续系统//离散系统: 如果控制系统中所有的信号都是时间变量的函数,一旦函数关系确定后,则全部时间上的函数值都是可以确定的,这样的系统成为

连续时间系统,简称连续系统; 如果控制系统中有一处或者几处信号是一串脉冲或者数码,这些信号仅定义在离散时间上,这样的系统称为离散时间系统,简称离

散系统。

6) 在采样控制系统中传递着两种信号,连续信号和脉冲序列,为了使两种信号在系统中能相互传递,在连续信号和脉冲序列之间要用采样器(将连续信号变成脉

冲序列),而在脉冲序列和连续信号之间要用保持器(将脉冲序列变成连续信号)

7) 采样器和保持器是采样控制系统中的两个特殊环节。

8) 数字控制系统中的连续信号和数字信号的转变是由 A/D (模/数), D/A 转换器完成的。A/D (模/数) 是将连续的信号传变成离散的信号,包括两个过程,一是采样过程,而是量化过程。

9) 离散系统中常用劳斯判据和朱力判据来判断系统的稳定性。

## 第八章 非线性控制系统分析

1) 设信号 $x(t)$ 的最高频率为 $w$ ,如要采样后信号不丢失频率成分,则采样周期应满足小于 $1/2w$

2)非线性系统的本质特征是不满足叠加原理。因此,非线性系统的稳定性,除与系统的结构、参数有关外还和初始状态有关

3)非线性系统的本质特征是不满足叠加原理。因此,初始条件不同,非线性系统的稳定性可能不一样

4)非线性元件的输出和输入有关(有关或无关),所以在非线性系统结构图中,非线性特

性与线性环节串联的位置不能（能或不能）互换

5)描述函数法是线性系统频率法在非线性系统分析中的推广，它主要用于一类非线性系统的稳定性分析和自振分析

6)描述函数定义为在正弦信号输入作用下，非线性环节的输出响应中次谐波分量和输入信号的复数比

7)应用描述函数时，系统应可化为一个非线性环节和一个线性环节串联的典型反馈结构