目录

[第2章 线性系统的数学描述 1](#_Toc24898745)

[第3章 线性系统的时域分析 1](#_Toc24898746)

[第4章 根轨迹法 3](#_Toc24898747)

[第5章 频率响应法 4](#_Toc24898748)

[第6章 线性系统的校正方法 4](#_Toc24898749)

[第7章 线性离散系统分析与设计 4](#_Toc24898750)

[第8章 非线性控制系统分析 4](#_Toc24898751)

# 第2章 线性系统的数学描述

1. 电气系统：电容，运算阻抗 电感，运算阻抗

机械系统： 阻尼器

1. 理想运放：
2. 拉氏变换：

基本定理：线性、微分定理：、

积分定理：每积分一次，多乘

初值定理、终值定理：相反

1. 传递函数：

特点：①适用于线性定常系统；②在零初始条件（输入量才起作用；开始之前稳定）下定义的；……

1. 典型环节传递函数 ①比例(放大)：；

②惯性(非周期)： 无震荡 ④积分： 记忆

③纯微分： 预示。现实中有一定的惯性

⑤振荡：； ⑥纯时间延时：

1. 开环传递函数 前向传递函数

**闭环传递函数**

1. 叠加原理： 为参考输入量，为扰动
2. 结构图的简化 等效原则

①串联：积； ②并联：和； ③反馈回路：；

④相加点前移：提取；

⑤相加点后移：分配；

⑥分支点前移：乘； ⑦分支点后移：除；

⑧相邻相加/分支点之间移动：不变 不能轻易交换

1. 梅逊公式 系统总增益，:前向通道数目，第条增益

特征式：

：所有不同回路增益之**和** 去除与第k条接触的后余下的特征式

：所有任意**两个**互不接触回路增益**乘积**之和

：所有任意**三个**互不接触回路增益**乘积**之和

# 第3章 线性系统的时域分析

1. 典型输入信号： ⑤正弦

①阶跃； ②斜坡(速度)；

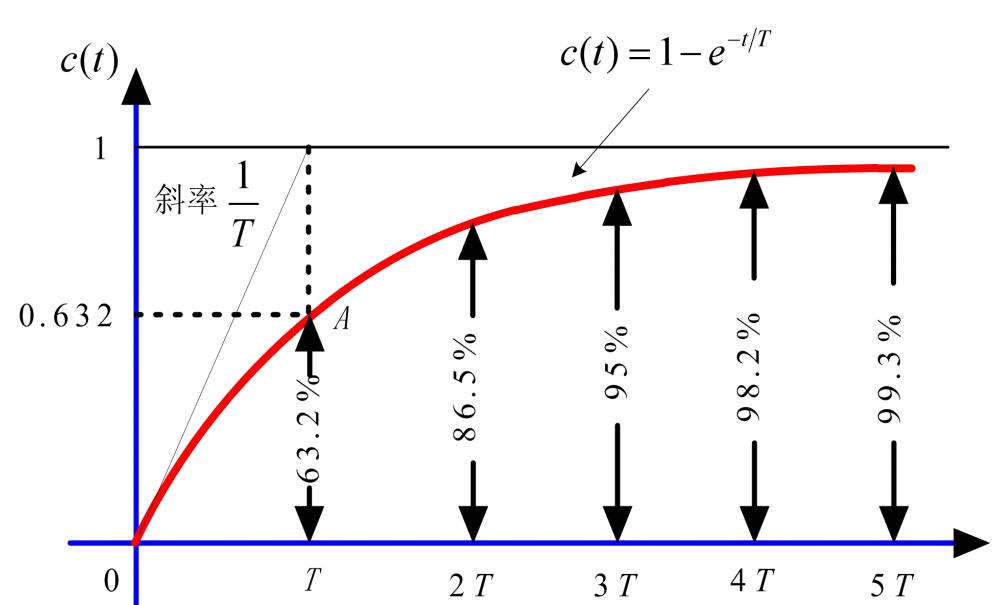
③加速度； ④脉冲；

1. 线性定常系统的时间响应=稳态分量+暂态分量(带)
2. 动态性能指标： 延迟时间：到达稳态值一半；

上升时间：无震荡，稳态值的10%到90%，有震荡，0到稳态值；

峰值时间：到第一个峰值； 调节时间

振荡次数：0到 最大超调量

通常上升时间和峰值时间评价系统的响应速度；

超调量评价系统的阻尼程度；

调节时间反映响应速度和阻尼程度的综合指标；

1. 一阶系统的时域分析

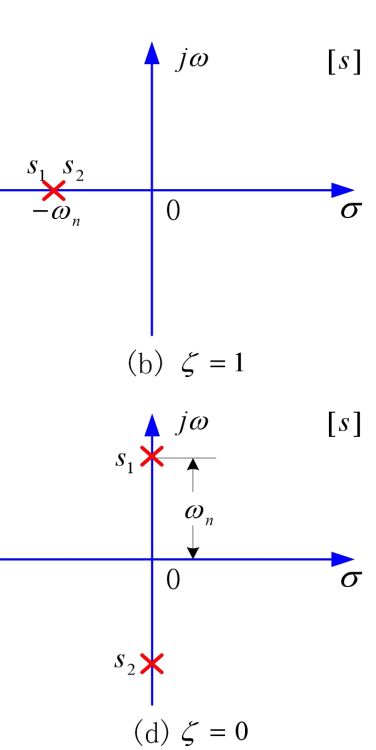
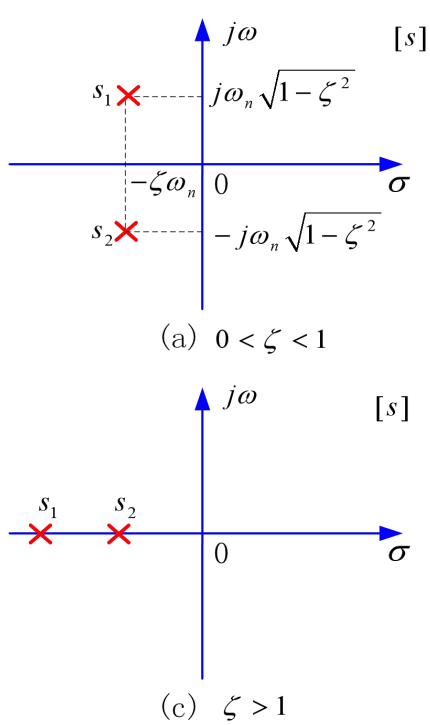
①单位阶跃响应

求导

②单位脉冲响应

③单位斜坡响应

④单位加速度响应

1. 二阶系统的时域分析 为阻尼比，为自然振荡角频率
   1. 标准形式： 惯性+积分环节

特征根(极点)

①欠阻尼

②临界阻尼

③过阻尼

④无阻尼

* 1. 单位阶跃响应：

①欠阻尼

阻尼自振角频率

震荡周期 一般希望

~~②临界阻尼；③过阻尼：两个惯性环节的串联；④无阻尼~~

* 1. 性能指标：上升时间 峰值时间

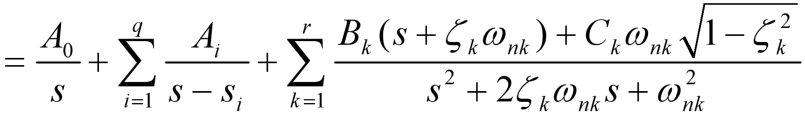
最大超调量 ??? 震荡次数

调节时间 ？

* 1. 结论：①一定时，越大，瞬态响应分量衰减越迅速

②一般希望，最佳为

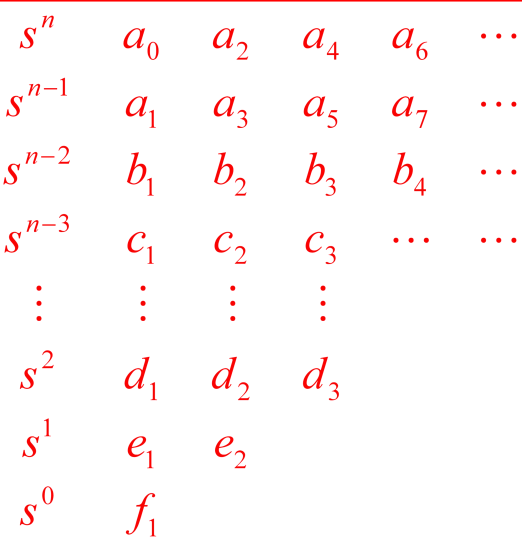
③二阶系统的单位脉冲响应可以通过单位阶跃响应求导得到

1. 高阶系统的时域分析
   1. 单位阶跃响应：
   2. 结论：③主导极点：其实部为其他极点的1/5

①高阶系统瞬态响应各分量的衰减快慢由指数衰减系数和决定

②偶极子（重合的零极点，即和重合）对系统的瞬态响应几乎无影响

1. 线性常微分方程的解=齐次微分方程的通解+非齐次微分方程的任一特解

 =零输入响应+零状态响应=自然响应+受迫响应

1. 线性系统的稳定性分析
   1. 充要条件：极点均在复平面的左半部分
   2. 零输入响应的稳定性：内部稳定性；

零状态响应的稳定性：外部稳定性

* 1. ★劳斯判据：判定零输入/状态系统是否稳定

必要条件：所有系数为**正**且不缺项

充分条件：表中第一列全为**正**

,

特殊情况：①表中某行第一个为0其余不全为0：用很小的正数代替0后计算

②表中某行全为0：用上一行构成辅助方程，后对s求导

1. 误差：

输出的期望值和实际值 设定输入量与主反馈量 某些情况下

稳态误差： 衡量系统控制精度的

稳态值： 稳态性能指标主要指稳态误差

1. 开环放大倍数 为积分单元个数，表示系统类型
2. ★系统的误差

为开环传递函数

=系统误差(跟踪输入的能力)+扰动误差(抑制扰动的能力)

静态位置误差系数

静态速度误差速度

静态加速度误差系数

单位阶跃输入； 斜坡输入； 加速度输入

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统  类型 | 静态误差系数 | | | 稳态误差 | | |
|  |  |  |  |  |  |
| 0型 |  | 0 | 0 |  |  |  |
| Ⅰ型 |  |  | 0 | 0 |  |  |
| Ⅱ型 |  |  |  | 0 | 0 |  |

结论：①输入为正弦信号时，不能使用终值定理

②减小系统误差的方法：增大；提高系统型别数。但都会影响系统稳定性

# 第4章 根轨迹法

1. 根轨迹条件：幅值条件

(充要条件) 相角条件

1. 根轨迹的绘制： 根据开环增益绘制

①写出特征方程 ②改成零极点增益形式

③复平面上，极点开始，零点(or无穷远)结束，分支数=极点数；

④实轴上，根轨迹右侧的零极点数之和为奇数

⑤渐近线与实轴交点 与实轴正方向夹角

为极点数，为零点数，

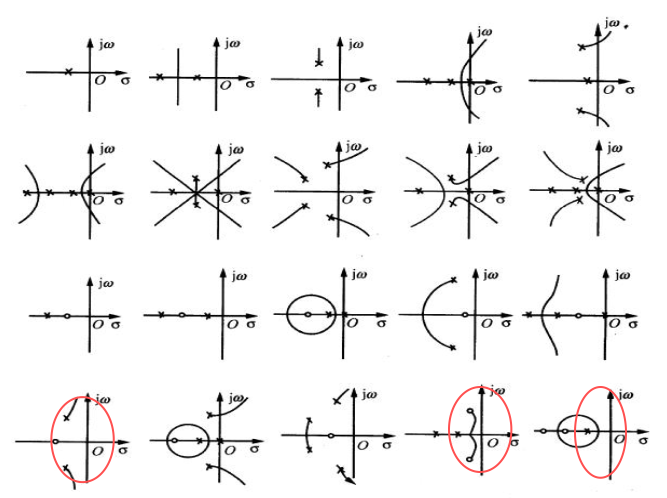
⑥分离点： or

实轴上分离点的分离角恒为

⑦根轨迹与虚轴交点：

⑧出射角

入射角

对应于同一对极点(或零点)的出射角(或入射角互为相反数。

⑨根轨迹的根之和/积：

Ⅰ若，

则

为**开环**极点，为**闭环**极点

Ⅱ原点存在开环极点，

则 为**开环**零点

1. 参数根轨迹：以非参数根轨迹绘制

将特征方程改变为

其余不变，为等效开环传递函数

1. 零度根轨迹：正反馈系统，
2. 增加开环极点，可使根轨迹改变并向右移，降低系统相对稳定性，增加调节时间；

增加开环零点，可使根轨迹左移，改善系统稳定性和动态性能

# 第5章 频率响应法

1. 频率特性： 幅频特性

相频特性：输入/出信号相角之差

相角超前，相角滞后。

1. 幅频特性曲线：为纵坐标；相频特性曲线：为纵坐标
2. 典型环节的频率特性：
   1. 比例 迟后
   2. 积分

伯德图镜像

* 1. 微分
  2. **惯性**

伯德图镜像

频率特性互为倒数

**交接频率，对称中心**

* 1. 一阶微分

高频放大，抑制噪声能力的下降

* 1. 二阶振荡

**交接频率，对称中心**

**低频段：**；**高频段**

1. 福相特性曲线（奈氏图）：极坐标图 **开环**

步骤：①求出和；②计算和时的；

③利用计算交点；

结论：①

②开环传函中**分子**含有**一阶微分**环节，其开环奈氏图可能出现凹凸

1. 对数频率特性（伯德图）： 横坐标按分度，单位 **开环**

对数幅频特性：纵坐标，单位是分贝()

步骤：①将传递函数写成典型环节(常数为1)相乘；

②求各典型环节的交接频率，从小到大绘在轴上

③低频渐近线过 为系统阶数，微分环节取负值 ④每经过一个交接频率改变一次斜率。斜率改变；二阶振荡环节，斜率改变

对数相频特性：纵坐标按线性分度，单位是度

1. 最小相位传递函数：传递函数极、零点在平面左边 开环闭环都可

最小相位系统：只包含比例、积分、微分、惯性、振荡。

对数幅频、相频一一对应

非最小相位系统：存在迟后、不稳定的环节

1. 映射定理：设s平面上的封闭曲线厂包围了复变函数的个极点和个零点且此曲线不经过的任一零点和极点，则当复变量沿封闭曲线顺时针方向移动一周时，在平面上的映射曲线按**逆时针**方向包围坐标原点周。
2. 奈奎斯特稳定判据 不经过奇点

闭环系统稳定的充要条件：为**逆时针**包围周数，为平面右半部极点个数

表述一：，即在平面右半部无零点

表述二：从到**逆时针**包围点周

虚轴上有开环极点： 为积分环节数量

顺时针

1. 对数频率稳定判据

正穿越：从下增加到上；反之为负穿越

闭环系统稳定的充要条件：，正穿越次数-负穿越次数

1. 剪切频率： 相角裕度

增益裕度

正增益裕度：稳定系统，；负增益裕度：不稳定，

# 第6章 线性系统的校正方法

# 第7章 线性离散系统分析与设计

# 第8章 非线性控制系统分析