国家精品课程/ 国家精品资源共享课程/ 国家级精品教材
国家级十一(二)五规划教材/ 教育部自动化专业教学指导委员会牵头规划系列教材

控制系统仿真与CAD

第五章 线性系统的计算机辅助分析

线性系统的根轨迹分析（下）

Root Locus Analysis of Linear Control Systems (II)

主讲：薛定宇教授

例5-32 正反馈系统的根轨迹

- 开环模型

$$G(s)=\frac{s^2+5s+6}{s^5+13s^4+65s^3+157s^2+184s+80}$$

- 正反馈系统
  - 特征方程 $1-KG(s)=1+K[-G(s)]=0$
  - 根轨迹绘制 rlocus(-G)

```
>> G=tf([1 5 6],[1 13 65 157 184 80]); rlocus(-G)
```

例5-32 延迟连续系统的根轨迹

- 连续延迟开环模型 $G(s)=\dfrac{6s+4}{s(s^2+3s+1)}\mathrm{e}^{-2s}$
- 特征方程的推导

$$1+KG(s)=1+K\frac{6s+4}{s(s^2+3s+1)}\mathrm{e}^{-2s}=0$$

$$s(s^2+3s+1)+K(6s+4)\mathrm{e}^{-2s}=0$$

- 如何求解根轨迹
  - 用根轨迹做什么？
  - 如果只求临界增益，则可以考虑使用Pade近似方法

例5-33 延迟系统的近似根轨迹

- 开环模型 $G(s)=\dfrac{6s+4}{s(s^2+3s+1)}\mathrm{e}^{-2s}$
- 选择同的Pade近似阶次绘制根轨迹

```
>> s=tf('s'); G=(6*s+4)/s/(s^2+3*s+1);
   G.ioDelay=2; rlocus(pade(G,2))
```

- 得出不同近似阶次下的临界增益
- 如果值差不多就可以得出近似的临界增益

例5-34 含参数系统的根轨迹

- 给定开环模型 $G(s)=\dfrac{5(s+5)(s^2+6s+12)}{(s+a)(s^3+4s^2+3s+2)}$
- 绘制关于 a 的根轨迹
  - 令 $N_1(s)=5(s+5)(s^2+6s+12),\ D_1(s)=s^3+4s^2+3s+2$
  - 推导

$$1+\frac{N_1(s)}{(s+a)D_1(s)}=0.$$

$$N_1(s)+(s+a)D_1(s)=0$$

$$[N_1(s)+sD_1(s)]+aD_1(s)=0,$$

含参数系统的根轨迹

- **继续推导** $[N_1(s)+sD_1(s)]+aD_1(s)=0,$

$$1+a\widetilde{G}(s)=0$$

$$\widetilde{G}(s)=\frac{D_1(s)}{N_1(s)+sD_1(s)}.$$

- **绘制根轨迹**

```
>> s=tf('s');
   N1=5*(s+5)*(s^2+6*s+12); D1=s^3+4*s^2+3*s+2;
   G1=D1/(N1+s*D1); rlocus(G1)
```

系统根轨迹小结

- 根轨迹的概念
  - 临界稳定增益，全极点模型的近似比例控制器设计
- 根轨迹函数能处理的问题
  - 单变量系统模型
  - 连续无延迟的精确根轨迹
  - 离散系统的根轨迹（可含有延迟）
  - 延迟模型的近似根轨迹、近似临界增益
  - 含参数系统的根轨迹

薛定宇教授主讲

控制系统仿真与CAD