第一章 状态空间表达式

要求内容：

- 动力系统的状态，状态变量，状态空间表达式的基本概念；状态空间表达式的模拟结构图；状态空间表达式的建立及其线性变换（对角标准形和约当标准形）；由状态空间表达式传递函数阵
- 完整理解建立状态空间表达式的基本方法
- 同一系统在线性等价变换下的不同表达
- 与传递函数的关系

相关概念：

- 状态，状态空间表达式、状态方程、输出方程、模拟结构图、实现问题、友矩阵、线性变换（坐标变换）、特征值、（独立）特征向量、约当矩阵、传递函数阵等

第一章复习要点

1. 建立连续时间系统的状态空间表达式
   - 系统结构图建立
     - 转化为有积分号的模拟图，取状态变量，根据变量关系写出一阶微分方程组，状态空间表达式
   - 系统机理（电气系统、动力学系统）
     - 取状态变量，建立微分方程，整理，写出状态空间表达式
   - 传递函数
     - 能控标准I型(直接写出)，能观标准I型（B计算系数）
   - 微分方程
     - 左端最高次项，左右两端积分，取变量，整理
     - 转化为传递函数，写出状态空间表达式。

第一章复习要点

- 2. 状态空间表达式之间的变换
  - 特殊的两种矩阵：对角阵、约当阵
  - 矩阵变换：设$x=Tz$，
    - $A' = T^{-1}AT$；$B' = T^{-1}B$；$C'=CT$； D不变。
  - 特征值不变化
  - 将任意矩阵转化为特殊矩阵
    - A特征值互异： $\Lambda= T^{-1}AT$；T为特征值对应的特征向量；
    - A特征值有重根： $J = T^{-1}AT$；T为特征值对于的特征向量及广义特征向量构成；

第一章复习要点

- 2. 状态空间表达式之间的变换（续）
  - 系统并联实现
    - 特征值互异：递函数分部分式：$\sum_{i=1}^{n}\frac{c_i}{s-\lambda_i}$
      $A=\Lambda$, $B=(1\ 1\ \ldots\ 1)^T$; $C=(c1, \ldots, cn)$
      $A=\Lambda$, $B=(c1, \ldots, cn)^T$; $C=(1\ 1\ \ldots\ 1)$.
    - 特征值有重复：（参考书上内容）
- 3. 状态方程与传递函数的关系
  - 特殊形式的状态矩阵：能控标准I、能观标准II直接写出传递函数
  - 公式：$W = C(SI-A)^{-1}B + D$

第一章复习要点

- 4、离散时间系统的状态空间表达式
  - $X(k+1) = G\,X(k) + H\,u(k)$
  - $Y(k) = C\,X(k) + D\,u(k)$
  - 微分方程->差分方程；传递函数->脉冲传递函数；
  - G, H，C，D 与连续线性系统确定的方法一致。

第二章 系统解的表达式

要求内容：

- 包括线性定常系统状态方程齐次解，矩阵指数函数和状态转移矩阵的概念及其计算方法，线性定常系统状态方程的非齐次解，离散系统状态方程解，连续时间系统状态方程离散化
- 自由运动的解
- 受迫运动的解
- 解的基本特征

相关概念：

- 矩阵指数函数、状态转移矩阵、齐次状态方程（非其次状态方程）的解、离散时间系统状态方程的解

第二章复习要点

- 1.线性定常齐次状态方程的解 (自由运动)
  - $X' = AX$
  - $x(t)=\Phi(t-t0)\,x(t0) = e^{A(t-t0)}x(t0),\ t \geq t0$
  - $\Phi(t) = e^{At}$：状态转移矩阵
- 2、状态转移矩阵
  - 性质；
  - 计算：
    - 特殊的状态转移矩阵： $A=\Lambda$ ？ $A=J$ ？
    - 利用特殊的状态转移矩阵： $e^{At}=Te^{\Lambda t}T^{-1}$; $e^{At}=Te^{Jt}T^{-1}$
    - 拉式变换：$e^{At} = L^{-1}[(SI-A)^{-1}]$
    - 凯莱哈密顿定理： $e^{At} = \alpha_0 I + \alpha_1 A + \ldots + \alpha_n A^{n-1}$

第二章复习要点

- 2、状态转移矩阵(续)
  - -α系数的求法：特征值互异；特征值有重复
- 3、线性定常非齐次方程的解（自由运动+受迫运动)
  - $x' = Ax + Bu$
  - $x(t) = ?$
- 4、离散时间系统状态方程的解
  - $x(k+1) = G\,x(k) + H\,u(k)$
  - $x(k) = ?$
  - G^k难求，转化为： $G^k = T\,\Lambda^k\,T^{-1}$
  - Z变换法：$x(k) = Z^{-1}[\ (ZI-G)^{-1}\ (\,Zx(0) + Hu(z)\,)\ ]$

第二章复习要点

- 5、连续时间系统空间表达式的离散化
  - $x' = Ax + Bu,\ y = Cx + Du$；
  - $x(k+1) = Gx(k) + Hu(k);\ \ y(k) = Cx(k) + Du(k)$
  - $G = ?$
  - $H = ?$

第三章 能控性和能观性

要求内容：

- 线性连续定常系统能控性定义，判据，能观测性定义，判据；线性离散时间系统能控性和能观测性定义，判据；能控性和能观测性的对偶关系，能控标准形，线性系统的传递函数（阵）中零极点对消与状态能控性，能观测性的关系
- 对偶原理
- 标准型和结构分解
- 与极/零相消的关系

相关概念：

- **能控性、能观性、能控性（能观性）判据、对偶原理、能控标准型、能观标准型、结构分解、最小实现、零极点对消**

第三章复习要点

- 1、能控、能观性的定义
- 2、能控、能观性的判别
  - 能控
    - 特殊情况判别：对角线，特征值互异；约当阵，特征值有重复
    - M满秩，M=？注意矩阵维数
  - 能观
    - 特殊情况判别：对角线，特征值互异；约当阵，特征值有重复
    - N满秩，N=？注意矩阵维数
  - 离散时间系统的能控能观性判别M, N->G, H。

第三章复习要点

- 3、标准型及转化 (单输入单输出，系统能控)
  - 标准型：
    - 能控标准I型 A (I在右上角)，B=(0, … 0, 1)^T，C
    - 能控标准II型 A (I在左下角)，B=(1, 0, … 0)^T，C
    - 能观标准I型 A (I在右上角)，B，C=(1, 0, …, 0)
    - 能观标准II型 A(I在左下角)，B，C= (0, …, 0 1)
    - 直接写出传递函数： 能控I，能观II
  - 转化
    - 能控标准I型(I在右上角)：Tc1 =?
    - 能控标准II型(I在左下角)：Tc2 =M
    - 能观标准I型(I在右上角)： $To1^{-1}$ =N
    - 能观标准II型(I在左下角)：$To2^{-1}$ =?

第三章复习要点

- 4、对偶
- 5、能控、能观性分解
  - 能控性分解：不完全能控，A21=0，Rc=?
  - 能观性分解：不完全能观，A12=0，Ro=?
  - 能控能观性分解：
    - 既不完全能控，也不完全能观；
    - A=?，B=?, C=(C1, 0, C2, 0)
    - 两阶段法：先能控分解，后能观分解，此方法不一定保证所有情况都能分解。

第三章复习要点

- 6、实现
  - W(s) -> 状态空间表达式
  - 转化为真分式
  - (β_0， β_{n-1})向量，mr （m输出=W的行数，r输入=W的列数）
  - 按能控形式实现
  - 按能观形式实现
  - 最小实现 （初选系统中既能控有能观部分）
- 7、传递函数极/零相消与系统能控能观的关系

第四章 系统稳定性

要求内容：

- 李亚普诺夫稳定性的定义，李亚普诺夫稳定性第二方法，线性系统的李亚普诺夫稳定性分析，李亚普诺夫第二方法在线性系统设计中的应用，非线性系统的李亚普诺夫稳定性分析
- 李亚普诺夫第一方法
- 雅可比方法

相关概念：

- 平衡状态（平衡点）、稳定性的定义（不同层次的定义）、（半）正定（负定）矩阵、二次型、能量函数、李亚普诺夫方程

第四章复习要点

- 1、相关基本概念
  - 平衡状态Xe
  - 稳定性的定义：
    - 李亚普诺夫意义下的稳定； 渐近稳定；大范围渐近稳定
    - 不稳定
- 2、判稳方法
  - 第一方法：
    - 线性系统：A 的特征值具有负实部
    - 非线性系统：在x_e处泰勒级数展开，$x'=A(x-x_e)+R(x)$ 判断A雅克比矩阵(在$x=x_e$处，对x的偏导函数值)：全部负实部；至少一个正实部；至少一个实部为零，判断高阶。

第四章复习要点

- 第二方法：平衡状态x_e，满足$f(x_e)=0$。

  若存在标量函数V(x)，满足：
  - V(x)对所有x都具有连续的一阶偏导
  - V(x)正定，即当x=0，V(x)=0; $x\neq0$，V(x) >0;

  V(x)沿状态轨迹方向计算的时间导数V'(x)满足条件：
  - V'(x)半负定(≤0)：x_e李亚普诺夫意义下稳定；
  - V'(x)负定，或V'(x)半负定(≤0)但除x=0外V'(x)不恒为零：x_e渐近稳定。
  - 渐近稳定时，若||x||→∞时， V(x) →∞： x_e大范围渐近稳定。
  - V'(x)正定(>0)，x_e不稳定。

第四章复习要点

- 3、李亚普诺夫方法判别线性系统的稳定性
  - $x'=Ax$， $x_e=0$
  - 第一方法：x_e大范围渐近稳定的条件：A的特征值具有负实部。
  - 第二方法：
    - $V(x)=x^TPx$ (P为正定对阵矩阵)
    - $A^TP+PA=-Q$ (Q 为正定实对称矩阵)
    - 选取正定实对称矩阵Q，计算P，若P正定，则系统在x_e大范围渐近稳定；
    - Q通常选择单位阵 I ；当$V'(x)$沿任一轨迹不恒等于零，则Q可取半正定的。

第五章反馈综合

要求内容：

- 理解线性系统反馈设计的基本方法和步骤
- 状态/输出/动态反馈
- 能控/能观性的保持
- 极点配置

相关概念：

- 状态/输出反馈（能控性、能观性影响）、极点配置

第五章复习要点

- 1、状态反馈
  - 原理：状态反馈增益矩阵K…
  - 结构图？
  - 特点：改变闭环系统的特征值，可配置极点
- 2、输出反馈
  - 原理：输出反馈增益矩阵H…
  - 结构图？
  - 特点：
- 3、闭环系统的能控性、能观性
  - 状态反馈不改变系统的能控性，但不保证能观性不变
  - 输出反馈不改变系统的能控性和能观性

第五章复习要点

- 4、极点配置
  - 状态反馈：前提：系统完全能控
    - 直接方法：
      1) $f(\lambda I-(A+BK))$
      2) $f^*(\lambda)$
      3) $f(\lambda)$与$f^*(\lambda)$比较得出K；
    - 间接方法：
      1) A变换为能控标I型，Tc1，A'， -> $(a'_0, \ldots a'_{n-1})$;
      2) 闭环系统新的多项式： $f^*(\lambda)$;
      3) 计算$K=K'\,Tc1^{-1}$,
         $K'_i = a'_i - a^*_i$

祝各位同学考出好成绩！