

《过程控制》作业

第三章 数字控制系统

1. 已知被控对象的传递函数 $G_o(s) = \frac{K}{s(T_ms + 1)}$ ，其中 $T=0.1s$, $T_m=4T$, $K=5$ ；
试计算被控对象脉冲传递函数 $G(z) = Z[G_o(s)]$ 。
2. 已知被控对象的传递函数 $G_o(s) = \frac{e^{-2s}}{s(s+1)}$ ，采样周期 $T=1s$ ，期望的闭环脉冲传递函数的时间常数取为 $T_c=2s$ ，试用大林算法设计数字控制器 $D(z)$ 。
3. 理想微分 PID 数字控制器的增量型算式为：

$$u(n) = u(n-1) + \Delta u(n) \quad (1)$$

$$\Delta u(n) = q_0 e(n) + q_1 e(n-1) + q_2 e(n-2) \quad (2)$$
 其中 PID 参数为比例系数 K_p ，积分时间 T_i ，微分时间 T_d ，控制周期 T 。
试推导参数 q_0 、 q_1 、 q_2 的表达式。
4. 关于数字 PID 控制器的工程实现：
 (1) 数字 PID 控制器的工程实现应考虑哪六个部分？请简单说明。
 (2) 数字 PID 控制器的无平衡无扰动切换的含义是什么？并以控制器手动自动切换过程为例进行说明。
5. 查阅资料说明目前工业控制系统中模拟信号的传输有哪些标准，为什么通常采用 4~20mA 的标准？

附表 常用时间函数的 z 变换和拉氏变换

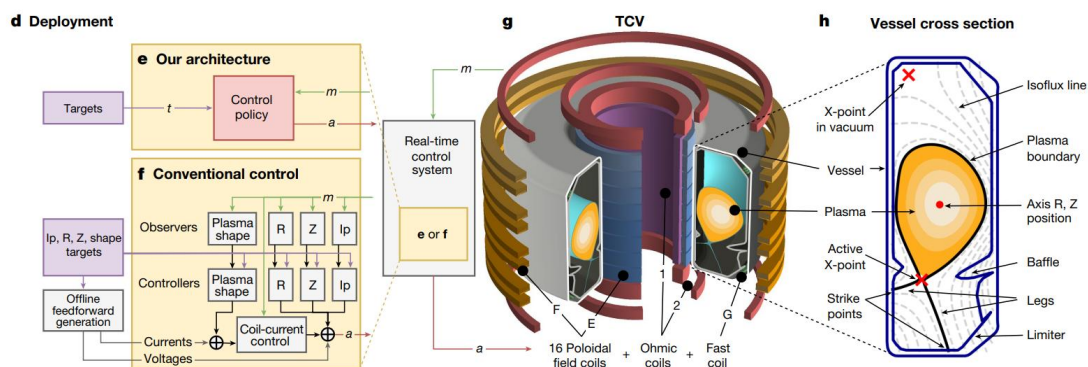
序号	拉氏变换 $F(s)$	时间函数 $f(t)$	z 变换 $F(z)$	
1	1	$\delta(t)$	1	1
2	e^{-kTs}	$\delta(t-kT)$	z^{-k}	z^{-k}
3	$\frac{1}{s}$	$1(t)$	$\frac{z}{z-1}$	$\frac{1}{1-z^{-1}}$
4	$\frac{1}{s^2}$	t	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$	$\frac{Tz^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$
5	$\frac{1}{s^3}$	$\frac{1}{2}t^2$	$\frac{T^2 z(z+1)}{2(z-1)^3}$	$\frac{T^2 z^{-1}(1+z^{-1})}{2(1-z^{-1})^3}$
6	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$	$\frac{1}{1-e^{-aT}z^{-1}}$
7	$\frac{1}{(s+a)^2}$	te^{-at}	$\frac{Tze^{-aT}}{(z-e^{-aT})^2}$	$\frac{Tz^{-1}e^{-aT}}{(1-e^{-aT}z^{-1})^2}$
8	$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-e^{-at}$	$\frac{z(1-e^{-aT})}{(z-1)(z-e^{-aT})}$	$\frac{(1-e^{-aT})z^{-1}}{(1-z^{-1})(1-e^{-aT}z^{-1})}$

***阅读材料思考题：**

(1) 请预习第四章复杂控制系统的讲义，了解复杂控制系统的结构；

(2) 继续学习论文：Jonas Degraeve, Federico Felici, Jonas Buchli, et al., Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning, *Nature*, 2022, Vol 602, pp 414-419.

着重学习原文的 Fig.1(f)中“Conventional control”（常规控制）及其在正文中相关内容（例如第 1 页第 2 自然段 a set of SISO PID controller）、第 10 页“Comparison with previous work”等。下图为 Fig.1 的部分内容。



(3) 尝试分析控制系统的结构，并回答以下问题：

- (i) “Conventional control”（常规控制）中，控制目标（targets）是什么？输出 y 是什么？输入 u 是哪些变量，有多少维？测量值 m (measurements) 包括哪些，有多少维？
- (ii) “Conventional control”（常规控制）的控制结构是串级控制吗？如果是串级控制，请尝试画出控制结构图，指出副回路和副参数是什么？主回路和主参数又是什么？

- (iii)

Offline feedforward generation

 “Offline feedforward generation”的作用是什么？是一种前馈（feedforward）控制吗？

- (iv) 原文是否有提到“Conventional control”难以实现控制目标的原因？如果没有，你认为存在哪些困难？