

声明：1. 本人绝对未在考试中实施任何作弊行为，也绝对未将试卷、稿纸等带出考场。

2. 仅凭记忆整理，只能保证题目考点对应正确，具体数值、措辞等可能与原卷稍有出入。**尤其因为本试卷题目量很大，只能回忆出部分字句，原试卷的措辞要复杂严谨得多。**

3. 往年题只供大家参考，只靠通过刷往年考试题来获取高分或者保证不挂科是**不可取的**。希望大家认真复习，把基本概念、方法掌握扎实。

哈尔滨工业大学（深圳）2024年春季学期

自动控制实践 B 试题（回忆版）

2024.6 V1.0

说明：测试时间 120 分钟，满分 100 分。可以使用无编程、记忆功能的计算器。

注意行为规范 遵守考场纪律

1. 填空题（每空 0.5 分，满分 15 分）

1.1 原理性误差的定义_____，附加性误差的定义_____。

1.2 已知误差传递函数 G_{en} ，噪声的谱密度 Φ ，则系统噪声均方误差的公式_____，从抑制噪声和减小跟踪误差的角度，开环增益 K 使均方误差最小的原则是_____。

1.3 扰动响应的定义_____，理想的扰动响应_____。

1.4 对象的不确定性是指_____，用鲁棒稳定性来描述是_____。

1.5 相对稳定性是指_____，属于_____（反馈/响应）特性。

1.6 真正反映相对稳定性的只有_____，Nyquist 曲线与 $(-1, j0)$ 的距离为 $|1+KG|$ ，则闭环系统相对稳定性与 $|1+KG|$ 的关系是_____。

1.7 基本 II 型系统 $\frac{K_a(Ts+1)}{s^2}$ ，从闭环系统响应特性和抑制噪声的角度考虑， K_a 和 T 一般取值满足_____，等效噪声带宽最小时 K_a 和 T 满足_____。

1.8 对于实际的执行器，其能力都是有限的，存在_____约束。如果忽视这些约束，可能_____。

1.9 Anti-Windup 控制器的动态由_____来驱动，当执行器达到约束的边界时_____。

1.10 调节系统的两种典型的传递函数_____，_____。

1.11 一调节系统的传递函数： $\frac{2}{(2s+1)(0.02s+1)^2}$ ，将其简化为调节系统的典型传递函数为_____，如果使用 PI 控制器，考虑_____裕度。

1.12 伺服系统需要校正的原因是_____，校正思想是_____。

1.13 采用串级控制是因为_____矛盾，主回路的输出作为副回路的_____。

1.14 伺服系统……高带宽噪声，抑制噪声提高跟踪精度……，可以采用_____设计，带宽确定原则_____。

1.15 STM32F407ZGT6 使用的内核是_____，主频是_____。

2. 单选或多选题（每小题 1 分，满分 15 分。未标注多选即为单选）

2.1 （多选）关于控制系统的设计流程，下面说法正确的是

A. 设计控制器之前，应先建立被控对象的模型，对象模型建得越精确，越有利于后续控制器的设计；

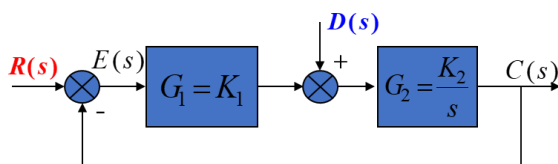
B、C 不记得了。

D. 对于所设计的控制器，在实际系统上调试可以保证系统稳定运行后，一般还需要对要求的性能指标进行测试。

2.2 不记得了。

2.3 不记得了。

2.4 $G_1(s)$ 采用什么形式能完全消除阶跃形式的扰动？



- A. $\frac{K}{s}$ B. $\frac{K(\tau_1 s + 1)}{s(\tau_2 s + 1)}$ C. $\frac{K(\tau_1 s + 1)}{s^2}$ D. $\frac{Ks}{Ts + 1}$

2.5、2.7 不记得了。

2.6 两张 Nyquist 图，系统分别应该根据幅值裕度还是相位裕度来做校正？

2.8 关于控制系统的反馈特性和响应特性，下列叙述正确的是

A. 开环系统和闭环系统都有响应特性，反映了系统输出对输入信号的响应性能

B. 开环系统和闭环系统都有反馈特性，它与控制系统性能的优劣密切相关

C 项不记得了。

D. 闭环系统的反馈特性与响应特性是一致的，响应特性好，则系统的反馈特性也好。

2.9 （多选题）关于系统带宽，下列叙述正确的是（ABCD……）。

A. 控制系统的带宽是闭环系统的一个主要性能指标，它反映了系统对输入信号的复现能力，一般而言系统的带宽越宽，跟踪精度越高；

B. 为了抑制噪声对系统性能的影响，需要限制系统的带宽；

C. 控制系统的带宽不是越高越好，因为过高的带宽可能会破坏鲁棒稳定性条件，使实际系统无法正常工作；

D. 机械谐振是限制机电伺服系统频带拓展的一个主要因素，通常系统的剪切频率应当低于机械谐振频率。

2.10 题干改为“下列叙述不正确的是”

2.10 (多选) 对于控制器的 Anti-Windup 设计, 下列叙述正确的是 (·BD····)。↵

- A. 主要的目的是克服被控对象中的积分器进入深度饱和, 以改善系统的动态性能; ↵
- B. 基本思想可以理解为将被控对象的实际输入量作为反馈来调节输入给控制器的偏差大小, 从而使控制器的输出尽可能不超过执行机构的约束; ↵
- C. 控制系统的饱和只会导致系统动态性能变差, 但不会导致系统失稳; ↵
- D. 对于系统只是在执行机构的线性工作区域内运行的情形来说, 通常的 Anti-Windup 设计不起作用。↵

2.11、2.12 不记得了。一道是关于伺服系统校正的多选题;

另一道是关于功率谱密度、随机过程的多选题, 其中有一个选项:

信号 $x(t)$ 的平均能量为 $\Phi(2\pi f)$ 沿频率轴的积分, $\Phi(2\pi f)$ 表示了频率 f 处的平均功率密度, 所以 $\Phi(2\pi f)$ 称为功率谱密度。(剧透: 该选项是 , ←复制左边这句话就可以看到答案)

2.13 (多选) 对于过程控制系统, 当采用 PID 进行控制时, 下列描述正确的有 () 选项没有 D。

- A. 为了压低带宽, 一般会采用积分, 而且积分时间常数的倒数要小于剪切频率;
- B. 这类系统用幅值裕度作为稳定裕度指标更合理, 因为需要补偿的相角太多;
- C. 若采用微分, 为了避免微分的引入改变系统原有剪切频率, 微分时间常数的倒数通常要远高于剪切频率; PID 改良
- D. 因为有纯延迟环节, 这类系统不适合用 Ziegler-Nichols 经验公式进行参数整定;
- E. 为了避免积分项的引入导致过大的相位滞后, 积分项通常要加得比较弱。

2.14 下列关于不确定性的描述, 不正确的是_____。

- A. (有点类似 2.1 的 A 选项)
- B. 不记得了
- C. 不确定性函数随频率增加而增加, 最后越过 0dB 线
- D. 在鲁棒稳定性方面, 主要考虑闭环谐振峰

2.15 STM32F407ZGT6 有 () 个可编程的中断优先级。

- A. 82
- B. 256
- C. 240
- D. 16

3. 判断题（每小题 1 分，满分 10 分）

3.1 根据被控量是否为机械运动（速度、位移），可将系统分为伺服系统和调节系统。

3.2 不记得了。

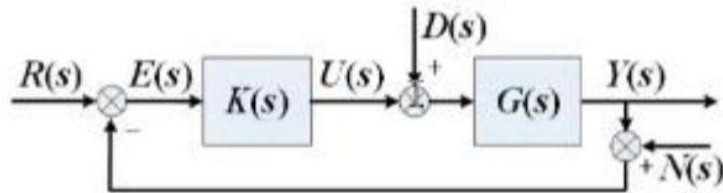
3.3 不记得了。

3.4 $\frac{K}{s}$ 和 $\frac{K}{s(Ts+1)}$ 的等效噪声带宽相同，但是后者抑制高频噪声的能力更强。

3.5 不记得了。

3.6 超前环节通过抬高增益增加了系统的带宽。

3.7 对于下图所示的单位反馈系统，前向通道有积分环节可完全消除被控对象输入端阶跃形式的扰动。

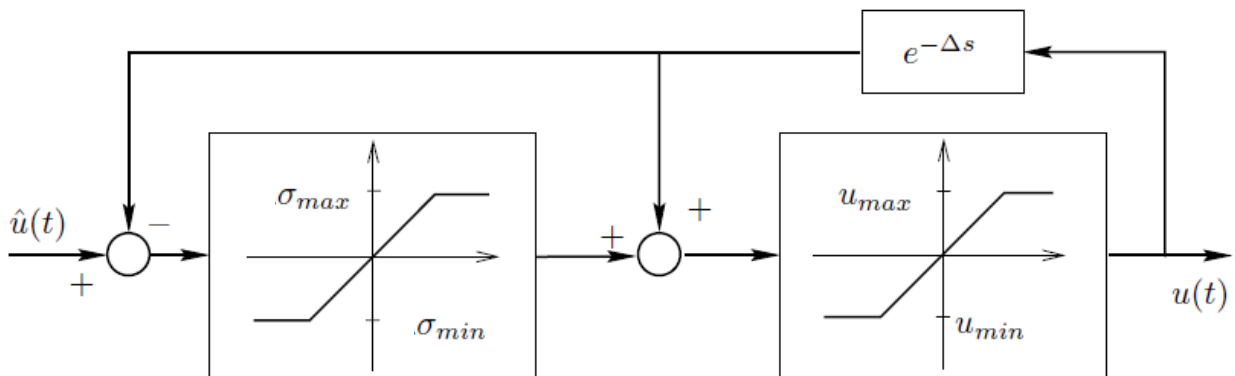


3.8 通过复合控制可以消除单电机驱动 II 型系统齿隙自振荡的问题。

3.9 滞后环节压低带宽不会产生条件稳定问题。

3.10 下图对于转换速率和输出限幅的描述是正确的。

- | | | |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| u_{max} ——执行器输出的最大幅值； | $u(t)$ ——执行器实际输出； | σ_{max} ——执行器速率最大值； |
| u_{min} ——执行器输出的最小幅值； | $\hat{u}(t)$ ——执行器期望输出； | σ_{min} ——执行器速率最小值； |
| | $Sat\langle \cdot \rangle$ ——饱和函数。 | $\dot{u}(t)$ ——执行器实际输出速率； |
| | | $\dot{\hat{u}}(t)$ ——执行器期望输出速率； |
| | | $Sat\langle \cdot \rangle$ ——饱和函数。 |



4. 简答题（每小题 5 分，满分 40 分）

- 4.1 抑制扰动的方法。
- 4.2 从不同角度说明指令、干扰和噪声的区别。
- 4.3 结合图文，说明控制系统设计中的约束。
- 4.4 结合图文，简述改进 I 型系统的设计方法和参数选择的注意要点。
- 4.5 从指令信号跟踪和误差抑制的角度，结合图文，说明顺馈的作用和设计注意事项。
- 4.6 分别从输入、扰动、噪声的角度，说明扰动观测器中低通滤波器 Q 的设计注意事项。
- 4.7 什么是嵌入式系统？嵌入式系统的特点？
- 4.8 列举 5 个 STM32F407ZGT6 的外设及其作用。

5. 综合设计题（满分 20 分）

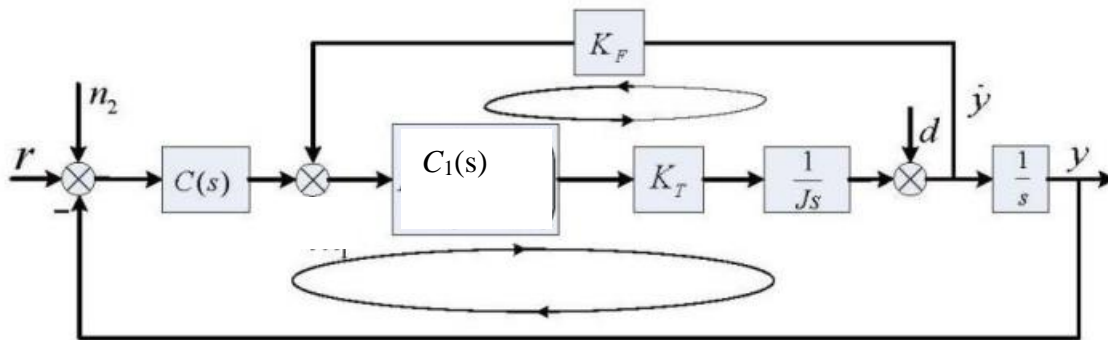
5.1 （5 分）结合 Nyquist 图说明临界比例度法调节 PID 参数的过程。

5.2 （15 分）类似下题，参数有改动。

考虑如图 5-1 所示，带有测速反馈的双回路角位置伺服系统。图示系统中， r 为角位置指令， y 为系统的角位置输出， d 为动基座带来的角速度扰动， n_1 和 n_2 分别为内回路和外回路的输入噪声。系统的系数分别为 $J=0.1$ ， $K_T=0.5$ ， $K_F=1.5$ 。已知内回路采用 PI 控制器，内回路中电机模型的乘性不确定性在 $\omega > 100 \text{rad/s}$ 后幅值大于等于 1。具体的设计要求为

a) 内回路采用基本 II 型系统，在尽可能克服扰动 d 影响的前提下使内环等效噪声带宽达到最小。试确定内回路控制器 $C_1(s)$ 形式和参数。

b) 对于参考输入 $0.05+0.02t \text{ rad/s}$ ，要求 $e_{\max} \leq 0.01 \text{ rad/s}$ 。同时尽可能抑制外回路高频噪声的影响，确定外回路控制器 $C(s)$ 的形式和参数。



第一问：简述多回路设计中内、外环设计的特点与步骤。（4 分）

第二问：a)（4 分）

第三问：b)（5 分）

第四问：要求画出 Bode 图并检验性能指标。（2 分）