

2008 测试技术参考答案

一、术语解释（每小题 5 分，共 20 分）

- 1、能量信号：信号 $X(t)$ 的平方对时间的积分在无穷区间存在，则认为信号 $X(t)$ 的能量是有限的，称 $X(t)$ 为能量有限信号，简称能量信号。
- 2、（测试装置的）静态特性：指在静态测量时描述实际测试装置与理想定常线性系统的接近程度。
- 3、霍尔效应：将置于磁场中的导体或半导体通过电流，若电流与磁场垂直，则在与电流与磁场都垂直的方向上会出现一个电势差，这种现象称为霍尔效应。
- 4、滤波器带宽：上下两截止频率之间的频率范围称为滤波器带宽，或-3dB 带宽，单位为 Hz。

二、填空题（每空 2 分，共 20 分）

- 1、信号的时域描述，以 时间 为独立变量；而信号的频域描述，以 频率 为独立变量。
- 2、如果一个信号的最高频率为 50Hz，为了防止在时域采样过程中出现混叠现象，采样频率应该大于 100 Hz。
- 3、连续信号 $x(t)$ 与单位脉冲函数 $\delta(t-t_0)$ 进行卷积，其结果 $x(t) * \delta(t-t_0) =$

$x(t-t_0)$

- 4、为了提高变极距电容式传感器的灵敏度、线性度及减小外部条件变化对测量精度的影响，实际应用时常常采用 差动 工作方式。
- 5、通常电涡流传感器的转换原理是利用金属导体的 电涡流 效应。
- 6、电感式传感器中的变间隙型与变面积型相比，变间隙型的 灵敏度 要高。变面积型的线性程度要好。变间隙型仅适用于 小位移 测量。
- 7、从实现测试不失真条件和其它工作性能综合来看，影响一阶装置动态特征参数是 时间常数 T ，原则上希望它 愈小愈好。

三、叙述题（40 分）

- 1、(12 分)在频谱分析中窗函数有什么作用？试列出三种常用的窗函数，各有何特点？

要点：对信号进行加窗截断，减小由于信号截断带来的能量泄漏误差，提高频谱分析的精度。(3 分)

- 1) 矩形窗：矩形窗主瓣最窄，旁瓣则较高，泄漏较大。用在需要获得精确频谱主峰的所在频率，而对幅值精度要求不高的场合。(3 分)
- 2) 三角窗：和矩形窗相比主瓣约为矩形窗的两倍，频率分辨能力较差。但旁瓣低不会出现负值，对泄漏有一定的抑制作用。(3 分)
- 3) 汉宁窗：主瓣较宽，致使频率分辨能力较差。但旁瓣明显降低，抑制泄

漏的作用较明显。(3分)

2、(8分)何谓信号的调制和解调?

要点:信号的调制就是使一个信号的某些参数在另一个信号的控制下而发生变化的过程。(3分)前一信号称为载波,后一信号(控制信号)称为调制信号。最后的输出是一调制波。(2分)从已调制波中恢复出调制信号的过程,称为解调。(3分)

3、(12分)电阻丝应变片与半导体应变片在工作原理上有何区别?各有何优缺点?

要点:电阻丝应变片的工作原理是基于应变片发生机械变形时,其电阻值发生变化;(3分)半导体应变片的工作原理是基于半导体材料的压阻效应;(3分)

二者的主要区别在于:前者利用导体形变引起电阻的变化,后者利用半导体电阻率的变化引起电阻的变化。(3分)相对于电阻丝应变片,半导体应变片的最大优点是灵敏度高,其最大缺点是温度稳定性差、灵敏度分散大以及在较大应变作用下,非线性误差大等。(4分)

4、(8分)简述压电式传感器工作原理,并说明为什么压电式传感器只适用于动态测量而不能用于静态测量?

要点:压电传感器的工作原理是利用某些物质的压电效应。(4分)由于电荷的泄漏,使压电式传感器实际上低端工作频率无法达到直流,不适合测量频率过低的信号。故压电式传感器只适用于动态测量而不能用于静态测量。(4分)

四、计算题(40分)

1、(10分)某测试装置由三个环节串连组成,各环节的传递函数分别为

$$H_1(S) = \frac{4.1\omega_n^2}{S^2 + 1.4\omega_n S + \omega_n^2}, \quad H_2(S) = \frac{1}{3.5S + 0.5}, \quad H_3(S) = 10, \quad \text{试}$$

求该测试系统的总灵敏度。

解: ∵ 串联后可写成:

$$H(S) = H_1(S) \times H_2(S) \times H_3(S) \quad (3分)$$

$$= \frac{4.1\omega_n^2}{S^2 + 1.4\omega_n S + \omega_n^2} \times \frac{1 \times 2}{2(3.5S + 0.5)} \times 10 = \frac{2}{7S + 1} \times \frac{4.1\omega_n^2}{S^2 + 1.4\omega_n S + \omega_n^2} \times 10$$

(3分)

$$\therefore \text{总灵敏度 } k_0 = k_{01} \times k_{02} \times k_{03} = 2 \times 4.1 \times 10 = 82 \quad (4分)$$

2、(10分) 已知周期性三角波的傅里叶级数展开式为:

$$x(t) = \frac{A_0}{2} + \frac{4A_0}{\pi^2} \left(\cos w_0 t + \frac{1}{3^2} \cos 3w_0 t + \frac{1}{5^2} \cos 5w_0 t + \dots \right) = \frac{A_0}{2} + \frac{4A_0}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos n w_0 t}{n^2}$$

($n=1,3,5,\dots$), 求该周期性三角波的均值、频率组成及各频率的幅值, 并画出幅频谱图。

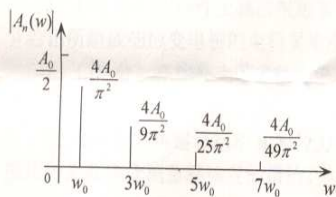
解: 由所给傅里叶级数知:

$$\text{因为 } a_0 = \frac{A_0}{2}, \text{ 所以均值 } \mu_x = \frac{A_0}{2} \quad (3 \text{ 分})$$

$x(t)$ 由 $w_0, 3w_0, 5w_0, 7w_0, \dots$ 等频率的余弦信号组成; 对应于 $n w_0$ 频率的

$$\text{幅值是 } \frac{4A_0}{\pi^2 n^2} \quad (3 \text{ 分})$$

按所给级数形式, 可画出幅频谱图 (4分):



3、(8分) 已知 $h(t) = \begin{cases} e^{-at} & (t \geq 0, a > 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$, 求 $h(t)$ 的自相关函数。

$$\text{解: } R_h(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \cdot h(t+\tau) dt \quad (3 \text{ 分})$$

$$= \int_0^{\infty} e^{-at} \cdot e^{-a(t+\tau)} dt \quad (3 \text{ 分})$$

$$= \frac{1}{2a} e^{-a\tau} \quad (2 \text{ 分})$$

4、(12分) 某测试装置为一线性不变系统, 该系统传递函数 $H(s) = \frac{1}{1+0.5s}$,

当输入信号为 $X_1(t) = \sin(\pi \cdot t)$ 时, 试求出系统的稳态响应。

解：由 $H(s) = \frac{1}{1+0.5s}$ 得：

$$H(jf) = \frac{1}{1+j \times 0.5 \times 2\pi f} = \frac{1-j\pi f}{1+\pi^2 f^2} \quad (3 \text{分})$$

$$|H(f)| = \frac{1}{(1+\pi^2 f^2)^{1/2}} \quad (3 \text{分})$$

$$\Phi(f) = -\text{arg} \text{tg}(\pi f) \quad (3 \text{分})$$

$$X_1: f_1 = 0.5 \text{Hz}, H(f_1) = 0.537, \Phi(f_1) = -57.52^\circ$$

故有： $X_{10}(t) = 0.537 \sin(\pi t - 57.52^\circ)$ (3分)

五、综合题 (30分)

试测量图 1 示构件所受的扭矩 M 和拉力 P。拉力 P 采用半桥测试，扭矩 M 采用全桥测试，要排除相互之间的影响。

- (10分) 在构件上画出扭矩 M 测试贴片示意图、应变电桥示意图，并给出所组成的应变电桥的电桥灵敏度。
- (10分) 在构件上画出拉力 P 测试贴片示意图、应变电桥示意图，并给出所组成的应变电桥的电桥灵敏度。
- (10分) 构建该扭矩 M 和拉力 P 的测试系统的框图。简要说明实际应用中提高应变测量精确度的措施。

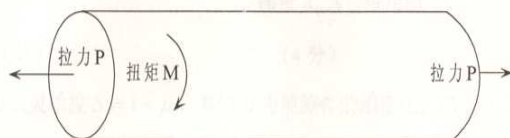
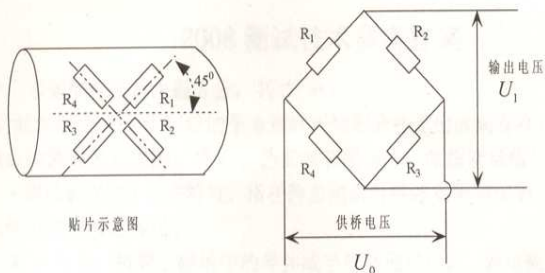


图 1 构件受扭矩 M 及拉力 P

解：1. 扭矩 M 测量如下图所示：



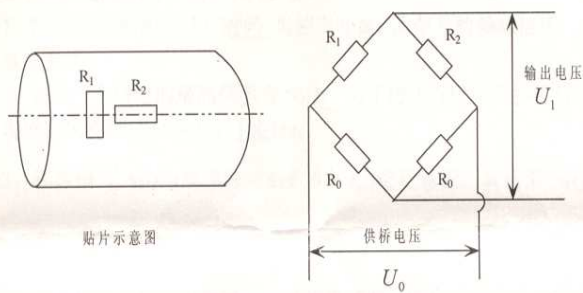
贴片示意图

(3分)

(4分)

此种方式灵敏度 $S = 4(1 + \mu)$ ，其中 μ 为被测件的泊松比。(3分)

2. 拉力 P 测量如下图所示：



贴片示意图

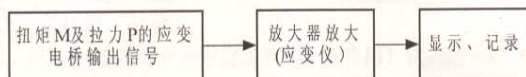
(3分)

(4分)

图中 R_0 为标准电阻

此种方式灵敏度 $S = 1 + \mu$ ，其中 μ 为被测件的泊松比。(3分)

3. 要点：只要给出以下框图中的内容给3分。



(共7分) 实际应用中，应尽可能消除各种误差，以提高测试精确度。一般可采取下列措施：

- 1) 选择合适的仪器并进行准确的定度。
- 2) 消除导线电阻引起的影响。
- 3) 减少读数的漂移。
- 4) 补偿温度的影响。
- 5) 减少贴片误差。
- 6) 力求应变片实际工作条件和额定工作条件的一致。
- 7) 排除测量现场的电磁干扰。