

# 北京工业大学 2009—2010 学年第二学期

## 测试技术基础试卷（闭卷）

班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 成绩\_\_\_\_\_

<div>题目</div> <div>分数</div>	一	二	三	四	合计

### 一、填空题（30 分，每空 1.5 分）

1. 作为传感器的核心部件，直接感受被测物理量并对其进行转换的元件称为敏感元件。
2. 在  $\tau$  为0 情况下，自相关函数值达到最大值。
3. 已知某周期信号的周期为 0.2s，则该信号的 3 次谐波分量的频率为15 Hz。
4. 周期信号的频谱具有离散性，谐波性和衰减性。
5. 若采样频率过低，不满足采样定理，则被采样信号的频谱会产生频混现象。
6. 在外力作用下，金属应变式传感器主要产生几何尺寸变化，而压阻式传感器主要是电阻率发生变化，两者都引起电阻值发生变化。
7. 衡量传感器在同一工作条件下，对同一被测量进行多次连续测量所得结果之间的不一致程度的指标为重复性。
8. 电感式和电容式传感器常采用差动结构来提高其灵敏度，改善非线性误差。
9. 描述一阶系统动态特性的参数是时间常数，其值越小，则该系统频带越宽，响应越快。
10. 当压电式传感器使用电荷放大器，输出电压几乎不受联接电缆长度变化的影响。
11. 抗混滤波器是一种低通滤波器，其上限截止频率  $f_c$  与采样频率  $f_s$  之间的关系应满足

关系式  $2f_c < f_s$ 。

12. 某信号的自相关函数为  $R_x(\tau) = 100 \cos \omega_0 \tau$ ，则该信号的均值为 0，均方根值为 10。

13. 若窗函数  $w(t)$  的频谱为  $W(\omega) = T \text{sinc}(\frac{\omega T}{2})$ ，则时延窗函数  $w(t-t_0)$  的频谱为

$T \text{sinc}(\frac{\omega T}{2}) e^{-j\omega t_0}$ 。对比可以发现，时延窗函数的 幅值谱 与原窗函数的对应量相同。

## 二、选择题（20 分，每题 1 分）

1. 描述传感器静态特性的指标有 D。

A 幅频特性                  B 稳定时间                  C 动态范围                  D 线性度

2. 下列统计参数中，用以描述随机信号波动范围的参数为 B。

A 均值                          B 方差                          C 均方值                          D 概率密度函数

3. 信号的时域描述与频域描述通过 C 来建立关联。

A 拉氏变换                  B 卷积                          C 傅立叶变换                  D 相乘

4. 理想滤波器在通带内的幅频特性为 A。

A 常数                          B 零                                  C 零或常数                          D 无法确定

5. 如果隔振台对低频激励起不了明显的隔振作用，但对高频激励却有很好的隔振作用，那么，隔振台属于 B。

A 高通滤波器                  B 低通滤波器                  C 带通滤波器                  D 带阻滤波器

6. 测试装置能检测输入信号的最小变化能力，称为 D。

A 量程                          B 灵敏度                          C 精确度                          D 分辨力

7. 已知变磁通式转速传感器的测速齿轮的齿数为 30，若测得感应电动势的频率为 300Hz，则被测轴的转速为 D。

A 300 转/分                  B 480 转/分                  C 900 转/分                  D 600 转/分

8. 滤波器的-3dB 截止频率指信号幅值衰减为输入幅值 C 对应的频率。

A  $\sqrt{2}$                           B 1                                  C  $\sqrt{2}/2$                           D 1/2

9. 对连续信号进行采样时，若信号的记录时间不变，采样频率越高，则 C。

A 泄漏误差越大                  B 频率混叠越严重  
C 采样点数越多                  D 频域分辨率越低

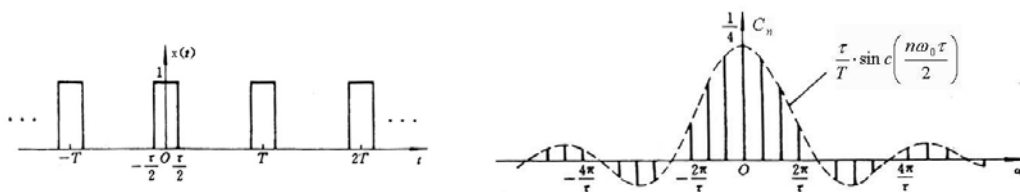
10. 压电式传感器目前多用于测量 D。
- A 静态力      B 温度      C 速度      D 加速度与动态力
11. 当  $\tau \rightarrow \infty$  时, 两信号的互相关函数呈周期变化, 说明两信号必定 B。
- A 为周期信号      B 含有同频率的周期成分  
C 为非周期信号      D 含有不同频率的周期成分
12. 滤波器的带宽越小, 表示该滤波器 D。
- A 建立时间越短, 频率分辨率越低      B 建立时间越长, 频率分辨率越低  
C 建立时间越短, 频率分辨率越高      D 建立时间越长, 频率分辨率越高
13. 若  $\delta_0$ 、 $\Delta\delta$  分别为变极距型电容式传感器极板间的初始极距和极距变化量,  $S$  为极板面积, 在  $\Delta\delta \ll 1$  的条件下, 该电容传感器灵敏度近似为 D。
- A.  $\frac{\varepsilon\delta}{\Delta\delta}$       B.  $\frac{\varepsilon\delta}{\Delta\delta^2}$       C.  $\frac{\varepsilon S}{\delta_0}$       D.  $\frac{\varepsilon S}{\delta_0^2}$
14. 若瞬变信号  $x(t)$  的频谱为  $X(f)$ , 则信号  $ax(bt)$  (其中  $a$ 、 $b$  均为正实常数) 的频谱为 A。
- A  $\frac{a}{b}X(\frac{f}{b})$       B  $\frac{b}{a}X(\frac{f}{b})$   
C  $\frac{b}{a}X(\frac{f}{a})$       D  $\frac{a}{b}X(\frac{f}{a})$
15. 测试系统动态特性的测定方法包括阶跃响应试验和 A 试验。
- A 频率响应      B 脉冲响应      C 传递函数      D 任意输入响应
16. 以下 C 的频谱为连续频谱。
- A 周期矩形脉冲      B 正弦函数      C 矩形窗函数      D 周期方波
17. 单位脉冲函数的采样特性表达式为 A。
- A  $\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\delta(t-t_0)dt = x(t_0)$       B  $x(t)*\delta(t-t_0) = x(t-t_0)$   
C  $x(t)*\delta(t) = x(t)$       D  $\delta(t) \Leftrightarrow 1$
18. 属于物性型传感器为 D。
- A 应变式传感器      B 电感式传感器      C 电容式传感器      D 压电式传感器
19. 可以实现非接触振动测量的传感器为 B 或者 C。
- A 应变式传感器      B 电感式传感器      C 电容式传感器      D 压电式传感器

20. 动态电阻应变仪中相敏检波电路的作用是 B。

A 幅值调制                      B 幅值解调                      C 频率解调                      D 滤波

### 三、计算题（共 30 分）

1. 已知周期矩形脉冲信号的傅立叶级数展开式为： $x(t) = \frac{\tau}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{n\pi\tau}{T}\right) e^{jn\omega_0 t}$ ，其时域波形和频谱如下图所示。其中周期矩形脉冲的周期为  $T$ ，脉冲宽度为  $\tau$ 。（10 分）



(1) 若  $\tau = 0.25 \text{ ms}$ ， $T = 1 \text{ ms}$ ，该周期矩形脉冲信号的带宽为 4000 Hz，谱线间隔为 1000 Hz。

(2) 若矩形脉冲幅度和宽度  $\tau$  保持不变，周期变为  $T = 2 \text{ ms}$  时，其带宽为 4000 Hz、谱线间隔为 500 Hz，频谱最大幅度为 0.125。

2. 若要求 100Hz 正弦信号通过某一阶滤波器后，幅值误差小于 5%，问该一阶滤波器的时间常数最大为多少？120Hz 正弦信号通过该滤波器后，幅值误差为多少？(6 分)

解：滤波器作为一阶系统，有

$$H(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \quad \text{和} \quad |H(f)| = \frac{1}{[1 + (\tau 2\pi f)^2]^{1/2}}$$

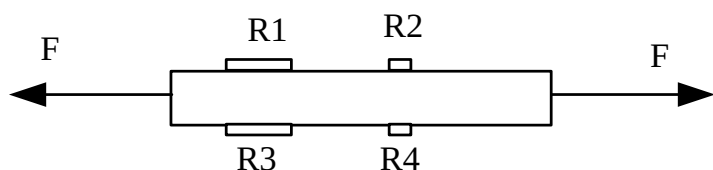
对于同一频率  $f$ ， $\tau$  越大，测量误差越大，令  $f = 100 \text{ Hz}$ ，测量误差小于 5%，即

$$|H(f)| > 0.95, \text{ 求出 } \tau < 5.23 \times 10^{-4}.$$

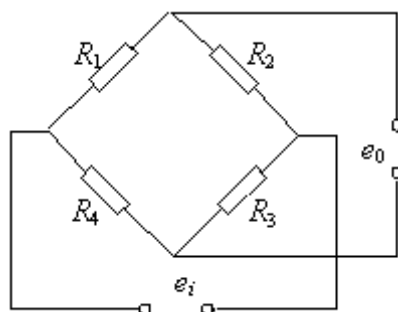
所以该滤波器的时间常数最大取为  $\tau = 5.23 \times 10^{-4}$ 。

120Hz 正弦信号通过该滤波器时，有  $|H(f)| = 0.93028$ ，即幅值误差为 6.972%。

3. 某等截面梁（泊松比为 0.3）受单向拉力  $F$  作用，将灵敏系数为 2.4 的四个应变片粘贴在梁上，如下图所示。(1) 请利用粘贴的四片应变片组成全桥（绘制电桥图），实现拉力  $F$  的测量。(2) 若供桥电压为 8V，应变片  $R_1$  和  $R_3$  产生应变为  $150\mu\epsilon$  ( $1\mu\epsilon=1\times10^{-6}$ )，问电桥输出电压是多少？ (8 分)



解:

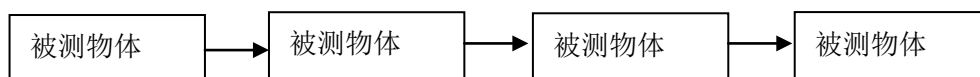


$$e_o = \frac{e_i}{4} K(\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4) = \frac{e_i}{4} K(\epsilon_1 + \mu\epsilon_1 + \epsilon_1 + \mu\epsilon_1)$$

$$= \frac{e_i}{4} K\epsilon_1(1 + \mu + 1 + \mu) = \frac{e_i}{2} K\epsilon_1(1 + \mu) = \frac{8V}{2} \times 2.4 \times 150 \times 10^{-6} (1 + 0.3) = 1.872mV$$

4. 利用压电式传感器组成加速度测量系统。其中压电式传感器的灵敏度  $S_{cp}=9.00Pc/g$ ，它与灵敏度为  $S_{vc}=0.005V/Pc$  的电荷放大器联接后，接到灵敏度为  $S_{xv}=20mm/V$  的示波器上显示。试画出该加速度测量系统的方框图，并计算系统总灵敏度  $S$ 。(6 分)

解:

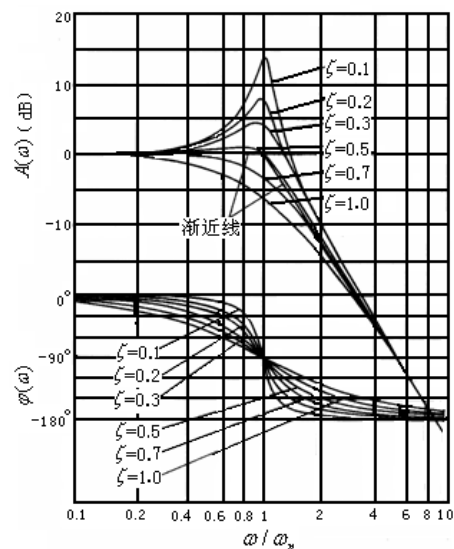


$$S = S_{CP} \cdot S_{VC} \cdot S_{XV} = 9.0Pc/g \times 0.005V/Pc \times 20mm/V = 0.9mm/g$$

#### 四. 分析应用题 (20 分)

1. 何为系统不失真测试条件? 根据右图所示二阶系统的幅频特性和相频特性曲线, 说明如何选择二阶系统动态特性参数及工作频带? (6 分)

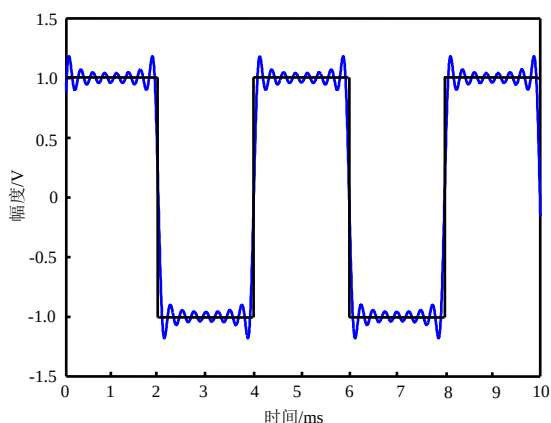
解: 不失真测试条件: 幅频特性为一常数, 相频特性与频率成线性的关系。



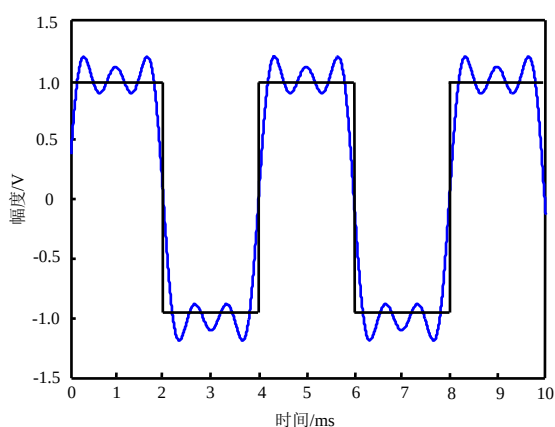
对于一个二阶系统来说, 在  $\frac{\omega}{\omega_0} < 0.3$  的范围内, 系统的幅频特

性接近一条直线, 其幅值变化不超过 10%, 但从相频曲线上看, 曲线随阻尼比的不同剧烈变化。其中当  $\xi$  接近于零时相位为零, 此时可以认为是不失真的。而当  $\xi$  在  $0.6 \sim 0.8$  范围内时, 相频曲线可以近似认为是一条起自坐标系原点的斜线。

2. 周期信号的傅立叶级数表达式的物理含义为: 周期信号可以分解成众多具有 不同频率 的 谐波 信号, 该周期信号可以利用傅立叶级数中的某几项之和逼近。下图为周期方波在不同阶次谐波逼近波形, 请问, 基波频率为 250Hz, 图 a 逼近中谐波阶次更高。(4 分)



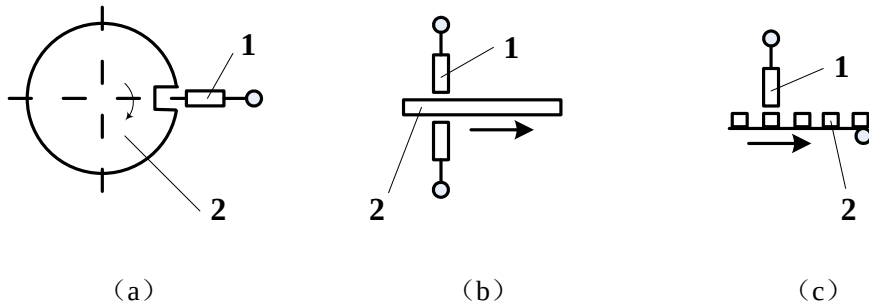
图(a)



图(b)

3. 下图为采用某一种传感器测量不同的非电量的示意图。图中被测物体 2 均为金属材料制成，1 为传感器。试问：（6 分）

- （1）该种传感器是何种传感器？
- （2）图中分别测量的是哪些非电量？
- （3）总结该种传感器的两个优点。



答：（1）涡流传感器

（2）（a）测转速，（b）测材料的厚度，（c）计数

（3）结构简单，使用方便，非接触测量等优点

4. 已知某位移传感器的位移测量值右侧表所列，其拟合直线为  $y = -2.2 + 6.8x$ ，试问：此拟合直线能否满足线性误差小于 5% 的要求？（4 分）

$y / \text{mm}$	$x / \text{mV}$
0	0.00
10	1.85
20	3.45
30	4.92
40	6.22
50	7.37

答：根据已有拟合直线，计算当  $x$  取不同值时，对应的  $y$  值及误差为：

当  $x = 0$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = -2.2$ ， 对应误差为 -2.2

当  $x = 1.85$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = 10.38$ ， 对应误差为 0.38

当  $x = 3.45$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = 21.26$ ， 对应误差为 0.26

当  $x = 4.92$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = 31.256$ ， 对应误差为 1.256

当  $x = 6.22$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = 40.096$ ， 对应误差为 0.096

当  $x = 7.37$  时，  $y = -2.22 + 6.8x = 47.916$ ， 对应误差为 -2.084

所以，最大误差出现在当  $x=0$  时，此时误差  $\Delta L_{\max} = -2.2$

线性误差为  $\delta_L = \frac{|\Delta L_{\max}|}{Y} \times 100\% = \frac{2.2}{50} \times 100\% = 4.4\% < 5\%$ ，故此拟合直线能满足线性误差小

于 5% 的要求。