姓名________ 学号________ 班级________

密封装订线

# 西南交通大学 2014－2015 学年第(1)学期期中考试试卷

课程代码 0371005 课程名称 电子测量技术(含实验) 考试时间 90 分钟

| 题号 | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 总成绩 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 得分 | | | | | | | | |

阅卷教师签字：________________________________________________

一．**单项选择题**（每小题 2 分，共 14 分)

1．测量不确定度是与测量结果相联系的参数，表征合理地赋予被测量之值的__A___。

A．分散性　　B．随机性

C．对称性　　D．平均性

2．若 B 类标准不确定度的评定是已知最大允许误差情况下的评定且没有特别说明，通常估计被测量之值的分布为____B__。

A．三角分布　　B．均匀分布

C．正态分布　　D．T 分布

3．交流电压的波峰因数 Kp 定义为_____C_______。

A．峰值/平均值　　B．有效值/平均值

C．峰值/有效值　　D．平均值/峰值

4．用有效值电压表测量任意波形的电压，其示值___A_______。

A．为该信号有效值　　B．为该信号平均值

C．为该信号峰值　　D．无直接的物理意义

5. 直流数字电压表的核心是____D_______。

A．逻辑控制电路　　B．显示器　　C．计数器　　D．A/D 转换器

6. 当 ____B________ ，一阶系统的输出与输入呈线性关系。

A．$\omega\tau=1$　　B．$\omega\tau\ll 1$　　C．$\omega\tau>1$

7．当______C_______， 二阶系统处于共振点。

A．$\omega=0$　　B．$\omega=1$　　C．$\omega=\omega_n$

二．**填空题**（5 题 4 分，其余每空 2 分，共 18 分）

1. 3 位数字欧姆表，测量标称值为 1.0kΩ 和 1.5kΩ 两只电阻时，读数分别为 985Ω 和 1.47KΩ。

当保留两位有效数字时，此两电阻分别为__98__kΩ 和__1.5__kΩ。

2. 在有限次测量中，通常是将测量值的____算术平均值____作为被测量的最佳估计值。
3. 最小量程为 0.1V，最大显示为 1.9999V 的 DVM，通常称为__$4\frac{1}{2}$__位 DVM，在最小量程时的分辨力为__0.00001__V。
4. 当电压互感器存在能量损耗时，会产生____比差____和____角差____两种误差。
5. 峰值电压表测量三角波($K_{F\triangle}$=1.15,$K_{P\triangle}$=1.73)，读数为 300mV，则有效值为__$300\times\sqrt{2}/1.73=245.2$__mV。

三．**是非题**（10 分）

1. 根据测量误差的性质和特点,可以将它们分为随机误差、系统误差和分贝误差。（ × ）
2. $R_s$ =（99.038 51±0.000 63）kΩ；$\nu_{\text{eff}}=9$表明电阻$R_s$的测量值为 99.03851 kΩ，合成标准不确定度为 0.00063 kΩ，有效自由度为 9。（ × ）
3. 一阶系统的时间常数越大，频率响应特性越好。（ × ）
4. 二阶系统和一阶系统均为低通环节，适于测量低频参数。（ √ ）
5. 电压互感器在使用时二次绕组不能短路，否则极易被烧坏。（ √ ）

四．（28 分）测得某压力传感器的一组输入输出数据如下表所示，试用最小二乘法拟合直线，并求出该检测装置的非线性度和静态灵敏度。

| $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| $W_i$（kg） | 2.9 | 4.4 | 5.9 | 7.4 | 8.9 |
| $U_i$（V） | 6.0 | 8.4 | 11.9 | 14.4 | 18.0 |

解：设拟合出的直线为$f(W_i)=a_0W_i+b_0$

拟合直线与标定曲线间的偏差

$B_i=f(W_i)-U_i=a_0W_i+b_0-U_i$

令 $\emptyset(a_0,b_0)=\sum_{i=1}^{5}{B_i}^2=\sum_{i=1}^{5}[a_0W_i+b_0-U_i]^2$

对于$a_0$、$b_0$而言，若要使$\emptyset(a_0,b_0)$最小，则需满足$\frac{\partial\emptyset}{\partial a_0}=0$ 且$\frac{\partial\emptyset}{\partial b_0}=0$

即$\dfrac{\partial\emptyset}{\partial a_0} = \sum_{i=1}^{5} 2\,(a_0 W_i + b_0 - U_i) W_i = 0$　　　　（1）

且$\dfrac{\partial\emptyset}{\partial b_0} = \sum_{i=1}^{5} 2\,(a_0 W_i + b_0 - U_i) = 0$　　　　（2）

由公式（1）和公式 2 可解得

$$a_0 = \frac{5\sum W_i U_i - \sum W_i \sum U_i}{5\sum W_i^2 - (\sum W_i)^2}$$

$$b_0 = \frac{\sum W_i^2 \sum U_i - \sum W_i \sum W_i U_i}{5\sum W_i^2 - (\sum W_i)^2}$$

其中：

$$\sum_{i=1}^{5} W_i = 2.9+4.4+5.9+7.4+8.9=29.5$$

$$\sum_{i=1}^{5} W_i^2 = 2.9^2+4.4^2+5.9^2+7.4^2+8.9^2=196.55$$

$$\sum_{i=1}^{5} W_i U_i = 2.9\times6.0+4.4\times8.4+5.9\times11.9+7.4\times14.4+8.9\times18.0=391.33$$

$$\sum_{i=1}^{5} U_i = 6.0+8.4+11.9+14.4+18.0=58.7$$

所以

$$a_0 = \frac{5\sum W_i U_i - \sum W_i \sum U_i}{5\sum W_i^2 - (\sum W_i)^2} = \frac{5\times391.33 - 29.5\times58.7}{5\times196.55 - 29.5\times29.5} = \frac{225}{112.5} = 2$$

$$b_0 = \frac{\sum W_i^2 \sum U_i - \sum W_i \sum W_i U_i}{5\sum W_i^2 - (\sum W_i)^2} = \frac{196.55\times58.7 - 29.5\times391.33}{5\times196.55 - 29.5\times29.5} = \frac{-6.75}{112.5} = -0.06$$

故最小二乘拟合直线为：　$f(W_i)=2W_i-0.06$

因此，对应六个输入点，拟合直线的输出$f(W_i)$分别为 5.74，8.74，11.74，14.74，17.74

标定曲线与拟合直线的差值，即$f(W_i)-U_i$分别等于-0.26，0.34，-0.16，0.3，-0.26

**因此，检测装置的非线性度为：**

$$\frac{B_{\max}}{A}\times100\%=\frac{0.34}{18.0-6.0}\times100\%=\frac{0.35}{12}\times100\%=2.92\%$$

**灵敏度拟合直线的斜率，即：**

$$S=2\text{mV/℃}$$

五.（30 分）对某电阻 $R$ 进行了 10 次重复性测量，测量数据如下：

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_i$ ( Ω ) | 8.51 | 8.46 | 8.53 | 8.49 | 8.47 | 8.52 | 8.55 | 8.50 | 8.48 | 8.49 |

1．用格拉布斯准则判别测量数据中是否存在异常值。(置信概率为 99%)

（格拉布斯系数：$G_{99}(10)=2.41$，$G_{99}(9)=2.32$，$G_{99}(8)=2.22$，$G_{99}(7)=2.10$ ）

2．写出被测电阻 $R$ 的测量结果（最佳估计值），并用贝塞尔法求测量结果的 A 类标准不确定度。

3．若通过该电阻 $R$ 的电流 $I$ =20mA，$I$ 的标准不确定度为 $u(I)=0.2$ mA，求电阻 $R$ 两端的电压及其合成标准不确定度。（$I$ 和 $R$ 互不相关）

(注意：不确定度要求保留一位有效数字)

**解：**

1． $\overline{R}=\frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10}R_i=8.50$（Ω）

$$\boldsymbol{s(R)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{10}\left(R_i-\overline{R}\right)^2}=\sqrt{\frac{1}{9}\sum_{i=1}^{10}\upsilon_i^{\ 2}}}=\mathbf{0.0279}\text{（Ω）}$$

$$G_{99}(10)s(\mathrm{R})=2.41\times0.0279=0.0672\text{（V）}$$

由于 $\left|\mathrm{R}_i-\overline{\mathrm{R}}\right|<0.0672$，由格拉布斯准则可判定测量数据中无异常值。

2. 以平均值作为测量结果：$\overline{R}=8.50$（Ω）

其 A 类标准不确定度为

$$u(\overline{R})=s(\overline{R})=\frac{s(R)}{\sqrt{n}}=\frac{0.0279}{\sqrt{10}}=0.008819\text{（Ω）}$$

保留 1 位有效数字，得 $u(\overline{R})=0.009$（Ω）

3. $U=IR$ =0.02×8.5=0.17(V)

$I$ 的灵敏系数及标准不确定度分别为

$$c_1 = \frac{\partial U}{\partial I} = R = 8.5，\ u(I) = 0.2（\mathrm{mA}）$$

$R$的灵敏系数及标准不确定度分别为

$$c_2 = \frac{\partial U}{\partial R} = I = 0.02，\ u(R) = 0.009（\Omega）$$

因为 $I$ 和 $R$ 互不相关，则测量结果$U$的合成标准不确定度为

$$u_c(U) = \sqrt{\left[c_1 u(I)\right]^2 + \left[c_2 u(R)\right]^2} = \sqrt{(8.5 \times 0.0002)^2 + (0.02 \times 0.009)^2} = 0.00171（\mathrm{V}）$$

取一位有效数字，有$u_c(U) = 0.002$（V）