电气测量技术 2018

第 3 章　作业题解答

1. 对于额定电压比为 10000/100 的电压互感器，若其比差为-0.5%，已知二次侧测得二次电压为 10V，则一次侧被测电压为多大？

解：根据

$$f_u = \frac{K_{\mathrm{U}} - K}{K} \times 100\% = -0.5\%$$

得电压互感器实际变比：

$$K = \frac{K_{\mathrm{U}}}{99.5\%} = 100.5$$

一次侧被测电压为：

$$U_1 = KU_2 = 100.5 \times 10 = 1005\mathrm{V}$$

2. 已知一个电流互感器的准确度等级为 0.1 级，当一次电流为一次额定电流的 20%时，其比差限值（最大允许误差）为 ±0.20%，角差限值为 8′，额定电流比 K_{I} =200/5。用该电流互感器测量大电流时，若一次侧被测电流为 $\dot{I}_1 = 40\angle 179.9^\circ$ A，二次侧电流为 $\dot{I}_2 = 1.03\angle 0^\circ$ A，请问该电流互感器的比差和角差分别为多少？该电流互感器是否满足准确度要求？

解：

实际电流比：

$$K = \frac{I_1}{I_2} = \frac{40}{1.03} = 38.83$$

电流互感器的比差：

$$f_I = \frac{K_I - K}{K} \times 100\% = \frac{\frac{200}{5} - 38.83}{38.83} \times 100\% = 3\%$$

角差：

$$\delta_I = (180^\circ + \phi_2) - \phi_1 = (180^\circ + 0^\circ) - 179.9^\circ = 0.1^\circ = 6'$$

由于

$$\frac{I_1}{I_{1\mathrm{N}}} = \frac{40}{200} = 20\%$$

即一次电流为一次额定电流的 20%。

在这种情况下，由于该电流互感器的比差 3%超出了规定的比差限值±0.2%，因此不满

足准确度要求。

3. 甲、乙两台数字电压表，甲的显示屏显示的最大值为 9999，乙为 19999，问：

(1) 它们各是几位的数字电压表，是否有超量程能力？

(2) 若乙的最小量程为 200 mV，其分辨力为多少？

(3) 若乙的基本误差为 $\Delta U = \pm(0.05\%U_x + 3\text{个字})$，分别用 2 V 和 20 V 挡测量 U_x＝1.56 V 电压时，该表引入的标准不确定度各为多大？

解：

（1） 甲是 4 位的数字电压表，无超量程能力；乙是 $\mathbf{4\frac{1}{2}}$ 位（4 位半）的数字电压表，可能有超量程能力，还需要根据基本量程才能判断。

（2） 若乙的最小量程为 200 mV，其在该量程的最大显示为 199.99mV，分辨力为 0.01mV。

（3）*a*.用 2V 档测量 1.56V 电压时，数字电压表的最大允许误差为：

$$\begin{aligned}\Delta U_1 &= \pm(0.05\%U_x + 3\text{个字})\\ &= \pm(0.05\% \times 1.56 + 3 \times 0.0001) = \pm 1.08 \times 10^{-3}\,\text{V}\end{aligned}$$

最大允许误差引入的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{A}{\sqrt{3}} = \frac{|\Delta U_1|}{\sqrt{3}} = \frac{1.08 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.62\text{mV}$$

$$u_{1\text{rel}} = \frac{u_1}{U_x} \times 100\% = \frac{0.62 \times 10^{-3}}{1.56} \times 100\% = 0.040\%$$

自由度： $\nu_1 \to \infty$

b. 用 20V 档测量 1.56V 电压时，数字电压表的最大允许误差为：

$$\begin{aligned}\Delta U_2 &= \pm(0.05\%U_x + 3\text{个字})\\ &= \pm(0.05\% \times 1.56 + 3 \times 0.001) = \pm 3.78 \times 10^{-3}\,\text{V}\end{aligned}$$

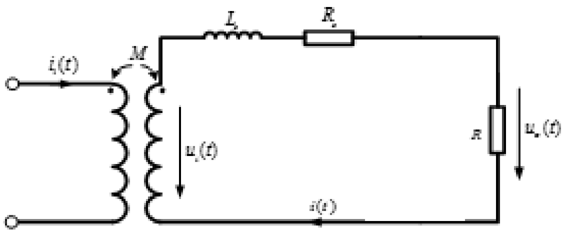
最大允许误差引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{A}{\sqrt{3}} = \frac{|\Delta U_2|}{\sqrt{3}} = \frac{3.78 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 2.2\text{mV}$$

$$u_{2\text{rel}} = \frac{u_2}{U_x} \times 100\% = \frac{2.2 \times 10^{-3}}{1.56} \times 100\% = 0.14\%$$

自由度： $\nu_2 \to \infty$

4. 罗氏线圈小电阻自积分法的等效电路如下图所示，M=2.0×10^{-7}H，R_s =18.2Ω，L_s =2.8×10^{-4}H，R=10Ω，若测得电压 $u_o(t)$的有效值为 2V，一次侧被测电流角频率为 5×10^{8} 弧度/秒，则被测电流为多少安？



解：

由于 $\omega L_s >> R_s + R,$ 满足小电阻自积分条件

故有：

$$u_o(t) = M\frac{R}{L_s}i_1(t)$$

则：

$$i_1(t) = \frac{L_s}{MR}u_o(t)$$

被测电流的有效值为：

$$I_1 = \frac{L_s}{MR}\times U_o = \frac{2.8\times10^{\ 4}}{2\times10^{\ 7}\times10}\times2 = 280\text{A}$$

5. 电子计数器测频法的晶振信号经分频后得到下面几种时标 10ms、100ms、0.01s、1s、10s；计数器测周法的晶振信号经分频后得到下面几种时标：1ms、0.1ms、0.01ms、0.1ns; 测周法中倍乘系数 n 选择为 1，请问计数法测频率和周期的中界频率是多少？

解：

中界频率为：

$$f_c = \sqrt{\frac{n}{\tau T}} = \sqrt{\frac{1}{0.1\times10^{-9}\times10}} = 31.62\ \text{kHz}$$

6. 采用测频法（闸门开启时间 T=1s）和测周法（晶振信号经分频后产生的时标信号周期为 0.1μs，周期倍乘系数为 1）两种方法，分别测量一个频率为 200Hz 的信号的频率，晶振稳定度 G=0.001%，求两种方法下的量化相对误差和最大允许误差。

解：

（1）测频法的量化相对误差为：

$$\frac{\Delta N}{N}=\pm\frac{1}{N}=\pm\frac{1}{Tf_x}=\pm\frac{1}{1\times 200}=\pm 0.5\%$$

测频法的最大允许误差（最大相对误差）为：

$$\frac{\Delta f_x}{f_x}=\pm(\left|\frac{\Delta \mathrm{N}}{N}\right|+\left|\frac{\Delta T}{T}\right|)=\pm(\frac{1}{Tf_x}+\left|-\frac{\Delta f_0}{f_0}\right|)$$

$$=\pm(\frac{1}{Tf_x}+|\mathrm{G}|)=\pm(0.5\%+0.001\%)=\pm 0.501\%$$

（2）测周法的量化相对误差为：

$$\frac{\Delta N}{N}=\pm\frac{1}{N}=\pm\frac{\tau}{nT_x}=\pm\frac{0.1\times 10^{-6}}{1\times 1/200}=\pm 0.002\%$$

测周法的最大允许误差（最大相对误差）为：

$$\frac{\Delta T_x}{T_x}=\pm(\left|\frac{\Delta \mathrm{N}}{N}\right|+\left|\frac{\Delta \tau}{\tau}\right|)=\pm(\frac{\tau}{nT_x}+\left|-\frac{\Delta f_0}{f_0}\right|)$$

$$=\pm(\frac{\tau}{nT_x}+|\mathrm{G}|)=\pm(0.002\%+0.001\%)=\pm 0.003\%$$