

平成15年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[計測工学]

1. 測定誤差伝搬の法則について、以下の問いに答えよ。

【20点】

(1) 電圧  $V$ 、電流  $I$  を測定して  $P=VI$  より電力を求めることを考える。電圧の誤差を  $\Delta V$ 、電流の誤差を  $\Delta I$  とした時、電力の誤差  $\Delta P$  を式で表せ。ただし、 $|\Delta V| \ll V, |\Delta I| \ll I$  として誤差の高次項を無視するものとする。また、電力の相対誤差  $\Delta P/P$  を式で表せ。

(2) (1)において  $V=100[\text{V}]$ ,  $\Delta V=200[\text{mV}]$ ,  $I=20[\text{A}]$ ,  $\Delta I=100[\text{mA}]$ の時、 $\Delta P$  と  $\Delta P/P$  を求めよ。

(3) 抵抗  $R=V/I$  の誤差  $\Delta R$  を式で表せ。ただし、 $|\Delta V| \ll V, |\Delta I| \ll I$  として誤差の高次項を無視し、記号は(1)と同じものを用いる。

$|\Delta x| \ll 1$  の時、 $(1+\Delta x)^n = 1+n \cdot \Delta x$  となることを必要に応じて使用せよ。

(4) 電圧、電流の誤差がそれぞれ、 $\pm V_1, \pm I_1$  ( $V_1 > 0, I_1 > 0$ ) の範囲内にあるとする。最大誤差  $R_{\max}$  を式で表せ。また、 $V_1=100[\text{V}]$ ,  $I_1=20[\text{A}]$  とする。電圧、電流の誤差がそれぞれ  $\pm 0.2[\text{V}]$ ,  $\pm 0.1[\text{A}]$  の範囲に入っているとする。その時の抵抗の最大誤差  $R_{\max}$  はいくらか？

2. 単位の使用法に関して以下の問いに答えよ。

【10点】

(1) 質量  $3[\text{Kg}]$  の物体の加速度が  $500[\text{cm/s}^2]$  であるとする。その物体の受ける力を  $[\text{N}]$  及び  $[\text{mN}]$  を用いて表せ。

- (2) 波長 20 [m] の電磁波の周波数を [MHz] を用いて表せ。また、周波数 20 [GHz] の電磁波の波長を [cm] を用いて表せ。電磁波の速さを  $3 \times 10^8$  [m/s] とし、て答えよ。
- (3) 100 [M ] の抵抗に 3.3 [μ V] の電圧をかけて流れる電流を [pA] 及び [fA] を用いて表せ。
- (4) 電圧 100 [μ V] が抵抗 100 [ ] の両端で観測された。抵抗における消費電力を [μ W] 及び [dBm] を用いて表せ。
- (5) 長さに関して、 の中を埋めよ。  
 $5.1 \times 10^{-7}$  [m] =  [μ m] =  [nm]

3 . 周波数カウンタに関して以下の問いに答えよ。

【20 点】

- (1) 周波数カウンタは通常、基準時間（ゲートタイムという）内にゲートを通すパルス数を計数するのが、その原理である。パルスの計数にバイナリカウンタを使用し、ゲートタイムが 2 [秒] であったとする。10 [MHz] の信号が入力されるとバイナリカウンタに必要なビット数はいくらか？
- (2) ゲートタイムが 10 [ms] の周波数カウンタを用いると、計測可能な最小周波数変化は何 [Hz] か？ また、ゲートタイムが 10 [s] の場合は計測可能な最小周波数変化は何 [Hz] か？ 周波数カウンタの動作原理は (1) と同様とする。
- (3) 高速な基準信号（クロック信号という）を用いて入力信号の周期内にゲートを通す基準信号のパルス数  $n$  を計測した。周期の逆数から周波数を算出することができる。クロック周波数  $f_{CLK}$ 、計測された周波数  $f$  のみを用いてパルス数の変化分 1 に相当する周波数の変化  $f$  を式で表せ。ただし、 $n \gg 1$  とし、 $f = f_{CLK}/n$  とする。

## 論点[計測工学]

1. 計測の基本である誤差の扱い方を問う。

$$(1) \Delta P = V \cdot \Delta I + I \cdot \Delta V$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta V}{V}$$

(2) 単位に注意しながら、上式を適用する。

(3)  $1/(1 \pm 1/I) \approx 1 \mp 1/I$  を使用し、高次項を無視する。

$$\Delta R = \frac{\Delta V}{I} - \frac{V}{I^2} \Delta I$$

(4) 間接測定法において生じる誤差の最大値を問う。

2. 単位の使い方について問う。

$$(1) 15[\text{N}] = 1.5 \times 10^4 [\text{mN}]$$

$$(2) 15[\text{MHz}], 1.5 [\text{cm}]$$

$$(3) 0.033 [\text{pA}] = 33 [\text{fA}]$$

$$(4) 1 \times 10^{-4} [\mu\text{W}] = -70 [\text{dBm}]$$

$$(5) 0.51 [\mu\text{m}] = 5.1 \times 10^2 [\text{nm}]$$

3. 周波数の計測方法の基礎を問う。時間分解能及び周波数分解能の考え方が重要。

(1) 測定周波数を計測するのに必要なカウンタの規模を知る必要がある。カウンタのビット数が少ないと桁あふれを起こす。

(2) ゲートタイムが時間分解能になるが、周波数分解能との関係を問う。

(3) レシプロカルカウンタの原理に関する問題。レシプロカルカウンタの周波数分解能の式を導出する。