

Podstawy Metrologii 2021

Przykładowe zadania do kolokwium N2, Część 2

1) Pomiary częstotliwości sygnałów okresowych

1,a). Do pomiaru częstotliwości sygnału okresowego może być wykorzystany miernik o maksymalnym czasie pomiaru częstotliwości $T_{pom}=0.1$ s oraz maksymalną częstotliwością impulsów zliczanych generatora przy pomiarze okresu $f_w=10$ MHz.

- 1) Oszacować liczbę zliczonych impulsów podczas bezpośredniego pomiaru częstotliwości około 400 Hz
- 2) Oszacować liczbę zliczonych impulsów podczas pośredniego pomiaru częstotliwości około 400 Hz
- 3) Oszacować względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas bezpośredniego pomiaru zadanej częstotliwości.
- 4) Oszacować względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas pośredniego pomiaru zadanej częstotliwości.

Rozwiązanie.

- 1) Podczas bezpośredniego pomiaru częstotliwości liczbę zliczonych impulsów:

$$N_{x,bp} = T_{pom} \cdot f_x = 0.1s \cdot 400 \text{ Hz} = 40 \text{ impulsów};$$

- 2) Podczas pośredniego pomiaru częstotliwości liczbę zliczonych impulsów:

$$N_{x,p} = f_w / f_x = 10 \cdot 10^6 \text{ Hz} / 400 \text{ Hz} = 25\,000 \text{ impulsów};$$

- 3) Względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas bezpośredniego pomiaru tej częstotliwości.

$$\delta_{zl,gr,bp} = \pm \frac{100\%}{N_{x,bp}} = \pm \frac{100\%}{40} = \pm 2.5\%$$

- 4) Względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas pośredniego pomiaru tej częstotliwości.

$$\delta_{zl,gr,p} = \pm \frac{100\%}{N_{x,p}} = \pm \frac{100\%}{25\,000} = \pm 0.004\%$$

1,b). Do pomiaru częstotliwości około $f_x \approx 4$ kHz sygnału okresowego może być wykorzystany miernik o maksymalnym czasie pomiaru częstotliwości $T_{pom}=10$ s oraz maksymalną częstotliwością impulsów zliczanych generatora przy pomiarze okresu $f_w=1$ MHz.

- 1) Obliczyć częstotliwość graniczną (f_{gr}) tego miernika.
- 2) Wyznaczyć metodę pomiaru częstotliwości (bezpośrednią, pośrednią), która zapewni mniejszy błąd zliczania podczas pomiaru częstotliwości.
- 3) Oszacować liczbę impulsów podczas pomiaru zadanej częstotliwości wybraną metodą.
- 4) Oszacować względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas pomiaru zadanej częstotliwości wybraną metodą.

Rozwiązanie.

- 1) Częstotliwość graniczną (f_{gr}) tego miernika

$$f_{gr} = \sqrt{\frac{f_w}{T_{pom}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^6 \text{ Hz}}{10s}} = 316 \text{ Hz}$$

2) Ponieważ $f_x \approx 4\text{kHz} = 4000\text{Hz} > f_{gr} \approx 316 \text{ Hz}$ dlatego jest to „duża” częstotliwość i dlatego metoda pomiaru bezpośrednia.

- 3) Liczba impulsów podczas pomiaru częstotliwości metodą bezpośrednią:

$$N_{x,bp} = T_{pom} \cdot f_x = 10s \cdot 4000 \text{ Hz} = 40\,000 \text{ impulsów};$$

- 4) Względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas bezpośredniego pomiaru tej częstotliwości.

$$\delta_{zl,gr,bp} = \pm \frac{100\%}{N_{x,bp}} = \pm \frac{100\%}{40\,000} = \pm 0.0025\%$$

1,c) Podczas pomiaru pośredniego częstotliwości sygnału okresowego uzyskano $N_x=24893$ impulsów w czasie 1-go okresu przy częstotliwości generatora impulsów wzorcowych $f_w=10$ MHz.

- 1) Wyznaczyć częstotliwość sygnału.
- 2) Oszacować względny graniczny błąd zliczania podczas pomiaru tej częstotliwości
- 3) Oszacować bezwzględny graniczny błąd zliczania podczas pomiaru tej częstotliwości

Rozwiązanie.

- 1) Częstotliwość sygnału

$$f_x = 1/T_x = f_w/N_x = 10 \cdot 10^6 \text{ Hz}/24893 = 401.719 \text{ Hz}$$

- 2) Względny graniczny błąd zliczania impulsów podczas pośredniego pomiaru tej częstotliwości.

$$\delta_{zl,gr} = \pm \frac{100\%}{N_x} = \pm \frac{100\%}{24893} = \pm 0.0040\%$$

- 3) Bezwzględny graniczny błąd zliczania podczas pomiaru tej częstotliwości

$$\Delta_{zl,gr} = \pm \frac{\delta_{zl,gr} \cdot f_x}{100\%} = \pm \frac{0.0040\% \cdot 401.719 \text{ Hz}}{100\%} = \pm 0.0161 \text{ Hz}$$

2) Pomiary parametrów napięcia AC

2,a). Mierzone jest napięcie sinusoidalne (trójkątne, prostokątne) o amplitudzie $U_m=7.5$ V ze składową stałą $U_{DC}=5.0$ V. Wyznaczyć:

- 1) Wskazanie U_{AC} miernika wartości skutecznej z wejściem zamkniętym (pomiar sygnału bez składowej stałej);
- 2) Wskazanie U_{AC+DC} miernika wartości skutecznej z wejściem otwartym (pomiar sygnału ze składową stałą).

Rozwiązanie.

- 1) Wskazanie miernika wartości skutecznej z wejściem zamkniętym (pomiar sygnału bez składowej stałej)

$$U_{AC,\sin} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{7.5 \text{ V}}{\sqrt{2}} \approx 5.303 \text{ V}, \quad U_{AC,\text{trójk}} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{7.5 \text{ V}}{\sqrt{3}} \approx 4.330 \text{ V}, \quad U_{AC,\text{prost}} = U_m = 7.5 \text{ V}$$

- 2) Wskazanie U_{AC+DC} miernika wartości skutecznej podczas pomiaru sygnału ze składową stałą

$$U_{AC+DC,\sin} = \sqrt{\frac{U_m^2}{2} + U_{DC}^2} = \sqrt{\frac{7.5^2}{2} + 5^2} \approx 7.829 \text{ V}, \quad U_{AC+DC,\text{trójk}} = \sqrt{\frac{U_m^2}{3} + U_{DC}^2} = \sqrt{\frac{7.5^2}{3} + 5^2} \approx 6.614 \text{ V},$$

$$U_{AC+DC,\text{prost}} = \sqrt{U_m^2 + U_{DC}^2} = \sqrt{7.5^2 + 5^2} \approx 9.014 \text{ V}.$$

2,b) Mierzone jest napięcie o przebiegu sinusoidalnym (trójkątnym, prostokątnym) symetrycznym o wartości szczytowej $U_m=12.5$ V. Wyznaczyć:

- 1) Wskazanie miernika U_{AC} z przetwornikiem TrueRMS;
- 2) Wskazanie miernika U_{AC} z prostownikiem liniowym (wyskalowanym dla napięcia sinusoidalnego).
- 3) Błąd metodyczny spowodowany kształtem sygnału przy pomiarze miernikiem U_{AC} z prostownikiem liniowym (wyskalowanym dla napięcia sinusoidalnego).

Rozwiązanie:

- 1) Wskazanie miernika z przetwornikiem TrueRMS;stałej)

$$U_{RMS,\sin} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{12.5 \text{ V}}{\sqrt{2}} \approx 8.839 \text{ V}, \quad U_{RMS,\text{trójk}} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{12.5 \text{ V}}{\sqrt{3}} \approx 7.217 \text{ V}, \quad U_{RMS,\text{prost}} = U_m = 12.5 \text{ V}$$

2) Wskazanie miernika U_{AC} z prostownikiem liniowym (wyskalowanym dla napięcia sinusoidalnego)

Ponieważ współczynnik kształtu sinusoidy $k_{ksz,\sin} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.111$, a wartość średnia wyprostowana

sinusoidy $U_{sw,\sin} = \frac{2U_m}{\pi}$, dlatego wskazanie miernika z prostownikiem liniowym:

$$U_{AC,lin,\sin} = 1.111 \cdot U_{sw,\sin} = 1.111 \frac{2 \cdot U_m}{\pi} = \frac{12.5 V}{\sqrt{2}} \approx 8.839 V \uparrow$$

Trójkątny sygnał: $U_{sw,trójk} = \frac{U_m}{2} = \frac{12.5 V}{2} = 6.25 V$, dlatego wskazanie miernika z prostownikiem liniowym:

$$U_{AC,lin,trójk} = 1.111 \cdot U_{sw,trójk} = 1.111 \cdot 6.25 V \approx 6.944 V \uparrow$$

Prostokątny sygnał: $U_{sw,prost} = U_m = 12.5 V$, dlatego wskazanie miernika z prostownikiem liniowym:

$$U_{AC,lin,prost} = 1.111 \cdot U_{sw,prost} = 1.111 \cdot 12.5 V \approx 13.877 V .$$

3) Błąd metodyczny spowodowany kształtem sygnału przy pomiarze miernikiem U_{AC} z prostownikiem liniowym (wyskalowanym dla napięcia sinusoidalnego)

$$\delta_{met,ksz} = \frac{U_{AC,lin} - U_{RMS}}{U_{RMS}} 100\%$$

Dla sygnału sinusoidalnego $\delta_{met,ksz} = \frac{U_{AC,lin,\sin} - U_{RMS,\sin}}{U_{RMS,\sin}} 100\% = \frac{8.839 V + 8.839 V}{8.839 V} 100\% = 0\% .$

Dla sygnału trójkątnego $\delta_{met,ksz,trójk} = \frac{U_{AC,lin,trójk} - U_{RMS,trójk}}{U_{RMS,trójk}} 100\% = \frac{6.944 V - 7.217 V}{7.217 V} 100\% \approx -3.8\% \%$

Dla sygnału prostokątnego

$$\delta_{met,ksz,prost} = \frac{U_{AC,lin,prost} - U_{RMS,prost}}{U_{RMS,prost}} 100\% = \frac{13.877 V - 12.5 V}{12.5 V} 100\% \approx +11.1\% \%$$