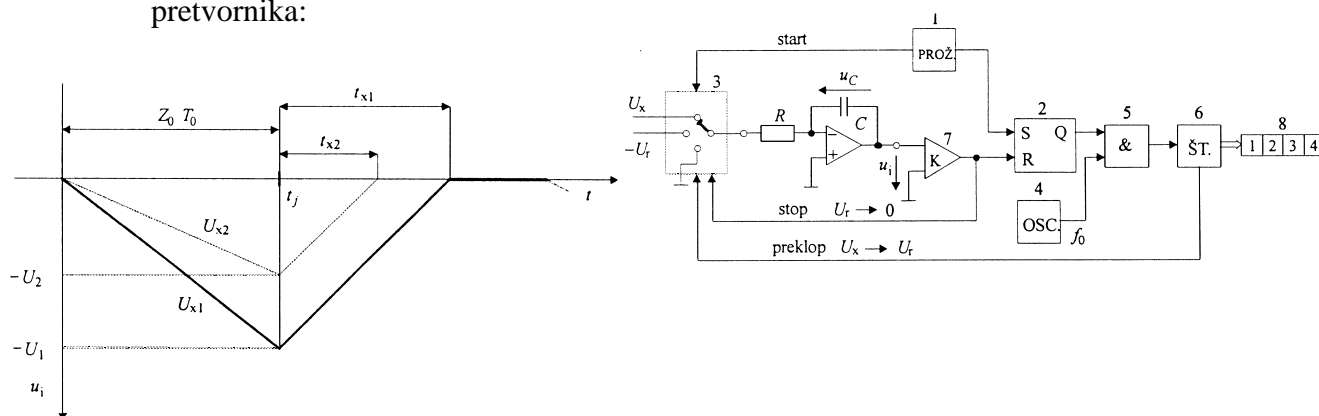


## Rešitve nalog – MERITVE 2. del

1. Kako so slabljene komponente motilnega signala žgaste oblike  $u = \hat{u}_0 (\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t - \dots)$ ,  $f = 50\text{Hz}$ , ki je dodan merjenemu enosmernemu signalu, če uporabljamo voltmeter z integracijskim dvonaklonskim analogno-digitalnim pretvornikom, ki ima čas integracije enak periodi motilne napajalne frekvence ameriškega energetska omrežja  $f_{om} = 60\text{Hz}$ ? Skicirajte časovni diagram delovanja integracijskega analogno-digitalnega pretvornika in določite slabljenje za prve tri komponente!

### Rešitev:

- Časovni diagram delovanja integracijskega dvonaklonskega analogno-digitalnega pretvornika:



- Za navajanje slabljenja motnje uporabljamo razmerje največje tekoče povprečne vrednosti motnje  $\bar{U}_{om}$  proti temenski vrednosti  $\hat{u}_{om}$ :

$$\frac{\bar{U}_{om}}{\hat{u}_{om}} = \frac{|\sin \omega T_i / 2|}{\omega T_i / 2} = \frac{|\sin \pi f T_i|}{\pi f T_i} = \frac{|\sin \pi f / f_{om}|}{\pi f / f_{om}}$$

- Čas integracije je enak periodi motilne napajalne frekvence ameriškega energetska omrežja  $f_{om} = 60\text{Hz}$ :  $T_i = \frac{1}{f_{om}} = 16,66\text{ms}$

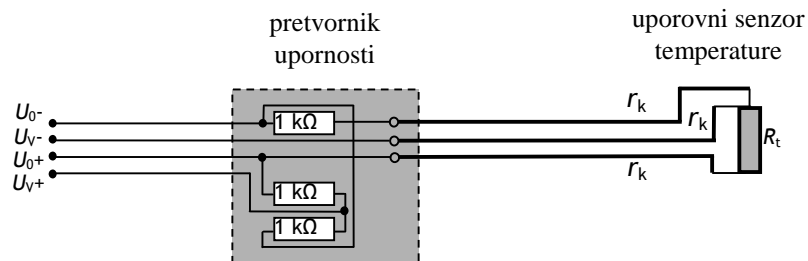
- Slabljenje izrazimo z inverzno vrednostjo razmerja:  $A = \frac{\hat{u}_{om}}{\bar{U}_{om}}$

- in izraženo v decibelih:  $A/\text{dB} = 20\lg A$

- Slabljenje za prve tri komponente je enako:

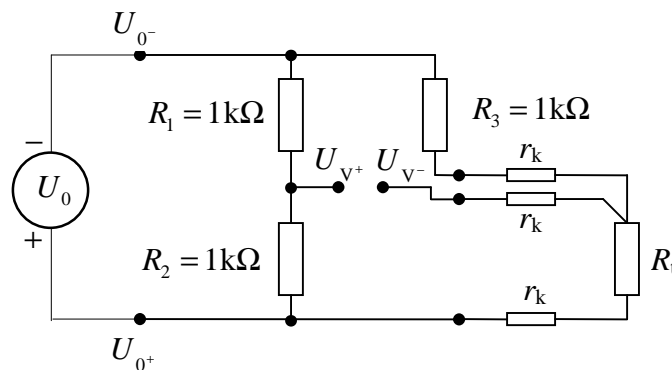
$f/\text{Hz}$	$f/f_{om}$	$\bar{U}_{om}/\hat{u}_{om}$	$A$	$A/\text{dB}$
50	0,833	0,1910	5,236	14,38
100	1,666	0,1654	6,046	15,63
150	2,5	0,1273	7,854	17,90

2. Merilnik temperature na sliki je sestavljen iz pretvornika upornosti ter uporovnega sensorja temperature  $R_t$ , ki je na pretvornik priključen tri-vodno. Po priključitvi napajanja  $U_0$  znaša napetost na izhodu merilnika  $U_V = 0V$ . Koliko bi znašala napetost  $U_V$ , če bi podaljšali (tri) priključne vodnike sensorja in bi njihove upornosti znašale  $r_k = 100\Omega$ ?



### Rešitev:

- Shemo merilnega pretvornika z uporovnim sensorjem na sliki lahko razvijemo v navaden Wheatstonov mostič:

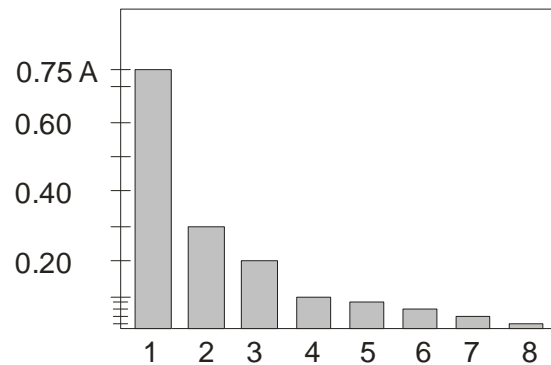


- Ker je na začetku izhodna napetost  $U_V$ , ki predstavlja mostično napetost, enaka  $0V$ , pomeni, da je mostič v ravnovesju. Za ravnovesje velja naslednja enačba

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3 + r_k}{R_t + r_k}$$

- Ker so upori  $R_1$ ,  $R_2$  in  $R_3$  vsi enaki  $1\text{ k}\Omega$ , velja, da je tudi  $R_t$  enak  $1\text{ k}\Omega$ . To zaradi ravnovesja mostiča velja ne glede na to, koliko znaša upornost priključnih vodnikov  $r_k$ , kar pomeni, da je tudi ob podaljšanju vodnikov mostič še vedno v ravnovesju in vrednost  $U_V$  ostaja  $0V$ .

3. Analizator moči kaže rezultate na sliki. Efektivna vrednost toka porabnika je 0,90 A . Koliko sta  $THD_{IEC}$  in  $THD_{DIN}$ ?



**Rešitev:**

- Efektivna vrednost toka porabnika je 0,90 A . Podatek je podan, lahko pa se izračuna kot geometrijska vsota posameznih komponent.

$$I = \sqrt{I_{K1}^2 + I_{K2}^2 + I_{K3}^2 + \dots + I_{K8}^2}$$

- $THD$  faktor po IEC standardu se izračuna kot

$$THD_{IEC} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^n I_k^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{(0,90 \text{ A})^2 - (0,75 \text{ A})^2}}{0,75 \text{ A}} = 0,66$$

- $THD$  faktor po DIN standardu pa se izračuna kot

$$THD_{DIN} = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I} = \frac{\sqrt{(0,90 \text{ A})^2 - (0,75 \text{ A})^2}}{0,90 \text{ A}} = 0,55$$

4. Kako poteka krivulja minimalnega potrebnega merilnega časa  $T_M(f_x)$  pri merjenju frekvence oziroma periode signala z elektronskim števcem ( $f_0 = 10\text{MHz}$ ;  $K = 1, \dots, 10^8$ ) v območju  $100\text{Hz} < f_x < 100\text{kHz}$ , da je mejna vrednost relativnega kvantizacijskega pogreška vedno pod  $m_q = 10^{-4}$ ? Kako se pri tem spreminja časovna oziroma frekvenčna ločljivost? Skicirajte!

**Rešitev:**

- Mejna vrednost kvantizacijskega pogreška pri merjenju frekvence je enaka:

$$m_{f,q} = \frac{T_x}{T_M} = \frac{1}{T_M f_x} = \frac{1}{K T_0 f_x}$$

- in je najmanjša, kadar je vrednost delilnika števca največja  $K_f = 10^8$  oz. čas merjenja, ki ga omogoča števec, najdaljši  $T_M = 10^8 T_0 = 10\text{s}$ :

$$m_{f,q,\min} = \frac{1}{K_f T_0 f_x} = \frac{1}{10^8 T_0 f_x}$$

- Mejna vrednost kvantizacijskega pogreška pri merjenju periode je enaka:

$$m_{T,q} = \frac{K T_0}{T_x} = K T_0 f_x$$

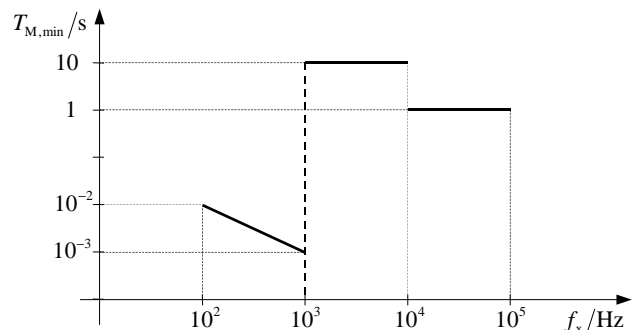
- in je najmanjša, kadar je vrednost delilnika števca najmanjša  $K_T = 1$  oz. časovna ločljivost, ki jo omogoča števec, najmanjša  $T_0 = 1/f_0 = 0,1\mu\text{s}$ :

$$m_{T,q,\min} = \frac{T_0}{T_x} = T_0 f_x$$

- Izenačitev obeh mejnih minimalnih vrednosti kvantizacijskih pogreškov dobimo pri frekvenci:

$$m_{f,q,\min} = m_{T,q,\min} \rightarrow \frac{1}{10^8 T_0 f_x} = T_0 f_x \rightarrow f_x = \frac{f_0}{\sqrt{10^8}} = 10^3 \text{ Hz}$$

- Do te frekvence merimo periodo signala in nad njo frekvenco, če želimo, da bo mejna vrednost relativnega kvantizacijskega pogreška vedno pod  $m_q = 10^{-4}$ .



- Ker merimo pri nižjih frekvencah periodo signala, nam ta določa najkrajši čas merjenja

$$T_M = T_x = 1/f_x.$$

- Pri višjih frekvencah merimo frekvenco signala. V frekvenčnem intervalu med  $10^3\text{Hz}$  in  $10^4\text{Hz}$  dosežemo željeni mejni pogrešek  $m_q = 10^{-4}$  s časom merjenja  $T_M = 10\text{s}$  in v frekvenčnem intervalu med  $10^4\text{Hz}$  in  $10^5\text{Hz}$  s časom merjenja  $T_M = 1\text{s}$ , ker je frekvenca že višja in lahko skrajšamo čas merjenja.

5. Določite delovno moč in faktor moči na bremenu, če sta napetost in tok:

$$u/\text{V} = 100 \cdot \sin(2\pi ft + \pi/3) + 10 \cdot \sin(6\pi ft + \pi/4)$$

$$i/\text{A} = 5 \cdot \sin(2\pi ft + \pi/2) + 1 \cdot \sin(6\pi ft + \pi/6)$$

**Rešitev:**

- Delovna moč je definirana kot vsota prispevkov  $P_i = U_i I_i \cos \varphi_i$  komponent napetosti in toka iste frekvence z upoštevanjem razlike kotov med napetostjo in tokom za ustrezno komponento.

$$P = \sum_i U_i I_i \cos \varphi_i; \quad \varphi_i = \varphi_{U,i} - \varphi_{I,i}$$

- V našem primeru imamo prispevek osnovne in tretje harmonske komponente:

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1; \quad \varphi_1 = \varphi_{U,1} - \varphi_{I,1} = \pi/3 - \pi/2 = -\pi/6$$

$$P_3 = U_3 I_3 \cos \varphi_3; \quad \varphi_3 = \varphi_{U,3} - \varphi_{I,3} = \pi/4 - \pi/6 = \pi/12$$

- Efektivne vrednosti komponent napetosti in toka so:

$$U_1 = \frac{\hat{u}_1}{\sqrt{2}} = \frac{100 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 70,71 \text{ V}, \quad U_3 = \frac{\hat{u}_3}{\sqrt{2}} = \frac{10 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 7,071 \text{ V};$$

$$I_1 = \frac{\hat{i}_1}{\sqrt{2}} = \frac{5 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 3,536 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{\hat{i}_3}{\sqrt{2}} = \frac{1 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 0,707 \text{ A}$$

- Delovna moč je tako:

$$P = U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_3 I_3 \cos \varphi_3 = 216,51 \text{ W} + 4,83 \text{ W} = 221,34 \text{ W}$$

- Navidezna moč je enaka produktu efektivne vrednosti napetosti in toka:  $S = U \cdot I$ 
  - Efektivno vrednost napetosti dobimo z geometrijskim seštevanjem efektivnih vrednosti komponent:  $U = \sqrt{U_1^2 + U_3^2} = 71,064 \text{ V}$
  - Enako velja tudi za efektivno vrednost toka:  $I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = 3,606 \text{ A}$
  - Navidezna moč je:  $S = 256,22 \text{ VA}$
- Faktor moči je razmerje delovne in navidezne moči:  $\lambda = \frac{P}{S}$ 
  - in znaša v našem primeru:  $\lambda = \frac{221,34 \text{ W}}{256,22 \text{ VA}} = 0,864$