

MÕÕTMINE – LABOR 2 2

TÖÖ ÜLDISELOOMUSTUS 2
EESMÄRK 2
TÖÖVAHENDID 2
VAHELDUVPINGE UURIMINE 2
VAHELDUVPINGE MÕÕTMINE 3
VOOLU MÕÕTMINE 3
FAASI MÕÕTMINE JA JÄLGIMINE 4

Mõõtmine – Labor 2

Töö üldiseloostus

Seadmed pinge ja voolu signaalide mõõtmiseks kõrgematel sagedustel on oluliselt erineva ehituse ja ühendusviisiga kui seadmed võrgupinge ja voolu mõõtmiseks.

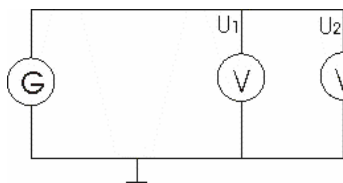
Eesmärk

Tutvumine signaalide mõõtmiseks kasutatavate üldotstarbeliste mõõteriistadega: multimeetri, ostsillograafi, generaatori ja fasomeetri. Mõõteriistade ühendamine skeemi, mõõtemääramatuse arvutamine.

Töövahendid

Multimeeter B7-37, multimeeter B7-40/5, generaator G3-112, ostsillograaf C1-83, fasomeeter F2-34, ühenduskaablid, klemmliist.

Vahelduvpinge uurimine



V₁ – Multimeeter B7-40

V₂ – Multimeeter B7-37

Generaatorilt saavub siinuseline signaal sagedusega 5 kHz

$$U_1 = 3,03 \text{ V} \quad U_2 = 3,038 \text{ V}$$

$$\Delta U_1 = \pm \left(1,5 + 0,2 \left(\frac{20}{U_1} - 1 \right) \right) \cdot \frac{U_1}{100} = \pm \left(1,5 + 0,2 \left(\frac{20}{3,03} - 1 \right) \right) \frac{3,03}{100} = \pm 0,0567 \dots \approx \pm 0,057 \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = \pm \left(0,6 + 0,1 \left(\frac{20}{U_2} - 1 \right) \right) \frac{U_2}{100} = \pm \left(0,6 + 0,1 \left(\frac{20}{3,038} - 1 \right) \right) \frac{3,038}{100} = \pm 0,0352 \dots \approx \pm 0,035 \text{ V}$$

$$U_1 = 3,030 \pm 0,057 \text{ V}$$

$$U_2 = 3,038 \pm 0,035 \text{ V}$$

Mõõtetäpsuse piires langevad mõlema voltmeetri näidud kokku.

Generaatori nelinurksignaali sagedusega 5 kHz

V₁ mõõdab signaali efektiivväärtust, V₂ signaali mooduli keskvaartust; V₁ ja V₂ lugemid

$$U_1 = 3,840 \text{ V} \quad U_2 = 3,490 \text{ V}$$

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U_e \quad U_{kesk} = \frac{2 \cdot U_m}{\pi} \quad U_e = K \cdot U_{kesk}$$

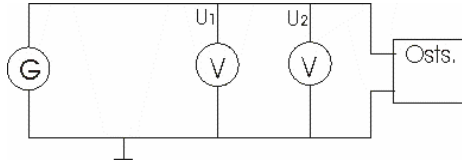
$$K = \frac{U_e}{U_{kesk}} = \frac{\pi U_m}{2\sqrt{2} U_m} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

Nelinurksignaali korral kehtib voltmeetrite pingete vahel seos $U_1 = U_2 \cdot K$

Seega arvutuslikult $U_1 = \frac{U_2 \pi}{2\sqrt{2}} = \frac{3,490 \cdot \pi}{2\sqrt{2}} = 3,874$

Tulemus langeb enam-vähem kokku mõõdetud U_1 väärtusega.

Vahelduvpinge mõõtmine



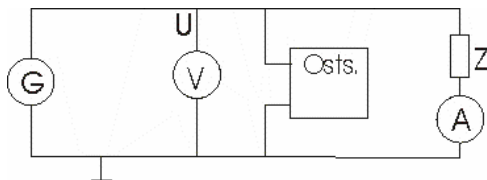
Siinuseline signaal sagedusega 5 kHz, pingeline $U = 4,2 \text{ V}$
 Antud signaali periood $T = 200 \mu\text{s}$

Signaali sagedus $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} = 5 \text{ kHz}$

Ostsillograafiga mõõdetud sagedus langeb kokku generaatori sagedusega.

Nelinurksignaali sagedusega 5 kHz
 Nelinurksignaali ulatus: $U_{pp} = 3,4 \text{ cm} \cdot 0,2 \cdot 10 = 6,8 \text{ V}$
 Signaali periood: $T = 200 \mu\text{s}$

Voolu mõõtmine



Generaatori poolt tekitatud siinuseline signaal sagedusega 5 kHz
 Signaali $U = 3,02 \text{ V}$ ja $I = 0,5453 \text{ mA}$
 Pingelang ampermeetri $U_A = 54,60 \text{ mV}$

$$R_A = \frac{U_A}{I} \quad I = \frac{U}{R_A + Z}$$

$$Z = \frac{U - IR_A}{I} = \frac{U - U_A}{I} = \frac{3,02 - 0,0546}{0,5453 \cdot 10^{-3}} = 5,438 \cdot 10^3 \approx 5,44 \text{ k}\Omega$$

$$\Delta U = \pm \left(1,5 + 0,2 \cdot \left(\frac{20}{U} - 1 \right) \right) \cdot \frac{U}{100} = \pm \left(1,5 + 0,2 \cdot \left(\frac{20}{3,02} - 1 \right) \right) \cdot \frac{3,02}{100} = \pm 0,07926 \approx \pm 0,079 \text{ V}$$

$$\Delta I = \pm \left(1 + 0,1 \cdot \left(\frac{0,002}{I} - 1 \right) \right) \cdot \frac{I}{100} = \pm \left(1 + 0,1 \cdot \left(\frac{0,002}{0,5453 \cdot 10^{-3}} - 1 \right) \right) \cdot \frac{0,5453 \cdot 10^{-3}}{100} = \pm 6,91 \cdot 10^{-6} A =$$

$$= \pm 0,0069 mA$$

$$\Delta U_A = \pm \left(1,0 + 0,2 \cdot \left(\frac{0,2}{U_A} - 1 \right) \right) \cdot \frac{U_A}{100} = \pm \left(1,0 + 0,2 \cdot \left(\frac{0,2}{0,0546} - 1 \right) \right) \cdot \frac{0,0546}{100} = \pm 0,00084 V = \pm 0,84 mV$$

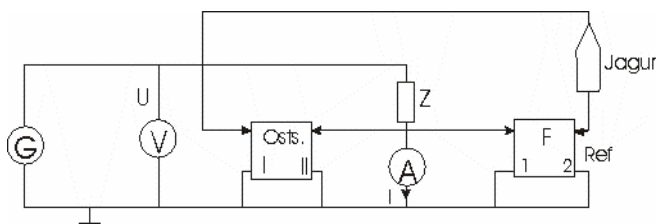
Kuna U_A viga on palju väiksem, kui U viga, võib seda edasistes arvutustes mitte arvestada.

$$\Delta Z = \pm \sqrt{\left(\frac{dZ}{dU} * \Delta U \right)^2 + \left(\frac{dZ}{dI} * \Delta I \right)^2}$$

$$\Delta Z = \pm \sqrt{\left(\left(\frac{1}{I} * \Delta U \right)^2 + \left(\frac{U}{I^2} * \Delta I \right)^2 \right)} = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{0,5453 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,079 \right)^2 + \left(\frac{3,02}{(0,5453 \cdot 10^{-3})^2} \cdot 6,91 \cdot 10^{-6} \right)^2} = \pm 0,145 k\Omega$$

$$Z = 5,44 \pm 0,15 k\Omega$$

Faasi mõõtmine ja jälgimine



$$U = 3,02 \pm 0,079 V \quad I = 0,5440 \pm 0,0069 mA$$

$$t = 0,95 ms \quad T = 4 ms$$

$$I \text{ ja } U \text{ faaside vahe: } \phi = 360 - 274,51 = 85,49^\circ$$

$$\text{Arvutuslikult on faasivahe: } \phi = \frac{360t}{T} = \frac{360 \cdot 0,95}{4} = 85,5^\circ$$

$$\Delta \phi = \pm (0,5 + f * 10^{-7}) = \pm (0,5 + 5000 * 10^{-7}) = \pm 0,50^\circ$$

$$\phi = 85,49 \pm 0,50^\circ$$

Nii arvutuslik kui ka fasomeetriga mõõdetud faasivahe langevad mõõtemääramatuse piirides kokku.

$$\text{Koormusel eralduv aktiivvõimsus } P = U * I * \cos \phi = 3,02 * 0,5450 * \cos(85,49^\circ) = 129,42 mW$$

$$\text{Koormuse aktiivtakistus } r = |Z * \cos \phi| = |5,44 * \cos(85,49^\circ)| = 0,428 k\Omega$$

$$\text{Koormuse reaktiivtakistus } x = |Z * \sin \phi| = |5,44 * \sin(85,49^\circ)| = 5,423 k\Omega$$