

Fysiikan mittausmenetelmät I
syksy 2016
Malliratkaisut 6

1. -6 dB jarataajuus tarkoittaa että $\frac{U_{out}}{U_{in}} \approx \frac{1}{2}$. Tällöin jännitteenjaosta saadaan:

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{R1}{R1 + Z_C}$$

$$\left| \frac{R1}{R1 + Z_C} \right| = \frac{1}{2}$$

, missä $Z_C = -\frac{j}{\omega C}$. Koska tässä tilanteessa emme olleet kiinnostuneet vaiheesta, kannattaa nimittäjän ja osoittajan itseisarvot laskea erillisinä:

$$\frac{|R1|}{\left| R1 - \frac{j}{\omega C} \right|} = \frac{R1}{\sqrt{R1^2 + \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega R1 C} \right)^2}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\omega R1 C} \right)^2} = \frac{1}{4} \rightarrow 1 + \left(\frac{1}{\omega R1 C} \right)^2 = 4 \rightarrow \frac{1}{\omega R1 C} = \sqrt{3}$$

$$C = \frac{1}{\omega R1 \sqrt{3}} \approx 920 \text{ pF}$$

2.

$$U_- = U_{in}$$

$$U_+ = \frac{R2}{R1 + R2} U_{out}$$

Negatiivisen takaisinkytkennän takia: $U_- = U_+$, jolloin:

$$U_{in} = \frac{R2}{R1 + R2} U_{out}$$

Tästä saadaan vahvistus:

$$A_v = \left| \frac{U_{out}}{U_{in}} \right| = 1 + \frac{R1}{R2} = 1,1$$

Vahvistukseen vaikuttaa vastusten arvot, joten käyttämällä virheen kasautumislakia voidaan arvioida vastusten virheen vaikutusta lasketun vahvistuksen virheeseen:

$$\sigma_{A_v} = \sqrt{\left(\sigma_{R1} \frac{\partial}{\partial R1} A_v \right)^2 + \left(\sigma_{R2} \frac{\partial}{\partial R2} A_v \right)^2}$$

Laskemalla osittaisderivaatat saadaan:

$$\sigma_{A_v} = \sqrt{\sigma_{R1}^2 \left(\frac{1}{R2} \right)^2 + \sigma_{R2}^2 \left(-\frac{R1}{R2^2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{R1}}{R2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R2} R1}{R2^2} \right)^2}$$

Laskemalla saadaan $\sigma_{R1} = 10 \Omega$, $\sigma_{R2} = 200 \Omega$, ja $\sigma_{A_v} \approx 0.002236$, jolloin $A_v = 1,1 \pm 0.002$.
1% ja 2% toleranssit ovat normaaleja komponenttikaupasta saatavilla oleville vastuksille.
Tarkkuusvastusten toleranssi voi olla 0,1 % tai parempi, mutta tarkkuusvastukset ovat usein kalliimpia kuin 1% toleranssin vastukset.

3. a) Answer:

According to BIPM (link <http://www.bipm.org/en/bipm/calibrations/traceability.html>)
"property of a measurement result whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations, each contributing to the measurement uncertainty"
Usually the "reference" is corresponding SI unit e.g. meter in the case of dimensional measurements. Thus we typically speak of traceability to SI units.

Points for correctly mentioning 3 key things:

"documented unbroken chain of calibrations/comparisons"

"each contributing to the measurement uncertainty"/"stated uncertainties"

"reference"/"definition of SI-unit"

b) "Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement" (GUM). GUM "establishes general rules for evaluating and expressing uncertainty in measurement that defines how error sources should be handled and combined together."

Link: http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf

c) Good answer should either have at least 3 of the listed error sources

Possible error sources:

Light source:

-light intensity variations

-thermal drift on the light source, possible effects of light spectrum changes (effect of this depends on data analysis software)

Camera:

-quantization of light intensity values (e.g 8 bit camera)

-shot noise of the camera

Optomechanical setup:

-Vibration of the instrument

-alignment of the optical setup and piezo

-focusing of the optics (are the fringes visible at best focus)

- thermal and other drift of the setup e.g. sample holder

Other:

-bat wing effect close to vertical steps or steep gradients (mixing of fringes from top and bottom, also depends on the data analysis)

d) Good answer should have the 2 most important (highlighted) new error sources and at least 3 in total

Possible error sources:

-blurring of interferogram due to sample movement within light pulse -> lower SNR

- averaging effects due to acceleration of sample during light pulse -> average position during light pulse does not equal position in the middle of the light pulse -> under-estimation of movement

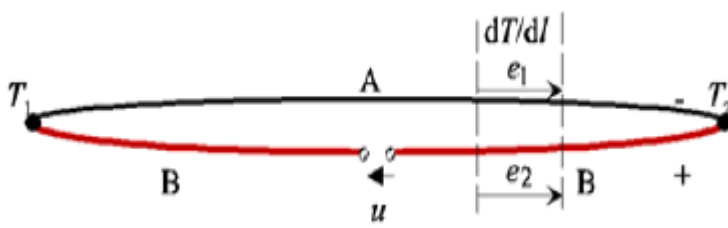
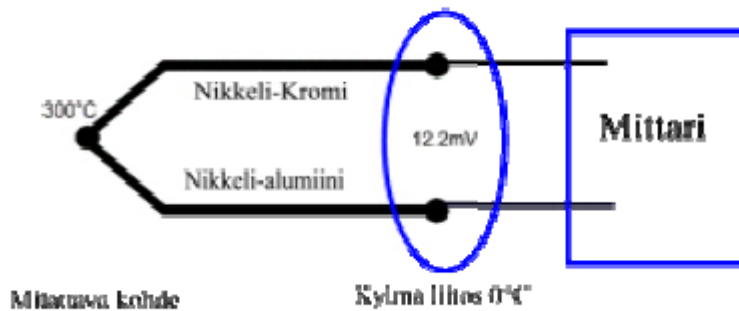
-light spectrum changes due to pulsing

- in some cases lower light intensity than non pulsed
- effects of light pulse shape
- Timing of light, camera and sample
- spectrum change within length of a light pulse
- non repeatable oscillation of sample

4. a)

1820-luvun alussa Virolainen fyysikko Thomas Seebeck havaitsi, että termosähköisen ilmiön myötä metallilankaan syntyy lämpötilagradientin (lämpötilan muutos paikan muutoksen suhteen) vaikutuksesta sähkömotorinen voima. Kun kaksi erityyppistä metallista valmistettua lankaa yhdistetään toisiinsa ja kun liitokset ovat eri lämpötiloissa, syntyy lankojen avointen päiden välille potentiaaliero (ja suljettuun piiriin virta), joka on verrannollinen liitosten väliseen lämpötilaeroon.

Seebeckin ilmiöstä voi aiheutua sisäisiä häiriöitä mittalaitteisiin.



b)

Termosähköistä ilmiötä sovelletaan termopareina tunnetuissa lämpötila-antureissa. Termopari mittaa lämpötilaeroa mitattavassa kohteessa olevan liitoksen ja mittarin luona olevan liitoksen (nk. kylmä liitos) välillä. Standardit ilmoittavat termoparin tuottaman jännitteen, kun kylmä pää on 0 asteessa. Yleensä termopariin perustuvissa lämpömittareissa on kylmän pään lämpötila otettu huomioon mittaamalla tämä lämpötila esim. termistorilla, diodilla tai Pt-100 elementillä. Mitattavan kohteen lämpötila saadaan lisäämällä kylmän liitoksen lämpötilaa vastaava termoparijännite mitattuun jännitteeseen ja lukemalla taulukosta tätä jännitettä vastaava lämpötila. Termopareja on useita eri tyyppisiä riippuen langoissa käytetyistä metalleista. K-tyyppi lienee yleisin käytetty termopari. Siinä käytetään nikkeli-kromi ja nikkeli-alumiini lankoja. Sen lämpötila-alue ulottuu välille $-200 \dots + 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ja herkkyys noin $42 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Termoelementtien tyyppejä

Tyyppi	Materiaali +	Materiaali -	Heikkyys μV/K (373 K)	Käyttöalue (°C)
E	Cromel (NiCr)	Konstantaniini (CuNi)	68	0...800
T	Kupari (Cu)	Konstantaniini (CuNi)	46	- 250...400
K	Cromel (NiCr)	Alumiini (NiAl)	42	- 200...1100
J ja L	Rauta (Fe)	Konstantaniini (CuNi)	46	- 200...700
S	Platina- rhodium Pt90Rh10	Platina (Pt)	8	- 50...1300

5. Näemme, että noin 1 kHz:n jälkeen valkoinen kohina, jonka teho on sama kaikilla taajuuksilla, dominoi. Tätä matalammilla taajuuksilla on ruskeaa ($1/f^2$) kohinaa, jonka havaitsemme laskemalla dekadeja x- ja y-akseleilla: Kun x-akselilla taajuus kasvaa dekadilla (esim. 10^2 :sta 10^3 :een), y-akselilla teho laskee kahdella dekadilla (vastaavasti 10^{-6} :sta 10^{-8} :aan). Laskemme dekadeja akseleilla samaan tapaan kuin a-tapauksessa ja näemme että jokaista x-akselin dekadia vastaa yksi y-akselin dekadilla. Kyseessä on siis vaaleanpunainen ($1/f$) kohina.