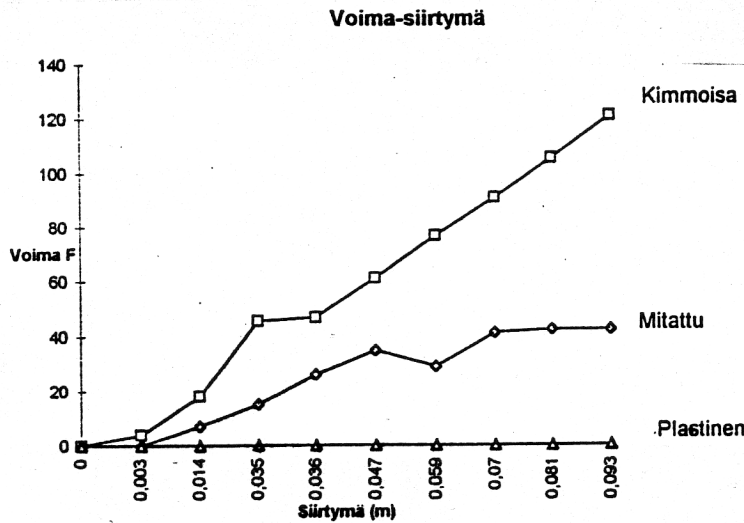


Tentti 18.12.1998

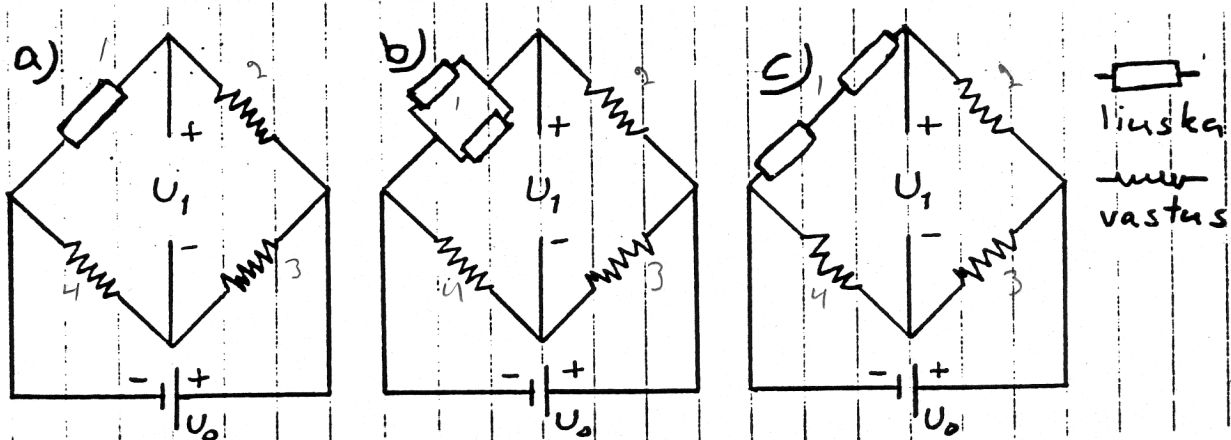
Kirjallisuuden käyttö kielletty. Hyvää Joulua!

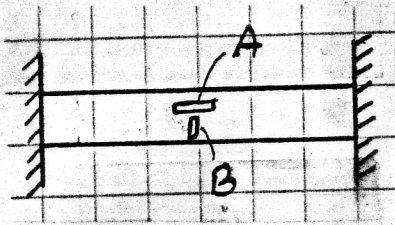
1. Mitkä seikat rajoittavat polaroituun valoon perustuvan jännitysoptiikan soveltuvuutta
- kun tutkittava kappale on selkeästi kuvattavissa kaksiulotteisena (tasona) ja
 - kun tutkittava kappale on selkeästi kolmiulotteinen?



2. Oheinen kuva on osa mittausraporttia (halullisille tiedoksi: kyseessä on tämän kurssin harjoitustyö 2). Kuvassa on esitetty mittaustulokset ja teoreettiset ennusteet. Mitä vikaa kuvassa on?

3. Alla on kuvattu kolme mahdollisuutta Wheatstonen sillan kytkemiseksi. Jokaisessa kytkennässä erikseen Wheatstonen sillan haarojen resistanssit valitaan yhtäsuuriksi. Kytkennöissä b) ja c) venymäliuskat sijoitetaan rinnakkain samaan suuntaan, jolloin niiden mitaamat venymät ovat samoja. Sillan syöttöjännite on sama kaikissa tapauksissa. Millä kytkennällä saavutetaan suurin herkkyys?





4. Poikkileikkaukseltaan pyöreä alumiinisauva on kiinnitetty liikkumattomien tukien väliin siten, että se asennuslämpötilassa on jännityksetön. Sauvaan liimataan venymäliuska A sauvan akselin suuntaiseksi ja venymäliuska B sauvan akselia vastaan kohtisuoraan suuntaan. Liuska A kytketään Wheatstonen sillan haaraan 1 ja liuska B haaraan 4. Wheatstonen sillan kaikkien haarojen resistanssit valitaan yhtäsuuriksi.

Kuinka suuri on Wheatstonen sillan ulostulojännitteen muutos, kun sauvan lämpötilaa nostetaan määrällä $\Delta T = 10 \text{ K}$?

Alumiinin kimmomoduli $E = 70 \text{ GPa}$, Poisson'n luku $\nu = 0,33$, pituuden lämpötilakerroin $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ja myötöraja $R_{eL} = 20 \text{ MPa}$. Sillan syöttöjännite $U_0 = 5 \text{ V}$ ja liuskavakio $k = 2,1$, poikittaisherkkyyserroin $K_t = 0$.

23571 Lujuusopilliset mittaukset

Kaavakokoelma tenttiin

Mittausjärjestelmän herkkyys S

$$S = \frac{\partial x}{\partial y}$$

$x \hat{=}$ mittausjärjestelmän antama tulos

$y \hat{=}$ mitattava suure

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon' \quad \varepsilon' = \frac{1}{1 - \nu_0 K_t} (\varepsilon_a + K_t \varepsilon_t) \quad \frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon' + f(T)$$

$$U_1 = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U_0$$

$$\Delta U_1 = \frac{r}{(1+r)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) U_0, \quad r = \frac{R_2}{R_1}$$

rinnan kytketyt vastukset R_1 ja R_2 : $R_{kok} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

sarjaan kytketyt vastukset R_1 ja R_2 : $R_{kok} = R_1 + R_2$

Tasojännitustilakentän materiaaliyhtälöt

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & 0 \\ -\nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2(1+\nu) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}$$

$$\sigma_x = \sigma_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + \tau_{xy} 2 \cos \alpha \sin \alpha$$

$$\tau_{xy} = -(\sigma_x - \sigma_y) \cos \alpha \sin \alpha + \tau_{xy} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_{iz}}{I_z} y \quad \nu'' = -\frac{M_t}{EI}$$

$$\varepsilon_{\perp} = -\nu \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha \Delta T$$

Tehtävässä 3 kohdassa b)

$$R_g + \Delta R_g \approx R_g \quad R_g \text{ yhden liuskan resistanssi}$$

$$\Delta R_g^2 \approx 0$$

Taulukko 175.1. Ulokkeen ja kaksitukisen palkin eräiden kuormitustapausten kimmoviivoja.
 Huom! $\langle x - L \rangle^n \equiv (x - L)^n$, jos $x - L \geq 0$, mutta $\langle x - L \rangle^n \equiv 0$, jos $x - L < 0$.

1		$v = \frac{M}{2EI} [x^2 - \langle x - L \rangle^2]$	$v_B = \frac{ML^2}{2EI}$	$v'_B = \frac{ML}{EI}$
2		$v = \frac{F}{6EI} [3Lx^2 - x^3 + \langle x - L \rangle^3]$	$v_B = \frac{FL^3}{3EI}$	$v'_B = \frac{FL^2}{2EI}$
3		$v = \frac{q}{24EI} [6L^2x^2 - 4Lx^3 + x^4 - \langle x - L \rangle^4]$	$v_B = \frac{qL^4}{8EI}$	$v'_B = \frac{qL^3}{6EI}$
4		$v = \frac{M}{6LEI} [(L^2 - 3b^2)x - x^3 + 3L \langle x - a \rangle^2]$	$v_M = \frac{Mab(a-b)}{3LEI}$ $v'_M = \frac{-M(a^3 + b^3)}{3L^2EI}$	$v'_A = \frac{M(L^2 - 3b^2)}{6LEI}$ $v'_B = \frac{M(L^2 - 3a^2)}{6LEI}$
5		$v = \frac{M}{6LEI} (L^2x - x^3)$	$v_{max} = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$ $x = L/\sqrt{3}$	$v'_A = \frac{ML}{6EI}$ $v'_B = \frac{-ML}{3EI}$
6		$v = \frac{F}{6LEI} [ab(L+b)x - bx^3 + L \langle x - a \rangle^3]$	$v_F = \frac{Fa^2b^2}{3LEI}$	$v'_A = \frac{Fab(L+b)}{6LEI}$ $v'_B = \frac{-Fab(L+a)}{6LEI}$
7		$v = \frac{q}{24EI} (L^3x - 2Lx^3 + x^4)$	$v_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$	$v'_A = -v'_B = \frac{qL^3}{24EI}$

4		$A = b^2$ $x_0 = b/2$ $y_0 = b/2$	$I_x = I_y = b^4/3$ $I_\xi = I_\eta = b^4/12$ $I_0 = b^4/6$	$i_x^2 = i_y^2 = b^2/3$ $i_\xi^2 = i_\eta^2 = b^2/12$ $i_0^2 = b^2/6$	$I_{xy} = b^4/4$ $I_{\xi\eta} = 0$
5		$A = bh$ $x_0 = b/2$ $y_0 = h/2$	$I_x = bh^3/3$ $I_y = b^3h/3$ $I_\xi = bh^3/12$ $I_\eta = b^3h/12$ $I_0 = \frac{bh}{12}(b^2 + h^2)$	$i_x^2 = h^2/3$ $i_y^2 = b^2/3$ $i_\xi^2 = h^2/12$ $i_\eta^2 = b^2/12$ $i_0^2 = (b^2 + h^2)/12$	$I_{xy} = b^2h^2/4$ $I_{\xi\eta} = 0$
8		$A = \pi r^2$ $x_0 = y_0 = r$	$I_x = I_y = \frac{5\pi}{4} r^4$ $I_\xi = I_\eta = \frac{\pi}{4} r^4$ $I_0 = \frac{\pi}{2} r^4$	$i_x^2 = i_y^2 = \frac{5}{4} r^2$ $i_\xi^2 = i_\eta^2 = (r/2)^2$ $i_0^2 = r^2/2$	$I_{xy} = \pi r^4$ $I_{\xi\eta} = 0$