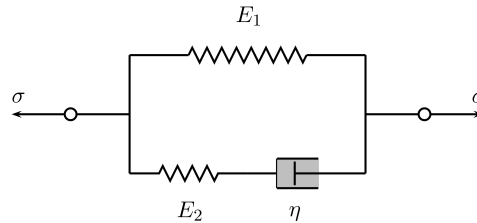


Johdatus materiaalimalleihin

11. harjoitus - viskoelastisuus

1. Määritä oheisen lineaarisen standardiaineen konstitutiivinen yhtälö. Ratkaise myös virumis- ja relaksaatiofunktiot, sekä relaksaatioaika.



2. Maxwellin viskoelastista materiaalimallia voidaan havainnollistaa lineaarisen jousen ja nestesynterin sarjaan kytkettynä systeeminä. Jousen konstitutiivinen yhteys on $\sigma = E\varepsilon$ ja nestesynterin $\dot{\varepsilon} = \sigma/\eta$, jossa E on kimmomoduuli ja η viskositeetti ja $\dot{\varepsilon}$ on muodonmuutosnopeus.

- Materiaaliin kohdistuu syklinen venymävaste $\varepsilon(t) = \varepsilon_a \sin(\omega t)$, jossa ε_a on venymäamplitudi. Ratkaise jännitysvaste $\sigma(t)$. Mitä voit sanoa tuloksesta jos $\omega \gg 1/\tau_{\text{rel}}$, jossa $\tau_{\text{rel}} = \eta/E$ on mallin relaksaatioaika.

Vihje. Yritä ratkaisua muodossa $\sigma(t) = \sigma_a \sin(\omega t + \phi)$. Ratkaise siis vaihekulma ϕ ja jännitysamplitudi σ_a . Muutamia kaavoja, joista saattaa olla hyötyä:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta,$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta,$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}.$$

3. Määritä Kelvinin-Voigtin materiaalista tehdyn kaksitukisen palkin keskipisteen taipuma $v(L/2, t)$ ja piirrä sen aikahistoria kun kuormitus on oikealla olevan kuvan mukainen.

