

S-92.3113 Avaruuslaitetekniikka

Tentti 21.12.2007

Tentissä vastataan kotitehtävistä syksyllä 2007⁷ saatujen hyvitysten perusteella 3-5 tehtävään.

Jos kokeilet vastaamista useampiin tehtäviin, kuin kotitehtävistä saatujen hyvitysten perusteella on välttämätöntä, merkitse vastauspaperiisi huolellisesti, mitkä tehtävät haluat arvosteltavan.

Joitakin vakioita ja kaavoja (Huom! Kaikkia et välttämättä tenttitehtävissä tarvitse).

Maan säde, $R_E = 6371$ km	Maan gravitaatioparametri, $\mu_E = 3.986 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Geostationäärisen radan korkeus, 35786 km	Maan gravitaation kiihtyvyys, $g_0 = 9.81 \text{ m/s}^2$
Auringon säteilyintensiteetti maan etäisyydellä, $J_s = 1371 \text{ Wm}^{-2}$	Bolzmannin vakio, $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Stefan-Boltzmannin vakio, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$	Maan keskimääräinen albedo, $a_E = 0.34$

Satelliitin kiertoaika: $\tau = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$; Vis-viva integraali: $\frac{1}{2}V^2 - \frac{\mu}{r} = -\frac{\mu}{2a}$,

rakettiyhtälö: $\Delta v = V_e^* \ln\left(\frac{m_0}{m_b}\right)$, $V_e^* = I_{sp} g_0$,

Stefan-Boltzmannin laki: $J = \epsilon \sigma T^4$

Sylinterin hitausmomentti (symmetria-akseli) $I = m \frac{R^2}{2}$

a = rataellipsin isoakseli, V = satelliitin nopeus, r = satelliitin etäisyys

m_0 = raketin alkumassa, m_b = raketin loppumassa (after burn-out)

I_{sp} = spesifinen impulssi, R = säde,

ϵ = materiaalin emissiivisyys, T = lämpötila

1. Vastaa kahteen seuraavista kysymyksistä.
 - a) Testeissä käytetään eri vaiheissa erilaisia "malleja" avaruuslaitteesta tai -aluksesta. Selitä eri mallien tarkoitus ja mitä testejä niille tehdään?
 - b) Avaruuslennoille vahingollinen säteily ja sen esiintyminen erilaisilla kiertoradoilla.
2. Selitä lyhyesti:
 - a) radan inkliinaatio (*inclination*)
 - b) Aurinkosynkroninen rata
 - c) Kun ympyräradalla oleva satelliitti menettää energiaa ilmakehän kitkaa vastaan mitä tapahtuu? Pieneneekö nopeus, pysyykö nopeus samana vai kiihtyykö nopeus? Miksi?
 - d) Nutaatiovaimennin (*Nutation damper*).
 - e) Millä ehdolla pyörivän satelliitin (*spin stabilised*) pyörimisakseli on stabiili?
3. Satelliittiin on asennettu vauhtipyörä (*momentum wheel*), jonka akseli on ratatason normaalin suuntainen. Vauhtipyörällä on tarkoitus kompensoida ratatason normaalin suuntaisen (*pitch* -kallistus) tasaisen $10 \times 10^{-5} \text{ Nm}$:n häiriömomentin vaikutus. Vauhtipyörä on sylinterin muotoinen ja sillä on 25 cm säde. Sallitut kulmanopeudet vaihtelevat välillä 200 – 1000 RPM. Nominaali nopeus on 600 RPM. Mikä on vauhtipyörän massan oltava, mikäli halutaan että kulmaliikemäärää voidaan varastoida vuorokauden ajan ennen saturoitumista ja sitä seuraavaa kulmaliikemäärän purkausta (*momentum dumping*)
4. Satelliitti pudotetaan 300 km korkeudella maan pinnasta ympyräradalle avaruussukkulan kyydistä. Ympyräradan inkliinaatio on 0° . Satelliitti on tarkoitus siirtää geostationääriselle radalle. Laske ratasiirtoihin tarvittavat nopeudenmuutokset. Satelliitissa on moottori, joka toimii hydratsiinilla ja nestemäisellä hapella ja tuottaa spesifisen impulssin 313s tasaisella polttoaineen kulutuksella. Laske ratamuutokseen tarvittava polttoaineen massa, kun satelliitin massa on 500 kg.
5. Sylinterin muotoisen satelliitin mitat ovat: halkaisija $D = 1 \text{ m}$, pituus $L = 2 \text{ m}$. Satelliitti pyörii L -pituusakselin ympäri siten, että pyörimisakseli on kohtisuoraan auringonsäteitä vastaan. Satelliitti kiertää auringoa maan etäisyydellä, mutta niin kaukana maasta, ettei maan vaikutusta tarvitse ottaa huomioon. Satelliitin elektroniikka tuottaa lämpötehoa 50 W. Satelliitin sylinteripinta on maalattu valkoiseksi ($\alpha = 0.19$, $\epsilon = 0.88$) ja päädyt mustaksi ($\alpha = 0.97$, $\epsilon = 0.91$). Mikä on satelliitin tasapainolämpötila, kun satelliitti oletetaan täysin isotermiseksi? Mikä on lampotila jos satelliitti on kokonaan musta?