

Vorlesung: Flugregelung, Steuerung, Navigation

Lehrbeauftragte: Herr Lück, Herr Rinderknecht, Herr Scheuermann, Herr Brauwer

INS-Übungen

NAV/Sc

1. Aufgabe

$\varphi = 35^\circ\text{S}$, $v_E = -458 \text{ kt}$, $v_N = -149 \text{ kt}$, $h = \text{MSL}$

Bestimme die Vektoren Ω^E , $\Omega^{A/C}$

Lösung

$$\begin{aligned}\Omega^E &= (0, \Omega^E \cos(\varphi), \Omega^E \sin(\varphi)) = && \text{mit } \Omega^E = 15.04^\circ/\text{h} \\ &= (0, 15.04^\circ/\text{h} \cdot \cos(-35^\circ), 15.04^\circ/\text{h} \cdot \sin(-35^\circ)) = \\ &= (0, 12.3^\circ/\text{h}, -8.6^\circ/\text{h})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Omega^{A/C} &= (-v_N/(R+h), v_E/(R+h), v_E/(R+h) \tan(\varphi)) = && \text{mit } R = 6370 \text{ km} = 3440 \text{ NM} \\ & && \text{und } 1 \text{ kt} = 1 \text{ NM/h} \\ &= (-(-149 \text{ kt}) / 3440 \text{ NM}, -458 \text{ kt} / 3440 \text{ NM}, -458 \text{ kt} / 3440 \text{ NM} \cdot \tan(-35^\circ)) = \\ &= (+0.0433 \text{ RAD/h}, -0.1331 \text{ RAD/h}, +0.0932 \text{ RAD/h}) = \\ &= (+2.5^\circ/\text{h}, -7.6^\circ/\text{h}, +5.3^\circ/\text{h})\end{aligned}$$

2. Aufgabe

Schuler Oszillation

Schuler-Gleichung: $\frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{g}{R} \cdot \psi = 0$,

ψ : Fehlausrichtung der Plattform

g : Erdbeschleunigung

R : Erdradius

Bestimme die Schwingungsdauer T der Schuler-Oszillation (Schuler-Periode)

Lösung

Ansatz: $\psi = \psi_0 \cos(\omega_s t)$

$$\rightarrow \frac{d\psi}{dt} = -\omega_s \cdot \psi_0 \cdot \sin(\omega_s \cdot t), \quad \frac{d^2\psi}{dt^2} = -\omega_s^2 \cdot \psi_0 \cdot \cos(\omega_s \cdot t)$$

Zum Testen einsetzen in Schuler-Gleichung:

$$-\omega_s^2 \cdot \psi_0 \cdot \cos(\omega_s \cdot t) + \frac{g}{R} \cdot \psi_0 \cdot \cos(\omega_s \cdot t) = 0$$

Ist erfüllt, wenn $\omega_s^2 = g/R$!

$$\rightarrow \frac{360^\circ}{T_s} = \omega_s = \sqrt{\frac{g}{R}} = 1.24 \cdot 10^{-3} \frac{\text{RAD}}{\text{s}} = 255.8 \frac{^\circ}{\text{h}}$$

$$\rightarrow \mathbf{T_s = 84.4 \text{ min}} \quad \text{Schuler-Periode}$$

Bemerkungen

T_s entspricht der Schwingungsdauer eines Pendels mit Länge R (Erdradius \rightarrow „Erdpendel“)! → eine mit Schuler-Periode oszillierende Plattform ist unempfindlich gegen horizontale Beschleunigungen!

T_s entspricht der Umlaufdauer eines Satelliten in Höhe 0 ft (= MSL), also im Orbit mit Radius R !