

MAREK POLEWSKI
MECHANIKA LOTU 2
PROWADZĄCY: DR. INŻ MACIEJ LASEK
WTOREK 14:15-16:00

Projekt 12
„Analiza ruchów fugoidalnych samolotu”

DATA ODDANIA PROJEKTU:

OCENA:

1 Wstęp

Obliczenia zostały wykonane w programie EXCEL. Wszystkie obliczenia zostały wykonane dla samolotu o następujących parametrach:

- $m = 700\text{kg}$,
- $S = 15\text{m}^2$,
- $h = 3\text{km}$,
- $\rho(h = 3\text{km}) = 0.908\text{kgm}^{-3}$

2 Równania ruchu samolotu

Zastosowane zostały poniższe równania ruchu samolotu:

$$m \frac{dv}{dt} + mg \sin(\vartheta) + \frac{1}{2} \rho S (V_0 + v)^2 C_x = 0 \quad (1)$$

$$m V_0 \frac{d\vartheta}{dt} + mg \cos(\vartheta) - \frac{1}{2} \rho S (V_0 + v)^2 C_z = 0 \quad (2)$$

Równania te zostały sprawdzone do bezwymiarowych równań ruchu:

$$\frac{d\bar{v}}{d\bar{t}} + \frac{1}{2} C_z \bar{\vartheta} + C_x \bar{v} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{d\bar{\vartheta}}{d\bar{t}} + \frac{1}{2} C_x \bar{\vartheta} + C_z \bar{v} = 0 \quad (4)$$

gdzie $\bar{v} = \frac{v}{V_0}$, $\bar{\vartheta}$ - bezwymiarowe zaburzenie kąta pochylenia, \bar{t} bezwymiarowy czas, $\hat{t} = \frac{2m}{\rho S V_0}$ - czas aerodynamiczny
Pierwiastkami zespolonymi sprzężnymi równań (1) i (2) są:

$$\lambda_{1,2} = -\frac{3}{4} C_x \pm i \cdot \sqrt{\frac{1}{2} (C_x^2 + C_z^2) - \frac{9}{16} C_x^2}$$

Wówczas otrzymamy:

Bezwymiarowy współczynnik tłumienia:

$$\bar{\zeta} = -\frac{3}{4} C_x$$

Bezwymiarowa częstość ruchu okresowego:

$$\bar{\eta} = \sqrt{\frac{1}{2} (C_x^2 + C_z^2) - \frac{9}{16} C_x^2}$$

Okres ruchu:

$$T = \frac{w\pi}{\sqrt{\frac{1}{2} (C_x^2 + C_z^2) - \frac{9}{16} C_x^2}} \cdot i$$

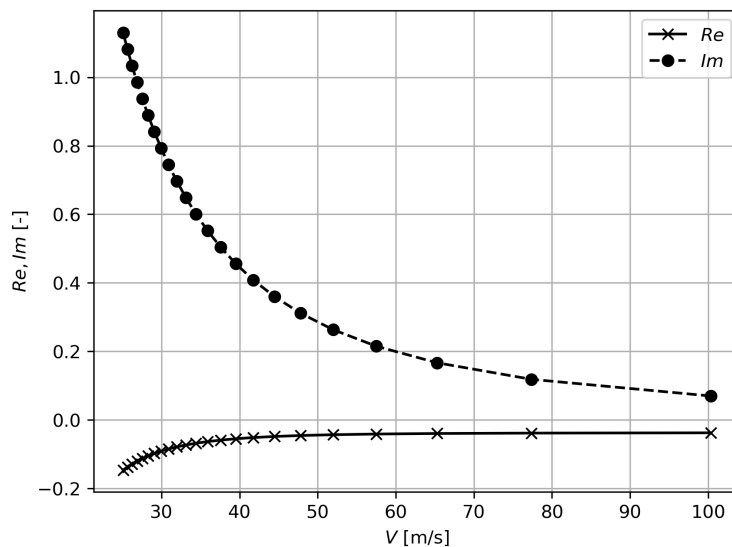
czas słumienia amplitudy do $\frac{1}{2}$:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\frac{3}{4} C_x} \cdot i$$

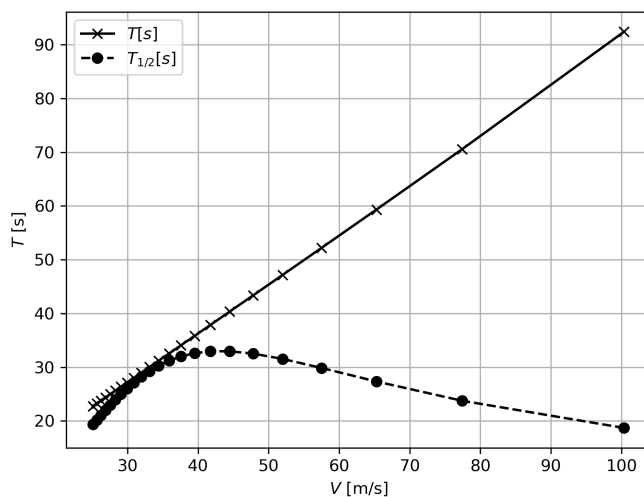
Otrzymane wartości zamieszczam w tabeli:

C_z	C_x	$V[m/s]$	Im	Re	\hat{t}	$T[s]$	$T_{\frac{1}{2}} [s]$
0.10	0.05	100.37	0.07	-0.04	1.02	92.40	18.70
0.17	0.05	77.39	0.12	-0.04	1.33	70.52	23.76
0.24	0.05	65.28	0.17	-0.04	1.57	59.32	27.34
0.30	0.06	57.51	0.21	-0.04	1.79	52.20	29.85
0.37	0.06	51.99	0.26	-0.04	1.98	47.16	31.53
0.44	0.06	47.80	0.31	-0.05	2.15	43.35	32.52
0.51	0.06	44.48	0.36	-0.05	2.31	40.33	32.96
0.58	0.07	41.77	0.41	-0.05	2.46	37.87	32.95
0.65	0.07	39.51	0.46	-0.06	2.60	35.81	32.60
0.71	0.08	37.57	0.50	-0.06	2.73	34.06	32.00
0.78	0.08	35.90	0.55	-0.06	2.86	32.54	31.20
0.85	0.09	34.43	0.60	-0.07	2.98	31.20	30.27
0.92	0.10	33.12	0.65	-0.07	3.10	30.02	29.26
0.99	0.11	31.96	0.70	-0.08	3.21	28.97	28.20
1.05	0.11	30.91	0.75	-0.08	3.32	28.02	27.12
1.12	0.12	29.95	0.79	-0.09	3.43	27.15	26.04
1.19	0.13	29.08	0.84	-0.10	3.53	26.36	24.98
1.26	0.14	28.29	0.89	-0.11	3.63	25.64	23.95
1.33	0.15	27.55	0.94	-0.11	3.73	24.97	22.94
1.40	0.16	26.87	0.99	-0.12	3.82	24.36	21.98
1.46	0.17	26.23	1.03	-0.13	3.91	23.78	21.06
1.53	0.18	25.64	1.08	-0.14	4.00	23.25	20.18
1.60	0.20	25.09	1.13	-0.15	4.09	22.75	19.35

Tab. 1: Wartości parametrów ruchu samolotu



Rys. 1: Bezwymiarowe wartości w czasie



Rys. 2: Parametry okresowe ruchów fugoidalnych

3 Ruchy fugoidalne

Do obliczeń wybrałem prędkość $V = 44.5 \text{ m/s}$, oraz zakłucie prędkości $v_0 = 0.5 \text{ m/s}$.

$$-\frac{2(\bar{\xi} + C_x)}{C_z} \pm i \frac{2\bar{\eta}}{C_z} = a \pm ib = -\frac{2 * (-0.0485) * 0.0647}{0.5091} \pm i \frac{2 * 0.3596}{0.5091} \approx 0.1905 \pm i 1.4142$$

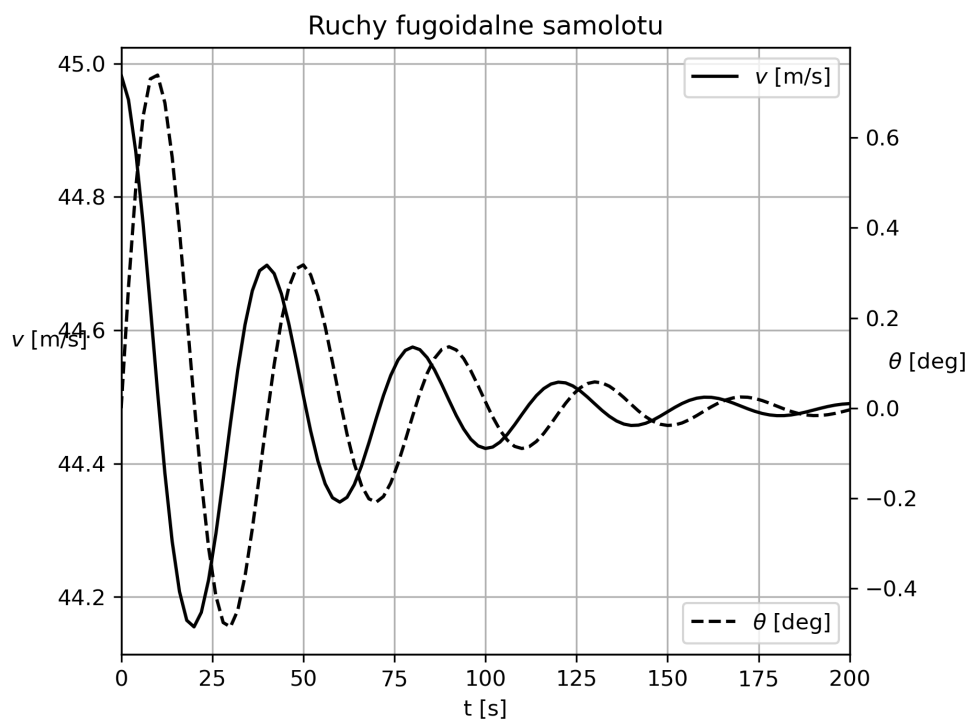
Ubezwymiarowany współczynnik prędkości samolotu:

$$\bar{u}_o = \frac{v_0}{V_0} = \frac{0.5}{44.5} = 0.0112$$

Ruchy fugoidalne samolotu mają postać:

$$\vartheta_0(t) = \vartheta_0 + \vartheta(\bar{t}) = \frac{\bar{u}_0}{b} (a^2 + b^2) \cdot e^{\bar{\xi} \frac{t}{\bar{t}}} \sin\left(\bar{\eta} \frac{t}{\bar{t}}\right)$$

$$V(t) = V_0 + \bar{V}(t) \cdot V_0 = V_0 + V_0 \cdot \bar{u}_0 e^{\bar{\xi} \frac{t}{\bar{t}}} \left(\cos\left(\bar{\eta} \frac{t}{\bar{t}}\right) - \frac{a}{b} \sin\left(\bar{\eta} \frac{t}{\bar{t}}\right) \right)$$



Rys. 3: Ruchy fugoidalne samolotu

4 Wnioski

Dla prędkości $V = 44.5 \text{ m/s}$ oraz zakłócenia prędkości $v_0 = 0.5 \text{ m/s}$, samolot **wykonał ruchy fugoidalne tłumione** z okresem $T \approx 35 \text{ s}$ i czasem stłumienia $T_{\frac{1}{2}} \approx 100 \text{ s}$. Po 200 sekundach samolot wykonuje ruchy o amplitudzie znikomo małej.