

CAPÍTULO 5

TRIMADO DEL CÉFIRO

PARA UNAS

CONDICIONES DE

VUELO



CAPÍTULO 5

TRIMADO DEL CÉFIRO PARA UNAS CONDICIONES DE VUELO

En primer lugar, se realiza el trimado del UAV para unas condiciones de vuelo determinadas. A partir de las ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento, se calcula el ángulo de ataque y la deflexión del timón de profundidad para un vuelo de crucero equilibrado con dichas condiciones de vuelo.

Condiciones de vuelo de crucero:

Velocidad vuelo: $v = 70 \text{ Km/h}$ Altitud de vuelo: $h = 0 \text{ m}$ Mach: $M = 0.056$

$$\begin{cases} C_{L\alpha}\alpha + C_{L\delta e}\delta e = C_{Ltrim} + C_{L0} & \rightarrow \text{Ecuación de equilibrio de fuerza} \\ C_{m\alpha}\alpha + C_{m\delta e}\delta e = -C_{m0} & \rightarrow \text{Ecuación de equilibrio de momentos} \end{cases}$$

De estas dos ecuaciones se obtienen el ángulo de ataque y la deflexión del timón de profundidad de trimado para un vuelo de crucero equilibrado.

Ángulo de ataque de trimado.

$$\alpha_{trim} = \frac{C_{Ltrim} - C_{L0} - C_{L\delta e}\delta e_{trim}}{C_{L\alpha}}$$

Deflexión de trimado del timón de profundidad.

$$\delta e_{trim} = \frac{C_{m\alpha}(C_{Ltrim} - C_{L0}) - C_{m0}C_{L\alpha}}{C_{L\alpha}C_{m\delta e} - C_{m\alpha}C_{L\delta e}}$$

Las derivadas de estabilidad y los coeficientes de fuerzas y momentos se obtienen de los resultados de salida del modelo aerodinámico. Estos coeficientes y derivadas de estabilidad se toman con ángulo de ataque nulo, para posteriormente hacer las iteraciones necesarias en el archivo "trimado" hasta que el ángulo de ataque y la deflexión del timón de profundidad de trimado converjan al valor definitivo. Para ello, en cada iteración, se toman los valores de los coeficientes y derivadas de estabilidad correspondientes al ángulo de ataque de trimado.



Finalmente se obtienen los siguientes valores de equilibrio.

$$\alpha_{trim} = 0.1387 \text{ rad} = 7.945 \text{ grados}$$

$$\delta e_{trim} = -0.1239 = -7.099 \text{ grados}$$

También se debe definir, a partir del modelo propulsivo del Céfiro, las revoluciones por minuto de equilibrio del motor para el vuelo de crucero definido. Del equilibrio entre la resistencia y el empuje en el vuelo de crucero, se obtiene la siguiente ecuación del modelo propulsivo.

$$D = T = \rho \pi R^2 \Omega^2 C_T(J)$$

$C_T(J)$ es el coeficiente de tracción que depende del parámetro de avance “J”

$J = \frac{V}{nD}$: Parámetro de avance.

V: velocidad del avión.

n = Ω : Velocidad angular de la hélice en rad/s

D: Diámetro de las hélices.

R: Radio de las hélices.

Con la función “rpm_engine” y a través de un proceso de iteración, se obtiene la velocidad angular de equilibrio de la hélice para el vuelo de crucero definido. Se parte de un coeficiente de tracción $C_T = 0.5$. De la ecuación de equilibrio entre resistencia y tracción definida anteriormente se tiene la ecuación.

$$\Omega = \sqrt{\frac{D}{\rho \pi R^2 C_T(J)}}$$

La resistencia se obtiene con el coeficiente de resistencia del modelo aerodinámico y las condiciones del vuelo de crucero.

$$D = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_D$$

Con el coeficiente de tracción y la resistencia, se obtiene el valor de la velocidad angular de la hélice Ω y con la nueva velocidad angular “n = Ω ” se obtiene con el modelo

propulsivo el nuevo coeficiente de tracción C_T . El proceso iterativo se lleva a cabo hasta que el valor de Ω converge. Para el vuelo de crucero descrito anteriormente, se tiene el valor:

$$\Omega = 175.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1673 \text{ RPM}$$

A continuación, se va a hacer una prueba con el modelo de simulación. Se observará la evolución temporal de algunas variables partiendo de las condiciones de trimado. Si el modelo está bien calculado, estas variables deberían oscilar muy poco en torno al punto de equilibrio de trimado.

- Valor de trimado.
- Evolución temporal de la variable (α).

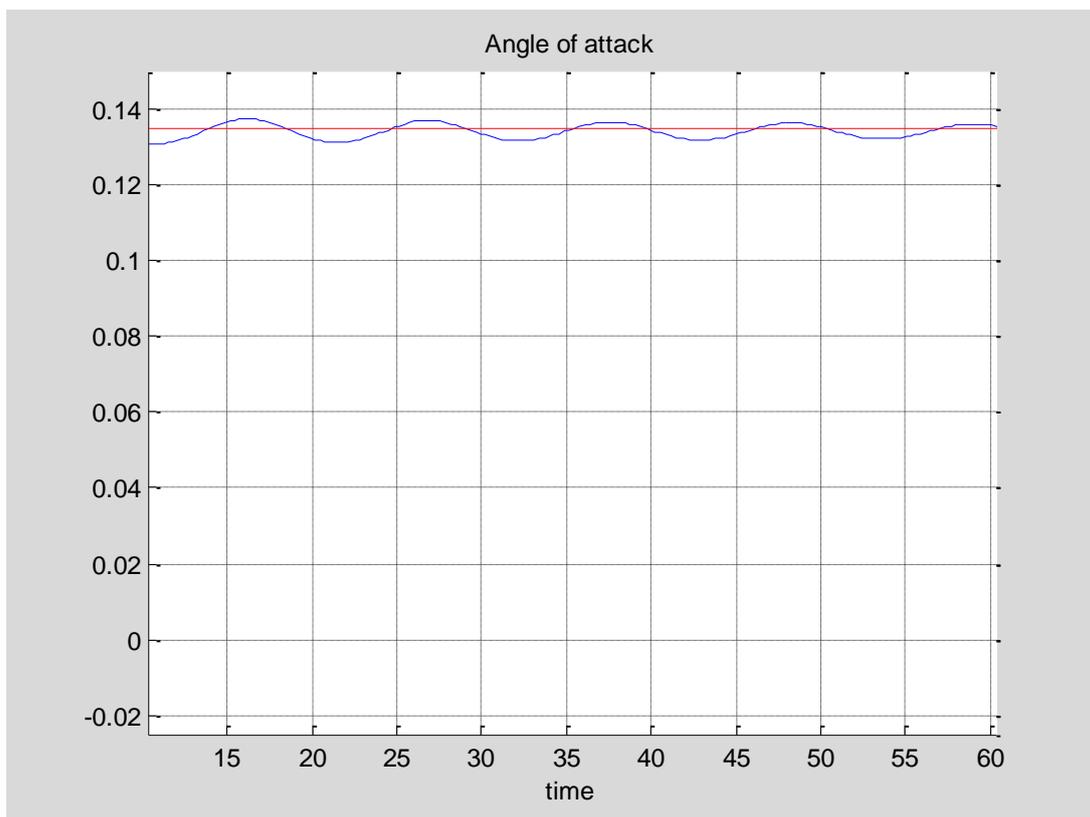


Figura 5.1 Evolución temporal del ángulo de ataque del Céfiro frente al valor de trimado (en radianes).

- Valor de trimado.
- Evolución temporal de la variable (γ).

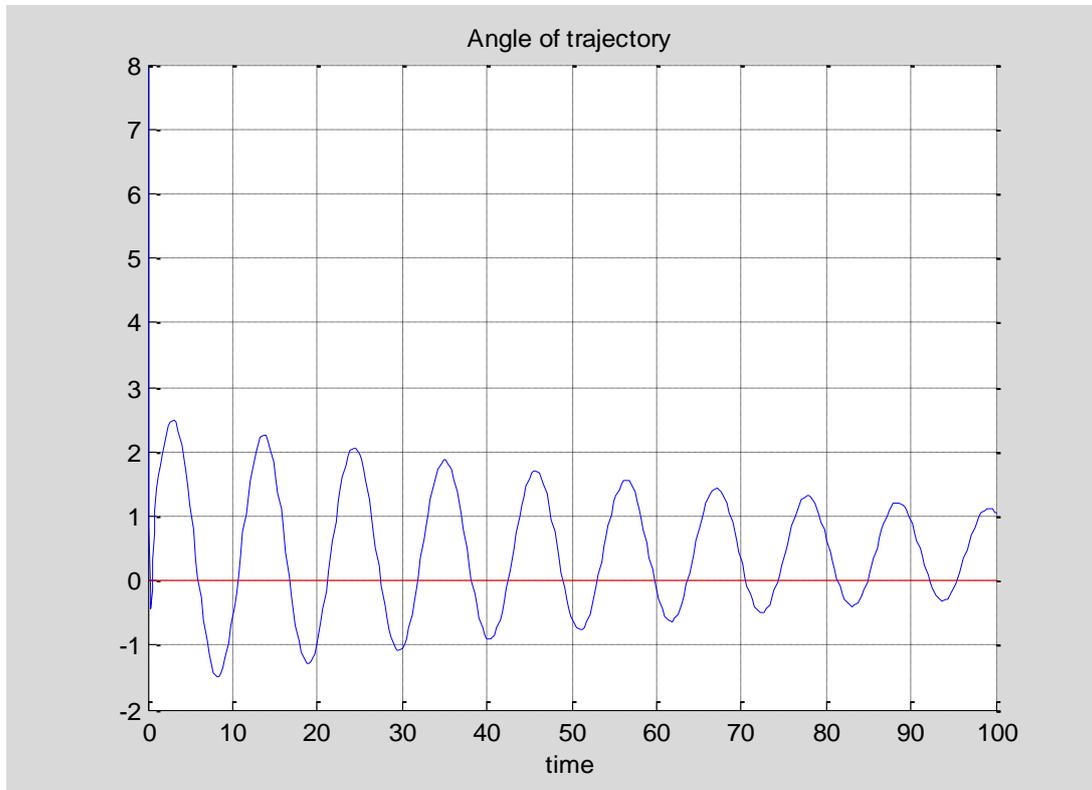


Figura 5.2 Evolución temporal del ángulo de trayectoria (γ) del Céfiro frente al valor de trimado (en grados).

En las figuras anteriores se puede observar que las oscilaciones en torno al punto de equilibrio de trimado, además de ser pequeñas, se van amortiguando.