Trabajo de Control por Computador

Curso: 2022-23

Diagram

Description automatically generated

Grupo formado por:

* Alba
* Victor
* Ricardo

Índice

[Enunciado 3](#_Toc123051004)

[Objetivo General 3](#_Toc123051005)

[Planteamiento del Problema de Control 3](#_Toc123051006)

[Actividades 5](#_Toc123051007)

[1.- Generación de parámetros 5](#_Toc123051008)

[2.- Función de transferencia 6](#_Toc123051009)

[3.- Función de transferencia en z 7](#_Toc123051010)

[4.- Descripción en espacio de estado 8](#_Toc123051011)

[5.- Respuestas impulso y escalón 9](#_Toc123051012)

[6.- Lugar de las raíces 10](#_Toc123051013)

[7.- Compensación en discreto 11](#_Toc123051014)

[8.- Compensación con error nulo 12](#_Toc123051015)

[9.- Simular el sistema 13](#_Toc123051016)

[10.- Resintonizar el controlador 14](#_Toc123051017)

[11.- Diseño de controlador analógico 15](#_Toc123051018)

[12.- Diseño de controlador vector de ganancias 16](#_Toc123051019)

[13.- Respuesta consigna rampa ascendente-descendente 17](#_Toc123051020)

# Enunciado

## Objetivo General

El objetivo general del trabajo de la asignatura es el de fomentar la comprensión de los conceptos que se abordan a lo largo del curso, en particular los relativos a la obtención de modelo lineal de una planta, discretización y efecto del muestreo, análisis de la respuesta transitoria y permanente continua y discreta, lugar de las raíces en el plano s y z y diseño de controlador analógico y digital PID en sus diferentes métodos, así como el control en espacio de estado.

Para ello se parte de un sistema univariable definido por un sistema de ecuaciones que representa su dinámica temporal, y se tratará de obtener su comportamiento dinámico y de diseñar un controlador PID o en espacio de estado que cumpla unas especificaciones de funcionamiento.

El trabajo se realizará en formato colaborativo y en grupo de 2 o 3 alumnos bajo un soporte fichero tipo Word, donde se irán detallando las diferentes tareas secuenciales de las que consta el trabajo conforme se vayan realizando. Al final se subirá el trabajo en formato .pdf al Campus Virtual y se realizará una exposición oral del trabajo por parte del grupo completo al profesor y se evaluará junto con el contenido del trabajo como calificación de asignatura.

## Planteamiento del Problema de Control

El modelo dinámico que representa el movimiento de un avión viene dado por un conjunto de ecuaciones diferenciales no lineales y acopladas. Estas ecuaciones pueden aproximarse a un modelo lineal en base a ecuaciones de movimiento longitudinal y lateral.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

Se pretende diseñar un sistema de piloto automático que controle el ángulo de inclinación del avión 𝜃(𝑡) respecto de la horizontal (pitch) a través de un controlador tipo PID y un controlador en espacio de estado.

Para ello se considera el movimiento longitudinal del avión descrito por las ecuaciones

Text, letter

Description automatically generated

donde 𝛼(𝑡) es el ángulo de ataque, 𝑞(𝑡) el índice de inclinación y 𝛿(𝑡) el ángulo de elevación del avión respectivamente, siendo 𝑝1 a 𝑝6 parámetros específicos estructurales del avión.

Con objeto del diseño del sistema de control se van a considerar 𝛿(𝑡) y 𝜃(𝑡) como señales de entrada y salida del sistema avión, y se va a disponer para ello de un sensor de ángulo (potenciómetro) de ganancia 𝑘𝑟 y de un actuador tipo servoválvula con ganancia 𝑘𝑤 que transforme la señal de control 𝑢(𝑡) en la señal de ángulo de entrada 𝛿(𝑡).

Diagram

Description automatically generated

Por otra parte, se tratará de realizar un control digital PID sobre el sistema avión, para lo cual se sustituirá el controlador analógico por un controlador digital añadiendo los dispositivos de muestreo y reconstrucción pertinentes.

Finalmente se tratará también la representación en espacio de estado y el diseño del sistema de control por realimentación del vector de estado.

# Actividades

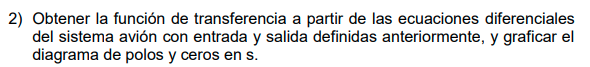
## 1.- Generación de parámetros



Graphical user interface, text, chat or text message

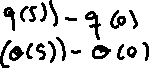
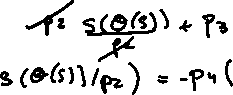
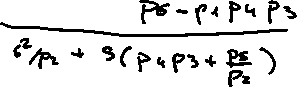
Description automatically generated

## 2.- Función de transferencia



### Función de transferencia

|  |  |
| --- | --- |
| Entrada y salida del sistema avión | Ecuaciones diferenciales |



Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

### Diagrama de polos y ceros en s

Shape

Description automatically generated

Chart

Description automatically generated

* La función tiene 3 polos, uno acaba en cero y los otros dos son complejos conjugados que acaban en infinito
* El comportamiento es estable independientemente de la ganancia porque no hay ninguna rama que se meta a la derecha del eje y=0
* Como tiene un integrador el error ante escalón es cero porque el sistema es de tipo 1
* Como los polos tienden hacia arriba el sistema será subamortiguado

## 3.- Función de transferencia en z



### Función de transferencia

|  |  |
| --- | --- |
| Función de transferencia en s | Función de transferencia en z |

* Al discretizar la función se obtiene un cero más
* El integrador lo mantiene
* El cero que se mantiene está en 0.9884 y el que se añade está en -0.9793

Rectangle

Description automatically generated with medium confidence

### Graficar el diagrama

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

Chart, diagram

Description automatically generated

* El nuevo cero es el que está próximo a -1
* El cero que hay junto al integrador resta efecto a éste

## 4.- Descripción en espacio de estado

Text

Description automatically generated

### Espacio de estado en continuo

Text, letter

Description automatically generated



#### Implementamos el sistema en Matlab

A picture containing text

Description automatically generated

#### Confirmación de cálculos

Confirmamos que hemos hecho bien los cálculos, ya que obtenemos la misma función de transferencia por ambos métodos

|  |  |
| --- | --- |
| Función de transferencia en s  Graphical user interface, text, application, email  Description automatically generated | Comprobación espacio de estado |

#### Controlabilidad y observabilidad

Confirmamos que el sistema es controlable y observable, ya que los rangos de las respectivas matrices son máximos

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

#### Forma canónica (PREGUNTAR)

Text

Description automatically generated

#### Comprobación de polos

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

### Espacio de estado en discreto

Text

Description automatically generated

Las matrices A y B de la salida de Matlab se corresponden con las matrices G y H en discreta

El sistema no pierde sus características en cuanto a controlabilidad y observabilidad

Comprobamos que obtenemos los mismos polos que los obtenidos con el control clásico

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

## 5.- Respuestas impulso y escalón

Text

Description automatically generated

### Respuesta en continuo

ltiview(Gs)

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

* Analizando la gráfica concluimos que el error del impulso es cero y del escalón es infinito

#### Teorema del valor final

Text

Description automatically generated with medium confidence

La función de transferencia es

A picture containing shape

Description automatically generated

La transformada de Laplace del impulso es R(s)=1, con lo que el orden del numerador es s^4 y el denominador es s^3, así que por L’Hôpital el límite es cero

En el caso del escalón, la transformada es R(s)=1/s, con lo que el orden del numerador es s^3 y el denominador es s^4, por lo que el límite es infinito

### Respuesta en discreto

Graphical user interface

Description automatically generated with low confidence

* La respuesta impulso tiende a 0.14 radianes
* La respuesta impulso tiende a infinito (el avión gira indefinidamente en un loop con un radio constante)

#### Teorema del valor final

## 6.- Lugar de las raíces

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

## 7.- Compensación en discreto

Graphical user interface, text

Description automatically generated

## 8.- Compensación con error nulo

Text

Description automatically generated

## 9.- Simular el sistema

Text

Description automatically generated

## 10.- Resintonizar el controlador

Text

Description automatically generated

## 11.- Diseño de controlador analógico

Text

Description automatically generated

## 12.- Diseño de controlador vector de ganancias

Text

Description automatically generated

Text

Description automatically generated

## 13.- Respuesta consigna rampa ascendente-descendente

Chart, line chart

Description automatically generated