

Proyecto de Laboratorio de Sistemas de Control

II PAO 2024
Noviembre 2024

ÍNDICE GENERAL

1. Indicaciones generales	1
2. Caso de estudio	2
3. Parte 1A: Modelo no lineal	4
4. Parte 1B: Modelo lineal y funciones de transferencia	5
5. Parte 2: Identificación con datos experimentales	6

Indicaciones generales

- El proyecto se desarrollará en grupos de dos estudiantes. Los estudiantes deben ser del mismo paralelo práctico, salvo los casos especiales.
- El proyecto se divide en 3 partes que se irán desarrollando a lo largo del semestre.
- Los estudiantes se alternarán como coordinadores de su grupo para las dos primeras partes. Para la tercera parte pueden elegir quién será el coordinador.
- Para las partes 1A, 1B y 2 del proyecto se deben presentar los resultados de lo trabajado a manera de reporte. Al finalizar la parte 3, se deberá presentar un reporte final que deberá ser sustentado por ambos estudiantes y que contenga evidencia de lo trabajado por cada uno a lo largo del semestre.
- Para cada parte, se deberán contestar encuestas que encontrarán en el blog.
- Debe registrar con su profesor de laboratorio el grupo y el rol que desempeñará cada estudiante en cada parte del proyecto.
- Los documentos y archivos a presentar deben ser subidos a AulaVirtual en las fechas indicadas.

Caso de estudio

Para este proyecto se utilizará como caso de estudio el proceso descrito en esta sección. El objetivo de este proyecto es utilizar los conocimientos adquiridos tanto en el componente práctico como en el componente teórico del curso para lograr diseñar controladores que permitan obtener cierto desempeño del sistema; realizando cada uno de los pasos previos necesarios para este fin. El proceso en mención está compuesto por un reactor de tanque con agitación continua (CSTR). En dicho tanque ingresa una sustancia con una concentración CA_i y una temperatura T_{in} . En el interior del tanque existe un agitador que asegura que el producto se encuentre perfectamente mezclado. Además, existe una camisa alrededor del tanque por la que circula un refrigerante de temperatura T_c . Se asume que los flujos de entrada y salida del tanque son constantes e iguales entre sí. La reacción que se genera en el tanque es exotérmica.

En la figura 2.1 se observa un diagrama simplificado del proceso. Considere que se puede utilizar la ley de Arrhenius para describir la tasa de reacción por unidad de volumen.

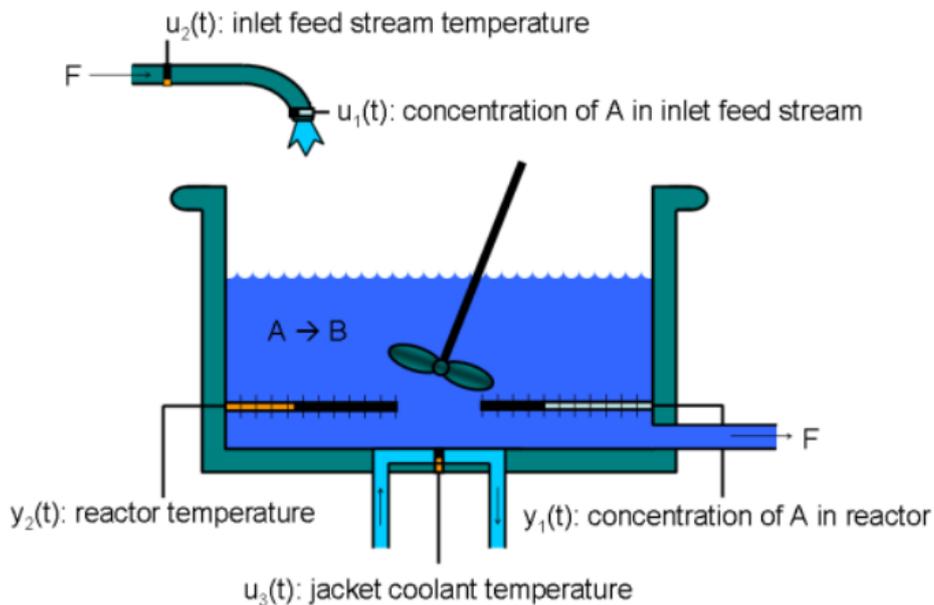


Figura 2.1: Diagrama del proceso

En la siguiente tabla se presentan algunos parámetros conocidos del sistema:

Descripción	Valor	Unidad
Constante de los gases ideales R	1.985875	$\frac{kcal}{kmol \cdot K}$
Energía de activación E	11843	$\frac{kcal}{kmol}$
Factor pre-exponencial k_o	34930800	$\frac{1}{h}$
Producto densidad-capacidad calorífica específica	500	$\frac{kcal}{K \cdot m^3}$

La lista de variables y otros parámetros a utilizar para el presente proyecto se muestra a continuación:

- Q : flujo de entrada y salida del reactor, m^3/h
- V : Volumen del producto en el reactor, m^3
- ΔH : Calor de la reacción por mol, $kcal/kmol$
- UA : coeficiente de transferencia de calor multiplicado por el área del reactor, $kcal/(K \cdot h)$
- $CA_i(t)$: concentración del reactivo A ingresando al reactor, $[kmol/m^3]$
- $T_{in}(t)$: temperatura del reactivo A ingresando al reactor, $[K]$
- $T_c(t)$: temperatura del refrigerante circulando por la camisa, $[K]$
- $T(t)$: temperatura absoluta del producto al interior del reactor, $[K]$
- $CA(t)$: concentración del reactivo A en el reactor, $[kmol/m^3]$

Considere que inicialmente el producto al interior del reactor tiene una concentración de A inicial de $8.5695 kmol/m^3$ y una temperatura de $311.267 K$.

Parte 1A: Modelo no lineal

1. Plantee las ecuaciones del sistema considerando lo siguiente:

La ley de Arrhenius sigue la siguiente ecuación:

$$r(t) = k_0 e^{\frac{-E}{R \cdot T(t)}} CA(t) \quad (3.1)$$

Donde, $r(t)$, $T(t)$ y $CA(t)$ corresponden a la tasa de reacción por unidad de volumen, temperatura absoluta del producto al interior del reactor y concentración del reactivo A en el interior del reactor como se observa en la figura 2.1.

2. Cree un script e ingrese las variables y datos del sistema. Identifique las variables de entrada del sistema y considere como salidas, la temperatura y concentración de A por unidad de volumen en el interior del reactor.
3. De acuerdo a las ecuaciones halladas en el primer ítem y a las condiciones reales de operación de la planta, arme el diagrama de bloques que represente el sistema. Incluya su nombre en el mismo y organice los bloques de manera que el diagrama sea comprensible. Presente captura de pantalla del diagrama en su proyecto y muestre las configuraciones más relevantes de su diagrama.
4. Simule el sistema para los puntos de operación y variación indicados en el archivo de Excel. Recuerde estimar el tiempo de arranque del sistema de manera que se observe que las salidas llegan a su punto de operación antes del cambio en la entrada. Exporte los datos al Workspace y obtenga las gráficas de entradas y salidas del sistema versus tiempo a través del comando plot. Registre dichas gráficas en su proyecto y realice comentarios sobre las mismas.
5. Obtenga los índices de desempeño en el tiempo de manera experimental de la respuesta escalón del sistema según lo indicado en el documento de Excel.

Parte 1B: Modelo lineal y funciones de transferencia

1. Halle todos los puntos de operación del sistema usando el toolbox Symbolic de MATLAB® . Simule el sistema y compare los puntos de operación hallados de las ecuaciones con los obtenidos de dicha simulación. Registre el procedimiento y resultados en su proyecto.
2. Linealice las ecuaciones no lineales del sistema utilizando los puntos de operación del ítem anterior y el toolbox Symbolic de MATLAB® . Registre el procedimiento y resultados en su proyecto.
NOTA: Use el comando `vpsolve` para hallar el punto de operación de la temperatura. Use la temperatura de operación de T_{in} como valor inicial de búsqueda.
3. Halle las funciones de transferencia del sistema considerando como entradas y salidas las variables asignadas en el documento de Excel adjunto. Registre el procedimiento y resultados en su proyecto.
4. Arme el diagrama de bloques del sistema linealizado. Configure la señal Step de acuerdo al punto de operación y variación que le corresponda considerando el tipo de entrada para sistemas linealizado. Presente captura de pantalla del diagrama en su reporte; especifique las configuraciones utilizadas.
5. Exporte los datos al Workspace y obtenga las gráficas de entradas y salidas versus tiempo a través del comando `plot`. Registre dichas gráficas en su proyecto y realice comentarios sobre estas.
6. Obtenga los índices de desempeño en el tiempo de manera analítica utilizando la funciones de transferencia halladas previamente de ser posible. En caso contrario, utilice el comando `step` para obtener dichos índices.
7. Compare las respuestas e índices de desempeño en el tiempo del sistema no lineal y del sistema linealizado.

Presente comentarios de las gráficas, el procedimiento usado para cada ítem y conclusiones y recomendaciones del proyecto en un archivo PDF. Adjunte los diagramas de bloques compatibles con MATLAB® 2016b y el script utilizado correctamente documentado.

Parte 2: Identificación con datos experimentales

1. Usando el modelo no lineal adjunto y puntos de operación e índices de desempeño del avance anterior, diseñe dos experimentos de identificación según se indique en el archivo de Excel para el sistema en estudio. Adjunte en su proyecto capturas de pantalla del diagrama de bloques utilizado y las configuraciones del bloque modelo, bloques de entrada, tiempo de simulación y tiempo de muestreo.
2. Realice la simulación del sistema y acondicione los datos obtenidos. Registre en su reporte el proceso seguido; recuerde seguir el procedimiento realizado en la práctica 4.
3. Identifique el sistema usando el toolbox System Identification de MATLAB®. Muestre el procedimiento seguido en su proyecto; incluya capturas de pantalla del porcentaje de ajuste obtenido para la función de transferencia escogida y justifique su elección. Debe obtener un porcentaje de ajuste mayor al **80 %** para considerar válida su identificación.
4. Compare las funciones de transferencia escogidas con las halladas en la Parte 2 del proyecto. Utilice el comando `step` y comente acerca de similitudes y diferencias entre ambas funciones de transferencia y sus respectivas respuestas en cada caso.

Nota: Utilice el bloque *model* en Simulink. Configure este bloque para que apunte al archivo *referencia_2024* adjunto al proyecto; incluya los parámetros asignados según su número de matrícula. Simule su diagrama usando como configuración del Solver la opción Variable Step y configure el Max Step Size igual a 0.1. Recuerde mantener las otras entradas en sus respectivos puntos de operación. De ser necesario modifique las variaciones en la entrada de interés de manera que se obtengan mejores resultados.