POLITÉCNICA

E.U.I.T. Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial

POLITÉCNICA

IDENTIFICACION Y MODELADO DE SISTEMAS

DR. BASIL M. AL-HADITHI

Identificación y Modelado

- Modelo a través de la respuesta al escalón:
  - La dinámica del sistema (modelo) se puede obtener a través de la respuesta ante entrada escalón, rampa, impulso, etc.
  - El sistema ha de partir de una situación de reposo.
  - La entrada escalón es la señal habitual para la obtención del modelo del sistema.
- Modelo en frecuencia (puntos del diagrama de Nyquist)
- Métodos de diseño parten de la información obtenida del ensayo ante entrada escalón o de modelos frecuenciales.

Modelado según respuesta escalón

- Modelos típicos en control de procesos:
  - Modelo de 2 parámetros
  - Modelo de 3 parámetros
  - Modelo de 4 parámetros
  - Modelos integradores
  - Modelos oscilatorios

Modelo de 2 parámetros

- Modelo más simple
- Depende de 2 parámetros: ganancia estática K y cte tiempo T (es el mismo modelo de un sistema de 1er orden)

$$G(s) = \frac{K}{1+Ts} \quad siendo \quad K = \frac{\Delta(salida)}{\Delta(entrada)}$$

$$T = t_s$$

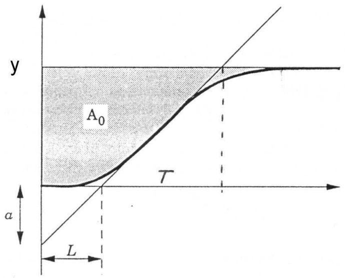
T puede tomarse en el 95% o 63% del valor final de la salida.

Modelo de 2 parámetros

- Otro modelo aproximado: integrador + tiempo muerto

$$G(s) = \frac{a}{s \cdot L} e^{-sL} \quad siendo\ a = \frac{K \cdot L}{T}$$

Importante: K representa la variación de la salida con respecto a la variación en la entrada.

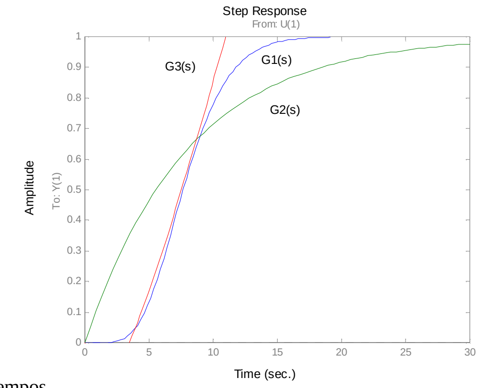


Ejemplo

$$G_1(s) = \frac{1}{(s+1)^8} \quad (sist.\ real)$$

$$G_2(s) = \frac{1}{(8s+1)}$$

$$G_3(s) = \frac{0.64}{4.3s} \cdot e^{-4.3s}$$

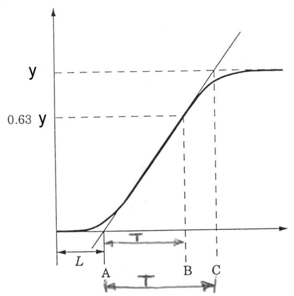


G2 ofrece buena descripción para tiempos largos. La ganancia es correcta y la respuesta es próxima a la respuesta correcta para tiempos largos

G3 aproxima la respuesta muy bien en el intervalo 5≤t≤9, pero la aproximación esta muy mal para tiempos largos

Modelo de 3 parámetros

- Mejor aproximación con 3 modelos
- Parámetros: $G(s) = \frac{K}{1+Ts} \cdot e^{-sL}$
  - Ganancia estática K
  - Tiempo muerto
  - Cte tiempo T $\begin{cases} = AB \text{ (mejor)} \\ = AC \text{ (ofrece T grande)} \end{cases}$



La recta es tangente a la curva en el punto de máx pendiente.

- Tiempo muerto normalizado:
  - Bajo τ → fácil control
  - Alto τ → difícil control
  - τ = 1 → retardo puro

$$\tau = \frac{L}{L+T} \qquad 0 < \tau < 1$$

Modelo de 3 parámetros

- Otro modelo de mejor aproximación:

$$G(s) = \frac{K}{(1+Ts)^2} \cdot e^{-sL}$$

- K y L se determinan igual que en el caso anterior
- T resolviendo la ecuación en el tiempo conocido el valor de la salida en un instante determinado:

$$y(t) = K(1-(1+\frac{t-L}{T}) \cdot e^{-(t-L)/T})$$

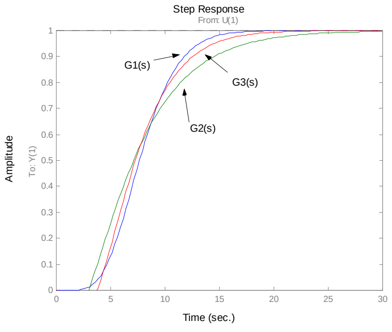
Modelo de 3 parámetros

- El primer modelo es muy empleado en ajuste de controladores PID, aunque no representa fielmente un proceso de control real.
- El segundo modelo aproxima mejor ya que la respuesta se acerca a la forma en *S* típica de los procesos más comunes.

$$G_1(s) = \frac{1}{(s+1)^8} \quad (sist.\ real)$$

$$G_2(s) = \frac{1}{(4.3s+1)} \cdot e^{-4.3s}$$

$$G_3(s) = \frac{1}{(2s+1)^2} \cdot e^{-4.3s}$$

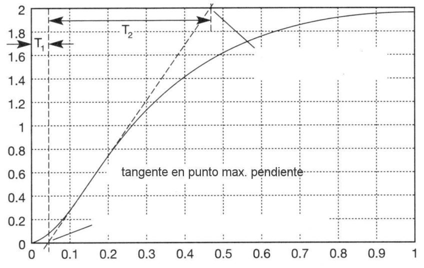


Modelo de 3 parámetros

- Sin necesidad de determinar parámetros de forma analítica. Todos se obtienen de la gráfica de la respuesta.

$$G(s) = \frac{K}{(1+sT_1)(1+sT_2)}$$

- K ganancia estática; T1 y T2 se obtienen a través de la tangente en el punto de máx. pendiente.
- Respuesta con forma en *S*.



Modelo de 4 parámetros

- Añadiendo un retraso en el modelo de 3 parámetros anterior:

$$G(s)=\frac{K}{(1+sT_1)(1+sT_2)}\cdot e^{-sL}$$

- Ventaja: es el modelo que mejor aproxima
- Inconveniente: los tiempos se calculan resolviendo numéricamente, midiendo el valor de la salida en 2 instantes de tiempo:
  - y(t1)=y1
  - y(t2)=y2

$$y(t)=K(1+\frac{T_2e^{-(t-L)/T_2}-T_1e^{-(t-L)/T1}}{T_1-T_2})$$

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Modelos integradores

- Sistemas que no alcanzan un estado final de reposo.
- Modelo impreciso para procesos estables en altas frecuencias y

y mejor para bajas frecuencias
:

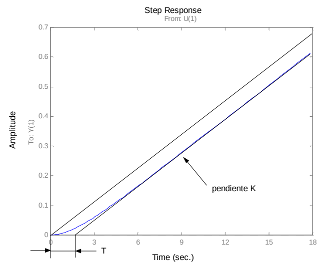
$$G(s)=\frac{a}{s\cdot L}e^{-sL}$$

- Modelo óptimo: $G(s)=\frac{K}{s(1+Ts)}\cdot e^{-sL}$

  Hay que resolver numéricamente para obtener L y T.

- Modelo intermedio: $G(s)=\frac{K}{s(1+Ts)}$

  K es la pendiente de la recta (ojo, afectada de la amplitud del escalón de entrada).
  T el punto de corte con abcisa.



Modelos oscilatorios

- Modelo de un sistema de 2º orden
  - K ganancia estática
  - ζ coeficiente de amortiguamiento
  - ω_n frecuencia natural no amortiguada

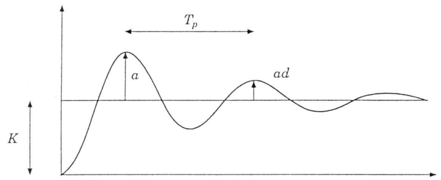
$$G(s) = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

- Periodo de oscilación:

$$T_p = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$$

- Razón decrecimiento:

$$d = e^{-2\zeta\pi / \sqrt{1-\zeta^2}}$$



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Modelado en frecuencia

- Llevar al sistema a un estado de permanente oscilación y medir puntos interesantes (del diagrama de Nyquist).

- Métodos:
  - Ensayo Ziegler-Nichols.
  - Ensayo con relé.

Ensayo Ziegler-Nichols

- Montar la estructura de la figura, aumentando K hasta obtener una oscilación sostenida.
- La salida del proceso (PV) y su entrada (U) son senoides desfasadas 180º.
- En esta situación:

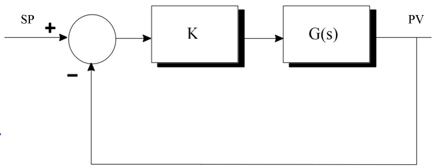
ω_0 frecuencia de oscilación

K_0 valor ajustado de K para oscilación

$$K.G(s)\big|_{s=j\omega_0} = K_0 G(j\omega_0) = -1$$

No siempre es seguro implementar este

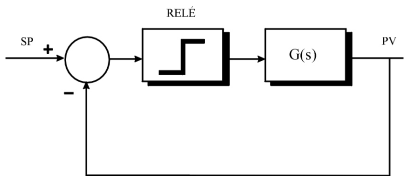
$$G(j\omega_0) = \frac{-1}{K_0}$$

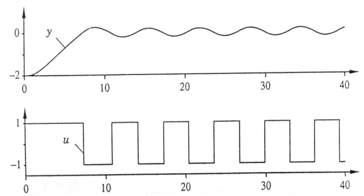


ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Ensayo Relé

- Obtener la oscilación sostenida mediante la adición de un relé en la cadena directa.
- Se cumple que: $G(j\omega_0) = \dfrac{-\pi a}{4d}$ a, amplitud de la oscilación de la salida d, amplitud del relé





Perturbaciones del modelo

- Efectos que aplicados sobre el sistema modifican su funcionamiento. Si el sistema está en un punto estable y de reposo, las perturbaciones pueden sacarlo de ese punto.
- Sin perturbaciones *no es necesario control*.
- Pueden ser predecibles o impredecibles.
- Modelos simples: impulso, escalón, rampa, senoide
- Modelos complejos: combinaciones de los anteriores
- RUIDO: señales perturbadoras de difícil modelado
- Representación de las perturbaciones:

  escalón $z(s)=1/s$ rampa $z(s)=1/s^2$

  impulso $z(s)=1$ senoide $z(s)=\omega^2/(s^2+\omega^2)$

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Perturbaciones del modelo

- Perturbaciones usuales en el sistema:
  - Cambios de referencia (SP), suelen ser predecibles pues corresponde a cambios realizados por el usuario para modificar el funcionamiento del sistema. Es medible, puede tratarse, filtrarse, acotarse, etc.
  - Perturbaciones de carga, son importantes ya que están ligadas al proceso, bien a su entrada o a su salida (ejemplo: variaciones de flujo de entrada, de la potencia de una máquina, etc). Suelen ser de baja frecuencia.

Perturbaciones del modelo

- Ruido, afecta al punto de funcionamiento porque corrompe la señal de determinadas variables, las que proceden de los sensores. Suele ser de alta frecuencia; conviene filtrar antes de diseñar control.