

Sintonización de Controladores PID

Motivación

- La mayoría de los controladores industriales que se usan hoy en día utilizan esquemas de control PID.
- Estos controladores aportan un control satisfactorio en la mayoría de los sistemas de control.

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

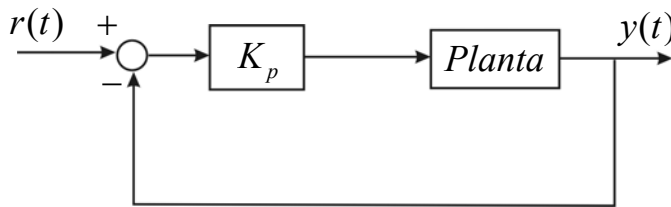
Métodos de Sintonización

- 1) Límite de Estabilidad – Ziegler & Nichols
- 2) Curva de Reacción – Ziegler & Nichols
- 3) Criterio de López
- 4) Control por Modelo Interno (IMC)

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Límite de Estabilidad Ziegler &Nichols

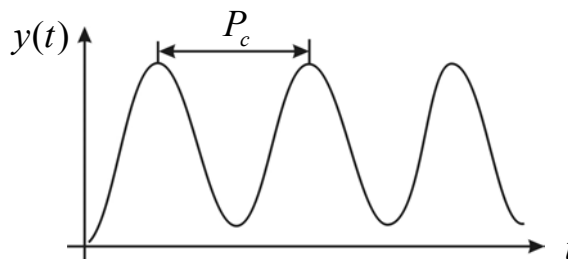
1. Utilizando sólo control proporcional, comenzando con un valor pequeño, incrementar la ganancia hasta que el sistema comience a oscilar.



D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Límite de Estabilidad Ziegler &Nichols

2. Registrar la ganancia crítica del controlador $K_p = K_c$ (crítico) y el período de oscilación de la salida del controlador P_c .



D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Límite de Estabilidad Ziegler & Nichols

3. Ajustar los parámetros del controlador según la siguiente tabla.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$0.50K_c$	∞	0
PI	$0.45K_c$	$P_c/1.2$	0
PID	$0.60K_c$	$0.5P_c$	$P_c/8$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Curva de Reacción Ziegler & Nichols

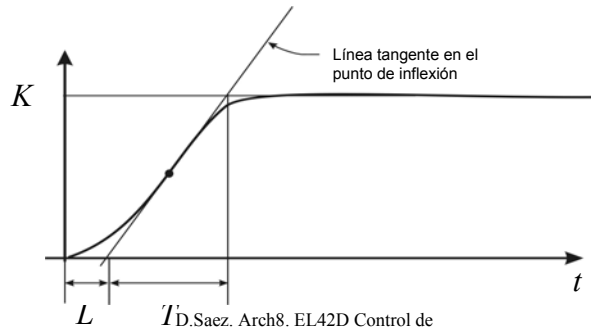
- La respuesta del proceso puede ser caracterizada por la siguiente aproximación de primer orden con retardo:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1}$$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Curva de Reacción Ziegler &Nichols

- A partir de la respuesta al escalón de la planta se obtienen los parámetros K , L y T que caracterizan la aproximación.



D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Curva de Reacción Ziegler &Nichols

- Los valores L y T además se pueden calcular fácilmente de las siguientes ecuaciones:

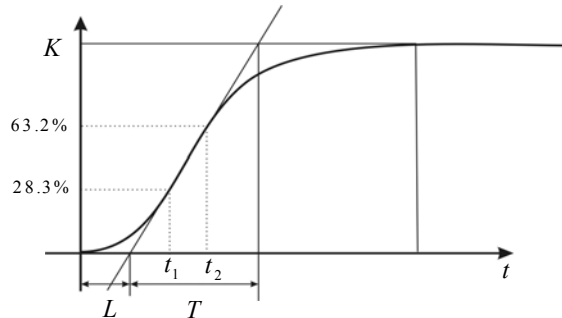
$$T = 1.5(t_2 - t_1)$$

$$L = 1.5(t_1 - \frac{1}{3}t_2)$$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Curva de Reacción Ziegler &Nichols

- Los valores t_1 y t_2 se obtienen del siguiente gráfico.



D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Curva de Reacción Ziegler &Nichols

- Conocidos L y T , los parámetros del controlador se obtienen de la siguiente tabla.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Criterio de López

- Según el criterio de López los parámetros del PID se encuentran en base a la minimización de los índices de funcionamiento.
- Para esto se asume que la respuesta se aproxima por una función de transferencia de primer orden con retardo.

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Índices de Funcionamiento Criterio de López

Medida cuantitativa del funcionamiento de un sistema y se elige de forma que resalte las especificaciones del sistema

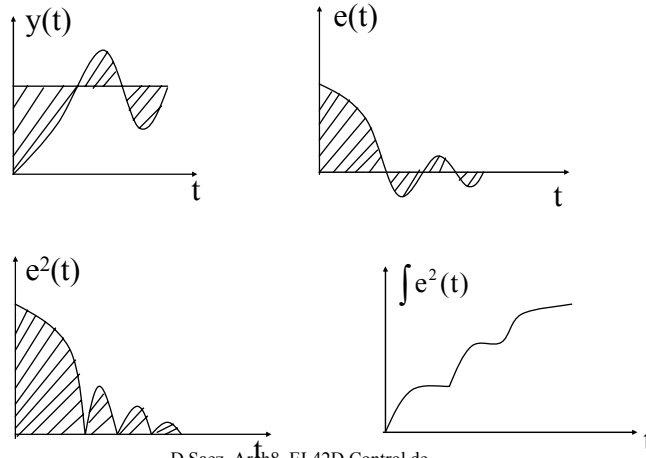
$$\text{Min } I_1 = \int_0^T e^2(t) \quad (\text{ISE})$$

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Índices de Funcionamiento

Criterio de López



D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Índices de Funcionamiento

Criterio de López

$$\text{Min } I_2 = \int_0^T |e(t)| dt \quad (\text{IAE})$$

$$\text{Min } I_3 = \int_0^T t |e(t)| dt \quad (\text{ITAE})$$

$$\text{Min } I_4 = \int_0^T t e^2(t) dt \quad (\text{ITSE})$$

$$\text{Forma general : } I = \int_0^T f(e(t), r(t), y(t), t) dt \rightarrow u(t)$$

$$u(t) = f(y(t), \dots)$$

D.Saez. Arch8. EL42D Control de
Sistemas. U. Chile

Índices de Funcionamiento Criterio de López

Control	Criterio	a	b	c	d	e	f
P	IAE	0.902	0.985				
	ISE	1.411	0.917				
	ITAE	0.490	1.084				
	Z&N	1.0	1.0				
PI	IAE	0.984	0.986	1.644	0.707		
	ISE	1.305	0.952	2.033	0.739		
	ITAE	0.859	0.917	1.484	0.680		
	Z&N	0.909	1.0	3.333	1.0		
PID	IAE	1.435	0.921	1.139	0.749	0.482	1.13
	ISE	1.495	0.945	0.917	0.771	0.560	1.00
	ITAE	1.357	0.947	1.176	0.738	0.381	0.99
	Z&N	1.26	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0

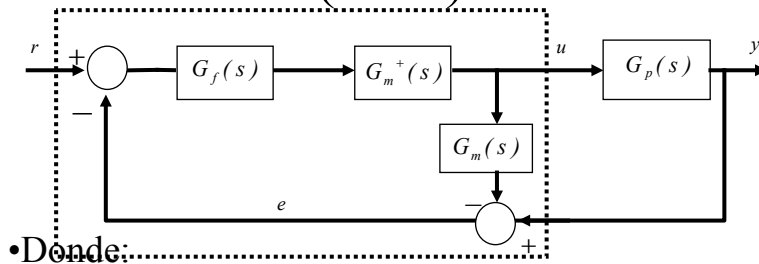
D.Saez, Arch8, EL42D Control de
Sistemas, U. Chile

Índices de Funcionamiento Criterio de López

- A partir de la tabla y las siguientes relaciones, se obtienen los parámetros del PID:

$$K_p = \frac{a}{K} \left(\frac{L}{T} \right)^{-b} \quad T_d = T e \left(\frac{L}{T} \right)^f \quad T_i = T c \left(\frac{L}{T} \right)^d$$

Control por Modelo Interno (IMC)



$G_m^+(s)$: Inverso aproximado de $G_m(s)$

$G_m(s)$: Modelo de la Planta

$G_f(s)$: Filtro Pasabajos

D. Saez, Arch. EL 42º Control de
Sistemas, U. Chile