

## SINTONIA DEL CONTROLADOR PID. MÈTODES EMPÍRICS

### I. Introducció

L'element PID és un tipus de regulador capaç de fer que la sortida d'una determinada planta segueixi una consigna fixada. Es pot arribar a la consigna de múltiples maneres. Que s'hi arribi d'una forma o d'una altra dependrà del tipus de procés que es tingui i quin és el **criteri** escollit per arribar a la consigna ( que no hi hagi sobrepics, arribar-hi amb el temps mínim,...) i per a escollir-la s'aconsegueix variant els paràmetres  $K_P$ ,  $K_I$  i  $K_D$  del PID. El fet d'ajustar aquestes constants a uns valors determinats és el que s'anomena **sintonitzar** el PID.

Aquesta sintonia es pot fer de diverses formes. Si es disposa del model del procés a controlar, es poden calcular els paràmetres del PID de manera que el sistema global en llaç tancat tingui els pols situats en un lloc del pla complex adient per a produir una resposta transitòria desitjada. Per exemple per al cas de que el sistema amb realimentació sigui de segon ordre, la situació dels pols donarà uns paràmetres  $\xi$  i  $\omega_n$  que provocaran que la resposta al graó d'aquest sistema tingui un sobrepic, un temps de pujada, etc, determinats.

També es poden sintonitzar els PIDs utilitzant mètodes freqüencials. El fet d'incloure el controlador PID, fa que s'introdueixin o es modifiquin les posicions del pols i zeros del sistema inicial. D'aquesta manera el diagrama de Bode global pot ser modificat de forma adient.

Però no sempre es disposa del model del sistema. En molts casos doncs, s'haurà de fer una sintonització de forma empírica. Tot seguit es mostren alguns dels diferents mètodes que s'apliquen a la pràctica per a sintonitzar els PIDs empíricament i com poden influir aquests en la resposta final.

A grans trets es poden classificar els mètodes de sintonia empírica d'un PID en dos grans grups

- Sintonia en llaç obert
- Sintonia en llaç tancat

Aquests mètodes són els que s'explicaran tot seguit.

## 2. Sintonia empírica en llaç obert

Aquests mètodes es basen en la resposta que dona un sistema (la planta a controlar) a una entrada que és un graó unitari. Aquesta resposta s'aproxima per la corresponent a la que tindria un sistema de primer ordre amb guany  $K$ , una constant de temps  $T$  i un retard  $L$ .

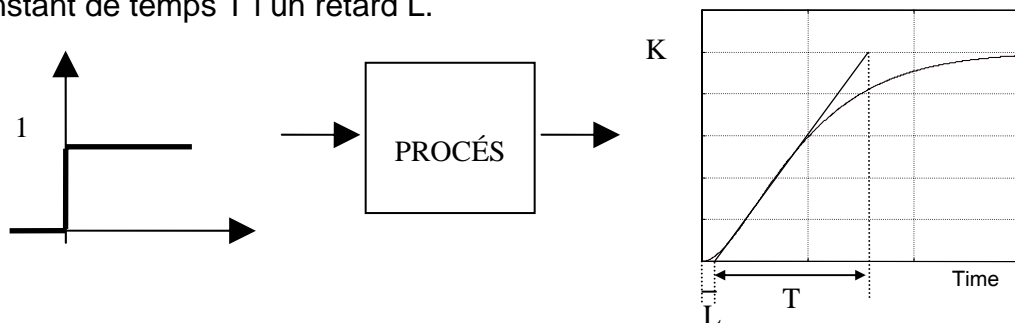


Figura 1. Paràmetres a mesurar per a la sintonia del PID en llaç obert

Amb aquests valors es poden determinar les constants de disseny del PID fent ús de les taules que es donen més endavant, utilitzant-ne una o altra depenent del mètode que es vulgui aplicar. El fet de seleccionar un mètode concret ve determinat pel criteri de sintonia que s'utilitzi. Per exemple, els mètodes de Ziegler-Nichols, es basen en que els paràmetres que es calcularan produiran un sobrepic de com a molt el 25 %. D'altres es centren en minimitzar per exemple la integral del valor absolut de l'error. Tots aquests mètodes de sintonia segueixen una expressió del tipus

$$Y = a \cdot \left(\frac{L}{T}\right)^b + c \quad \text{eq. 1}$$

on

$Y = K \cdot K_p$  pel mode proporcional

$Y = T/T_i$  pel mode integral

$Y = T_D/T$  pel mode derivatiu

i els paràmetres a, b i c dependran del tipus de regulador que s'utilitzi ( P, PI, PID, PD,...), del criteri de sintonia escollit, etc. Aquests paràmetres són els que es donen a les taules que segueixen:

#### Fórmules de sintonia enllaç obert pel regulador P (c= 0):

Mètode	Mode	a	b
Ziegler-Nichols	P	1	-1
Cohen-Coon	P	1.208	-0.956
Lopez,Murril, Smith	P	0.490	-1.084

Taula 1

#### Fórmules de sintonia enllaç obert pel regulador PI:

Mètode	Mode	A	b	C
Ziegler-Nichols	P	0.9	-1	0
	I	0.3	-1	0
Cohen-Coon	P	0.928	-0.946	0
	I	1.078	-0.583	0
Lopez,Murril, Smith	P	0.859	-0.977	0
	I	0.674	-0.680	0
Rovira	P	0.586	-0.916	0
	I	-0.165	1.0	1.03

Taula 2

#### Fórmules de sintonia enllaç obert pel regulador PID:

Mètode	Mode	A	b	C
Ziegler-Nichols	P	1.2	-1	0
	I	0.5	-1	0
	D	0.5	1	0
Cohen-Coon	P	1.370	-0.950	0
	I	1.351	-0.738	0
	D	0.365	0.950	0
Lopez,Murril, Smith	P	1.357	-0.947	0
	I	0.842	-0.738	0
	D	0.381	0.995	0

Taula 3

Totes aquestes taules han estat obtingudes de forma empírica i per al seu bon funcionament sempre s'ha de complir que

$$0.1 \leq \frac{L}{T} \leq 1$$

Ara només cal escollir el mètode desitjat i amb les constants a, b, c obtingudes de les taules junt amb els valors trobats de T i L, substituint a l'equació es tenen els valors de  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  buscats.

Cal dir que aquest mètode només serà aplicable sempre que la resposta al graó del procés sigui en forma de S, tal com la donada a la Figura 1. En general, aquesta resposta serà possible per sistemes que no tinguin ni integradors ni pols complexes conjugats dominants.

### 3. Sintonia en llaç tancat

Aquest mètode és el proposat per Ziegler i Nichols, i consisteix en fer el muntatge de la figura que segueix :

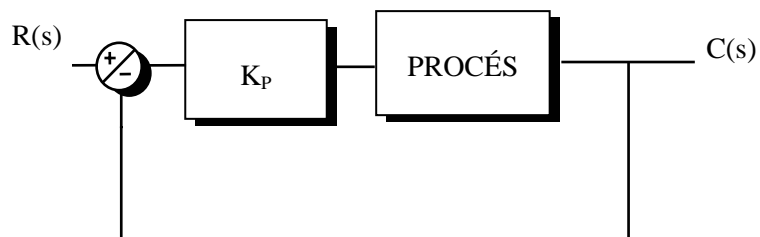


Figura 2. Esquema per a sintonitzar el procés en llaç tancat.

Els passos a seguir són:

1.- Tanqueu el llaç de control amb el regulador en mode proporcional únicament

(fer  $K_I = K_D = 0$ ).

2.- Amb el guany proporcional en un valor arbitrari, provoqueu diferents canvis en el punt de consigna R(s) i observeu la resposta del sistema C(s).

3.- Augmenteu o disminuïu el guany proporcional fins a aconseguir que el sistema oscil·li amb una amplitud constant. Anoteu el valor del guany proporcional ( $K=K_c$ , Guany crític) en aquest instant i mesureu el període de l'oscil·lació ( $T_c$ , període crític).

A partir de  $T_c$  i  $K_c$  s'obtenen els valors pels paràmetres del PID utilitzant la taula següent:

Paràmetres	Tipus de controlador		
	P	PI	PID
$K_p$	$0.5 K_c$	$0.45 K_c$	$0.6 K_c$
$T_i$	-	$T_c / 1.2$	$T_c / 2$
$T_d$	-	-	$T_c / 8$

Taula 4

Aquest mètode només serà aplicable sempre i quan sigui possible trobar un guany proporcional capaç de fer oscil·lar al sistema realimentat.

Cal remarcar que aquests mètodes només proporcionen un punt de partida a l'hora de seleccionar uns paràmetres per al controlador. Per tant és possible que en un principi s'obtinguin valors molt allunyats dels esperats amb pics molt superiors al 25 %. Aquest sobrepic és una mitjana que s'ha obtingut després de fer molts experiments sobre diverses plantes. O sigui que els mètodes en molts de casos simplement proporcionen uns possibles valors dels paràmetres del PID amb els que començar. Per aquest motiu caldrà fer gairebé sempre un ajust fi del controlador fins a obtenir una resposta satisfactòria.