



INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Control por Computador

Unidad Docente Automática. Departamento Automática, Ing. Electrónica e Informática Indust.

Control ante perturbaciones

José María Sebastián

Rafael Aracil

Manuel Ferre

*Departamento de Automática, Ingeniería
Electrónica e Informática Industrial*

POLITÉCNICA



Control ante perturbaciones

- Introducción
- Normas de nomenclatura
- Control por realimentación múltiple
- Control por prealimentación



Introducción

En este tema se van a estudiar otros esquemas de control distintos a los vistos hasta ahora, basados en la realimentación de la salida, destinados fundamentalmente a controlar sistemas con perturbaciones tratando de que éstas no afecten, o lo hagan en la menor manera, a las características alcanzadas en un control entrada- salida.

Se van a ver los dos esquemas con estas características:

1. Control por realimentación múltiple
2. Control por prealimentación.



Normas de nomenclatura

Antes de entrar en estos esquemas es conveniente introducir algunas normas de nomenclatura. La versión completa se encuentra en la norma ISA-5.1-1984 (R1992), Instrumentation Symbols and Identification

- Elementos de control
 - Sensores: Miden el fenómeno físico
 - Transmisores (T): Acondicionan la señal
 - Controladores (C): Generan la ley de control
 - Actuadores: Manipulan las variables de control
 - Calculador (Y): Realiza funciones especiales
- Nomenclatura: Identificación funcional con dos letras
 - Primera letra. Depende de la variable considerada:
 - L Nivel
 - F Caudal
 - T Temperatura
 - A Composición
 - Segunda letra. En función del instrumento: C, T, Y



Normas de nomenclatura

Ejemplos de elementos de control

- LT Transmisor de nivel
- LC Control de nivel
- TT Transmisor de temperatura
- TC Control de temperatura
- FC Controlador de caudal
- FI Indicador de caudal
- FS Interruptor de caudal
- GF Filtro de gas
- HS Interruptor manual
- HV Válvula manual
- LV Válvula de nivel
- KA Alarma de tiempo
- PT Transmisor de presión
- TE Elemento de temperatura
- TY Relé de temperatura
- TZ Actuador de temperatura
- YV Válvula de estado
- ZA Alarma de posición
- ZC Controlador de posición



Control ante perturbaciones

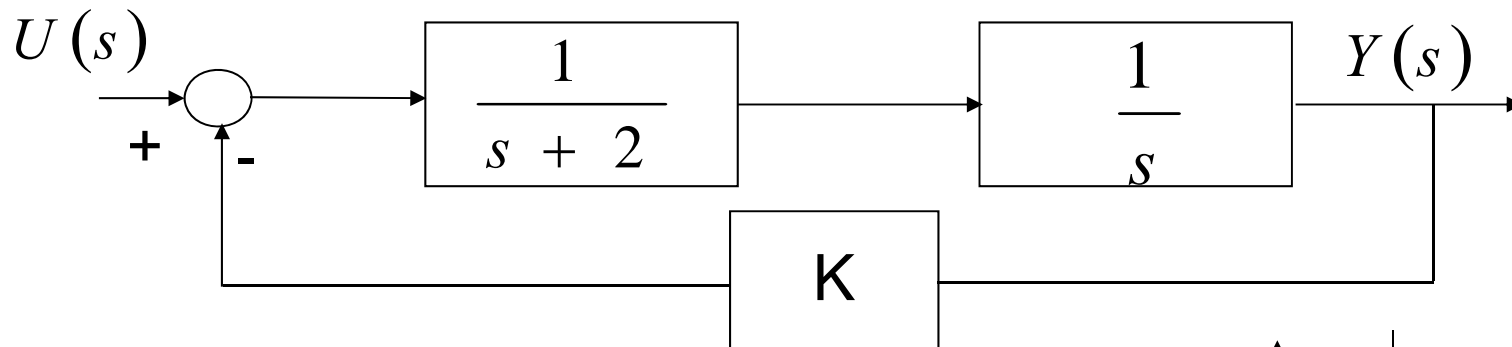
- Introducción
- Normas de nomenclatura
- Control por realimentación múltiple
- Control por prealimentación



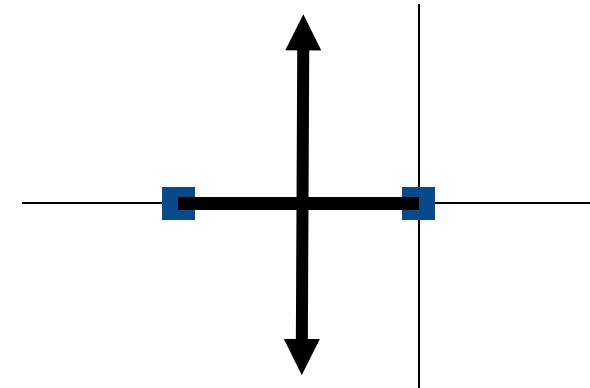
Control por realimentación múltiple

Responde a la idea de realimentar, además de la variable a controlar (salida), una o varias variables intermedias.

Este tipo de control puede mejorar el comportamiento entrada- salida. Así, por ejemplo, en el sistema de control (se ha fijado el regulador en la realimentación, al no influir su ubicación en la posición de los polos)



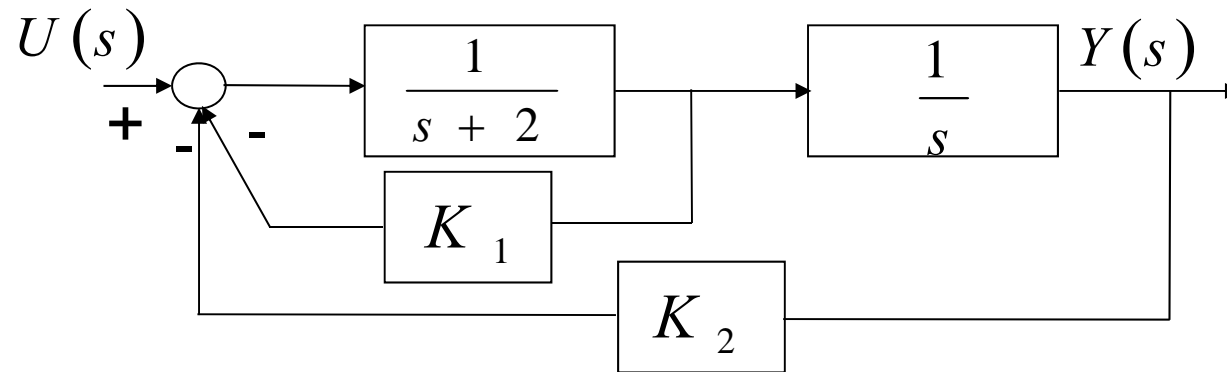
Con un regulador proporcional sólo se podría conseguir el comportamiento dinámico indicado en el lugar de las raíces





Control por realimentación múltiple

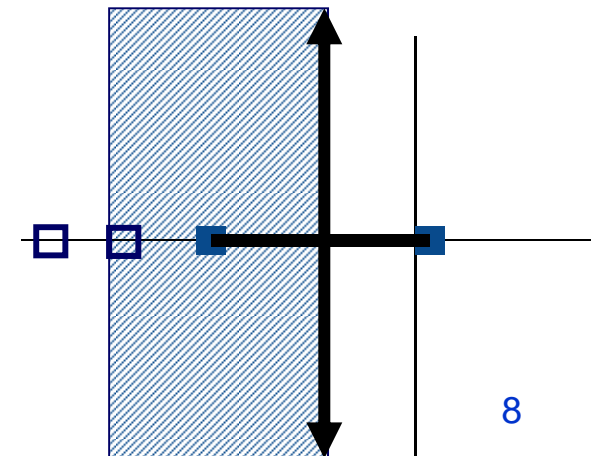
Mejorar este comportamiento sólo se podría conseguir con un regulador PD que introduce un cero. Con un esquema de realimentación múltiple:



Se podrían situar los polos dominantes en cualquier valor utilizando un lugar de las raíces en el bucle interno y otro en el externo.

Como se puede ver también se consigue cualquier comportamiento. Es decir dos P en realimentación múltiple consiguen lo mismo que un PD con realimentación simple.

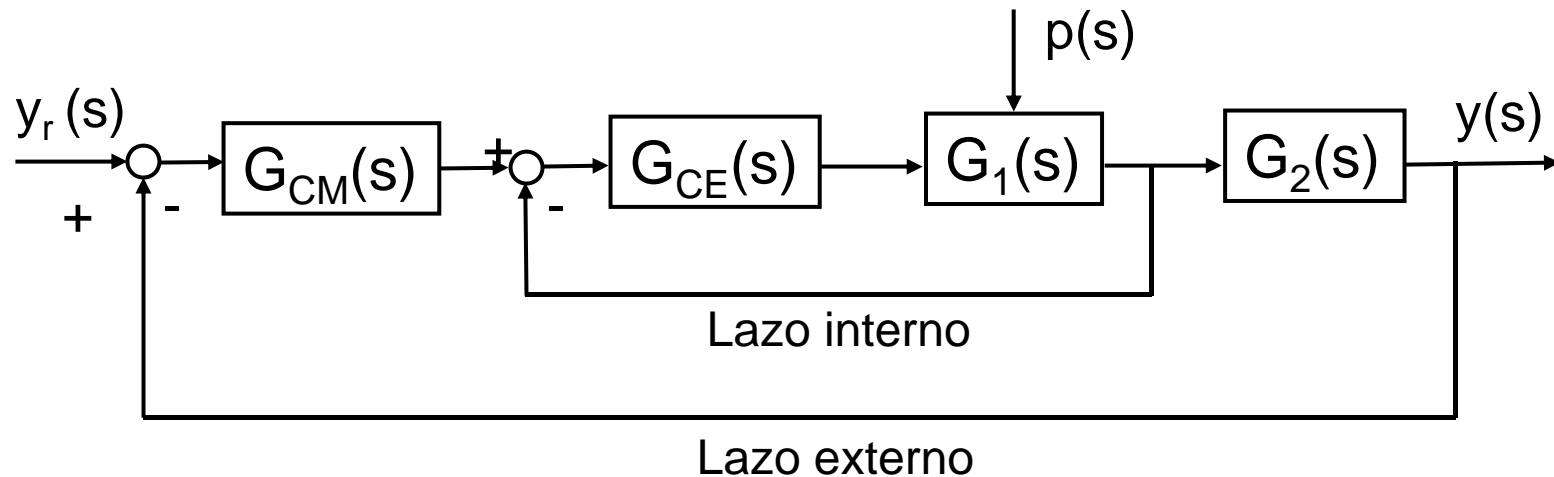
La opción PD tiene la ventaja de un solo sensor y el inconveniente de que la acción derivada amplifica los ruidos.





Control por realimentación múltiple

El uso más interesante de un control por realimentación múltiple es el de aminorar el efecto de perturbaciones, realimentando una variable intermedia ligada estrechamente con la perturbación. El esquema general es el de la figura con los reguladores puestos en serie (Este tipo de distribución se denomina también control en cascada)

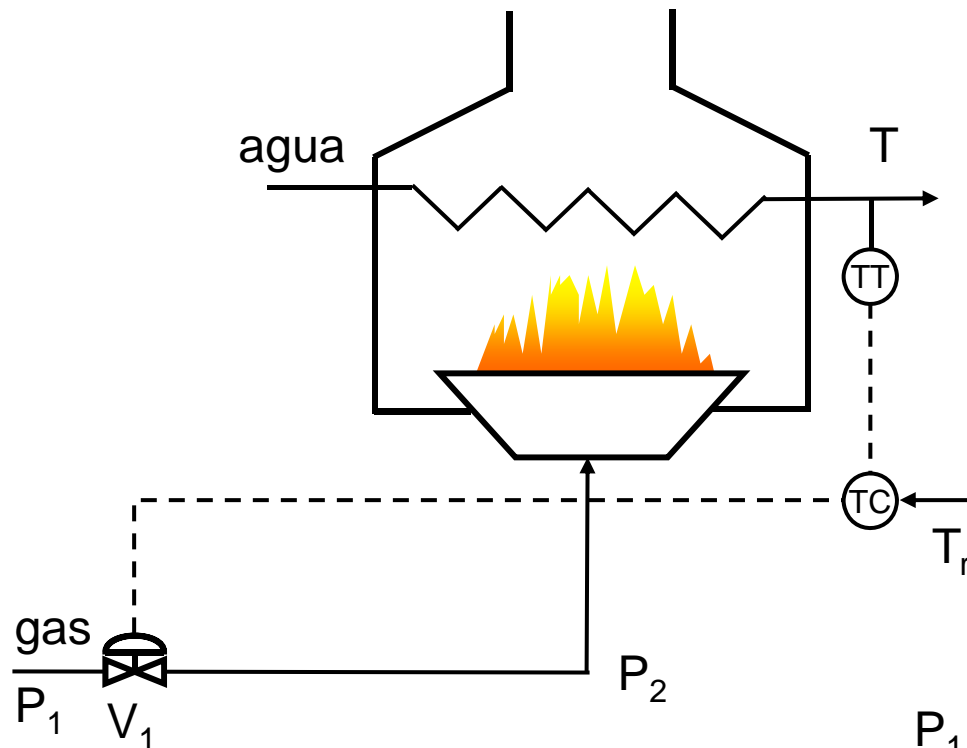


El regulador del lazo externo se denomina maestro, mientras que el del lazo interno se denomina esclavo.

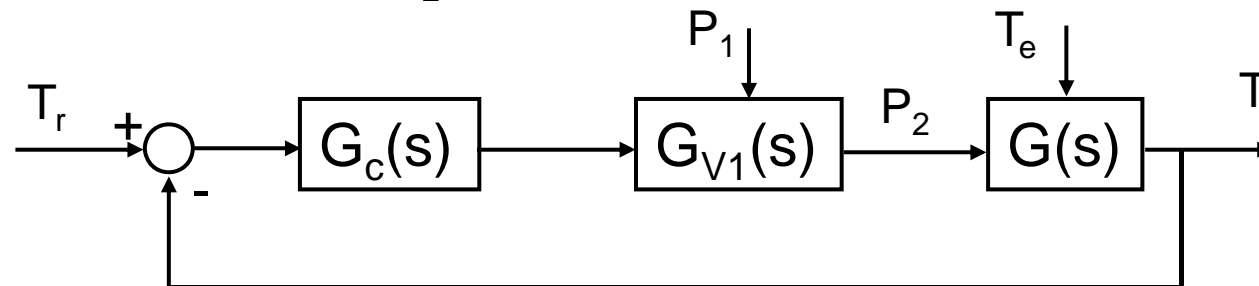


Control por realimentación múltiple

Caldera para producir agua caliente



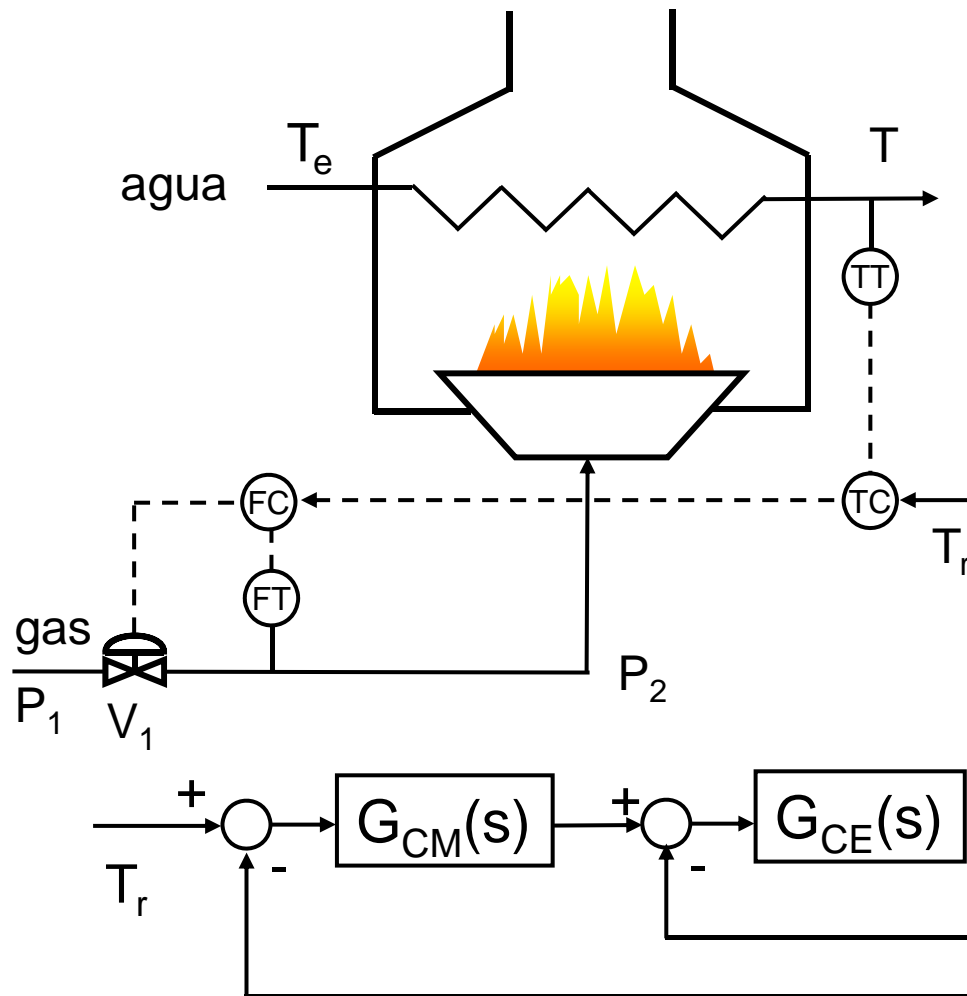
- La temperatura de salida del agua se controla mediante la válvula V_1
- La presión de suministro de combustible, P_1 , puede variar, afectando a la temperatura de salida
- La temperatura de entrada también puede variar, afectando a la salida





Control por realimentación múltiple

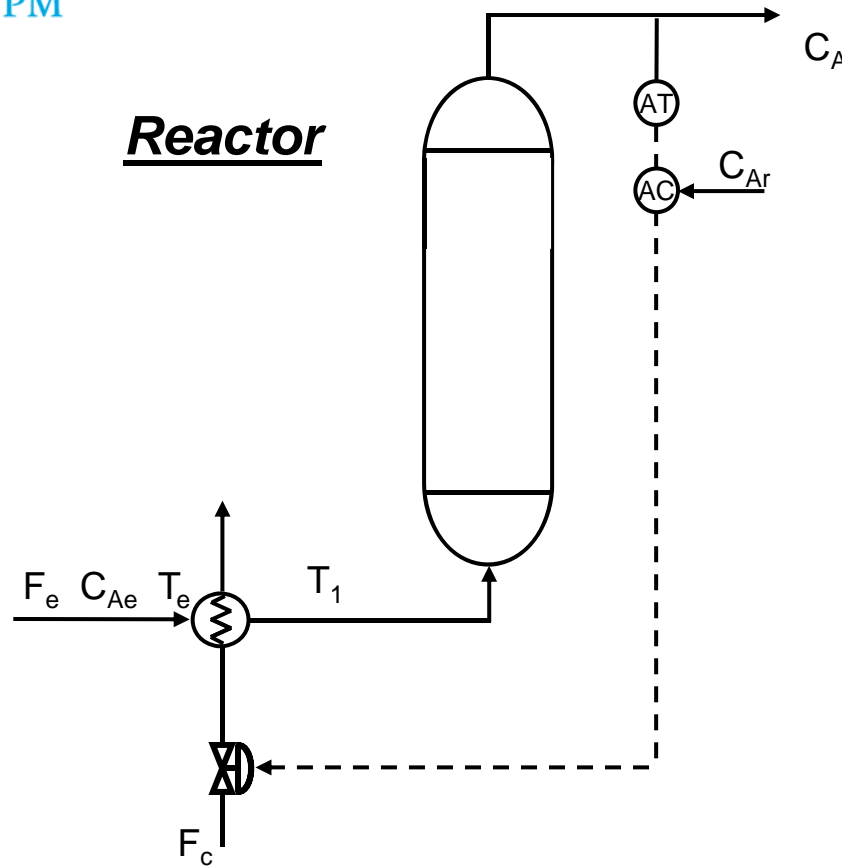
Caldera para producir agua caliente



- La presión de suministro de combustible, P_1 , puede variar, afectando a la temperatura de salida
- El problema es que con el anterior control, se tiene en cuenta la acción de la perturbación cuando afecta a la salida
- Opción: Controlar el caudal a la salida de la válvula

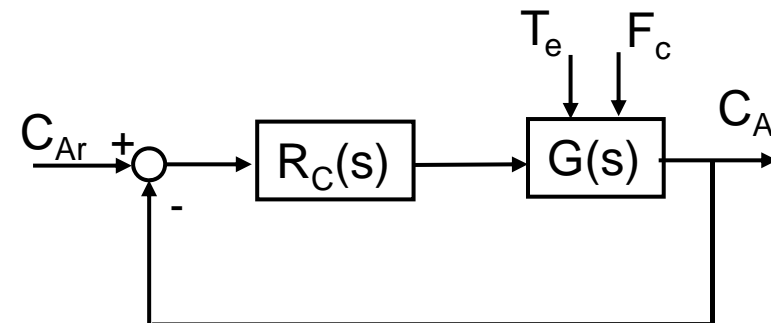


Control por realimentación múltiple



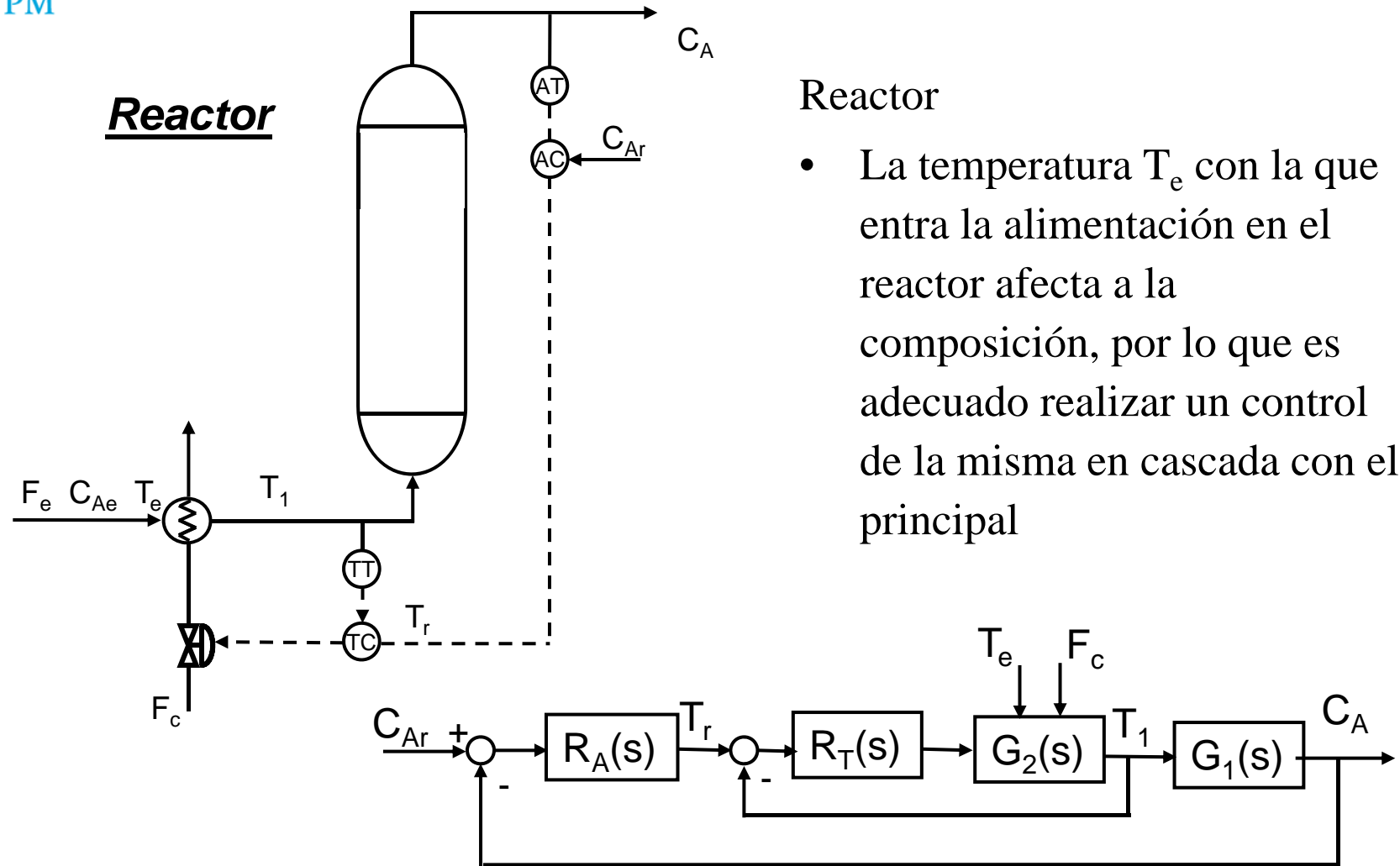
Reactor

- Se controla la conversión actuando sobre el caudal de fluido caliente que precalienta la alimentación
- Perturbaciones: T_e , F_c



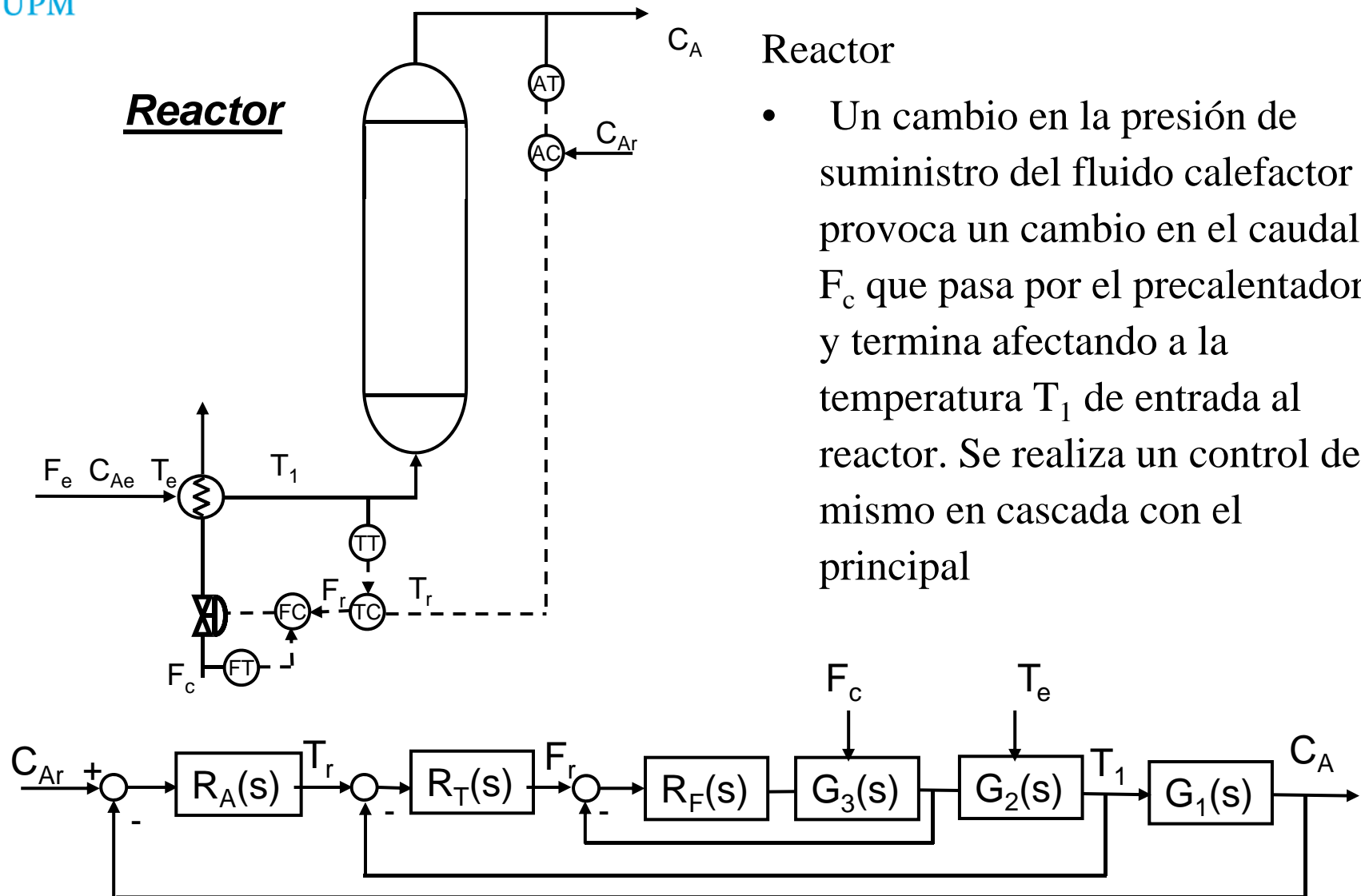


Control por realimentación múltiple





Control por realimentación múltiple





Control por realimentación múltiple

Características del control por realimentación múltiple

- Aplicación: Cuando la dinámica del lazo interno es más rápida que la del lazo externo
- Uso extendido: Reguladores industriales, permiten su funcionamiento como maestro o como esclavo
- Sintonización de reguladores en cascada
 - Obtener el modelo del proceso en el lazo interno
 - Sintoniza el regulador esclavo. Por ejemplo con un PI
 - Modelo de comportamiento de la variable controlada medida frente a cambios en el punto de consigna del regulador maestro (sistema con el lazo interno cerrado)
 - Sintonizar el regulador maestro



Control ante perturbaciones

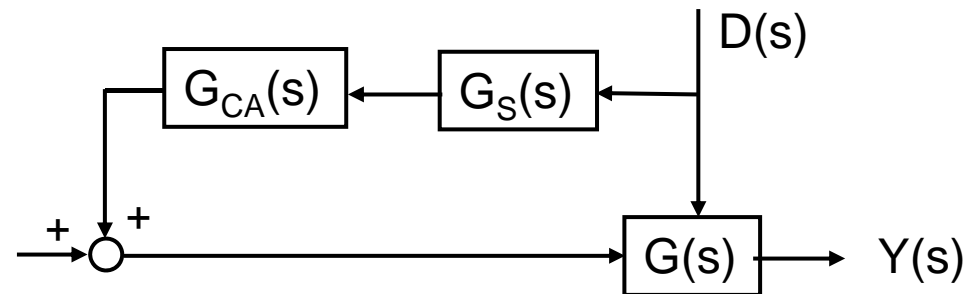
- Introducción
- Normas de nomenclatura
- Control por realimentación múltiple
- Control por prealimentación



Control por prealimentación

El tipo de control por prealimentación más usual es el denominado por prealimentación de la perturbación.

Consiste en, si ésta se puede medir, inyectar a través de un regulador el valor de ésta a la entrada del proceso a controlar



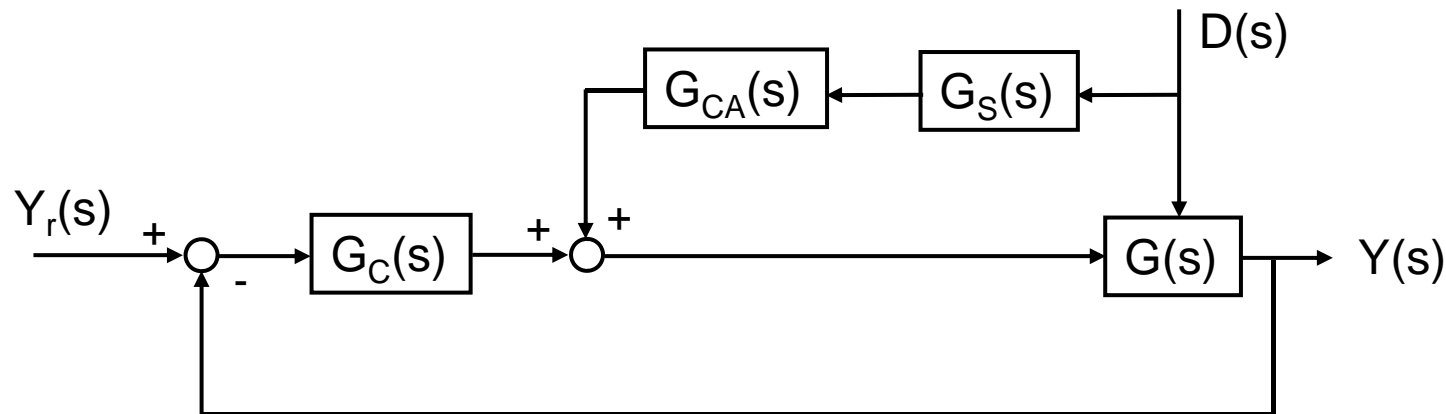
$G_s(s)$ es la función de transferencia del sensor

$G_{CA}(s)$ es la función de transferencia del regulador que se denomina de prealimentación.



Control por prealimentación

El control anticipativo es un control en bucle abierto, por lo que debe utilizarse siempre junto a un control por realimentación.



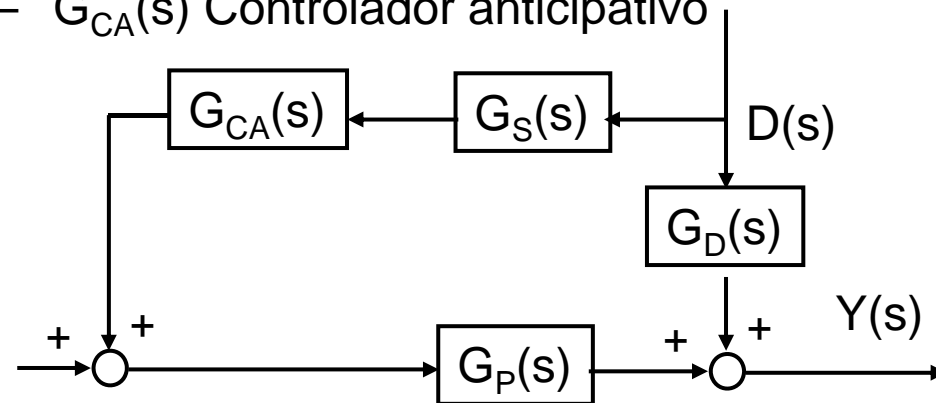
Para implementar este esquema de control algunos reguladores tienen a su salida una segunda entrada que se suma al algoritmo PID del regulador por realimentación simple.



•Control por prealimentación

— Cálculo del Control por prealimentación

- Para anular el efecto de la perturbación:
 - $G_D(s)$ Función de transferencia entre perturbación y salida
 - $G_P(s)$ Función de transferencia entre entrada y salida
 - $G_S(s)$ Función de transferencia del sensor
 - $G_{CA}(s)$ Controlador anticipativo



$$G_{CA}(s) = -\frac{G_D(s)}{G_P(s)G_S(s)}$$



Control por prealimentación

Limitaciones del control por prealimentación de la perturbación

- No se pueden medir todas las perturbaciones, y por tanto no se podrán compensar
- Siempre hay un error en la medida de cualquier variable, por lo que se verá afectado el control
- Nunca se dispone de un modelo perfecto del proceso. Una acción de control calculada con un modelo imperfecto no eliminará el error en la variable controlada
- A veces la acción de control que habría de llevar a cabo el control no es realizable físicamente. En este caso se puede realizar un control por prealimentación estático con un regulador proporcional con ganancia el producto de las ganancias de las funciones de transferencia de la expresión anterior

$$K_{CA} \approx -\frac{K_D}{K_P K_S}$$

Los reguladores industriales disponen en su salida de un conector que permite sumar a ésta la acción anticipativa de la perturbación.



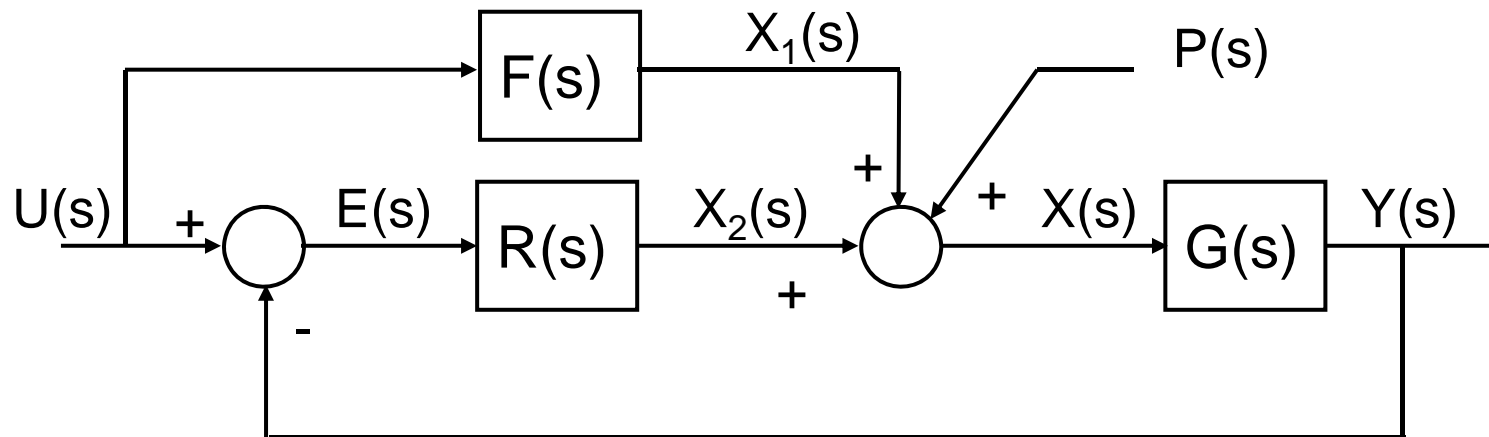
- Variaciones en la composición C_{Ae}



Control por prealimentación

Control por prealimentación de la entrada. Precompensación

Consiste en inyectar en la salida del regulador la señal de referencia



- $R(s)$ = Controlador de Realimentación
- $F(s)$ = Controlador de Prelimentación
- $G(s)$ = Planta

Se utiliza cuando se quieren conseguir unas muy buenas prestaciones entrada- salida.



Control por prealimentación

En este tipo de control si se verifica que $F(s) = \frac{1}{G(s)}$ entonces:

$$\begin{aligned} M(s) &= \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G(s) R(s)}{1 + G(s) R(s)} + \frac{G(s) F(s)}{1 + G(s) R(s)} = \\ &= \frac{G(s) R(s)}{1 + G(s) R(s)} + \frac{1}{1 + G(s) R(s)} = \frac{1 + G(s) R(s)}{1 + G(s) R(s)} = 1 \end{aligned}$$

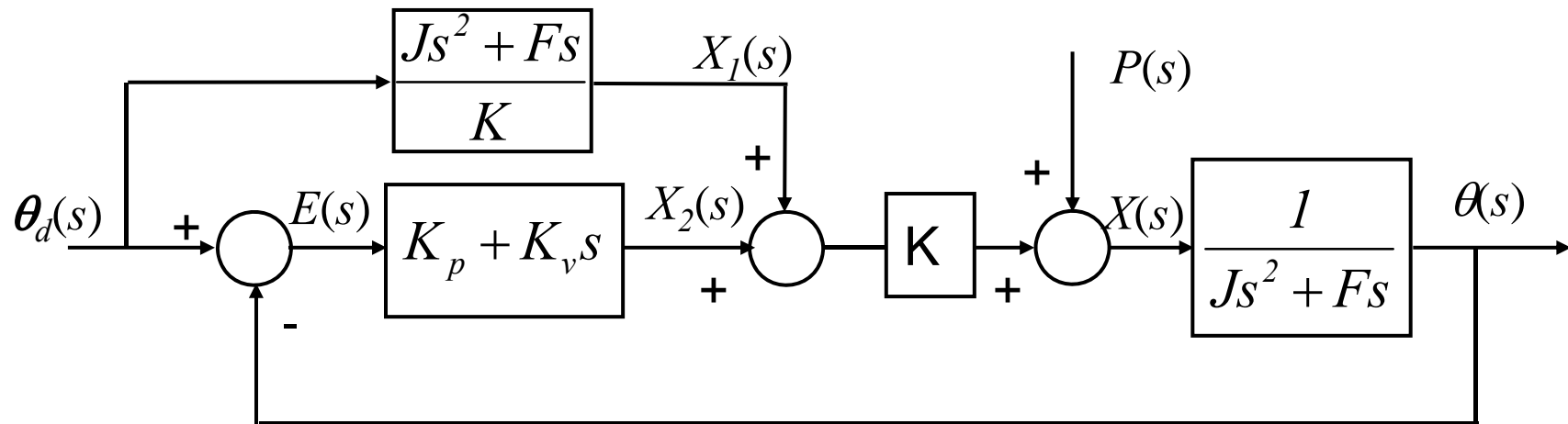
La salida sigue perfectamente a la entrada en todo instante de tiempo con lo que como servo es perfecto.

Tiene el inconveniente de que, en general, $F(s)$ no será físicamente realizable pero su salida se puede generar a partir de la referencia.



Control por prealimentación

Así, por ejemplo, en el caso de un servo con un con un PD, el esquema general sería



La señal $x_1(t)$ se puede generar a partir de las derivadas de $\theta_d(t)$ con el esquema

