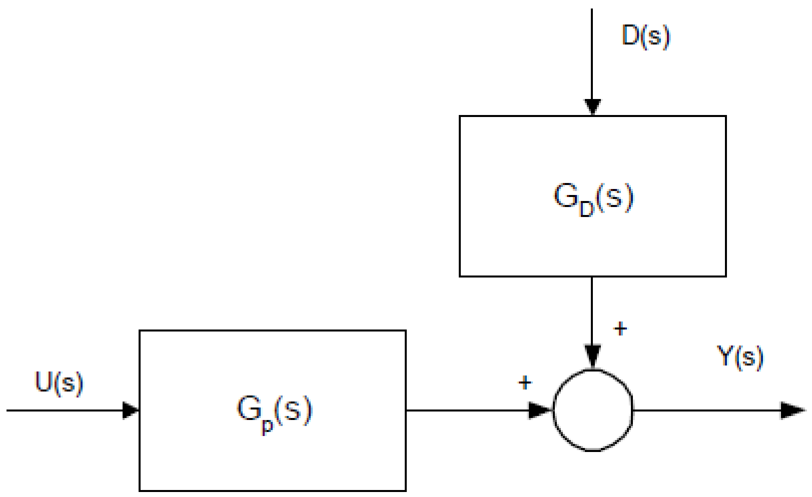
Control Anticipativo

Control Anticipativo (trata de cancelar lo más rápidamente posible el efecto de las perturbaciones medibles que afectan a la salida)

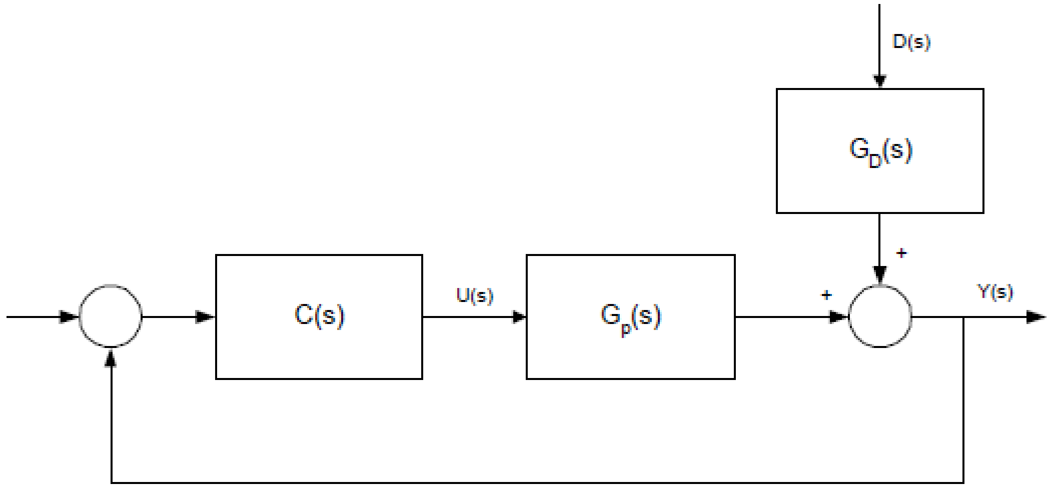
- Un sistema de control realimentado corrige las perturbaciones sobre la salida después de que estas afecten a la salida.
- La idea del control anticipativo es medir las perturbaciones a la salida y actuar antes de que afecten modelo de la perturbación.
- Modelo de la planta y de las perturbaciones :
  - No es posible medir todas las perturbaciones.
  - Errores de modelado.
  - Controlador anticipativo resultante no realizable.
- Lo habitual es que el control anticipativo compense las perturbaciones más importantes y el lazo de realimentación las demás.

- El control anticipativo trata sistemas con perturbaciones a la salida:

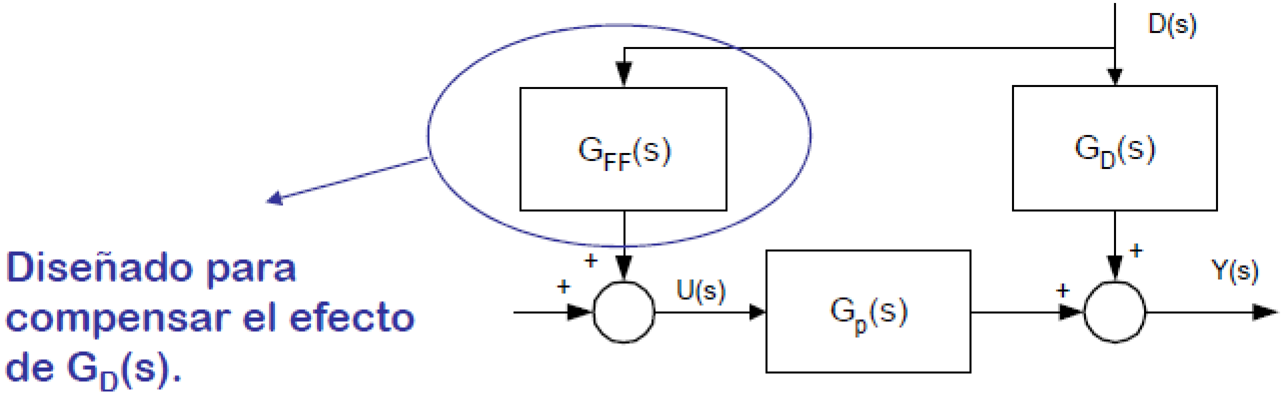


$$Y(s) = G_p(s)U(s) + G_d(s)D(s)$$

- En un sistema de control realimentado clásico, el controlador es el que debe compensar la perturbación:



- Un control anticipativo usa la medida de la perturbación para actuar sobre la planta compensándola.



- El esquema de control anticipativo es la relación entre la perturbación y la salida:

$$Y(s) = (G_D(s) + G_P(s)G_{FF}(s))\, D(s)$$

para anular el efecto de D(s): $\dfrac{Y(s)}{D(s)} = 0$

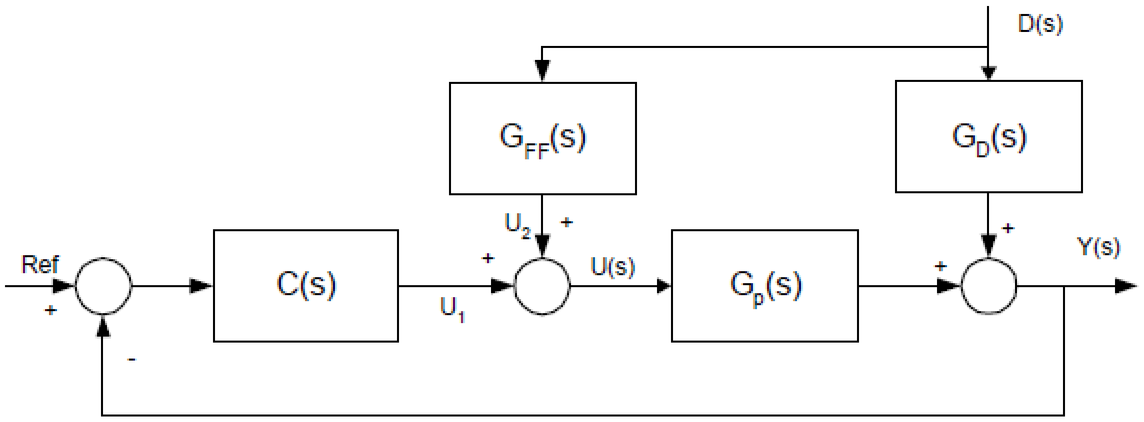
- GFF(s) se puede calcular para compensar el efecto de la perturbación:

$$G_D(s) + G_P(s)G_{FF}(s) = 0$$

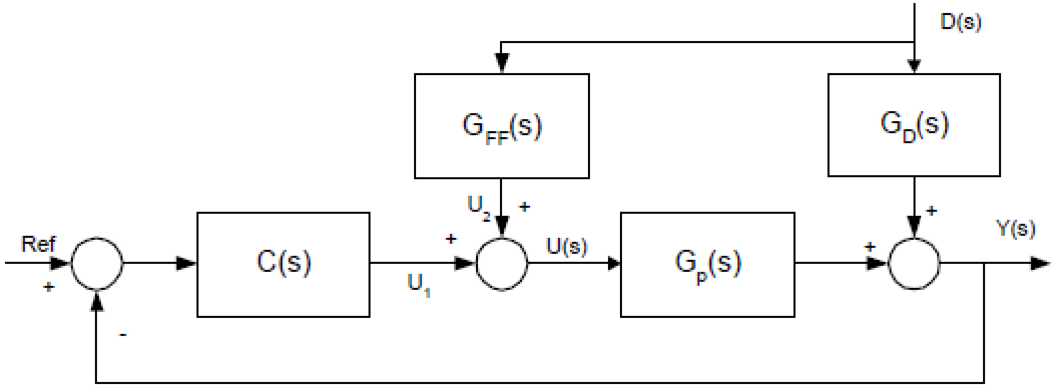
- es decir:

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

- A fin de compensar los errores en el modelo de la planta y la perturbación el controlador anticipativo se incluye en un lazo de realimentación:



Feedforward + control realimentado



La función de transferencia de bucle cerrado es:

$$Y(s) = \frac{G_p(s)C(s)}{1 + G_p(s)C(s)} R(s) + \frac{G_d(s) + G_{ff}(s)G_p(s)}{1 + G_p(s)G_c(s)} D(s)$$

La ecuación característica del sistema viene dada por:

$$1 + G_p(s)C(s) = 0$$

- Obsérvese que no aparece la GFF(s). Por tanto la estabilidad del sistema en bucle cerrado no se ve afectada por el feed-forward.

- Si se conocen con exactitud Gd(s) y Gp(s), el efecto de la perturbación se anula (esto no es realista) y parte del efecto de D(s) se manifestará en la salida, aunque será compensada por C(s).

Consideraciones prácticas sobre los controladores anticipativos

- El controlador anticipativo resultante puede no ser realizable.
- El caso más habitual es cuando el retraso entre la perturbación y la salida es menor que el retraso entre la entrada y la salida:

$$G_D(s) = \frac{K_D}{1+\tau_D s} e^{-t_{mD} s} \qquad G_P(s) = \frac{K_P}{1+\tau_P s} e^{-t_{mP} s}$$

- El controlador anticipativo resultante es:

$$G_{FF}(s) = -\frac{K_D}{K_P} \frac{1+\tau_P s}{1+\tau_D s} e^{-(t_{mD}-t_{mP})s}$$

- Esto es realizable sólo si (tmD-tmP) >= 0, que no se cumple si tmD < tmP adelanto imposible de realizar.
- El efecto de D se transmite más rápidamente que el efecto de U no se puede actuar a tiempo sobre el efecto de D mediante U.

Compensador adelanto/retraso en control anticipativo

- Es habitual caracterizar la dinámica de un proceso mediante:

$$G_P(s) = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-\alpha s}$$

- De la misma manera:

$$G_D(s) = \frac{K_d}{\tau_d s + 1} e^{-\beta s}$$

- Por lo que el compensador anticipativo será:

$$G_{FF}(s) = -\frac{K_d e^{-\beta s}}{\tau_d s + 1} \frac{\tau s + 1}{K e^{-\alpha s}}$$

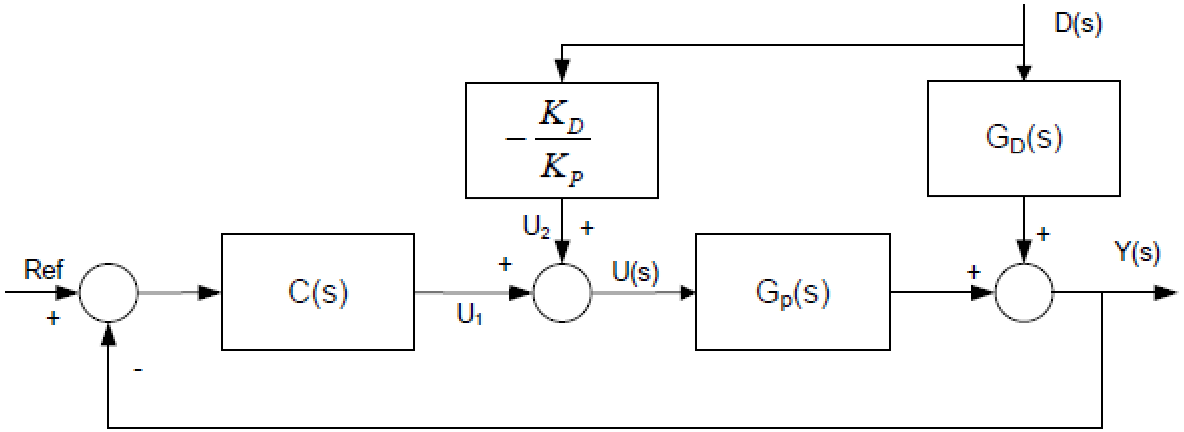
resultando:

$$G_{FF}(s) = -\frac{K_{ff}(\tau s + 1)}{\tau_d s + 1} e^{-\gamma s} \qquad K_{ff} = \frac{K_d}{K}, \;\; \gamma = \beta - \alpha$$

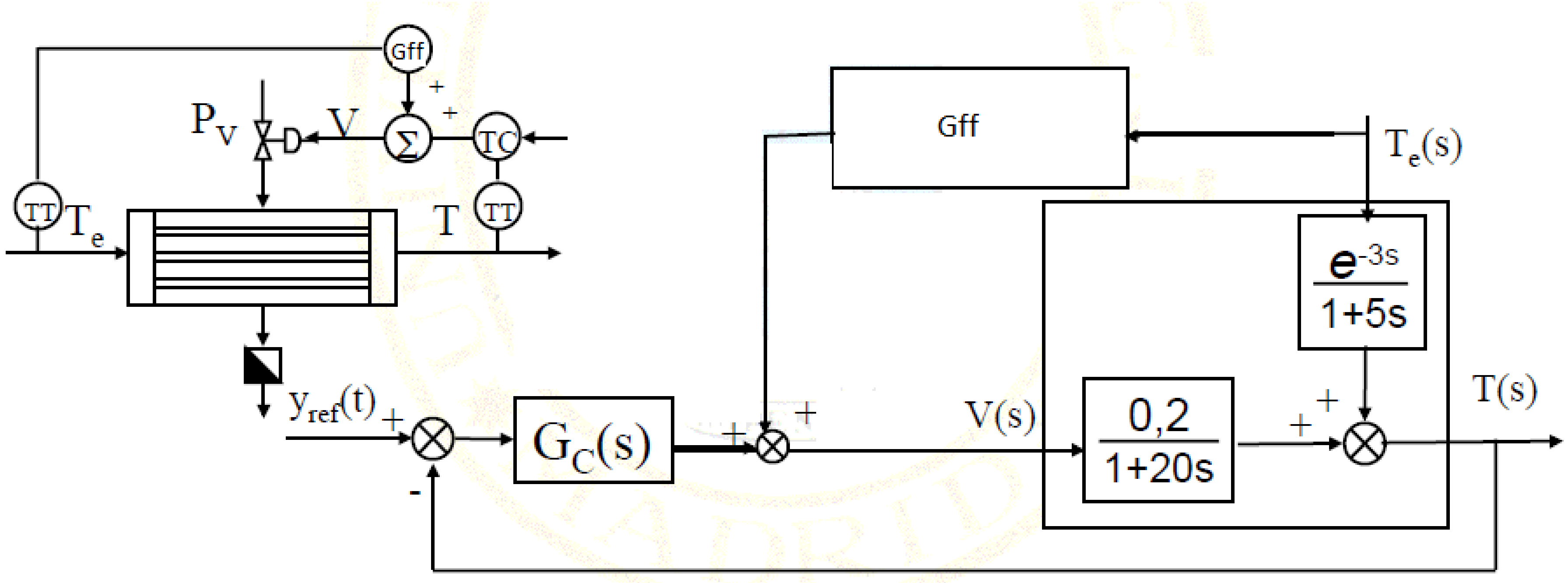
Consideraciones prácticas sobre los controladores anticipativos

- Obtener un modelo preciso de la perturbación puede ser difícil compensarla totalmente casi imposible.
- Una alternativa menos ambiciosa es compensar el permanente de la perturbación mediante un **controlador anticipativo estático:**

$$\lim_{s\to 0} G_{FF}(s) = -\lim_{s\to 0} \frac{G_D(s)}{G_P(s)} = -\frac{K_D}{K_P}$$



Ejemplo:



Gff
+
+
P_V
V
Σ
TC
TT
T_e
T
TT
$y_{ref}(t)$
+
-
$G_C(s)$
+
+
Gff
$T_e(s)$
V(s)
$\frac{e^{-3s}}{1+5s}$
$\frac{0,2}{1+20s}$
+
+
T(s)