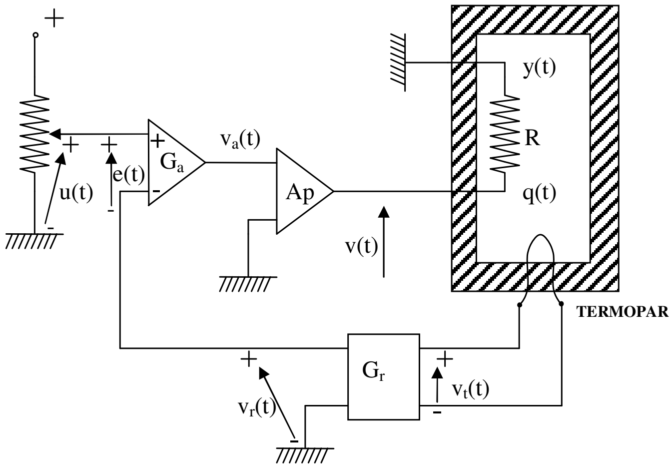
Para regular la temperatura de un horno, se emplea el sistema de control de la figura:



El sistema está formado por:

- Un horno, cuya ecuación dinámica, teniendo en cuenta el coeficiente de transmisión del calor, la capacidad térmica del horno y de la carga, el calor específico de la carga y su masa, viene dada por: $q(t)= 7{,}69 \cdot y(t)+500 \cdot dy(t)/dt$
  donde q(t) es el caudal de calor en cal/seg e y(t) la temperatura en ºC.
- Un termopar que produce una tensión de 0,01 milivoltios/ºC. El recinto térmico que lo protege, produce una inercia del mismo, haciendo que su constante de tiempo sea 10 segundos.
- Una resistencia de caldeo alimentada por un amplificador. La ecuación es:
  $$q(t)= 0{,}192 \cdot v^2(t)$$
- Un amplificador de potencia (Ap) que produce 10 v/v: $v(t)= Ap \cdot v_a(t)$
- Un amplificador operacional, que trabaja en régimen diferencial, de ganancia G_a=10 v/v, que actúa como elemento comparador: $e(t)= u(t)-v_r(t)$
- La tensión del termopar, es amplificada por un amplificador de ganancia $G_r= 10^3$ v/v: $v_r(t)= G_r \cdot v_t(t)$

Determinar:

1. El diagrama de bloques del sistema, sabiendo que trabaja en el punto de funcionamiento en el que v_a =10 v
2. La función de transferencia entre y(t)/u(t).

1) $q(t) = 7'69\cdot y(t) + 500\cdot \frac{dy(t)}{dt}$

2) $\frac{V_t(s)}{Y(s)} = \frac{0'01\cdot 10^{-3}}{1+10\cdot s} \Rightarrow V_t(s)(1+10s) = Y(s)\cdot 10^{-5} \Rightarrow V_t(t) + 10\frac{dV_t(t)}{dt} = 10^{-5}\cdot y(t)$

3) $q(t) = 0'192\cdot V^2(t)$

4) $V(t) = 10\cdot V_a(t)$

5) $V_a(t) = 10\cdot(u(t) - V_r(t))$

6) $V_r(t) = 10^3\cdot V_t(t)$

Punto de Funcionamiento: $V_{a_0} = 10$

1) $q_0(t) = 7'69\cdot y_0(t)$ $\longrightarrow$ $Y_0 = 249'67$

2) $V_{t_0}(t) = 10^{-5}\cdot Y_0$ $\longrightarrow$ $V_{t_0} = 0'0025$

3) $q_0 = 0'192\, V_0^2$ $\longrightarrow$ $q_0 = 1920$

4) $V_0 = 10\, V_{a_0}$ $\longrightarrow$ $V_0 = 100$

5) $V_{a_0} = 10(u_0 - V_{r_0})$ $\longrightarrow$ $u_0 = 3'5$

6) $V_{r_0} = 10^3\cdot V_{t_0}$ $\longrightarrow$ $V_{r_0} = 2'5$

Linealización

1) $\Delta q(t) = 7'69\,\Delta Y(t) + 500\cdot\frac{d\Delta Y(t)}{dt}$

2) $\Delta V_t(t) + 10\,\frac{d\Delta V_t(t)}{dt} = 10^{-5}\Delta Y(t)$

3) $\Delta q(t) = 0'192\cdot 2\cdot V_0\cdot \Delta V(t)$

4) $\Delta V(t) = 10\,\Delta V_a(t)$

5) $\Delta V_a(t) = 10\cdot(\Delta u(t) - \Delta V_r(t))$

6) $\Delta V_r(t) = 10^3\,\Delta V_t$

Transformadas

$Q(s) = 7'69\; Y(s) + 500\cdot s\cdot Y(s)$

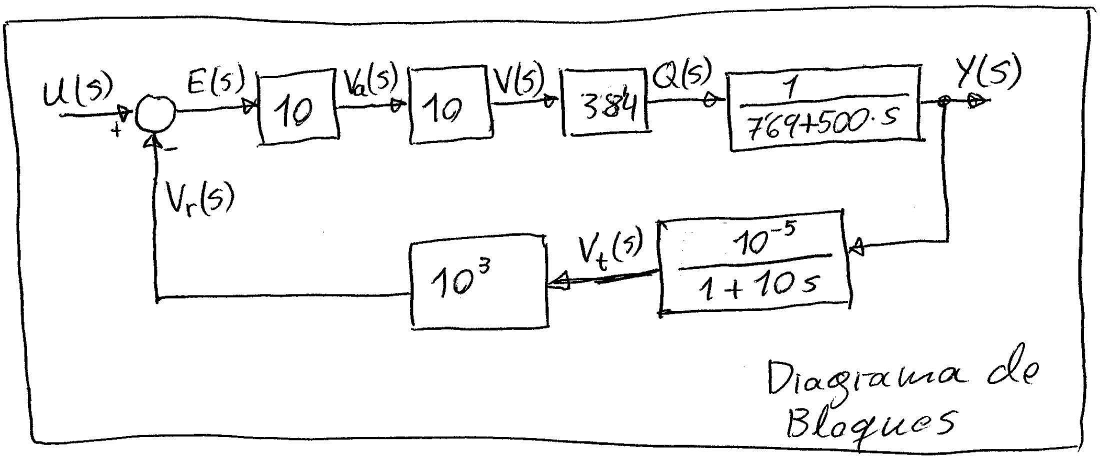
$V_t(s) + 10\cdot s\, V_t(s) = 10^{-5}\cdot Y(s)$

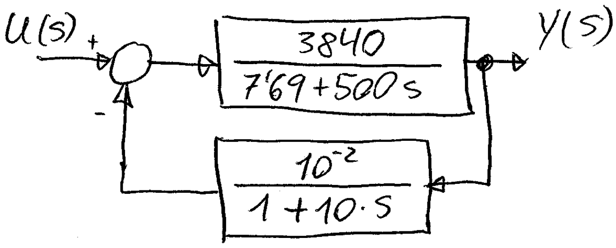
$Q(s) = 384\cdot V(s)$

$V(s) = 10\cdot V_a(s)$

$V_a(s) = 10\,(U(s) - V_r(s))$

$V_r(s) = 10^3\cdot V_t(s)$





$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\dfrac{3840}{7'69+500\cdot s}}{1+\dfrac{3840}{7'69+500\cdot s}\cdot\dfrac{10^{-2}}{1+10\cdot s}} = \frac{3840(1+10\cdot s)}{(7'69+500\cdot s)(1+10\cdot s)+38'4} =$$

$$= \frac{3840(1+10\cdot s)}{7'69+5000\cdot s^2+76'9\cdot s+500\cdot s+38'4} = \frac{3840+38400\cdot s}{5000\cdot s^2+576'9\cdot s+46'09}$$

$$\boxed{\frac{Y(s)}{U(s)} = 0'768\,\frac{s+0'1}{s^2+0'11\cdot s+0'0092}}$$