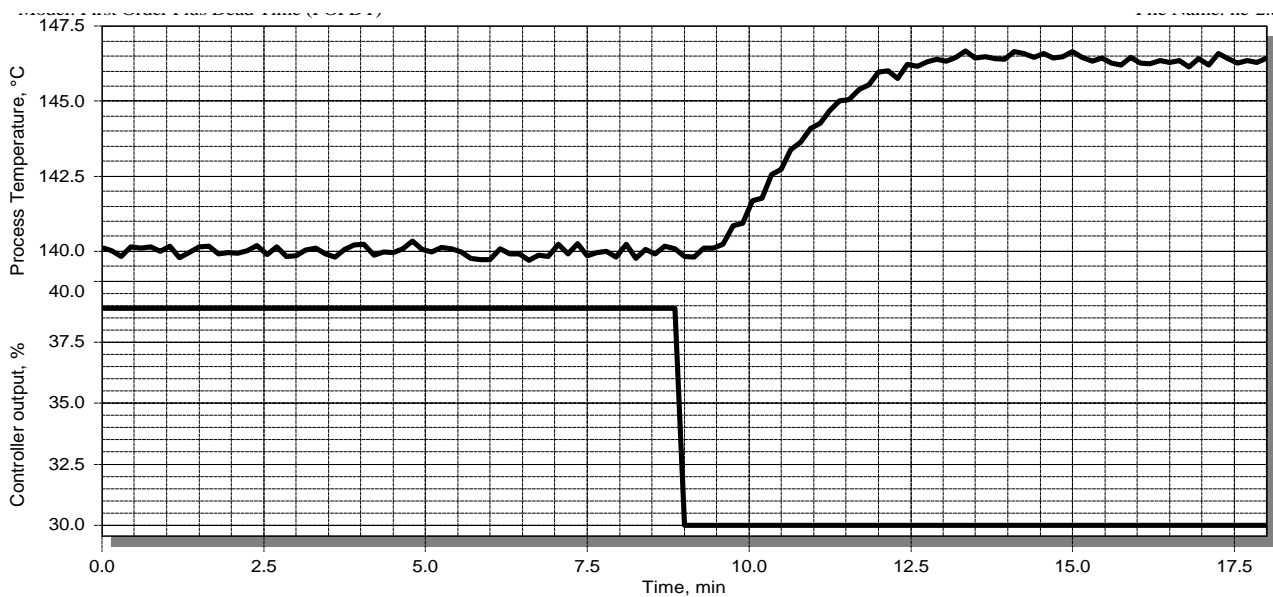


Compito d'esame del 18.07.02

Un processo dalla dinamica sconosciuta viene sollecitato nel *set point* (v. *Controller Output* nella parte inferiore della figura allegata) e, nella configurazione **ad anello aperto**, viene registrata la risposta della **variabile di processo da controllare** (v. curva con “rumore” nella figura allegata).

- Proporre un modello di *fitting* della risposta dinamica e descriverne brevemente il significato
- Determinare quantitativamente i parametri del modello di *fitting*
- Determinare i parametri di un controllore PI secondo il metodo IMC.

Step Test data



SVOLGIMENTO

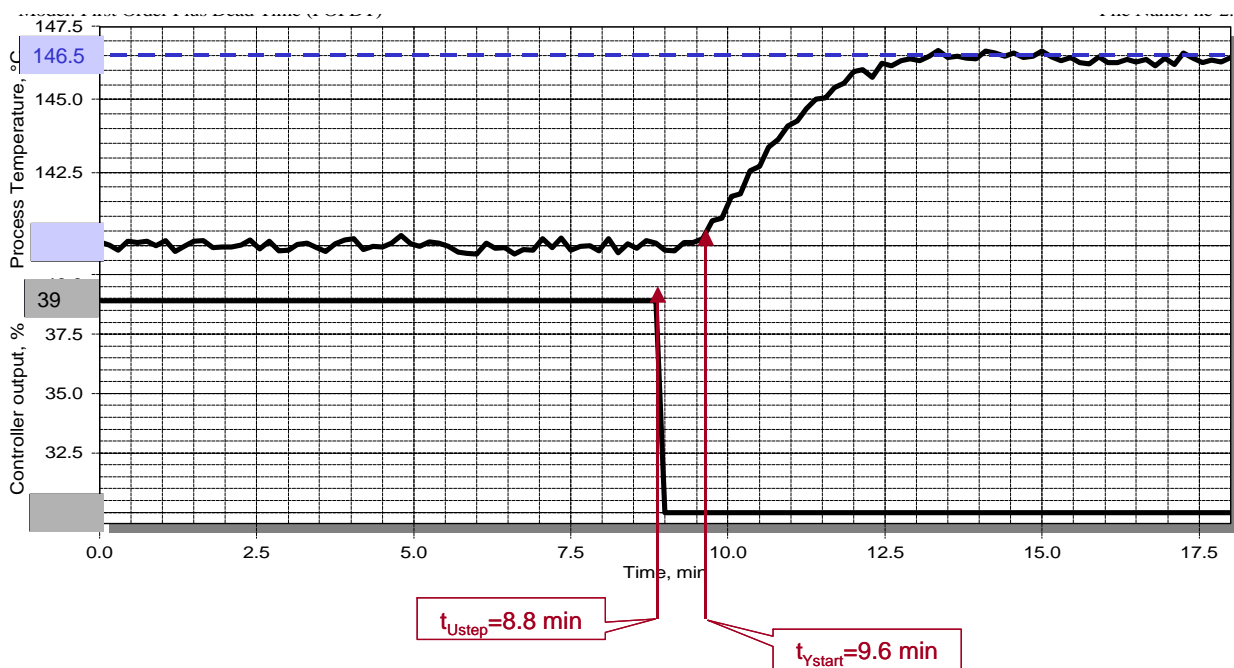
0. Modello di *fitting*

Il modello proposto è: *First Order Plus Dead Time* (FOPDT)

N.B.: nel seguito lo svolgimento viene fatto per punti successivi. Alcuni punti richiedono "un'esecuzione manuale", altri sono basati su "formule di calcolo" del foglio Mathcad.

1. Analisi dei diagrammi (1)

In base all'osservazione visuale della curva di risposta, si decide di considerare la risposta come generata da un sistema del primo ordine. Pertanto i tempi caratteristici sono:



2. Calcolo di K_P

$$K_P = \frac{\text{Steady State Change in the Measured Process Variable, } \Delta y(t)}{\text{Steady State Change in the Controller Output, } \Delta o(t)}$$

$$\Delta y := (146.5 - 140)$$

$$\Delta o := (30 - 39)$$

$$K_P := \frac{\Delta y}{\Delta o}$$

$$K_P = -0.722$$

NB: K_P ha in questo caso unità °C/%

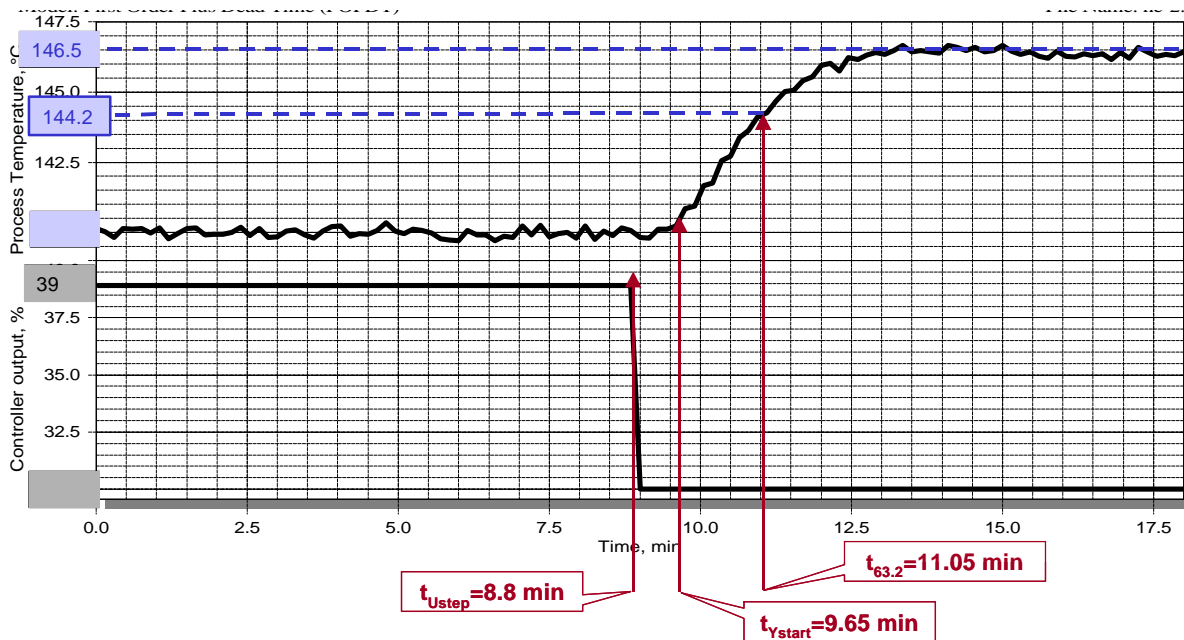
3. Calcolo di $y_{63.2}$

$y(t)$ starts at 140.0°C and shows a total change $\Delta y = 6.5$

$$y_s := 140 \quad y_{63.2} := y_s + 0.632 \cdot \Delta y \quad y_{63.2} = 144.108$$

$y(t)$ passes through 144.1°C at $t_{63.2} = 11.05$ min

4. Analisi dei diagrammi (2)

5. Calcolo di τ_p

$$t_{Ustep} := 8.8 \text{ min} \quad t_{Ystart} := 9.65 \text{ min} \quad t_{63.2} := 11.05 \text{ min}$$

- The time constant is the time difference between t_{Ystart} and $t_{63.2}$
- Time constant must be positive and have units of time

From the plot:

$$\tau_p := t_{63.2} - t_{Ystart} \quad \tau_p = 1.4 \text{ min}$$

6. Calcolo di t_d

- The dead time is the time difference between t_{Ystart} and t_{Ustep}

$$t_d := t_{Ystart} - t_{Ustep} \quad t_d = 0.85 \text{ min}$$

PID tuning Formule IMC

$$\tau_C := \max(0.1\tau_P, 0.8t_d) \quad \tau_C = 0.68 \text{ min}$$

Controllore P

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{0.202}{K_P} \left(\frac{t_d}{\tau_P} \right)^{-1.219}$$

$$K_C = -0.514$$

NB: in questo e nei casi successivi il controllore avrà una azione *direct acting***Controllore PI**

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{1}{K_P} \cdot \frac{\tau_P}{t_d + \tau_C}$$

$$K_C = -1.267$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := \tau_P$$

$$\tau_I = 1.4 \text{ min}$$

Controllore PID

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{1}{K_P} \cdot \frac{\tau_P + 0.5 \cdot t_d}{\tau_C + 0.5 \cdot t_d}$$

$$K_C = -2.287$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := \tau_P + 0.5 \cdot t_d$$

$$\tau_I = 1.825 \text{ min}$$

tempo derivativo del controllore

$$\tau_D := \frac{\tau_P \cdot t_d}{2 \cdot \tau_P + t_d}$$

$$\tau_D = 0.326 \text{ min}$$

PID tuning *Formule 1° met. Ziegler e Nichols***Controllore P**

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d}$$

$$K_C = -2.281$$

Controllore PI

Guadagno del controllore

$$K_C := 0.9 \cdot \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d}$$

$$K_C = -2.052$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := 3t_d$$

$$\tau_I = 2.55 \text{ min}$$

Controllore PID

Guadagno del controllore

$$K_C := 1.2 \cdot \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d}$$

$$K_C = -2.737$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := 2t_d$$

$$\tau_I = 1.7 \text{ min}$$

tempo derivativo del controllore

$$\tau_D := 0.5t_d$$

$$\tau_D = 0.425 \text{ min}$$

PID tuning Formule Cohen e Coon**Controllore P**

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d} \cdot \left(1 + \frac{t_d}{3 \cdot \tau_P} \right)$$

$$K_C = -2.742$$

Controllore PI

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d} \cdot \left(0.9 + \frac{t_d}{12 \cdot \tau_P} \right)$$

$$K_C = -2.168$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := \frac{30 + 3 \cdot \frac{t_d}{\tau_P}}{9 + 20 \cdot \frac{t_d}{\tau_P}} t_d$$

$$\tau_I = 1.279 \text{ min}$$

Controllore PID

Guadagno del controllore

$$K_C := \frac{\tau_P}{K_P \cdot t_d} \cdot \left(\frac{4}{3} + \frac{t_d}{4 \cdot \tau_P} \right)$$

$$K_C = -3.387$$

Reset time del controllore

$$\tau_I := \frac{32 + 6 \cdot \frac{t_d}{\tau_P}}{13 + 8 \cdot \frac{t_d}{\tau_P}} t_d$$

$$\tau_I = 1.697 \text{ min}$$

tempo derivativo del controllore

$$\tau_D := \frac{4}{11 + 2 \cdot \frac{t_d}{\tau_P}} \cdot t_d$$

$$\tau_D = 0.278 \text{ min}$$