

Esercitazione di Controlli Automatici 1 – n°10

Si vuole procedere alla taratura del regolatore industriale C_2 , inserito nel sistema di controllo della temperatura analizzato nelle esercitazioni n° 1, n° 2 e n° 3, e sotto riportato.

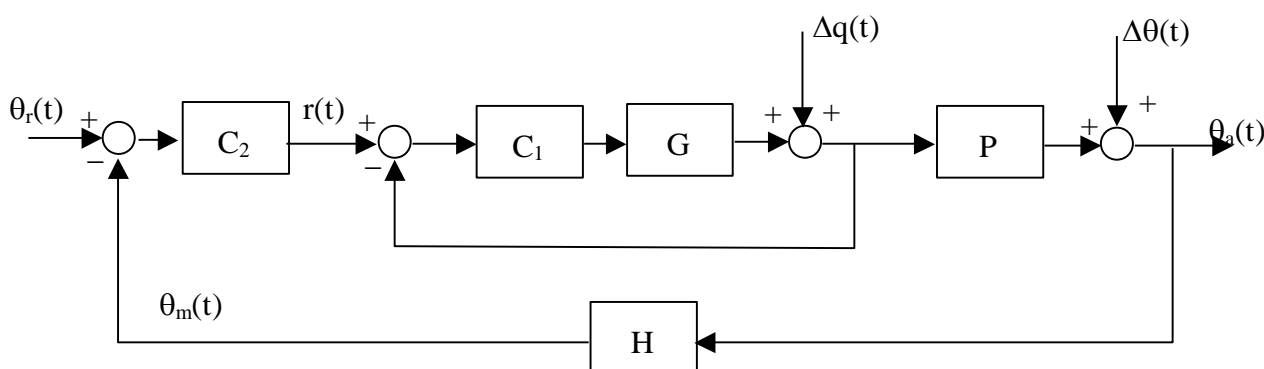
È stato effettuato uno step-test variando, a ciclo aperto, il set-point del regolatore C_1 agente sulla valvola dal valore $r_1=202$ al valore $r_2=222$. L'andamento delle letture della temperatura ambiente rilevata all'uscita del trasduttore H_2 , θ_m , è stato riportato nel diagramma allegato.

Sulla base dei parametri individuati per il modello approssimato $\frac{\theta_m(s)}{R(s)} \approx \frac{K}{1 + \tau_{eq}s} e^{-sT_m}$, si calcolino i parametri K_p , τ_I , e τ_D per le diverse configurazioni del regolatore industriale utilizzando la seguente tabella.

Taratura di Ziegler-Nichols

| | K_p | τ_I | τ_D |
|-----|-----------------------------|----------|----------|
| P | $\frac{\tau_{eq}}{KT_m}$ | — | — |
| PI | $\frac{0.9\tau_{eq}}{KT_m}$ | $3T_m$ | — |
| PID | $\frac{1.2\tau_{eq}}{KT_m}$ | $2T_m$ | $0.5T_m$ |

Si effettui l'analisi delle prestazioni del sistema a ciclo chiuso, nei tre casi, sia rispetto al legame ingresso-uscita che ai legami disturbi-uscita.

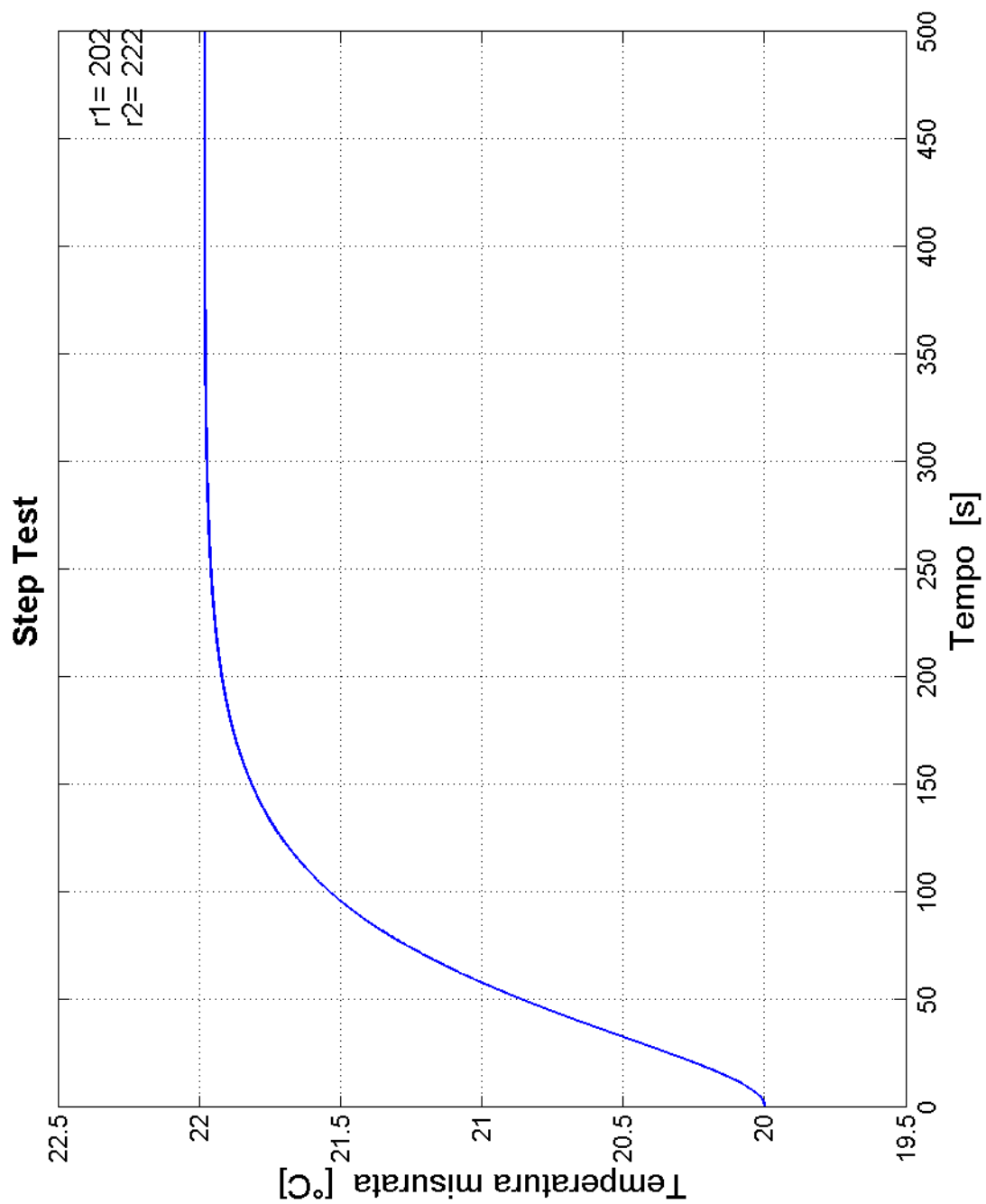


$$P(s) = \frac{k_p}{(1 + \tau_{p1}s)(1 + \tau_{p2}s)} = \frac{0.1}{1000s^2 + 70s + 1}$$

$$G(s) = \frac{k_G}{1 + \tau_G s} = \frac{1}{1 + 10s}$$

$$C_1(s) = k_{C1} = 100$$

$$H(s) = \frac{k_H}{1 + \tau_H s} = \frac{1}{1 + s}$$



Soluzione esercitazione 10

Per effettuare la taratura con il secondo metodo di Ziegler-Nichols occorre valutare alcuni parametri approssimati del transitorio del processo in risposta a una variazione a gradino del set point. Il modello approssimato considerato è

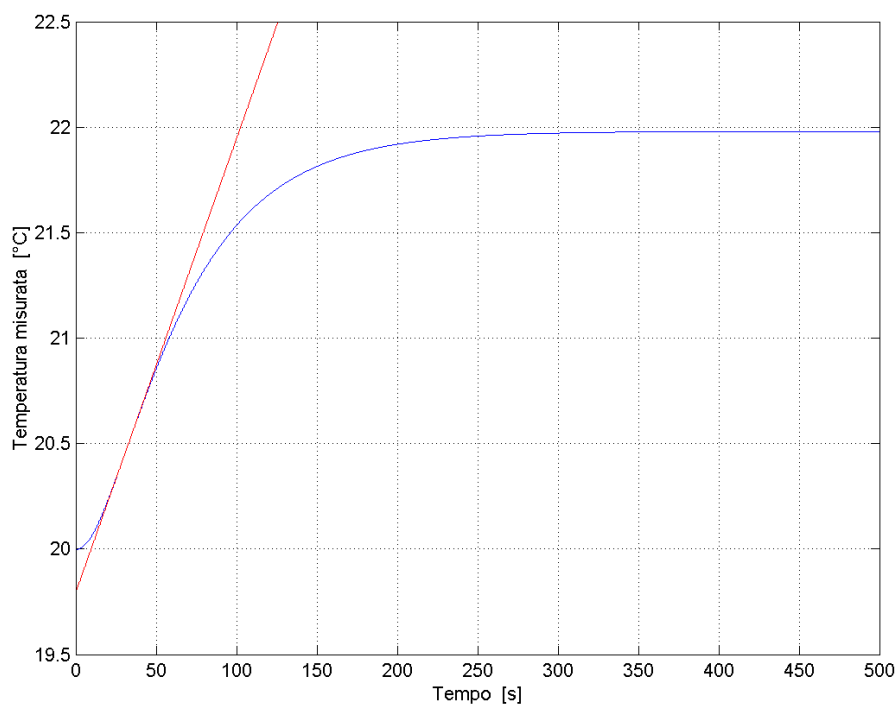
$$\frac{\theta_m(s)}{R(s)} \approx \frac{K}{1 + \tau_{eq}s} e^{-sT_m},$$

occorre calcolare i parametri K_p , τ_i , e τ_d per le diverse configurazioni del regolatore industriale utilizzando la seguente tabella.

Taratura di Ziegler-Nichols

| | K_p | τ_I | τ_D |
|-----|-----------------------------|----------|----------|
| P | $\frac{\tau_{eq}}{KT_m}$ | — | — |
| PI | $\frac{0.9\tau_{eq}}{KT_m}$ | $3T_m$ | — |
| PID | $\frac{1.2\tau_{eq}}{KT_m}$ | $2T_m$ | $0.5T_m$ |

Un metodo per valutare i parametri necessari è quello di tracciare una retta passante per il punto di flesso della risposta e altre due rette orizzontali corrispondenti al valore iniziale e di regime dell'uscita considerata. L'ascissa per cui si ha l'intersezione tra la retta passante per il punto di flesso e quella per il valore iniziale dell'uscita è considerato il tempo morto del modello approssimato. L'ascissa per cui si ha l'intersezione tra la retta passante per il flesso e quella parallela al valore di regime viene considerata come la somma del tempo morto e del tempo equivalente. Alternativamente si può scegliere l'istante di tempo in cui la risposta indiciale raggiunge il 63% del valore di regime come somma $T_m + T_{eq}$. Il valore di regime è semplicemente il rapporto tra l'uscita e l'ingresso dopo un tempo sufficientemente grande affinché la dinamica transitoria si sia esaurita.



Nel nostro caso abbiamo un tempo morto di circa 9 secondi, un tempo equivalente di circa 90 secondi e un valore di K_p pari $22/222=0.099$. Il modello approssimato del sistema sarà dunque:

$$\frac{\theta_m(s)}{R(s)} \approx \frac{0.1}{1+90s} e^{-s9}$$

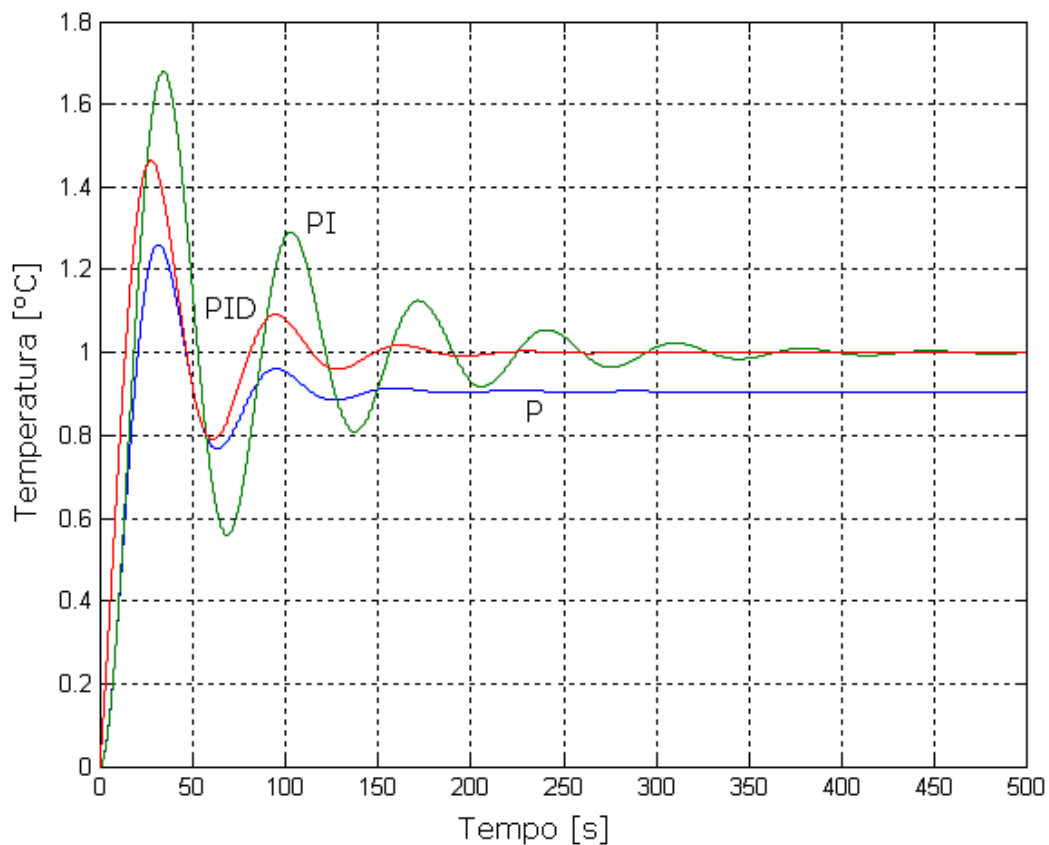
I vari regolatori tarati secondo il metodo di Ziegler-Nichols saranno (in forma poli-zeri):

$$C_p = 98$$

$$C_{PI} = \frac{88.0775(s + 0.03505)}{s}$$

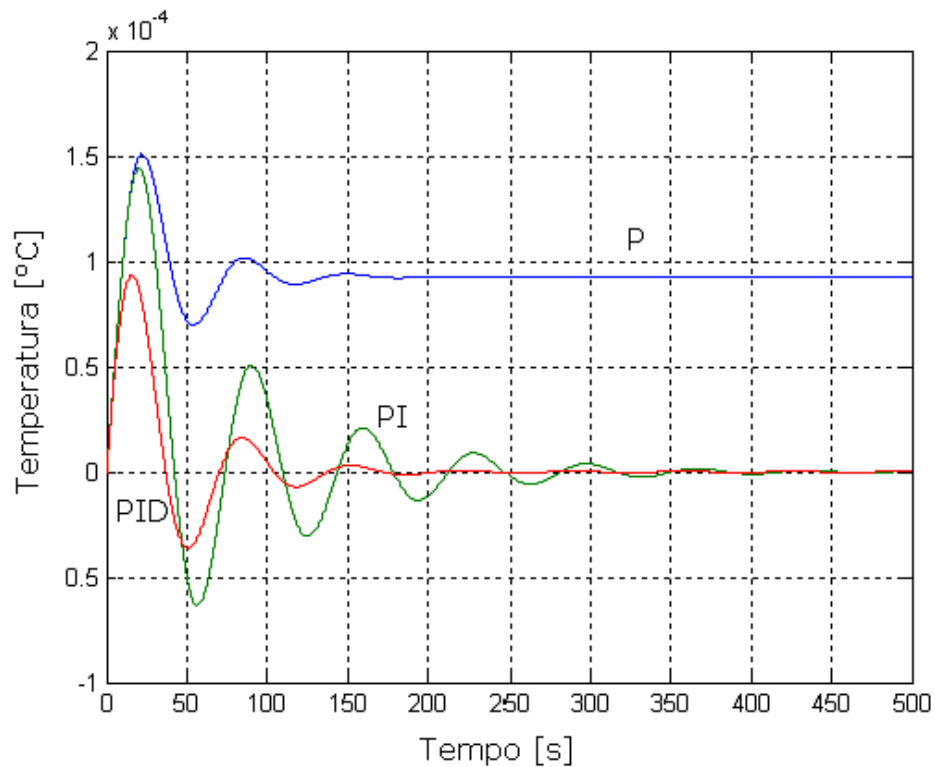
$$C_{PID} = \frac{558411.6009(s + 0.1052)^2}{s(s + 1000)}$$

Nel grafico seguente è mostrato un paragone tra le risposte indicali del sistema a ciclo chiuso con i vari regolatori, la simulazione è stata effettuata con matlab-simulink:

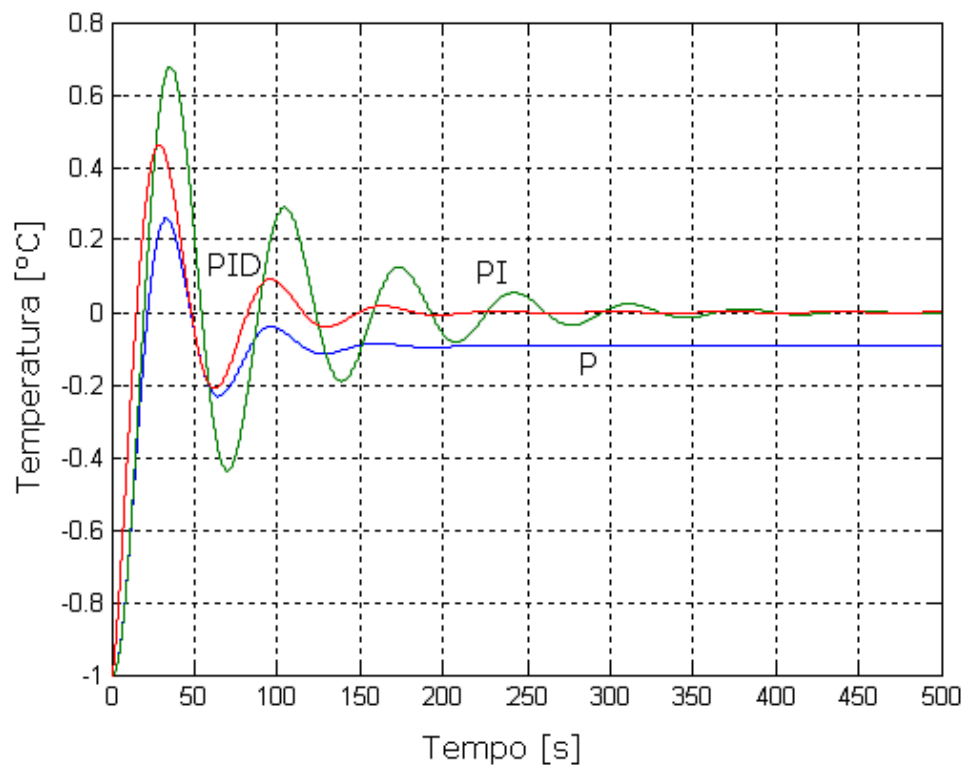


Si può notare come il PI e il PID garantiscano errore nullo a regime.

Per quanto riguarda i legami disturbo uscita mostriamo nel seguente grafico le risposte a un disturbo a gradino agente nel loop interno:



Dal grafico si può osservare come la reiezione del disturbo è caratterizzata da un transitorio con un rapporto di decadimento tra picchi successivi di circa $\frac{1}{4}$ per il PID e di circa $\frac{1}{3}$ per il PI. Il regolatore P seppur garantisce un buon transitorio non consente di avere un errore nullo a regime. Per quanto riguarda in invece il disturbo sull' uscita, mostriamo nel seguente grafico i vari step test paragonati, sempre tramite simulazione con simulink:



Essendo il secondo disturbo applicato direttamente sull' uscita troviamo che la risposta al gradino non parte da 0 ma da -1 (essendo il disturbo additivo ma negativo). Anche per quest' ultimo disturbo notiamo un rapporto di decadimento tra i picchi successivi di circa $\frac{1}{4}$ per il regolatore PID, un po' meno per il regolatore PI.