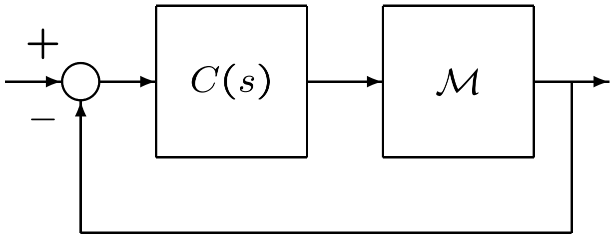
REGOLATORI STANDARD



Definizione del segnale errore: $e(t) \doteq y_0(t) - y(t)$

- Regolatore proporzionale (P): $u(t) = K_p\, e(t) \quad \Longrightarrow \quad C(s) = K_p$

  Caratteristiche:

  diminuisce il tempo di salita, diminuisce l'errore a regime, aumenta la sovraelongazione

- Regolatore integrale (I): $u(t) = K_p \int_0^t \frac{e(\tau)}{T_i} d\tau \quad \Longrightarrow \quad C(s) = \dfrac{K_p}{T_i s}$

  Caratteristiche:

  aumenta il tempo di salita, annulla l'errore a regime, peggiora la sovraelongazione

- Regolatore derivativo (D): $u(t) = K_p\, T_d \dot{e}(t) \quad \Longrightarrow \quad C(s) = K_p T_d s$

  Caratteristiche:

  diminuisce il tempo di salita, diminuisce la sovraelongazione, non può essere usato da solo

REGOLATORI STANDARD: AZIONI MISTE

- Regolatore proporzionale-integrale (PI):

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

- Regolatore proporzionale-derivativo (PD):

$$C(s) = K_p(1 + T_d s)$$

- Regolatore proporzionale-integrale-derivativo (PID):

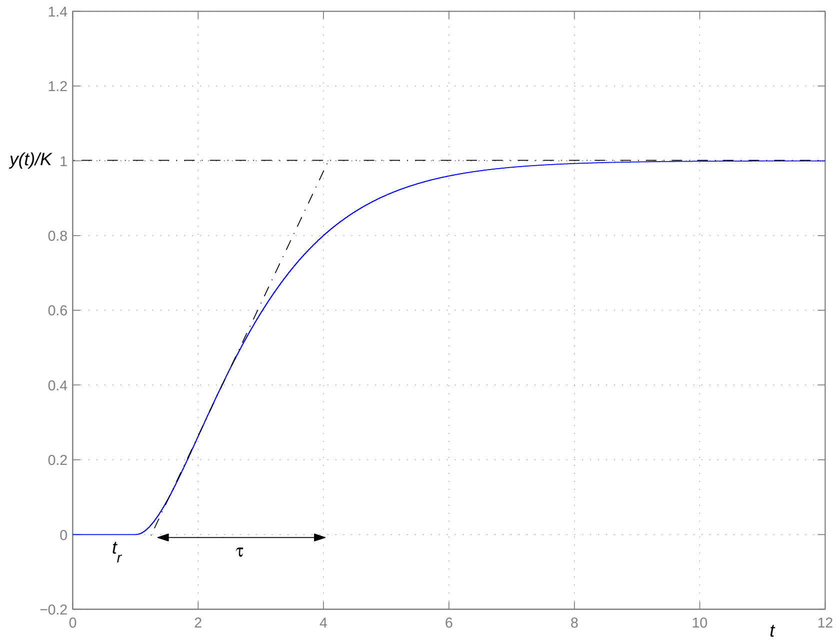
$$C(s) = K_p \left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s}\right)$$

- La determinazione dei parametri passa attraverso opportune formule empiriche (Metodi di Ziegler-Nichols)

- Applicabile a sistemi dinamici "comuni"

METODO DI ZIEGLER-NICHOLS (I)

- Risposta al gradino dell'impianto da controllare



  - t_r: tempo di ritardo
  - τ: costante di tempo
  - $K := \overline{Y}/\overline{U}$: guadagno statico

- Funzione di trasferimento approssimata del sistema da controllare

$$P(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} \approx \frac{K}{1+s\tau}\, e^{-t_r s}$$

METODO DI ZIEGLER-NICHOLS (I)

- Regolatore proporzionale (P):

$$K_p = \frac{1}{K}\ \frac{\tau}{t_r}$$

- Regolatore integrale (I):

$$\frac{K_p}{T_i} = \frac{4}{K\tau}$$

- Regolatore proporzionale-integrale (PI):

$$K_p = \frac{0.9}{K}\ \frac{\tau}{t_r}\ ; \quad T_i = 3.3\ t_r$$

- Regolatore proporzionale-derivativo (PD):

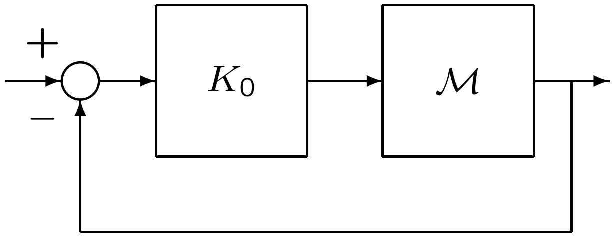
$$K_p = \frac{1.2}{K}\ \frac{\tau}{t_r}\ ; \quad T_d = 0.3\ t_r$$

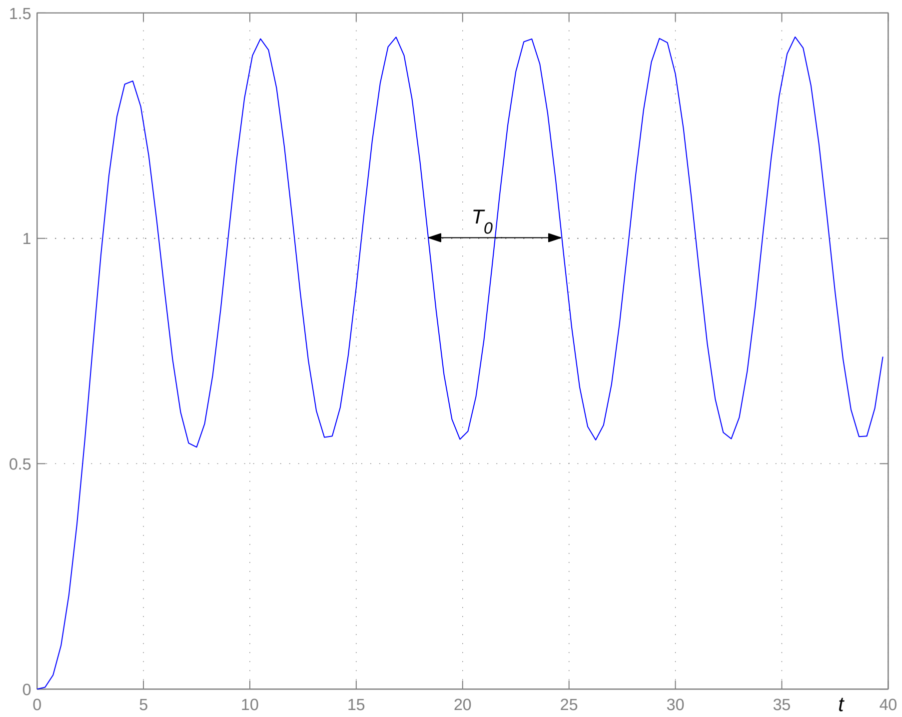
- Regolatore proporzionale-integrale-derivativo (PID):

$$K_p = \frac{1.2}{K}\ \frac{\tau}{t_r}\ ; \quad T_i = 2\ t_r\ ; \quad T_d = 0.5\ t_r$$

METODO DI ZIEGLER-NICHOLS (II)

- Risposta al gradino del sistema controllato con guadagno K_0





- K_0: guadagno critico

- T_0: periodo di oscillazione

- Espressioni dei parametri

  - Regolatore proporzionale (P):

$$K_p = 0.5\ K_0$$

  - Regolatore proporzionale-integrale (PI):

$$K_p = 0.45\ K_0\ ; \qquad T_i = 0.85\ T_0$$

  - Regolatore proporzionale-derivativo (PD):

$$K_p = 0.5\ K_0\ ; \qquad T_d = 0.2\ T_0$$

  - Regolatore proporzionale-integrale-derivativo (PID):

$$K_p = 0.6\ K_0\ ; \qquad T_i = 0.5\ T_0\ ; \qquad T_d = 0.12\ T_0$$

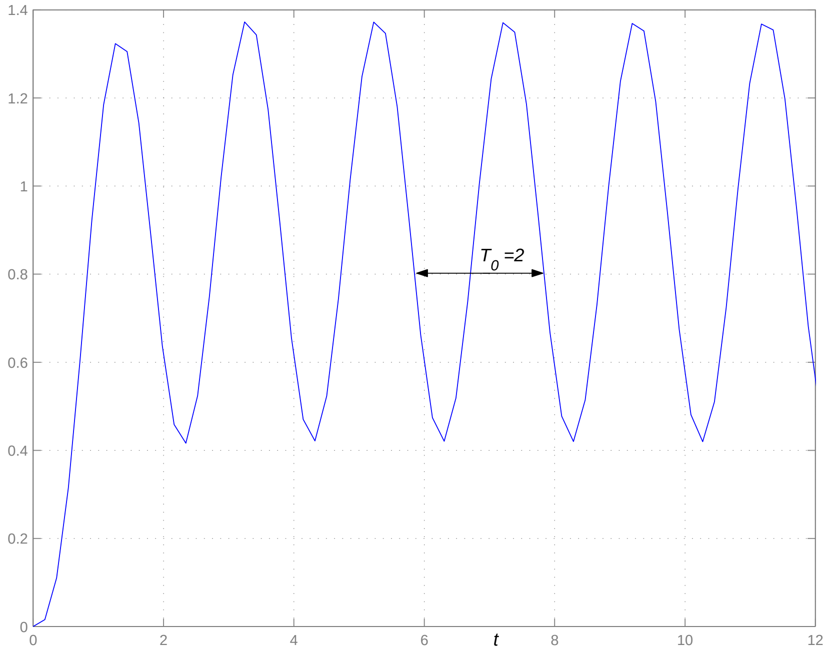
METODO DI ZIEGLER-NICHOLS (II): ESEMPIO

- Impianto $\mathcal{M}$ LTI stabile con 1 polo reale e 2 poli complessi coniugati

$$P(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 10s + 2}$$

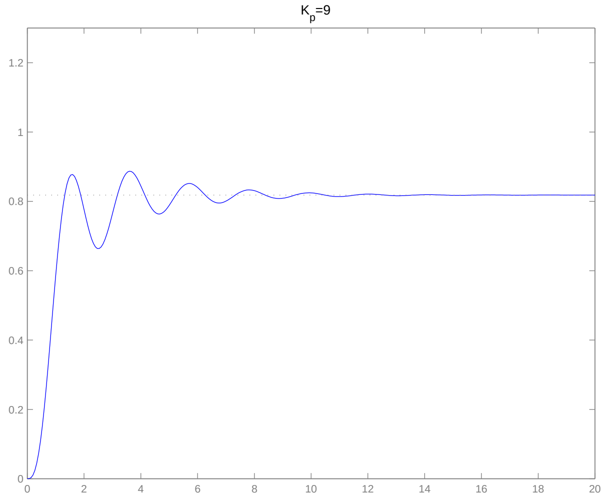
- Portato all'oscillazione fornisce $K_0 = 18$ (si può usare il criterio di Routh) e $T_0 = 2$:

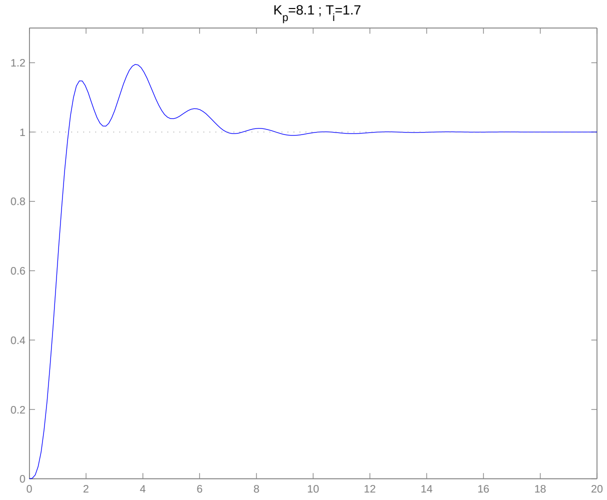
```
>> P=tf(1,[1 2 10 2]);
>> W=feedback(18*P,1);
>> step(W);
```



METODO DI ZIEGLER-NICHOLS (II): ESEMPIO

- Regolatore proporzionale (P) e Regolatore proporzionale-integrale (PI):





- Regolatore proporzionale-derivativo (PD) e Regolatore proporzionale-integrale-derivativo (PID):