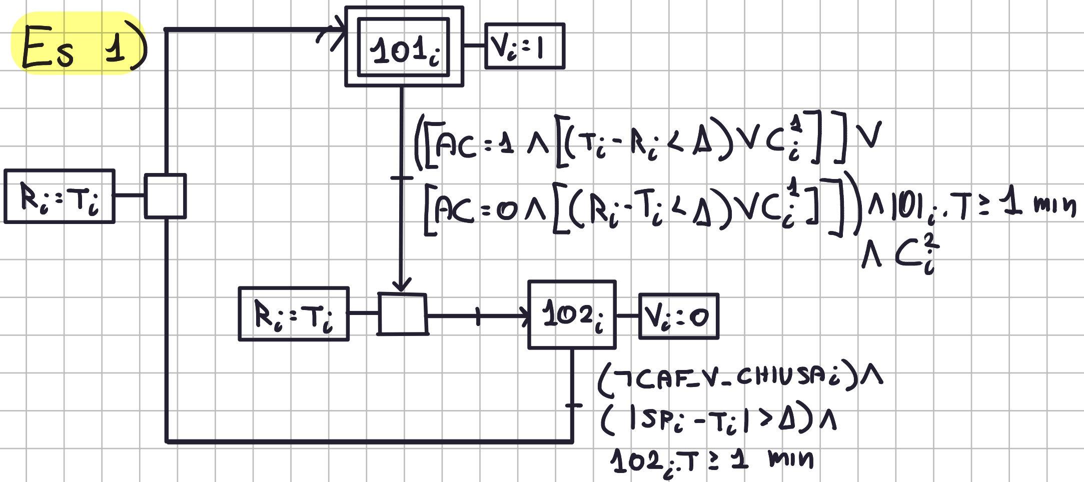
Es 1)



$C_i^1 : |T_i - SP_i| \leq \Delta$

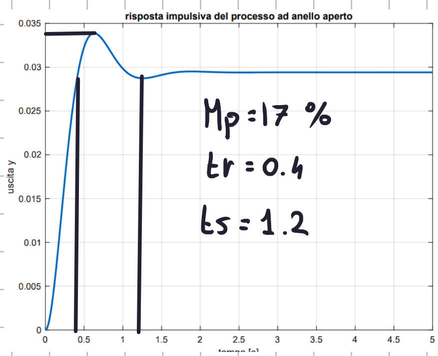
$C_i^2 : \exists j (j \neq i \wedge V_j = 1)$

↑ Almeno un'altra valvola e' aperta

$CAF\_V\_CHIUSA_i =$
$(AC=0 \wedge R_i - T_i = \Delta) \vee$
$(AC=1 \wedge T_i - R_i = \Delta)$

Es 2)

Procedo a stimare la Funzione di trasferimento, come prima cosa in base alla risposta, sia $P(s)$ il processo, trovo $H(s)$ come segue: la risposta al gradino di $H(s)$ e' uguale alla risposta all'impulso di $P(s)$: $H(s) \cdot \frac{1}{s} = P(s)$. Assumo che la risposta in Figura sia la risposta al gradino di $H(s)$. Si hanno i parametri:



⇒ In base a cio' considero

$$H(s) = \frac{K'}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} = \frac{K'}{s^2 + 8.82s + 81} \Rightarrow P(s) = \frac{K'}{s(s^2 + 8.82s + 81)}$$

$\zeta = 0.49 \qquad \omega_n = 9$

Ora considero la risposta ad anello chiuso al gradino, il sistema con un guadagno 204 e' ai limiti della stabilita', il polinomio caratteristico e': $s(s^2 + 8.82s + 81) + 204 \cdot K'$ ed ha una radice in 0, col criterio di Routh:

s^3	1	81
s^2	8.82	$204k$
s	$81.0 - 23.1292517006803k$	0
1	$204k$	0

$\Rightarrow K \approx 0.03$

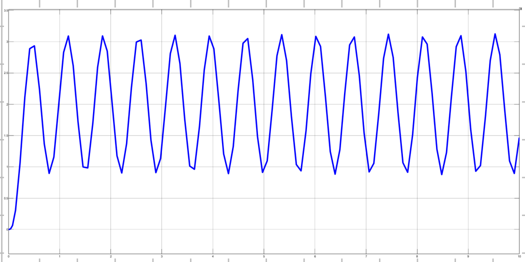
Con qualche tentativo di simulazione, provo a considerare un guadagno 2.35 e riconsiderare il coefficiente 8.81.

$P(s) = \frac{2.35}{s(s^2 + a \cdot s + 81)}$ ⇒ ora stimo a considerando la risposta ad anello chiuso con guadagno $K = 204$

$$W(s) = \frac{2.35 \cdot 204}{s(s^2 + a \cdot s + 81) + 2.35 \cdot 204}$$

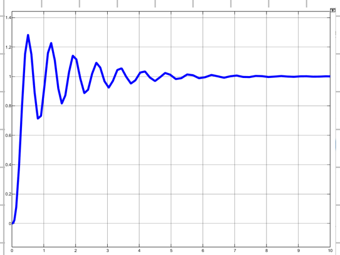
s^3	1	81
s^2	a	479.4
s	$81 - \frac{479.4}{a}$	0
1	$\frac{38831.4a - 229824.36}{81a - 479.4}$	0

Sapendo che $W(s)$ non e' a.s. $\Rightarrow 8-\frac{479.4}{a}=0 \Rightarrow a=5.9$ il processo stimato e' $P(s)=\frac{2.35}{s^3+5.91s^2+81s}$, la risposta a $u(t)=2$ con anello chiuso e $K=204$ e':

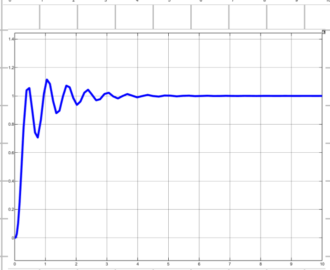


E' in linea con la Figura data. A questo punto uso il modello per progettare un regolatore. L'azione integrale non e' necessaria, provo con un regolatore P : $C(s)\cdot P(s)=\frac{2.35\cdot K_p}{s^3+5.91s^2+81s+2.35K_p}$

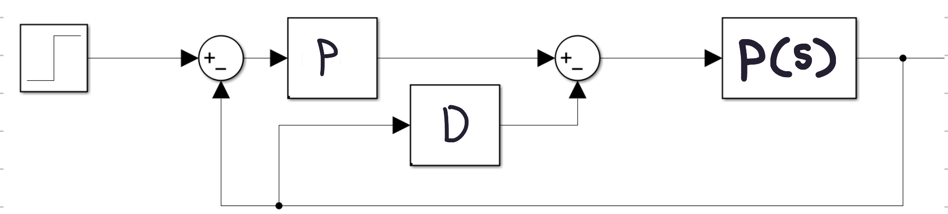
considero $K_p=150$, la risposta e' la seguente:

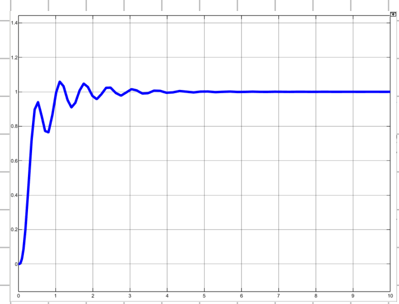


Il tempo di salita e' rapido, le oscillazioni sono eccessive e la sovraelongazione e' circa del 30 %. Provo con l'aggiunta di un regolatore derivativo con $K_D=10$ e $K_P=120$



La derivata e' filtrata in banda con $N=20$, la sovraelongazione e' circa 15 %. Per ridurre lo sforzo di controllo, considero l'azione derivativa solo sull'uscita:

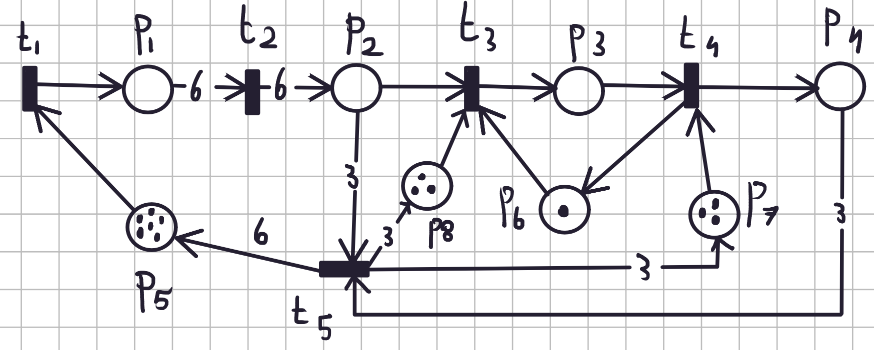




$$C(s)=120\cdot\left(1+\frac{s\cdot 0.08}{1+0.004s}\right)$$

↑ AZIONE D sull'errore

Es3)



p_5, p_2, p_1 rappresentano il buffer B_0
p_3 rappresenta M_1 e p_4 B_1
quando ci sono 3 pezzi su p_2 e 3 pezzi su p_4, t_5 che rappresenta M_2 scatta

Studio gli invarianti P e T calcolando $Ker(C)$ e $Ker(C^T)$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & -6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & -1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -3 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 3 \end{bmatrix} \qquad C^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -6 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & -3 & 0 & -3 & 6 & 0 & -3 & 3 \end{bmatrix} \qquad x_0 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 6 \\ 1 \\ 3 \\ 3 \end{vmatrix}$$

$Ker(C) = \{[6x, x, 3x, 3x, x]^T,\ x \in \mathbb{R}\} \Rightarrow$ T inv. canonico : $[6, 1, 3, 3, 1]$
$Ker(C^T) = \{[a, a, a+b+d, a+c+d, a, b, c, d]^T,\ a, b, c, d \in \mathbb{R}\}$

P invarianti canonici :

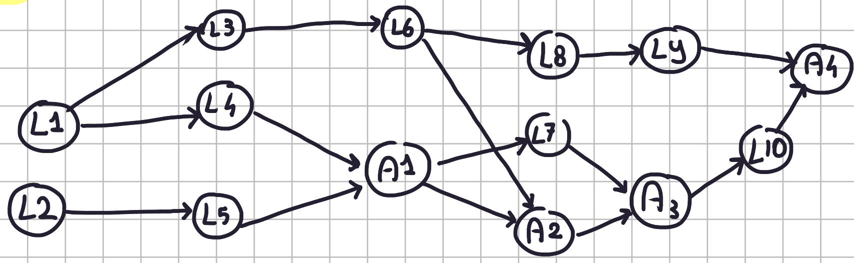
$\{[1\,1\,1\,1\,1\,0\,0\,0]^T, [0\,0\,1\,0\,0\,1\,0\,0]^T, [0\,0\,0\,1\,0\,0\,1\,0]^T, [0\,0\,1\,1\,0\,0\,0\,1]^T\}$

L'albero e' semplice perche' solo una transiz. alla volta e' attiva.

- $[0\,0\,0\,0\,6\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[1\,0\,0\,0\,5\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[2\,0\,0\,0\,4\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[3\,0\,0\,0\,3\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[4\,0\,0\,0\,2\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[5\,0\,0\,0\,1\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_1$
- $[6\,0\,0\,0\,0\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_2$
- $[0\,6\,0\,0\,0\,1\,3\,3]$
$\downarrow t_3$
- $[0\,5\,1\,0\,0\,0\,0\,3\,2]$
$\downarrow t_4$
- $[0\,5\,0\,1\,0\,0\,1\,2\,2]$
$\downarrow t_3$
- $[0\,4\,1\,1\,0\,0\,0\,2\,1] \xrightarrow{t_4} [0\,4\,0\,2\,0\,0\,1\,1\,1]$
$\uparrow t_3$
$[0\,3\,1\,2\,0\,0\,0\,1\,0]$
$\uparrow t_4$
$[0\,3\,0\,3\,0\,0\,1\,0\,0]$
$\xrightarrow{t_5} [0\,0\,0\,0\,6\,1\,3\,3]$

Variante :

Es 4)



Applico l'algoritmo RPWT

tasso di prod: $140 \frac{p}{d} = 5{,}83 \frac{p}{h}$

$= 0.09722 \frac{p}{min}$

$CMT = p^{-1} = 10{,}285$ minuti

numero minimo macchine $= \frac{63}{10.285}$

operazioni	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	A_1	A_2	A_3	A_4
durata [in minuti]	5	3	4	3	6	5	2	5	1	4	8	7	5	5
precedenti immediate	–	–	L_1	L_1	L_2	L_3	A_1	L_6	L_8	A_3	L_4 L_5	L_6 A_1	L_7 A_2	L_9 L_{10}
PW_i	52	40	41	34	37	37	16	11	6	9	31	21	14	5

Ordino secondo PW_i: $L_1 \to L_3 \to L_2 \to L_5 \to L_6 \to L_4 \to A_1 \to A_2 \to L_7 \to A_3 \to L_8 \to L_{10} \to L_9 \to A_4$

M1 : L_1 L_3 sb : 1

M2 : L_2 L_5 sb : 1

M3 L_6 L_4 sb : 2

M4 A_1 sb : 2

M5 A_2 L_7 sb : 1

M6 A_3 L_8 sb : 0

M7 L_9 A_4 sb : 4

sb medio $= \frac{12}{7} = 1.714 = 16{,}67\ \%$