

Σχεδίαση Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου

PID Έλεγχος – Άσκηση Matlab/Simulink

Κάπρος Παναγιώτης 03118926



Σκοπός

Σκοπός της παρούσας άσκησης είναι η μελέτη και η περαιτέρω εξοικείωση θεωρητικά αλλά και πειραματικά με τους PID ελεγκτές για την σχεδίαση ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου.

Παρακάτω παρατίθενται οι απαντήσεις στα ερωτήματα που δόθηκαν στην εκφώνηση:

α. Επειδή η ψηφιοποίηση όλων των πράξεων που πραγματοποιήθηκαν θα ήταν μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, παρακάτω παρατίθενται οι σκαναρισμένες πράξεις και αποτελέσματα για την επίλυση του πρώτου ερωτήματος:

Κάπρος Παναγιώτης 03118926 ΣΣΑΕ Πρώτο Σκέλος Εξοικειωτικής Εργασίας

Έχουμε ότι:

$$G_p(s) = \frac{4500 \cdot K}{s(s + 361.2)}, \quad G_c(s) = K_p + K_d \cdot s$$

Η συνάρτηση μεταφοράς υλίστου βρόχου είναι:

$$G_{cp}(s) = \frac{G_c G_p}{1 + G_c G_p} = \frac{4500 (K_p + K_d \cdot s)}{s^2 + s(361.2 + 4500 K K_d) + 4500 K K_p}$$

Το σφάλμα στην φώνηση κατάστασης για είσοδο αναρρίχησης είναι:

- Σφάλμα ταχύτητας:

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s (K_p + K_d s) \left(\frac{4500 K}{s(s + 361.2)} \right) = K_p \frac{4500 K}{361.2}$$

$$\text{Άρα: } e_{ss} = \frac{1}{K_v} = \frac{361.2}{K_p \cdot 4500 K} \leq 0.000443 \quad \text{Άρα: } \boxed{K_p K \geq 181.2 \quad (1)}$$

$$\text{Θέλω το σύστημα με Σ.Μ.: } \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Για φέξιση υπερβόρου $M_p \leq 5\%$ έχουμε:

$$e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}} \leq 0.05 \Rightarrow -\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \leq -3 \Rightarrow \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \geq 0.955 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \zeta^2 \geq 0.91(1 - \zeta^2) \Rightarrow \boxed{\zeta^2 \geq 0.476} \Rightarrow \boxed{|\zeta| \geq 0.69 \quad (2)}$$

→

Για χρόνο αναστάτωσης $T_s \leq 0.005 \text{ sec}$ έχουμε:

ανάλυση 2% άρα: $T_s = \frac{4}{\zeta \omega_n} \Rightarrow \boxed{\omega_n \geq 1189 \text{ r/s}} \quad (3)$

Το χερ/ωσ πολ/ωσ του συστήματος είναι:

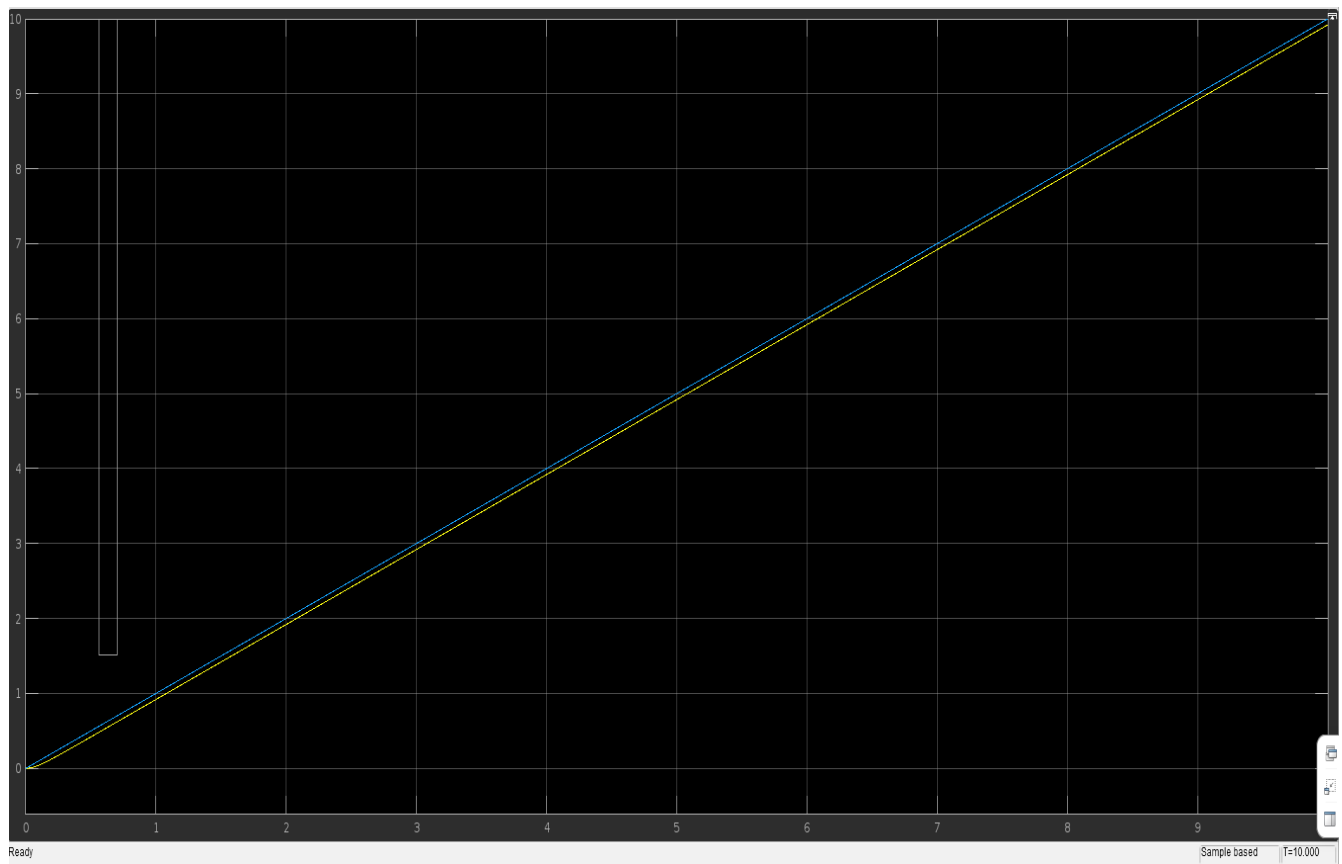
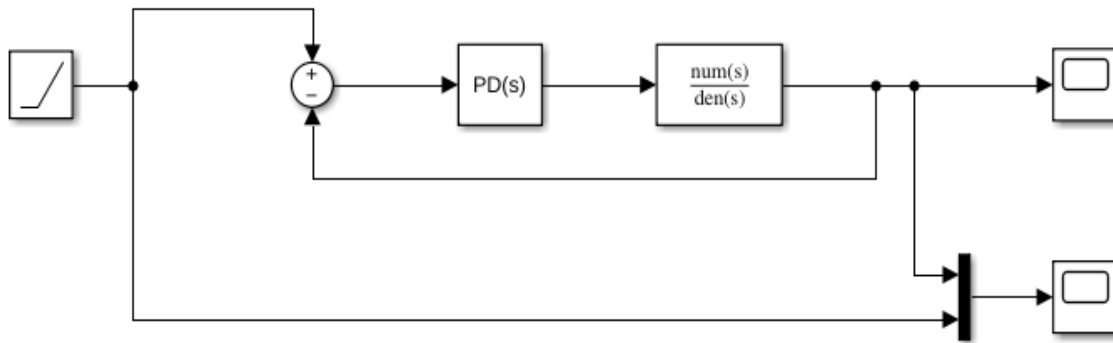
$$s^2 + \underbrace{(361.2 + 4500k \ k_d)}_{2\zeta\omega_n} s + \underbrace{4500k \ k_p}_{\omega_n^2} = 0$$

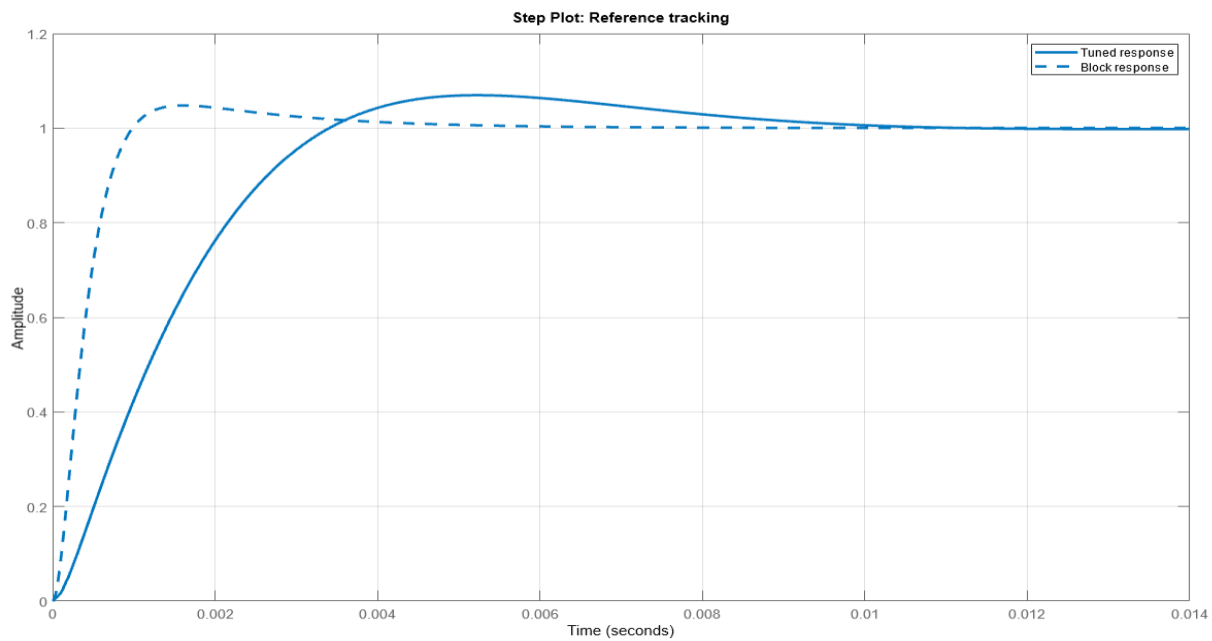
Άρα: $\omega_n^2 = 4500k \ k_p \Rightarrow \boxed{k_p k \geq 298.5} \quad (4)$ και $2\zeta\omega_n = 361.2 + 4500k \ k_d$
 $\Rightarrow \boxed{k \ k_d \geq 0.275} \quad (5)$

Άρα: για $k=1$ επιλέγω $k_p=300$ και $k_d=0.5$ και τρένω στο Simulink με τα παρακάτω αποτελέσματα:

$\boxed{e_{ss} = 0.25 \cdot 10^{-3}}$, $\boxed{M_p = 4.8\%}$, $\boxed{T_s = 0.0033 \text{ sec}}$, $\boxed{t_r = 0.0006 \text{ sec}}$

Έχοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, υλοποιούμε την προσομοίωση του συστήματος με την βοήθεια του simulink. Έτσι έχουμε:





Controller Parameters: P = 74.82, D = 0.107, N = 8005

Controller Parameters

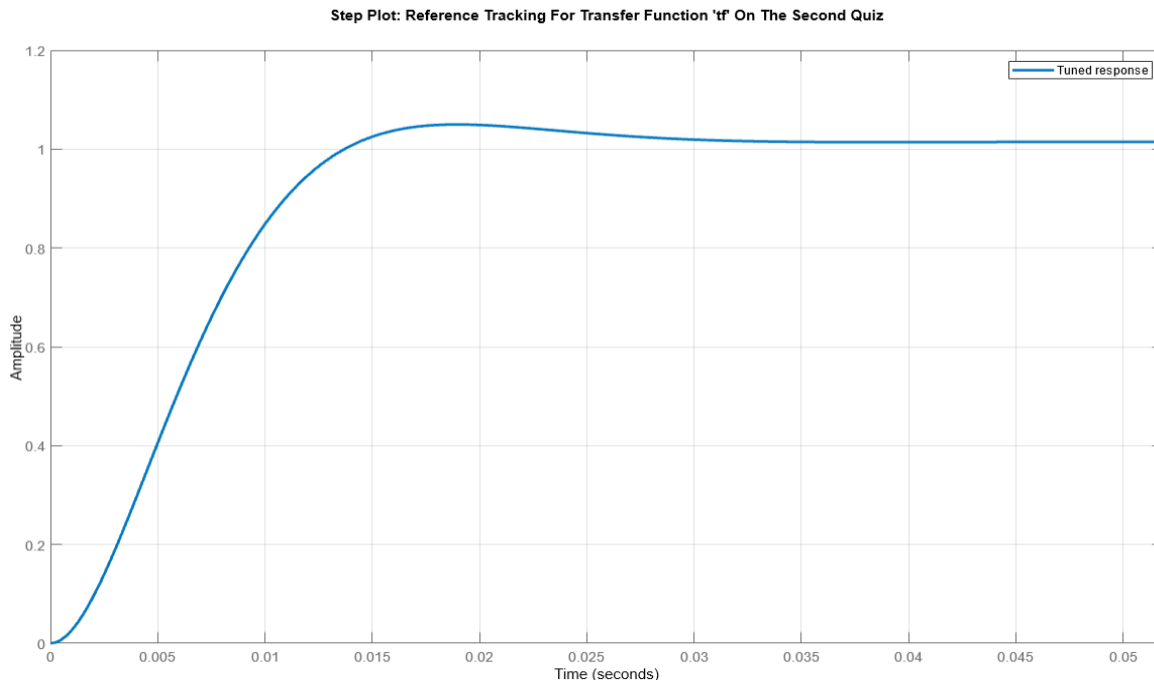
	Tuned	Block	
P	74.8181	300	^
I	n/a	n/a	
D	0.10696	0.5	
N	8004.5865	10000	
			v

Performance and Robustness

	Tuned	Block	
Rise time	0.00234 seconds	0.000614 seconds	^
Settling time	0.00862 seconds	0.00332 seconds	
Overshoot	6.96 %	4.8 %	
Peak	1.07	1.05	
Gain margin	Inf dB @ Inf rad/s	Inf dB @ Inf rad/s	
Phase margin	69.7 deg @ 643 rad/s	71.9 deg @ 2.36e+03 rad/s	
Closed-loop stability	Stable	Stable	v

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, παρατηρείται πως η έξοδος έχει την αναμενόμενη συμπεριφορά με το επιθυμητό σφάλμα μόνιμης κατάστασης, ενώ τα στοιχεία απόκρισης συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα των πράξεων.

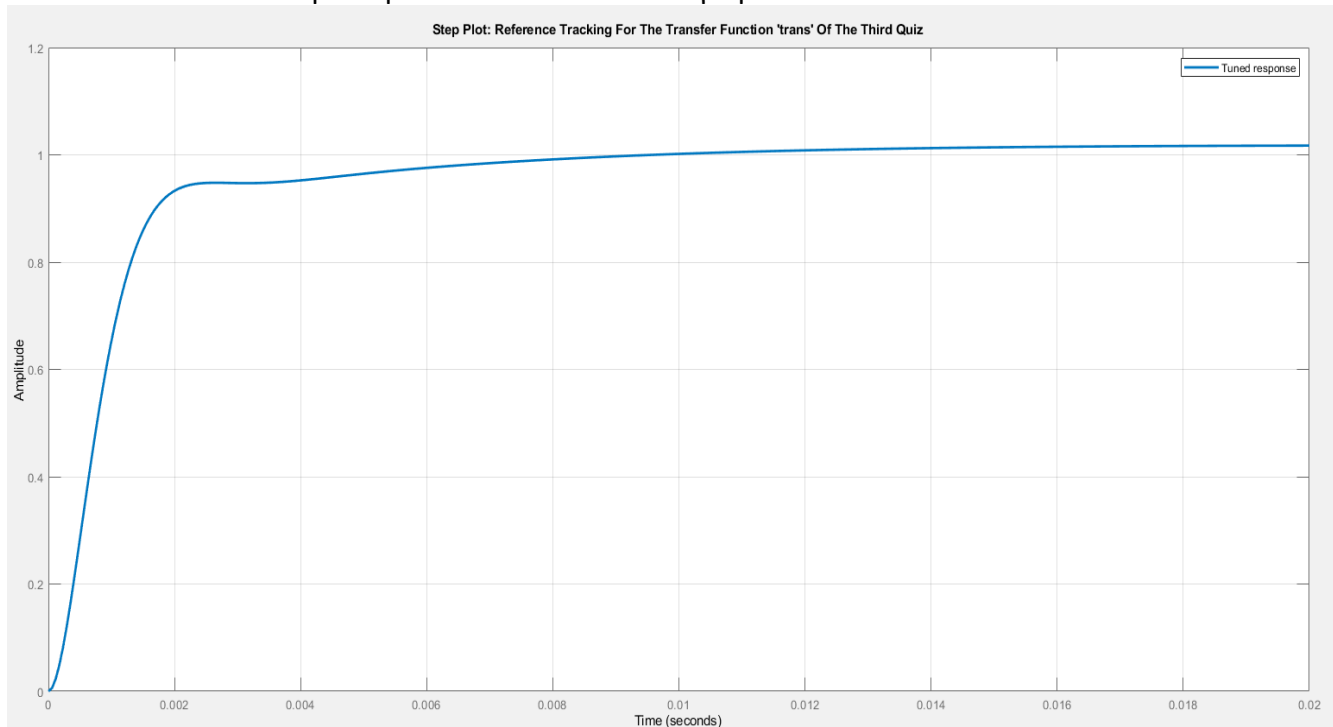
β Μέσω του PID Tuner υπολογίζουμε τις παραμέτρους του PI – ελεγκτή. Έτσι, αυτό που προέκυψε για τις παραμέτρους του ελεγκτή είναι: $K_p = 13.45$, $K_i = 36.28$. Άρα προκύπτει:



Για να επαληθευτεί η ορθότητα των παραπάνω παραμέτρων παρατίθενται τα παρακάτω αποτελέσματα:

Controller Parameters			
	Tuned	Block	
P	13.4483	1.345	^
I	36.2764	3.628	
D	n/a	n/a	
N	n/a	n/a	
			v
Performance and Robustness			
	Tuned	Block	
Rise time	0.00888 seconds	0.0919 seconds	^
Settling time	0.0295 seconds	0.832 seconds	
Overshoot	4.98 %	10.2 %	
Peak	1.05	1.1	
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s	-Inf dB @ 0 rad/s	
Phase margin	65.9 deg @ 154 rad/s	78.3 deg @ 16.9 rad/s	
Closed-loop stability	Stable	Stable	v

γ Αντίστοιχα με το ερώτημα β, χρησιμοποιούμε τον PID Tuner για να υπολογίσουμε τις κατάλληλες παραμέτρους του PID – ελεγκτή. Έτσι αυτό που προκύπτει είναι το εξής: $K_p = 0.35817$, $K_i = 6.7312$, $K_d = 0.001442$. Τα αποτελέσματα βάσει αυτών των υπολογισμών είναι:



Controller Parameters	
	Tuned
K_p	0.35817
K_i	6.7312
K_d	0.001442
T_f	n/a

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	0.00144 seconds
Settling time	0.00646 seconds
Overshoot	1.75 %
Peak	1.02
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s
Phase margin	75.6 deg @ 1.17e+03 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Επειδή ο PIDTuner στο Matlab δεν ήταν δυνατό να έχει μεγάλη ακρίβεια στον ορισμό συμπεριφοράς, ορισμένα όρια που ορίζονται στην εκφώνηση έχουν ξεπεράσει και έχει γίνει μια προσπάθεια για την βέλτιστη (όσο γίνεται) λύση.