

Σχεδίαση Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου

LAB1: PID Έλεγχος

Μιχαλίτσης Αλκιβιάδης Παναγιώτης

03118868

Ακαδημαϊκό έτος: 2021 – 2022

Μέρος 1

$$G_p(s) = 4500k/s(s + 361,2)$$

$$G_c(s) = K_p + K_d*s$$

$$G_{cp}(s) = G(s)*G_p(s)/(1+G_c(s)*G_p(s)) = 4500(K_p + K_d*s)/(s^2 + s(361,2 + 4500k K_d) + 4500k K_d)$$

Υπολογισμός σφαλμάτων:

Velocity Error:

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s*G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s(K_p + K_d*s)(4500k/s(s + 361,2)) = K_p*(4500k/361,2)$$

$$ess = 1/K_v \leq 0.00044 \rightarrow K_p*k \geq 181 \quad (1)$$

$$\text{Έστω σύστημα: } \omega_n^2/(s^2 + 2J\omega_n s + \omega_n^2)$$

$$\text{Max Overshoot} = 5\% \rightarrow$$

$$e^{-\pi J/\sqrt{1-J^2}} \leq 0,05 \rightarrow \pi J/\sqrt{1-J^2} \leq -3 \rightarrow J/\sqrt{1-J^2} \geq 0.96 \rightarrow J^2 \geq 0.92(1-J^2) \rightarrow J^2 \geq 0.478 \rightarrow$$

$$|J| \geq 0.692 \quad (2)$$

$$\text{Max Settling Time} = T_s = 0.005s, \text{ Offset} = 2\% \rightarrow$$

$$T_s = 4/J\omega_n \rightarrow \omega_n \geq 1156 \quad (3)$$

Χαρακτηριστικό Πολυώνυμο Συστήματος:

$$s^2 + (361,2 + 4500k*K_d)*s + 4500k*K_p = 0$$

όπου:

$$4500k*K_p = \omega_n^2 \rightarrow K_p*k \geq 297 \quad (4)$$

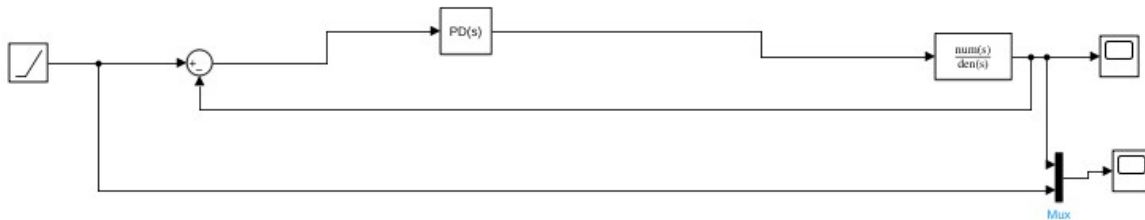
Και

$$(361,2 + 4500k*K_d) = 2J\omega_n \rightarrow K_d*k \geq 0.2753 \quad (5)$$

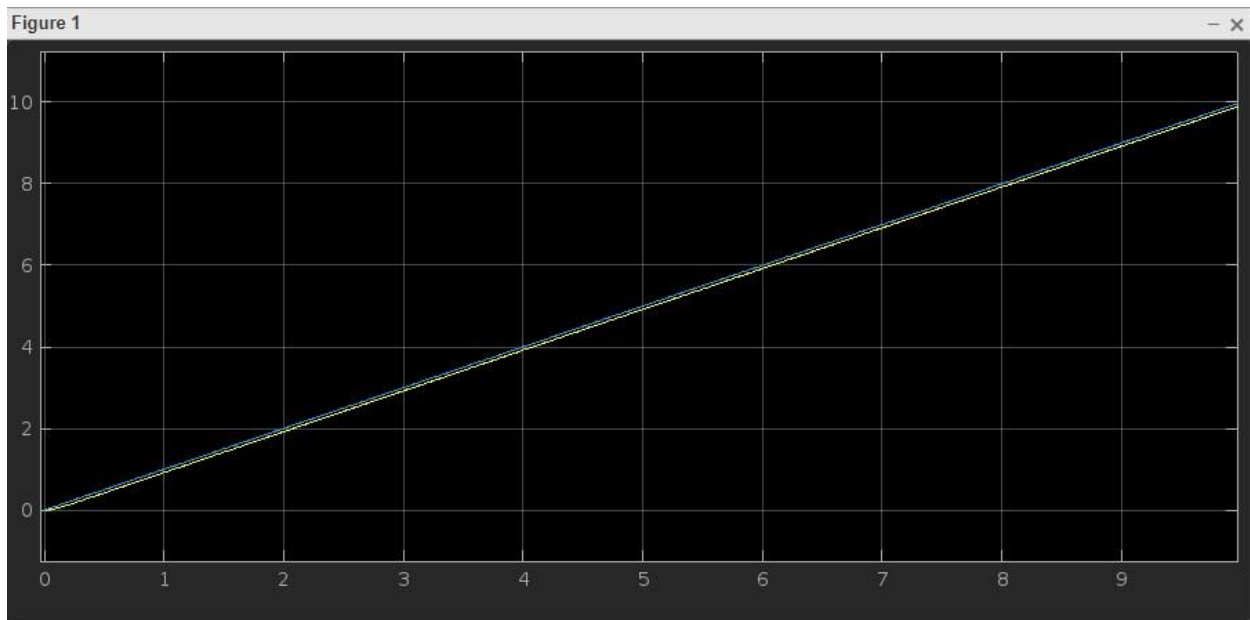
Έστω $\kappa=1$

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα αρχίζω και υλοποιώ την προσομοίωση στο Simulink και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Αρχίζω σχεδιάζοντας το σύστημα με τα απαραίτητα blocks.

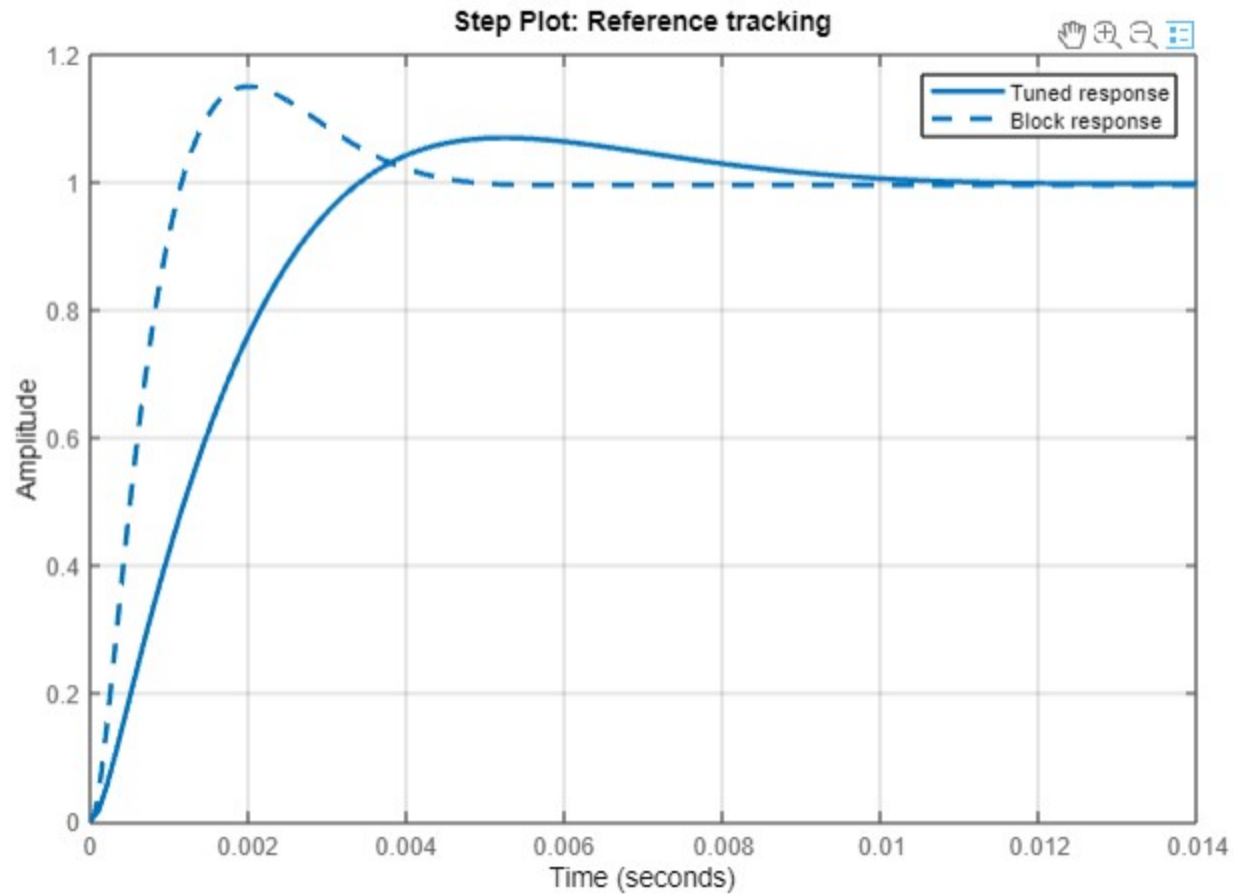


Χωρίς να ορίσω τις μεταβλητές του συστήματος προκύπτει η εξής έξοδος της Ramp Function:



Στην συνέχεια παραμετροποιώ το σύστημα με βάση την εκφώνηση.

Έπειτα περνάω τις τιμές για τα K_p , K_d που υπολογίσαμε παραπάνω και εκτελώ το σύστημα.



Controller Parameters

	Tuned	Block
P	74.8181	298.5
I	n/a	n/a
D	0.10696	0.275
N	8004.5865	8005

Performance and Robustness

	Tuned	Block
Rise time	0.00234 seconds	0.000802 seconds
Settling time	0.00862 seconds	0.00403 seconds
Overshoot	6.96 %	15 %
Peak	1.07	1.15
Gain margin	Inf dB @ Inf rad/s	Inf dB @ Inf rad/s
Phase margin	69.7 deg @ 643 rad/s	60.5 deg @ 1.57e+03 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Παρατηρείται ότι η βέλτιστες τιμές που ορίζει ο PID Tuner είναι πολύ κοντά στις τιμές που υπολογίστηκαν παραπάνω οπότε στην συνέχεια αναπτύσσω τους άλλους ελεγκτές με την χρήση του PID Tuner.

Μέρος 2

Στο μέρος 2 παραμετροποιώ το σύστημα του μέρους 1, αλλάζοντας την είσοδο της μορφής Ramp Function με είσοδο παραβολικής μορφής και όπως ζητείται στην εκφώνηση.

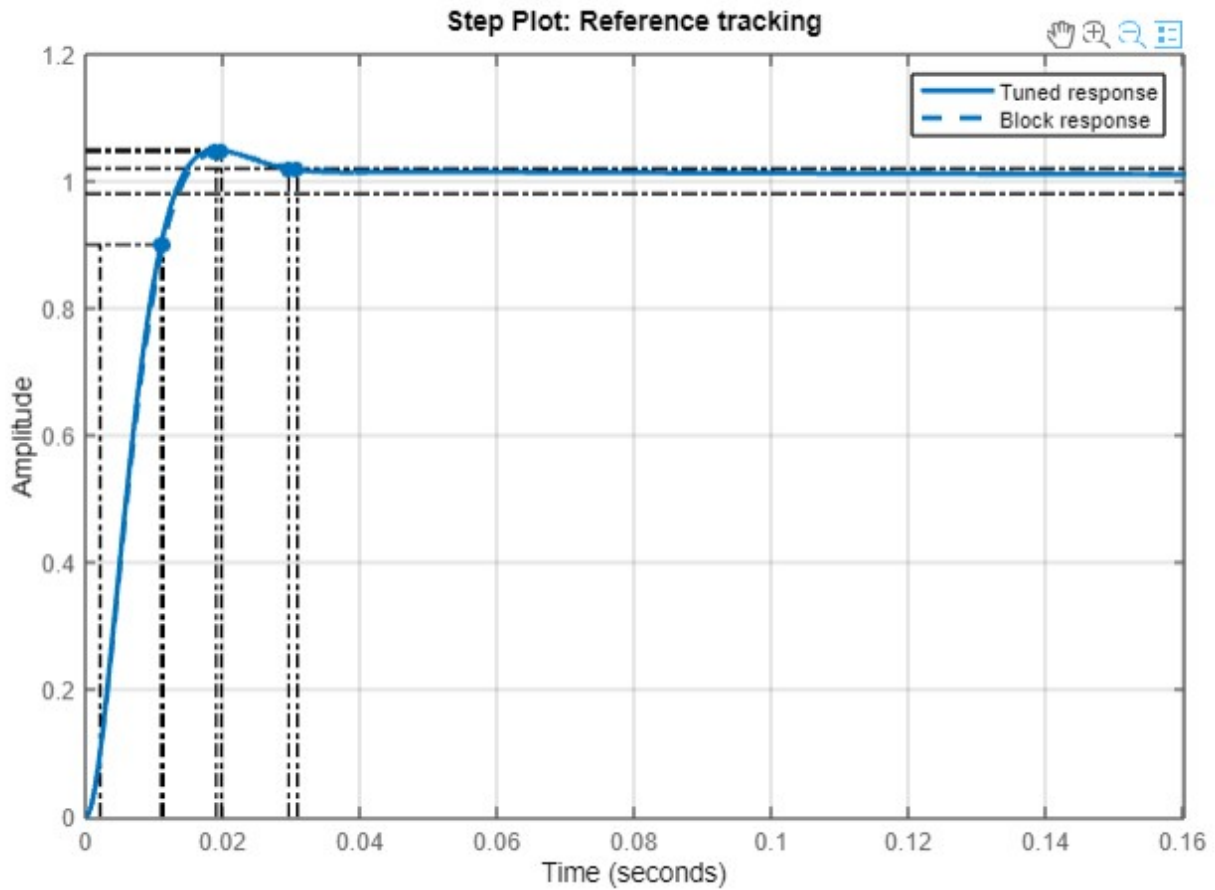


Έπειτα αλλάζω το είδος του ελεγκτή από PD σε PI και βάζοντας κάποιες δοκιμαστικές τιμές K_p , K_I τρέχω το PID Tuner με σκοπό την εύρεση των κατάλληλων τιμών.

Show Parameters			
Controller Parameters			
	Tuned	Block	
P	13.4201	13	
I	36.1348	36	
D	n/a	n/a	
N	n/a	n/a	
Performance and Robustness			
	Tuned	Block	
Rise time	0.0089 seconds	0.00918 seconds	
Settling time	0.0296 seconds	0.0309 seconds	
Overshoot	4.96 %	4.66 %	
Peak	1.05	1.05	
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s	-Inf dB @ 0 rad/s	
Phase margin	65.9 deg @ 154 rad/s	66.4 deg @ 150 rad/s	
Closed-loop stability	Stable	Stable	

Προκύπτει ότι οι καλύτερες τιμές είναι:

Για το K_p κοντά στο 12 και για το K_I κοντά στο 16.



Αποτέλεσμα PID Tuner.

Μέρος 3

Στο μέρος 3 παραμετροποιώ το σύστημα του μέρους 1, αλλάζοντας την transfer function όπως ζητείται στην εκφώνηση.

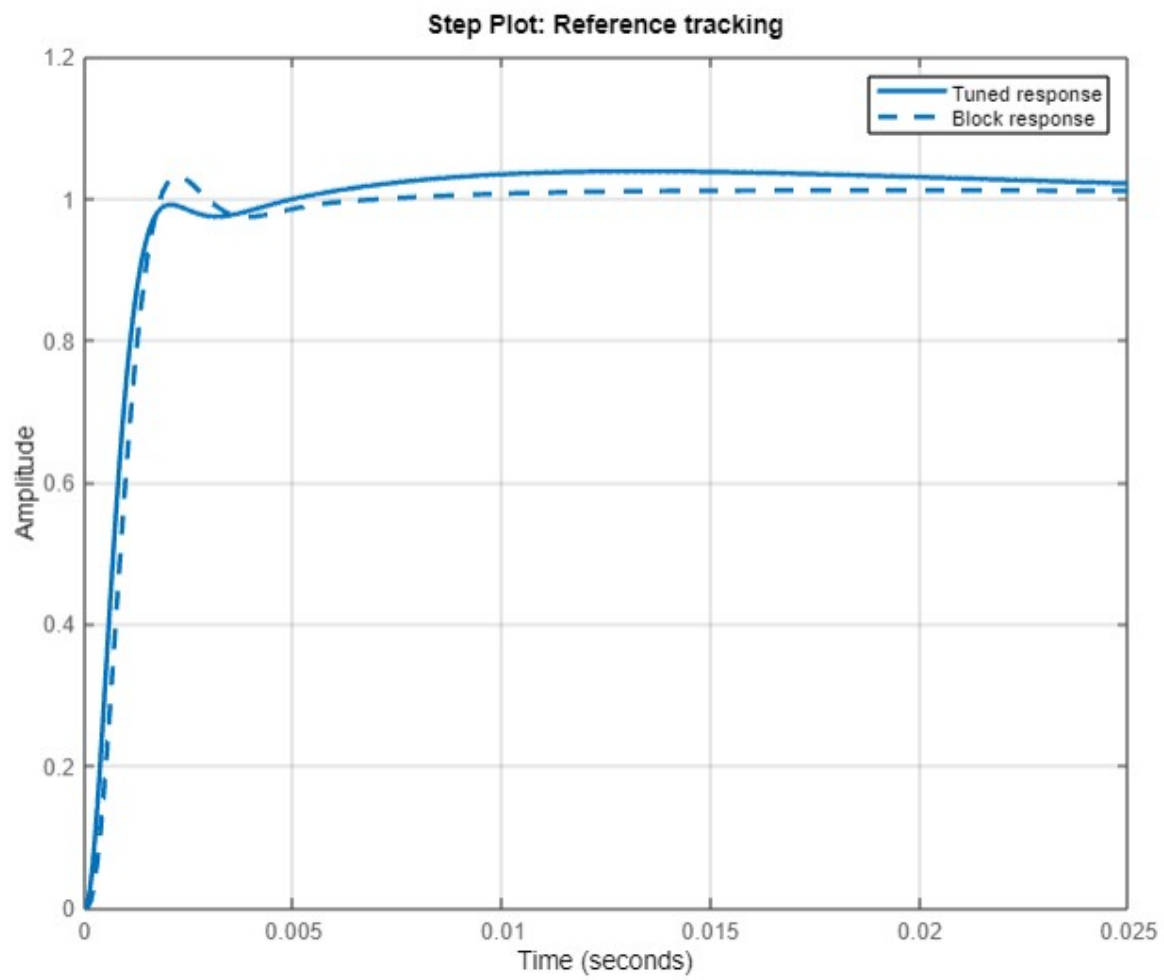


Έπειτα αλλάζω το είδος του ελεγκτή από PD σε PID και βάζοντας κάποιες δοκιμαστικές τιμές K_p , K_I , K_d τρέχω το PID Tuner με σκοπό την εύρεση των κατάλληλων τιμών.

Show Parameters			
Controller Parameters			
	Tuned	Block	
P	0.4533	0.45	▲
I	29.64	6.2	
D	0.0017316	0.0014	
N	157744.0379	8004	
			▼
Performance and Robustness			
	Tuned	Block	
Rise time	0.00108 seconds	0.0011 seconds	▲
Settling time	0.0256 seconds	0.00459 seconds	
Overshoot	3.81 %	3.07 %	
Peak	1.04	1.03	
Gain margin	40.6 dB @ 2.23e+04 rad/s	18.8 dB @ 5.01e+03 rad/s	
Phase margin	70.2 deg @ 1.38e+03 rad/s	64.1 deg @ 1.18e+03 rad/s	▼

Προκύπτει ότι οι καλύτερες τιμές είναι:

Για το K_p κοντά στο 0.45 , για το K_I κοντά στο 6 και για το K_d κοντά στο 0.0015.



Αποτέλεσμα PID Tuner