ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

[ΡΟΗ Σ 6ο ΕΞΑΜΗΝΟ 2018-2019]

1η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

<u>ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ :</u>

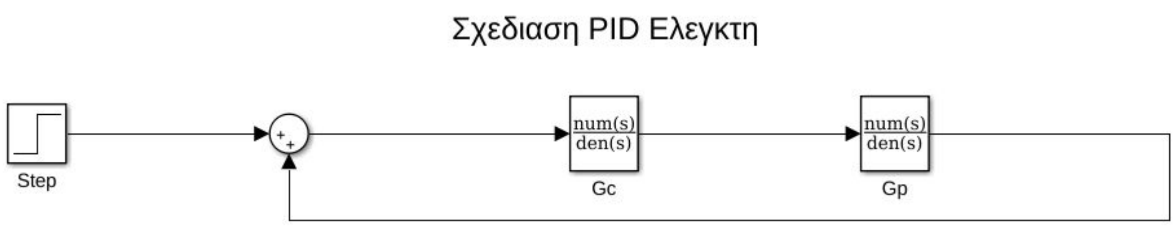
Γιαννιός Γεώργιος-Ταξιάρχης ,	Α.Μ.:03116156
Κρανιάς Δημήτριος,	Α.Μ.:03116030
Ντόκου Μυρσίνη,	Α.Μ.:03116179
Σαλπέα Ναταλία	Α.Μ.:03116083
Χατζηαντωνίου Παυλίνα	Α.Μ.:03116186

Στο πρώτο εργαστήριο εξετάσαμε την χρησιμότητα του **PID ελεγκτή** στη σχεδίαση Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου.

Η πειραματική διάταξη που πραγματοποιήθηκε αποτελούνταν απο:

- Παλμογεννήτρια βάσει της οποίας ρυθμίζαμε την επιθυμητή είσοδο (στην περίπτωση μας βηματική),
- Συσκευή η οποία προσομοίωνε συναρτήσεις μεταφοράς
- Παλμογράφο για την απεικόνιση των σημάτων εισόδου και εξόδου.

Το σύστημα λοιπόν που μελετήσαμε με αυτή την διάταξη ήταν το εξής:



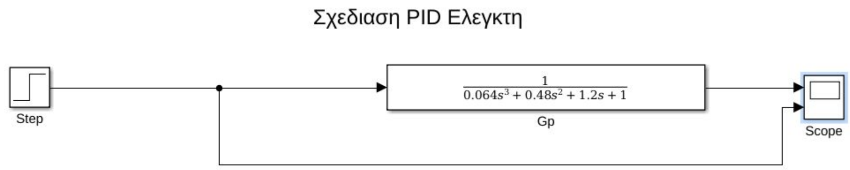
όπου

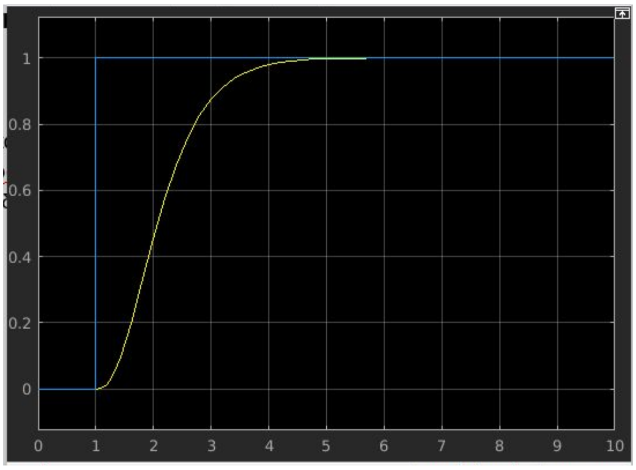
$$G_c = K_p + \frac{K_i}{s} + Kd \cdot s \quad \kappa\alpha\iota \quad G_p = \frac{1}{(Ts+1)^3}$$

Α.ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟ

Α.1.ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ

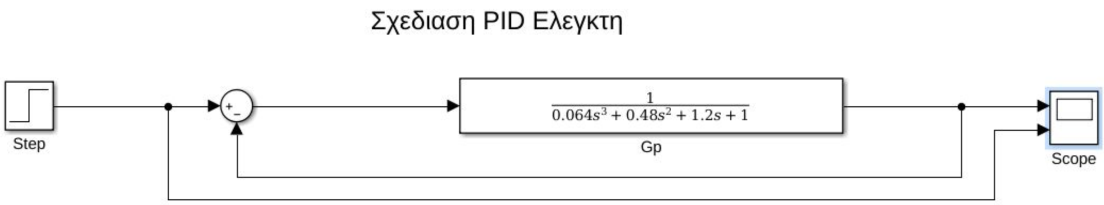
Αρχικά λοιπόν παρατηρήσαμε την απόκριση του συστήματος ανοικτου βρόγχου χωρίς τη χρήση του ελεγκτη για T=0.4.(Είσοδος μπλε χρώμα , έξοδος μπλε χρώμα)

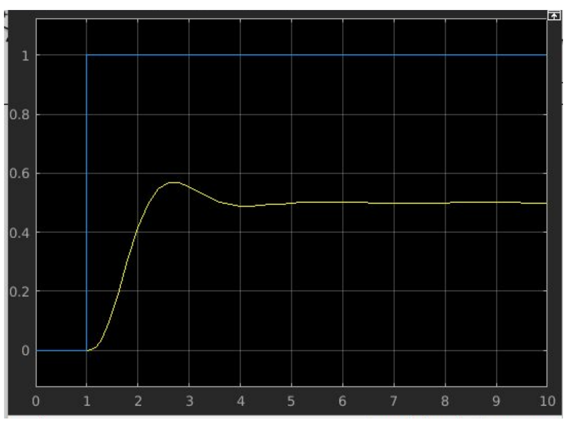




Α.2.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΚΤΗ

Στη συνέχεια παρατηρήσαμε την απόκριση του συστήματος κλειστού βρόγχου χωρίς τη χρήση του ελεγκτη με είσοδο βηματική και T=0.4.(Είσοδος μπλε χρώμα , έξοδος μπλε χρώμα)





Το παραπάνω αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο αφού το σύστημα ανοικτού βρόγχου έχει συνάρτηση μεταφορας:

$$Gp = \frac{1}{0.064s^3 + 0.48s^2 + 1.2s + 1}$$

οπότε είναι τύπου 0 αφού ο αριθμός των ολοκληρωτών (πόλων στο μηδεν) είναι μηδέν.

Για τύπου μηδέν είναι γνωστό ότι το σφάλμα είναι :

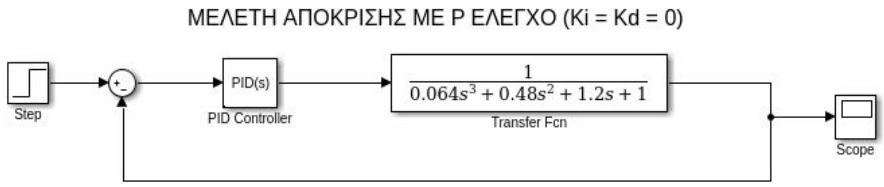
$$e = \frac{1}{1 + K_p}, \textit{όπου } K_p = \lim_{s \to 0} G(s)$$

$$\textit{Όμως } \lim_{s \to 0} G(s) = 1 \Rightarrow e = \frac{1}{2}$$

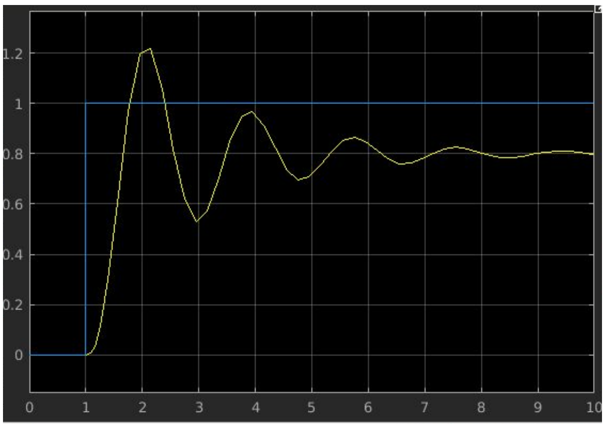
οπου G(s) η συνάρτηση μεταφοράς ανοικτού βρόγχου.

Α.3.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ Ρ ΕΛΕΓΚΤΗ

Στο σημείο αυτό μελετάμε το σύστημα μόνο με τη χρήση P ελεγκτή μεταβάλλοντας τις τιμές του Kp: (Ki = Kd = 0)



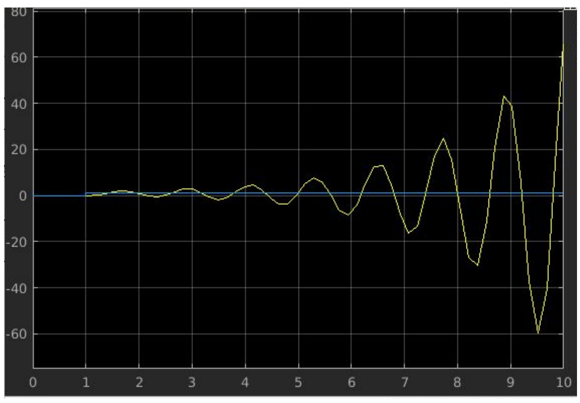
- **<u>Kp = 4</u>**



Παρατηρούμε ότι το σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση είναι πλέον 0.2 (απο 0.5 χωρις τη χρήση ελεγκτή)

- **<u>Kp=14</u>**

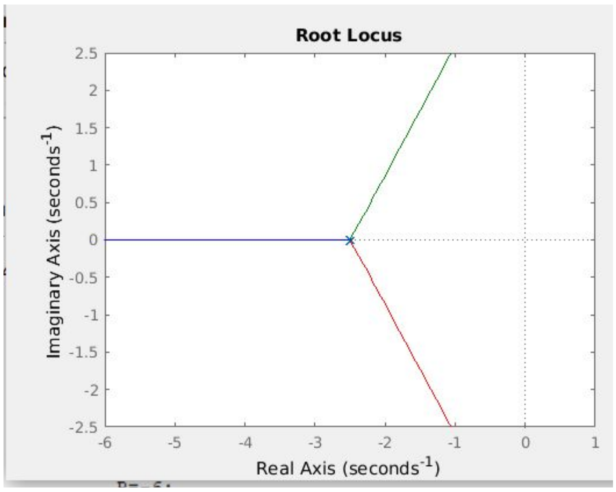
Αυξάνουμε και άλλο το Kp και παρατηρούμε οτι πλέον το Σύστημα πέφτει σε αστάθεια.



Είδαμε λοιπόν ότι όσο αυξάναμε το Kp τόσο το Σύστημα μας προσέγγιζε καλύτερα την βηματική απόκριση. Ωστόσο όταν το αυξήσαμε αρκετά, το σύστημα έπεσε σε αστάθεια. Αυτο δικαιολογείται αν λάβει κανείς υπόψιν το Γ.Τ.Ρ:

```
%Define Transfer function of system
num = [1];
den =[0.064 0.48 1.2 1];
sys = tf(num,den);

%Root locus plot
rlocus(sys);
```



Βλέπουμε ότι έχουμε ένα πόλο στο σημειο -1/T = -2.5.
Όσο αυξάνεται η παράμετρος Kp , υπάρχει ο κίνδυνος να πέσουμε σε αστάθεια αφού όπως βλέπουμε απο το γεωμετρικό τόπο ριζών οι πολοι περνάνε στο δεξί μιγαδικό ημιεπίπεδο.
Μπορούμε ωστόσο να υπολογίσουμε ακριβώς για ποια τιμή του Kp επισυμβαίνει η αστάθεια με τη χρήση του πίνακα Routh

$$
\begin{array}{lll}
s^3 & 0.064 & 1.2 \\
s^2 & 0.48 & 1+K_p \\
s^1 & \left(1.2-\dfrac{0.008}{0.06}\cdot(1+Kp)\right) & 0 \\
s^0 & \left(1+K_p\right) &
\end{array}
$$

Υποθέτοντας ότι Kp>0 η μόνη περίπτωση να έχουμε αλλαγή προσήμου είναι :

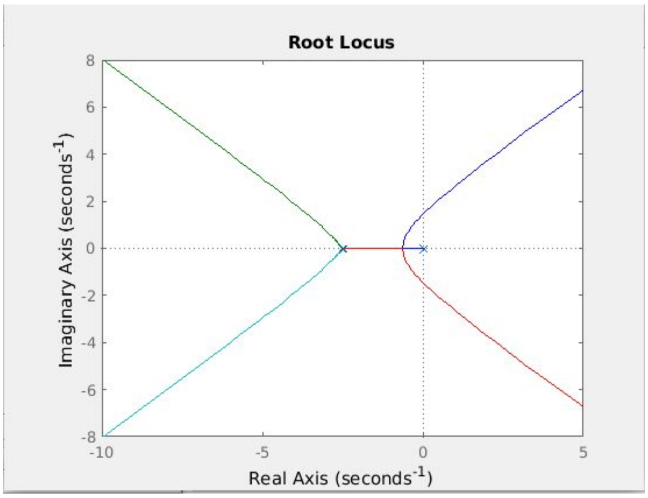
$$\left(1.2-\frac{0.008}{0.06}\cdot(1+Kp)\right)<0 \Rightarrow K_p>8$$

Οπότε δεν αρκει ο P έλεγχος για να μηδενίσει το σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση

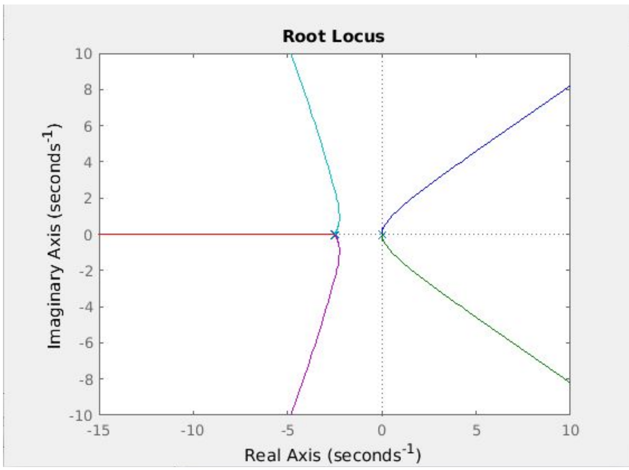
A.4.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ I ΕΛΕΓΚΤΗ

Στο σημείο αυτό κρίνεται αναγκαία η προσθήκη ολοκληρωτή ώστε το σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση να γίνει μηδεν .

Όπως φαίνεται και απο τον γεωμετρικό τόπο των ριζών η προσθήκη ενός ολοκληρωτή στο Σύστημα θα έχει το εξής αποτέλεσμα :

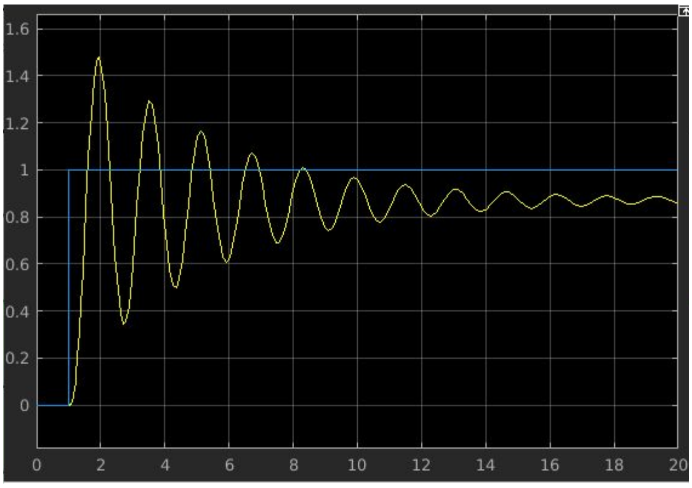


ενώ η προσθήκη δύο ολοκληρωτών θα κάνει το σύστημα ασταθές για κάθε τιμή της παραμέτρου K:



Α.5.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ PI ΕΛΕΓΚΤΗ

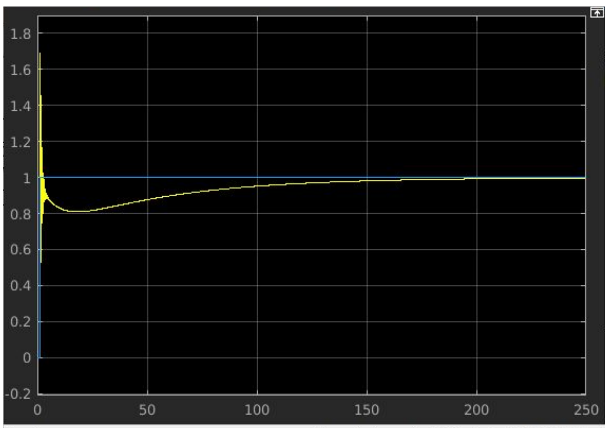
Απο τα παραπάνω κρίνεται αναγκαίο να συνδυάσουμε τον P, I έλεγχο. Επιλέγοντας αυθαίρετα Kp = 6 και Ki = 0.04 παίρνουμε :



παρατηρούμε ότι το σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση έπεσε περίπου στο 0.1 , αλλα προστέθηκαν ταλαντώσεις στην μεταβατική κατάσταση

Α.6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ PID ΕΛΕΓΚΤΗ

Για τη μείωση των ταλαντώσεων στη μεταβατική περίοδο και τη γρήγορη επαναφορά του συστήματος στην επιθυμητή κατάσταση, είναι αναγκαία η παρουσία D (παραγωγικού) ελέγχου . Δοκιμάζουμε λοιπόν τις τιμές : Kp = 3.3 , Ki = 0.07 και Kd =30 και παίρνουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα :

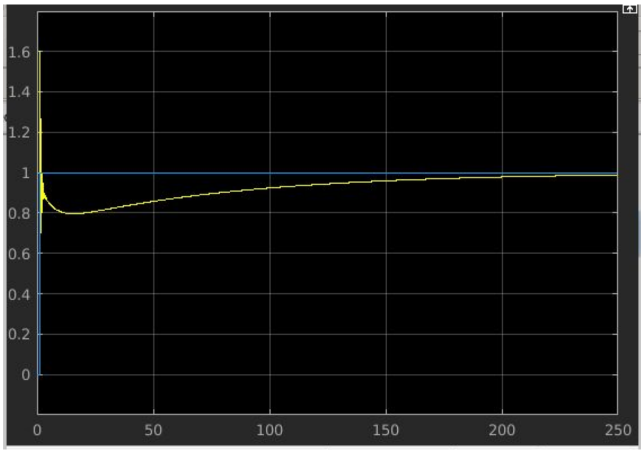


Βλεουμε λοιπόν ότι με PID έλεγχο η έξοδος ακολουθεί ικανοποιητικά την έισοδο .

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε μια πιο συστηματική μέθοδο (πειραματική) για την επιλογή παραμέτρων Kp, Ki,Kd

1. Θέτουμε όλα τα κέρδη Kp,Ki,Kd ίσα με μηδεν
2. Αυξάνουμε το Kp ώσπου να εμφανιστούν ταλαντώσεις στην έξοδο
3. Αυξάνουμε το Kd ώσπου να εξαφανιστούν οι ταλαντώσεις
4. Αυξάνουμε τα βήματα 2,3 ώσπου ή αύξηση του Kd να μην εισάγει ταλαντώσεις
5. Θέτω Kp και Kd στις προηγούμενες τιμές
6. Αυξάνω το Ki ώσπου να έχουμε επιθυμητό αριθμό ταλαντλωσεων

Με τη χρήση του παραπάνω αλγορίθμου πήραμε τις τιμές
Kp = 3.3 , Ki = 0.05 και Kd = 21



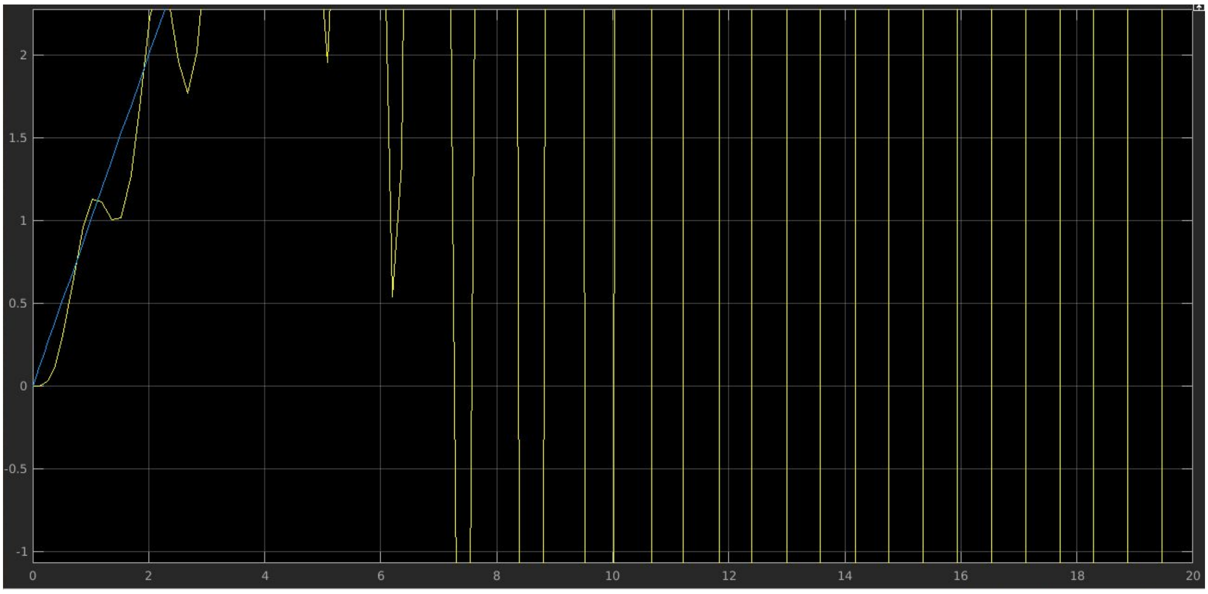
Β.ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΙΣΟΔΟ ΡΑΜΠΑ(ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗ)

Τύπος Συστήματος	Σταθερές Σφάλματος			Σφάλμα Μόνιμης Κατάστασης e_{ss}		
				Βηματική Είσοδος	Είσοδος Ράμπας	Παραβολική Είσοδος
N	K_p	K_v	K_a	$x(t)=Au(t)$ $X(s)=A/s$	$x(t)=Atu(t)$ $X(s)=A/s^2$	$x(t)=At^2u(t)$ $X(s)=2A/s^3$
0	$\lim_{s\to 0} G(s)$	0	0	$\frac{A}{1+K_p}$	∞	∞
1	∞	$\lim_{s\to 0} sG(s)$	0	0	$\frac{A}{K_v}$	∞
2	∞	∞	$\lim_{s\to 0} s^2G(s)$	0	0	$\frac{2A}{K_a}$

Β.1.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ P ΕΛΕΓΚΤΗ

Από τον παραπάνω πίνακα , εξάγουμε το συμπέρασμα ότι για συστήματα τύπου 0 , το σφάλμα μόνιμης κατάστασης ,για είσοδο συνάρτηση αναρίχησης και χρήση P ελέγχου , είναι άπειρο για κάθε τιμή του Kp. Αυτο επιβεβαιώνεται και απο το Simulink

Ενδεικτικά για Kp =15

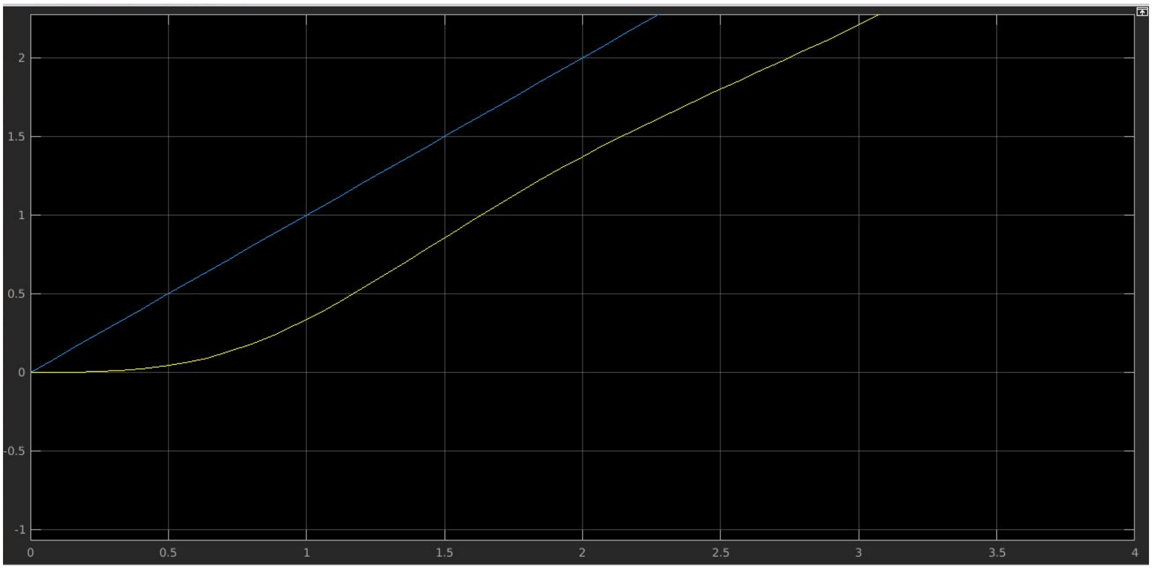


B.2.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ PI ΕΛΕΓΚΤΗ

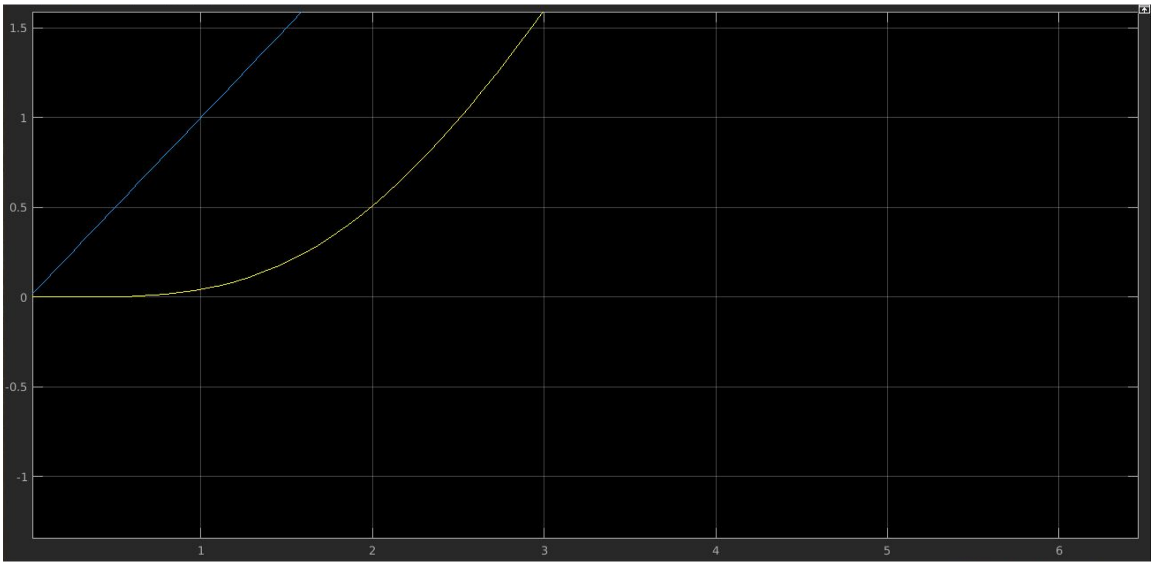
Η χρήση I ελεγκτή θα μετατρέψει το σύστημα μας απο τύπου 0 σε τύπου 1 , οπότε με βάση τον παραπάνω πίνακα το σφάλμα μόνιμης κατάστασης θα είναι :

$$e = \frac{1}{K_u} \text{, οπου } K_u = \lim_{s \to 0} sG(s) = K_p$$

Ενδεικτικα για Kp = 2 , Ki = 1

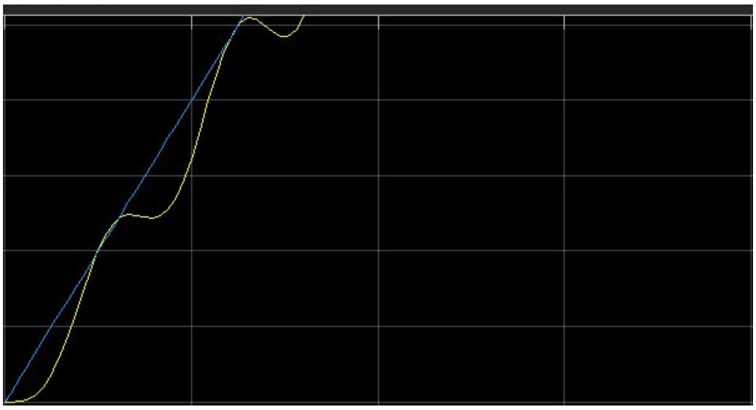


και Kp = 0.1 , Ki = 1



Με την μείωση του Kp λοιπόν,μειώθηκε και το Ku και το σφάλμα e , οπως ήταν αναμενόμενο αυξήθηκε . Οπότε θέλουμε μεγάλα Kp . Για μεγάλα Kp ομως παρατηρούμε ταλαντώσεις.

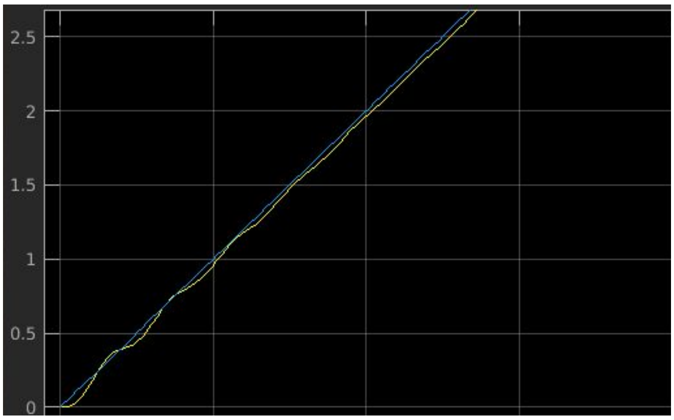
Παράδειγμα για Kp =10



B.3.ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ ΜΕ PID ΕΛΕΓΚΤΗ

Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο PID έλεγχος

Με κατάλληλη ρύθμιση βρίσκουμε ότι για Kp = 50, Kd = 15 , Ki =15 το σύστημα μας ακολουθεί ικανοποιητικα την συνάρτηση αναρρίχησης



ΤΕΛΟΣ 1ης ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ