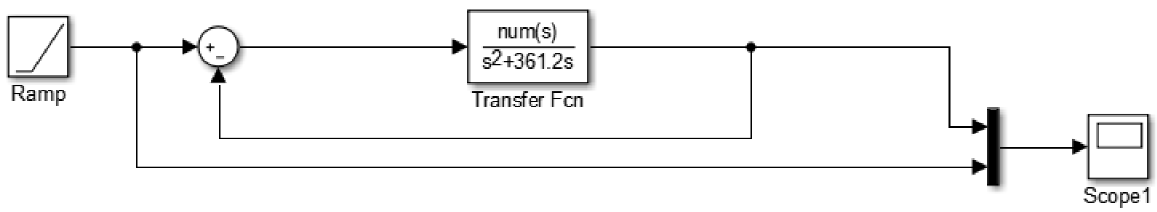
Ονοματεπώνυμο: Δημήτρης Κελέσης

Εξάμηνο: 6ο

Αριθμός Μητρώου: 03115037

Άσκηση 1

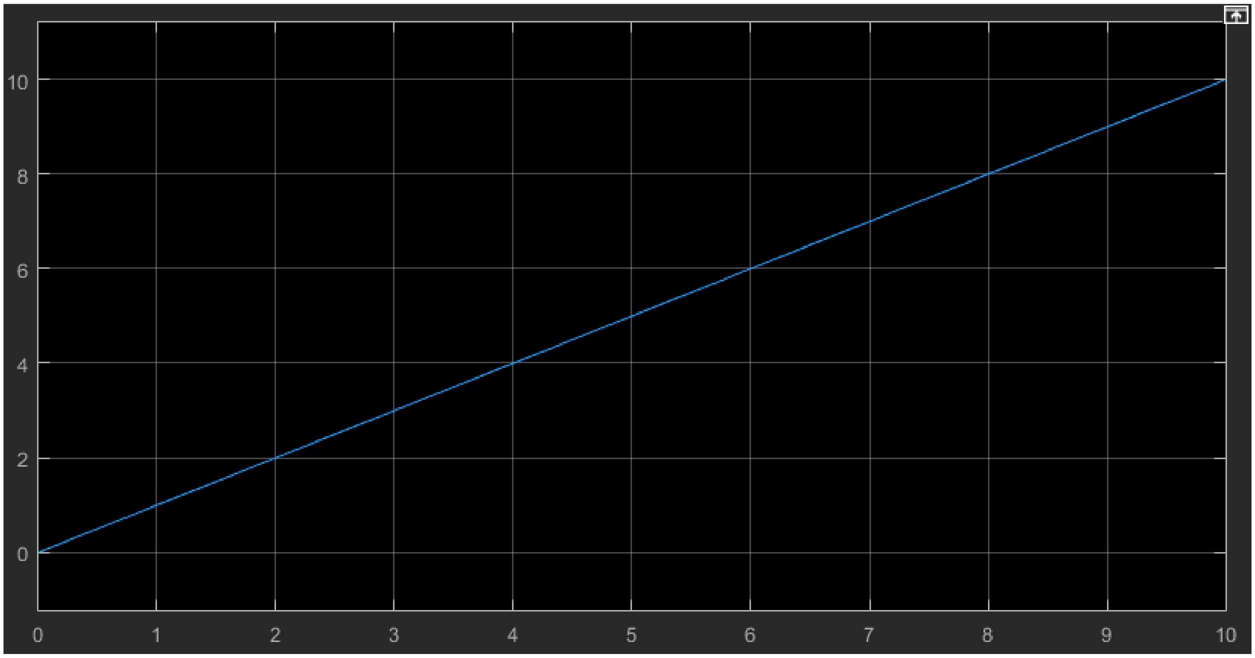
Σκοπός είναι η σχεδίαση ενός PD ελεγκτή, οι ελεγκτές αυτής της μορφής γενικά προσθέτουν έναν μηδενικό στο γεωμετρικό τόπο της συνάρτησης μεταφοράς ανοιχτού βρόχου με αποτέλεσμα την μετατόπιση του προς τα αριστερά κάνοντας το σύστημα πιο ευσταθές.
Το σύστημα όπως αυτό σχεδιάστηκε στο Simulink είναι το εξής:



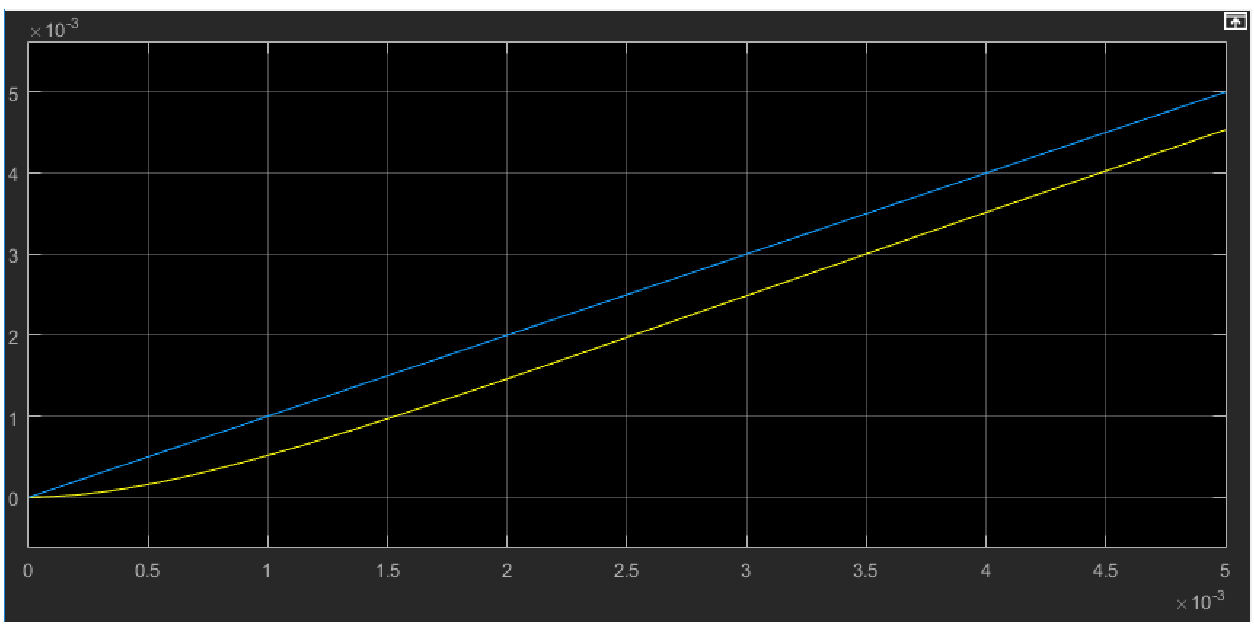
Θα πρέπει να υπολογίσουμε τα k_p , k_d και το K του συστήματος ώστε να καταφέρουμε να ικανοποιήσουμε τις ζητούμενες προδιαγραφές. Η ανάλυση που ακολουθήσαμε έχει ως είσοδο βηματική και όχι ράμπα χωρίς ωστόσο αυτό να προκαλεί μη ανεκτό σφάλμα καθώς τα αποτελέσματα στα οποία θα καταλήξουμε μπορούν να προσεγγίσουν καλά και την είσοδο ράμπας. Αξιοποιούμε αρχικά την πληροφορία σχετικά με το μόνιμο σφάλμα ταχύτητας που μας δίδεται ως ζητούμενο. Εφαρμόζουμε το θεώρημα τελικής τιμής και θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα.
$e(\infty) = \frac{1}{K_u} = \frac{1}{\lim_{s\to 0} sG_p(s)G_c(s)} = \frac{361.2}{4500KK_p}$ και αυτό επιθυμούμε να είναι μικρότερο από το 0.000443. Λύνοντας την παραπάνω ανισότητα θα έχουμε ότι $K \geq \frac{182}{K_p}$ και για να καταφέρουμε να μειώσουμε τους αγνώστους και να έχουμε την οριακή συμπεριφορά του συστήματος μας παίρνουμε την ισότητα.
Για K=182/Kp έχουμε το εξής χαρακτηριστικό πολυώνυμο για τον κλειστό βρόχο
$s^2 + s(361.2 + 1/(k_p / k_d)*4500*182) + 4500*182$
Το πολυώνυμο αυτό είναι δευτέρου βαθμού και σε μορφή κατάλληλη για να προσδιορίσουμε τα ζ και ωn. Συγκεκριμένα έχουμε ότι $\omega_n^2 = 4500*182 \Rightarrow \omega_n = 904.98$
Παίρνουμε επίσης κάποιες σχέσεις σχετικά με το ζ από τον χρόνο αποκατάστασης και από τη μέγιστη υπερύψωση και έχουμε τις εξής ανισότητες αντίστοιχα: $4/(\zeta\ \omega_n) \leq 0.005$ άρα $\zeta \geq 0.884$ και η δεύτερη ανισότητα είναι από την σχέση:
OvershootPercentage=100*exp(-ζπ/((1-ζ^2)^(1/2))) ≤5% => ζ ≥ 0.69
Συναληθεύοντας τις παραπάνω σχέσεις και θεωρώντας την μικρότερη δυνατή τιμή για το ζ θα έχουμε ζ=0.884 και γνωρίζοντας ότι ο παράγοντας του s στο χαρακτηριστικό πολυώνυμο είναι ίσος με $2\zeta\ \omega_n$ καταλήγουμε στην ανισότητα για τα k_p , k_d η οποία είναι $k_d \geq 1.51*10^{-3}\ k_p$.
Για ζ=1 έχουμε $k_d \geq 1.77*10^{-3}\ k_p$.
Επιλέγουμε σαν τιμές τις Kp=1, Kd=1.76* 10^{-3} και K=182 τις οποίες εισάγουμε στο Simulink για

να εξετάσουμε αν πραγματικά το σύστημα μας ακολουθεί την ράμπα. Αφού όντως το επαληθεύσαμε επιλέγουμε ζ=1 και βλέπουμε αν επαληθεύεται το rise time που όντως επαληθεύεται και συνεπώς βάζουμε τις κατάλληλες τιμές.

Ακολουθούν τα γραφήματα για την έξοδο και την είσοδο:

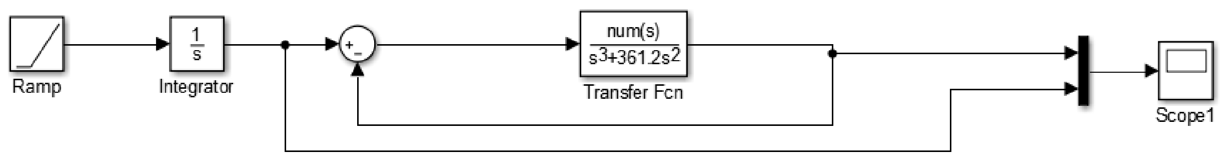


Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι η έξοδος ακολουθεί σε γενικές γραμμές πολύ καλά την είσοδο ώστε σε μεγάλες κλίμακες να μην μπορούμε να διακρίνουμε την διαφορά. Για μικρότερη κλίμακα έχουμε το ακόλουθο γράφημα:



Άσκηση 2

Για το ίδιο σχηματικό επιθυμούμε να σχεδιάσουμε PI ελεγκτή. Το σύστημα όπως αυτό σχεδιάστηκε στο Simulink είναι το εξής:



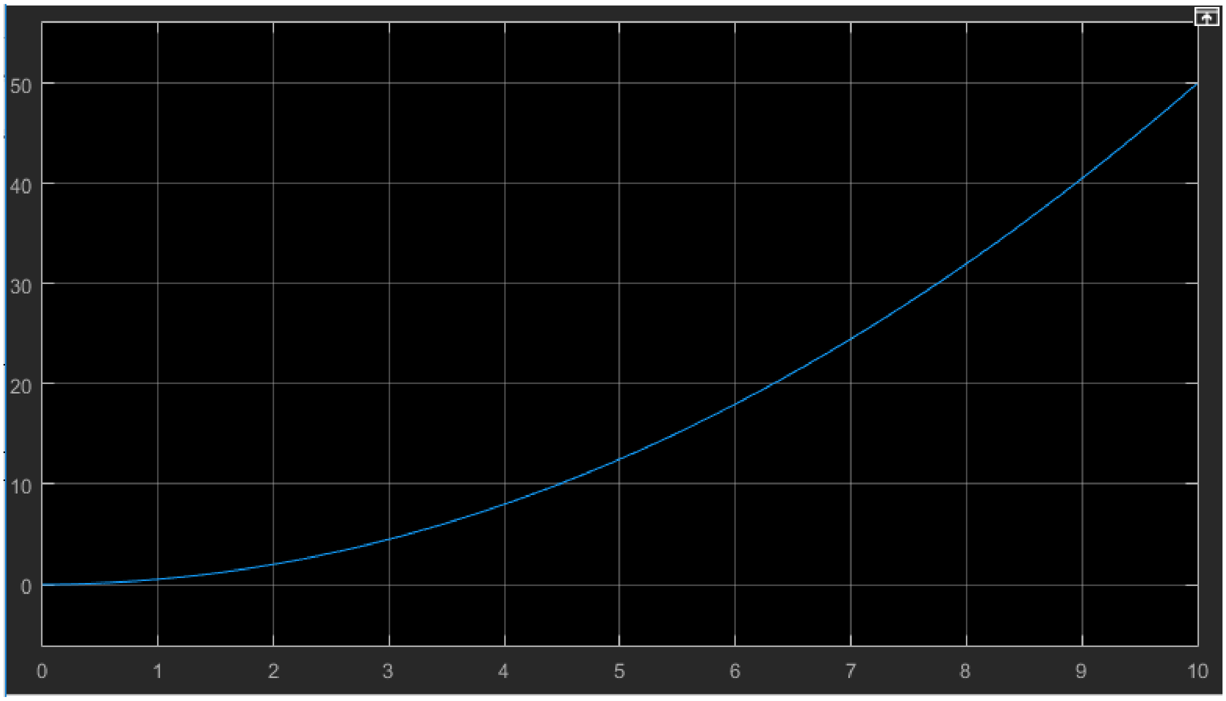
Εργαζόμαστε όμοια με το πρώτο ερώτημα δηλαδή θα αντλήσουμε τις εξισώσεις μας από την $1^η$, $2^η$ και $4^η$ προϋπόθεση και θα επαληθεύσουμε την ορθότητα των αποτελεσμάτων μας με την $3^η$. Θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των επικρατούντων πόλων καθώς η χρήση ολοκληρωτή ανεβάζει τον βαθμό του συστήματος μας.

Ξεκινώντας πάλι από την σχέση $\frac{\lim_{s\to 0}(sr(s))}{\lim_{s\to 0}(1+G_p(s)G_c(s))}$ θα έχουμε ότι

$\frac{361.2}{4500K\iota} \leq 0.2 \Rightarrow K \geq 0.401/Ki$

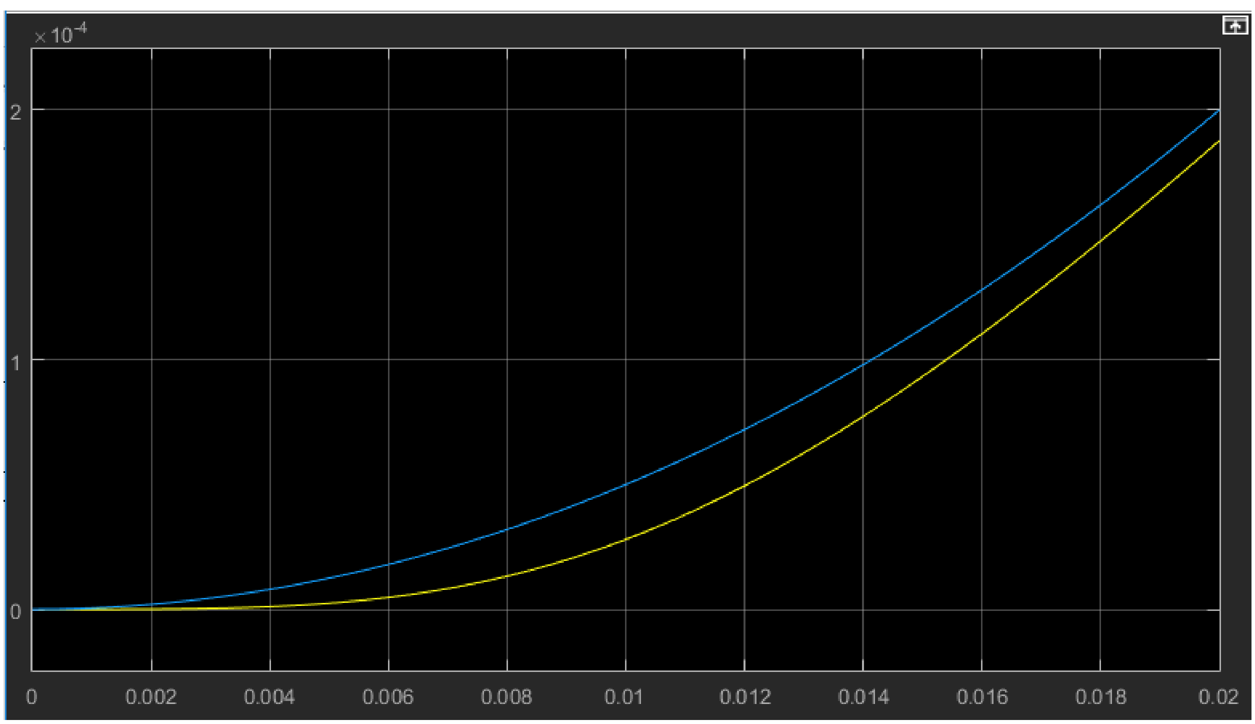
Για όμοιους λόγους με πριν επιλέγουμε την ισότητα και θεωρούμε ότι ισχύει K=0.401/Ki. Όμοια με πριν από την μέγιστη υπερύψωση καταλήγουμε για την τιμή του ζ ότι αυτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση του 0.69. Για την προδιαγραφή σχετικά με τον χρόνο αποκατάστασης καταλήγουμε στην ανισότητα $\zeta\omega_n \geq 200$. Κρατώντας την ισότητα και θέτοντας ζ=0.95 θα έχουμε ω_n =210.5. Και άρα για τους επικρατούντες πόλους θα έχουμε $s_{1,2}$ = -200 ± 65.72.
Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να βρούμε τη γωνία που θα προσθέτει ο ελεγκτής ώστε να περνάει το σύστημα από τους επιθυμητούς πόλους. Επιλέγοντας έναν εξ αυτών τότε το σύστημα ανοιχτού βρόχου σε αυτό τον πόλο έχει γωνία -183.98^o άρα αρκεί η προσθήκη περίπου 4^o για να ικανοποιήσουμε την συνθήκη γωνίας. Από όλα τα παραπάνω καταλήγουμε ότι ισχύει Ki = 192.45 Kp και από αντικατάσταση στην συνάρτηση μεταφοράς θα πρέπει επίσης να ισχύει ότι K = 26/Kp.

Ακολουθούν τα γραφήματα για την έξοδο και την είσοδο:

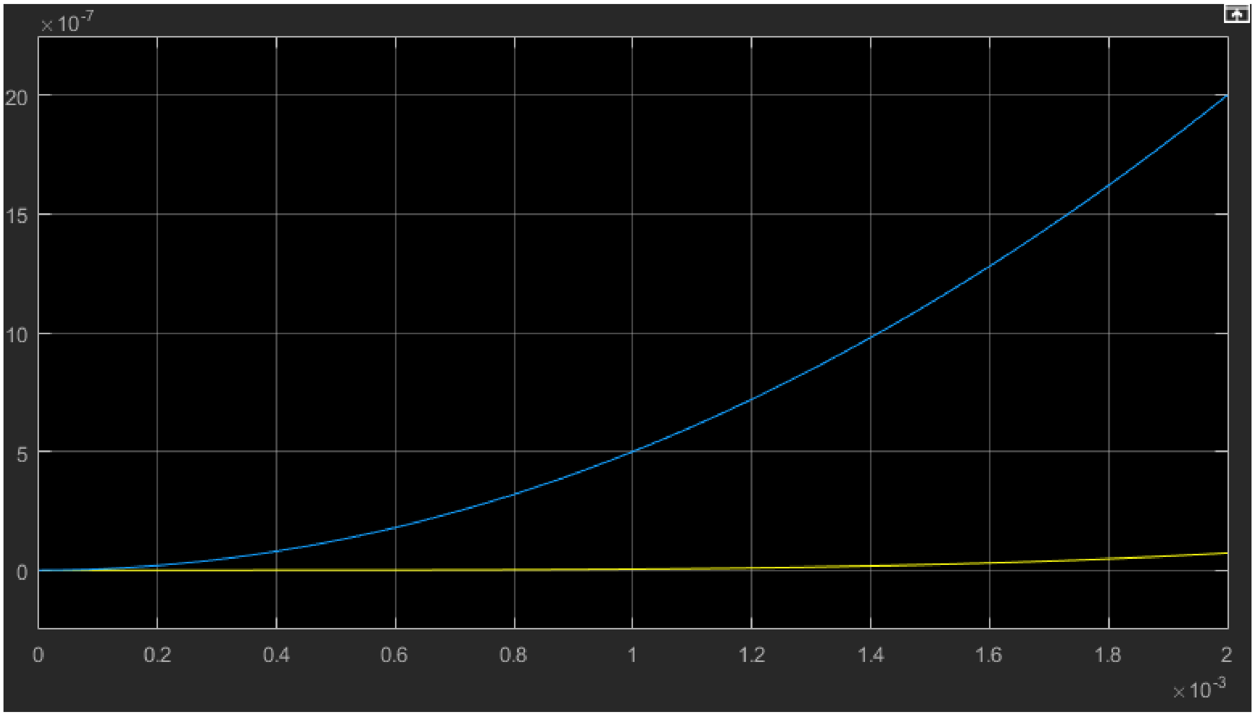


Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι η έξοδος ακολουθεί σε γενικές γραμμές πολύ καλά την είσοδο ώστε σε μεγάλες κλίμακες να μην μπορούμε να διακρίνουμε την διαφορά. Για μικρότερη κλίμακα έχουμε τα ακόλουθα γραφήματα:

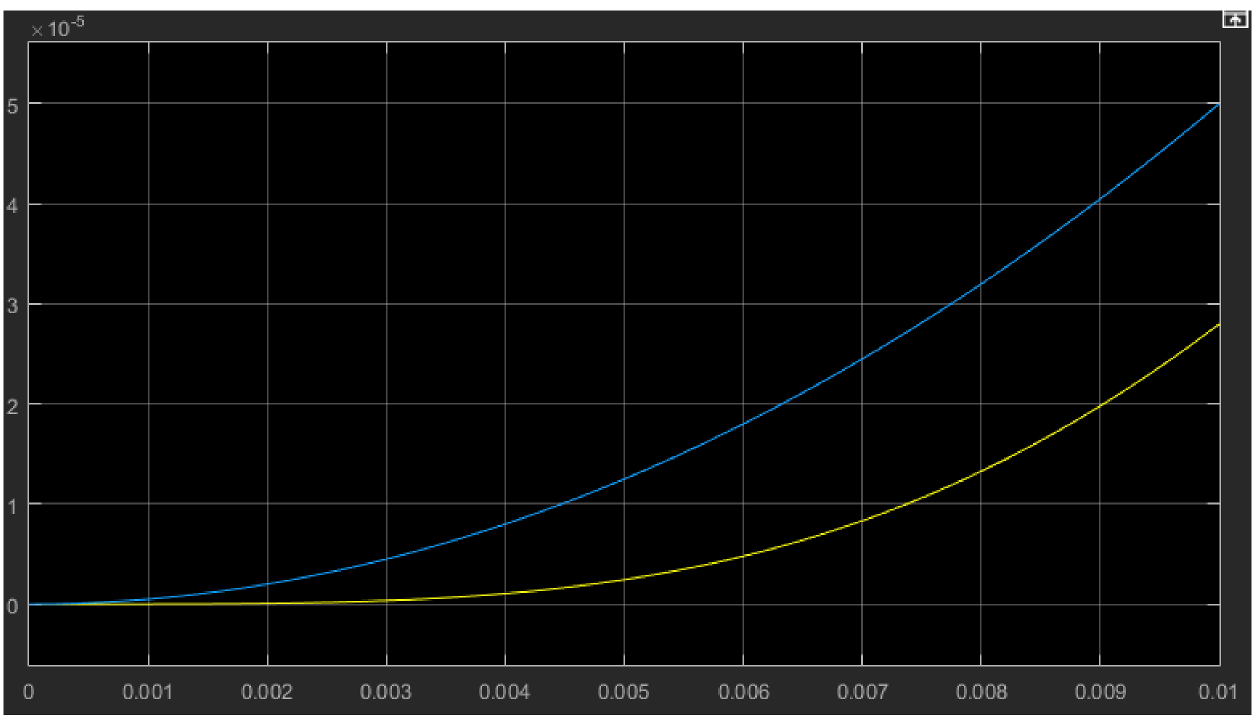
Για προσομοίωση 0.02 secs:



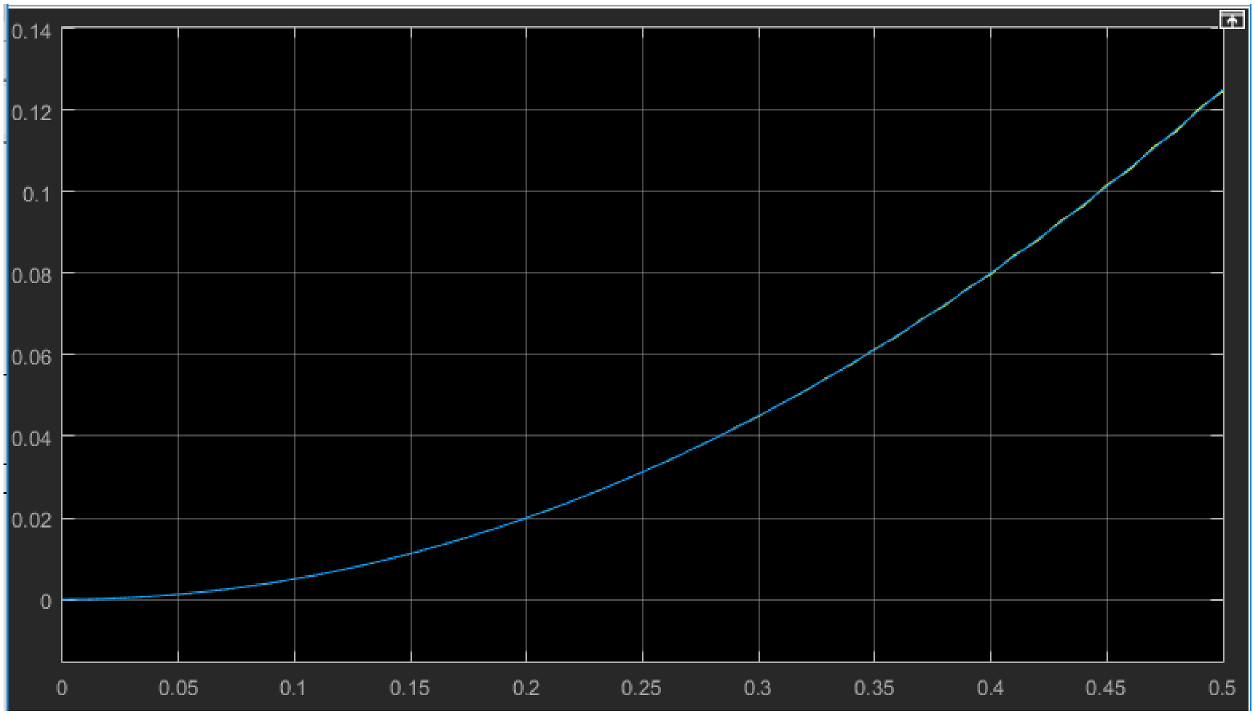
Για προσομοίωση 0.002 secs:



Για προσομοίωση 0.01 secs:



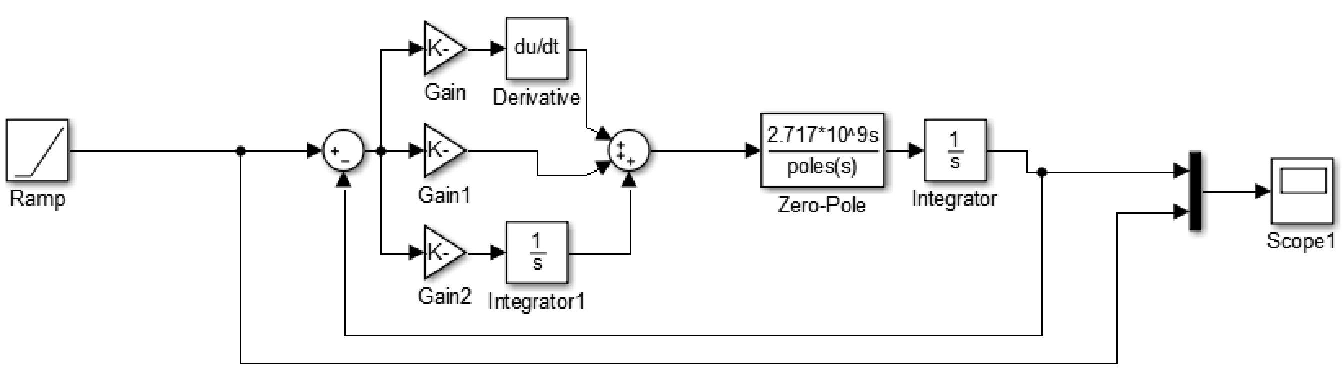
Για προσομοίωση 0.5 secs:

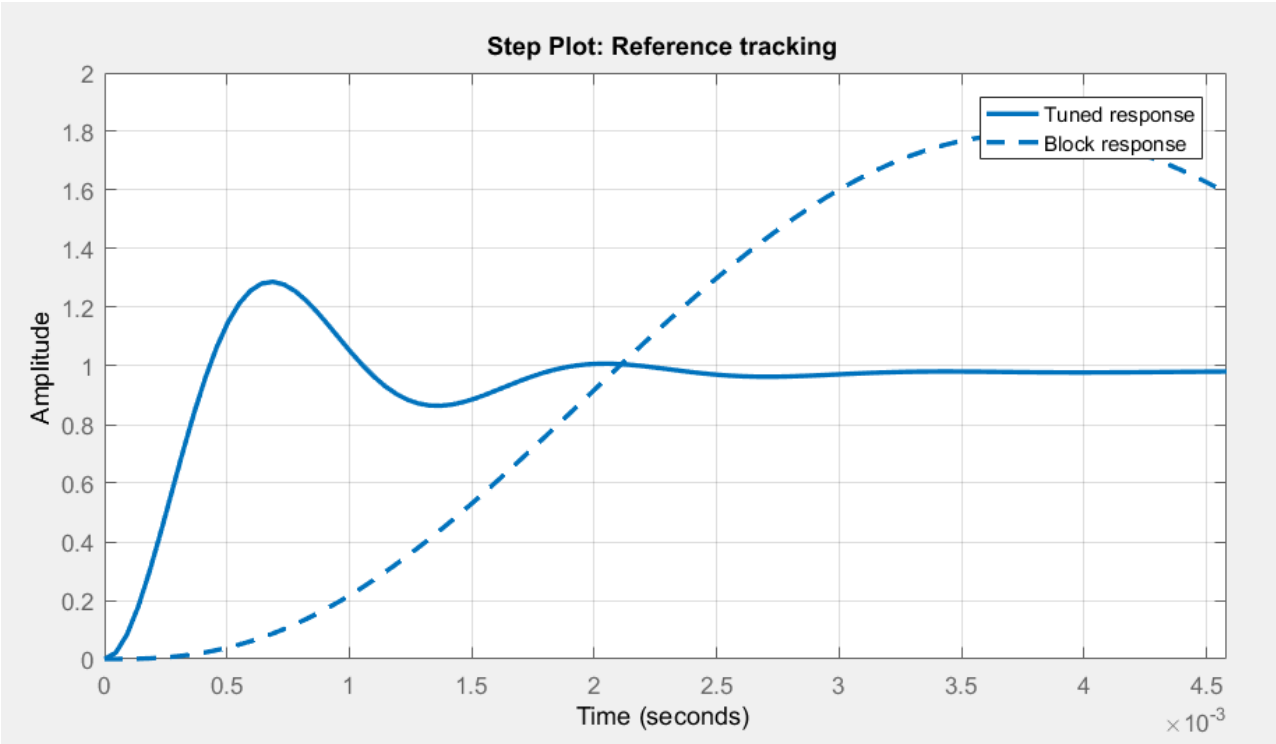


Άσκηση 3

Το ζητούμενο της άσκησης είναι η κατασκευή ενός PID ελεγκτή που να ικανοποιεί τις ζητούμενες προϋποθέσεις. Θα μπορούσαμε να εργαστούμε με τρόπο ανάλογο με τα δύο προηγούμενα ερωτήματα αλλά τα matlab μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο PID Tuner ώστε να βρούμε τις κατάλληλες τιμές για τις μεταβλητές ki,kp,kd.

Το σύστημα όπως αυτό σχεδιάστηκε στο Simulink είναι το εξής:





Κάνοντας κάποιες δοκιμές καταλήξαμε να βρούμε τις ζητούμενες τιμές για τις παραμέτρους. Συγκεκριμένα έχουμε Kp=0.56962, Ti=0.035432, Td=0.0044013

Και με τις παραπάνω παραμέτρους καταφέρνουμε να πετύχουμε:

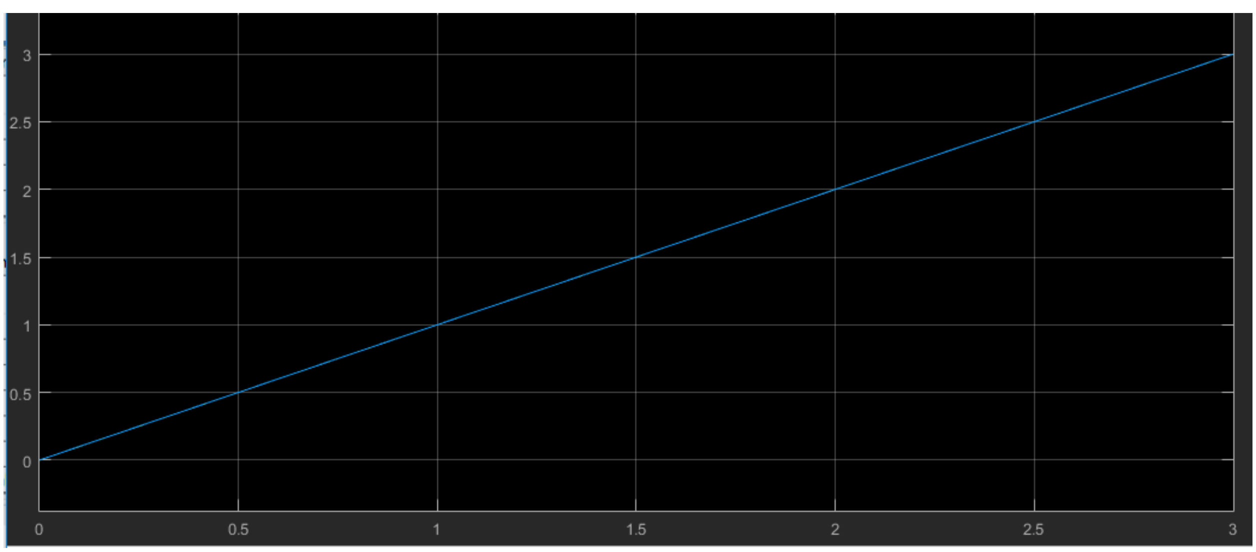
Rise time=0.000756 secs

Settling time=0.00446 secs

Overshoot=3.62%

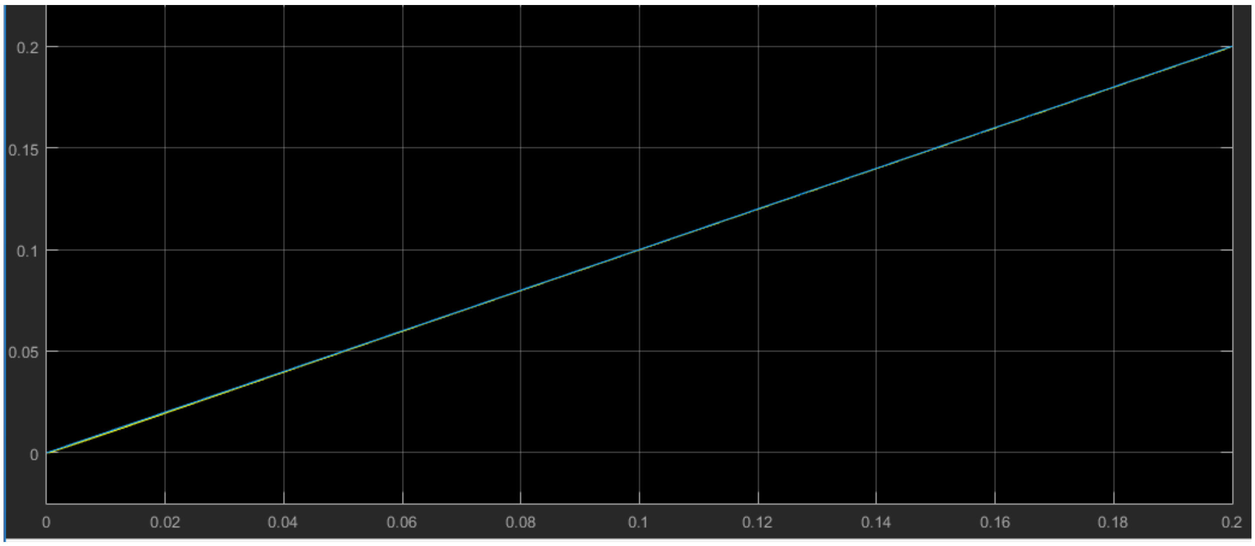
Peak=1.04

Βάζοντας τις παραπάνω τιμές στο πρόγραμμα μας και τρέχοντας το θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα για την έξοδο και την είσοδο:

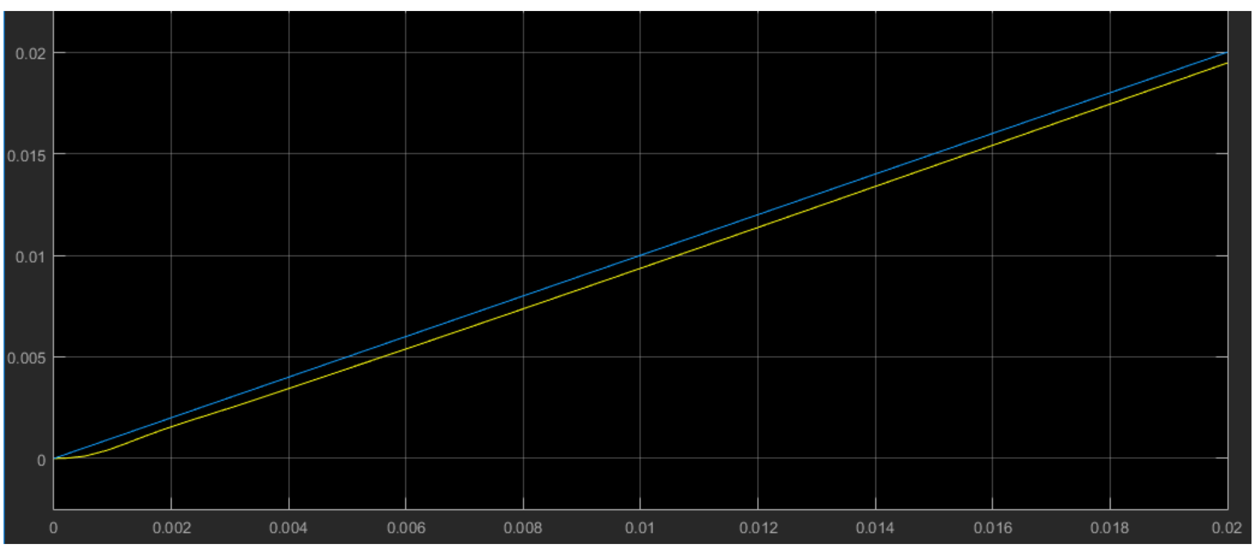


Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι η έξοδος ακολουθεί σε γενικές γραμμές πολύ καλά την είσοδο ώστε σε μεγάλες κλίμακες να μην μπορούμε να διακρίνουμε την διαφορά. Για μικρότερη κλίμακα έχουμε τα ακόλουθα γραφήματα:

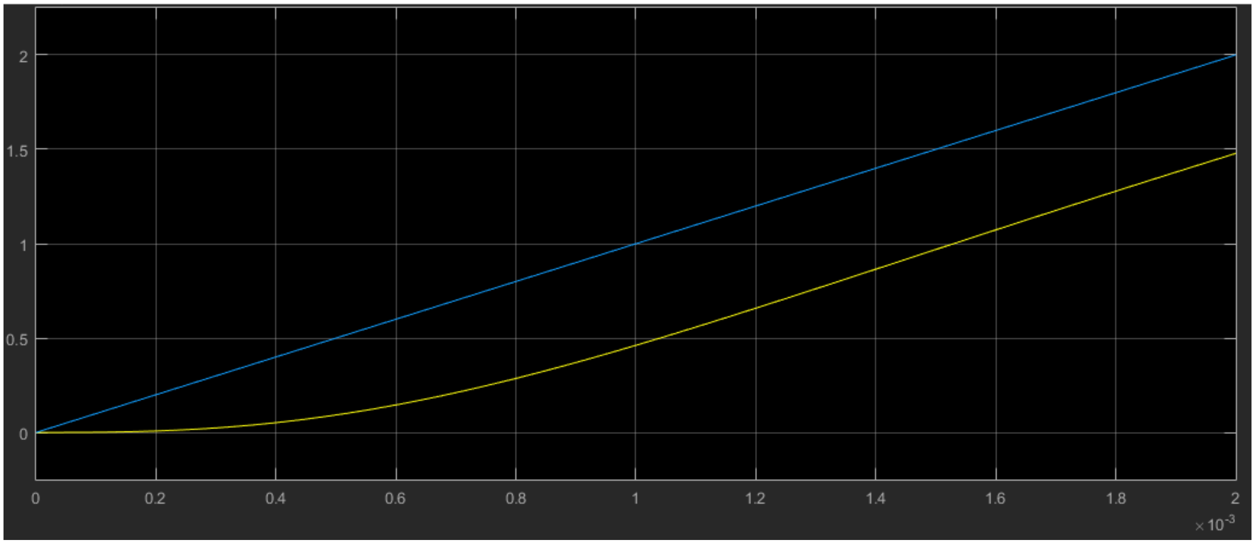
Για προσομοίωση 0.2 secs:



Για προσομοίωση 0.02 secs:



Για προσομοίωση 0.002 secs:



Για όλα τα παραπάνω αρκεί να τρέξουμε το κυρίως πρόγραμμα και στη συνέχεια να ανοίξουμε τα αρχεία στο Simulink.

Εκτός των παραπάνω θα μπορούσαμε να είχαμε χρησιμοποιήσει τον εργαλείο του matlab PIDTuner και δουλεύοντας διαισθητικά να προσεγγίζαμε σε παρόμοια αποτελέσματα.