

# ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ 2

ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ 2018030139

ΚΑΡΑΜΠΕΛΑ ΣΩΤΗΡΙΑ 2018030077

## Δ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Έχουμε  $K_s = 0,8$  ,  $T_g = 1,05\text{sec}$  ,  $T_u = 0,14\text{sec}$

$T_1 = 0,37 \cdot T_g = 0,3885 \text{ sec}$

$T_2 = 3,33 \cdot T_u = 0,462 \text{ sec}$

Το σύστημά μας είναι 2ου βαθμού όπως προκύπτει από τον τύπο  $n = \frac{T_u}{T_g} 10 + 1 \approx 2$

Σύμφωνα με την σχέση  $H(s) = K_s \frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{T_2 s + 1}$  η συνάρτηση μεταφοράς υπολογίζεται ως :

$$H(s) = 0,8 \frac{1}{(0,3885s + 1)} \frac{1}{(0,46s + 1)} = \frac{0,8}{0,179s^2 + 0,85s + 1}$$

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τις παραμέτρους του PI ελεγκτή με μέθοδο 0% overshoot, setpoint response σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

**Μέθοδος CHR** για setpoint response.

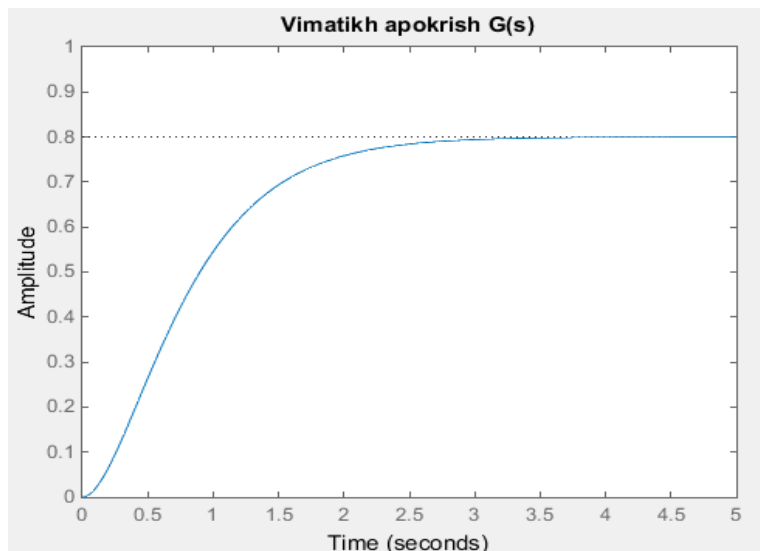
Overshoot	0%		
Ελεγκτής	K	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	$\frac{0.3}{K} \frac{T_g}{T_u}$		
<b>PI</b>	$\frac{0.35}{K} \frac{T_g}{T_u}$	$1.2 T_g$	
<b>PID</b>	$\frac{0.6}{K} \frac{T_g}{T_u}$	$T_g$	$0.5 T_u$

Βρίσκουμε:

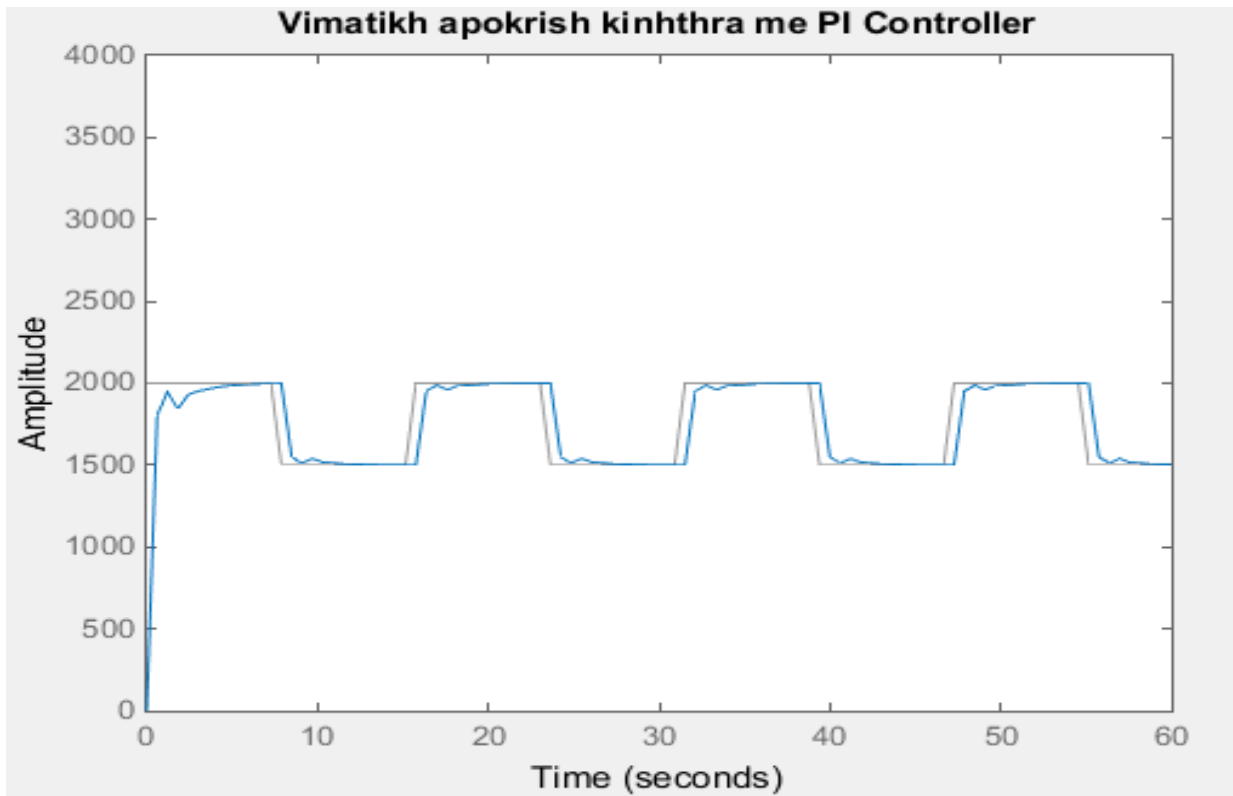
$K = 3,28$

$T_i = 1,26$

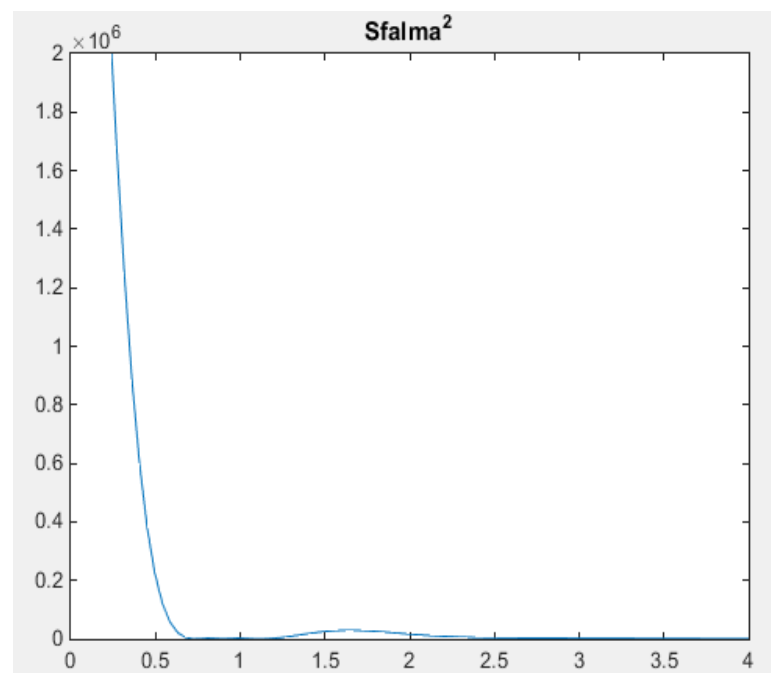
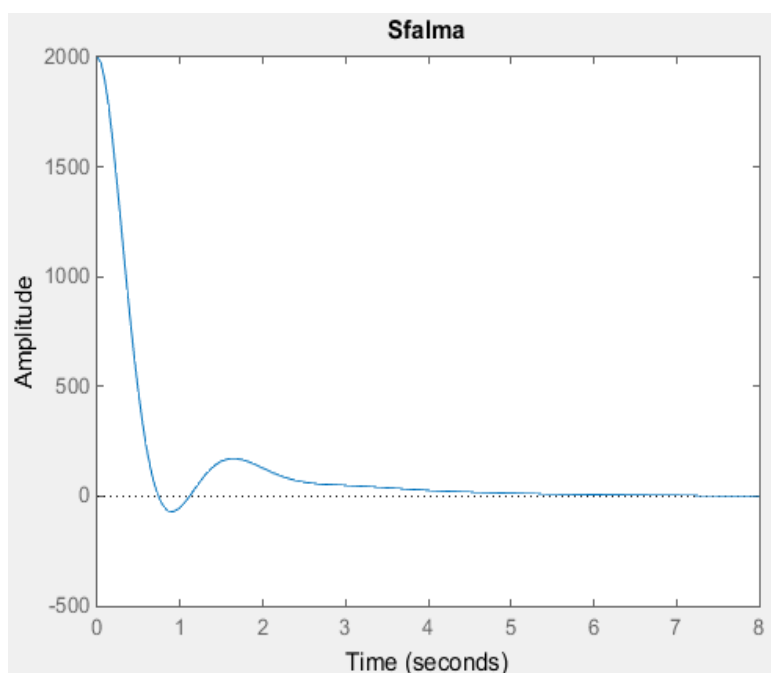
Υπολογισμός βηματικής απόκρισης ανοιχτού συστήματος



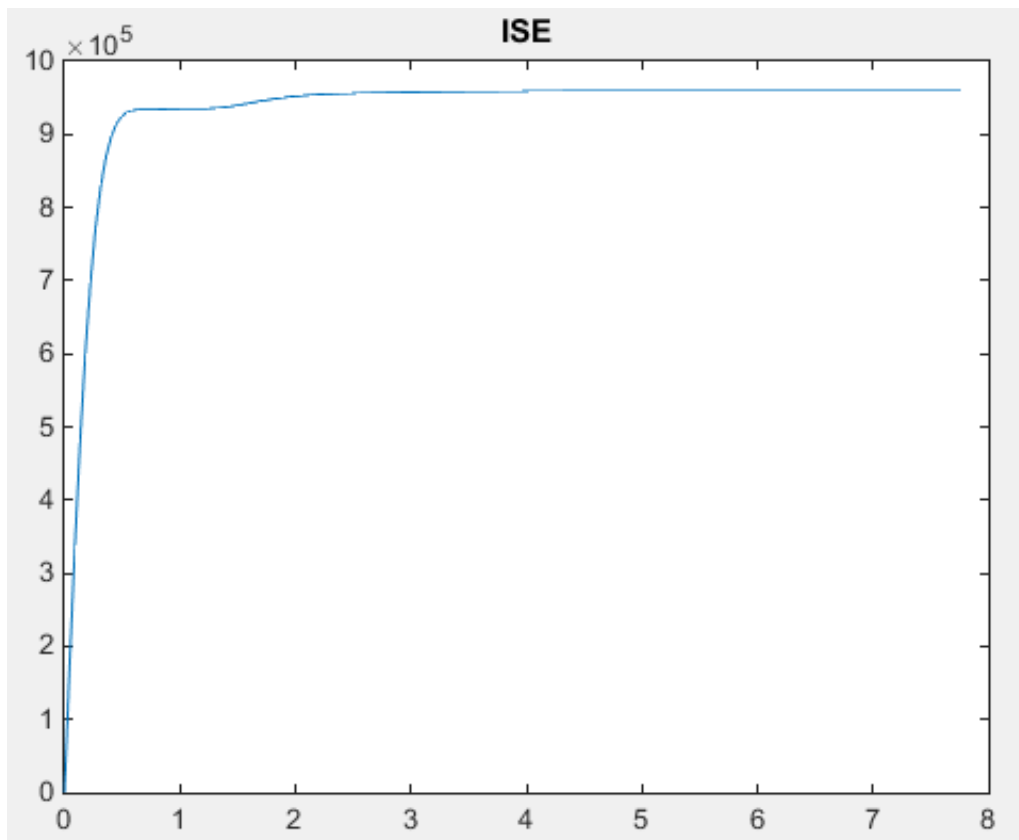
2. Με επανάληψη του πειράματος 1,2 και με τα δεδομένα απο το πρώτο ερώτημα προσομοιώσαμε την βηματική απόκριση του κινητήρα χρησιμοποιώντας τον ίδιο τεταργωνικό παλμό και το ίδιο παράθυρο παρατήρησης.



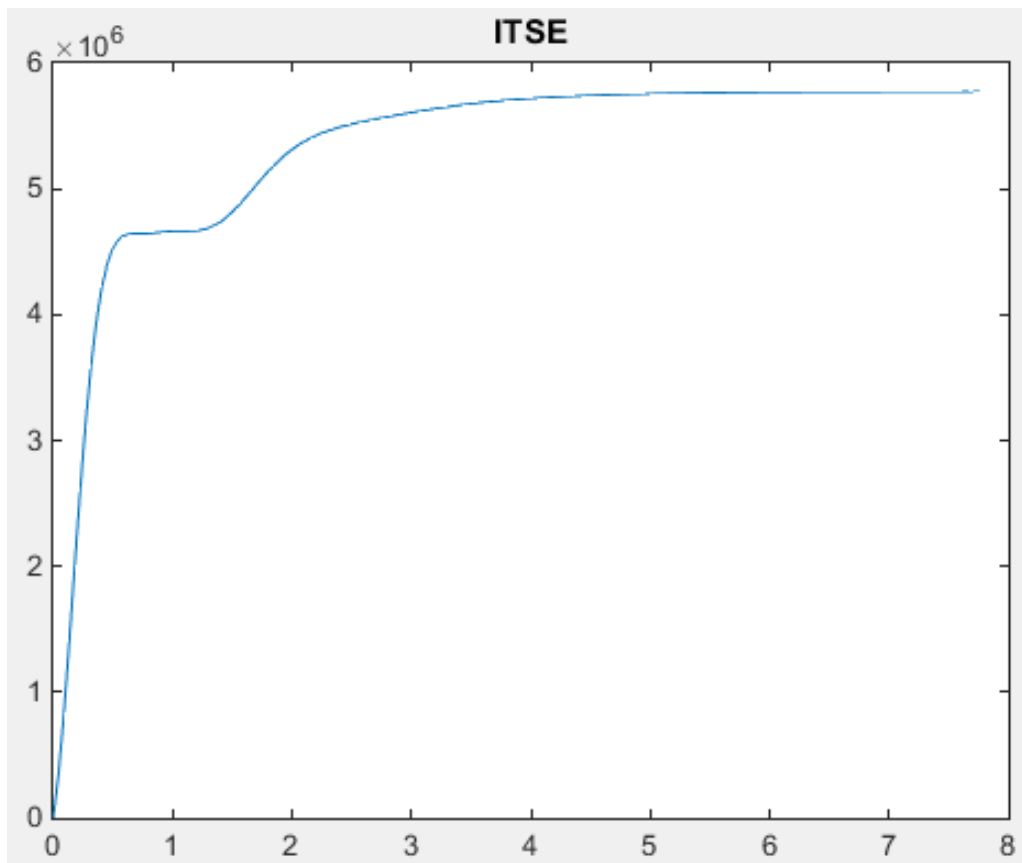
Προσομοιώσαμε το σήμα σφάλματος και το σήμα σφάλματος<sup>2</sup>



Υπολογίζουμε τον δείκτη απόδοσης του αθροίσματος των τεταργώνων των σφαλμάτων ISE



Επιλέξαμε να εμφανίσουμε το ITSE



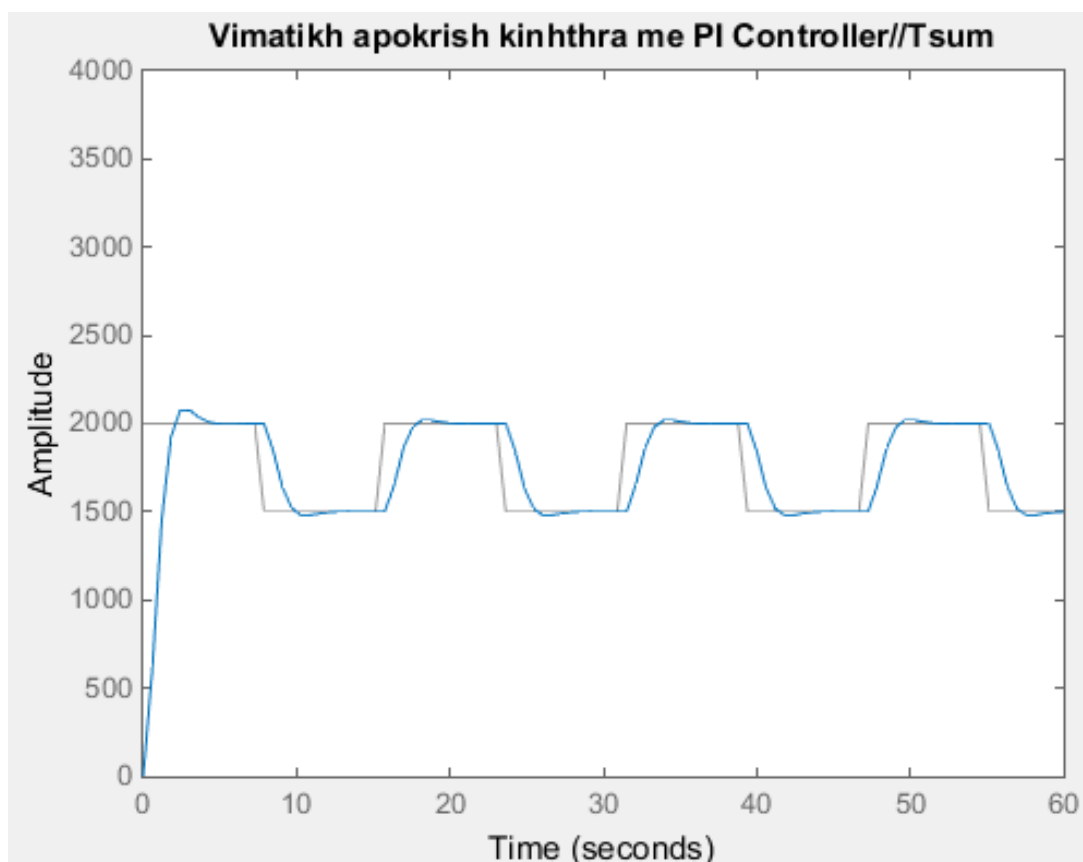
3. Υπολογίζουμε τις παραμέτρους του PI ελεγκτή σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Tsum

$$T_{sum} = T_1 + T_2 = 0,85 \quad K = \frac{0,5}{0,8} = 0,625 \quad T_i = 0,5 \cdot 0,85 = 0,425$$

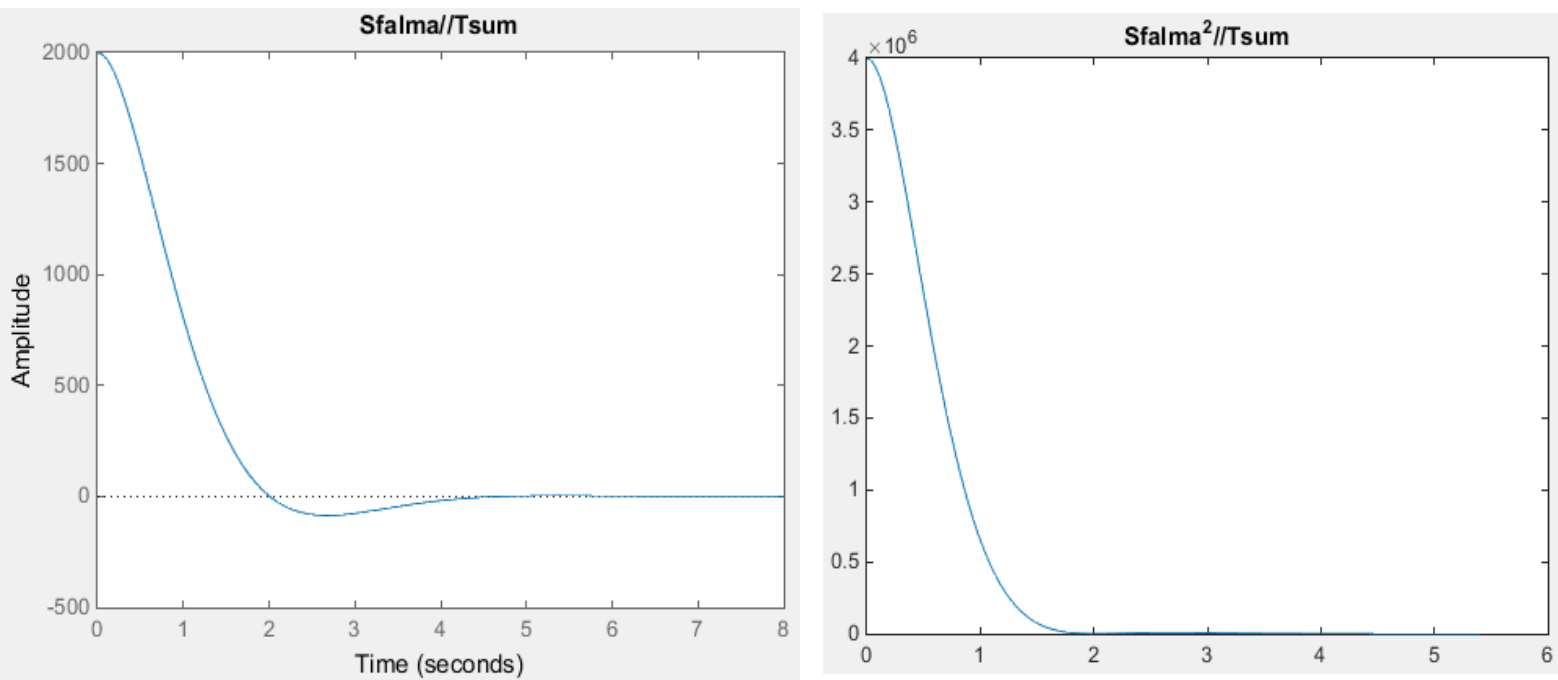
Ελεγκτής	K	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
P	$\frac{1}{K_s}$		
PI	$\frac{0.5}{K_s}$	$0.5 \cdot T_\Sigma$	
PID	$\frac{1}{K_s}$	$0.66 \cdot T_\Sigma$	$0.17 \cdot T_\Sigma$

Μέθοδος 1. T sum

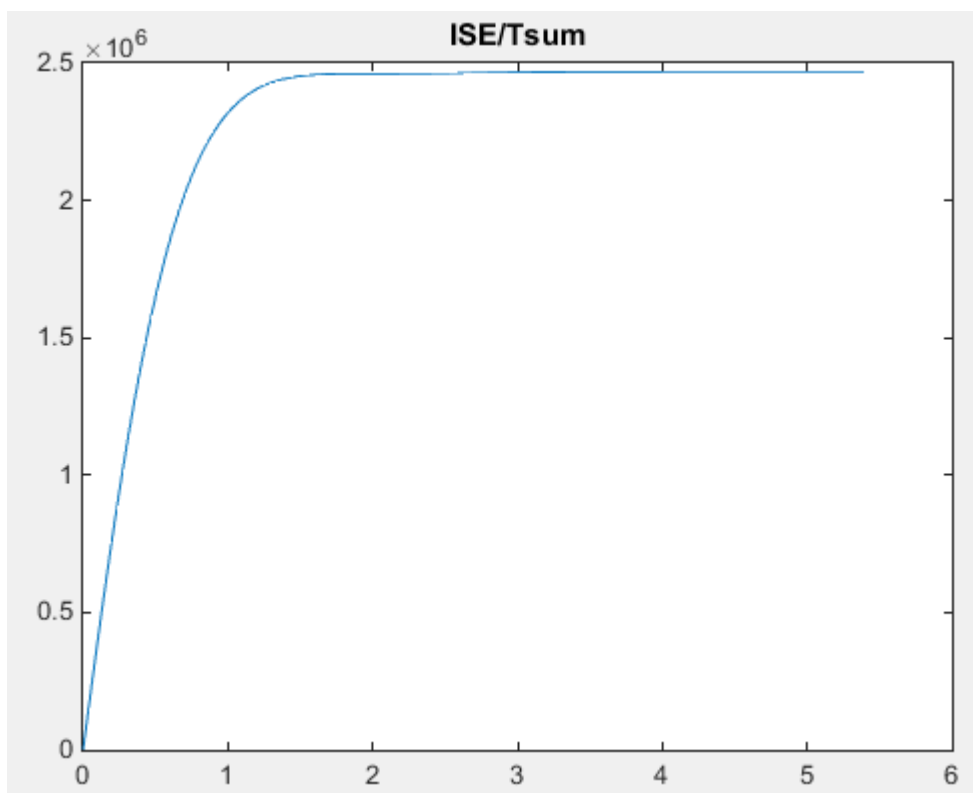
Με επανάληψη του πειράματος 1,2 χρησιμοποιώντας τους ελεγκτές ρυθμισμένους με την εμπειρική μέθοδο Tsum και χρησιμοποιώντας το ίδιο σήμα εισόδου και παράθυρο παρατήρησης πήραμε την ακόλουθη απόκριση:



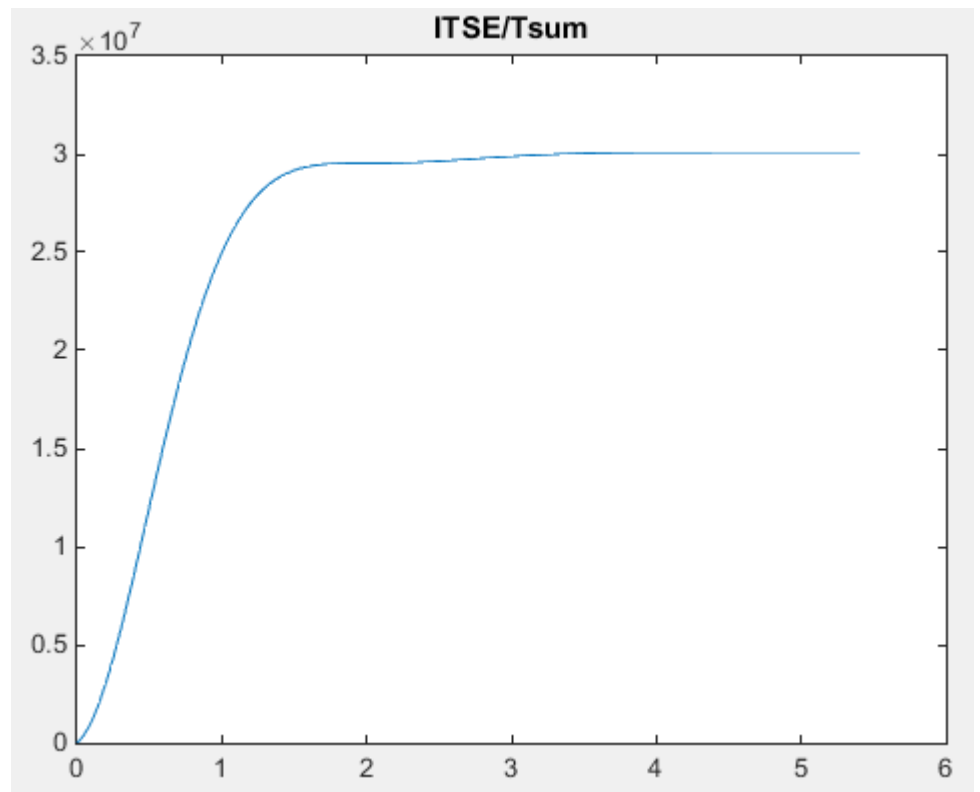
Υπολογίσαμε και προσομοιώσαμε το σφάλμα αλλά και το τετράγωνό του:



Υπολογίσαμε τον δείκτη απόδοσης του αθροίσματος των τεταρτών των σφαλμάτων ISE



Καθώς και το ITSE



4. Έχουμε  $K_s = 0,87$  ,  $T_g = 1,12\text{sec}$  ,  $T_u = 0,10\text{sec}$

$T_1 = 0,37 \cdot T_g = 0,41 \text{ sec}$

$T_2 = 3,33 \cdot T_u = 0,33 \text{ sec}$

Το σύστημά μας είναι 2ου βαθμού όπως προκύπτει από τον τύπο  $n = \frac{T_u}{T_g} 10 + 1 \approx 2$

Σύμφωνα με την σχέση  $H(s) = K_s \frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{T_2 s + 1}$  η συνάρτηση μεταφοράς υπολογίζεται ως :

$$H(s) = 0,87 \frac{1}{(0,41 s + 1)} \frac{1}{(0,33 s + 1)} = \frac{0,87}{0,135 s^2 + 0,74 s + 1}$$

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τις παραμέτρους του PI ελεγκτή με μέθοδο 0% overshoot, setpoint response σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα όπως και στο πρώτο ερώτημα

**Μέθοδος CHR** για setpoint response.

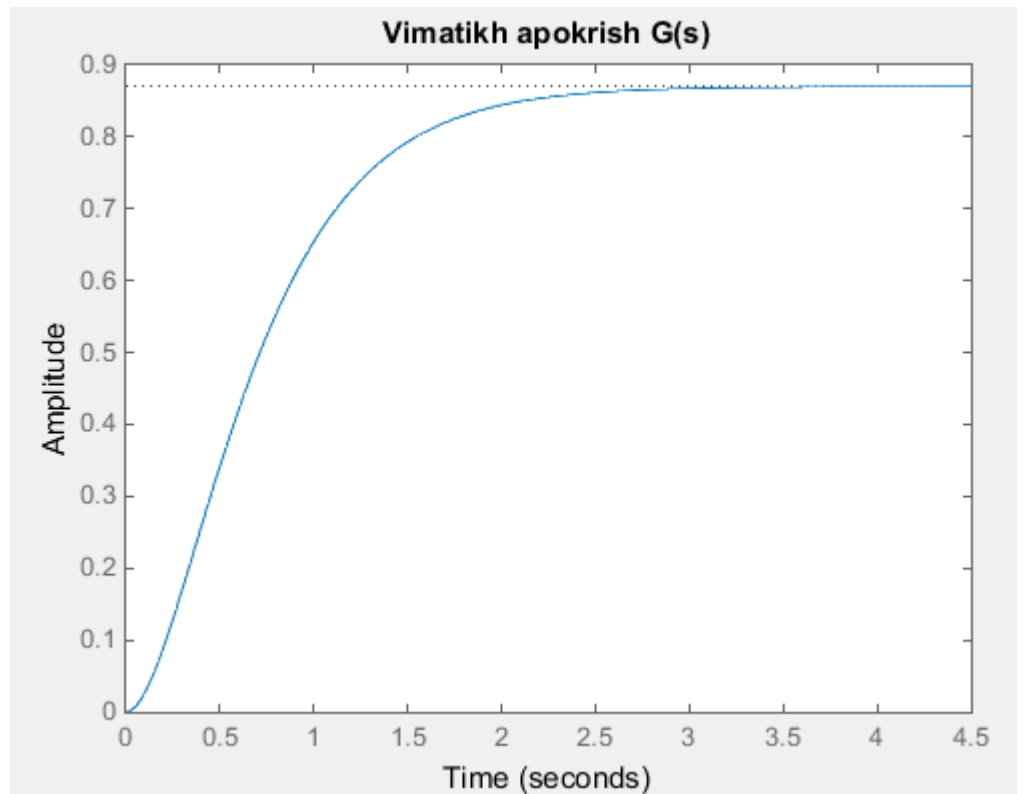
Overshoot	0%		
Ελεγκτής	K	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	$\frac{0.3}{K} \frac{T_g}{T_u}$		
<b>PI</b>	$\frac{0.35}{K} \frac{T_g}{T_u}$	$1.2 T_g$	
<b>PID</b>	$\frac{0.6}{K} \frac{T_g}{T_u}$	$T_g$	$0.5 T_u$

Βρίσκουμε:

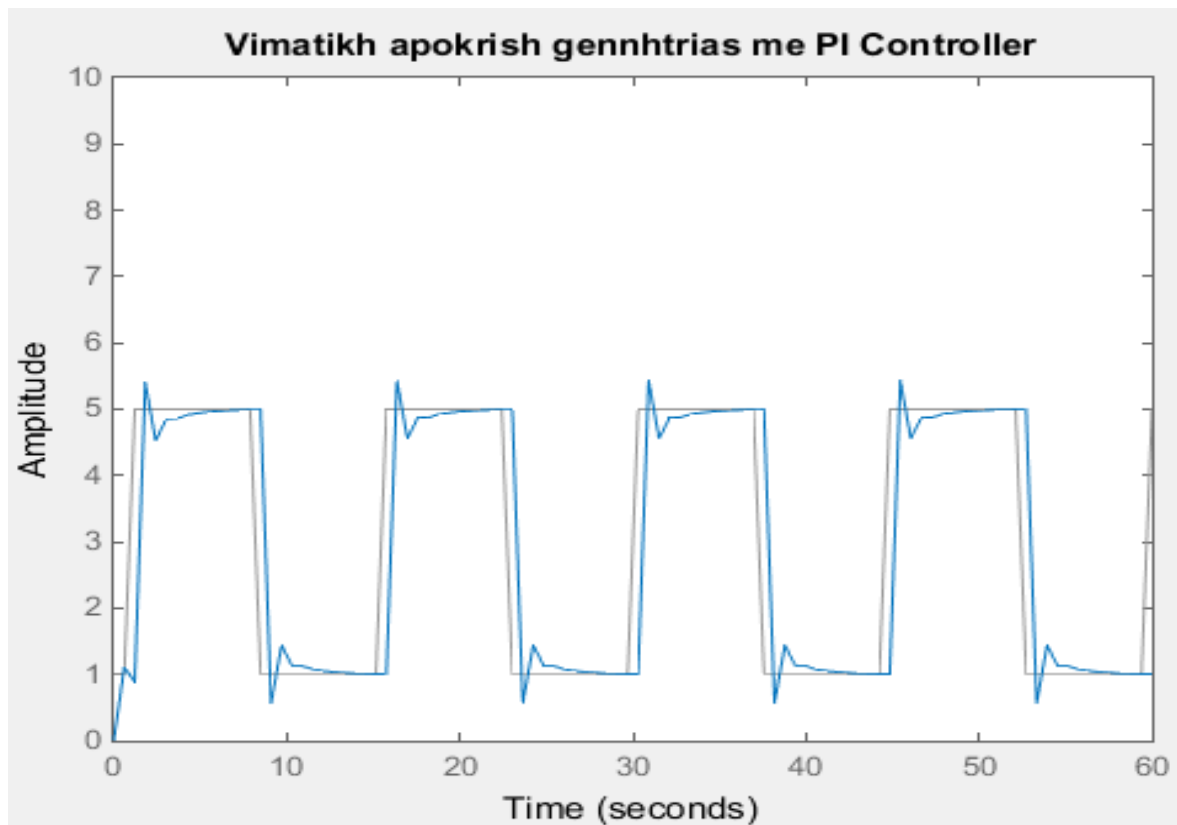
$K = 4,5$

$T_i = 1,344$

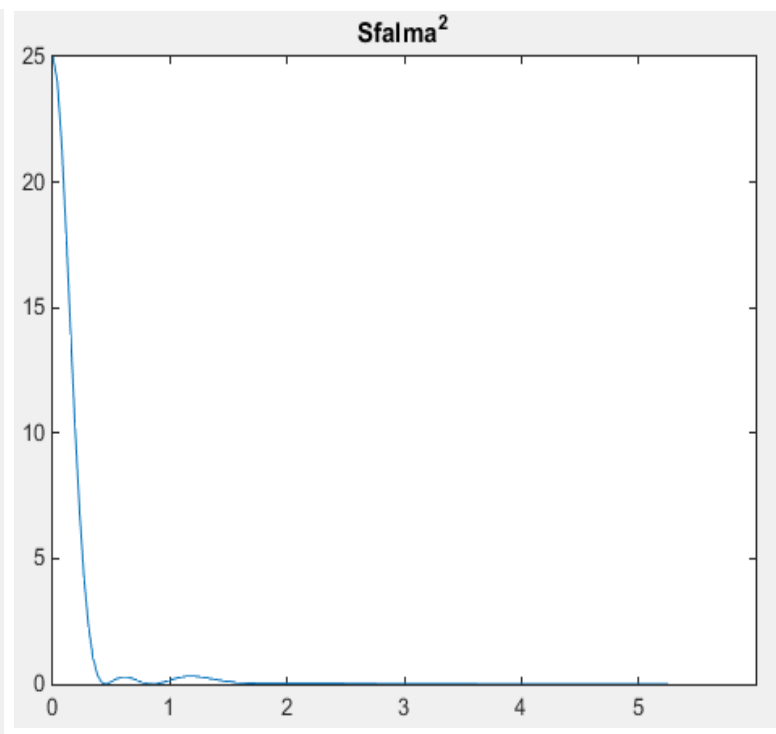
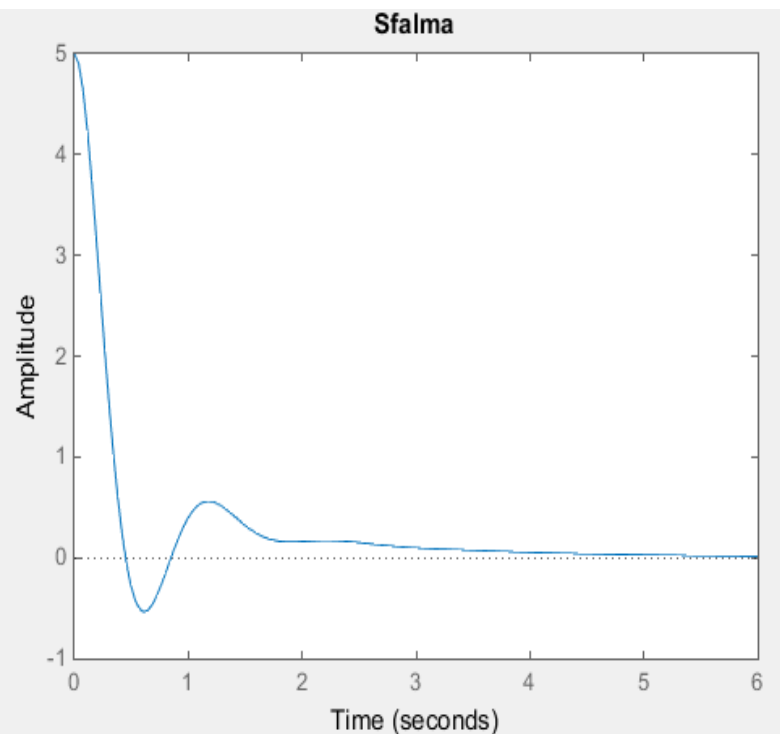
Η απόκριση του  
ανοιχτού συστήματος



5. Χρησιμοποιώντας δεδομένα απο το 4ο ερώτημα, τον ίδιο παλμό εισόδου και το ίδιο παράθυρο παρατήρησης επαναλάβουμε το πείραμα 2,2 και πήραμε την παρακάτω απόκριση συστήματος

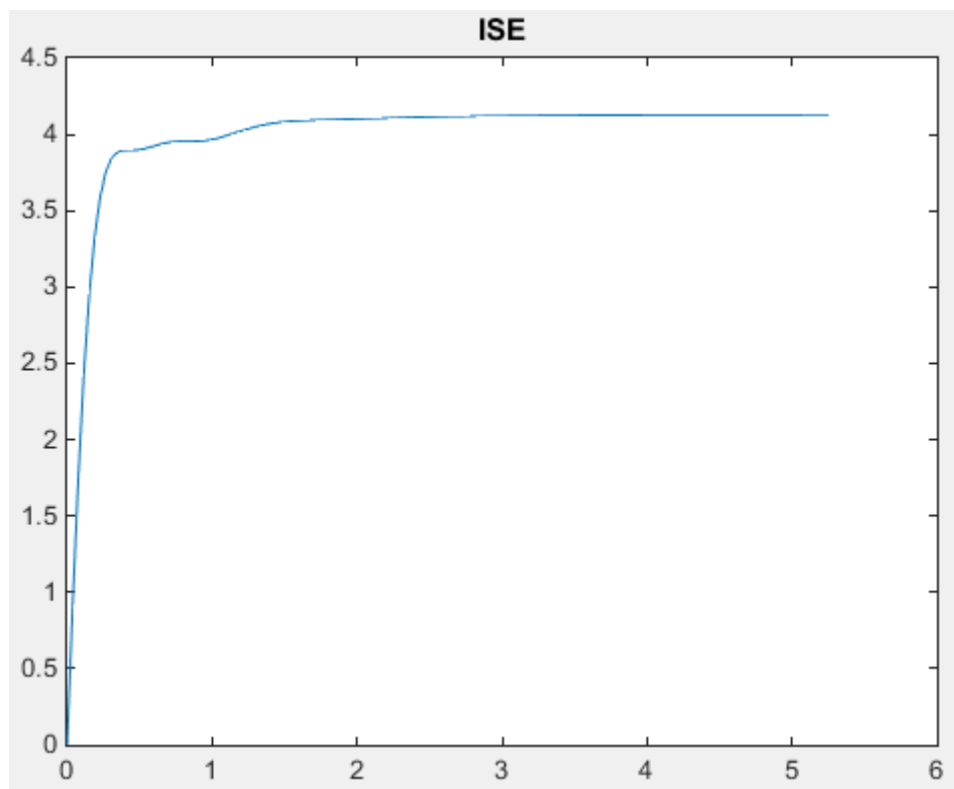


Προσομοιώσαμε το σήμα σφάλματος και το τετράγωνό του.

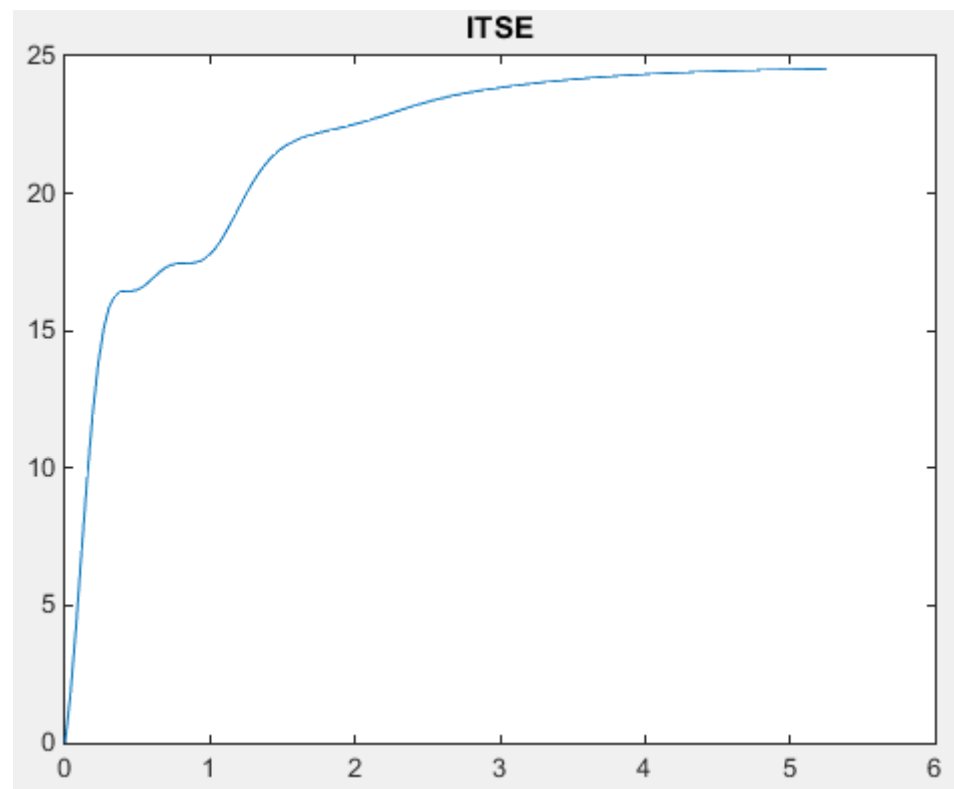


Υπολογίσαμε το ISE





Καθώς και το ITSE



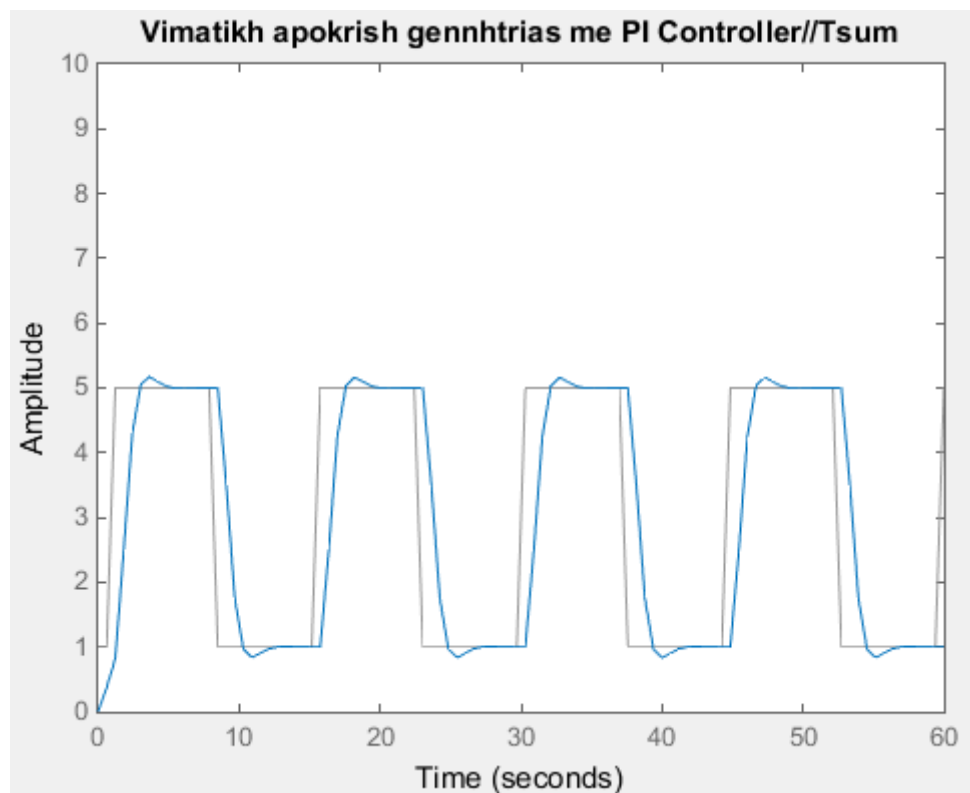
6. Υπολογίζουμε τις παραμέτρους του PI ελεγκτή σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Tsum

$$T_{sum} = T_1 + T_2 = 0,74 \quad K = \frac{0,5}{0,87} = 0,57 \quad T_i = 0,5 \cdot 0,74 = 0,37$$

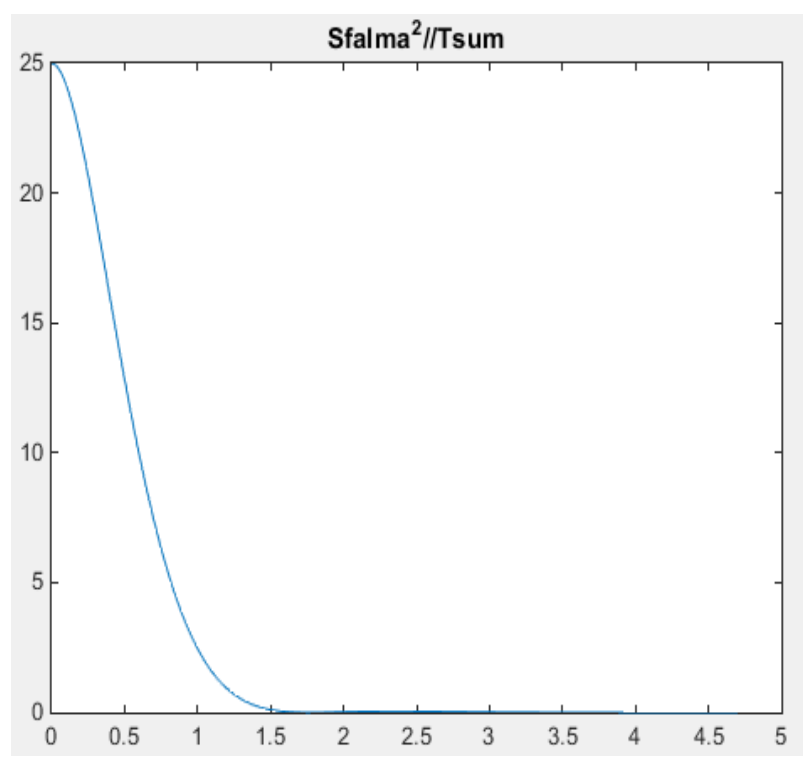
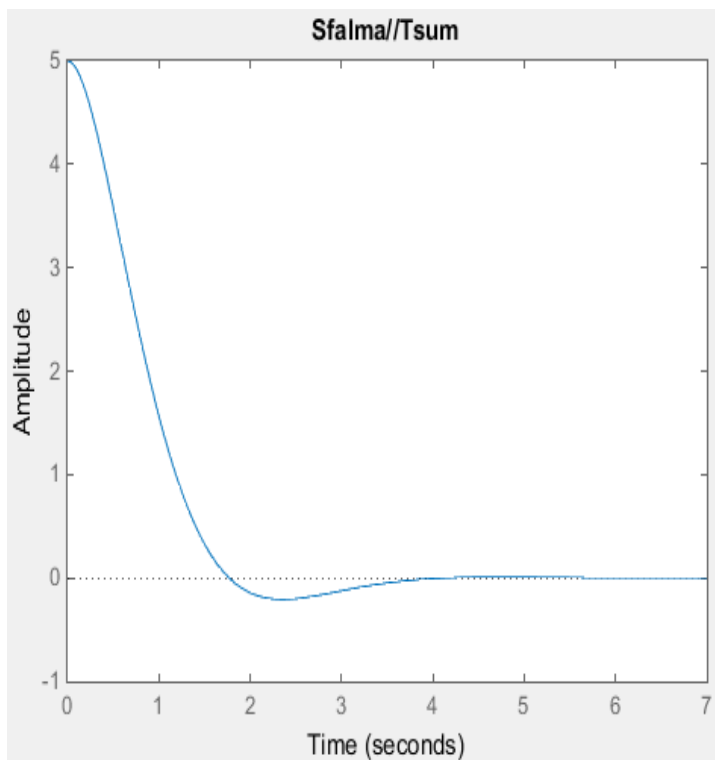
Ελεγκτής	K	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
P	$\frac{1}{K_s}$		
PI	$\frac{0.5}{K_s}$	$0.5 \cdot T_\Sigma$	
PID	$\frac{1}{K_s}$	$0.66 \cdot T_\Sigma$	$0.17 \cdot T_\Sigma$

Μέθοδος 1. T sum

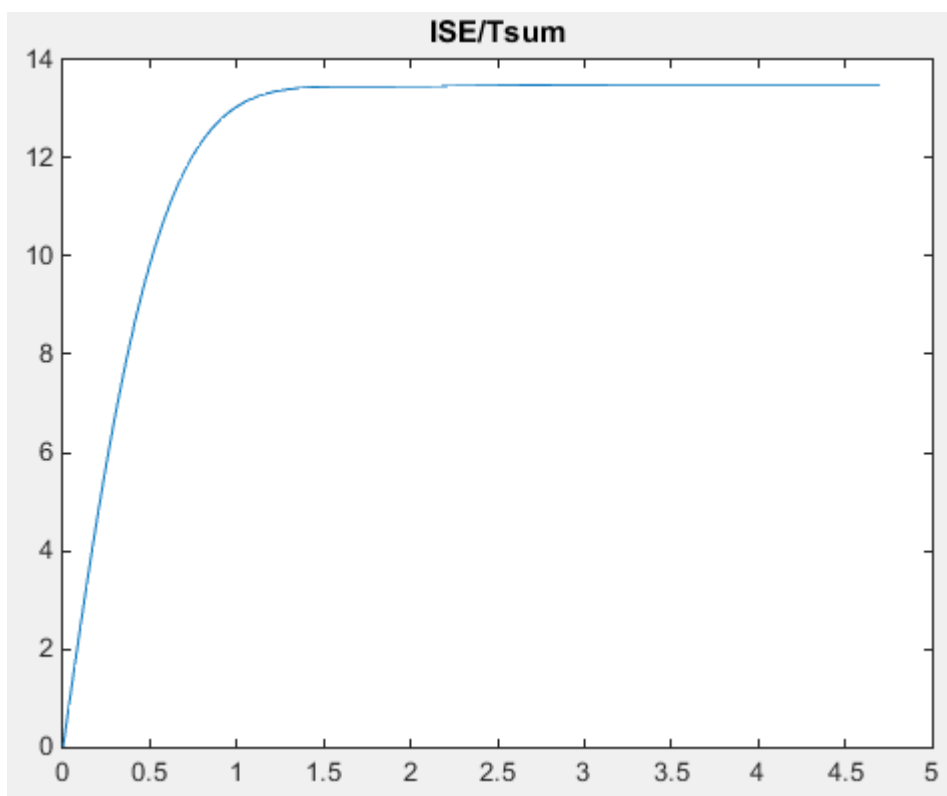
Με τις παραπάνω παραμέτρους του PI ελεγκτή ρυθμισμένες απο την εμπειρική μέθοδο Tsum προσομοιώσαμε την ακόλουθη απόκριση

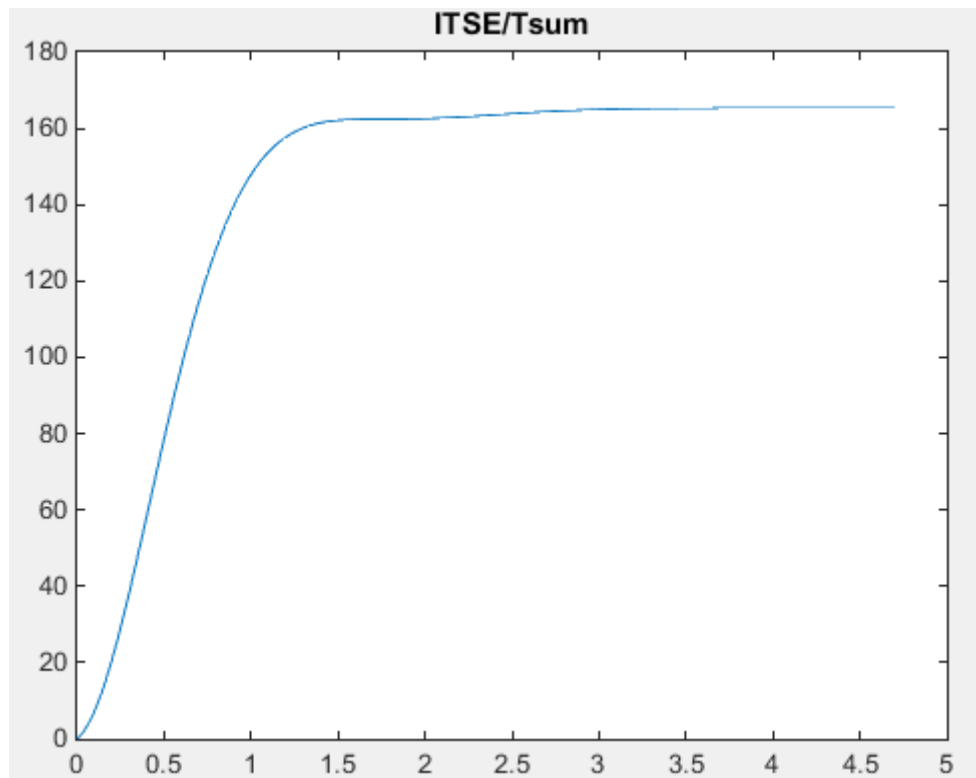


Υπολογίσαμε το σφάλμα και το τετράγωνό του



Τέλος, υπολογίσαμε τα ISE και ITSE για την εμπειρική μέθοδο Tsum





### **E. Επεξεργασία των μετρήσεων – Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων**

#### **1. Σχολιάσετε την επιλογή DC PM κινητήρων, στο module 734111 του εργαστηρίου**

Γενικά οι DC PM κινητήρες προσφέρουν μεγάλη ροπή ανά όγκο. Οι DC PM κινητήρες στο module 734111 του εργαστηρίου είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους δημιουργώντας ένα ενιαίο σετ κινητήρα-γεννήτριας. Η ισχύς που χρειάζεται προέρχεται από ενσωματωμένο ενισχυτή ισχύος και έτσι σε αντίθεση με άλλα συστήματα δεν χρειάζεται power amplifier. Επίσης με την αξιοποίηση του ηλεκτρinοκά ελεγχόμενου φορτίου, τα χαρακτηριστικά του καταγράφονται και καθίσταται εύκολη η μελέτη παρεμβολών ελέχοντας την ταχύτητα και την τάση.

#### **2. Περιγράψετε συνοπτικά την λειτουργία – συμπεριφορά των κινητήρων του module 734111 του εργαστηρίου, στα δυο πειράματα.**

Στο πείραμα μελέτης των στροφών του κινητήρα, η ηλεκτρική γεννήτρια δεν συμμετέχει στο σύστημα αλλά φέρεται ως το φορτίο στον κινητήρα. Το σύστημα δίνει στην έξοδο την ταχύτητα του κινητήρα (στροφές).

Στο πείραμα έλεγχου τάσης της γεννήτριας η έξοδος δείχνει την τάση του συστήματος. Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως η κινητήρια δύναμη (prime mover) ώστε η ηλεκτρική γεννήτρια να αποκτήσει την απαραίτητη ενέργεια για την λειτουργία της.

### **3. Αναδείξτε τα δυο προβλήματα που αντιμετωπίσατε, με βάση τις μετρήσεις σας.**

Το πρώτο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε είναι σχετικό με τις στροφές ενός ηλεκτρικού κινητήρα. Παρατηρήσαμε πως με αύξηση του φορτίου έχουμε μία μείωση του αριθμού των στροφών του κινητήρα και έτσι μείωση της ταχύτητάς του. Το επιθυμητό σε αυτή την περίπτωση θα ήταν σταθερή ταχύτητα ανεξαρτήτως του φορτίου.

Δεύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε στο πείραμα είναι πως η τάση εξόδου της ηλεκτρικής γεννήτριας μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται και το φορτίο. Όταν αυξάνουμε το φορτίο που εξυπηρετεί η γεννήτρια μειώνεται σημαντικά η τάση εξόδου, ενώ το επιθυμητό θα ήταν μία σταθερή τάση εξόδου ανεξάρτητη του φορτίου.

### **4. Πως σχολιάζετε την επιλογή της μεθόδου CHR ως μέθοδο σχεδιασμού του ελεγκτή μας, στα δυο προβλήματα που αντιμετωπίσατε;**

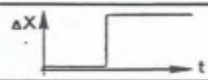


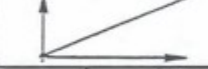
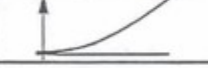
Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε και την ZN μέθοδο αν και η CHR δίνει την δυνατότητα να ελέγξουμε τον θόρυβο και το set point.

### **5. Πως σχολιάζετε τις επιλογές που έγιναν στη μέθοδο CHR (overshoot 0% και setpoint response).**

Οι επιλογές αυτές είναι εύστοχες. Η επιλογές για overshoot 0% και για setpoint response έγιναν διότι δεν θέλουμε να υπάρχει υπερύψωση και δεν έχουμε θόρυβο στο σύστημα. Επίσης σε αντίθεση με άλλες περιπτώσεις δεν έχουμε step response αλλά έχουμε έναν παλμό εισόδου που παρακολουθείται απο την έξοδο.

### **6. Σχολιάσετε την επιλογή και τη καταλληλότητα του PI ελεγκτή, στα δυο προβλήματα που αντιμετωπίσατε.**

Το συστημά μας είναι αρκετά γρήγορο και έτσι δεν χρειάζεται το D στοιχείο του PID ελεγκτή. Επίσης είναι και ο κατάλληλος ελεγκτής, σύμφωνα με την απόκριση του ανοιχτού συστήματος, για τη περίπτωσή μας όπως φαίνεται και απο την παρακάτω εικόνα

Controlled system step response	Primary controlled variables	Applicable controllers	Inapplicable controllers
	Flow-through transport	I, <u>PI</u>	P, PD, PID
	Mixture	I, <u>PI</u> , <u>PID</u>	P, PD
	Pressure	P, PI	I
	Fluid level	P reference PI disturbance	I !
	Level course	PD reference PID disturbance	I !

7. Περιγράψετε όσο το δυνατό καλύτερα το πρόβλημα *tracing* που μελετήσατε. Σχολιάστε τα αποτελέσματα, στα δυο προβλήματα που αντιμετωπίσατε.

### ΣΤ. Επεξεργασία του υπολογιστικού μέρους – Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Αρχικά, παρατηρούμε μια εκθετική σύγκλιση στα σήματα σφάλματος σε όλες τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήσαμε. Η εκθετική σύγκλιση σε αυτά τα σήματα είναι θετική για το σύστημά μας καθώς το λάθος φτάνει σε μικρό χρονικό διάστημα στην τιμή 0 και δεν τείνει προς αυτήν όταν το χρονικό διάστημα τείνει και αυτό στο άπειρο (όπως γίνεται με την ασυμπτωματική σύγκλιση).

Παρατηρούμε μια μικρή αλλά σημαντική διαφορά στην ακρίβεια των μετρήσεων μεταξύ των δυο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, με την μέθοδο CHR παρατηρήσαμε μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο σταθερά, στις προσδοκώμενες τιμές, αποτελέσματα απο την εμπειρική μέθοδο Tsum. Αυτό είναι κάτι που περιμέναμε καθώς οι μέθοδοι ZN, CHR προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια απο την μέθοδο Tsum. Μάλιστα η μέθοδος Tsum δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλου είδους συστήματα παρά μόνο σε όμοια με αυτό που μελετήσαμε.

Γενικά, είδαμε μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις μας και αναμενόμενα αποτελέσματα. Το σφάλμα σε όλες τις περιπτώσεις μηδενίζεται με την επιθυμητή εκθετική σύγκλιση σε αρκετά μικρό χρονικό διάστημα. Τέλος ο δείκτης σφάλματος με την ακαράια τιμή που λαμβάνει στις περιπτώσεις, μας δείχνει την καλή σχεδίαση του συστήματος μας.