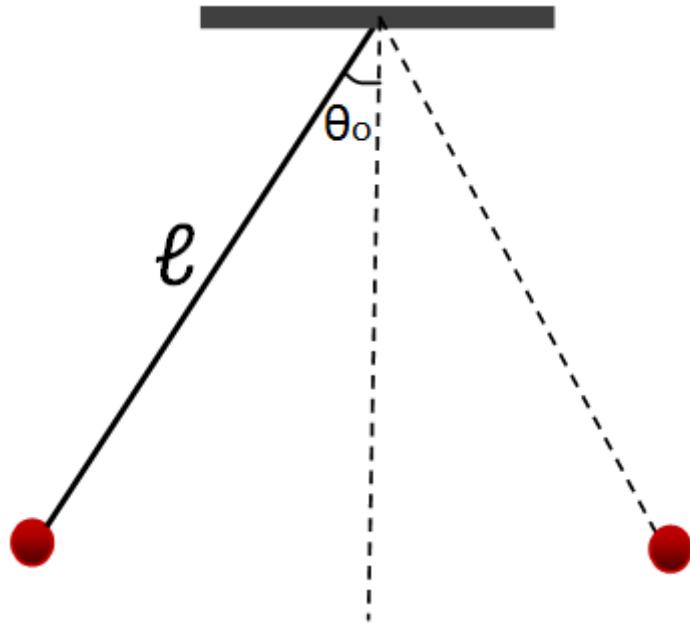




Εργασία Ευφυή και Προσαρμοστικά Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

Έλεγχος εκρεμμούς με χρήση μεθόδων προσαρμοστικού ελέγχου



Ασημακίδης Σταμάτιος 9711

Email: asimakid@ece.auth.gr

ΤΗΜΜΥ -ΑΠΘ

Πίνακας Περιεχομένων

1.	Γραμμικοποίηση συστήματος στην γειτονιά του (0,0)	3
2.	Σημεία ισοροπίας συστήματος	4
3.	Θέμα 2: Σχεδίαση ελεγκτή μοντέλου αναφοράς	5
4.	Θέμα 2α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για εξισορρόπιση στο 0 8	
5.	Θέμα 2β: Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών.....	11
6.	Θεμα 3: σχεδίαση προσαρμοστικού ελέγχου ανάδρασης καταστάσεων	20
7.	Θεμα 3α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για εξισορρόπιση στο 0 22	
8.	Θεμα 3β :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών.....	26
9.	Θεμα 4: σχεδίαση άμεσου προσαρμοστικού ελέγχου ανάδρασης εξόδου	30
10.	Θεμα 4α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για εξισορρόπιση στο 0	32
11	Θεμα 4β :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών.....	36
12	Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας model refence control.....	41
13.	Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας Α ΠΕΜΑ με ανάδραση καταστάσεων.....	45
14.	Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας Α ΠΕΜΑ με ανάδραση εξόδου	50
15.	Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση καταστάσεων με αρχικές συνθήκες εκτιμήσεων.	65
16.	Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση εξόδου με αρχικές συνθήκες εκτιμήσεων.....	69
17.	Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση εξόδου παράδειγμα παραμετρκής σύγκλισης	71

1. Γραμμικοί οίηση συστήματος στην γειτονιά του (0,0)

Το δοσμένο σύστημα περιγράφεται από την παρακάτω διαφορική εξίσωση

$$M \cdot \ddot{q} + C \cdot \dot{q} + G \cdot \sin(q) = u, \quad q \in R, u \in R$$

όπου με q συμβολίζεται η γωνία εκτροπής του συτήματος και u η είσοδος (ροπή) που δίνεται στο σύστημα και μετρώνται σε rad και $N \cdot m$ αντίστοιχα, ενώ \dot{q} , \ddot{q} η γωνιακή ταχύτητα και η επιτάχυνση που μετρώνται σε rad/s και rad/s^2 αντίστοιχα. Γράφωντας επομένως το σύστημα σε μορφή εξισώσεων κατάστασης με καταστάσεις

$$x_1 = q$$

$$x_2 = \dot{q}$$

και θεωρώντας έξοδο του συστήματος την γωνία εκτροπής q , προκύπτει:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{G \cdot \sin(x_1)}{M} - \frac{C \cdot x_2}{M} + \frac{u}{M}, \quad x_2(0) = x_{2_0}$$

$$y = x_1$$

Πρόκεται επομένως όπως φαινόταν και από την διαφορική εξίσωση για ένα μη γραμμικό σύστημα, λόγω της μη γραμμικότητας από το $\sin(x_1)$. Ωστόσο οι μέθοδοι προσαρμοστικού ελέγχου που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν έχουν σχεδιαστεί για γραμμικά συστήματα, επομένως για να είναι δυνατή η χρήση τους για το το συγκεκριμένο σύστημα θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί μια γραμμικοποιημένη εκδοχή του. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η γραμμικοποιηση γύρω από το ευσταθές σημείο ισορροπίας του συστήματος (0,0).

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{G \cdot x_1}{M} - \frac{C \cdot x_2}{M} + \frac{u}{M}, \quad x_2(0) = x_{2_0}$$

$$y = x_1$$

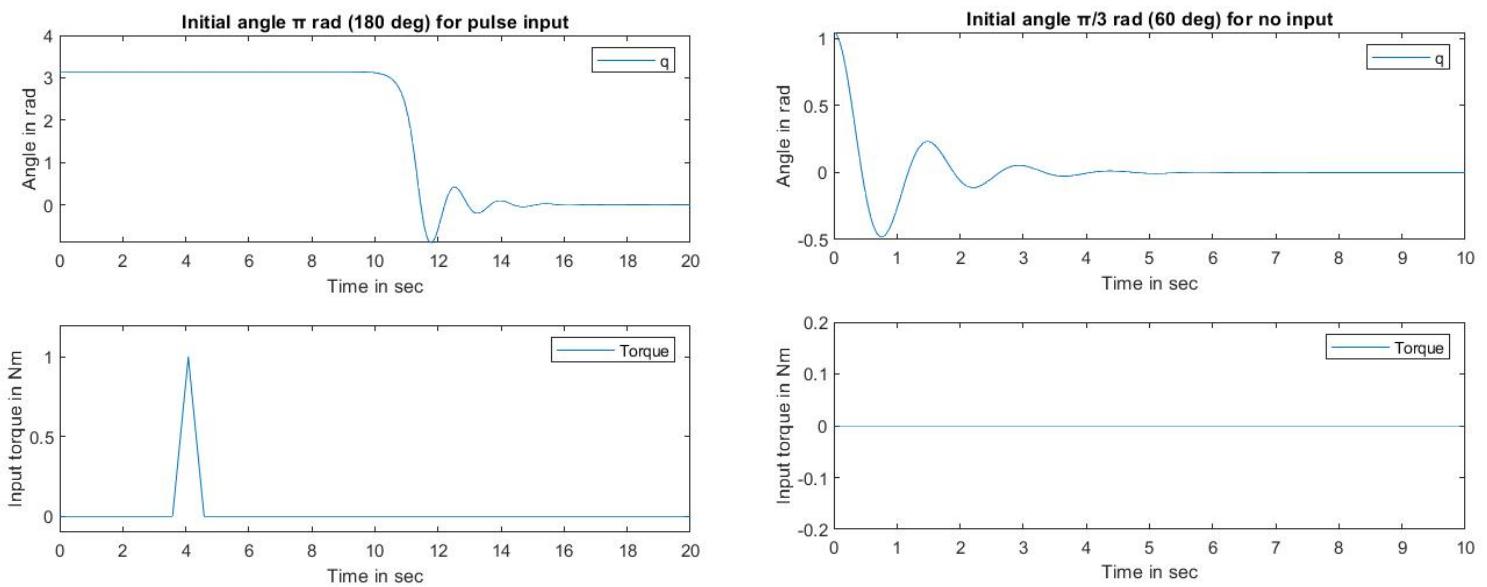
Το παραπάνω αποτέλεσμα μπορεί να προκύψει είτε θεωρώντας προσεγγιστικά $\sin(x) \approx x$, για x κοντά στο 0, είτε χρησιμοποιώντας την θεωρία περί γραμμικοποίησης συστήματος γύρω από σημείο ισορροπίας (όπως αυτή παρουσιάστηκε στα ΣΑΕ II ($A = \frac{\partial f}{\partial x} \mid x = x_0$)). Και στις δυο περιπτώσεις αντιμετώπισης προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα.

2. Σημεία ισορροπίας συστήματος

Στο σημείο αυτό της εργασίας γίνεται μια σύντομη αναφορά (που δεν ζητείται στα πλαίσια της εκφώνησης) στα σημεία ισορροπίας του συστήματος. Από τις εξισώσεις κατάστασης του μη γραμμικού συστήματος προκύπτουν δυο σημεία ισορροπίας τα

$$(x_1, x_2) = (0,0) \text{ και } (x_1, x_2) = (\pi, 0)$$

εφόσον περιορίσουμε τις αποδεκτές λύσεις στο διάστημα $(-\pi, \pi]$ καθώς αναφερόμαστε σε γωνίες εκτροπής, το οποίο σημαίνει ότι γωνίες έξω από αυτό διαστήμα αναφερόνται στις ίδιες θέσεις. Μπορούμε να αποδείξουμε με χρήση με χρήση θεωρίας Lyapunov την ευστάθεια του $(0,0)$ και ότι το $(\pi, 0)$ δεν είναι ευσταθές σημείο ισορροπίας, ωστόσο στα πλαίσια της εν λόγω αναφοράς δεν θα γίνει κάποια τέτοια απόδειξη, παρουσιάζεται απλά μέσω προσομοιώσεων η συμπεριφορά του συστήματος στα διαγράμματα που ακολουθούν, στα οποία η αρχική ταχύτητα του συστήματος είναι μηδενική και στις δύο περιπτώσεις



Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται φανερό ότι το σύστημα που δίνεται είναι ενα εκρεμμές στο οποίο επιτρέπονται οποιεσδήποτε γωνίες εκτροπής $(-\pi, \pi]$. Το ευσταθές σημείο ισορροπίας του συστήματος είναι το $(0,0)$ (το κάτω σημείο) και ασταθές το $(\pi, 0)$ (το πάνω σημείο). Τα παραπάνω αναφέρονται για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος καθώς και την καλυτέρη αντιλήψη των στόχων ελέγχου που τίθενται στο σύστημα. Οι παραπανώ δοκιμές υλοποιούνται στο αρχείο `systemfornoinput.m`

3. Θέμα 2: Σχεδίαση ελεγκτή μοντέλου αναφοράς

Για την σχεδίαση νόμου ελέγχου του συστήματος χρησιμοποιείται η γραμμικοποιημένη εκδοχή του συστήματος όπως προεκυψε στο 1,δηλαδή:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, x_1(0) = x_{1_0} \\ \dot{x}_2 &= -\frac{G \cdot x_1}{M} - \frac{C \cdot x_2}{M} + \frac{u}{M}, x_2(0) = x_{2_0} \\ y &= x_1\end{aligned}$$

Το παραπανω σύστημα έχει συνάρτηση μεταφοράς

$$G_p(s) = \frac{\frac{1}{M}}{s^2 + \frac{C}{M} \cdot s + \frac{G}{M}} = k_p \cdot \frac{Z_p(s)}{R_p(s)}$$

Για την περίπτωση που το σύστημα θεωρείται γνωστό και για τις τιμές των παραμέτρων C,M,G που δίνονται στην εκφώνηση γίνεται

$$G_p(s) = \frac{2}{s^2 + 2 \cdot s + 20}$$

Το σύστημα λοιπόν έχει σχετικό βαθμό 2, ενώ ακολουθώντας τους συμβολισμούς της θεωρίας:

$$k_p = 2$$

$$Z_p(s) = 1$$

$$R_p(s) = s^2 + 2 \cdot s + 20$$

Για την σχεδίαση του ελέγχου μοντέλου αναφοράς απαιτείται η επιλογή μοντέλου του οποίου η συνάρτηση μεταφοράς $G_m(s) = k_m \cdot \frac{Z_m(s)}{R_m(s)}$ θα πρέπει:

A) να είναι και αυτή σχετικού βαθμου 2, δηλαδή $\deg[R_m] - \deg[Z_m] = 2$

B) τα $Z_m(s), R_m(s)$ θα πρέπει να είναι ευσταθή πολυώνυμα

Γ) $\deg[R_m] \leq \deg[R_p]$, όπου $\deg[\]$ ο βαθμός του πολυωνύμου

Επομένως η συνάρτηση μεταφοράς του μοντέλου θα πρέπει να είναι στην γενική περίπτωση της μορφής

$$G_m(s) = k_m \cdot \frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}, \alpha, \beta \text{ ευσταθείς πόλοι}$$

$$Z_m(s) = 1$$

$$R_m(s) = s^2 + (\alpha + \beta) \cdot s + \alpha \cdot \beta$$

Καθώς μόνο αυτή είναι επιτρεπτή σύμφωνα με τα παραπάνω.(Βαθμός παρονομαστή μοντέλου για να χουμε σχετικό βαθμό 2 πρέπει να ειναι τουλάχιστον 2,όμως ταυτόχρονα θα πρέπει βαθμός παρονομαστή μοντέλου μικρότερος ίσος από βαθμό παρονομαστή του συστήματος) αρα θα πρέπει αναγκαστικά το μοντέλο να είναι ενα σύστημα δεύτερης τάξης και αρα βαθμός αριθμητή 0 (για να είναι σχετικού βαθμού 2).

Το k_m για το υπόλοιπο της εργασίας επιλέχθηκε ίσο με 1, επομένως η συνάρτηση μεταφοράς του μοντέλου στο εξής είναι:

$$G_m(s) = \frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}$$

Επομένως ακολουθώντας την θεωρία των σημειώσεων του κεφαλαίου 2.3.1 για να υλοποιήσουμε τον έλεγχο μοντέλου αναφοράς το σύστημα θα δέχεται είσοδο

$$u = \theta_1^{*T} \frac{\alpha(s)}{\Lambda(s)} u + \theta_2^{*T} \frac{\alpha(s)}{\Lambda(s)} y + \theta_3^* y + c_0^* r,$$

γένος συστήματος, r είσοδος μοντέλου αναφοράς

όπου για την συγκεκριμένη περίπτωση συστήματος και μοντέλου θα ισχύουν τα εξής :

$$\alpha(s) = 1$$

$$\Lambda(s) = \Lambda_0(s) Z_m(s) = (s + \lambda) \cdot 1, \lambda \text{ ευσταθής πόλος}$$

$$\theta_1^*, \theta_2^*, \theta_3^*, c_0^* \in R$$

Δηλαδή η είσοδος θα είναι της μορφής

$$u = \frac{(\theta_2^* + \theta_3^*(s + \lambda))y + c_0^*(s + \lambda)r}{s + \lambda - \theta_1^*}$$

Στόχος, όπως αναφέρεται και στην εξίσωση 2.40, είναι η συνάρτηση μεταφοράς του κλειστού βρόχου να ταυτίζεται με την συνάρτηση μεταφοράς του μοντέλου, δηλαδή

$$G_c(s) = G_m(s) = \frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}$$

η τελευταία καταλήγει στο εξής σύστημα εξισώσεων:

$$c_0^* = \frac{k_m}{k_p}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \\ 20 & 2 & 2 - \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1^* \\ \theta_2^* \\ \theta_3^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 - \alpha - \beta \\ 20 - \alpha\beta + \lambda(2 - \alpha - \beta) \\ \lambda(20 - \alpha\beta) \end{bmatrix}$$

Από την οποία μπορούν να υπολογιστούν τα θ_1^* , θ_2^* , θ_3^* , c_0^* , καθώς σε κάθε περίπτωση ο πίνακας του συστήματος εξισώσεων που προκύπτει είναι αντιστρέψιμος.

Γραφοντας στην συνέχεια την υλοποίηση του νόμου ελέγχου για το συγκεκριμένο σύστημα σε μορφή εξισώσεων κατάστασης προκύπτει :

$$u = \theta^{*T} \omega$$

$$\dot{\omega}_1 = -\lambda \omega_1 + u, \omega_1(0) = 0$$

$$\dot{\omega}_2 = -\lambda \omega_2 + y, \omega_2(0) = 0$$

Όπου πλέον $\theta^* = [\theta_1^* \ \theta_2^* \ \theta_3^* \ c_0^*]^T$, $\omega = [\omega_1 \ \omega_2 \ y \ r]^T$ και γνωρίζουμε από την απόδειξη της θεωρίας ότι το σφάλμα παρακολούθησης του μοντέλου $\varepsilon = y - y_m$ θα συγκλίνει εκθετικά στο 0. Εν τέλει το σύστημα κλειστού βρόχου με τον νόμο που σχεδιάστηκε για το γραμμικοποιημένο σύστημα περιγράφεται από τις εξισώσεις κατάστασης :

$$\dot{x}_1 = x_2, x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{G \cdot x_1}{M} - \frac{C \cdot x_2}{M} + \frac{u}{M}, x_2(0) = x_{2_0}$$

$$\dot{\omega}_1 = -\lambda \omega_1 + u, \omega_1(0) = 0$$

$$\dot{\omega}_2 = -\lambda \omega_2 + y, \omega_2(0) = 0$$

Η σχεδίαση βασίστηκε στην γραμμικοποιημένη εκδοχή του συστήματος, αλλά ο νόμος ελέγχου που προέκυψε θα χρησιμοποιηθεί στο μη γραμμικό σύστημα.

4. Θέμα 2α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-

Αποτελέσματα για εξίσορρόπιση στο 0

Στην ανάλυση που προηγήθηκε δεν έγιναν συγκεκριμένες επιλογές για τους πόλου(α,β) του μοντέλου αναφοράς . Για την προσομοιωση του νόμου ελέγχου δημιουργήθηκε το script test1.m στο οποίο αρχικά γίνεται η επιλογή των ελεύθερων παραμέτρων του μοντέλου,δηλαδή των πόλων του μοντέλου με βασή τα χαρακτηριστικά για την απόκριση του που απαιτούνται και υπολογίζεται το διάνυσμα θ^* (μέσα στο script) όπως αυτό προκύπτει από το σύστημα εξισώσεων που περιγράφηκε παραπάνω,καθώς επίσης επιλέγεται και ο πόλος λ του ευσταθούς πολυωνύμου.

Το σύστημα που θα προσομοιωθεί εν τέλη σύμφωνα με την εκφώνηση και χρησιμοποιώντας τον νόμο ελέγχου που σχεδιάστηκε προηγουμένως

$$\dot{x}_1 = x_2, x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2 \theta^{*T} \omega, x_2(0) = x_{2_0}$$

$$\dot{\omega}_1 = -\lambda \omega_1 + \theta^{*T} \omega, \omega_1(0) = 0$$

$$\dot{\omega}_2 = -\lambda \omega_2 + x_1, \omega_2(0) = 0$$

Ενώ ταυτόχρονα προσομοιώνεται και το μοντέλο αναφοράς μέσω της ίδιας συνάρτησης ode.

$$x\dot{m}_1 = xm_2, xm_1(0) = x_{1_0}$$

$$x\dot{m}_2 = -a \cdot b \cdot xm_1 - (a + b) \cdot xm_2 + r(t), xm_2(0) = x_{2_0}$$

Όπου a,b οι πόλοι του μοντέλου που τελικά επιλέγησαν και r(t) η είσοδος του μοντέλου αναφοράς.

Από την ode εδώ καλέίται η odefunc που για το συγκεκριμένο ερώτημα ονομάστηκε referenceandsystemmodel η οποία λαμβάνει σαν ορίσματα την είσοδο του μοντέλου αναφοράς,τις επιλογές των α, β, λ και το διανυσμα θ^* όπως αυτό υπολογίστηκε.Για την δημιουργία των γραφημάτων της προσομοιώσεις δημιουργήθηκαν επίσης οι συναρτήσεις getplots,getplots2 που δίνουν τα ζητούμενα γραφήματα(οι οποίες χρησιμοποιούνται αυτούσιες και στα επόμενα ερωτήματα της εργασίας).

Για το συγκεκριμένο ερώτημα της εργασίας ζητείται να οδηγηθεί το σύστημα στην μηδενική γωνία εκτροπής και να ακινητοποιηθεί σε αυτή χωρίς την παρουσία υπερύψωσης για δυο διαφορετικές αρχικές γωνιές εκτροπής $q(0) = 0.1745 rad, q(0) = 0.8727 rad$.Για τον λόγο αυτό η είσοδος αναφοράς του μοντέλου επιλέγεται ίση με το 0 καθώς η συγκεκριμένη θα

αφήσει το μοντέλο να οδηγηθεί στο 0,0 που είναι ευσταθές σημείο ισορροπίας του. Για την εξασφάλισης της απουσίας υπρεψώσεων αρκεί να επιλεγούν πραγματικοί πόλοι για το μοντέλο αναφοράς (θα μπορούσαν να επιλεγούν και ευσταθείς μιγαδικοί πόλοι εφόσον ικανοποιούταν η συνθήκη για απουσία υπερυψώσεων $\zeta > 0.707$). Από την εκφώνηση ζητείται ο χρόνος αποκάτασης να είναι μικρότερος από 10 δευτερολέπτα. Επομένως ο πιο αργός πόλος του μοντέλου, έστω ο α , επιλεγεται με βάση $\frac{4}{\alpha} < 10$, επομένως αρκεί ο πιο αργός πόλος (κοντινός πόλος στον μιγαδικό άξονα) του μοντέλου να ικανοποιεί $\alpha > 0.4$ για να πληρείται η προδιαγραφή για τον χρόνο αποκατάστασης (τον χρόνο αποκατάστασης του μοντέλου, μέσω του οποίου επιδιώκουμε να επιβάλουμε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά απόκρισης στο ελεγχόμενο σύστημα).

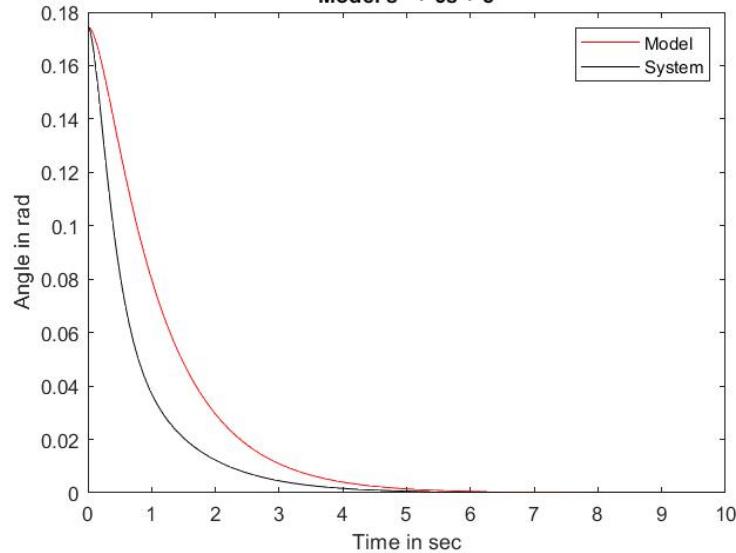
Για το παρακάτω σύνολο προσομοιώσεων επιλέγεται $\alpha = 1$, $\beta = 5$, $\lambda = 5$.

Περίπτωση 1(10 μοίρες)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

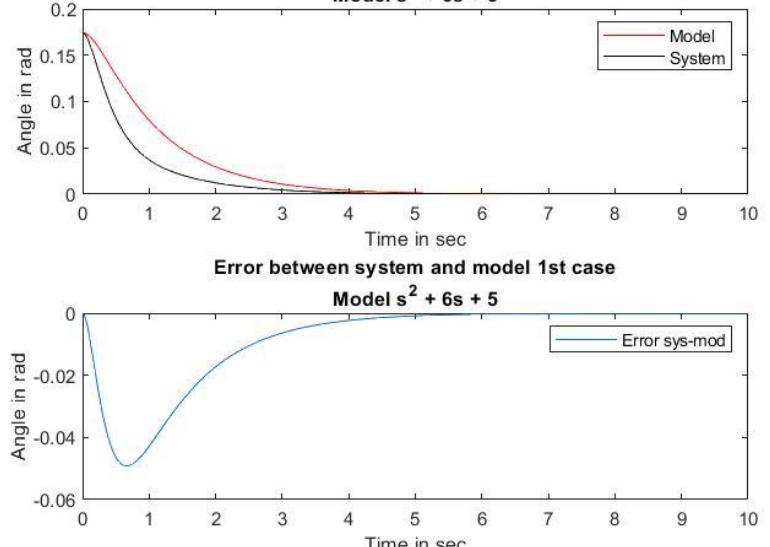
Model $s^2 + 6s + 5$



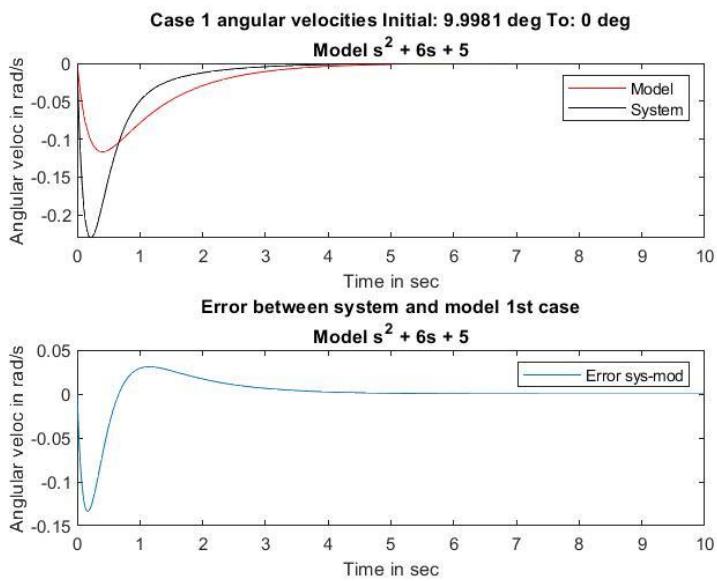
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

Model $s^2 + 6s + 5$

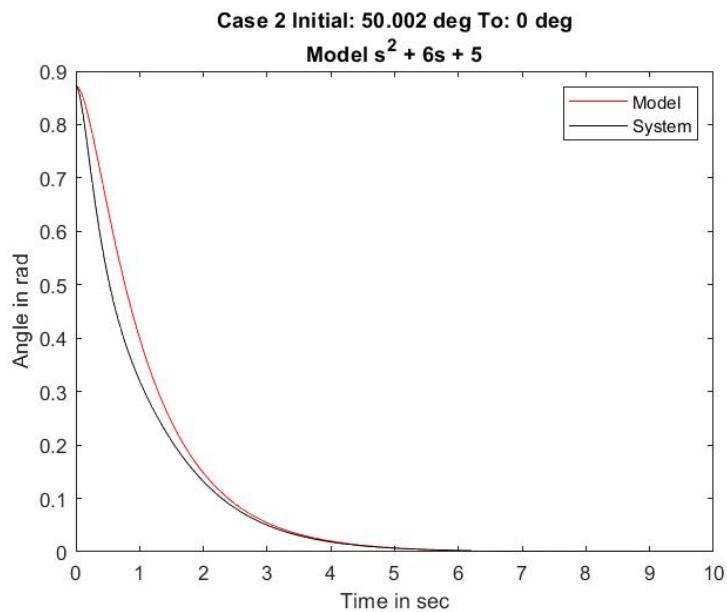


ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

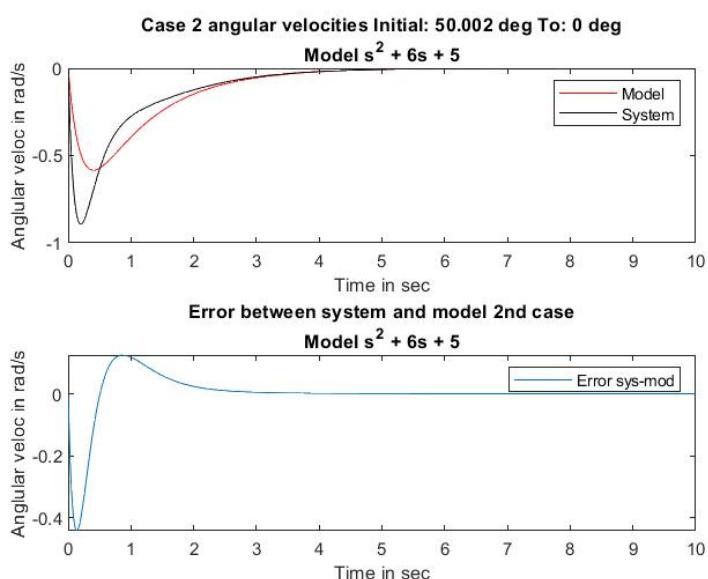


Περίπτωση 2(50 μοίρες)

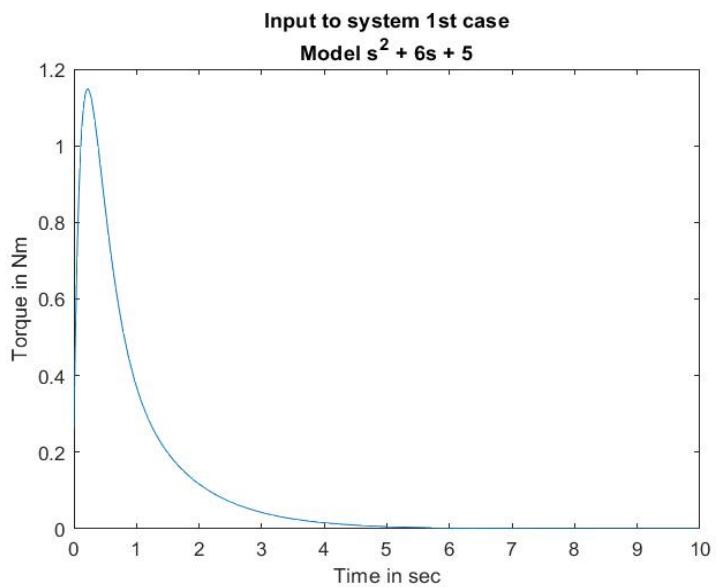
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ(ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



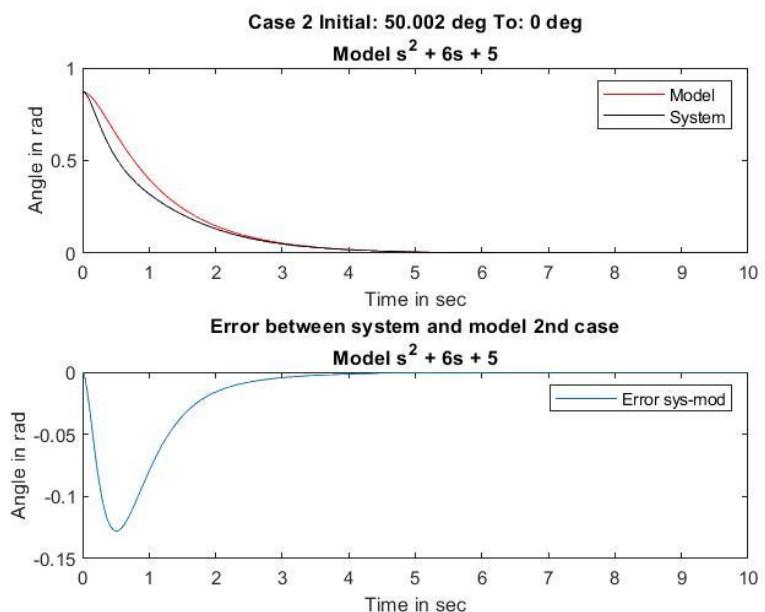
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



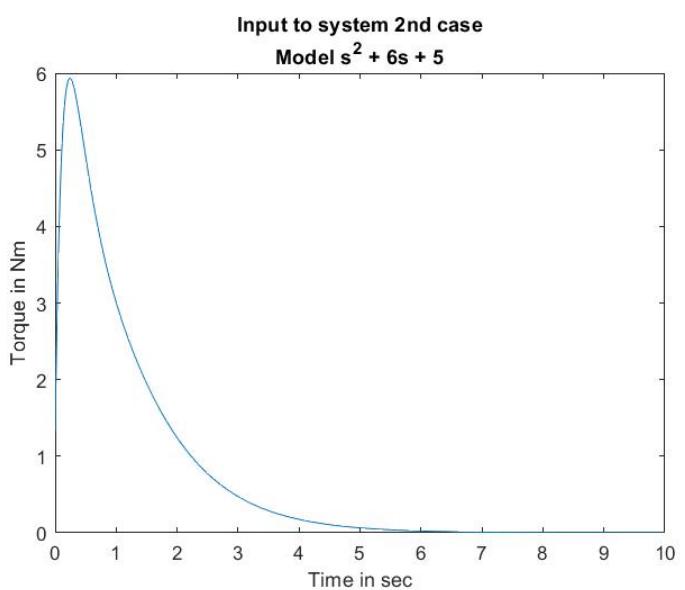
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ,ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)



5.Θέμα 2β: Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών

Για την ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών θα της μορφής $A \cdot \sin(\omega \cdot t)$ θα πρέπει αρχικά να προσδιορισθεί η είσοδος με την οποία θα πρέπει να διεγερθεί το μοντέλο ούτως ώστε στην έξοδο του να προκύψει το επιθυμητό ημίτονο. Το μοντέλο παραμένει ίδιο και σε αυτή την περίπτωση των προσομοιώσεων δηλαδή

$$G_m(s) = \frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)} \quad \alpha, \beta \text{ ενσταθείς πόλοι}$$

Η έξοδος του μοντέλου σε μορφή laplace θα δίνεται από

$$Y(s) = G_m(s) \cdot r(s)$$

Και γνωρίζουμε ότι $Y(s) = L[A \cdot \sin(\omega \cdot t)] = \frac{A\omega}{s^2 + \omega^2}$

Επομένως θα πρέπει η είσοδος που δίνεται στο σύστημα να είναι της μορφής

$$r(s) = \frac{A\omega(s + \alpha)(s + \beta)}{s^2 + \omega^2}$$

$$r(s) = A\omega [1 + (\alpha + \beta) \cdot \frac{s}{s^2 + \omega^2} + \frac{\alpha \cdot \beta - \omega^2}{\omega} \cdot \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}]$$

$$r(t) = A \cdot \omega \cdot \text{dirac}(t) + A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Έχοντας προσδιορίσει πλέον την είσοδο με την οποία το μοντέλο αναφοράς θα έχει σαν έξοδο την επιθυμητή τροχιά μπορούμε πλέον εφαρμόζοντας τον έλεγχο μοντέλου αναφοράς όπως σχεδιάστηκε παραπάνω να οδηγήσουμε και το σύστημα να ακολουθήσει την επιθυμητή τροχιά. Οι προσομοιώσεις υλοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Οι επιλογές των α, β, λ είναι για τα παρακάτω αποτελέσματα οι $\alpha = 2, \beta = 3, \lambda = 2$.

Για το ζήτημα της προσομοιώσης του συγκεκριμένου θέματος προκύπτει το πρόβλημα οτι η είσοδος αναφοράς του μοντέλου περιέχει dirac, γεγονός στο οποίο αδυνατούν να ανταποκριθούν οι συναρτήσεις ode. Για να καταστεί δυνατή η προσομοίωση του συστήματος προτίνονται τρεις εναλλακτικές λύσεις (κατόπιν και σχετικής αναζήτησης για αντίστοιχα ζητήματα προσομοιώσεων με ode):

A) μπορούν να αγνοηθεί πλήρως το κομμάτι της dirac που εμφανίζεται στην είσοδο αναφοράς. Το αποτέλεσμα που θα επιφέρει αυτή η επιλογή θα είναι να εμφανιστεί ενα

μεταβατικό φαινόμενο για το μοντέλο αναφοράς(άρα και συνολικά στην διαδικασία ελέγχου),όμως μετά το πέρας αυτού θα ακολουθεί την επιθυμητή ημιτονοειδή τροχιά.

Β) Στην βιβλιογραφία προτείνεται για την αποφυγή χρήσης της dirac η ολοκλήρωση των εξισώσεων κατάστασης στο διάστημα $[0^-, 0^+]$ και οι τιμές που θα προκύψουν να τεθούν σαν αρχικές συνθήκες για τις καταστάσεις στην ode.Σε αυτό το σημείο τονίζεται οτι οι αρχικές συνθήκες που θα τεθούν στις καταστάσεις αυτές δεν σημαίνουν ότι τα συστήματα εχουν σαν αρχική συνθήκη τη χρονική στιγμή 0^- την τιμή που τίθεται στην συνάρτηση ode,αλλά οτι αυτές συγκεντρώνουν την πληροφορία της dirac που πλέον δεν θα εισαχθεί στο προς επίλυση σύστημα των διαφορικών εξισώσεων.(Το τελευταίο θα γίνει περισσότερο κατανοητό στην συνέχεια που εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος προσομοίωσης στο συστήμα της εργασίας).

Γ) Προσέγγιση της dirac από ενα παλμό μικρής χρονικής διάρκειας,που στα πλαίσιας της αναφοράς δεν παρουσιάζεται καθώς προσεγγίζει ουσιαστικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν με το Β.

Περίπτωση $3(0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t))$ (προσομοίωση με τρόπο Α)

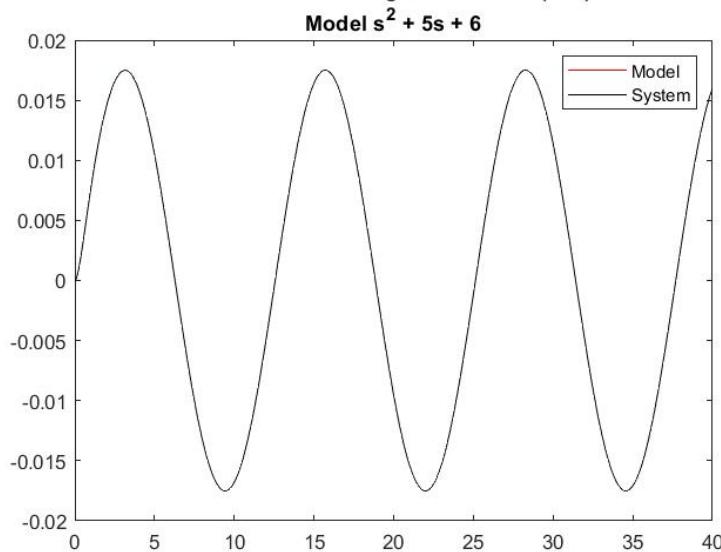
Ζητείται η παρακολούθηση της τροχιάς $0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$ με το σύστημα και το μοντέλο αναφοράς να εκκινούν ακίνητα απο μηδενική γωνία εκτροπής.Αυτο σημαίνει

$$x_1(0^-) = 0, x_2(0^-) = 0, x_{m1}(0^-) = 0, x_{m2}(0^-) = 0$$

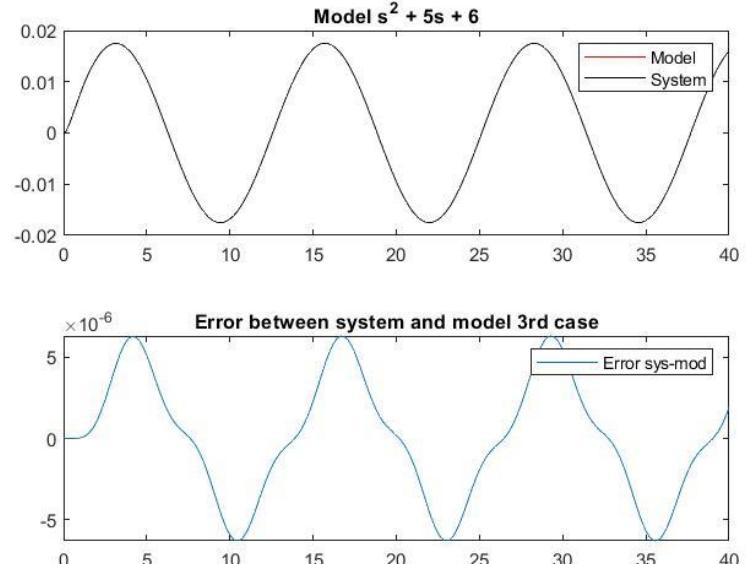
Προσομοιώνοντας το σύστημα με βασή το Α (αγνοώντας δηλαδή το dirac και με όλες τις αρχικές συνήκες της ode μηδενικές) προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

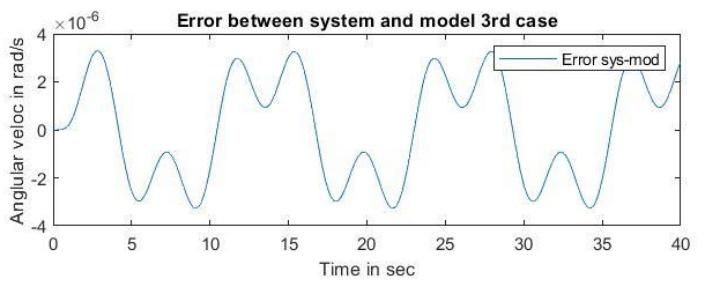
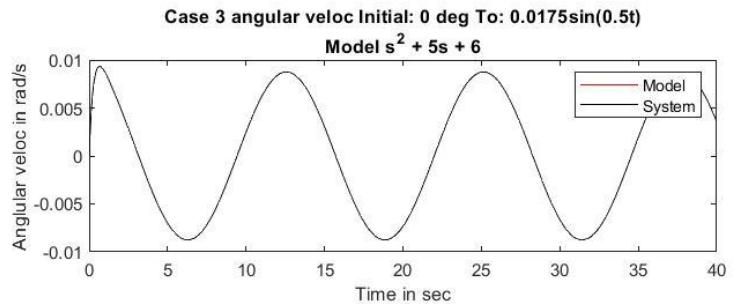
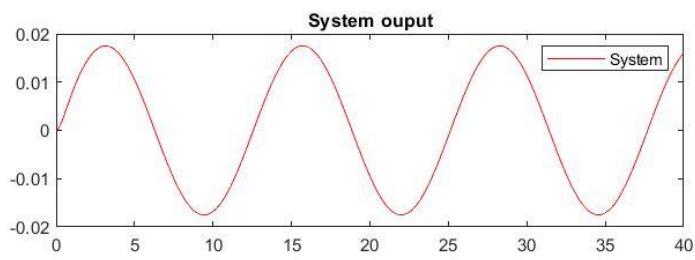
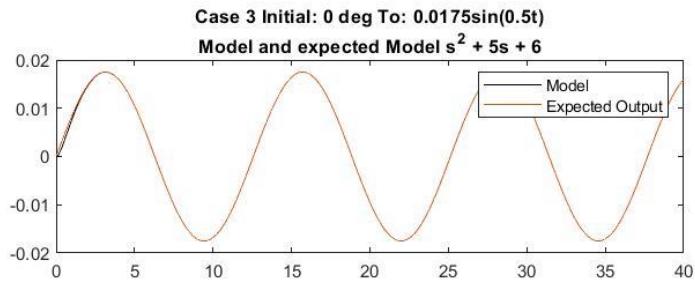
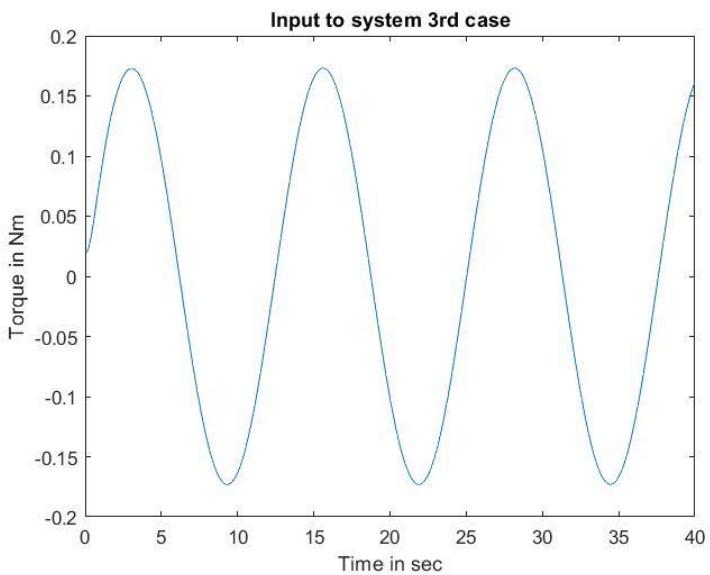
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ(ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 3 Initial: 0 deg To: $0.0175\sin(0.5t)$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ,ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ
Case 3 Initial: 0 deg To: $0.0175\sin(0.5t)$



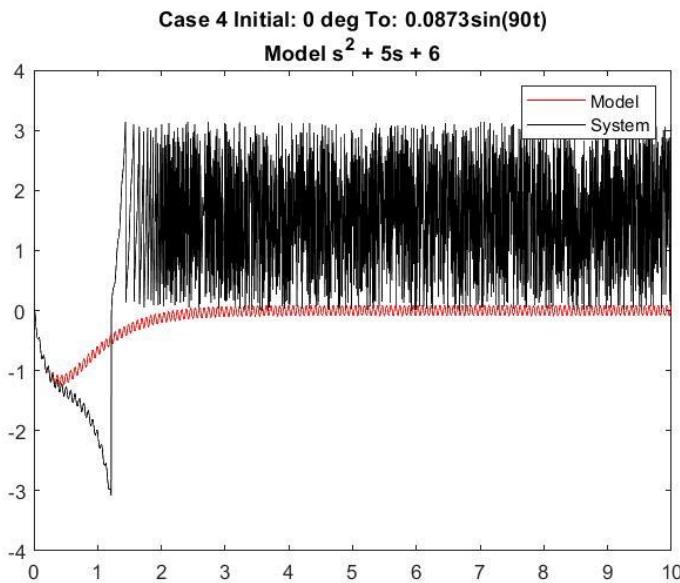
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$ 

Στα παραπάνω φαίνεται οτι επιτυγχάνεται ο στόχος ακολούθησης που εχει τεθεί για το σύστημα, ενώ το μεταβατικό φαινόμενο που οφείλεται στους όρους της dirac που αγνοήθηκαν από την είσοδο είναι πρακτικά αμελητέο και σχεδόν δεν αλλάζει την μορφή της απόκρισης του μοντέλου αναφοράς. Στην συνέχεια ωστόσο προσομοιώνεται η δευτέρη περίπτωση της ζητούμενης ημιτονοειδούς τροχιάς με βασή τον τρόπο A και φαίνεται ενα κατα πολυ μεγαλύτερο μεταβατικό φαινόμενο (λόγω και των αργών πόλων του μοντέλου) που επηρέαζει το ελεγχόμενο συστήμα που αποτυγχάνει να ακολουθήσει την επιθυμητή τροχιά, γεγονός που

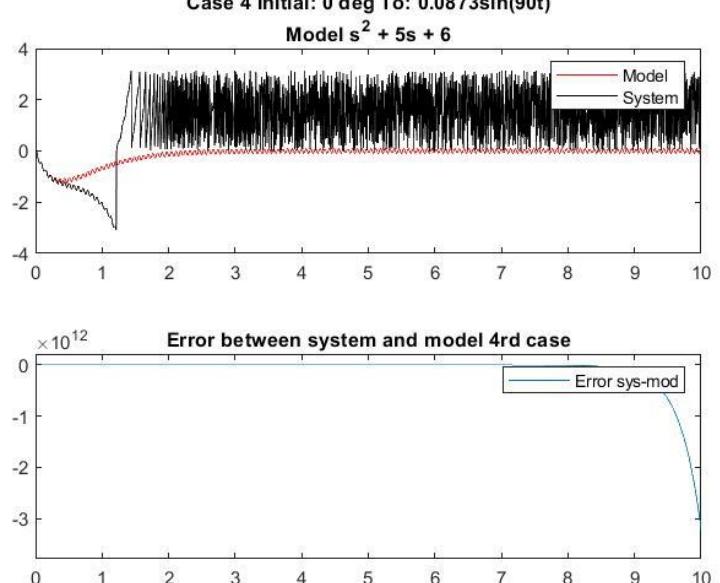
οφείλεται στο ότι κατά την διαρκεία του μεταβατικού φαινομένου το μοντέλο αναφοράς αρα και το συστημα απομακρύνονται σημαντικά από την γειτονιά του 0 με αποτελέσμα να παύει να είναι η προσέγγιση του μη γραμμικού συστήματος από το γραμμικοποιημένο καλή(στην οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός του ελέγχου).(Οι γωνίες εκτροπής περιορίστηκαν στο $[-\pi, \pi]$ μέσω της συναρτηση ινπριρι)

Περίπτωση 4($0.0873 \cdot \sin(90 \cdot t)$)(προσομοίωση με τρόπο A)

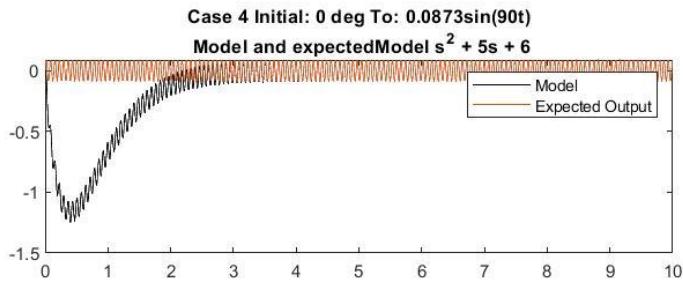
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



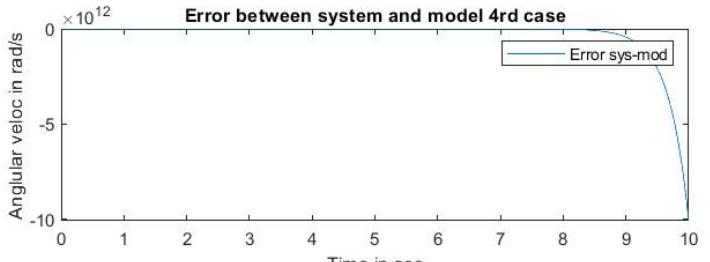
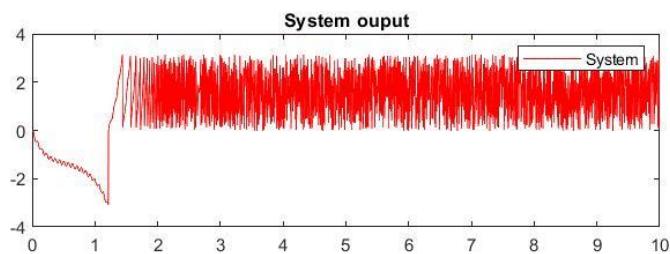
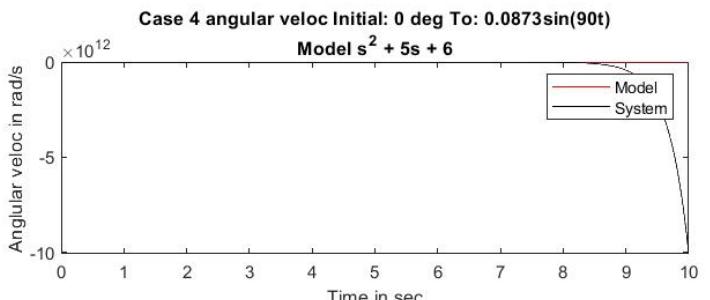
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



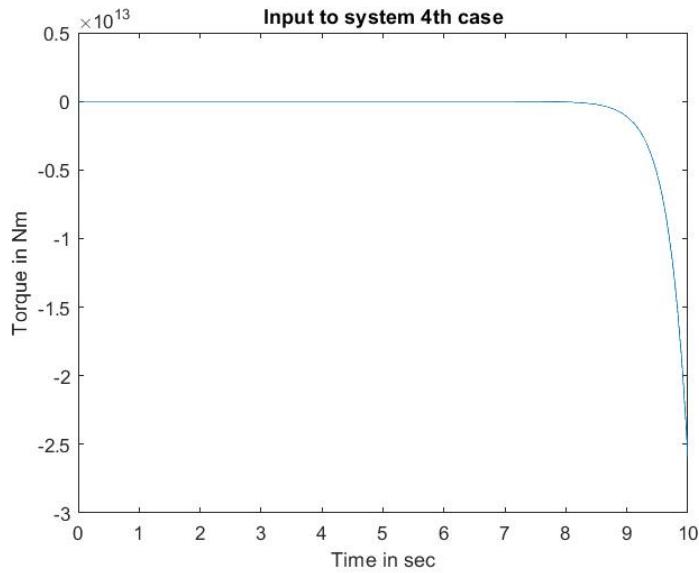
ΕΞΟΔΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΕΞΟΔΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$



Περίπτωση 3($0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$)(προσομοίωση με τρόπο Β)

Όπως και πριν ζητείται η παρακολούθηση της τροχιάς $0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$ με το σύστημα και το μοντέλο αναφοράς να εκκινούν ακτίνητα από μηδενική γωνία εκτροπής. Αυτό σημαίνει

$$x_1(0^-) = 0, x_2(0^-) = 0, x_{m1}(0^-) = 0, x_{m2}(0^-) = 0$$

Για να προσομοιωθεί το σύστημα με βασή τον τρόπο Β (δηλαδή αντι για dirac θα δοθουν αρχικές συνθήκες στην ode που θα υποκαθιστούν την συνεισφορά της dirac που πλέον δεν δίνεται στο σύστημα) θα πρέπει να υπολογιστούν ποιες θα πρέπει να είναι αυτές οι αρχικές συνθήκες:

$$x_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} x_2, x_1(0^-) = 0$$

$$x_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2 \theta^{*T} \omega, x_2(0^-) = 0$$

$$\omega_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -\lambda \omega_1 + \theta^{*T} \omega, \omega_1(0^-) = 0$$

$$\omega_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -\lambda \omega_2 + y, \omega_2(0^-) = 0$$

$$xm_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} xm_2, xm_1(0^-) = 0$$

$$xm_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -6 \cdot xm_1 - 5 \cdot xm_2 + A \cdot \omega \cdot dirac(t) + A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad xm_2(0^-) = 0$$

Επομένως οι αρχικές συνθήκες που θα τεθούν στην οδη είναι για έξοδο $A \cdot \sin(\omega \cdot t)$

$$x_1(0^+) = 0$$

$$x_2(0^+) = 2 \cdot c_0^* \cdot A \cdot \omega = A \cdot \omega$$

$$\omega_1(0^+) = c_0^* \cdot A \cdot \omega = 0.5 \cdot A \cdot \omega$$

$$\omega_2(0^+) = 0$$

$$xm_1(0^+) = 0$$

$$xm_2(0^+) = A \cdot \omega$$

Και η είσοδος του μοντέλου αναφοράς, πλέον χωρίς τον όρο dirac είναι :

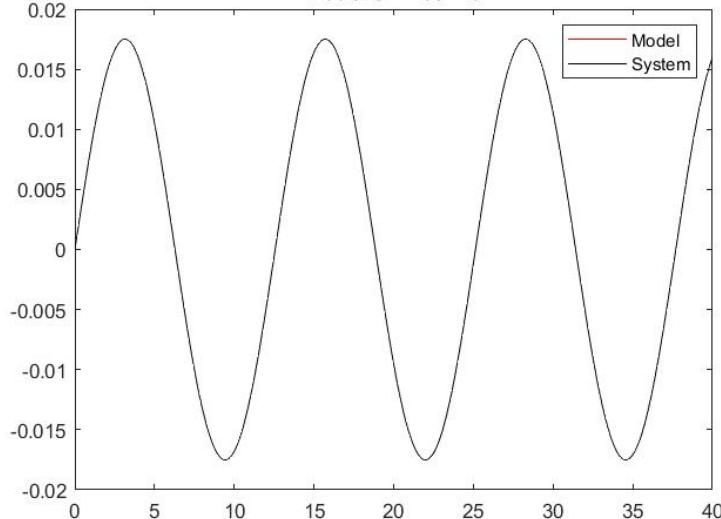
$$r(t) = A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Κρατώντας ίδιες τις επιλογές των α, β, λ για τα παρακάτω αποτελέσματα με τις προηγουμένες προσομοιώσεις $\alpha = 2, \beta = 3, \lambda = 2$ προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

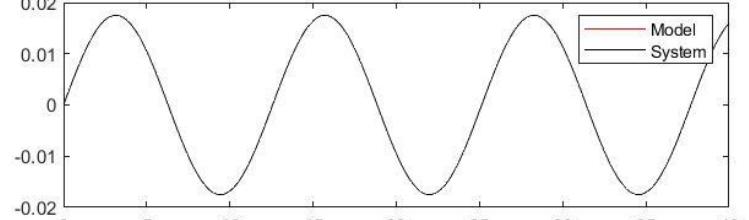
Model $s^2 + 5s + 6$



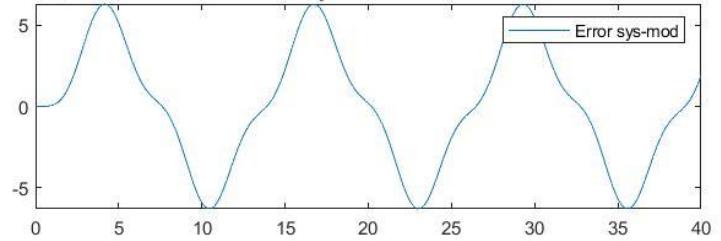
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

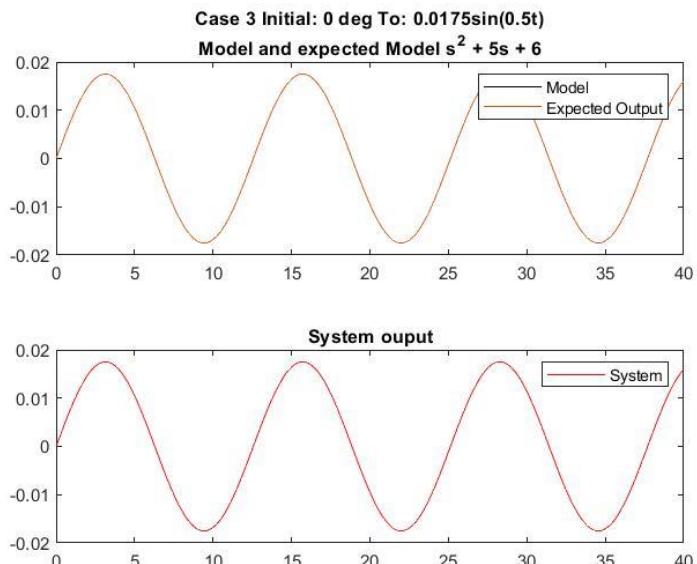
Model $s^2 + 5s + 6$



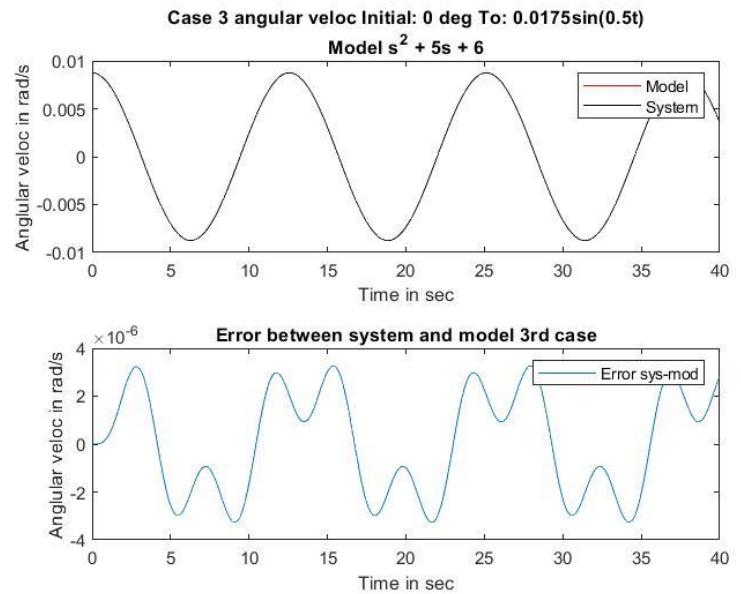
Error between system and model 3rd case



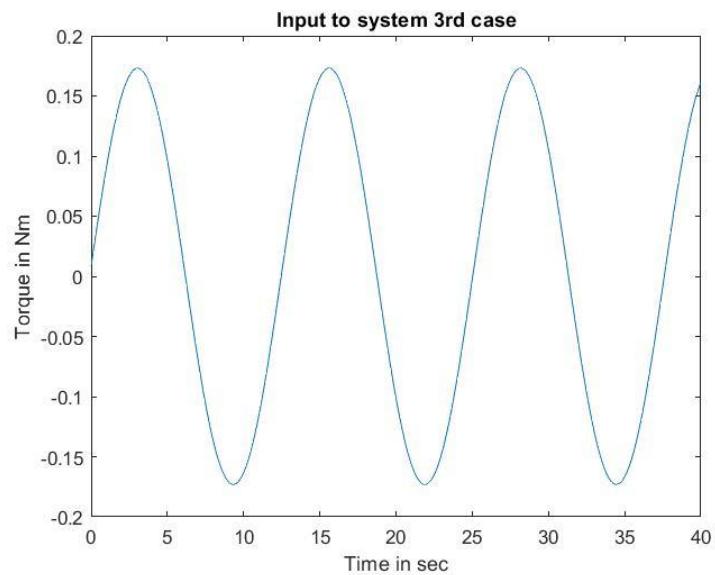
ΕΞΟΔΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΕΞΟΔΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

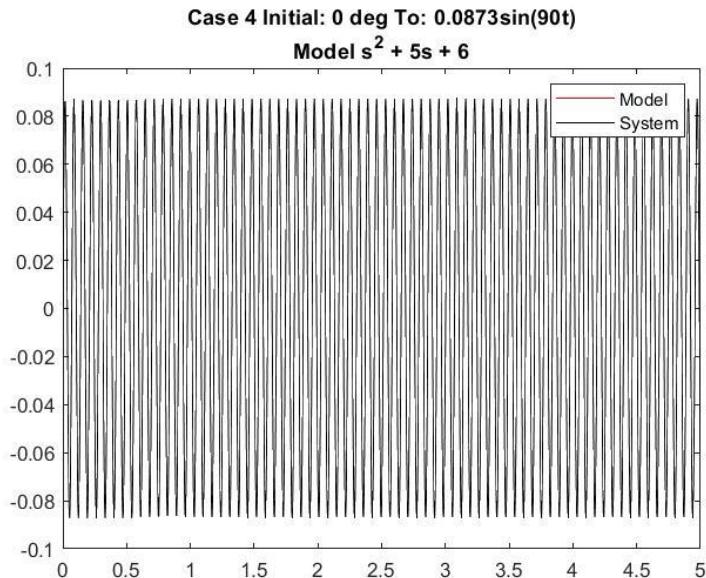


ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$

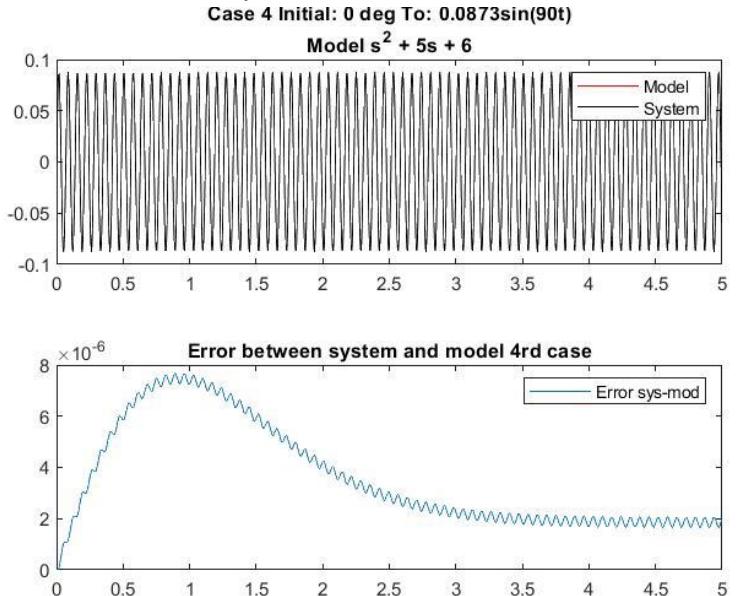


Περίπτωση 4($0.0873 \cdot \sin(90 \cdot t)$)(προσομοίωση με τρόπο Β)

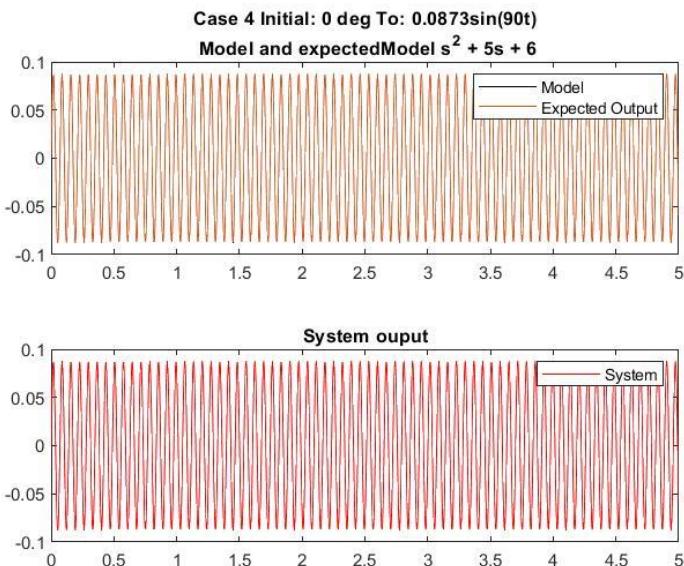
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



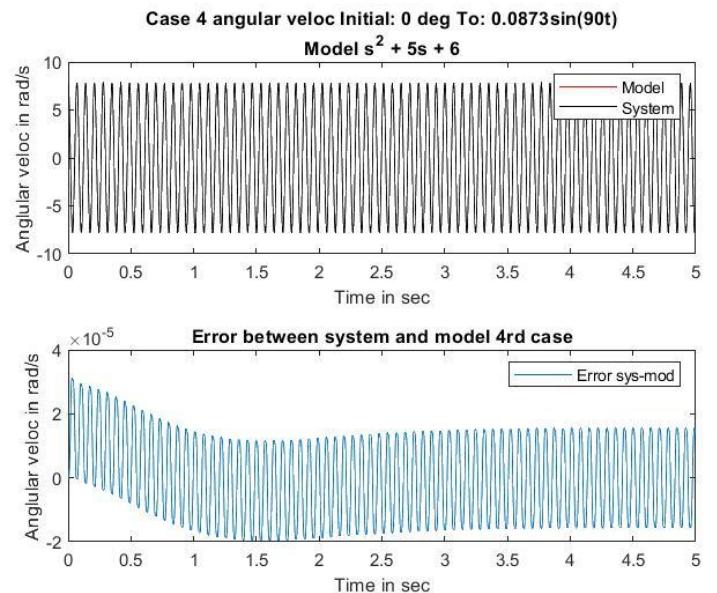
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



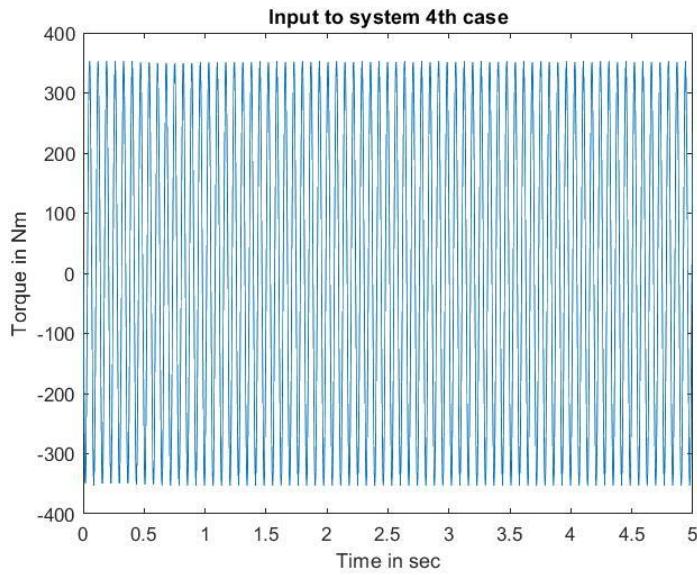
ΕΞΟΔΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΕΞΟΔΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U (Nm)



Προσομοιώνοντας το σύστημα με αυτό τον τρόπο η έξοδος του μοντελου αναφοράς είναι εξ αρχής το επιθυμητό ημίτονο (χωρίς καποιο φαινόμενο μεταβασης όπως στην περίπτωση A, το expected ταυτίζεται με model ouput όπως φαίνεται στα διαγραμματα με τίτλο εξοδος μοντελου επιθυμητη εξοδος και εξοδος συστηματος) ενώ φαίνεται απο τα διαγράμματα οτι το ελεγχόμενο σύστημα με τον νομο ελέγχου που εφαρμόστηκε παρακολουθεί πραγματι την επιθυμητή τροχιά. Απο τα παραπάνω συμπεραίνεται οτι ο τρόπος B ξεπερνάει την αδυναμία των ode να χειριστουν συναρτήσεις που περιέχουν dirac, χωρίς να αγνοηθεί η ύπαρξη τους. Στο εξής για τους επόμενους νομους ελέγχου στα επόμενα ερωτήματα θα χρησιμοποιείται ο τρόπος B για τις προσομοιώσεις, δηλαδή αρχικές συυνθήκες στην ode που υποκαθιστούν την ύπαρξη της dirac.

Σε αυτό το σημείο υπογραμμίζεται οτι στα διαγράμματα της ροπής εισόδου θα έπρεπε να εμφανίζεται μια στιγμιαία ώση στο 0 (μια dirac πλάτους $A * \omega/2 = A * \omega * c_0^*$). Ωστόσο ο τρόπος που προσομοιώνεται το ολο σύστημα αγνοεί το σημείο αυτό και επομένως δεν εμφανίζεται στα παραπάνω διαγράμματα η ώση. Το προβλημα αυτό εμφανίζεται στις περιπτώσεις 3,4 για το model reference control (θέμα 2).

6. Θέμα 3: σχεδίαση προσαρμοστικού ελέγχου ανάδρασης καταστάσεων

Και σε αυτή την περιπτωση για την σχεδίαση του νόμου ελέγχου θα χρησιμοποιηθεί το γραμμικοποιημένο σύστημα όπως προέκυψε στο 1. Για να ακολουθηθεί ο συμβολισμός της θεωρίας του κεφαλαιού 2.2.4 το γραμμικοποιημένο συστημα γράφεται ως εξής:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, x_1(0) = x_{1_0} \\ \dot{x}_2 &= -\frac{G \cdot x_1}{M} - \frac{C \cdot x_2}{M} + \frac{u}{M}, x_2(0) = x_{2_0}\end{aligned}$$

$$\dot{X} = A \cdot X + B \cdot u, \text{όπου}$$

$$X \in R^{2x1}, u \in R$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{G}{M} & -\frac{C}{M} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix}$$

Ενώ το μοντέλο αναφοράς που περιγράφεται από τις εξισώσεις κατάστασης

$$\begin{aligned}x\dot{m}_1 &= xm_2, xm_1(0) = x_{1_0} \\ x\dot{m}_2 &= -a \cdot b \cdot xm_1 - (a + b) \cdot xm_2 + r(t), xm_2(0) = x_{2_0} \\ \dot{X}_m &= A_m \cdot X_m + B_m \cdot r, \text{όπου} \\ X_m &\in R^{2x1}, r \in R\end{aligned}$$

$$A_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -a \cdot b & -(a + b) \end{bmatrix} \quad B_m = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Οι προϋποθέσεις που τίθενται για την επιλογή του μοντέλου εδώ είναι οι πίνακες A_m, B_m να είναι ιδιαίς διάστασης με του A, B αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι η επιλογή του ίδιου μοντέλου με το Θέμα 2 παραμένει κατάλληλη.

Αν Α,Β ηταν γνωστοί πίνακες θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί απευθείας η είσοδος ελέγχου

$$u = -K^*X + L^*r, \text{όπου}$$

$$A - BK^* = A_m, BL^* = B_m$$

Ωστόσο εφόσον οι τελευταίοι είναι αγνωστοί θα χρησιμοποιηθεί η είσοδος ελεγχου που θα περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις των K^* , L^* ,όπως προτείνεται στην θεωρία $u = -K(t)X + L(t) \cdot r$ και τους νόμους μεταβολής των παραμέτρων που προτείνονται μέσω της ανάλυσης Lyapunov

$$\dot{K} = B_m^T P e x^T sgn(l)$$

$$\dot{L} = -B_m^T P e r^T sgn(l)$$

Όπου για την υλοποίηση στο συγκεκριμένο σύστημα $sgn(l) = 1$, εφόσον ο L^* πίνακας (εδώ είναι 1×1 πινακας) είναι θετικά ορισμένος (εδω θετικός αριθμός δηλαδή) και ο P ειναι η λύση της εξίσωσης Lyapunov $A_m^T P + PA_m = -Q$.Με την διόρθωση στις σημειώσεις της θεωρίας για την επιλογή της συνάρτησης Lyapunov (καθως εκεί σημειώνεται μεσα στο ίδιο trace το άθροισμα πινάκων διαφορτεικού μεγέθους) σε

$$V = e^T P e + tr\{\tilde{K}^T \Gamma \tilde{K}\} + tr\{\tilde{L}^T \Gamma \tilde{L}\}$$

που διαφοροποιεί λίγο τον τρόπο χειρισμού των traces για την ανάλυση Lyapunov,χωρίς ωστόσο να αλλάζει τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τους νόμους μεταβολής των εκτιμήσεων των πινάκων και διαφοροποιεί σημαντικά την διαδικασία αναάλυσης (η οποία δε παρατίθεται για λόγους συντομίας αυτούσια σε αυτή την αναφορά) εξασφαλίζεται οτι το

$e = x - x_m$ θα τείνει στο 0.Επομένως εδώ εξασφαλίζεται οτι όλες οι καταστάσεις του συστήματος θα ακολουθούν τις καταστάσεις του μοντέλου,επομένως αναμένεται και μηδενισμός του σφάλματος των ταχυτήτων,πέρα απο μηδενισμό του σφάλματος των θέσεων.

7. Θεμα 3α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για εξισορρόπιση στο 0

Για την προσομοίωση του νόμου ελέγχου δημιουργήθηκε τώρα το script test2.m στο οποίο αρχικά γίνεται η επιλογή των πόλων του μοντέλου, με βάση τα χαρακτηριστικά για την απόκριση του που απαιτούνται, καθώς επίσης επιλέγεται και ο συμμετρικός και θετικά ορισμένος πίνακας Q για την εξισωση Lyapunov, η επιλογή του οποίου θα επηρεάσει τον πίνακα P και κατα συνέπεια την συμπεριφορά των διαφορικών εξισώσεων των εκτιμήσεων, αρα και όλου του ελεγχόμενου συστήματος.

Το σύστημα που θα προσομοιωθεί εν τέλη σύμφωνα με την εκφώνηση και χρησιμοποιώντας τον νομό ελέγχου που σχεδιάστηκε προηγουμένως

$$\dot{x}_1 = x_2, x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2(-K_1(t) \cdot x_1 - K_2 \cdot x_2 - L(t) \cdot r(t)), x_2(0) = x_{2_0}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{K}_1 \\ \dot{K}_2 \end{bmatrix} = B_m^T P e x^T = \begin{bmatrix} (P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot x_1 \\ (P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot x_2 \end{bmatrix}, \quad K_1(0) = K_{1_0}, K_2(0) = K_{2_0}$$

$$\dot{L} = -B_m^T P e r^T = -(P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot r, L(0) = L_0, \text{όπου } e_1, e_2, P_{12}, P_{22}$$

$$e = [e_1 \ e_2]^T$$

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{12} & P_{22} \end{bmatrix}$$

Ενώ και σε αυτή την περίπτωση προσομοιώνεται ταυτόχρονα και το μοντέλο αναφοράς μέσω της ίδιας συνάρτησης ode.

$$x\dot{m}_1 = xm_2, xm_1(0) = x_{1_0}$$

$$x\dot{m}_2 = -a \cdot b \cdot xm_1 - (a + b) \cdot xm_2 + r(t), xm_2(0) = x_{2_0}$$

Όπου a, b οι πολοι του μοντέλου που τελικά επιλέγησαν και $r(t)$ η είσοδος του μοντέλου αναφοράς.

Από την ode εδώ καλέίται η odefunc που για το A-PEMA με ανάδραση καταστάσεων ονομάστηκε referenceandsystemmodelmatrix η οποία λαμβάνει σαν ορίσματα την είσοδο του μοντελου αναφοράς, τις επιλογές των α, β και του πίνακα Q . Στην συνάρτηση αυτή λύνεται η εξισωση Lyapunov μέσω της κλήσης της υπάρχουσας συνάρτησης του matlab lyap και ετσι

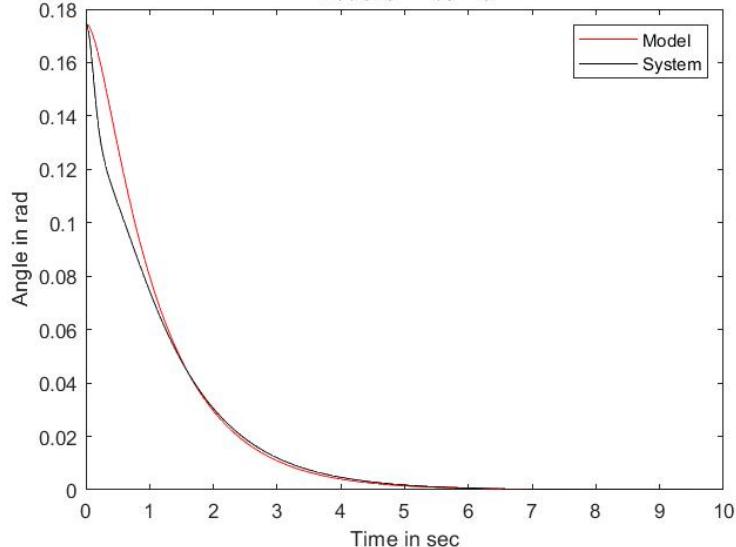
υπολογίζεται ο πίνακας Ρ.Πέρα από τις συναρτήσεις getplots,geplots2, για το συγκεκριμένο ζητούμενος της εργασίας δημιουργήθηκε η συνάρτηση getklplots που δείχνει την πορεία των εκτιμήσεων των παραμέτρων στον χρόνο και μέσα στην οποία υπολογίζονται οι K^*L^* , όπως θα υπολογίζονταν αν θεωρούσαμε γνωστούς τους A, B (που στα πλαισια των προσομοιώσεων είναι γνωστοί, αλλα οχι για την σχεδίαση του ελεγκτή). Για τις πρώτες δύο περιπτώσεις προσομοιώσεων (για σύγκλιση στο 0) επιλέχθηκαν οι ίδιοι πόλοι για το μοντέλο και η ίδια είσοδος αναφοράς με τις αντίστοιχες περιπτώσεις του θέματος 2 για του λόγους που εξηγήθηκαν στο προηγούμενο ερώτημα, δηλαδή $\alpha = 1, \beta = 5, r = 0$ και ο πίνακας $Q = 10^4 I_{2x2}$, μια επιλογή αρκετά μεγάλη λόγω των μικρών τιμών (κοντά στο 0) που λαμβάνουν οι όροι που εμφανίζονται στου νόμους μεταβολής των εκτιμήσεων.

Περίπτωση 1(10 μοίρες)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

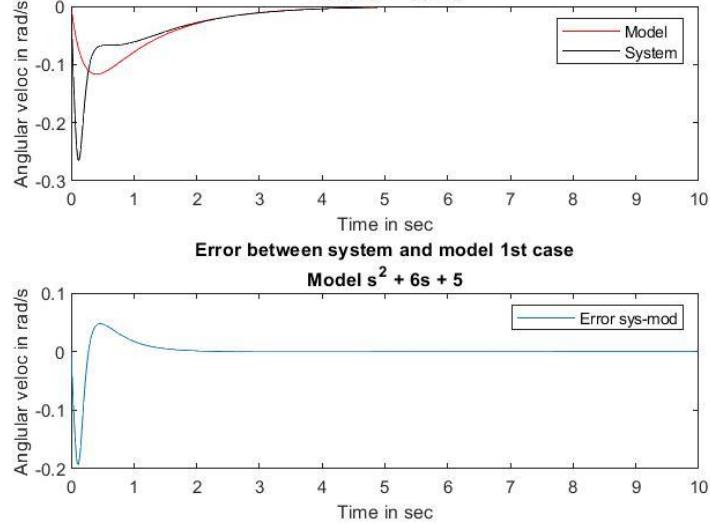
Model $s^2 + 6s + 5$



ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 1 angular velocities Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

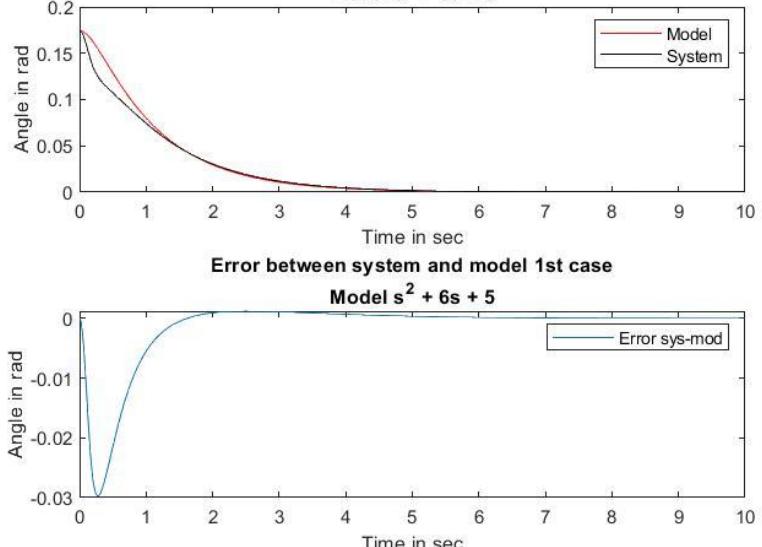
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

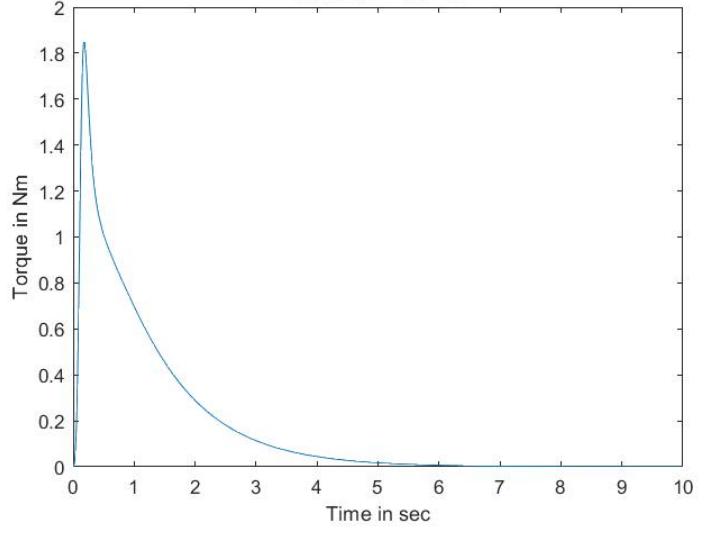
Model $s^2 + 6s + 5$



ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)

Input to system 1st case

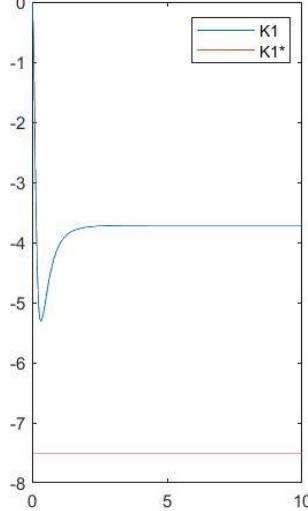
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ Κ*

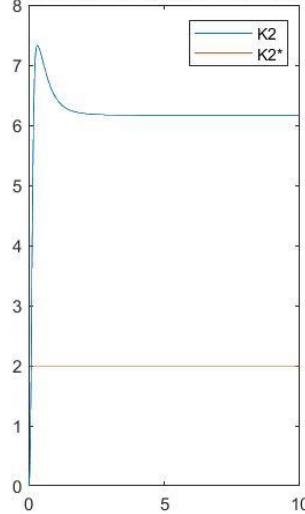
Case 1 Initial: 9.9981 K1 in time

Model $s^2 + 6s + 5$



Case 1 Initial: 9.9981 K2 in time

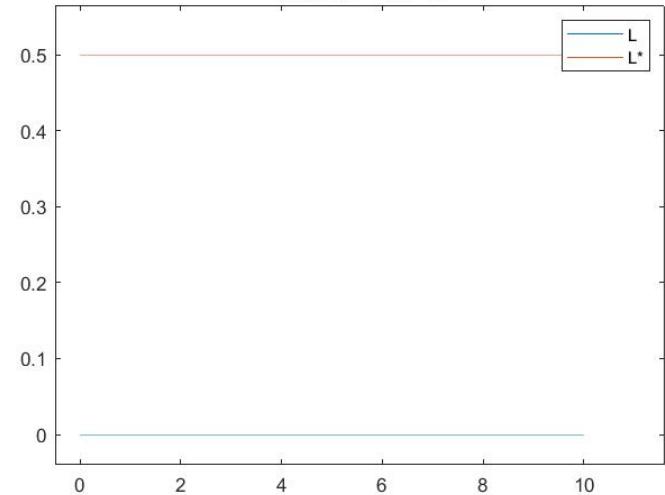
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΚΤΙΜΗΣΗ Λ*

Case 1 Initial: 9.9981 L in time

Model $s^2 + 6s + 5$

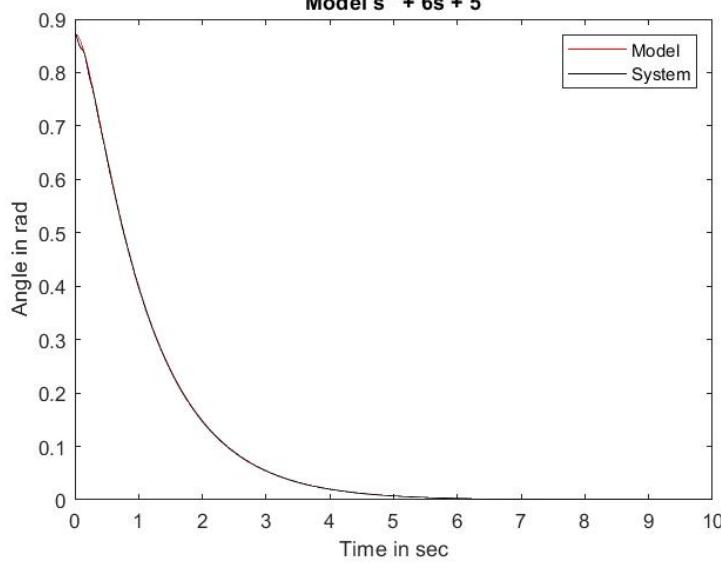


Περίπτωση 2(50 μοίρες)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 2 Initial: 50.002 deg To: 0 deg

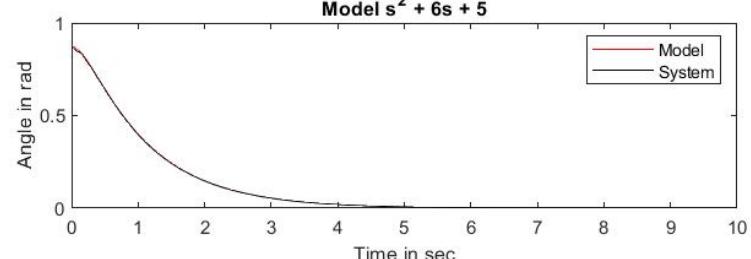
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

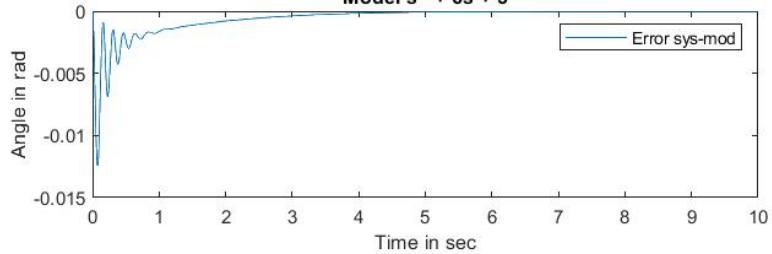
Case 2 Initial: 50.002 deg To: 0 deg

Model $s^2 + 6s + 5$



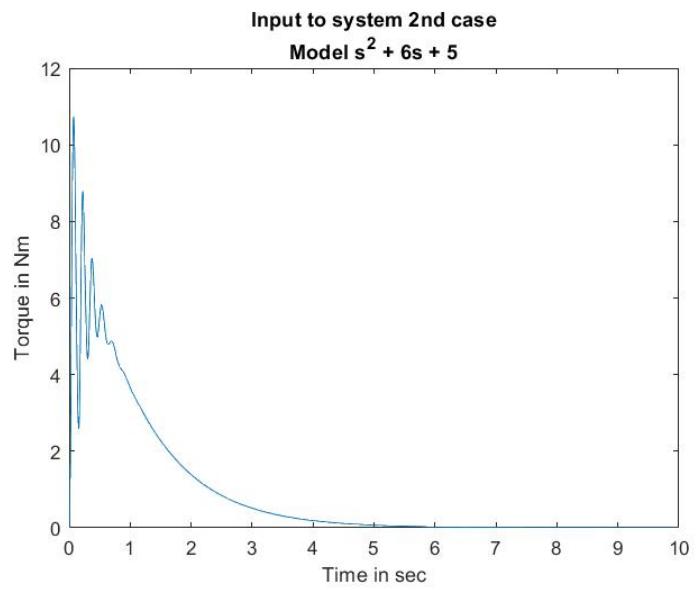
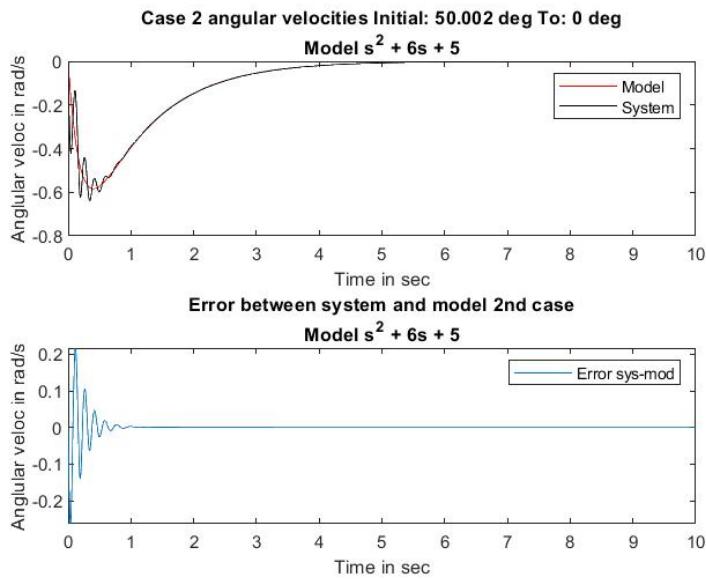
Error between system and model 2nd case

Model $s^2 + 6s + 5$



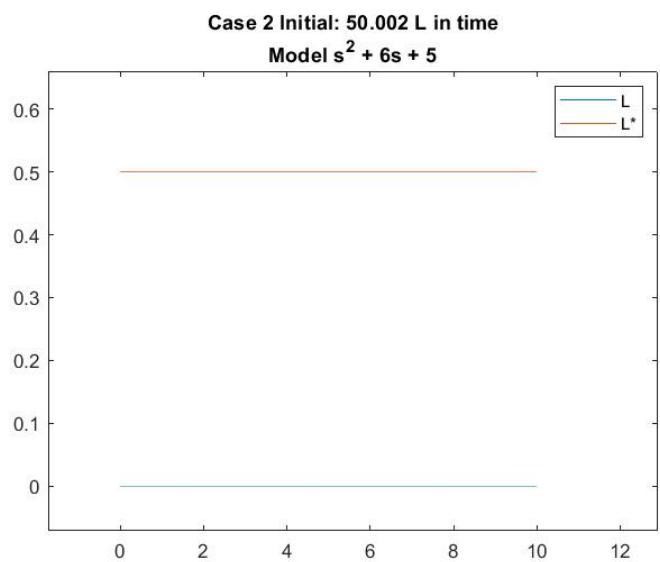
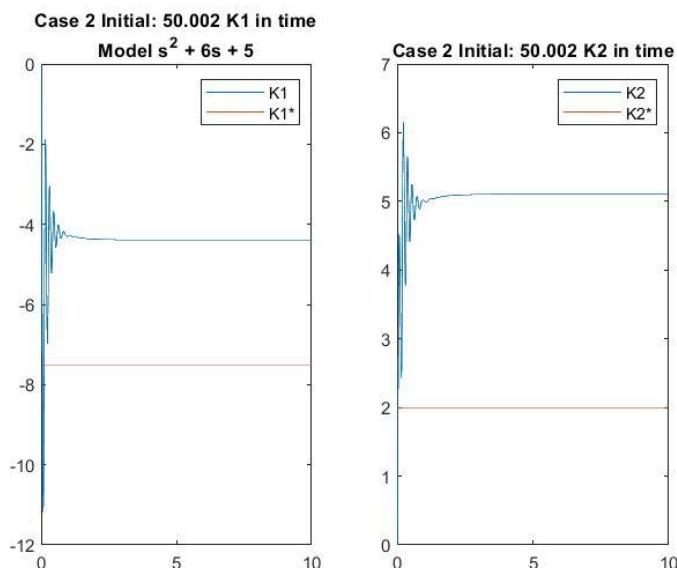
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ K^*

ΕΚΤΙΜΗΣΗ L^*



8. Θεμα 3β :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών

Σε αυτό το ερώτημα θα χρησιμοποιουθούν οσα αναφέρθηκαν σχετικά με την προσομοίωση και τις dirac στο θεμα 2β. Επομένως ολοκληρώνοντας στο $[0^-, 0^+]$ θα προκύψουν οι αρχικές συνθήκες που θα πρέπει να τεθούν στην ode.

$$x_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2(-K_1(t) \cdot x_1 - K_2 \cdot x_2 + L(t) \cdot r(t)) x_2, x_1(0^-) = 0$$

$$x_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2(-K_1(t) \cdot x_1 - K_2 \cdot x_2 + L(t) \cdot r(t)), x_2(0^-) = 0$$

$$\begin{bmatrix} K_1(0^+) \\ K_2(0^+) \end{bmatrix} = \int_{0^-}^{0^+} \begin{bmatrix} (P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot x_1 \\ (P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot x_2 \end{bmatrix}, K_1(0^-), K_2(0^-)$$

$$L(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -(P_{12} \cdot e_1 + P_{22} \cdot e_2) \cdot r, L(0^-)$$

$$xm_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} xm_2, xm_1(0^-) = 0$$

$$xm_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -(\alpha + \beta) \cdot xm_1 - \alpha \cdot \beta \cdot xm_2 + A \cdot \omega \cdot dirac(t) + A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t), xm_2(0^-) = 0$$

Εδώ θεωρούμε οτι τις εκτιμήσεις μπορούμε να τις εκκινήσουν από μη μηδενικές αρχικές συνθήκες. Επομένως προκύπτουν οι παρακάτω αρχικές συνθήκες για την ode(υπενθυμίζεται οτι αυτές αρχικές συνθήκες αφορούν την dirac και στην πραγματικότητα το σύστημα και το μοντέλο εκκινούνται ακίνητα από το 0):

$$x_1(0^+) = 0$$

$$x_2(0^+) = 2 \cdot L(0^-) \cdot A \cdot w$$

$$\begin{bmatrix} K_1(0^+) \\ K_2(0^+) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1(0^-) \\ K_2(0^-) \end{bmatrix} \quad L(0^+) = L(0^-)$$

$$xm_1(0^+) = 0$$

$$xm_2(0^+) = A \cdot w$$

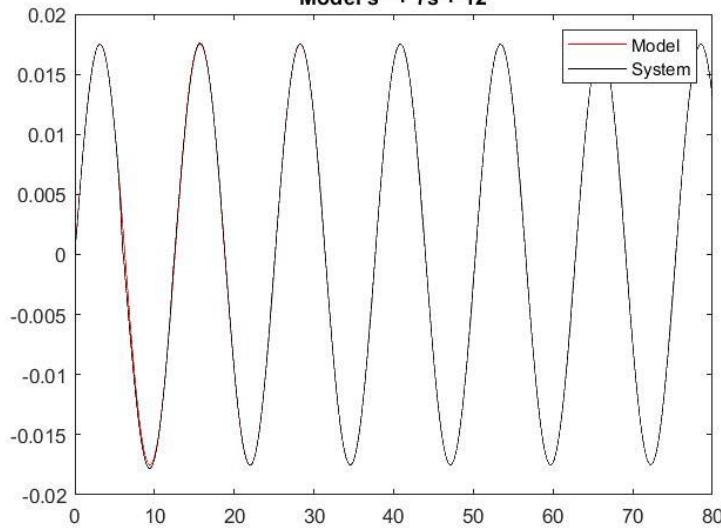
Περίπτωση 3($0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$) (εδώ αρχικές εκτιμήσεις μηδενικές)

Για τις παρακάτω προσομοιώσεις $\alpha=3, \beta=4$ και ο πίνακας Q επιλέχθηκε ίσος με $10^6 I_{2x2}$.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

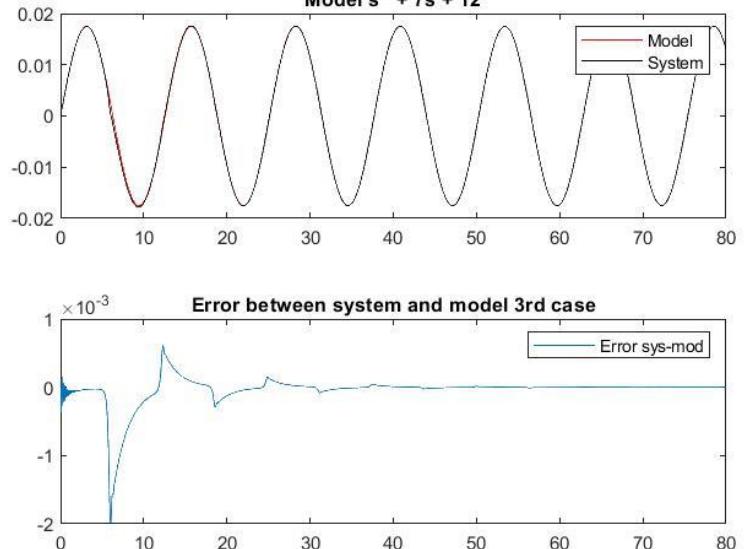
Model $s^2 + 7s + 12$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

Model $s^2 + 7s + 12$

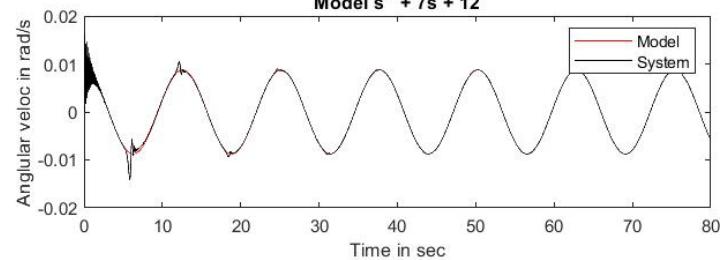


ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

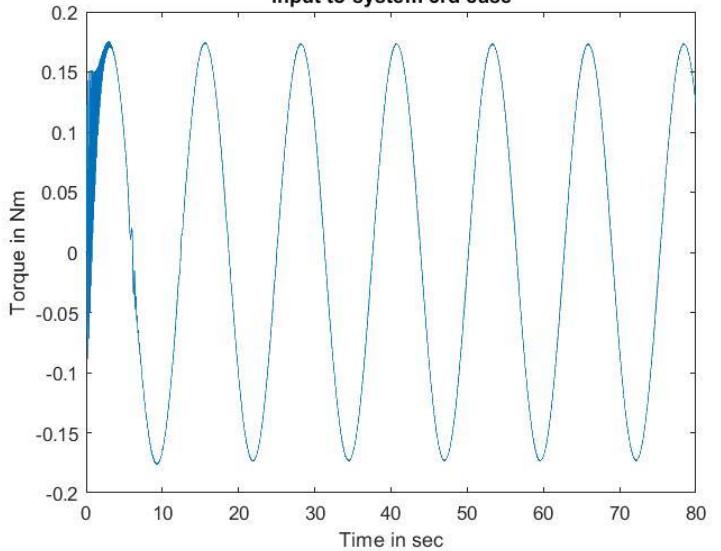
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)

Case 3 angular veloc Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

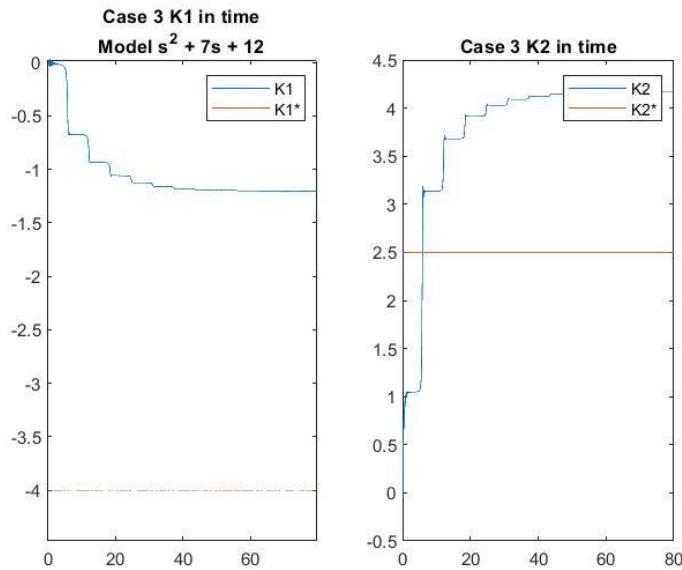
Model $s^2 + 7s + 12$



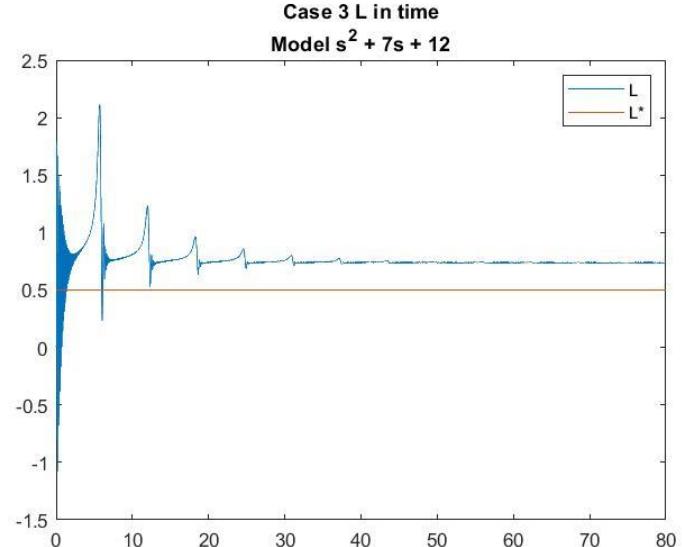
Input to system 3rd case



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ K^*



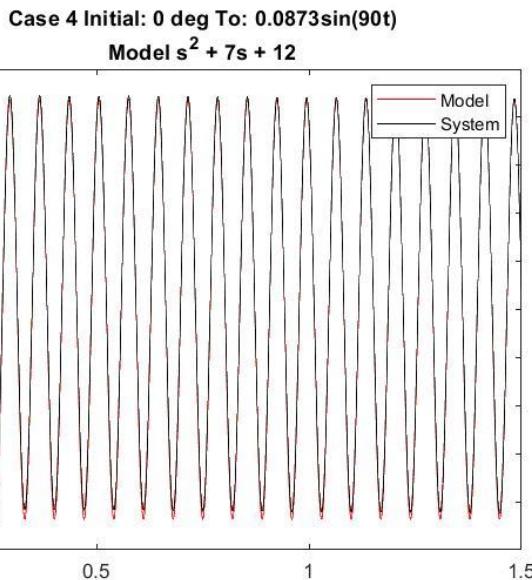
ΕΚΤΙΜΗΣΗ L^*



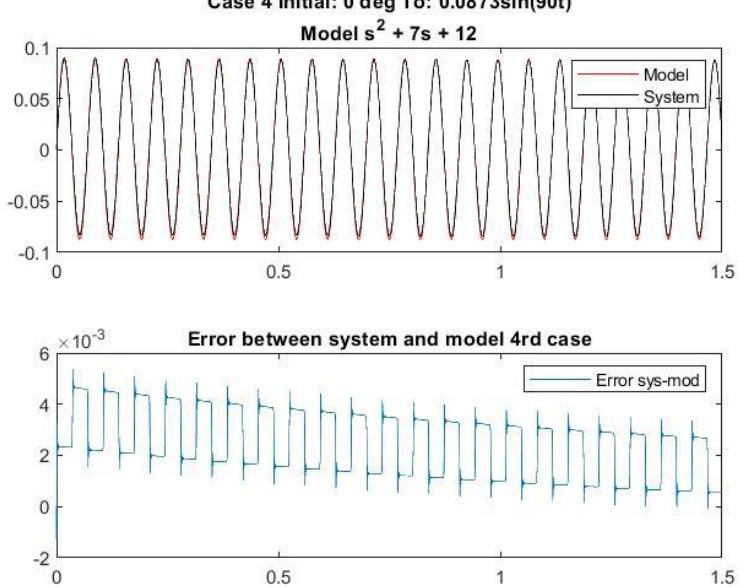
Περίπτωση 4($0.0873 \cdot \sin(90t)$)

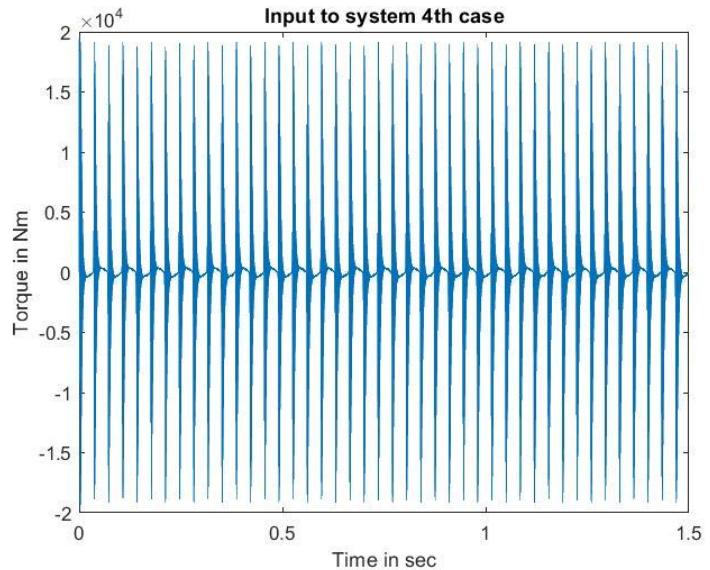
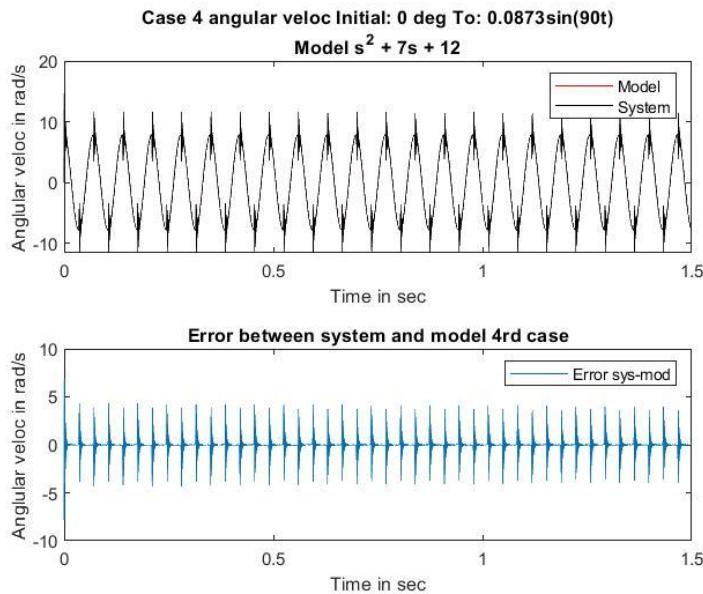
Για τις παρακάτω προσομοιώσεις $\alpha=3, \beta=4$ και ο πίνακας Q επιλέχθηκε ίσος με $10^5 I_{2x2}$.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

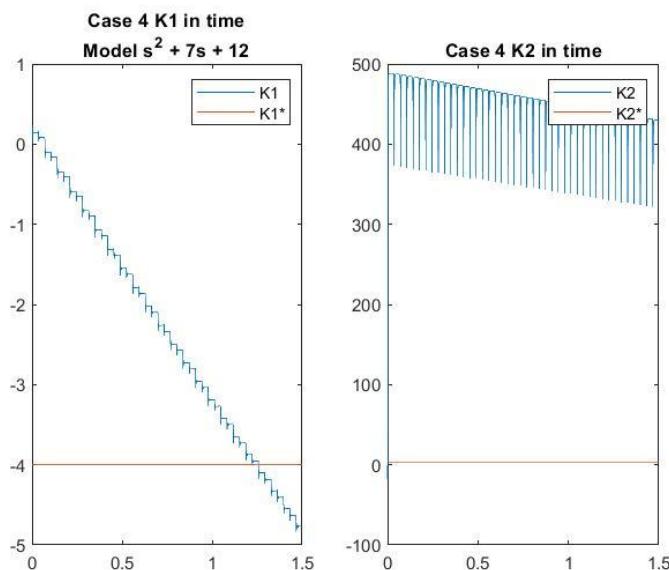


ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

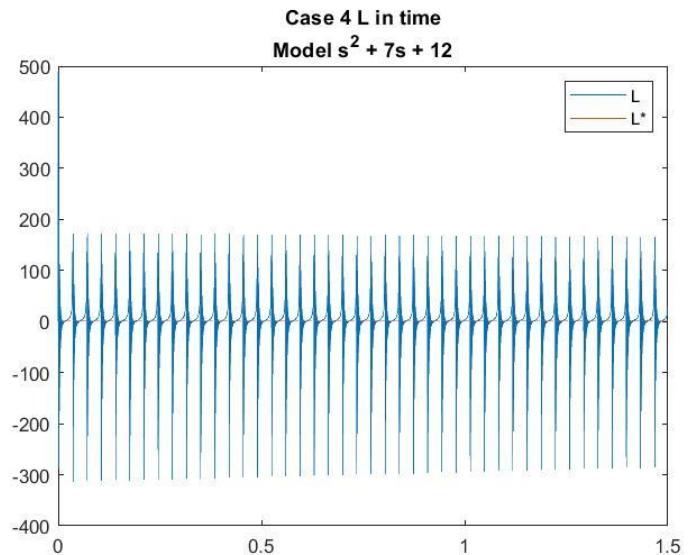




ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ K^*



ΕΚΤΙΜΗΣΗ L^*



Εδώ στις περιπτώσεις 3,4 στο διάγραμμα ροπής **δεν απαιτείται να εμφανίζεται** (που δεν θα ήταν δυνατή η εμφάνιση λογω τρόπου προσομοίωσης) μια στιγμιαία ώση στο 0, καθώς ο όρος L (που πολλαπλασιάζεται $L \ r$) επιλέχθηκε να είναι μηδενικός για $t = 0$.

9. Θεμα 4: σχεδίαση áμεσου προσαρμοστικού ελέγχου ανάδρασης εξόδου

Για την σχεδίαση της συγκεκριμένης μεθόδου ελέγχου θα βασιστούμε στο κεφάλαιο 2.3 όπου γίνεται η σχεδίαση και η απόδειξη της ευστάθειας της μεθόδου τόσο για συστήματα σχετικού βαθμού 1,όσο και για σχετικού βαθμού 2.

Αρχικά θα εξασφαλιστούν οι προϋποθέσεις που τίθενται στην σελίδα 12 των σημειώσεων

Α) γνωρίζουμε το πρόσημο του k_p $sgn(k_p) > 0$ καθώς $1/M > 0$ (Μ ροπή αδράνειας)

Β) ο αριθμητής της συνάρτησης μεταφοράς του γραμμικοποιημένου συστήματος ειναι πολύωνυμο μηδενικού βαθμού αρα είναι ευσταθές

Γ) Ο σχετικός βαθμός του συστήματος είναι γνωστός και ίσος με 2

Δ) Η τάξη του συστήματος είναι γνωστή και ίση με 2,επομένως είναι γνωστό το άνω φράγμα της τάξης του συστήματος

Ε) Το μοντέλο θα επιλεγεί ίδιο με αυτό του θέματος 2 επομένως ικανοποιούνται και οι συνθήκες για αυτό. ($k_m = 1, \alpha, \beta$ ευσταθεις πόλοι)

Ο τρόπος αντιμετώπισης των περιπτώσεων με σχετικό βαθμό 2 βασίζεται σε αυτόν για 1,οπου σε κάποιο σημείο της απόδειξης χρησιμοποιήθηκε η ιδιότητα της ΑΘΠ (αυστηρά θετική πραγματική) συνάρτησης μεταφοράς του μοντέλου. Επιλέγοντας το ίδιο μοντέλο με την περίπτωση που οι παράμετροι του συστήματος θεωρούνται γνωστές θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι για να είναι δυνατή η επέκταση σε σχετικό βαθμό 2 θα πρέπει να επιλέγει το $p_0 > 0$ τέτοιο ώστε η

$$G_t(s) = (s + p_0)Gm(s) = \frac{s + p_0}{(s + \alpha)(s + \beta)}$$

να είναι ΑΘΠ,το οποίο συνεπάγεται οτι θα πρέπει:

α) $G_t(s)$ αναλυτική ως προς $s \geq 0$ που ισχύει για κάθε επιλογή του p_0

β) $Re[G_t(j\omega)] > 0 \quad \forall \omega > 0$

$$G_t(s) = \frac{j\omega + p_0}{(j\omega + \alpha)(j\omega + \beta)}$$

$$Re[G_t(j\omega)] = \frac{\omega^2(\alpha + \beta - p_0) + p_0\alpha\beta}{(\alpha\beta - \omega^2)^2 + ((\alpha + \beta)\omega)^2} > 0$$

επομένως αρκεί $p_0 < \alpha + \beta$

γ) $\lim_{|\omega| \rightarrow \infty} \omega^2 Re[G_t(j\omega)] > 0$ για το οποια πάλι αρκει $p_0 < \alpha + \beta$

Επομένως συνολικά θα πρέπει η επιλογή του p_0 να είναι τέτοια ώστε $0 < p_0 < \alpha + \beta$

Ακολουθώντας τους συμβολισμούς των σημειώσεων για την συγκεκριμένη περίπτωση προκύπτει ότι

$$\Lambda(s) = \Lambda_0(s)Z_m(s) = (s + \lambda) \cdot 1, \lambda \text{ ευσταθής πόλος ελεύθερης επιλογής}$$

$$\text{και ο πίνακας } F = [-\lambda] \text{ και το διάνυσμα } g = [1]$$

Τα F, g δηλαδή για την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι βαθμωτά μεγέθη (όπως και στο θέμα 2).

Με βαση την σχεδίαση την και την απόδειξη της θεωρίας για να εξασφαλιστεί οτι όλα τα σήματα στον κλειστό βρόχο θα έιναι φραγμένα και το σφάλμα παρακολούθησης θα τείνει στο 0 αρκεί να επιλέχθει ο νόμος ελέγχου

$$u = \theta^T \omega + \dot{\theta}^T \varphi$$

$$\dot{\omega}_1 = -\lambda\omega_1 + u, \omega_1(0) = 0, \omega_1 \in R$$

$$\dot{\omega}_2 = -\lambda\omega_2 + y, \omega_2(0) = 0, \omega_2 \in R$$

$$\dot{\varphi} = -p_0\varphi + \omega, \varphi(0) = 0, \varphi \in R^{4x1}$$

$$\dot{\theta} = -\Gamma\varepsilon\varphi, \theta(0) = \theta_0, \theta \in R^{4x1}$$

$$\omega = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad y \quad r], \varepsilon = y - y_m, \Gamma \in R^{4x4} > 0$$

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται αρχικές συνθήκες για τις εκτιμήσεις Θ των παραμέτρων του ελεγκτή δεν είναι απαραίτητο να είναι μηδενικές. Αυτό σημαίνει οτι σε συστήματα για μια πιθανή πληροφορία για την περιοχή που μπορούσαν να βρίσκονται οι τιμές του θ^* θα μπορουσάν να αξιοποιηθεί με στόχο την επίτευξη μιας καλύτερης συμπεριφοράς του ελεγκτή. Τέτοιες διαφοροποιήσεις θα εξετασθούν στο τέλος της αναφοράς.

10.Θεμα 4α :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για εξισορρόπιση στο 0

Η οdefunc για το συγκεκριμένο ερώτημα ονομάστηκε refernceandsystemmodelunkown όπου οι εξισώσεις κατάστασης του συστήμα συνολικά είναι

$$\dot{\omega}_1 = -\lambda\omega_1 + u, \omega_1(0) = 0, \omega_1 \in R$$

$$\dot{\omega}_2 = -\lambda\omega_2 + y, \omega_2(0) = 0, \omega_2 \in R$$

$$\dot{\varphi} = -p_0\varphi + \omega, \varphi(0) = 0, \varphi \in R^{4x1}$$

$$\dot{\theta} = -\Gamma\varepsilon\varphi, \theta(0) = \theta_0, \theta \in R^{4x1}$$

$$x\dot{m}_1 = xm_2, xm_1(0) = x_{1_0}$$

$$x\dot{m}_2 = -a \cdot b \cdot xm_1 - (a + b) \cdot xm_2 + r(t), xm_2(0) = x_{2_0}$$

$$\dot{x}_1 = x_2, x_1(0) = x_{1_0}$$

$$\dot{x}_2 = -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2(\theta^T \omega + \dot{\theta}^T \varphi), x_2(0) = x_{2_0}$$

Για τις πρώτες δύο περιπτώσεις προσομοιώσεων (για σύγκλιση στο 0) επιλέχθηκαν και εδω οι ίδιοι πόλοι για το μοντέλο και η ιδια είσοδος αναφοράς με τις αντίστοιχες περιπτώσεις του θέματος 2,3 δηλαδή $\alpha = 1, \beta = 5, r = 0$. Ο πίνακας των κερδών επιλέχθηκε για αυτή την

περιπτώση της δομής ελέγχου ως $\Gamma = \begin{bmatrix} 70 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 50 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} * 10^5$ για αυτές τις δύο

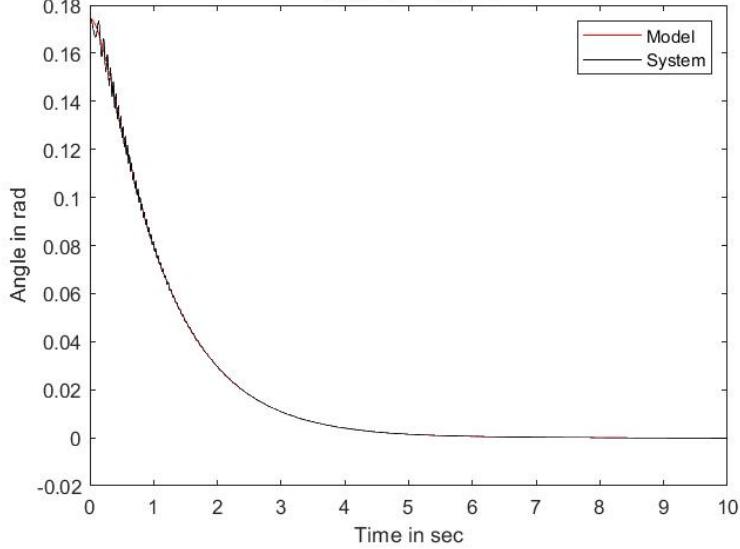
προσομοιώσεις. (χωρίς απαραίτητα να σημαίνει οτι αποτελέι μια καλή επιλογή). Το p_0 επιλέχθηκε ίσο με 5 που ικανοποιεί την συνθήκη ΑΘΠ, εφόσον είναι μικρότερο από το άθροισμα των δύο άλλων πόλων και το $\lambda = 5$.

Περίπτωση 1(10 μοίρες)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ(ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

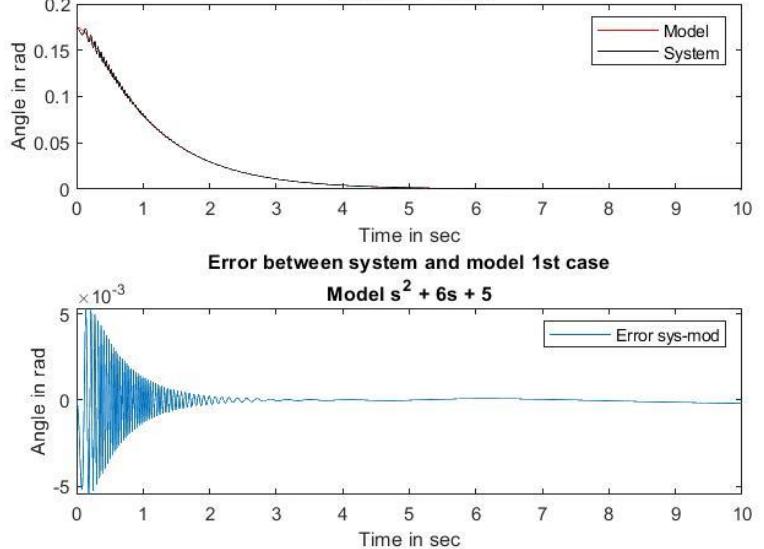
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

Model $s^2 + 6s + 5$

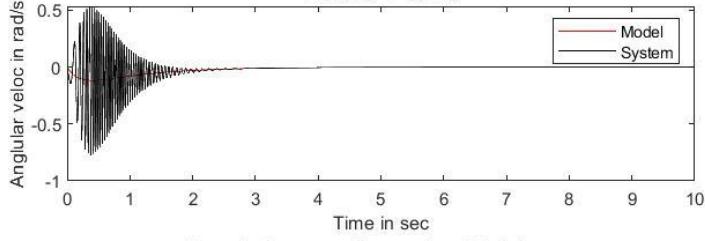


ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$

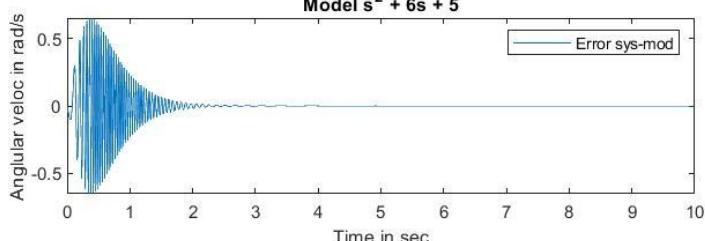
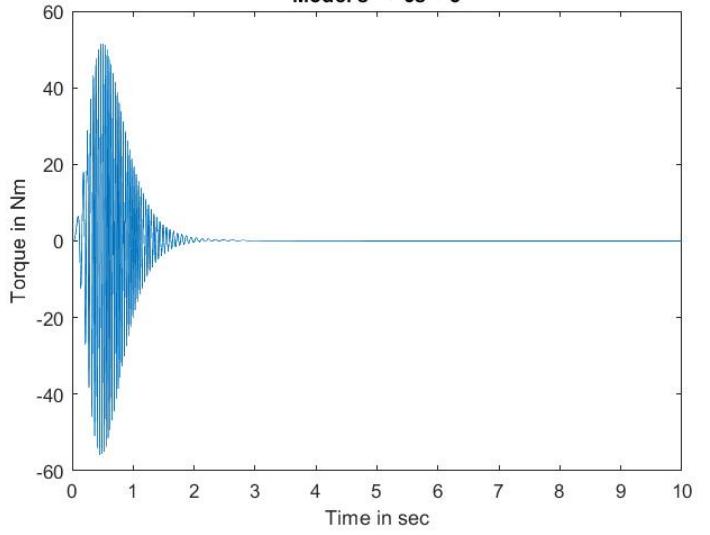
Case 1 angular velocities Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

Model $s^2 + 6s + 5$

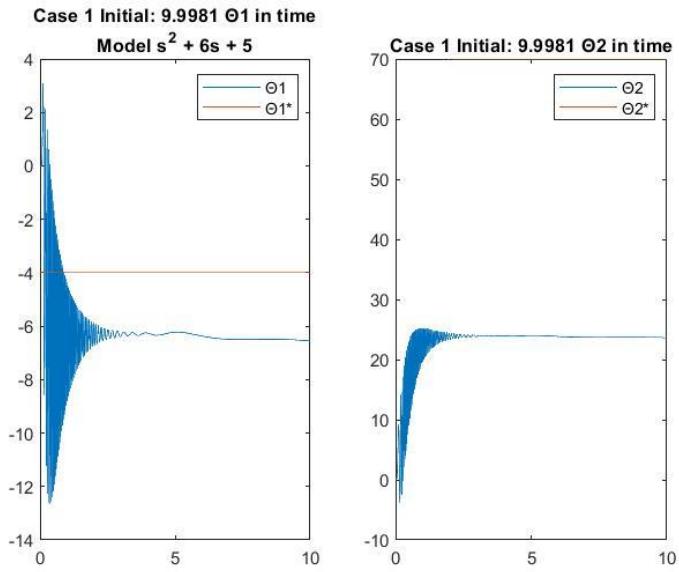


Input to system 1st case

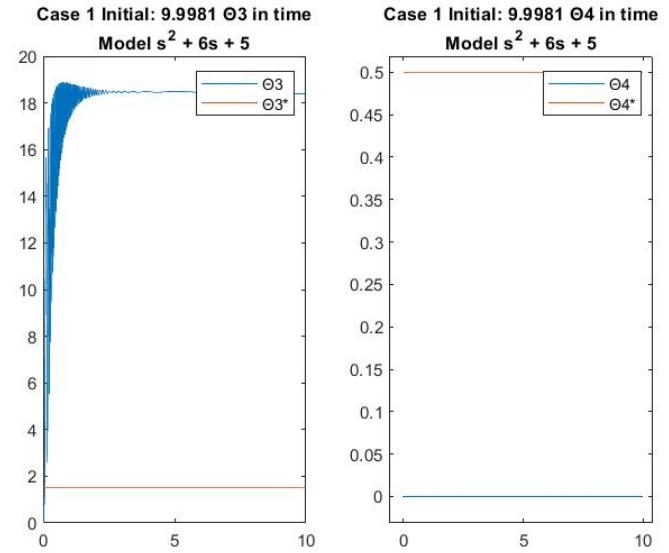
Model $s^2 + 6s + 5$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ Θ_1^* , Θ_2^*

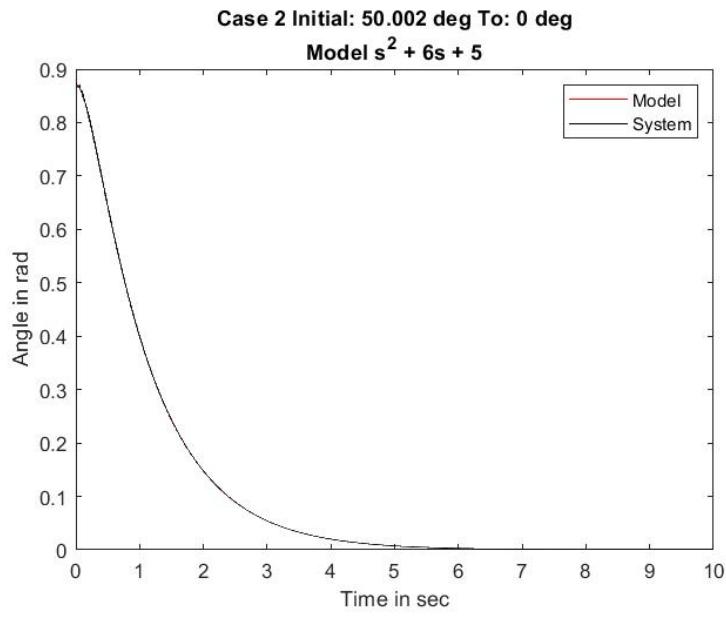


ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ Θ_3^* , Θ_4^*

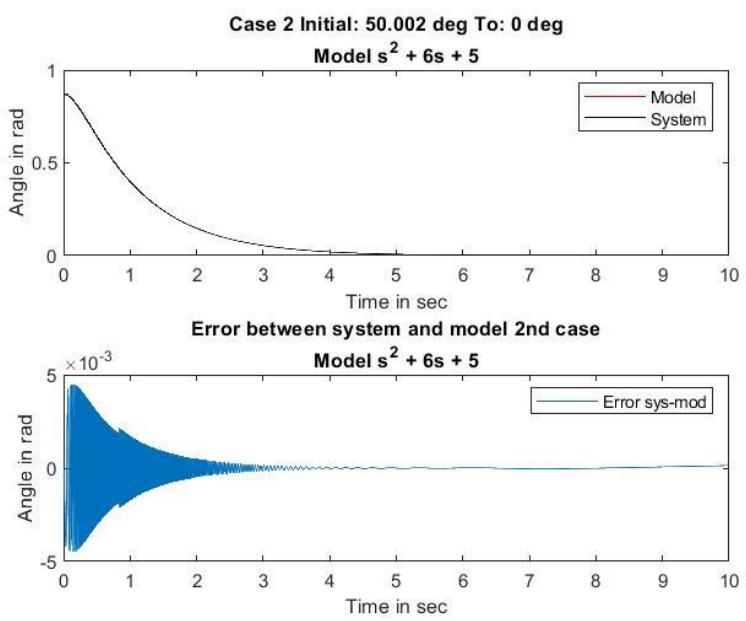


Περίπτωση 2(50 μοίρες)

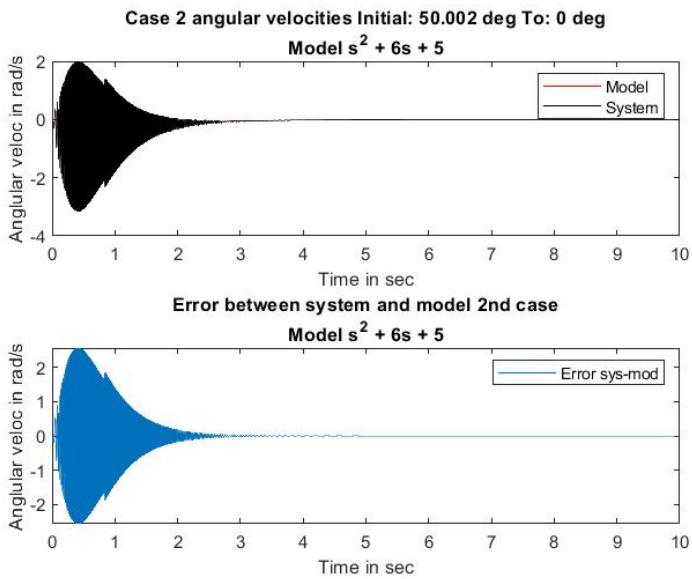
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



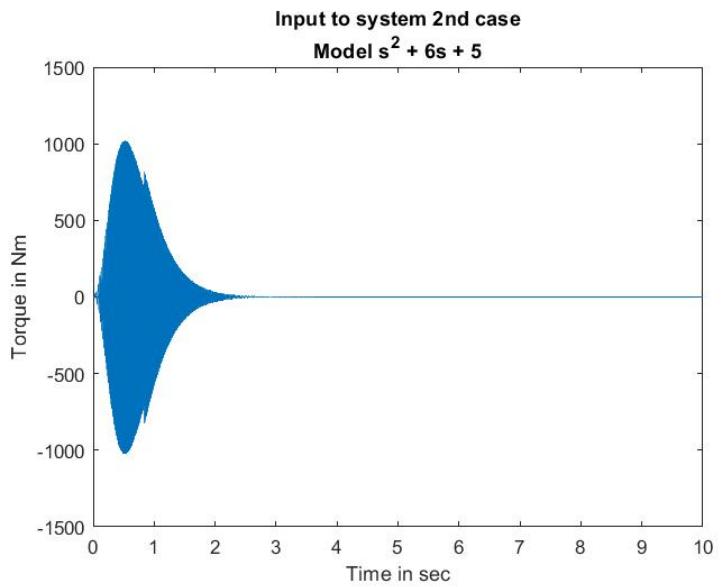
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

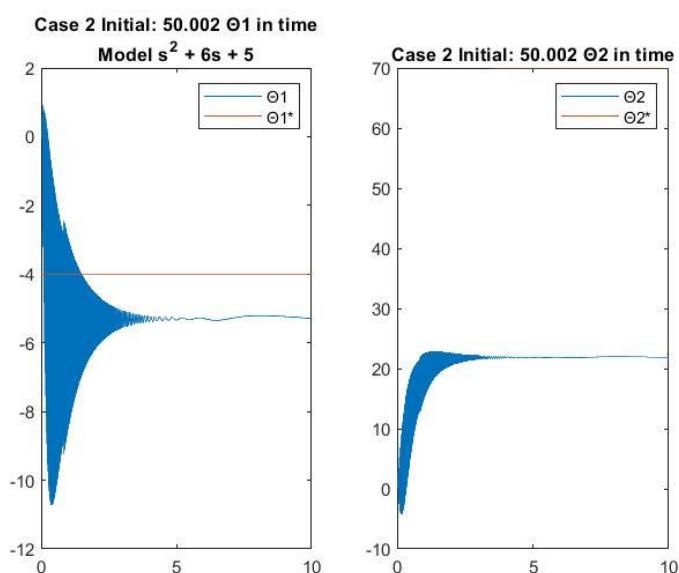


ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$

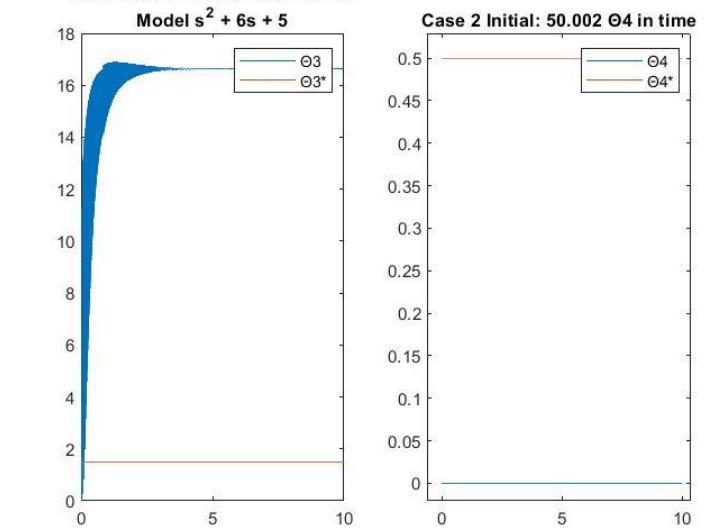


ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 1^*, \Theta 2^*$

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 3^*, \Theta 4^*$



Case 2 Initial: 50.002 $\Theta 3$ in time



11 Θεμα 4β :Επιλογή μοντέλου-εισόδου αναφορας-Προσομοιώσεις-Αποτελέσματα για ακολούθηση ημιτονοειδών τροχιών

Πρωτού παρουσιαστούν τα αποτελεσματα των προσομοιώσεων θα πρέπει και εδω να υπολογιστούν οι αρχικές συνθήκες που πρέπει να τεθουν στην ode (λογω της dirac).

Ολοκληρώνοντας τις εξισωσεις κατασταση στο $[0^- \quad 0^+]$

$$x_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} x_2, x_1(0^-) = 0$$

$$x_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -20 \cdot \sin(x_1) - 2 \cdot x_2 + 2u, x_2(0^-) = 0$$

$$\omega_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -\lambda \omega_1 + u, \omega_1(0^-) = 0$$

$$\omega_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -\lambda \omega_2 + y, \omega_2(0^-) = 0$$

$$\varphi(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -p_0 \varphi + \omega, \varphi(0^-) = 0$$

$$\theta(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -\Gamma \varepsilon \varphi, \theta(0^-) = \theta_0$$

$$xm_1(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} xm_2, xm_1(0^-) = 0$$

$$xm_2(0^+) = \int_{0^-}^{0^+} -(\alpha + \beta) \cdot xm_1 - \alpha \cdot \beta \cdot xm_2 + A \cdot \omega \cdot \text{dirac}(t) + A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t), xm_2(0^-) = 0$$

Επομένως οι αρχικές συνθήκες που θα τεθούν στην οδη γίνονται $A \cdot \sin(\omega \cdot t)$

$$u(0) = \theta(0)^T \omega(0) + \dot{\theta}(0)^T \varphi(0) = \theta(0)^T \omega(0) = \theta_4(0^-) \cdot A \cdot \omega$$

$$x_1(0^+) = 0$$

$$x_2(0^+) = 2 \cdot \theta_4(0^-) \cdot A \cdot \omega$$

$$\omega_1(0^+) = \theta_4(0^-) \cdot A \cdot \omega$$

$$\omega_2(0^+) = 0$$

$$\varphi(0^+) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \theta_4(0^-) \cdot A \cdot \omega \end{bmatrix}$$

$$\theta(0^+) = \theta(0^-)$$

$$xm_1(0^+) = 0$$

$$xm_2(0^+) = A \cdot \omega$$

Και

$$r(t) = A \cdot \omega \cdot (\alpha + \beta) \cdot \cos(\omega \cdot t) + A \cdot (\alpha \cdot \beta - \omega^2) \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Εαν επιλεχθεί δηλαδή το διανυσμά των εκτιμήσεων να εχει μηδενικές αρχικές συνθήκες η μόνη αρχική συνθηκη που απαιτείται είναι στην ταχύτητα του μοντέλο(υπενθυμίζεται ότι αυτή αρχική συνθήκη δεν συνεπαγέται ότι το μοντέλο δεν εκκινεί ακίνητο, αλλα συγκεντρώνει την πληροφορία το κομμάτι της dirac που δεν τίθεται στην είσοδο αναφοράς). Οι πόλοι για το μοντέλο επιλέχθηκαν ίσοι με 3,4 ,το p_0 επιλέχθηκε ίσο με 5 (είναι μικρότερο από το άθροισμα των δύο πόλων του μοντέλου) και το $\lambda = 5$.

Ο πίνακας των κερδών επιλέχθηκε για αυτή την περιπτώση της δομής ελέγχου ως $\Gamma =$

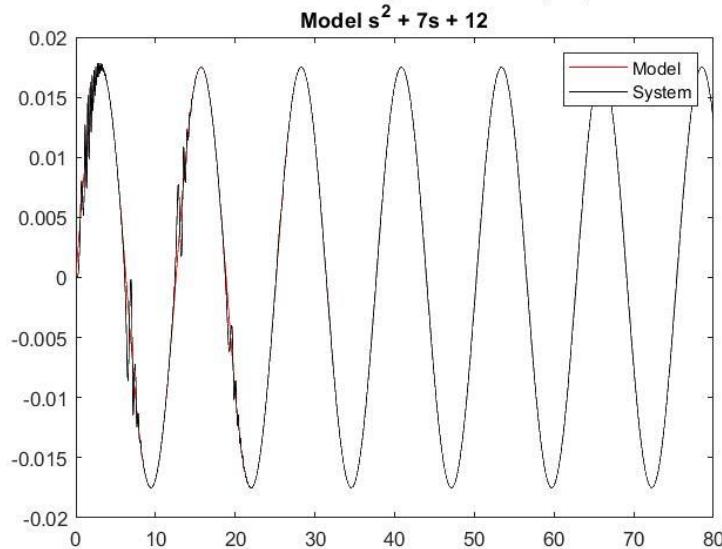
$$\begin{bmatrix} 70 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 50 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} * 10^5 \text{ για την πρωτη και } \begin{bmatrix} 70 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 50 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} * 10^6 \text{ για την δευτερη.}$$

Περίπτωση 3($0.0175 \cdot \sin(0.5 \cdot t)$)

Για τις παρακάτω προσομοιώσεις $\alpha=3, \beta=4$.

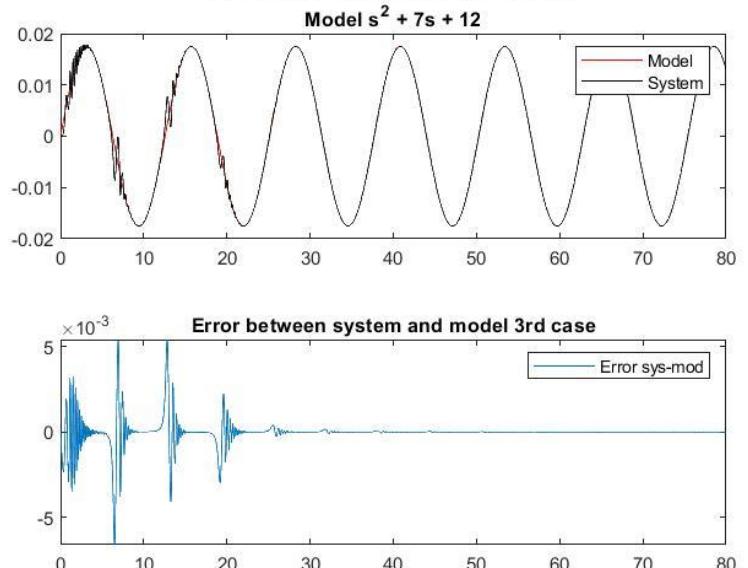
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)



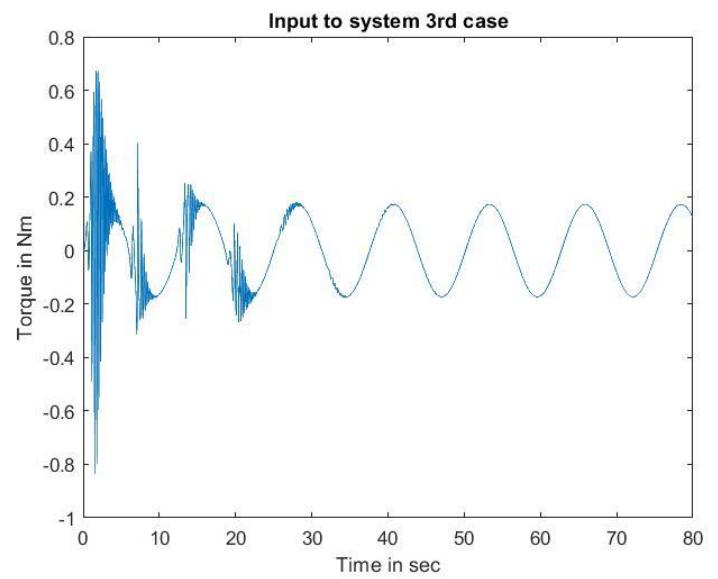
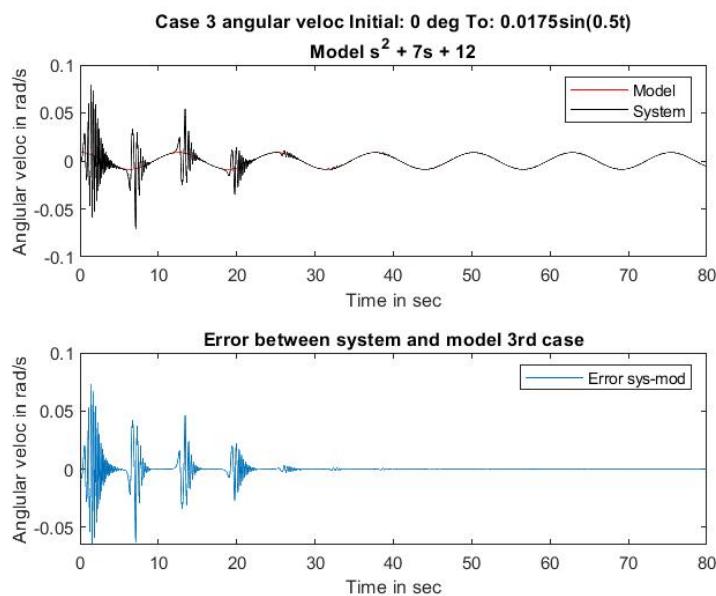
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

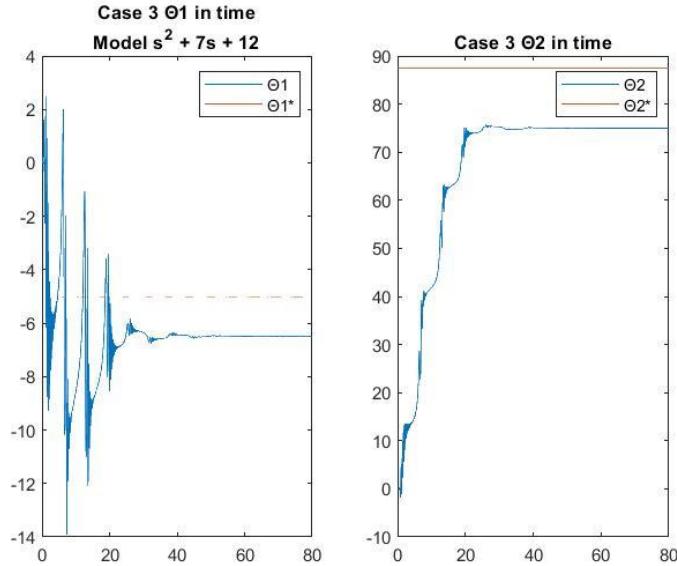


ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

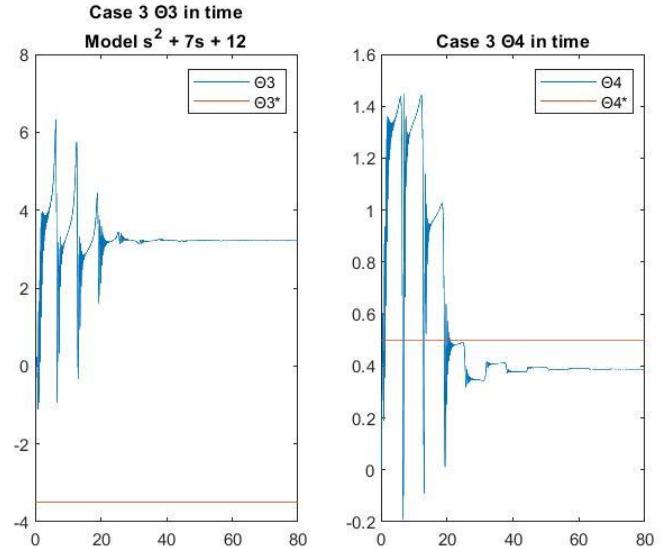
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 1^*, \Theta 2^*$



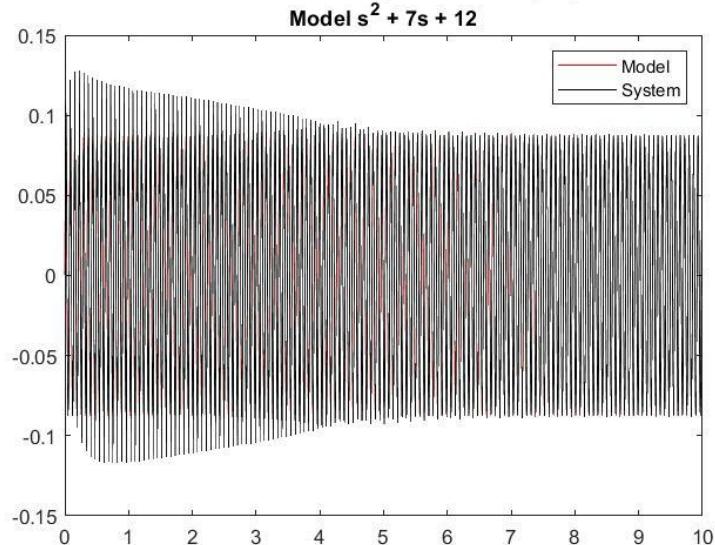
ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 3^*, \Theta 4^*$



Περίπτωση 4($0.0873 \cdot \sin(90t)$)

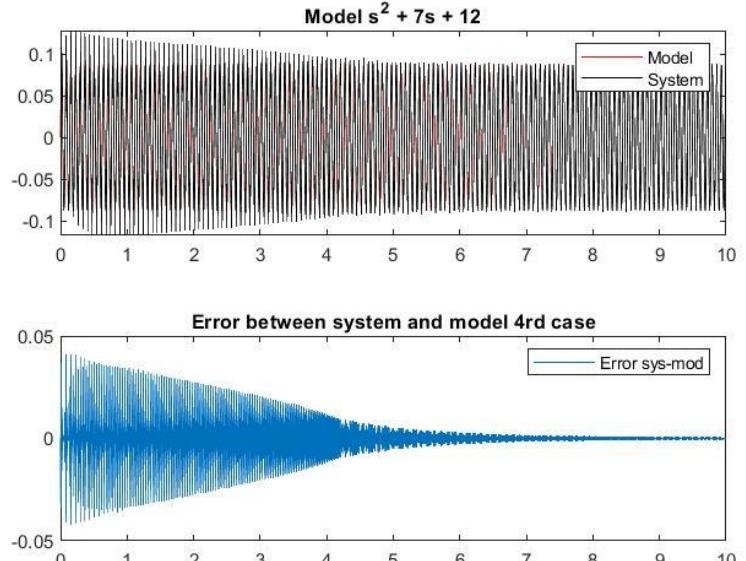
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 4 Initial: 0 deg To: $0.0873\sin(90t)$

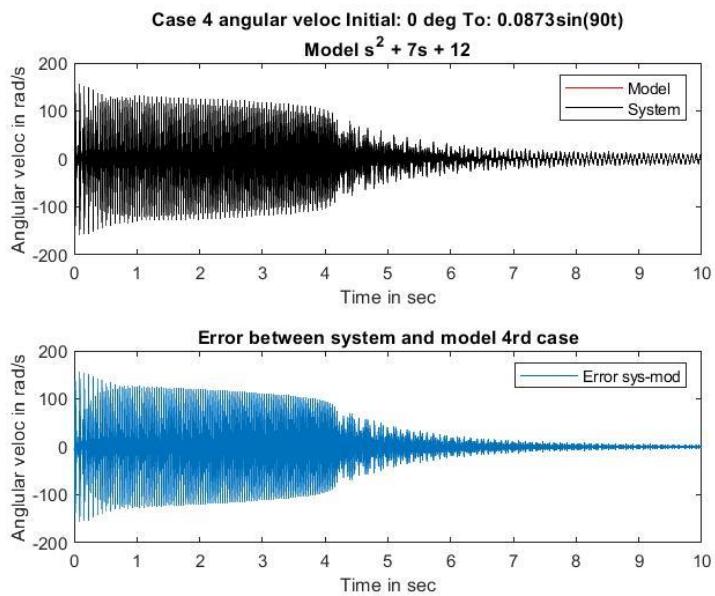


ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

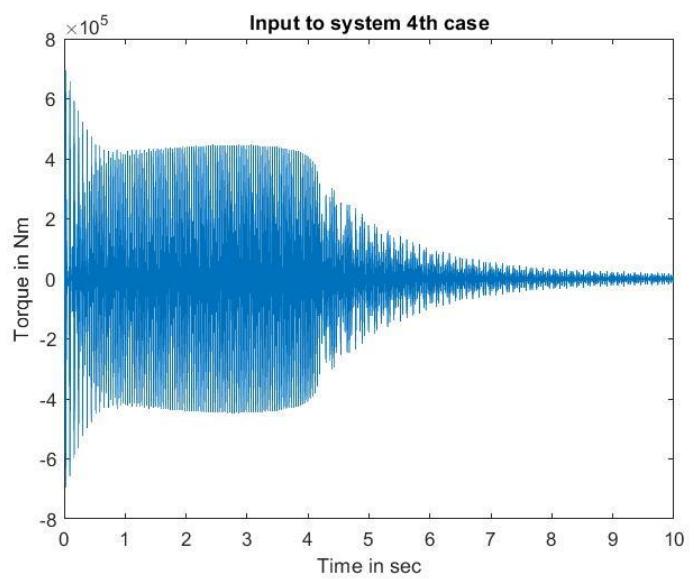
Case 4 Initial: 0 deg To: $0.0873\sin(90t)$



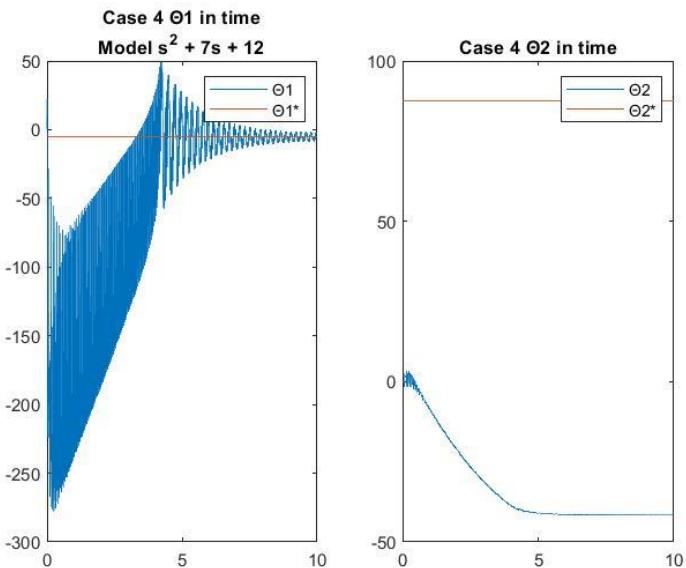
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



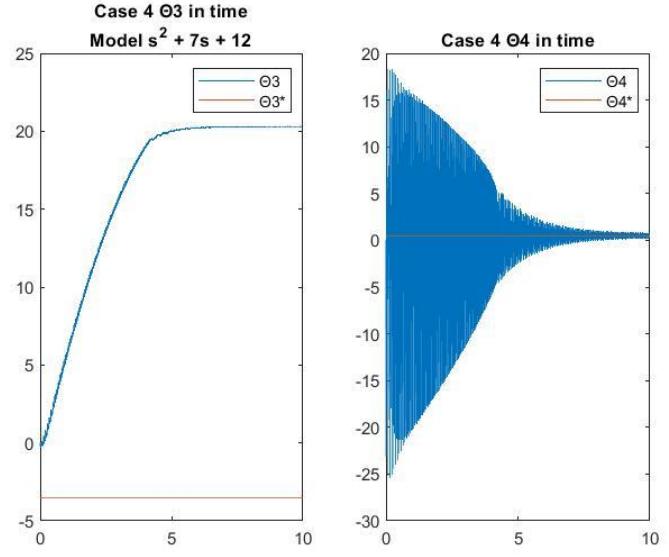
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 1^*, \Theta 2^*$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ $\Theta 3^*, \Theta 4^*$



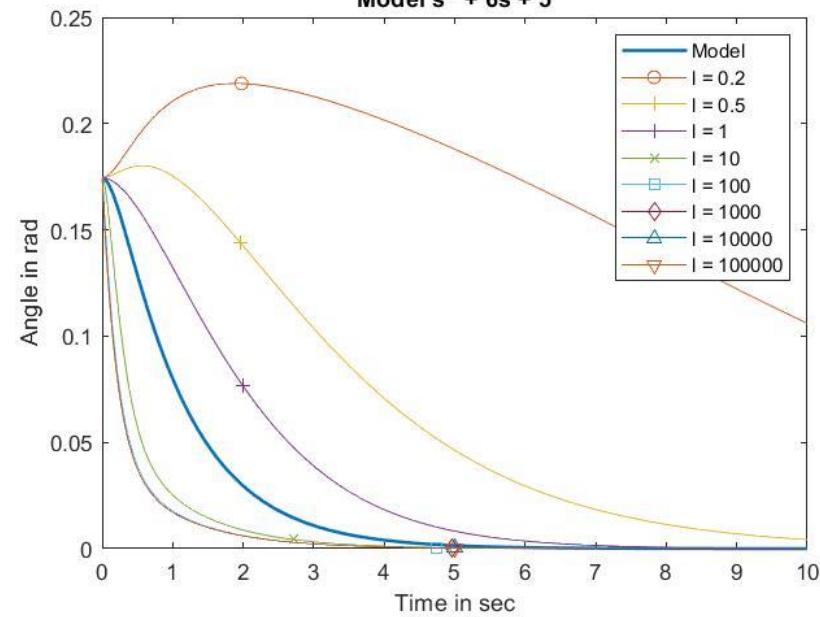
Εδώ στις περιπτώσεις 3,4 στο διάγραμμα ροπής δεν απαιτείται να εμφανίζεται μια στιγμιαία ώση στο 0, καθώς ο όρος $\Theta 4$ (που πολλαπλασιάζεται $\Theta 4^*$) είναι μηδενικός για $t = 0$.

12 Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας model refence control

Στο model reference control οι ελεύθερες παράμετροι που μπορούμε να μεταβάλλουμε είναι η επιλογή το μοντέλου, δηλαδή των πόλων του και η επιλογή του ευσταθούς πόλου λ που εμφανίζεται στο $\Lambda(s)$. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις διαφορετικές επιλογές του λ. Στα επόμενα διαγράμματα όπου error εννοείται το σφάλμα παρακολούθησης, δηλαδή γ-υμ.

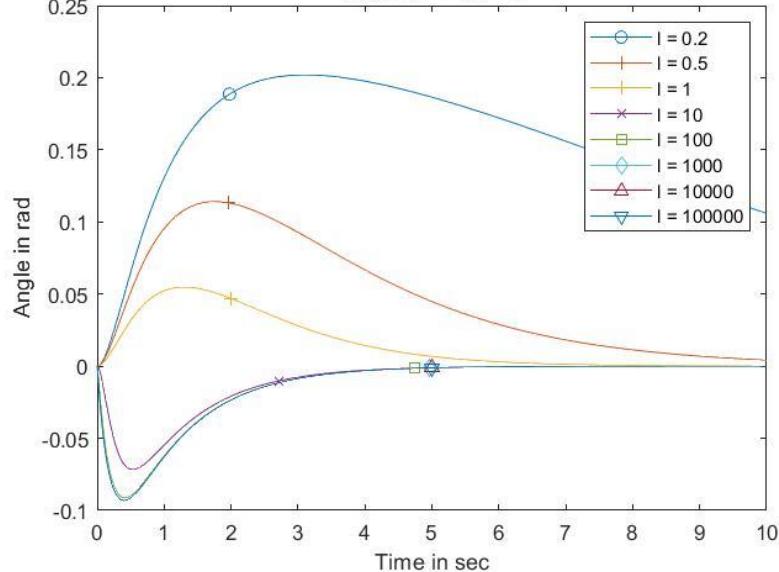
Case 1:Output for different I choices

Model $s^2 + 6s + 5$



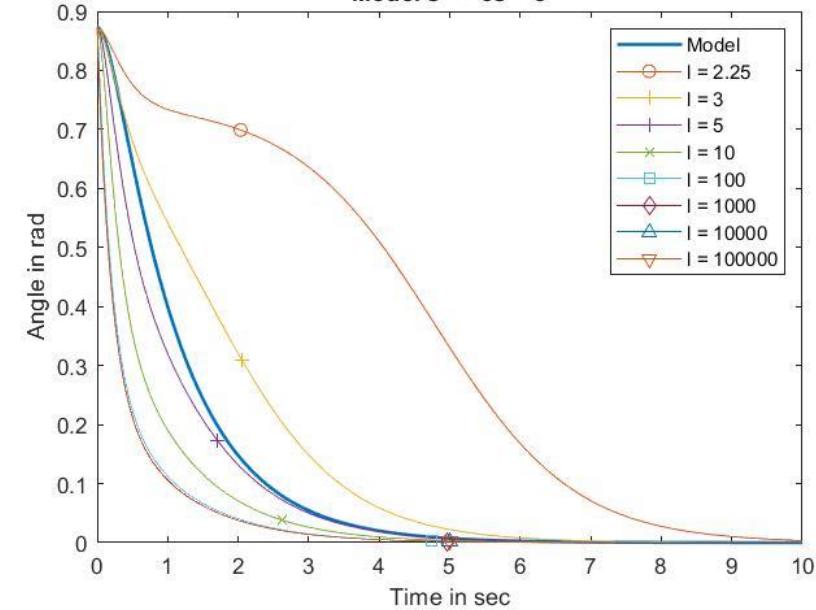
Case 1:Error for different I choices

Model $s^2 + 6s + 5$



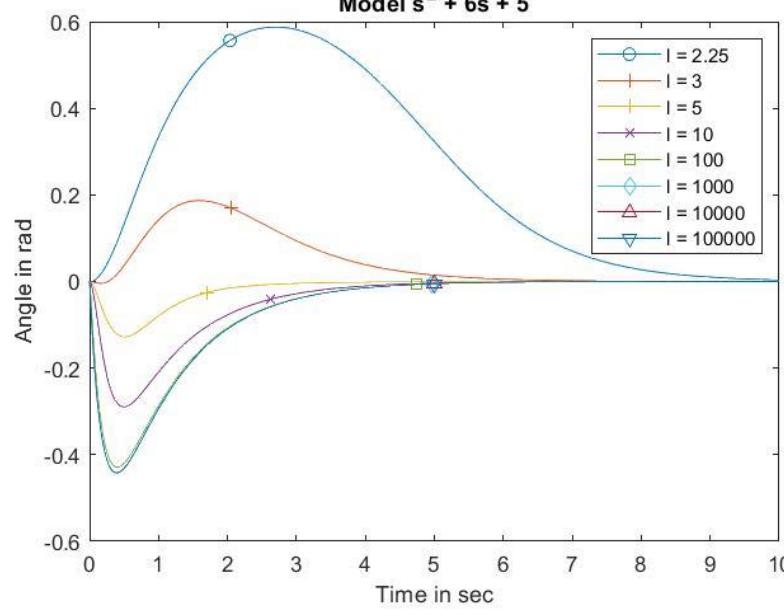
Case 2:Output for different I choices

Model $s^2 + 6s + 5$



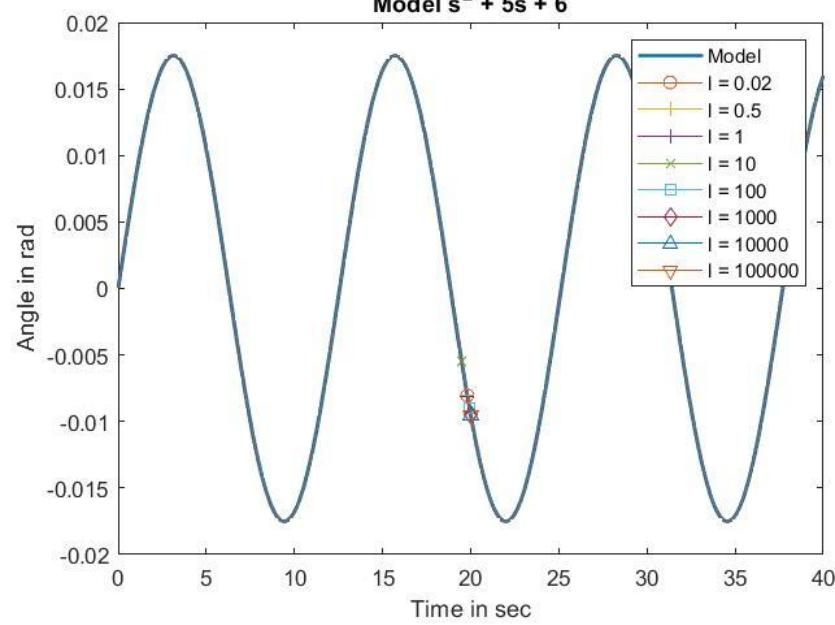
Case 2:Error for different I choices

Model $s^2 + 6s + 5$



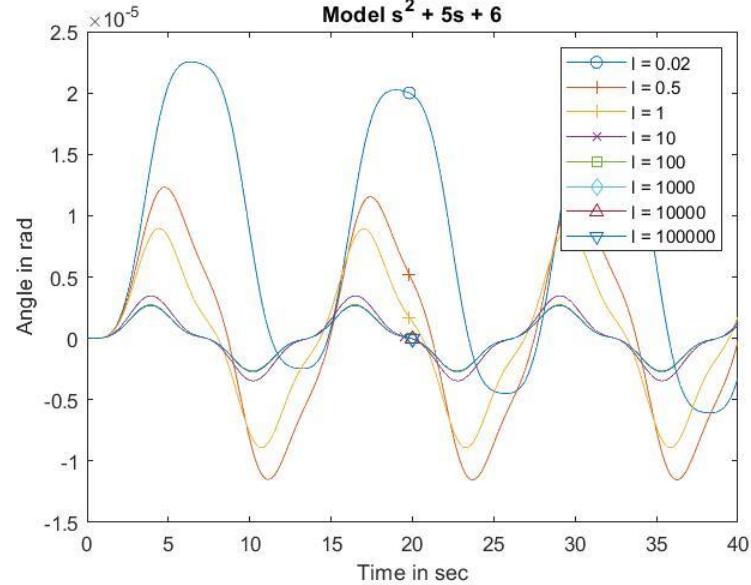
Case 3:Output for different I choices

Model $s^2 + 5s + 6$



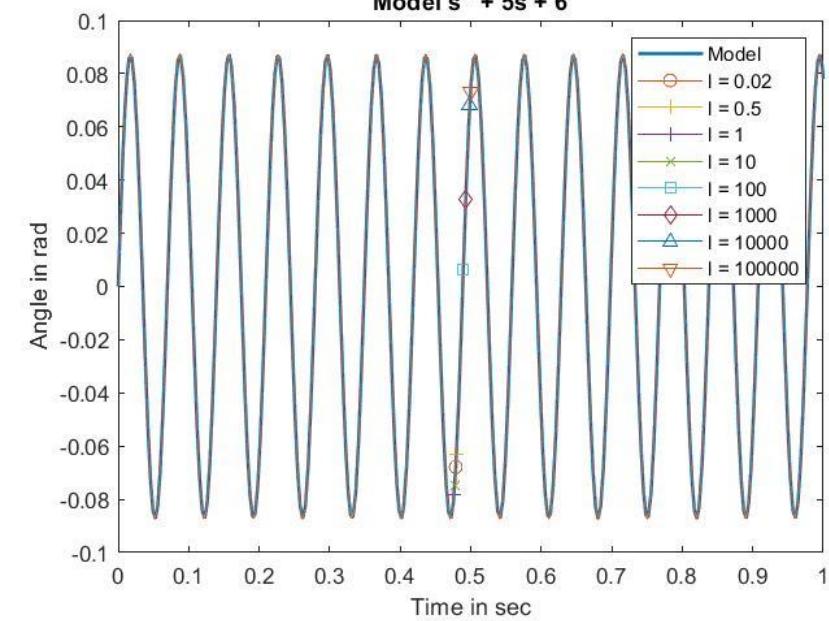
Case 3:Error for different I choices

Model $s^2 + 5s + 6$



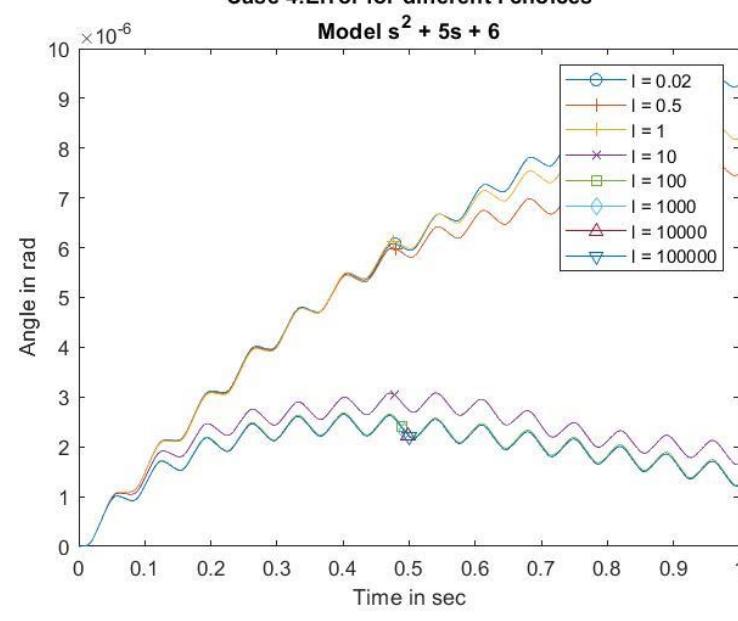
Case 4:Output for different I choices

Model $s^2 + 5s + 6$



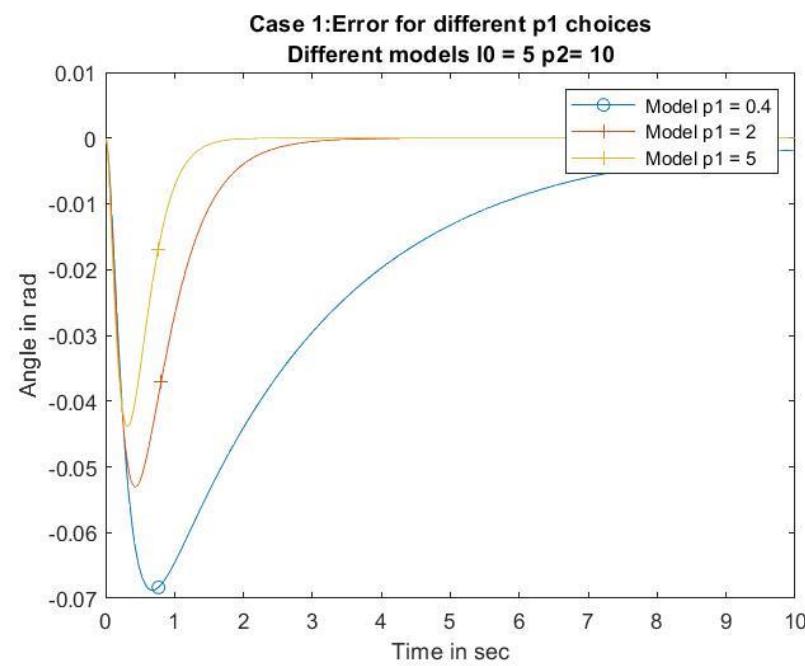
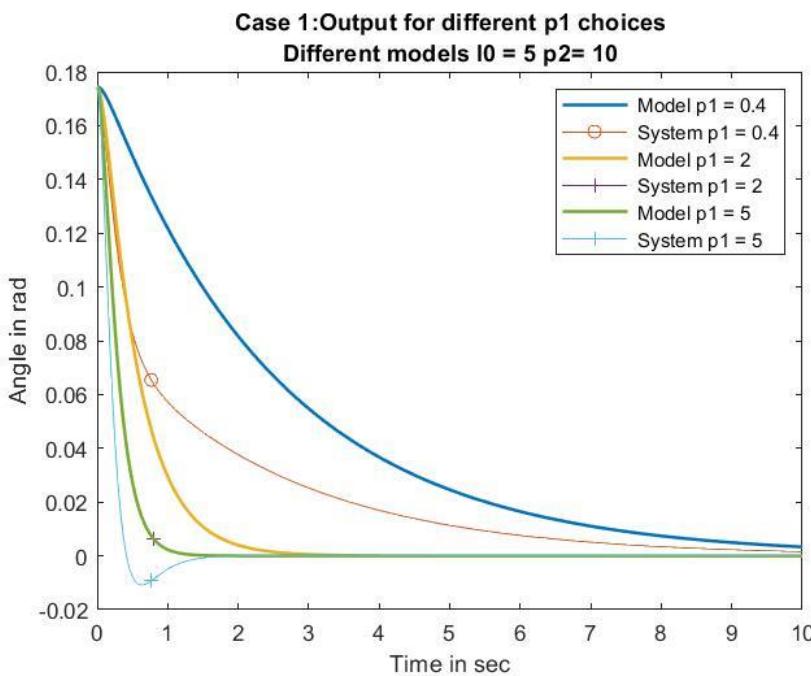
Case 4:Error for different I choices

Model $s^2 + 5s + 6$

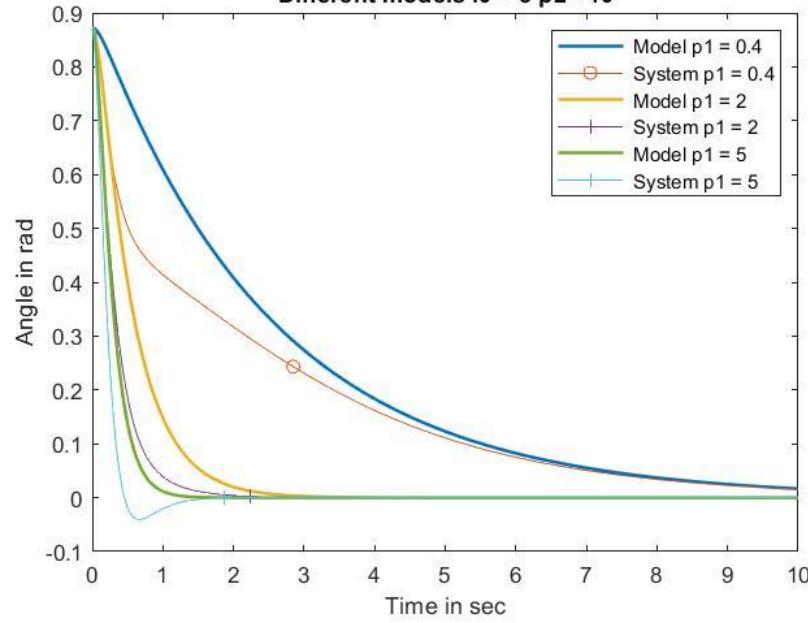


Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η επίδραση της επιλογής του λ ειδικότερα στις περιπτώσεις 1 και 2.Σε αυτές για επιλογές του λ μικρές η απόκριση του συστήματος γίνεται αργή και παύει να ικανοποιεί τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ταχύτητας.Σημειώνεται οτι για ακόμα μικρότερες επιλογές του λ από αυτές των διαγράμματων ο έλεγχος αποτύγχανε τελείως καθώς το σύστημα βρισκόταν για μεγάλο διάστημα (εφόσον η απόκριση γινόταν ακόμα πιο αργή) μακριά από το 0,γύρω από το οποίο χρησιμοποιήθηκε η γραμμικοποίηση του για την σχεδίαση του ελεγκτή.Ωστόσο οι περιπτώσεις αυτές δεν απεικονίζονται στα διαγράμματα γιατί δεν θα επέτρεπαν την απεικόνιση των άλλων αποκρίσεων (το σφάλμα θα απειριζόταν,και οι άλλες αποκρίσεις θα φαινόταν σαν σταθερά μηδενικές).Στις περιπτώσεις ωστόσο 3 και 4 η επίδραση της επιλογής του λ είναι πρακτικά αμελητέα (διαφοροποιεί τα σφάλματα κατα ενα ποσό της τάξης 10^{-5}), και όπως φαίνεται από τα διαγράμματα εξόδου η έξοδος του μοντέλου παρακολουθείται ικανοποιητικά.

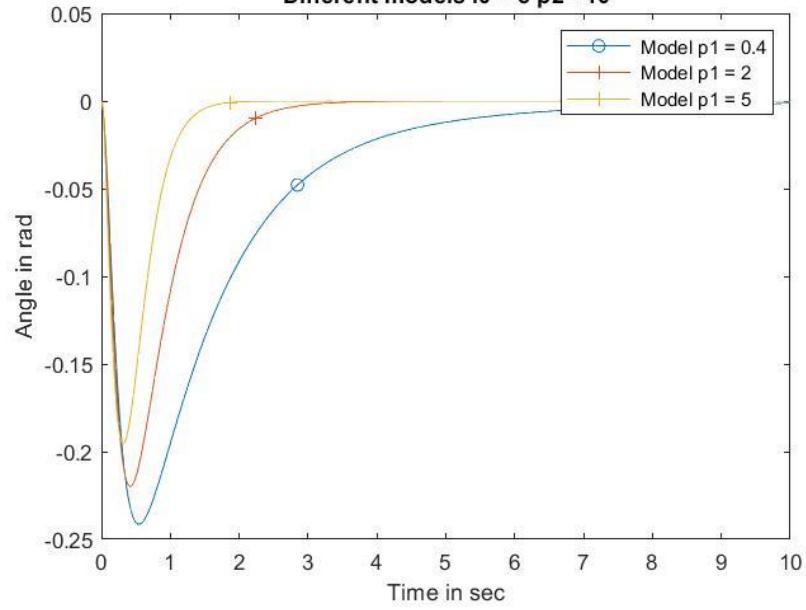
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν για την μεταβολή των πόλων του μοντέλου.Για λόγους προσομοίωσης και οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων μεταξύ των διαφορετικών περιπτώσεων αλλάχθηκε μόνο ο ένας πόλος του μοντέλου.(Σε δοκιμές που εγίναν και δεν περιλαμβάνονται στην αναφορά για μεταβολή και του δεύτερου πόλου έδειξαν παραπλήσια αποτελέσματα ως προς την ευρωστία του συστήματος).



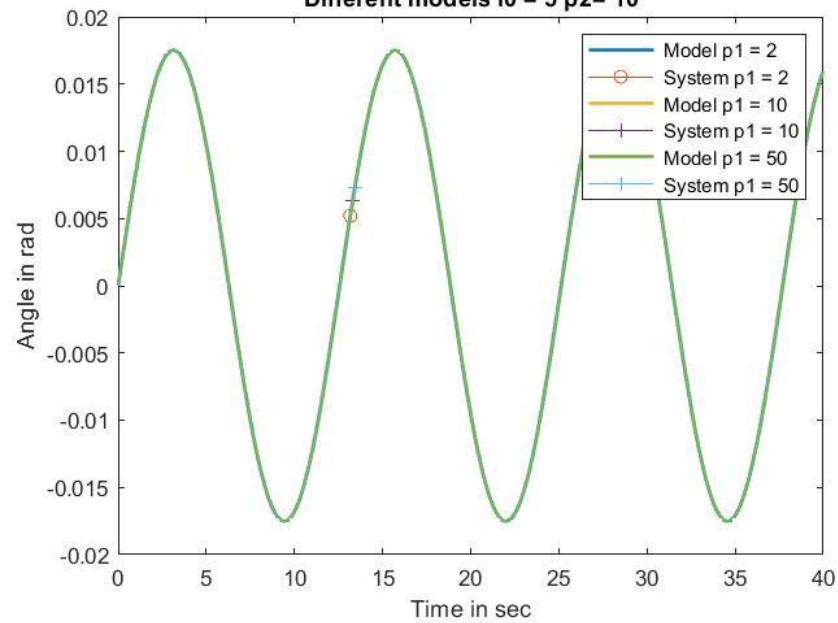
Case 2:Output for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



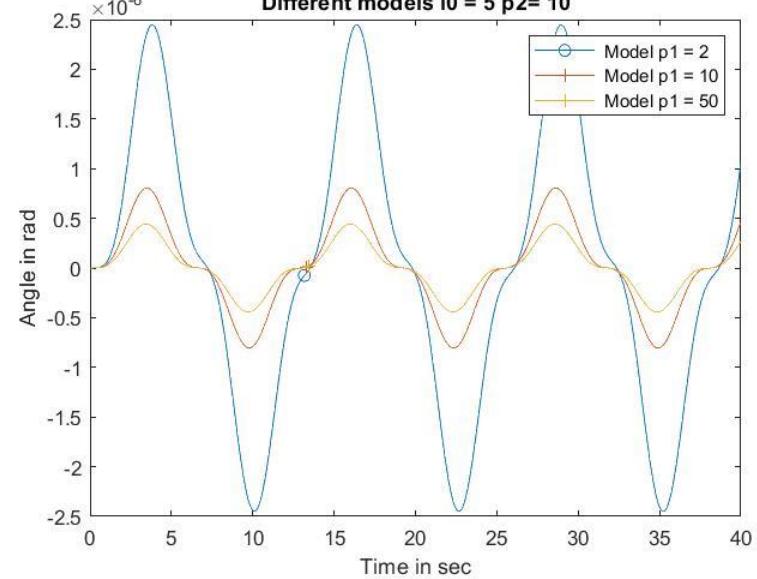
Case 2:Error for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



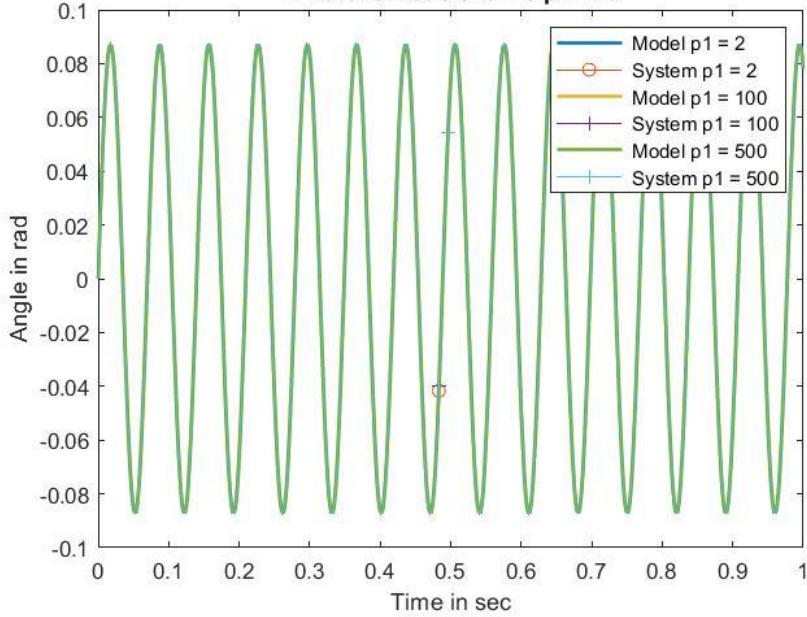
Case 3:Output for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



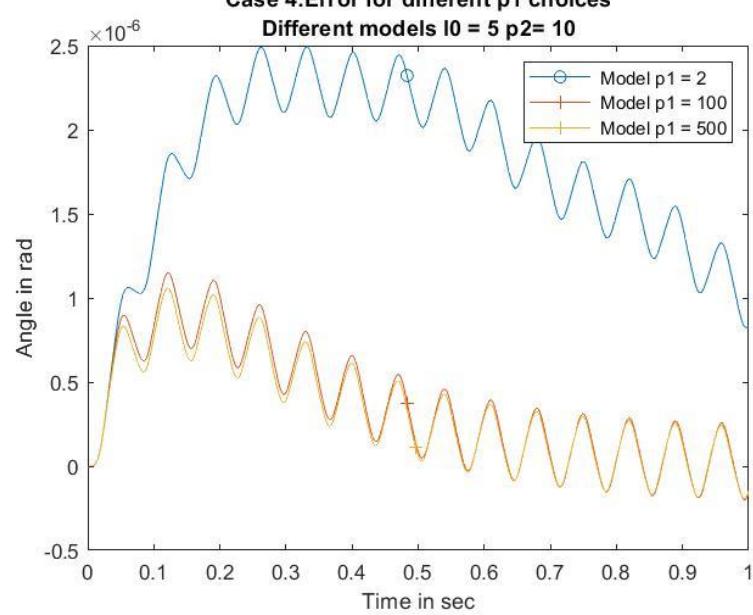
Case 3:Error for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



Case 4:Output for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



Case 4:Error for different p1 choices
Different models I0 = 5 p2= 10



Εδω φαίνεται η μεγάλη επίδραση της επιλογής του μοντέλου στην απόκριση στις περιπτώσεις 1,2. Συγκεκριμένα για επιλογή γρήγορου πόλου (απομακρυσμένου από τον άξονα των φανταστικών) το σύστημα αρχίζει και εμφανίζει υπερυψώσες. Αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι η επιλογή του πόλου διαφοροποιεί και την απόκριση του μοντέλου (το οποίο για τα 1,2 δεν διεγείρεται από κάποια είσοδο). Στις περιπτώσεις 3,4 η διαφοροποίηση της απόκρισης λόγω διαφορετικής επιλογής πόλου είναι σχεδόν αμελητέα και παρουσιάζεται η επιθυμητή συμπεριφορά σε όλες τις περιπτώσεις που δοκιμάστηκαν, παρόλο που το εύρος επιλογή πόλων που δοκιμάστηκαν ήταν αισθητά μεγαλύτερο (στις περιπτώσεις 1,2 δεν δοκιμάστηκαν μεγαλύτερες επιλογές πόλων καθώς το σύστημα είχε ήδη πάψει να ικανοποιεί τις ζητούμενες προδιαγραφές).

13. Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας Α ΠΕΜΑ με ανάδραση καταστάσεων

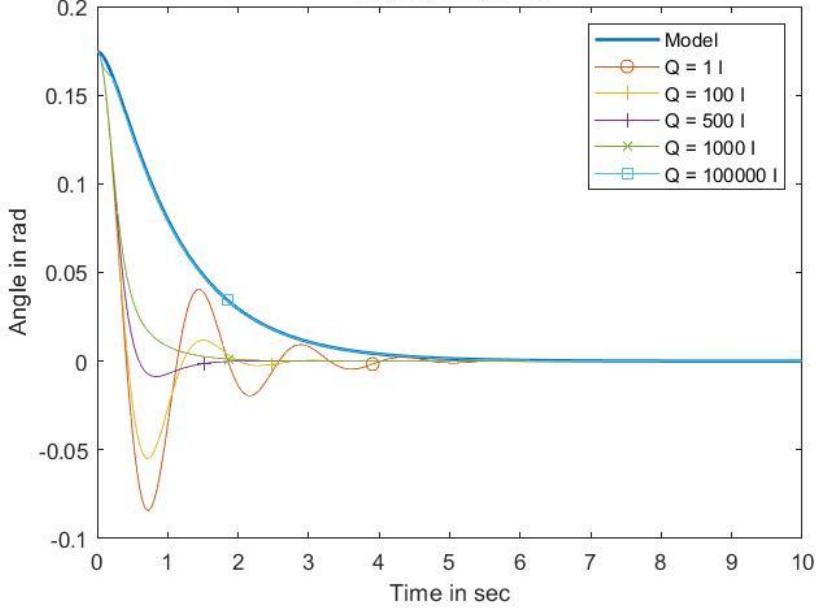
Σε αυτή την περίπτωση δομής ελέγχου μπορούν να μεταβληθούν:

- A) τα στοιχεία του πίνακα Q της εξίσωσης Λιαρυπον: στα πλαίσια της συγκεκριμένη εργασίας δοκιμάζονται μόνο περιπτώσεις όπου $Q = \alpha I_{2x2}$, $\alpha > 0$, ενώ στην γενική περίπτωση ο Q μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε συμμετερικός και θετικά ορισμένος πίνακας. Τα αποτελέσματα ωστόσο δίνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για την επιλογή αυτή, καθώς διαφοροποιείται η επιλογή του μεγέθους του Q .
- B) οι πόλοι του συστήματος: οι δοκιμές σε αυτό το κομμάτι γίνονται με τον ίδιο τρόπο με προηγουμένως.

Διαγράμματα για διαφορετικούς πίνακες Q

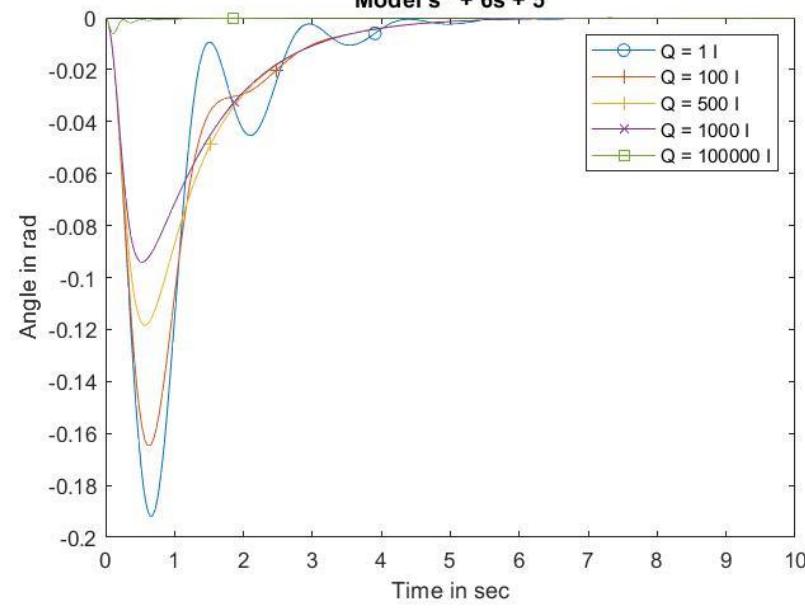
Case 1:Output for different Q choices

Model $s^2 + 6s + 5$



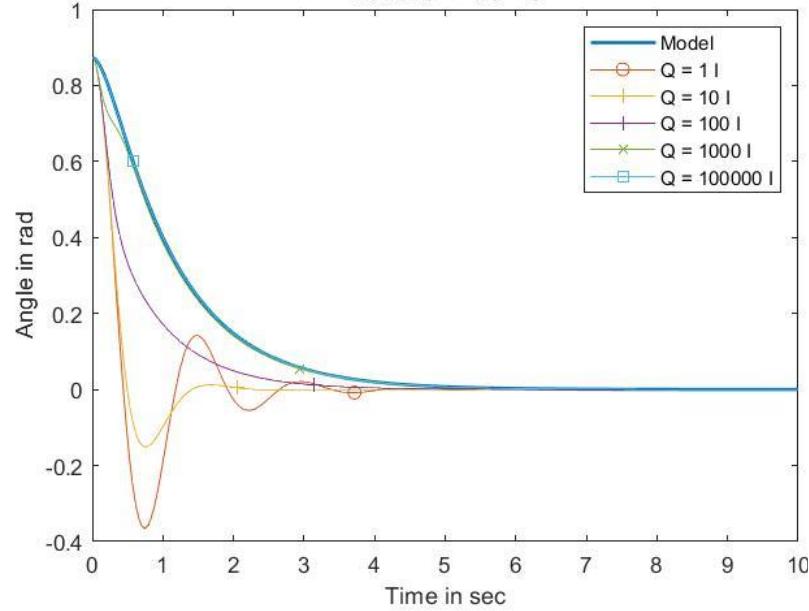
Case 1:Error for different Q choices

Model $s^2 + 6s + 5$



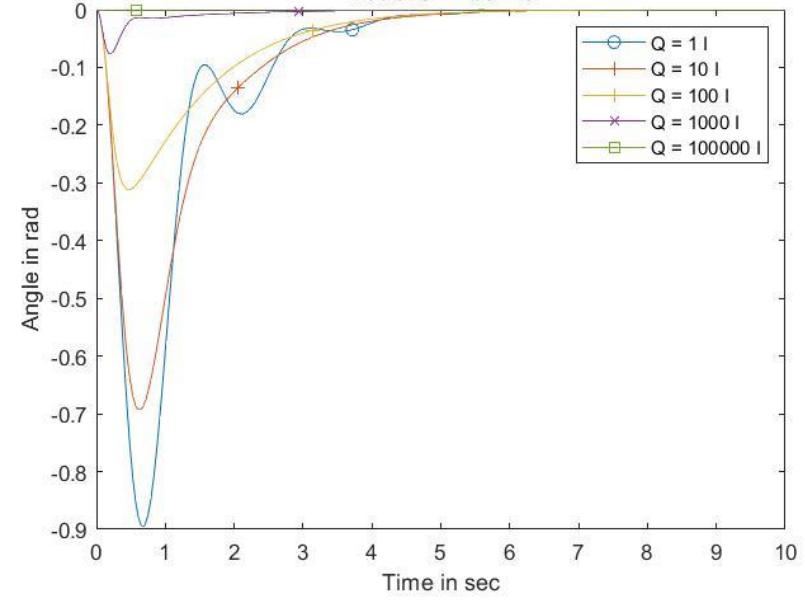
Case 2:Output for different Q choices

Model $s^2 + 6s + 5$



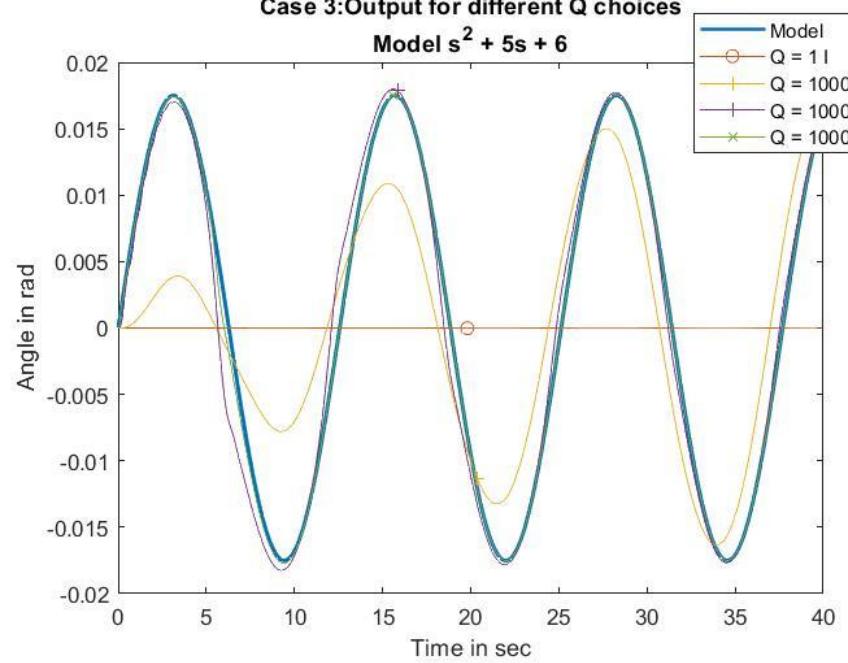
Case 2:Error for different Q choices

Model $s^2 + 6s + 5$



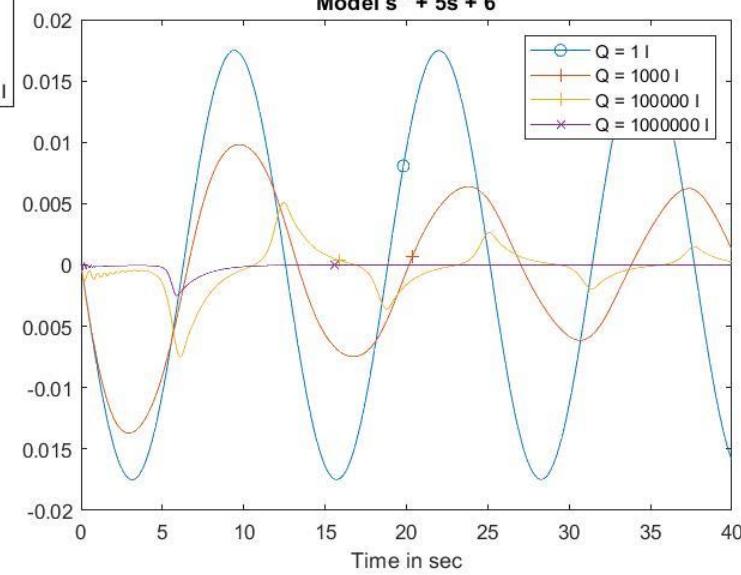
Case 3:Output for different Q choices

Model $s^2 + 5s + 6$



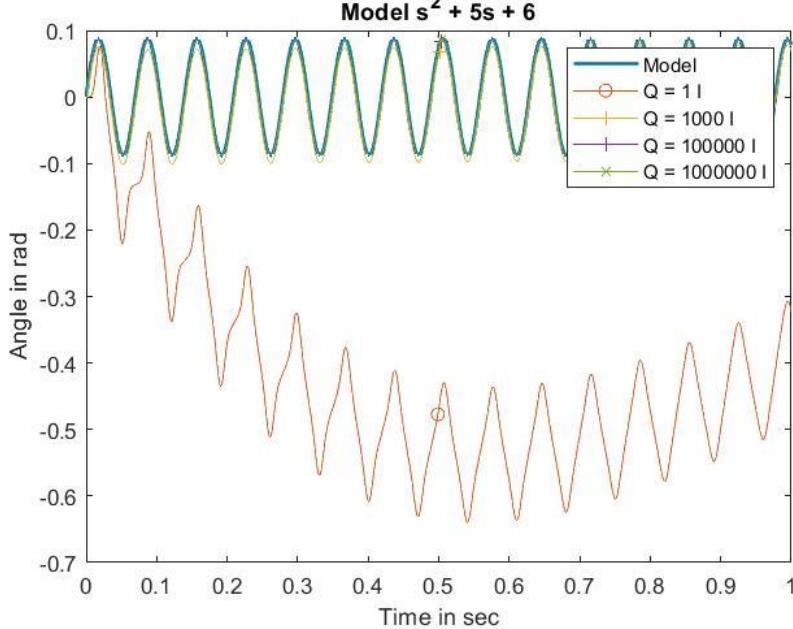
Case 3:Error for different Q choices

Model $s^2 + 5s + 6$



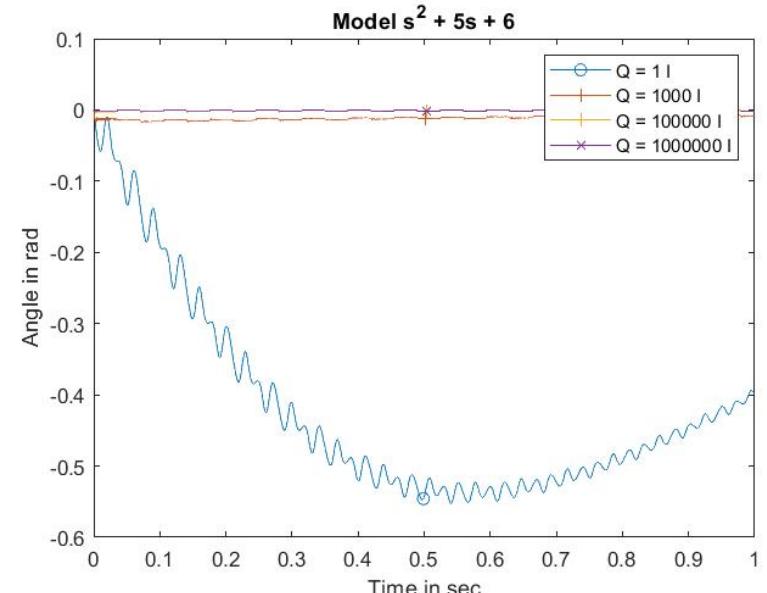
Case 4:Output for different Q choices

Model $s^2 + 5s + 6$



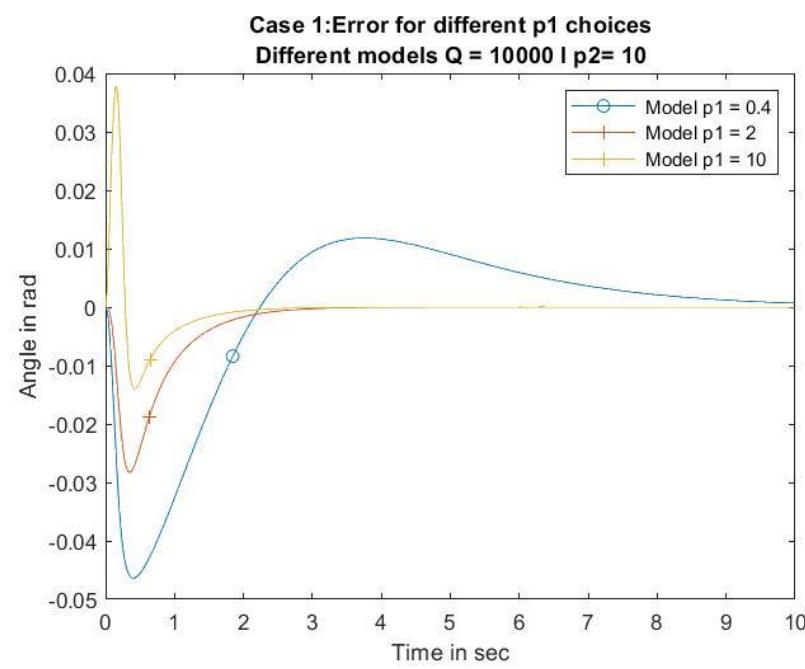
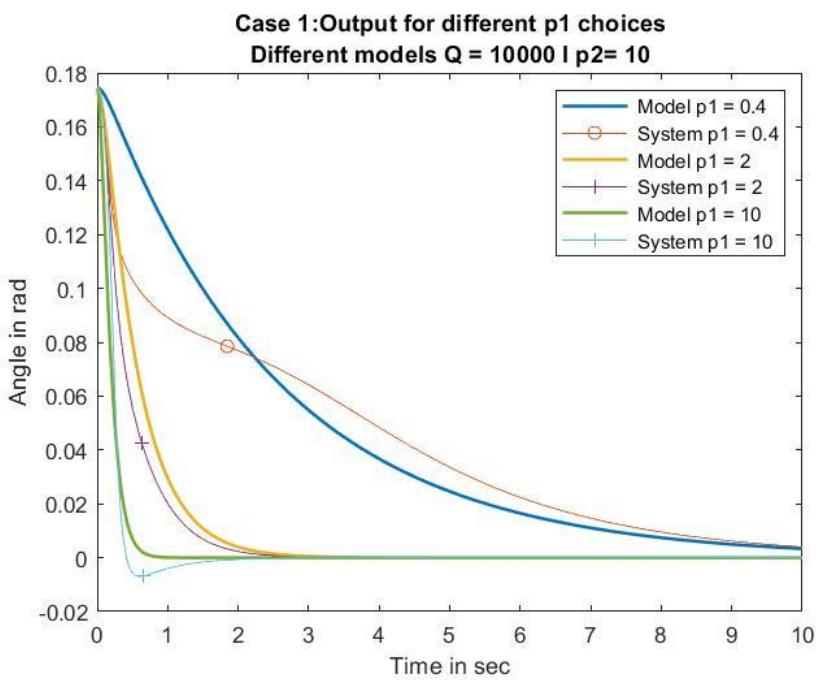
Case 4:Error for different Q choices

Model $s^2 + 5s + 6$

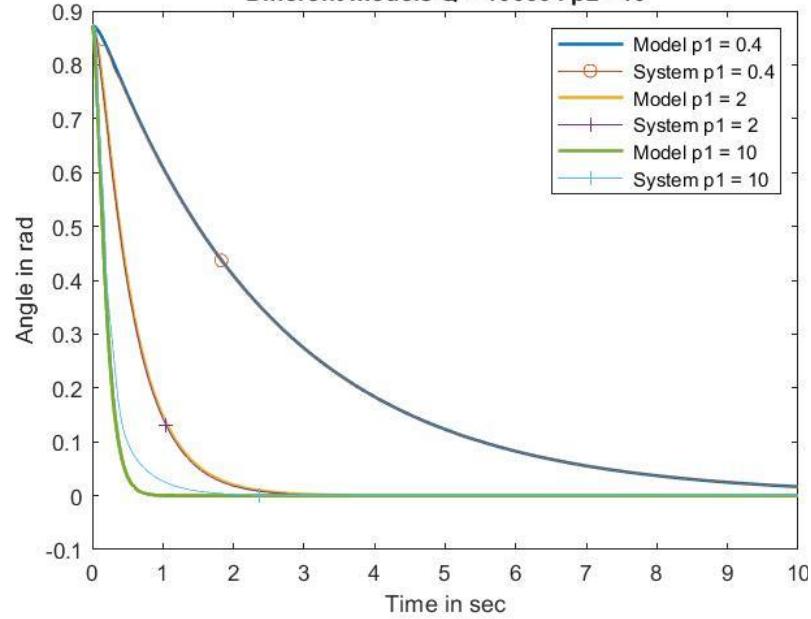


Στα παραπάνω διαγραμματα φαίνεται η επίδραση του πόσο μεγάλος (μεγάλος με την έννοια της νόρμας του πίνακα) επιλέγεται ο πίνακας Q σε όλες τις περιπτώσεις που δοκιμάζονται.Στις περιπτώσεις 1,2 επιλογή μικρού Q συνεπάγεται μεγάλο σφάλμα παρακολούθησης και υπερυψώσεις στο σύστημα ,που η απουσία αυτών αποτελεί επιθυμητό στόχο του ελέγχου,ενώ στις 3,4 το σύστημα δεν ακολουθεί την επιθυμητή τροχιά (για μοναδία το σύστημα πρακτικά παραμένει σχεδόν ακίνητο για μεγάλο χρονικό διάστημα) και το σφάλμα παρακολούθησης είναι αρκετά μεγάλο,ωστόσο όπως φαίνεται για $Q = 1000 I_{2x2}$ η απόκριση του συστήματος σταδιακά προσεγγίζει την επιθυμητή τροχιά,χωρίς ωστόσο ελατώνεται σε ικανοποιητικό βαθμό το σφάλμα παρακολούθησης(για τον παραπάνω χρόνο προσομοίωσης).

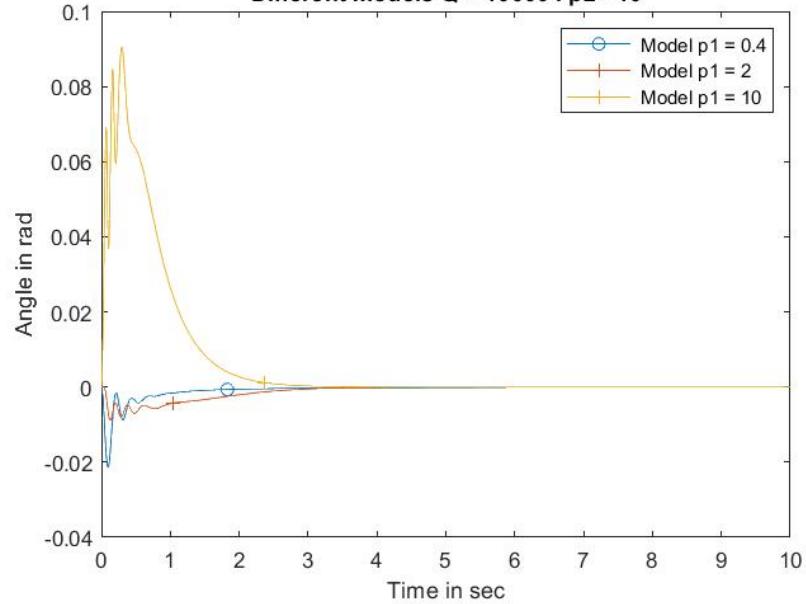
Ακολουθούν τα διαγράμματα για τις διαφορετικές επιλογές του μοντέλου:



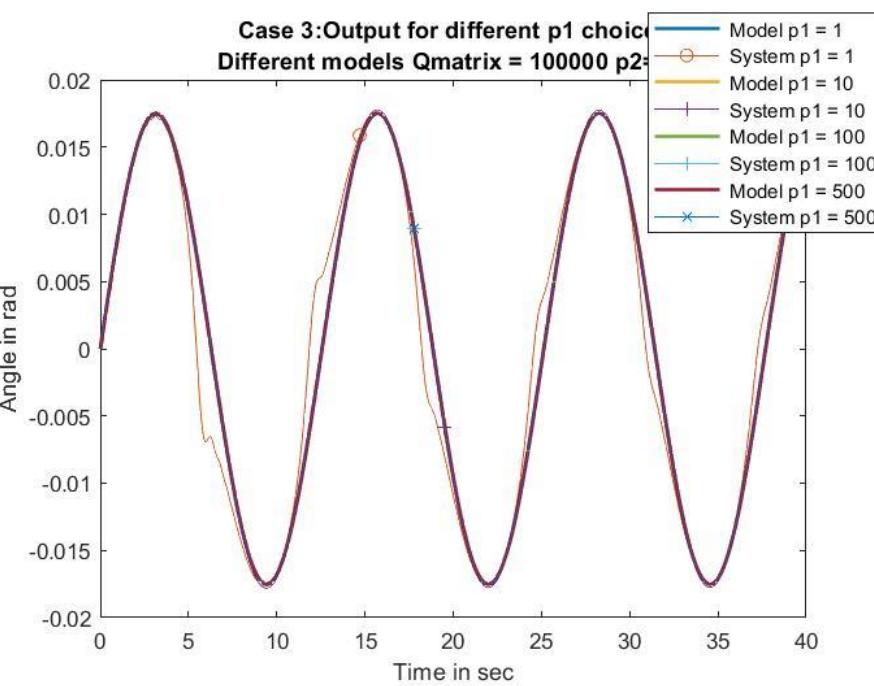
Case 2:Output for different p1 choices
Different models Q = 10000 I p2= 10



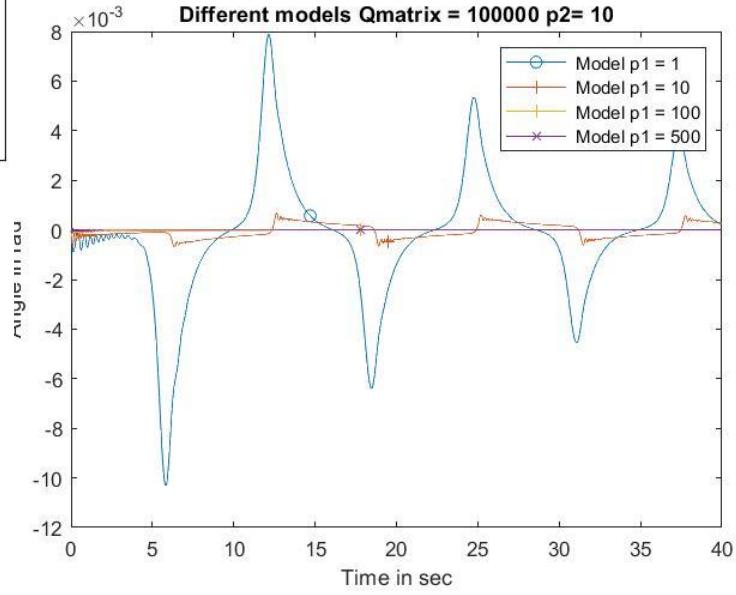
Case 2:Error for different p1 choices
Different models Q = 10000 I p2= 10



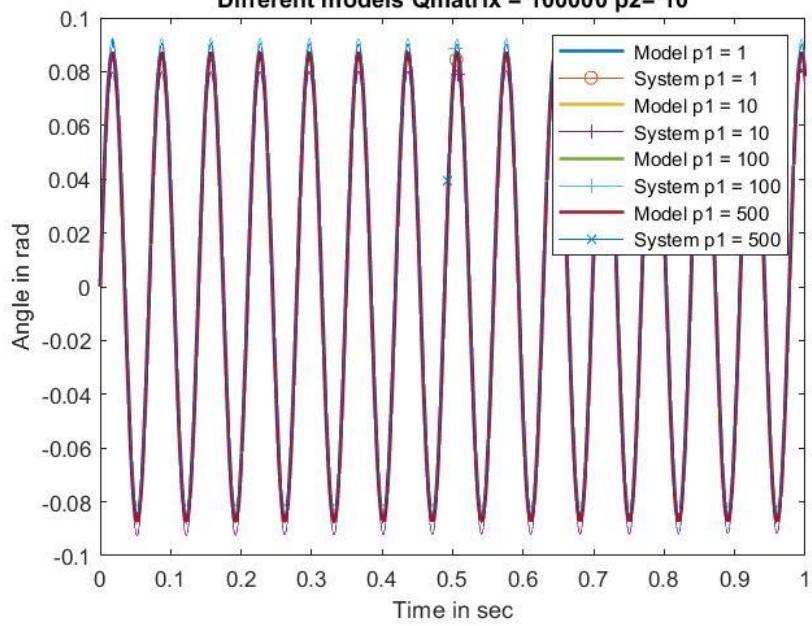
Case 3:Output for different p1 choices
Different models Qmatrix = 100000 p2= 10



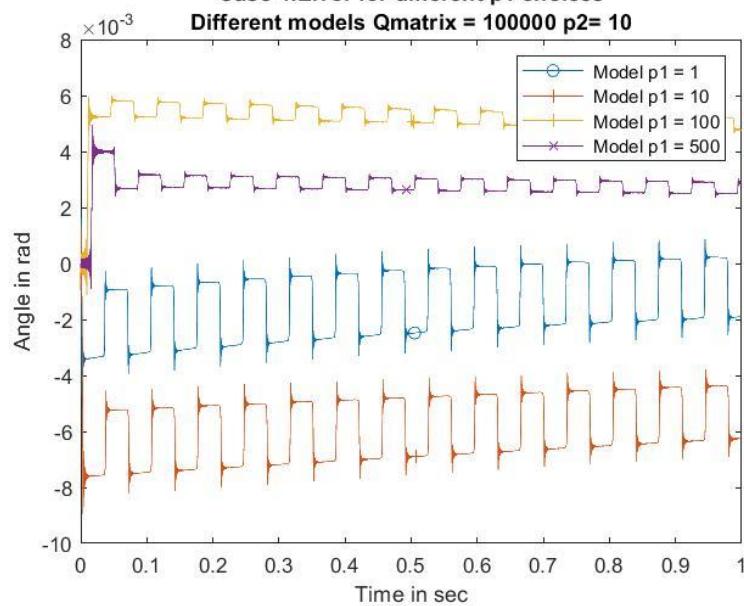
Case 3:Error for different p1 choices
Different models Qmatrix = 100000 p2= 10



Case 4:Output for different p1 choices
Different models Qmatrix = 100000 p2= 10



Case 4:Error for different p1 choices
Different models Qmatrix = 100000 p2= 10



Για την συγκεκριμένη δομή ελέγχου η μεταβολή των πόλων μπορεί να προκαλέσει υπερυψώσεις στο σύστημα,όπως φαίνεται στην περίπτωση 1 (τα αποτελεσμάτα αυτά αφορούν την δεδομένη επιλογή του πίνακα Q),ενώ στην δεύτερη περίπτωση το σύστημα δεν εμφανίζει υπερυψώσεις (ακόμα και για πιο γρήγορα(με μικρότερο χρόνο αποκατάστασης) μοντέλα αναφορα που δοκιμάστηκαν).Στις περιπτώσεις 3,4 η ύπαρξη αργού πόλου υποβαθμίζει την συμπεριφορά του συτήματος,όπως γίνεται για επιλογή πόλου ίσο με 1.Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται μια σταδιακή βελτίωση των αποτελεσμάτων (μείωση σφάλματος) στην πορεία της προσομοίωσης.

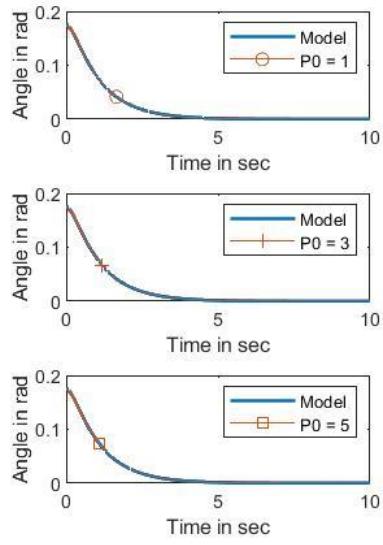
14. Θεμα 5 : Μελέτη ευρωστίας Α ΠΕΜΑ με ανάδραση εξόδου

Σε αυτή την περίπτωση ελέγχου μπορούν να μεταβληθούν

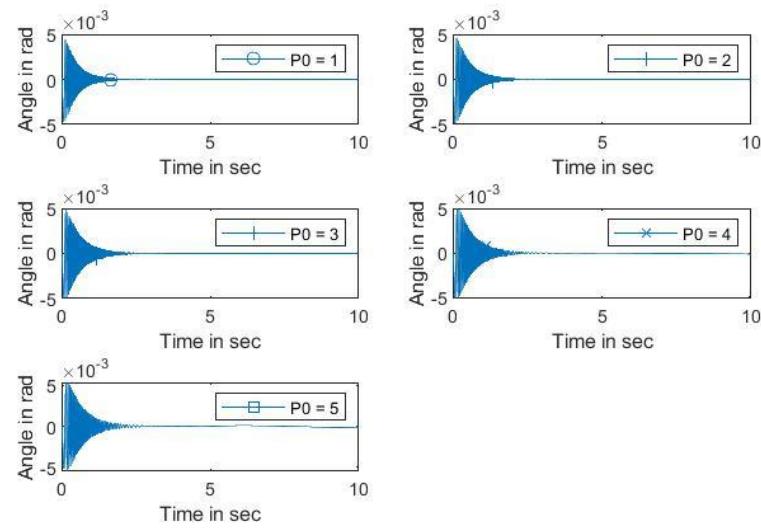
- A) τα στοιχεία του πίνακα Γ
- B) Η επιλογή του ευσταθούς πόλου λ
- Γ) Η επιλογή του ευσταθούς πόλου ρ_0 ,εντός ενος συγκεκριμένου διαστήματος στο οποία δεν παραβιάζεται η συνθήκη της ΑΘΠ συνάρτησης μεταφοράς όπως περιγράφηκε στην σχεδίαση
- Δ) οι πόλοι του συστήματος: οι δοκιμές σε αυτό το κομμάτι γίνονται με τον ίδιο τρόπο με τις δυο προηγούμενες δομές ελέγχου.

Διαγράμματα για την επιλογή του ευσταθούς πόλου p_0

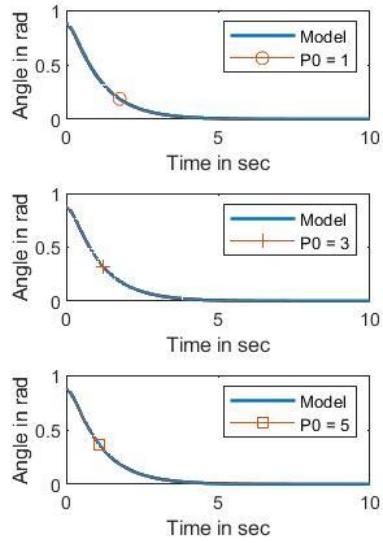
Case 1 Ouput for different p_0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I/O :
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



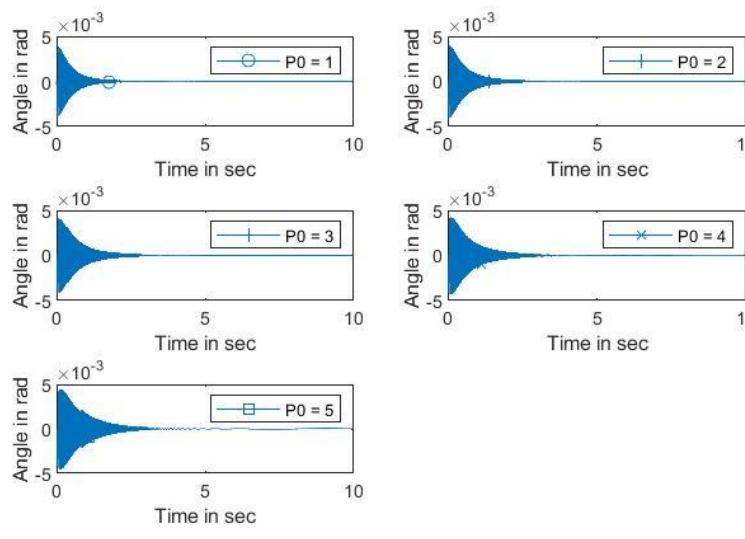
Case 1 Error for different p_0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I/O =
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



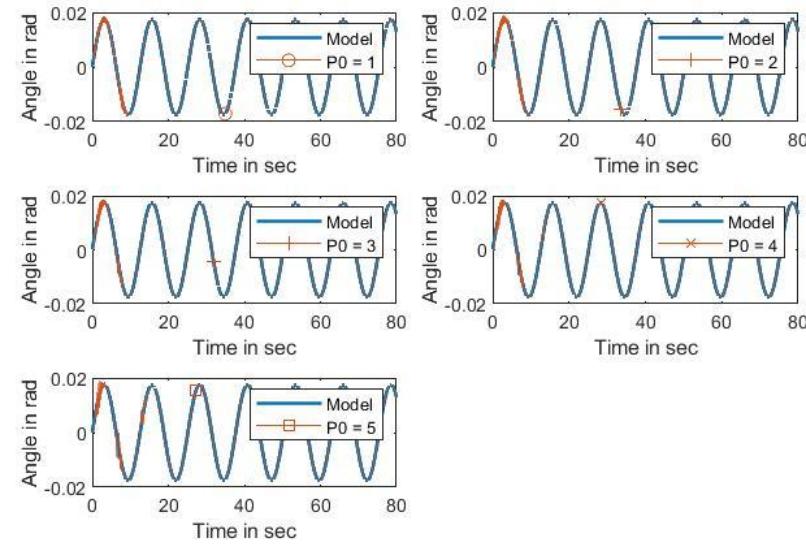
Case 2 Ouput for different p_0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I/O :
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



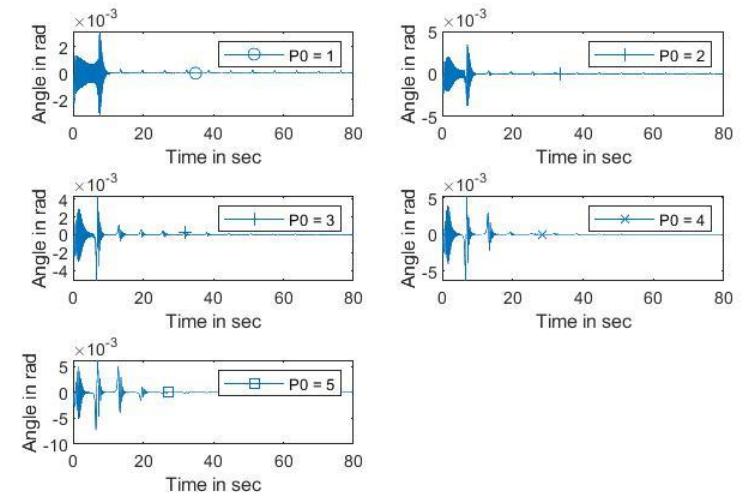
Case 2 Error for different p_0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I/O =
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



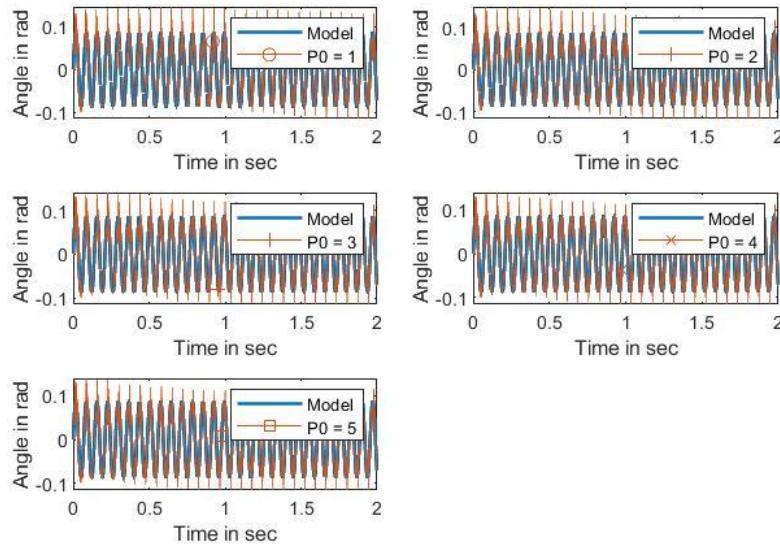
Case 3 Ouput for different p0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I0 = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



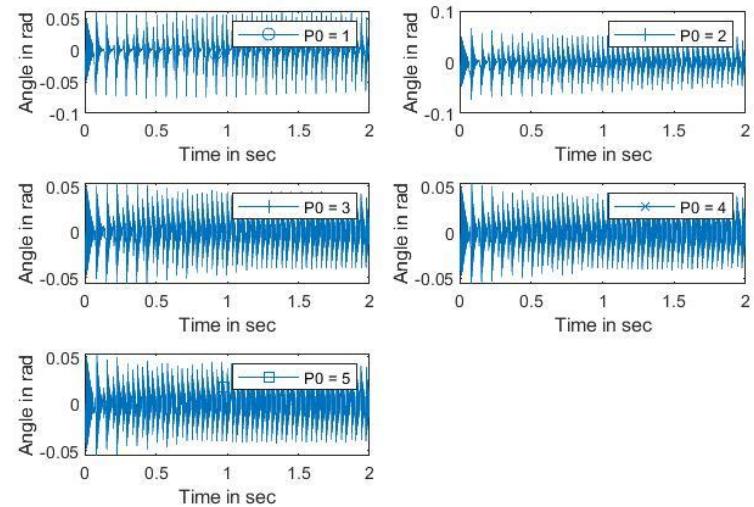
Case 3 Error for different p0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I0 = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



Case 4 Ouput for different p0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I0 =
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



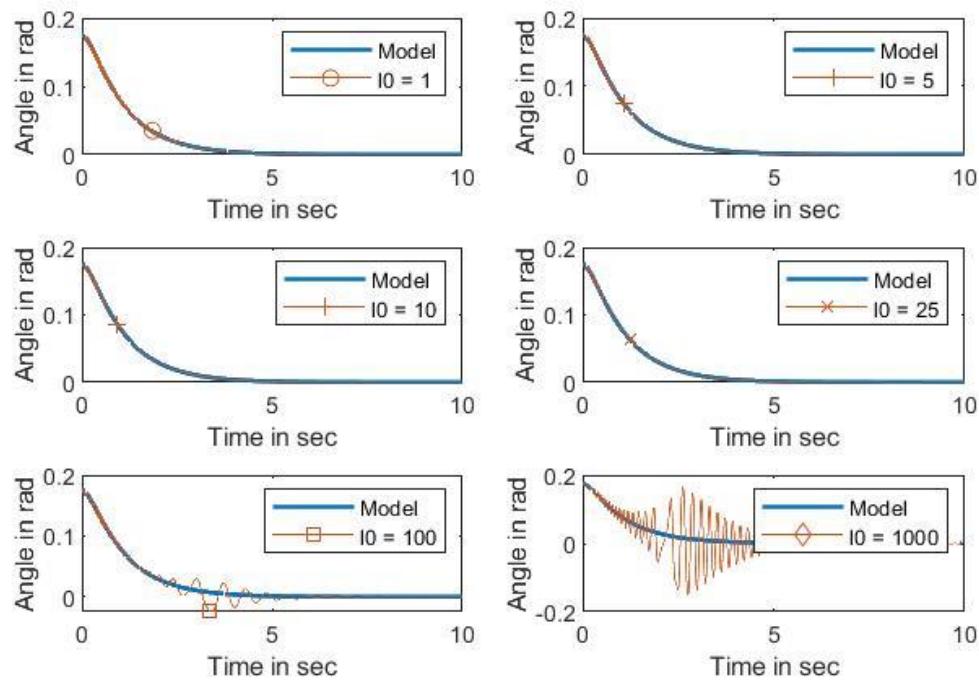
Case 4 Error for different p0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. I0 =
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



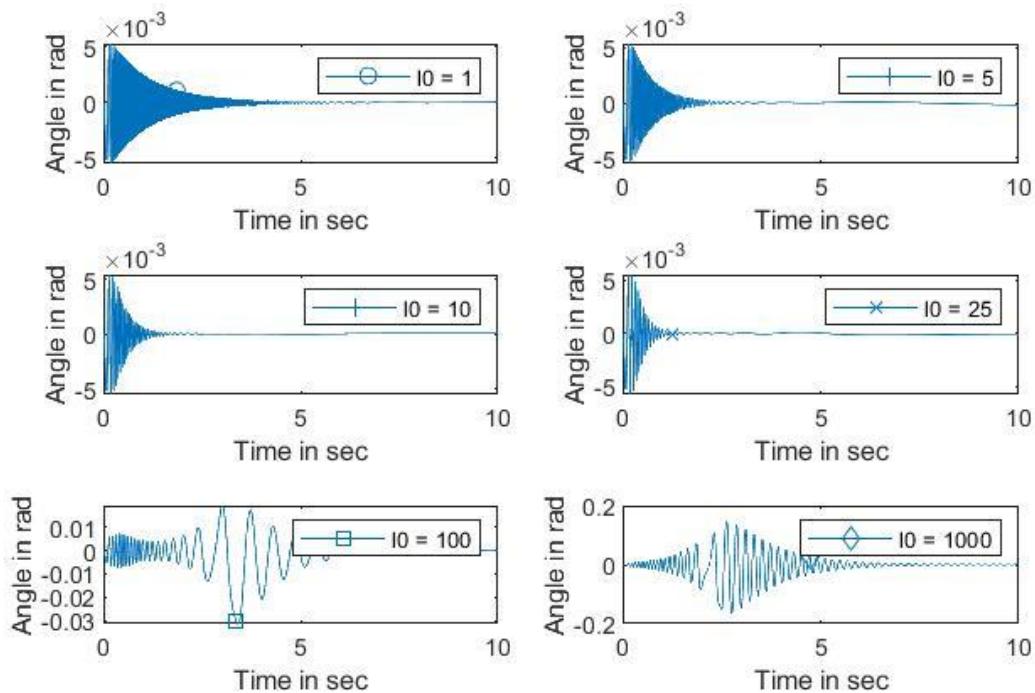
Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η μικρή επίδραση της επιλογής του p0 στην συμπεριφορά του συστήματος, εφόσον η επιλογή είναι τέτοια ώστε να μην παραβιάζεται η συνθήκη για ΑΘΠ. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση ως προς την επιλογή του p0 φαίνεται στην 4η περίπτωση (του ημιτόνου μεγάλης συχνότητας), χωρίς ωστόσο να αποτελεί σημαντική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων.

Διαγράμματα για την επιλογή του ευσταθούς πόλου λ

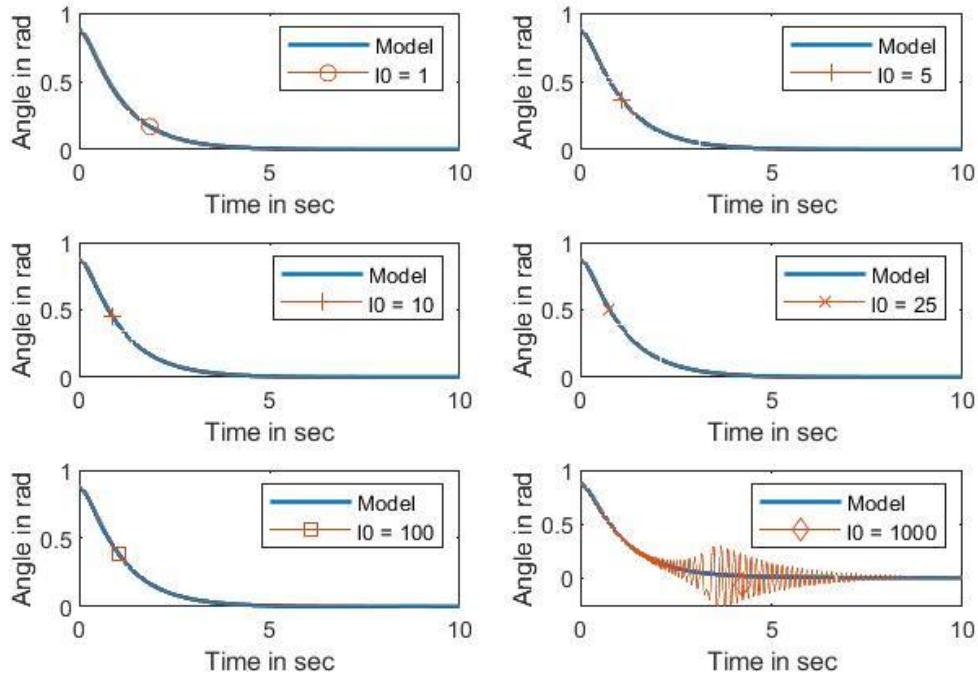
Case 1 Ouput for different I0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



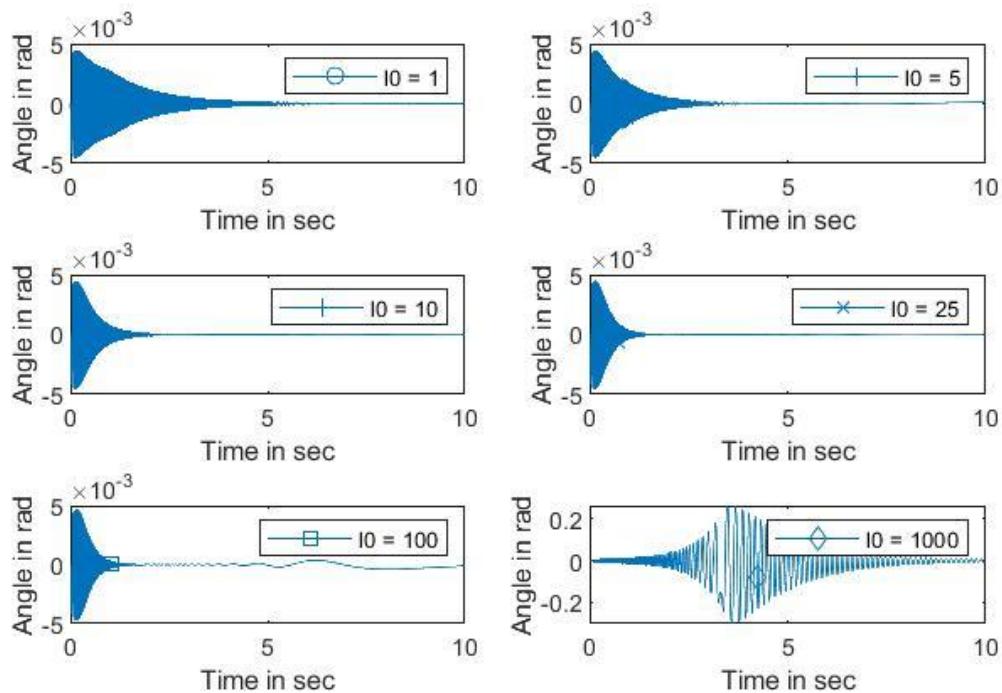
Case 1 Error for different I0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



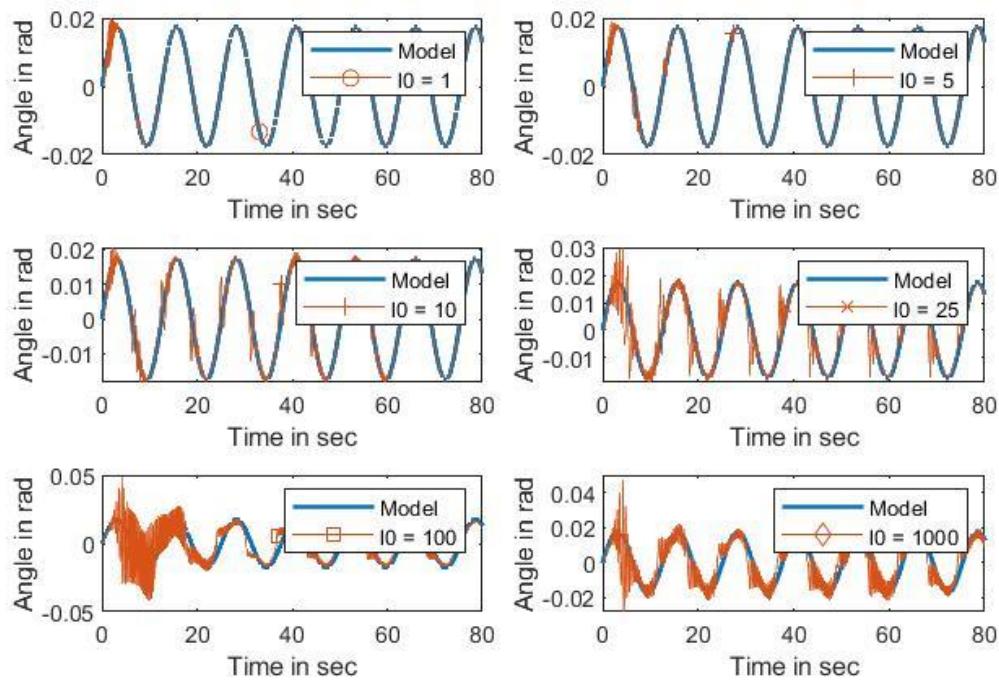
Case 2 Ouput for different I₀ choices Model $s^2 + 6s + 5$. p₀ = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



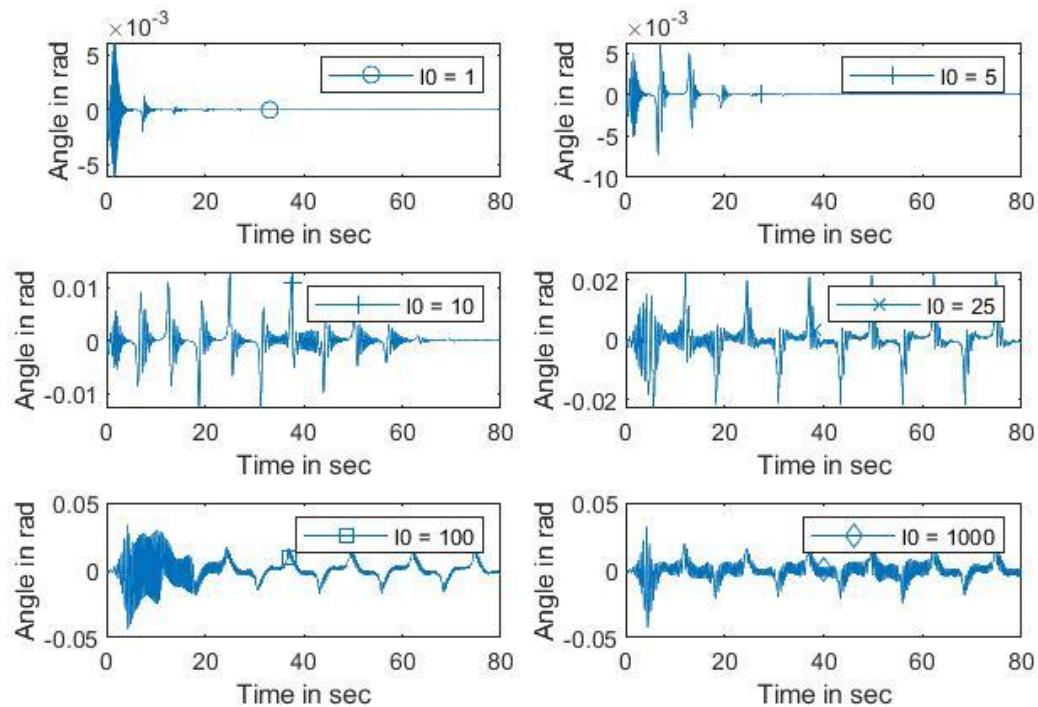
Case 2 Error for different I₀ choices Model $s^2 + 6s + 5$. p₀ = 5
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



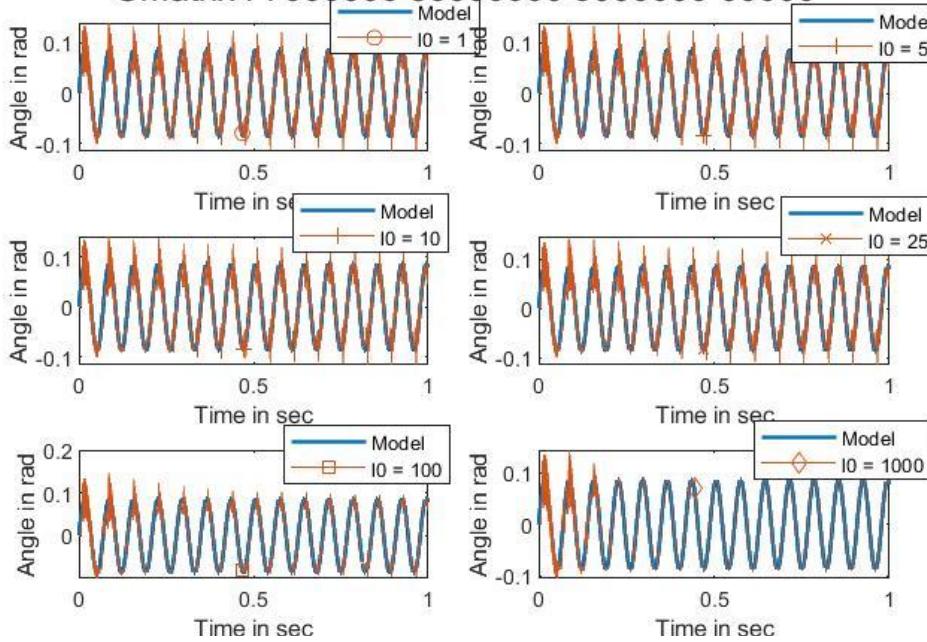
Case 3 Ouput for different I0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



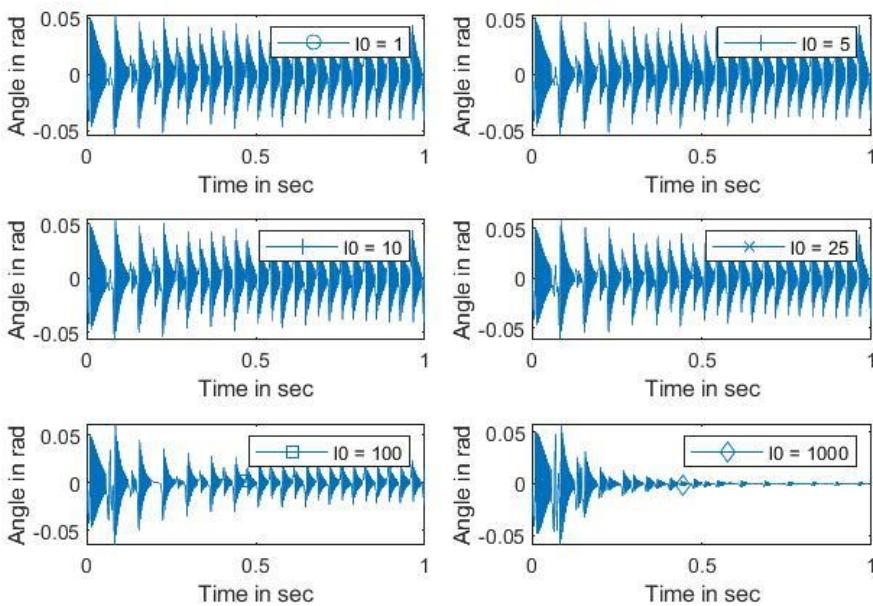
Case 3 Error for different I0 choices Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



Case 4 Ouput for different IO choices Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



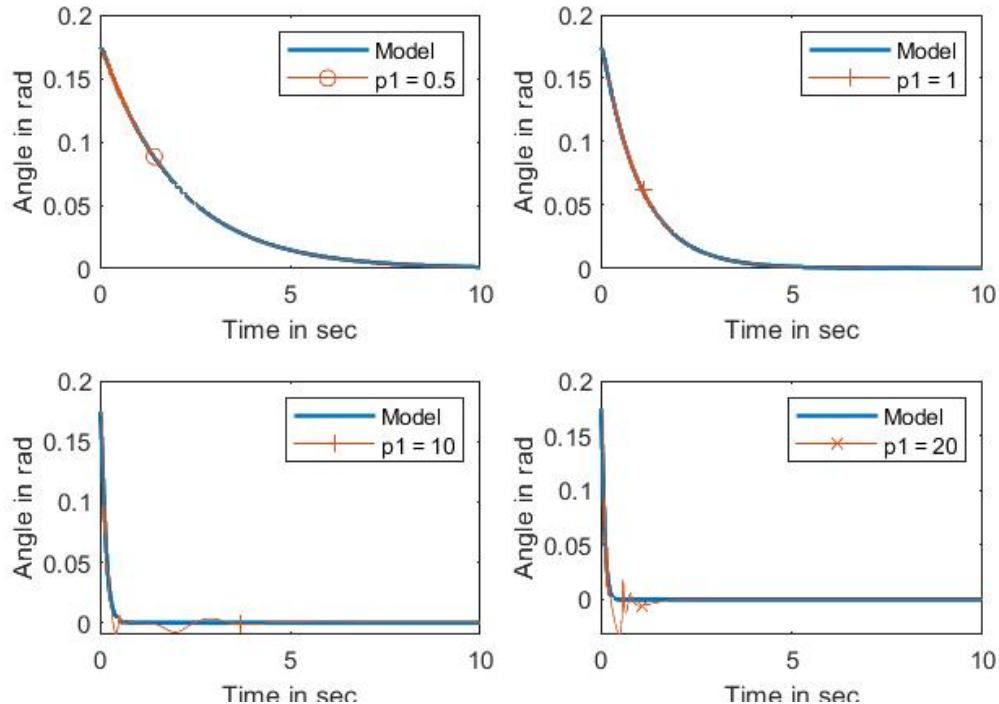
Case 4 Error for different IO choices Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



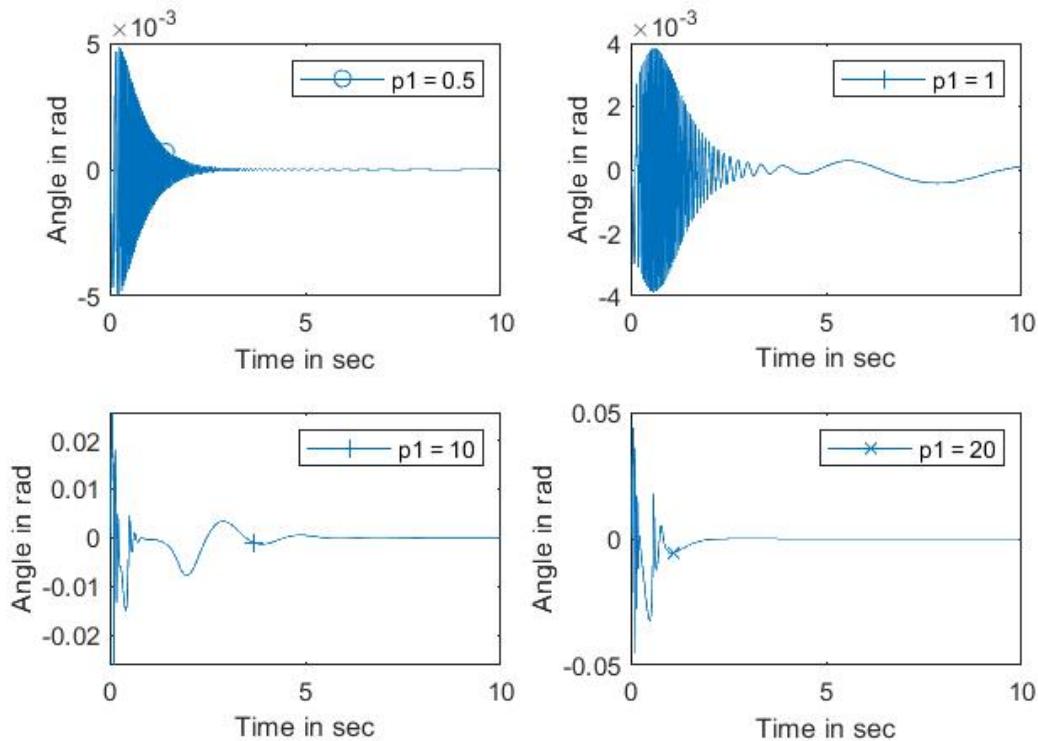
Εδώ παρατηρείται μια σημαντική διαφοροποίηση ως προς την ευρωστία του συστήματος για τις επιλογές του λ ανάμεσα στις περιπτώσεις 1,2,3 και στην 4. Συγκεριμένα στις 1,2,3 επιλογή μεγαλύτερου λ φαίνεται να επιδεινώνει την απόκριση του συστήματος, καθώς στις 1,2 το σύστημα εμφανίζει ταλαντώσεις και υπερυψώσεις όταν έχει οδηγηθεί κοντά στο 0, ενώ στο 3 παρουσιάζεται μεγαλύτερο σφάλμα παρακολούθηση της ημιτονοειδούς τροχιά. Αντίθετα στην περίπτωση 4 μεγάλυτερη επιλογή λ συνεπάγεται και βελτιωμένη επίδοση. Φαίνεται δηλαδή να υπάρχει μια «αναλογία» στη συσχέτιση της επιλογής του λ και της ταχύτητας μεταβολής της επιθυμητής τροχιάς (για τα αργά μεταβαλλόμενα σήματα, βελτιωμένη συμπεριφορά για μικρά λ και το αντίθετο).

Διαγράμματα για την επιλογή του ευσταθούς πόλων μοντέλου

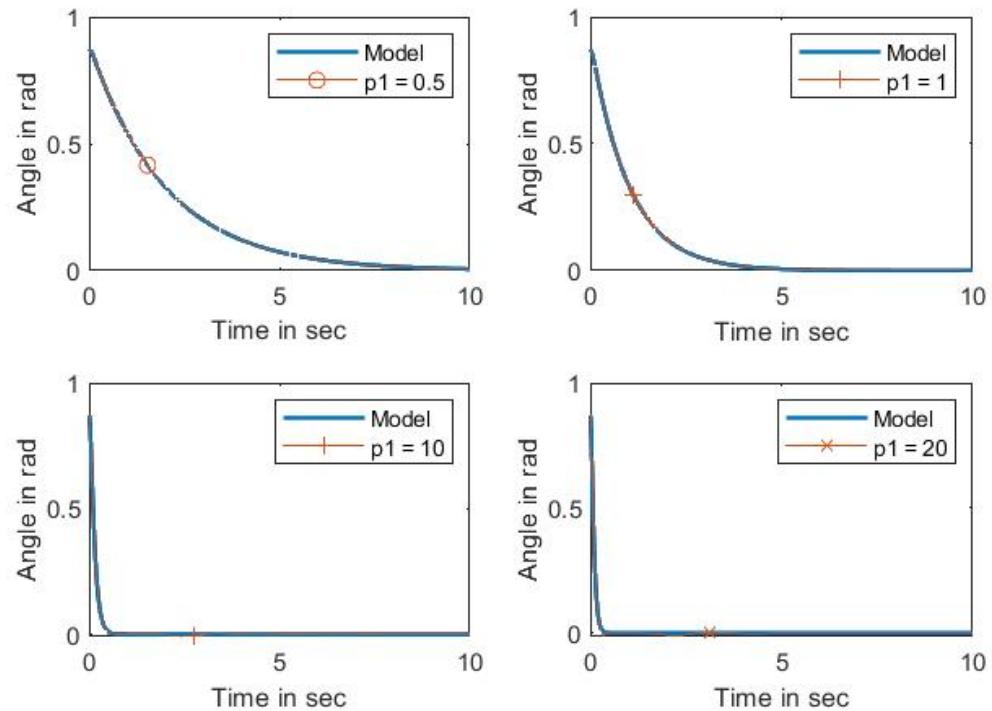
Case 1 Ouput for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



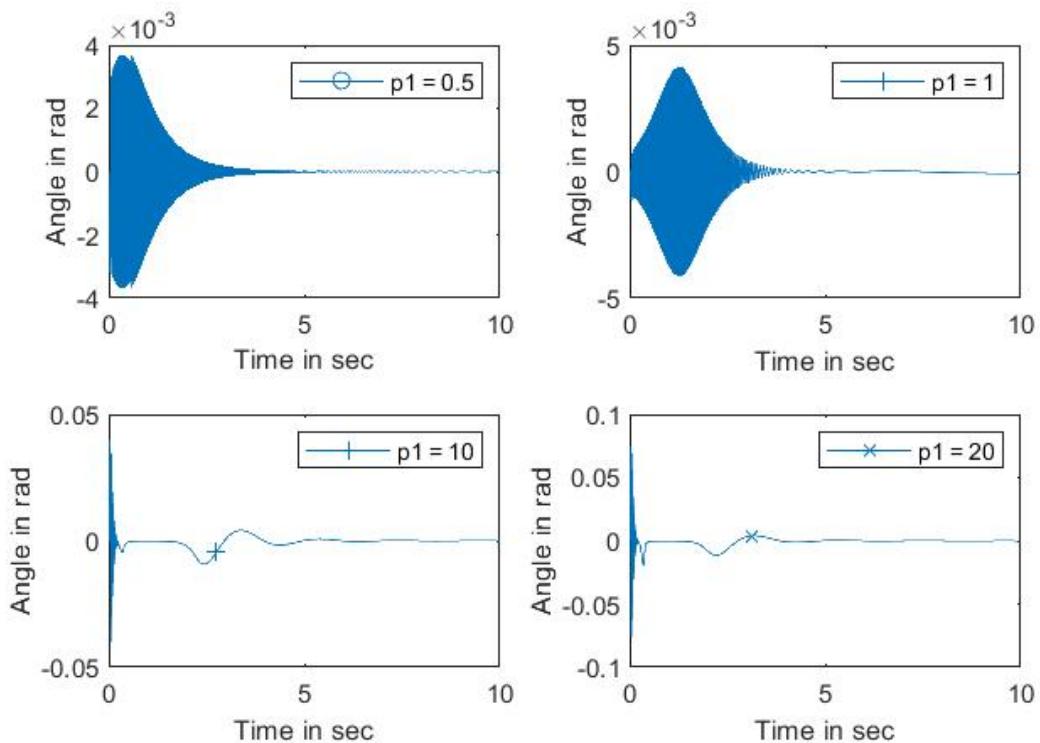
Case 1 Error for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



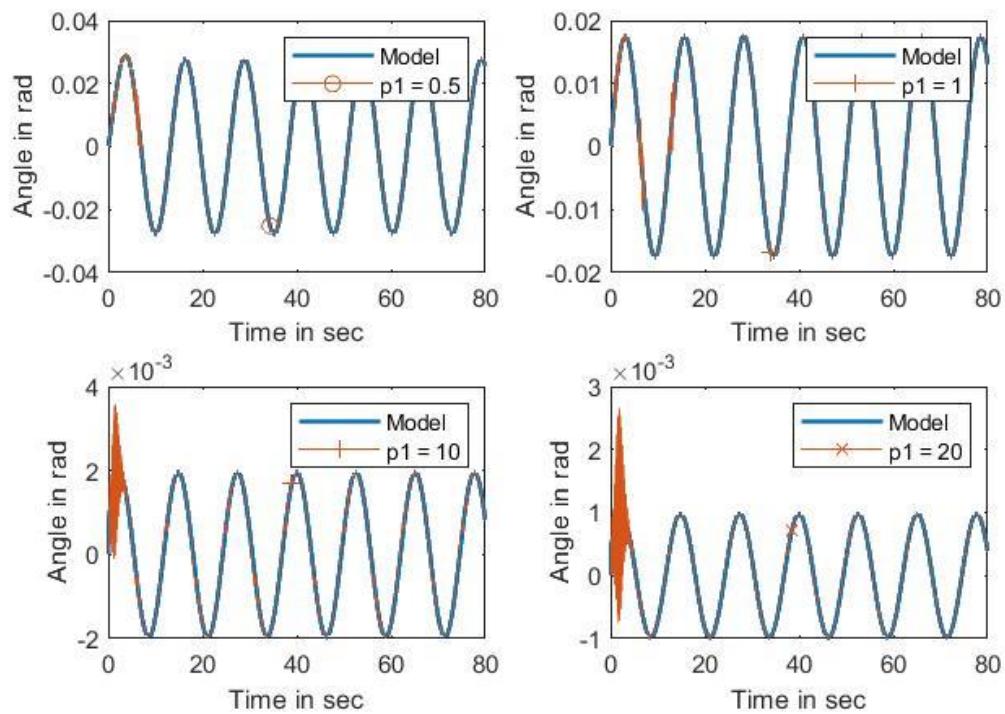
Case 2 Ouput for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



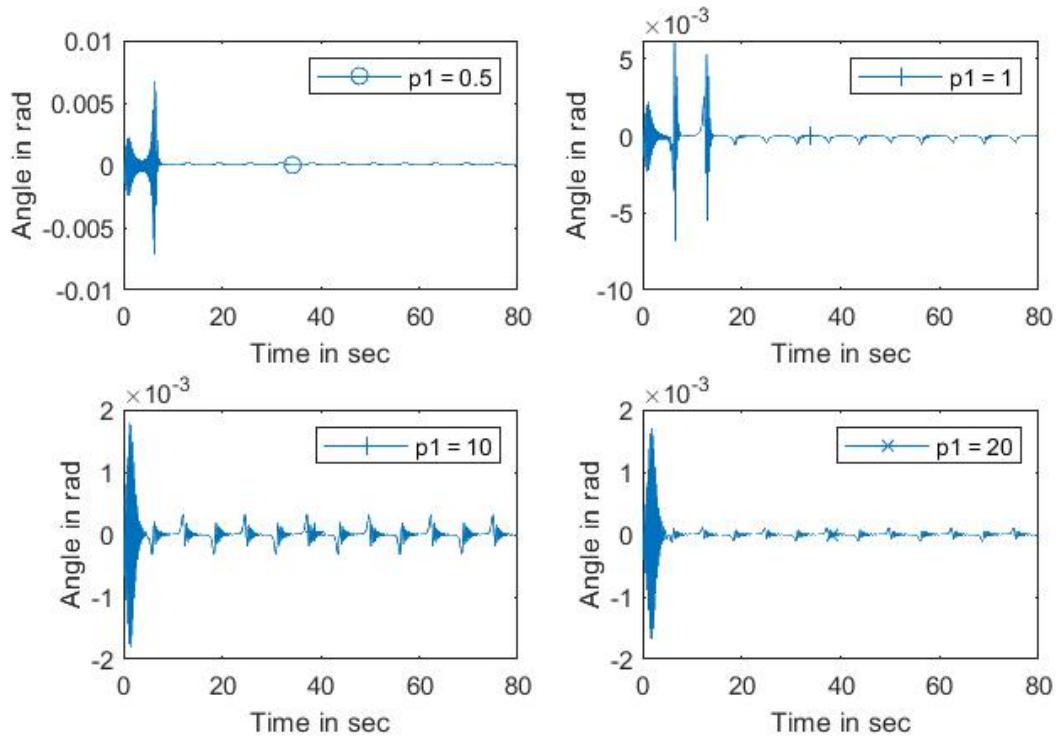
Case 2 Error for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



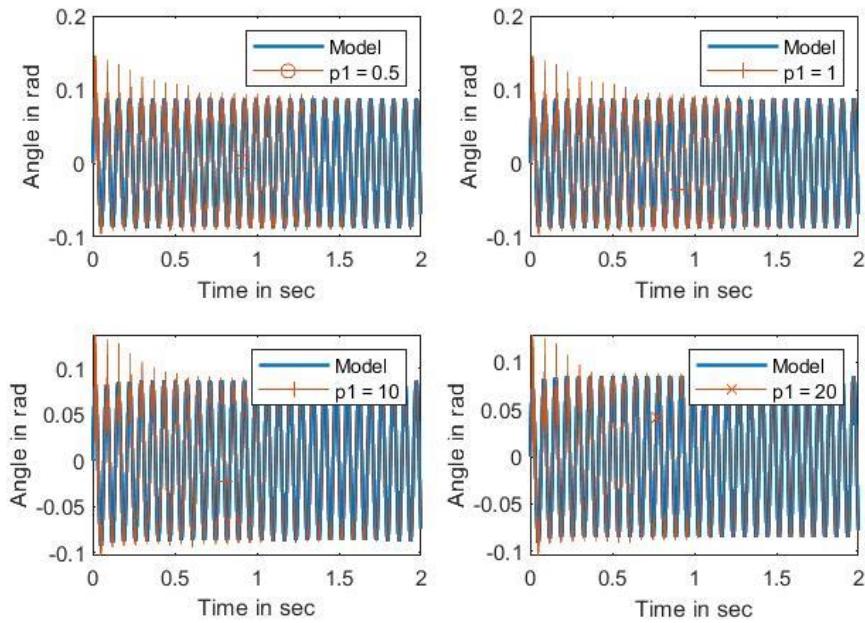
Case 3 Ouput for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



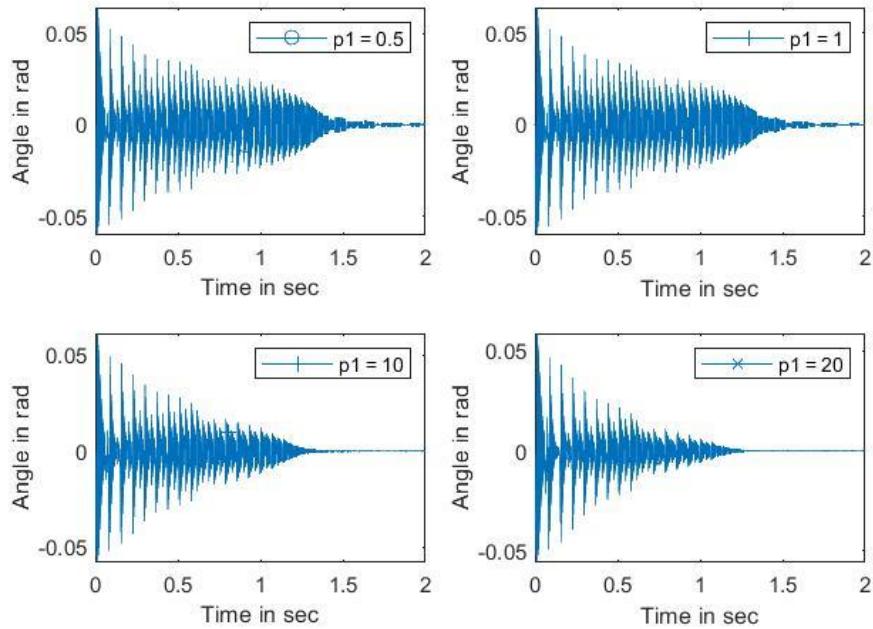
Case 3 Error for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



Case 4 Ouput for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000



Case 4 Error for different p1 choices $p_2 = 20$ $I_0 = 5$ $p_0 = 5$
 Gmatrix : 7000000 80000000 5000000 60000

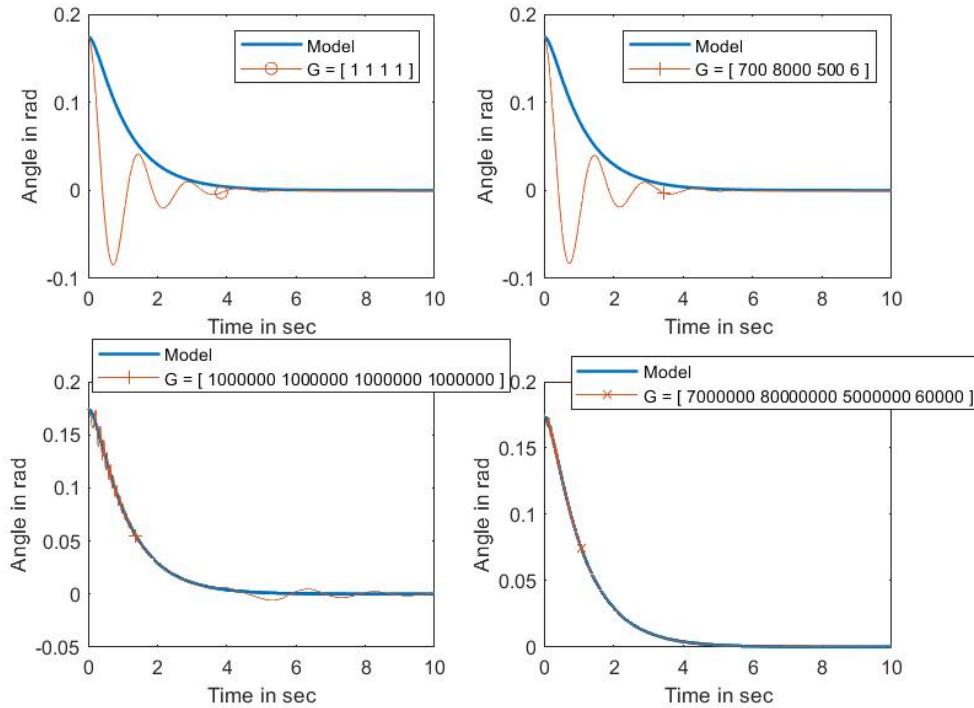


Στις 1,2,3 παρουσιάζεται υποβάθμιση της επίδοσης του συστήματος καθώς αυξάνει η επιλογή του πόλου του μοντέλου σε αντίθεση με την 4^η περίπτωση που που παρουσιάζεται ταχύτερη οδήγηση του σφάλματος κοντά στο 0, καθώς και ακόμα μικρότερο σφάλμα.

Διαγράμματα για την επιλογή πίνακα κερδών Γ

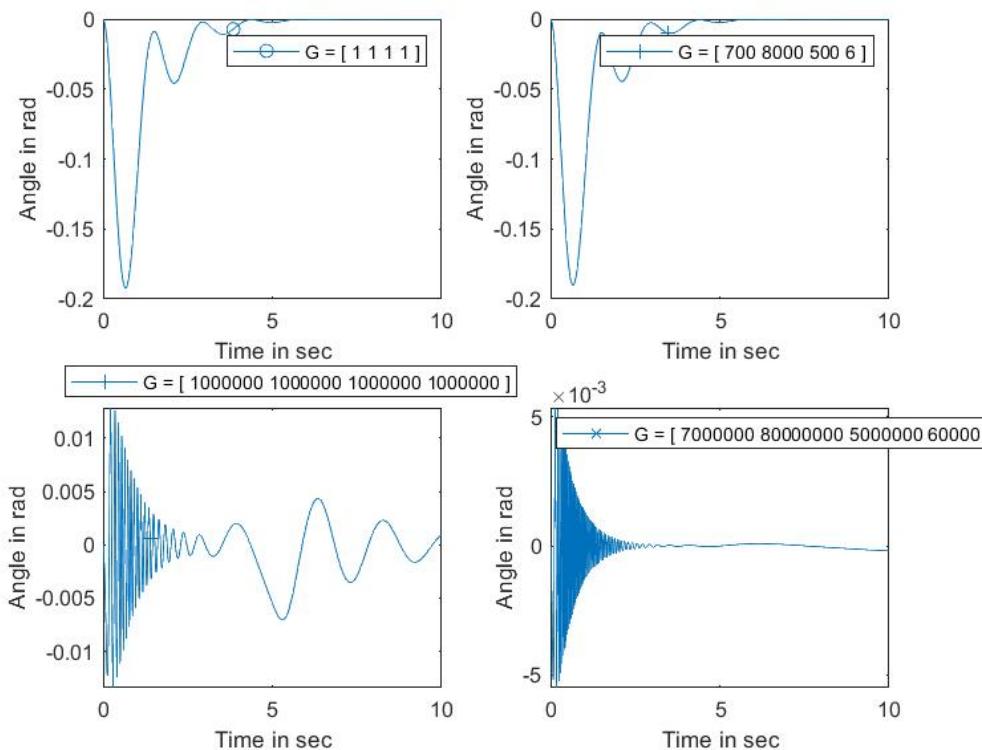
Case 1 Ouput for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$. $I_0 = 5$



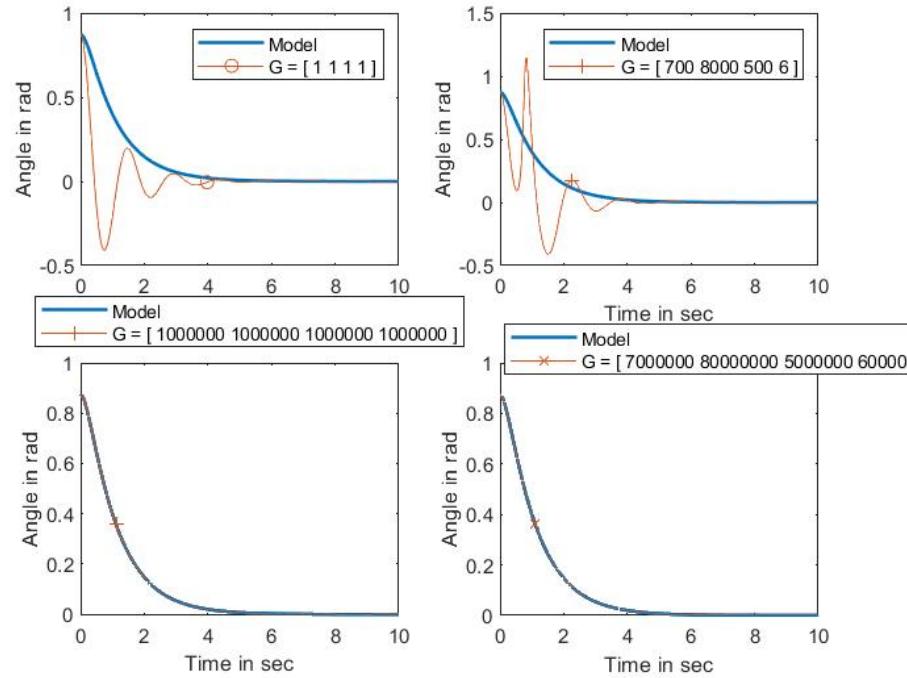
Case 1 Error for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$. $I_0 = 5$



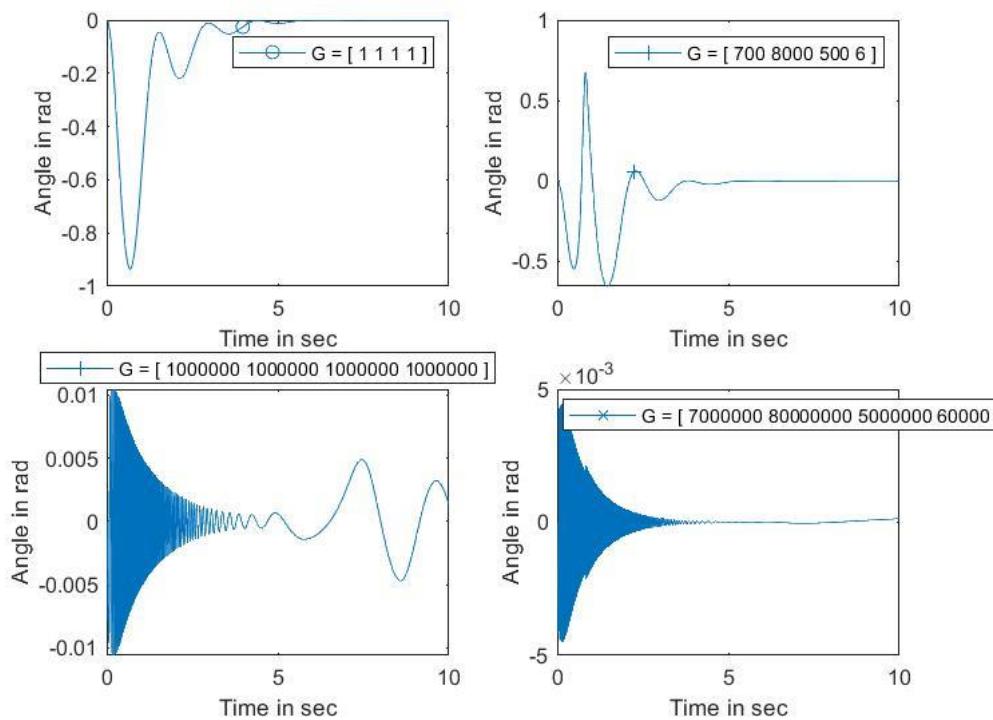
Case 2 Ouput for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$. $I_0 = 5$



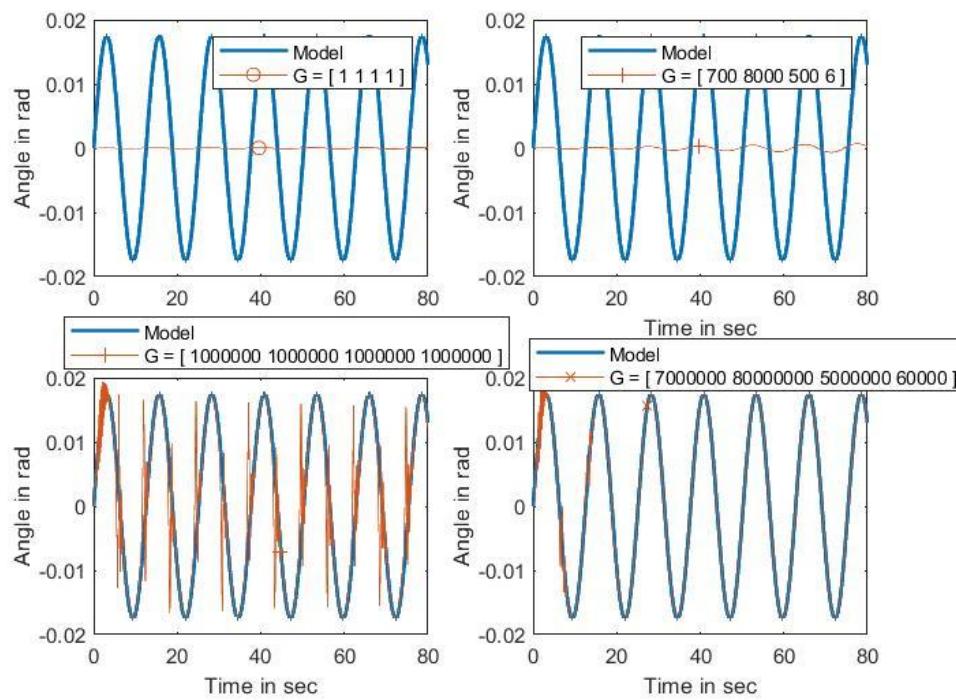
Case 2 Error for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. $p_0 = 5$. $I_0 = 5$



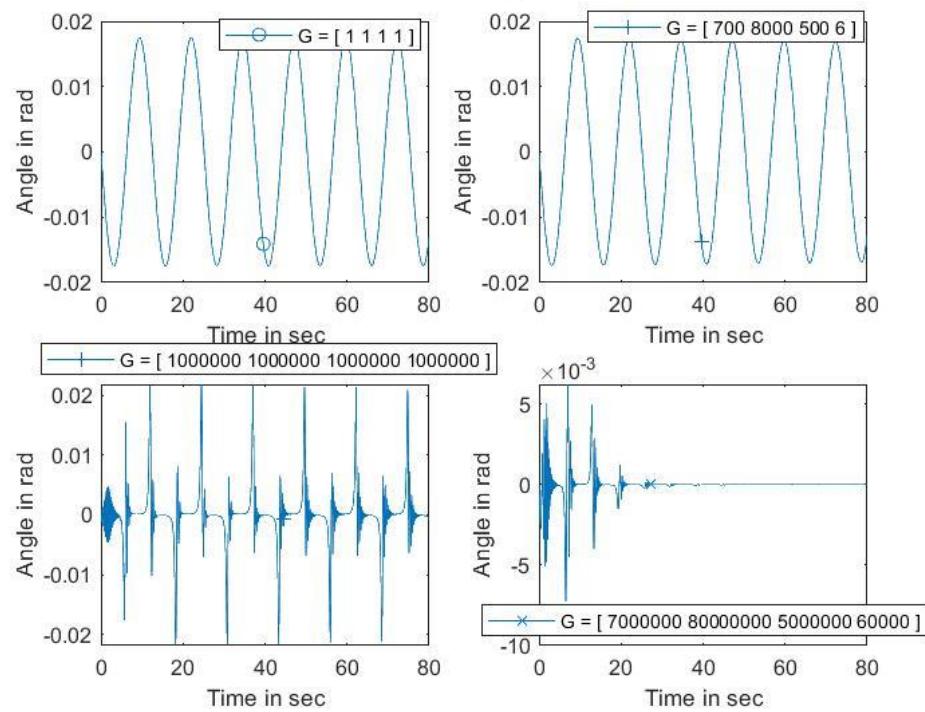
Case 3 Ouput for different Gmatrix choices

$$\text{Model } s^2 + 6s + 5. \quad p_0 = 5. \quad I_0 = 5$$



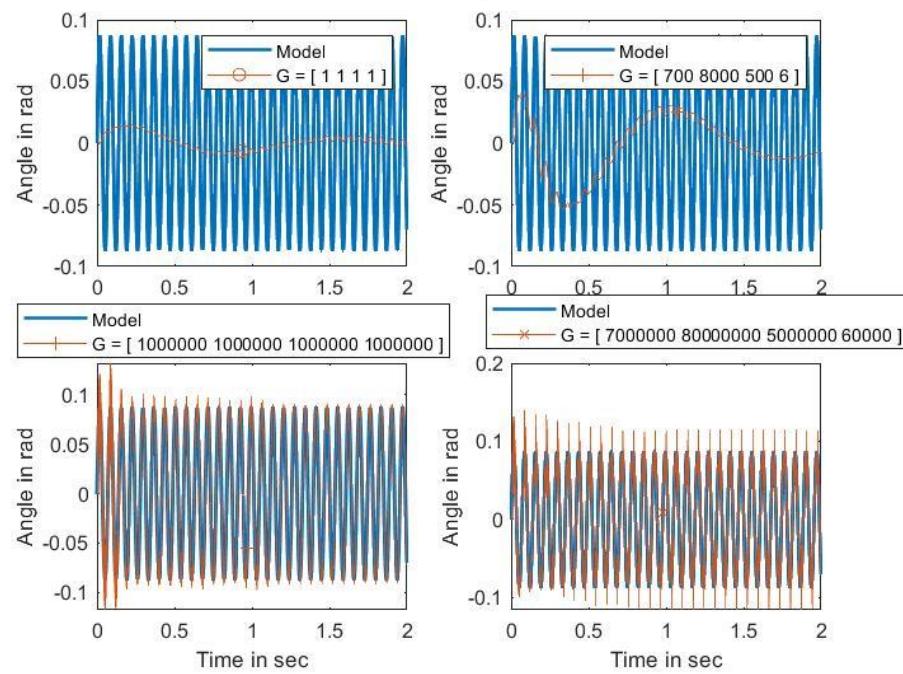
Case 3 Error for different Gmatrix choices

$$\text{Model } s^2 + 6s + 5. \quad p_0 = 5. \quad I_0 = 5$$



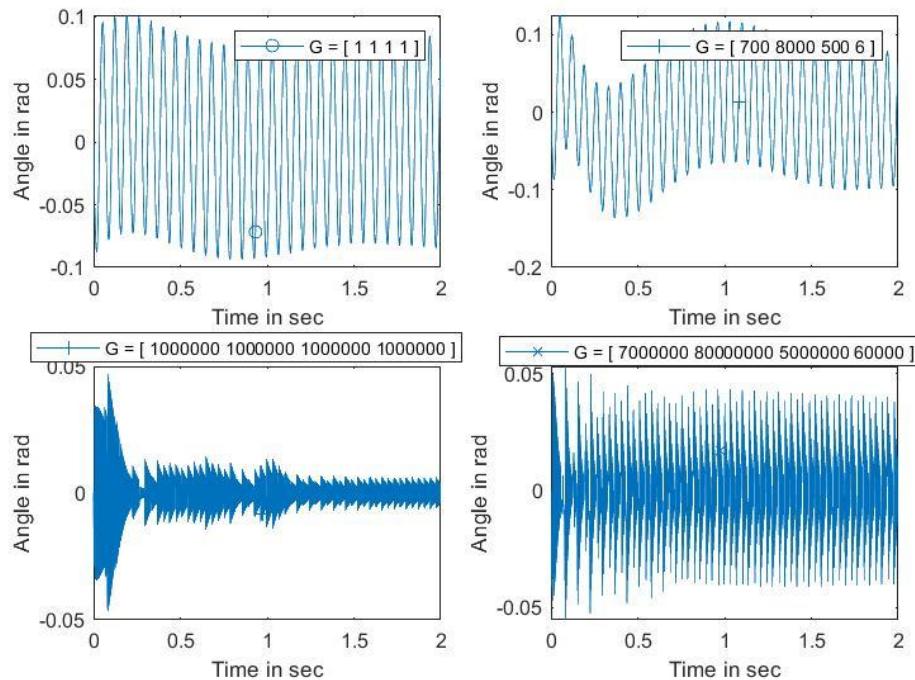
Case 4 Output for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5. I0 = 5



Case 4 Error for different Gmatrix choices

Model $s^2 + 6s + 5$. p0 = 5. I0 = 5



Στα παραπάνω φαίνεται η σημαντική επίδραση του πίνακα Γ στην συμπεριφορά του σύστηματος. Η επιλόγη του φαίνεται οτι θα πρέπει να είναι μεγάλη καθώς οι τιμές που εμφανίζονται στις διαφορικές εξισώσεις για τις συγκεκριμένες δοκιμές είναι αρκετά μικρές. Επίσης φαίνεται οτι μια επιλογή διαφορετικών στοιχείων στην κύρια διαγωνίο παρουσιάζει βελτιωμένα αποτελέσματα.

15. Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση καταστάσεων με αρχικές συνθήκες εκτιμήσεων.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα αποτελέσματα για μη μηδενικές αρχικές συνθήκες στις εκτιμήσεις των παραμέτρων για την εύρεση της επίδραση αυτών στην συμπεριφορά του συστήματος. Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν για λόγους συντομίας μόνο για τις περίπτωσεις 1,3.

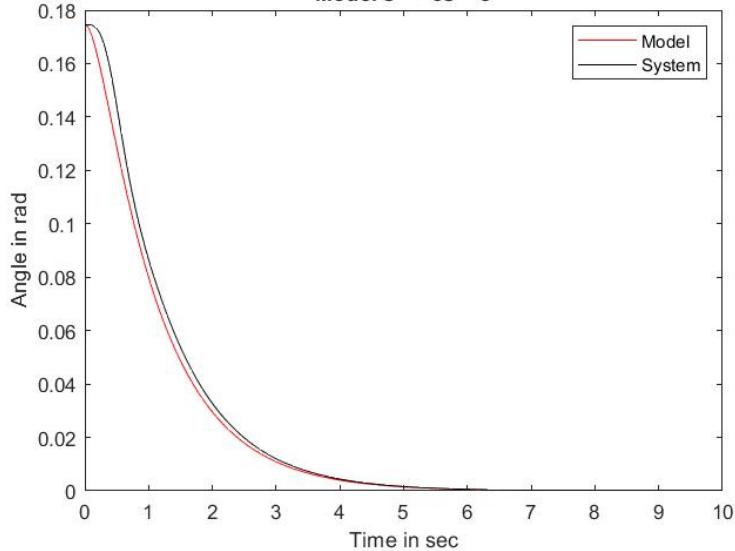
Περίπτωση 1

$$\begin{bmatrix} K_1(0^-) \\ K_2(0^-) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 \\ 3 \end{bmatrix} \quad L(0^-) = 1 \text{ και για επιλογή πίνακα } Q = 10^4 I$$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

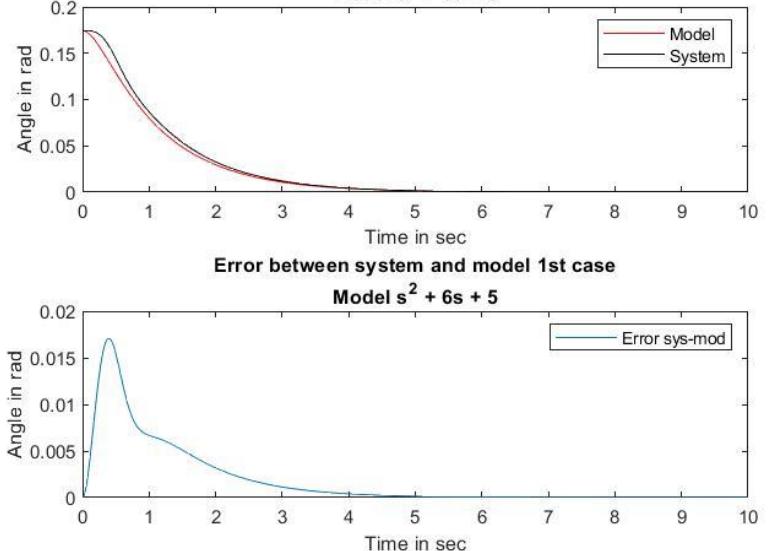
Model $s^2 + 6s + 5$



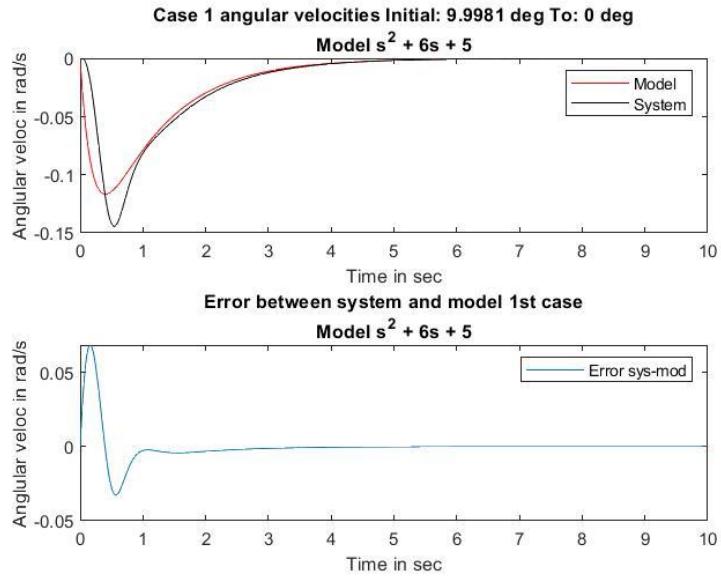
ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 1 Initial: 9.9981 deg To: 0 deg

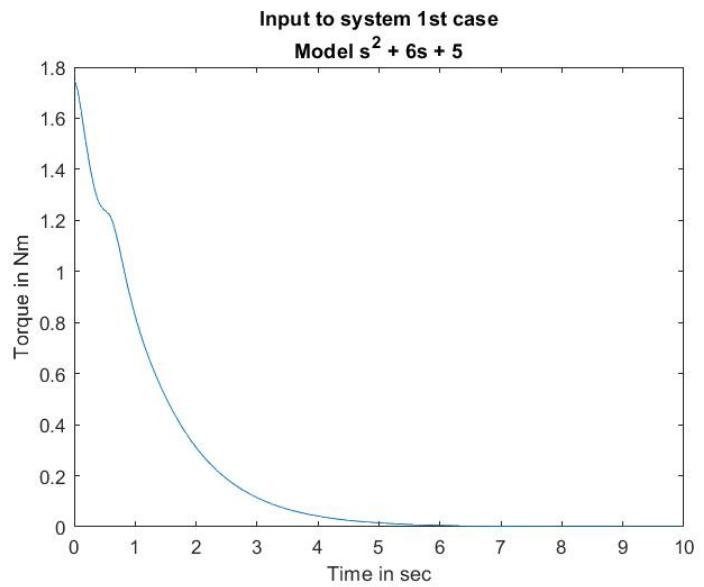
Model $s^2 + 6s + 5$



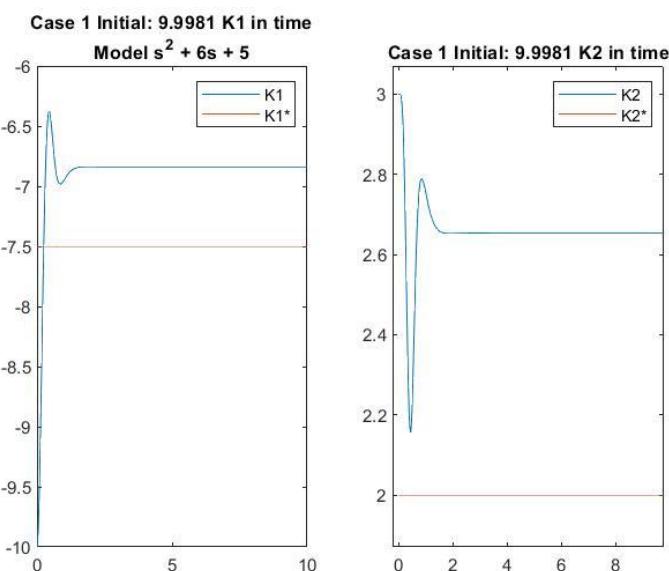
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ



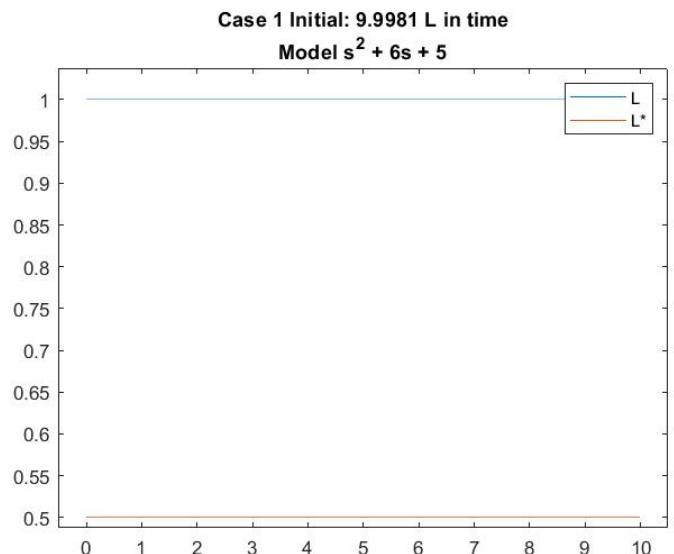
ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $U(\text{Nm})$



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ K^*



ΕΚΤΙΜΗΣΗ L^*



Περίπτωση 3

Εδώ λόγω ημιτόνων, dirac(διαδικασία προσομοίωσης) θα πρέπει στην ode να τεθούν οι εξης αρχικές συνθήκες

$$x_1(0^+) = 0$$

$$x_2(0^+) = 2 \cdot A \cdot w$$

$$\begin{bmatrix} K_1(0^+) \\ K_2(0^+) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1(0^-) \\ K_2(0^-) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ 2 \end{bmatrix} \quad L(0^+) = L(0^-) = 1$$

$$x_{m1}(0^+) = 0$$

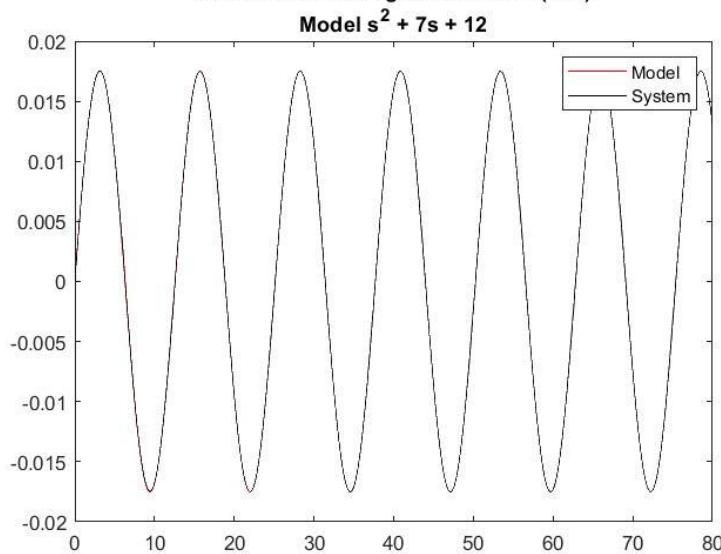
$$x_{m2}(0^+) = A \cdot w$$

Για τις παρακάτω επιλογές

$$\begin{bmatrix} K_1(0^-) \\ K_2(0^-) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ 2 \end{bmatrix} \quad L(0^-) = 1 \text{ και για επιλογή πίνακα } Q = 10^6 I$$

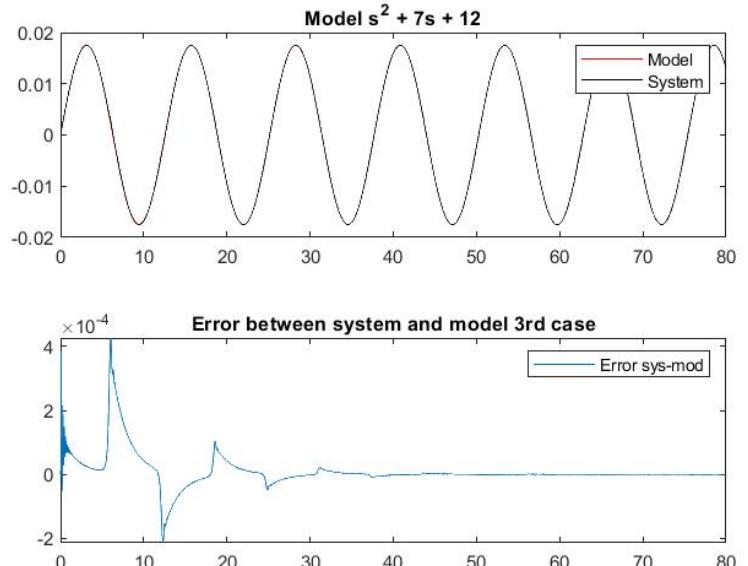
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

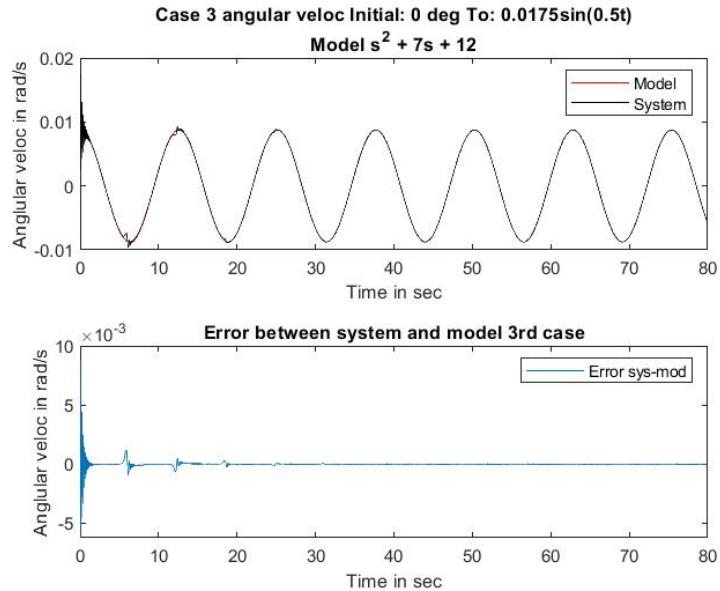
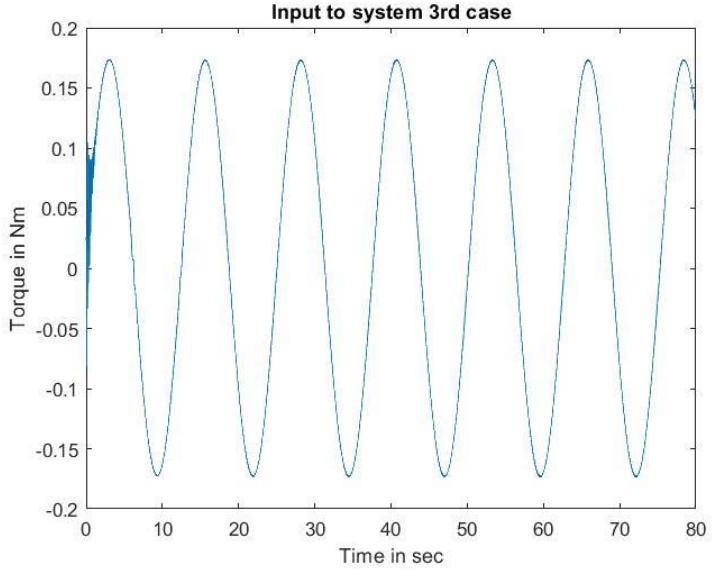
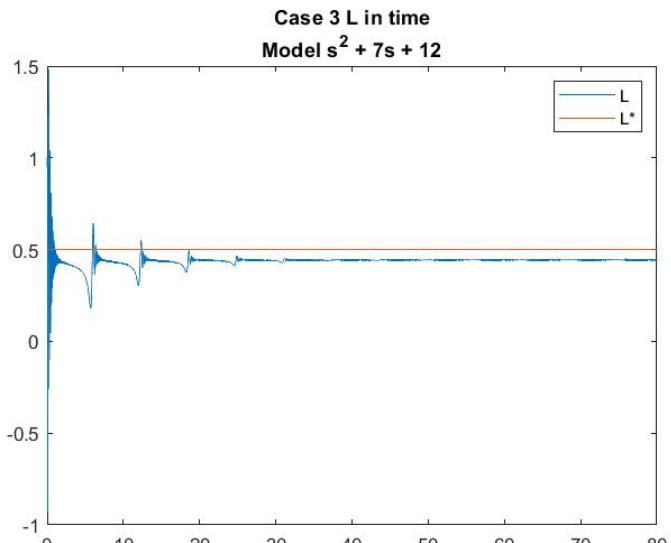
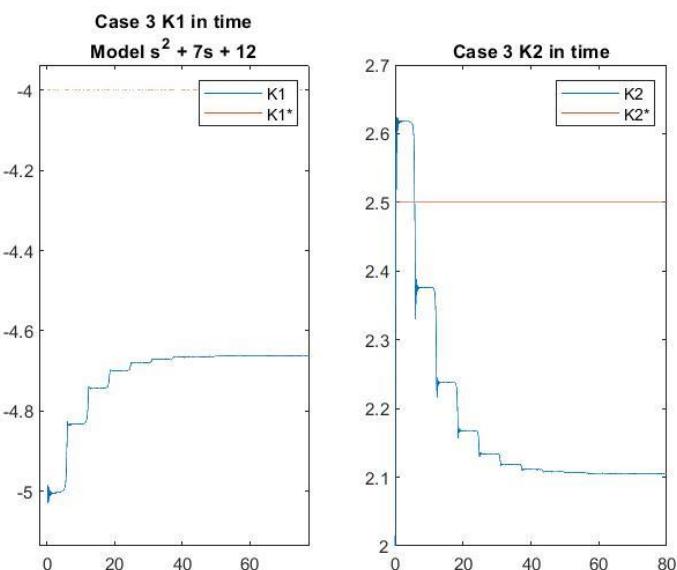
Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ K^* ΕΚΤΙΜΗΣΗ L^* 

Συγκρίνωντας τα ταλευταία με την περίπτωση των μηδενικών αρχικών συνθηκών για τις εκτιμήσεις παρατηρείται μια καλύτερη παρακόλουθηση της επιθυμητής τροχίας. Η διαφορά είναι αισθητή κυρίως στις αρχικές χρονικές στιγμές της προσομοίωσης. Αυτό σημαίνει ότι στην γενική περίπτωση θα μπόρουσαν να μεταβάλλονται και οι αρχικές συνθήκες των εκτιμήσεων για την βελτιστοποίηση της απόκρισης του ελεγκτή. Στο διαγράμμα της εισόδου εδώ θα έπρεπε να φαίνεται μια ώστη την χρονική στιγμή 0 πλάτους $L(0^-)A\omega$ (που λόγω τρόπου υλοποίησης της προσομοίωσης δεν απεικονίζεται).

16. Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση εξόδου με αρχικές συνθήκες εκτιμήσεων.

Θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα μονο για την περίπτωση 3

Θα δοκιμαστούν οι παρακάτω αρχικές συνθήκες για τις παραμέτρους

$$\theta(0^-) = \begin{bmatrix} -5 \\ 50 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

επομένως στην οδε πρέπει να τεθούν οι ακόλουθες αρχικές συνθήκες

$$x_1(0^+) = 0$$

$$x_2(0^+) = 2 \cdot A \cdot \omega$$

$$\omega_1(0^+) = A \cdot \omega$$

$$\omega_2(0^+) = 0$$

$$\varphi(0^+) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ A \cdot \omega \end{bmatrix}$$

$$\theta(0^+) = \theta(0^-)$$

$$xm_1(0^+) = 0$$

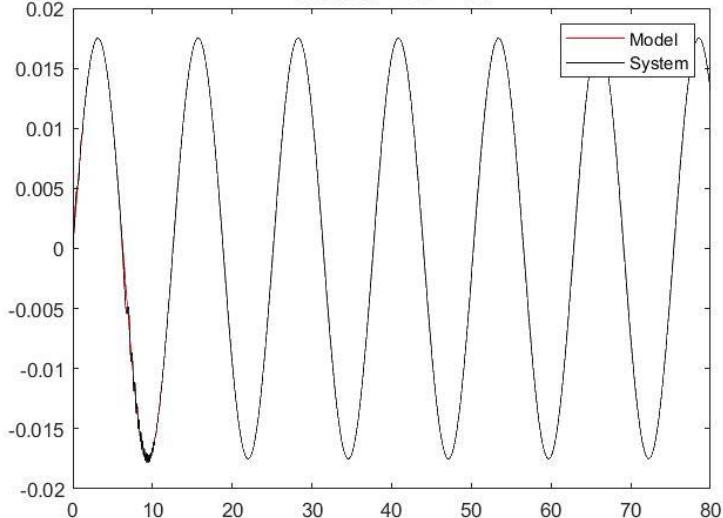
$$xm_2(0^+) = A \cdot \omega$$

Στο διάμματα της ροπής εισόδου θα έπρεπε να εμφανίζεται μια ώση πλάτους A^* ω την χρονική στιγμή 0 αλλα δεν εμφανίζεται λόγω του τρόπου που υλοποιήθηκε η προσομοίωση.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΓΩΝΙΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ) ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

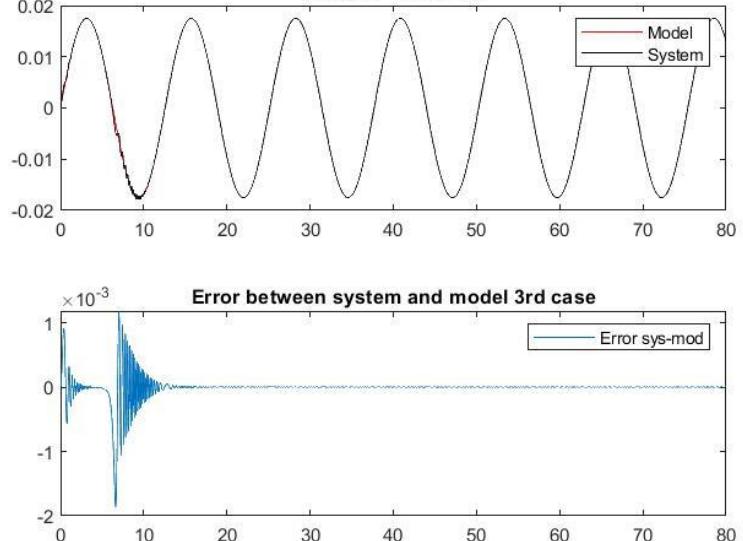
$$\text{Model } s^2 + 7s + 12$$



ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

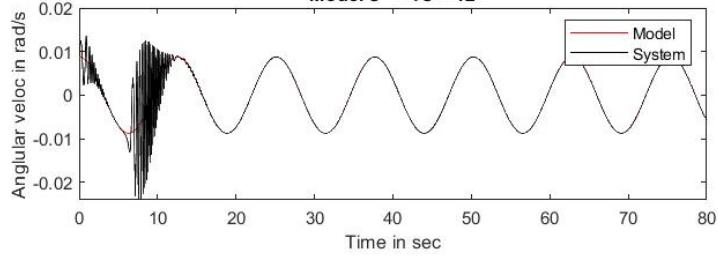
$$\text{Model } s^2 + 7s + 12$$



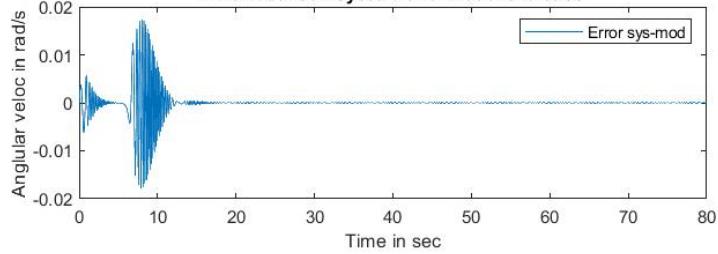
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΦΑΛΜΑ

Case 3 angular veloc Initial: 0 deg To: 0.0175sin(0.5t)

$$\text{Model } s^2 + 7s + 12$$

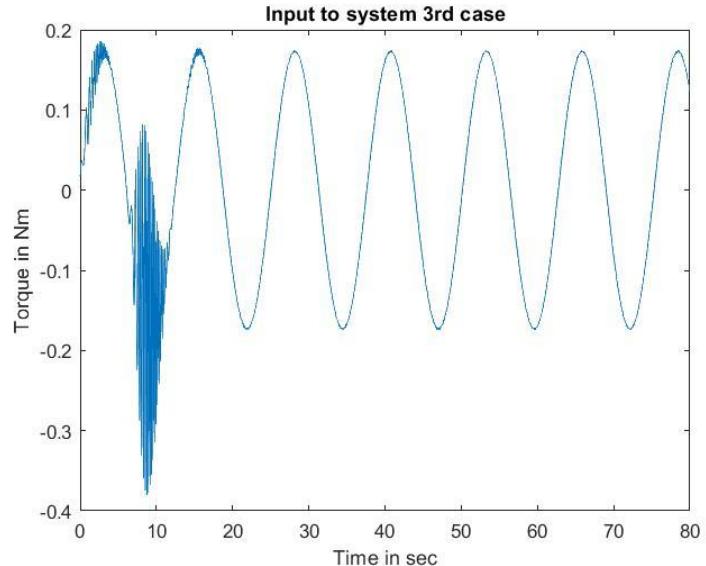


Error between system and model 3rd case

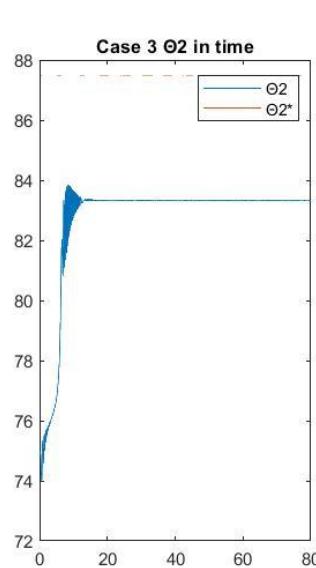
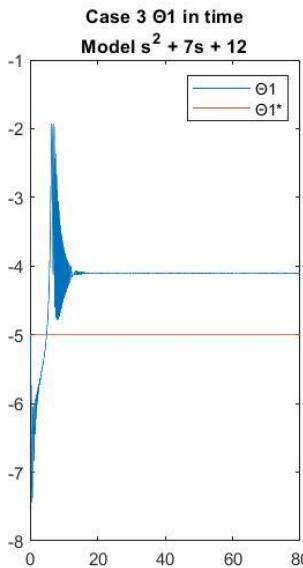


ΡΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ U(NM)

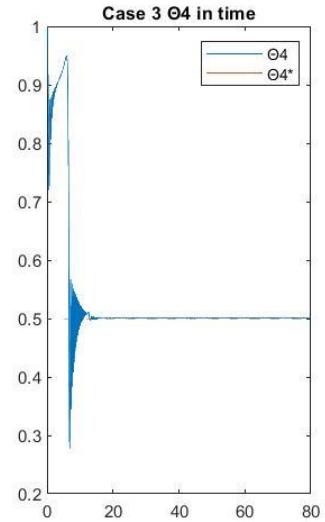
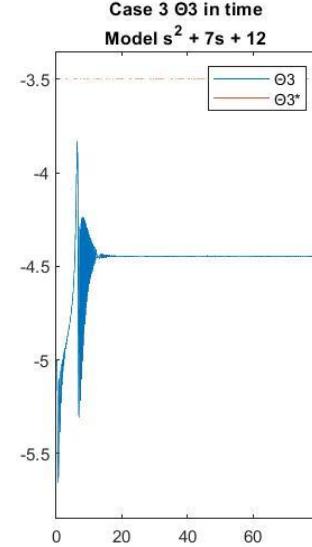
Input to system 3rd case



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ Θ_1^*, Θ_2^*



ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ Θ_3^*, Θ_4^*

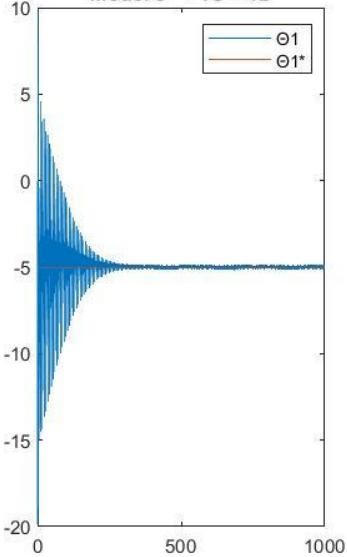
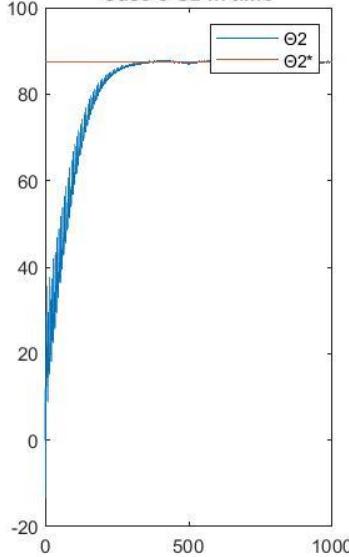
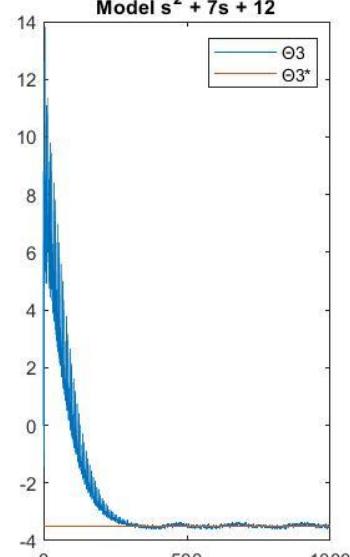


Και σε αυτή την περίπτωση για μη μηδενικές αρχικές συνθήκες παρατηρείται βελτιωμένη συμπεριφορά σε σχέση με την περίπτωση των μηδενικών ιδιαίτερα κατά την έναρξη της προσομοίωσης.

17. Α- ΠΕΜΑ Ανάδραση εξόδου παράδειγμα παραμετρικής σύγκλισης

Στο τέλος αυτής αναφοράς σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν μέχρι τώρα για τα θέματα 3,4 δεν παρατηρούταν παραμετρική σύγκλιση στις πραγματικές τιμές, εφόσον σε καμία από τις περιπτώσεις δεν πληρούνταν οι υποθέσεις για επιμένουσα διέγερση.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ενα παραδείγμα για το θέμα 4 που διαγοροποιήθηκε η είσοδος σε ικανά πλούσια ταξεως 6 (3 διαφορετικές συχνότητες, ενώ απαιτούνταν) και το παραμετρικό σφάλμα οδηγείται στο 0.

Case 3 $\Theta 1$ in timeModel $s^2 + 7s + 12$ Case 3 $\Theta 2$ in timeCase 3 $\Theta 3$ in timeModel $s^2 + 7s + 12$ Case 3 $\Theta 4$ in time