

Άσκηση 3

Αναγνώριση γραμμικού συστήματος στο πεδίο του χρόνου

Σκοπός της άσκησης είναι εισαγωγή στην αναγνώριση ενός συστήματος με την βοήθεια του LabView. Συγκεκριμένα, αρχικά θα γίνει η εισαγωγή στην διασύνδεση του συστήματος με τον υπολογιστή. Στην συνέχεια μέσω διέγερσης του συστήματος με σήμα δοκιμής την βηματική συνάρτηση θα γίνει προσπάθεια αναγνώρισης του συστήματος στο πεδίο του χρόνου.

Επικοινωνία φυσικού συστήματος - υπολογιστή μέσω DAQ και LabVIEW

Ένα από τα πλεονεκτήματα του LabVIEW είναι οι έτοιμες βιβλιοθήκες που προσφέρει για την επικοινωνία του υπολογιστή με τις υπό έλεγχο διεργασίες για την συλλογή δεδομένων και δημιουργία σημάτων, μέσω διαδεδομένων πρωτόκολλων επικοινωνίας (σειριακή, παράλληλη, USB, TCP/IP, WiFi κλπ), καθώς και η συνεργασία με μια πληθώρα συστημάτων απόκτησης δεδομένων - Data Acquisition (DAQ) - στην περίπτωση που δεν υπάρχει στην διεργασία κάποιο έτοιμο μετρητικό σύστημα.

Τα DAQ συστήματα αφορούν κάρτες δειγματοληψίας αναλογικών και ψηφιακών σημάτων, χρησιμοποιώντας συνήθως πρωτόκολλα επικοινωνίας PCI ή USB. Κάποια από τα χαρακτηριστικά μεγέθη αυτών είναι ο αριθμός αναλογικών και ψηφιακών εισόδων και εξόδων που έχουν, το μέγεθος σε bits των μονάδων A/D και D/A, καθώς και η συχνότητα δειγματοληψίας.

Στα πλαίσια του εργαστηρίου χρησιμοποιείται η κάρτα NI-DAQ 6024E της εταιρείας National Instruments. Η επικοινωνία του LabVIEW με τα φυσικά κανάλια (Physical Channels) που περιέχουν τα σήματα είτε εισόδου (Input) είτε εξόδου (Output) γίνεται μέσω εικονικών καναλιών (Virtual Channel). Για κάθε σήμα ορίζεται ένα εικονικό κανάλι, στο οποίο περιέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες που δόθηκαν από τον χρήστη για τον ρυθμό και τον τρόπο δειγματοληψίας. Στην συνέχεια ξεκινά η διεργασία (Task) στο πρόγραμμα, η οποία αναλαμβάνει την ανάγνωση (Read) ή την εγγραφή (Write) των σημάτων κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.

Αναγνώριση Γραμμικών Συστημάτων

Ένα Γραμμικό Χρονικά Αμετάβλητο (ΓΧΑ) σύστημα μπορεί να περιγραφεί μέσω της συνάρτησης μεταφοράς, η οποία έχει την εξής γενική μορφή:

$$G(s) = K \frac{\prod_{i=1}^m (s + z_i)}{\prod_{j=1}^n (s + p_j)}$$

με $n \geq m$, όπου $z_i, i=1, \dots, m$ είναι τα μηδενικά του συστήματος και $p_j, j=1, \dots, n$ οι πόλοι του ανοικτού συστήματος και K μια σταθερά. Η αναγνώριση του συστήματος επικεντρώνεται στην εκτίμηση αυτών των παραμέτρων, όπου διεγείρουμε το σύστημα με κάποια τυποποιημένα σήματα αναφοράς (test signals), καταγράφουμε την έξοδο του συστήματος

σε αυτά τα σήματα, και προχωρούμε σε επεξεργασία των αποτελεσμάτων για την αναγνώριση. Ανάλογα με τα σήματα που χρησιμοποιούμε και την περαιτέρω επεξεργασία που εφαρμόζουμε, η αναγνώριση χωρίζεται σε δύο γενικές μεθόδους: Αναγνώριση στον χρόνο και αναγνώριση στην συχνότητα.

Στην πρώτη μέθοδο ανήκει η διέγερση του συστήματος με βηματική συνάρτηση. Το σήμα αυτό αποτελεί το βασικότερο σήμα που αντιμετωπίζεται συνήθως στην πράξη και είναι ένας απλός και γρήγορος τρόπος για να πάρουμε κάποιες αρχικές πληροφορίες για το σύστημα μας. Συνοπτικά από την παρατήρηση της βηματικής απόκρισης μπορούμε να εξάγουμε τις εξής πληροφορίες:

Πληροφορίες που εξάγουμε από τη βηματική απόκριση

Ευστάθεια

Έχουμε όταν η απόκριση τείνει σε μία μόνιμη τιμή με την πάροδο του χρόνου. Αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη ευσταθών πόλων για το σύστημα ($\text{Re}(s) < 0$).

Η εμφάνιση ταλαντώσεων δείχνει την ύπαρξη ζεύγους μιγαδικών πόλων, ενώ στην περίπτωση που η απόκριση τείνει στο άπειρο με γραμμικό τρόπο, υποδηλώνεται η ύπαρξη πόλου $s=0$.

Στην περίπτωση που η απόκριση τείνει στο άπειρο εκθετικά, συμπεραίνουμε ότι υπάρχει ασταθής πόλος και άρα το σύστημα είναι ασταθές.

DC-gain (κέρδος μόνιμης κατάστασης)

Το κέρδος μόνιμης κατάστασης ορίζεται ως:

$$K_{DC} = \frac{y_{ss}}{u_{ss}}$$

Στην περίπτωση της μοναδιαίας βηματικής απόκρισης το κέρδος μόνιμης κατάστασης αποτελεί η μόνιμη τιμή της εξόδου.

Ευστάθεια μηδενικών

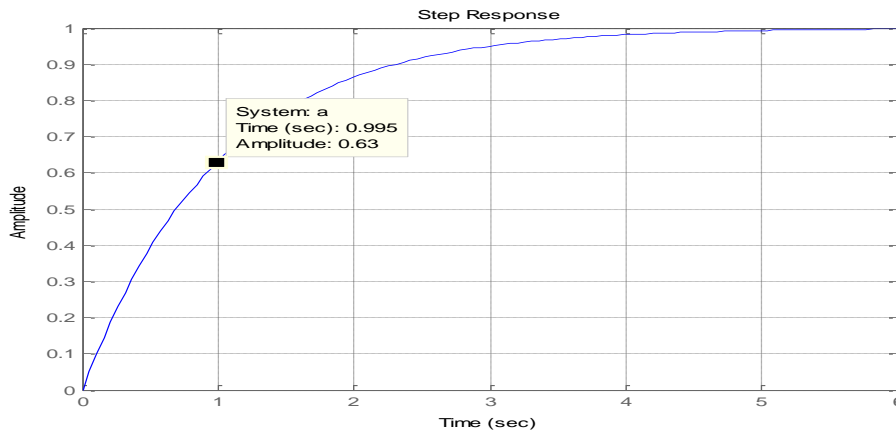
Εάν η βηματική απόκριση έχει μόνιμη τιμή μηδέν, τότε το σύστημα έχει τουλάχιστον ένα μηδενικό στο μηδέν.

Αν το σύστημα έχει ασταθή μηδενικά τότε η βηματική απόκριση ξεκινάει με βύθιση (υπερύψωση) στην περίπτωση που το κέρδος μόνιμης κατάστασης είναι θετικό (αρνητικό). Σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα χαρακτηρίζεται ως σύστημα μη ελάχιστης φάσης.

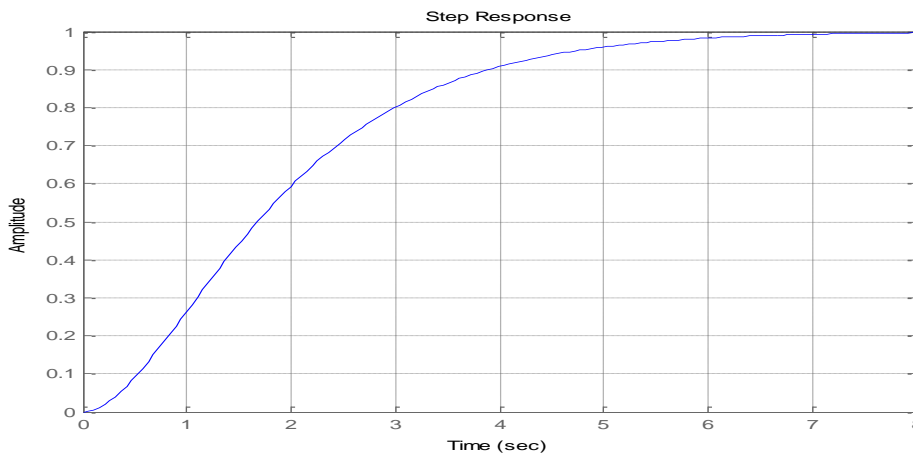
Προσέγγιση με πρωτοβάθμιο

Αν η βηματική απόκριση είναι της μορφής που φαίνεται παρακάτω τότε το σύστημα έχει συμπεριφορά πρωτοβάθμιου ή υποαποσβεννύμενου δευτεροβάθμιου. Αν και δεν μπορούμε να αποφανθούμε με σιγουριά αν το σύστημα είναι πρωτοβάθμιο ή ανωτέρου

βαθμού αλλά με πραγματικούς πόλους (δηλαδή για τον αριθμό και την θέση των πόλων), παρόλο αυτά μπορεί να προσεγγιστεί ως πρωτοβάθμιο, δηλαδή της μορφής $G(s) = K/(1 + rs)$, όπου K το dc-gain και r η **σταθερά χρόνου** του συστήματος, η οποία ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται ώστε η έξοδος του συστήματος να φτάσει στο 63% της μόνιμης τιμής της.



Στην περίπτωση που το σύστημα έχει τουλάχιστον δύο πραγματικούς ευσταθείς πόλους που δεν απέχουν σημαντικά μεταξύ τους τότε η απόκριση θα είναι της μορφής που ακολουθεί, παρουσιάζοντας μία κύρτωση στο ξεκίνημα της βηματικής απόκρισης.



Οι πληροφορίες εν γένει που μπορούμε να πάρουμε από την βηματική απόκριση είναι περιορισμένες και γι αυτό συνήθως καταφεύγουμε σε μεθόδους αναγνώρισης της συχνότητας για να εξάγουμε πλήρως ένα μοντέλο του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή διεγείρουμε το σύστημα με σήματα που περιέχουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων, να καταγράψουμε την έξοδο τους, και στην συνέχεια να υπολογίσουμε την απόκριση συχνότητας του συστήματος.

Εφαρμογές

- 3.1 Αρχικά καλείστε να δημιουργήσετε ένα vi (με ονομασία IO_template.vi) το οποίο υλοποιεί την επικοινωνία με το σύστημα. Πιο συγκεκριμένα το vi αυτό θα πρέπει να περιέχει δύο κανάλια επικοινωνίας, ένα για ανάγνωση του σήματος εξόδου και ένα για εγγραφή του σήματος εισόδου. Το σήμα εισόδου θα καθορίζεται αρχικά ως control από τον χρήστη. Τα δύο σήματα θα πρέπει να απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο σε κοινό διάγραμμα. Επιπλέον ο χρόνος t , το σήμα εισόδου $u(t)$ καθώς και το σήμα εξόδου $y(t)$ να αποθηκεύονται σε ένα αρχείο. Το vi αυτό θα πρέπει να εκτελείται συνεχώς μέχρι να λάβει σήμα τερματισμού από τον χρήστη.
- 3.2 Χρησιμοποιώντας το vi που δημιουργήσατε, δώστε μια βηματική είσοδο στο σύστημα και απεικονίστε την είσοδο και την βηματική του απόκριση σε κοινό διάγραμμα. Αποθηκεύστε την είσοδο, έξοδο και τον χρόνο σε διανύσματα και αποθηκεύστε τα διανύσματα σε ένα αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία. Από τη γραφική απεικόνιση του σήματος, βρείτε το dc-gain. Ποιό είναι το πλάτος του σήματος θορύβου; Είναι το σύστημα ευσταθές; Έχει πόλο ή μηδενικό στο 0; Υπάρχει ασταθές μηδενικό; Είναι το σύστημα γραμμικό; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
- 3.3 Να γίνει προσέγγιση του συστήματος με ένα πρωτοβάθμιο σύστημα $G(s) = K/(1 + rs)$. Να γίνει η αναγνώριση των παραμέτρων K και r και να συγκριθεί η βηματική απόκριση του πραγματικού συστήματος με το πρωτοβάθμιο αυτό σύστημα. Είναι ακριβής η προσέγγιση αυτή;