

Ασαφή Συστήματα

Υπολογιστική Νοημοσύνη

Εργασία 1-DC-Motor_FLC-1

Παναγιώτης Σαββίδης
8094
11.7.2021

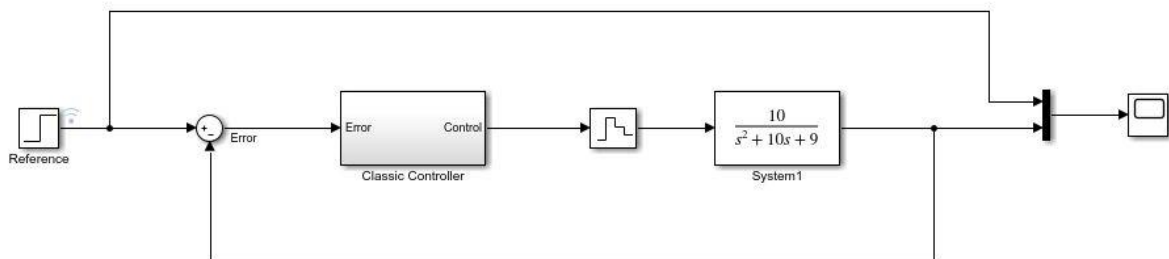
Στην εργασία αυτή καλούμαστε να υλοποιήσουμε τον έλεγχο ενός DC κινητήρα με έναν ασαφή ελεγκτή με βάση τους κανόνες που ορίζονται από τις membership functions στην εκφώνηση της εργασίας. Αρχικά το σύνολο των κανόνων βρίσκεται στο fis αρχείο (DC-Motor-1.fis) και υλοποιήθηκε με τον fis Editor.

Στα matlab αρχεία (main_Classic.m και main_Fuzzy.m) υλοποιούνται οι απαραίτητες συναρτήσεις για την δημιουργία των αντίστοιχων ελεγκτών.

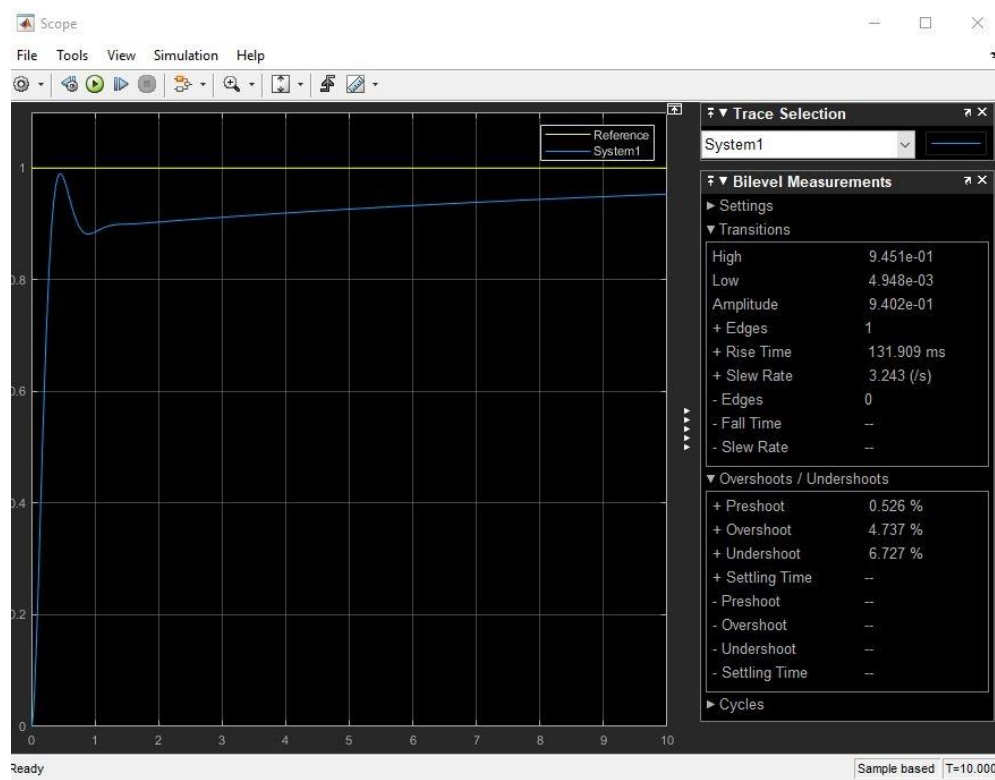
Τέλος τα Simulink αρχεία (DCMotor1Classic.slx , DCMotor1FLC.slx) είναι τα μοντέλα του κλασσικού ελέγχου και του FLC ελεγκτή αντίστοιχα.

Σχεδίαση Ελεγκτή Κλασσικού Ελέγχου

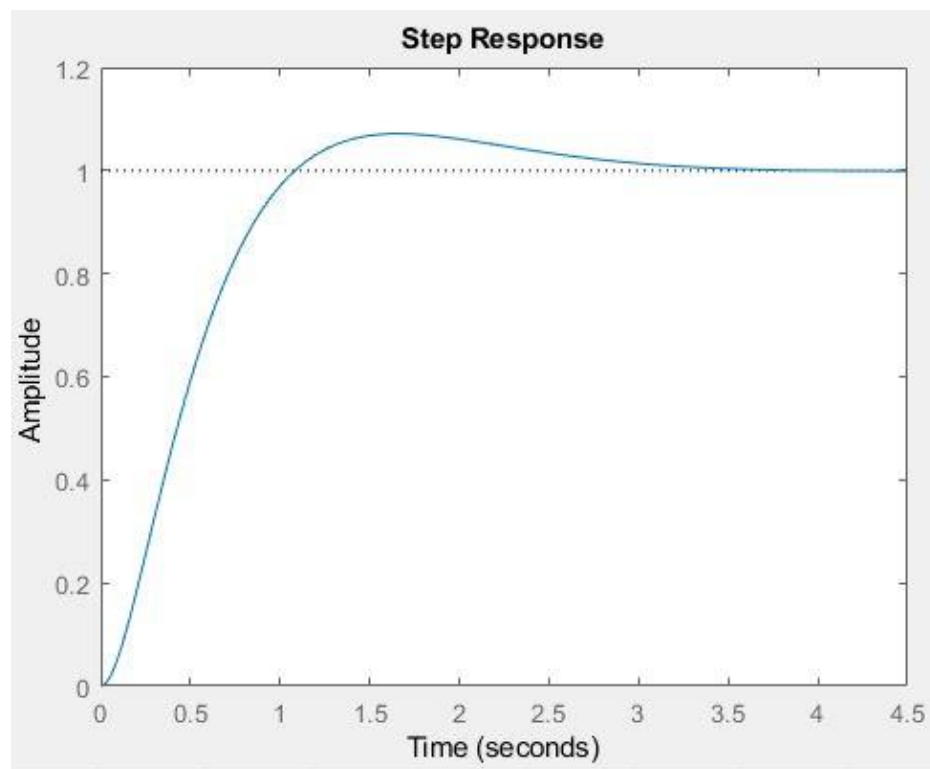
Ο σχεδιασμός του ελεγκτή κλασσικού ελέγχου έγινε στο Simulink και αυτή είναι η συνδεσμολογία του.



Αρχικά θέλουμε να ρυθμίσουμε κατάλληλα τα κέρδη ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές της εκφώνησης, δηλαδή υπερύψωση για βηματική είσοδο μικρότερη από 5% και χρόνο ανόδου μικρότερο από 160 msec. Αυτό το πέτυχα με τη βοήθεια του PID Tuner όπου άλλαξα τις τιμές και τελικά κατέληξα στις τιμές $K_p = 6.3$ και $K_I = 0.645$. Γι' αυτές τις των κερδών πετυχαίνουμε Overshoot = 4.737% και Rise Time 131.909 ms που ικανοποιούν τις προδιαγραφές μας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Και τελικά η απόκριση του ελεγκτή μας φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχεδίαση Ασαφούς Ελεγκτή

Σενάριο 1

Αρχικά πρέπει να ορίσουμε την βάση των κανόνων για την λειτουργία του ασαφούς ελεγκτή, οι οποίοι είναι 81 (9x9) και φαίνονται ακριβώς όπως είναι στο fis αρχείο (DC-Motor-1.fis).

```
[System]
Name='DC-Motor-1'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=81
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='sum'
DefuzzMethod='centroid'
```

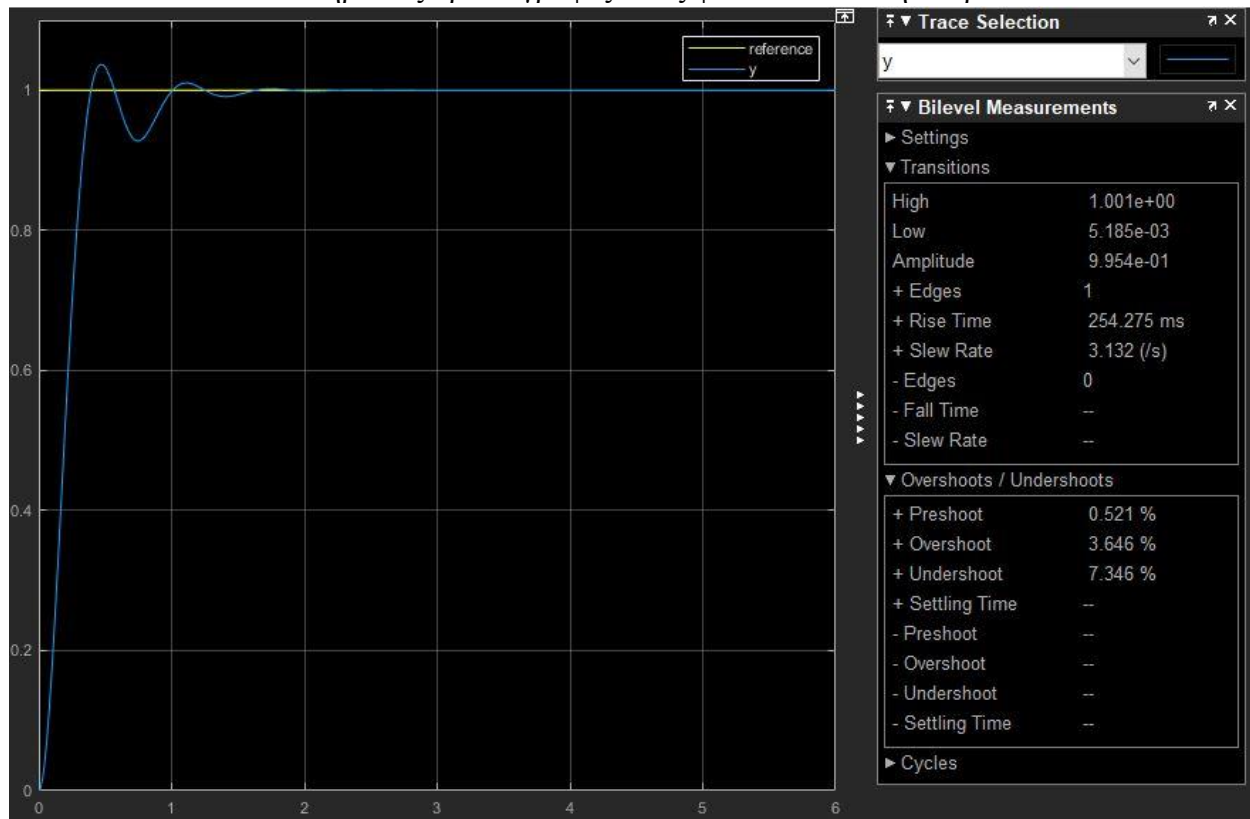
```
[Input1]
Name='E'
Range=[-1 1]
NumMFs=9
MF1='NV': 'trimf', [-1.25 -1 -0.75]
MF2='NL': 'trimf', [-1 -0.75 -0.5]
MF3='NM': 'trimf', [-0.75 -0.5 -0.25]
MF4='NS': 'trimf', [-0.5 -0.25 0]
MF5='ZR': 'trimf', [-0.25 0 0.25]
MF6='PS': 'trimf', [0 0.25 0.5]
MF7='PM': 'trimf', [0.25 0.5 0.75]
MF8='PL': 'trimf', [0.5 0.75 1]
MF9='PV': 'trimf', [0.75 1 1.25]
```

```
[Input2]
Name='DE'
Range=[-1 1]
NumMFs=9
MF1='NV': 'trimf', [-1.25 -1 -0.75]
MF2='NL': 'trimf', [-1 -0.75 -0.5]
MF3='NM': 'trimf', [-0.75 -0.5 -0.25]
MF4='NS': 'trimf', [-0.5 -0.25 0]
MF5='ZR': 'trimf', [-0.25 0 0.25]
MF6='PS': 'trimf', [0 0.25 0.5]
MF7='PM': 'trimf', [0.25 0.5 0.75]
MF8='PL': 'trimf', [0.5 0.75 1]
MF9='PV': 'trimf', [0.75 1 1.25]
```

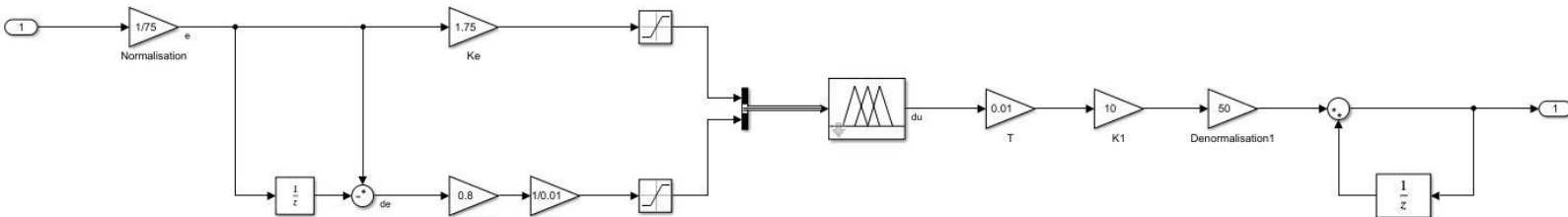
```
[Output1]
Name='DU'
Range=[-1 1]
NumMFs=9
MF1='NV': 'trimf', [-1.25 -1 -0.75]
MF2='NL': 'trimf', [-1 -0.75 -0.5]
MF3='NM': 'trimf', [-0.75 -0.5 -0.25]
MF4='NS': 'trimf', [-0.5 -0.25 0]
MF5='ZR': 'trimf', [-0.25 0 0.25]
MF6='OS': 'trimf', [0 0.25 0.5]
MF7='PM': 'trimf', [0.25 0.5 0.75]
MF8='PL': 'trimf', [0.5 0.75 1]
MF9='PV': 'trimf', [0.75 1 1.25]
```

```
[Rules]
1 1, 1 (1) : 1
1 2, 1 (1) : 1
1 3, 1 (1) : 1
1 4, 1 (1) : 1
1 5, 1 (1) : 1
1 6, 2 (1) : 1
1 7, 3 (1) : 1
1 8, 4 (1) : 1
1 9, 5 (1) : 1
2 1, 1 (1) : 1
2 2, 1 (1) : 1
2 3, 1 (1) : 1
2 4, 1 (1) : 1
2 5, 2 (1) : 1
2 6, 3 (1) : 1
2 7, 4 (1) : 1
2 8, 5 (1) : 1
2 9, 6 (1) : 1
3 1, 1 (1) : 1
3 2, 1 (1) : 1
3 3, 1 (1) : 1
3 4, 2 (1) : 1
3 5, 3 (1) : 1
3 6, 4 (1) : 1
3 7, 5 (1) : 1
3 8, 6 (1) : 1
3 9, 7 (1) : 1
4 1, 1 (1) : 1
4 2, 1 (1) : 1
4 3, 2 (1) : 1
4 4, 3 (1) : 1
4 5, 4 (1) : 1
4 6, 5 (1) : 1
4 7, 6 (1) : 1
4 8, 7 (1) : 1
4 9, 8 (1) : 1
5 1, 1 (1) : 1
5 2, 2 (1) : 1
5 3, 3 (1) : 1
5 4, 4 (1) : 1
5 5, 5 (1) : 1
5 6, 6 (1) : 1
5 7, 7 (1) : 1
5 8, 8 (1) : 1
5 9, 9 (1) : 1
6 1, 2 (1) : 1
6 2, 3 (1) : 1
6 3, 4 (1) : 1
6 4, 5 (1) : 1
6 5, 6 (1) : 1
6 6, 7 (1) : 1
6 7, 8 (1) : 1
6 8, 9 (1) : 1
6 9, 9 (1) : 1
7 1, 3 (1) : 1
7 2, 4 (1) : 1
7 3, 5 (1) : 1
7 4, 6 (1) : 1
7 5, 7 (1) : 1
7 6, 8 (1) : 1
7 7, 9 (1) : 1
7 8, 9 (1) : 1
7 9, 9 (1) : 1
8 1, 4 (1) : 1
8 2, 5 (1) : 1
8 3, 6 (1) : 1
8 4, 7 (1) : 1
8 5, 8 (1) : 1
8 6, 9 (1) : 1
8 7, 9 (1) : 1
8 8, 9 (1) : 1
8 9, 9 (1) : 1
9 1, 5 (1) : 1
9 2, 6 (1) : 1
9 3, 7 (1) : 1
9 4, 8 (1) : 1
9 5, 9 (1) : 1
9 6, 9 (1) : 1
9 7, 9 (1) : 1
9 8, 9 (1) : 1
9 9, 9 (1) : 1
```

Με τις αρχικές τιμές για τα a, K_e και K οι προδιαγραφές δεν ήταν μέσα στα επιτρεπτά όρια και έτσι ξεκίνησε το Trial and Error. Μετά από κάποιο αριθμό δοκιμών κατέληξα στις τιμές $K_e = 1.75, a = 0.457$ και $K_1 = 10$. Με αυτές τις τιμές το Overshoot είναι 3.646% και το Rise Time=154.275ms και πληροί τις προδιαγραφές όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

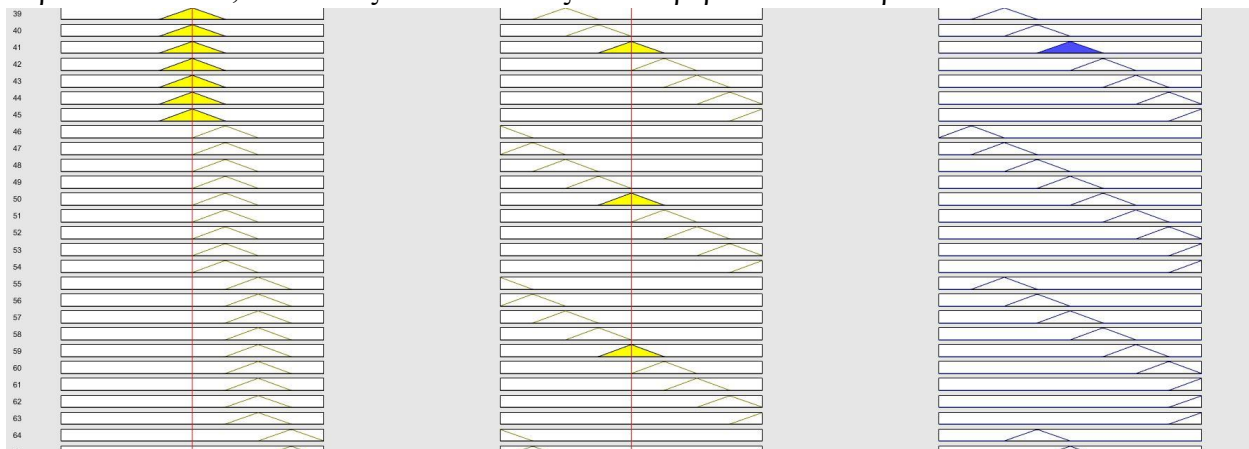


Το τελικό μας κύκλωμα του ασαφή ελεγκτή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

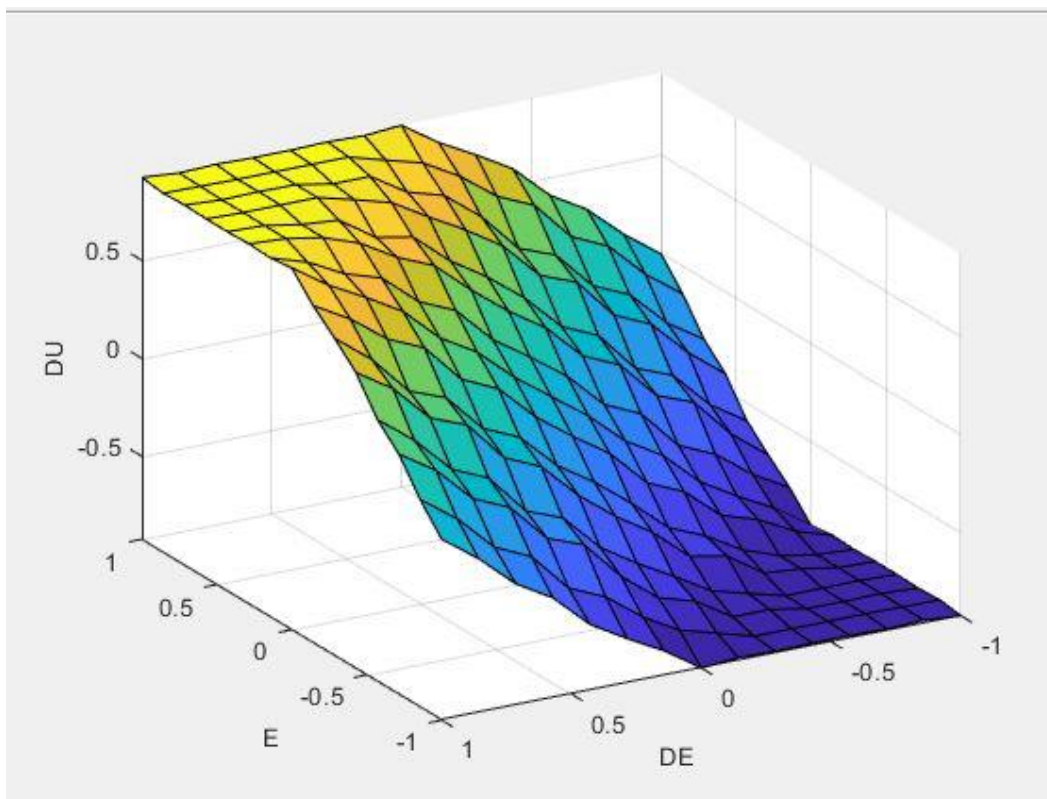


Στην συνέχεια πρέπει να ελέγξουμε το πως επηρεάζουν τα K_e, a και K_1 την λειτουργία του συστήματος μας. Με δοκιμές στις τιμές προέκυψε ότι με αύξηση των K_e και K_1 πετυχαίνουμε μεγάλη βελτίωση στην απόκριση του ελεγκτή, όπως και με την μείωση του a .

Το επόμενο βήμα είναι ο έλεγχος της λειτουργίας της βάσης του ελεγκτή και συγκεκριμένα ψάχνουμε τον κανόνα **If e is PM and De is NM then DU is NS** . Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, ο κανόνας 47 είναι αυτός που επιβεβαιώνει τα παραπάνω.



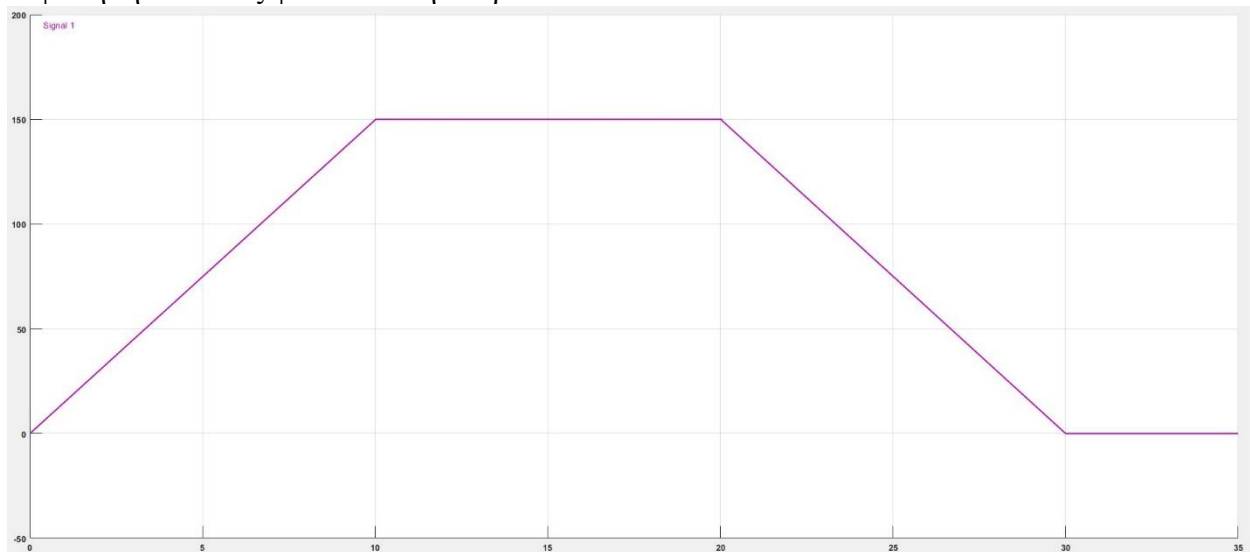
Τέλος στο παρακάτω διάγραμμα (που δημιουργήθηκε με την gensurf στο matlab, βλέπουμε την σχέση της εξόδου με τις εισόδους.



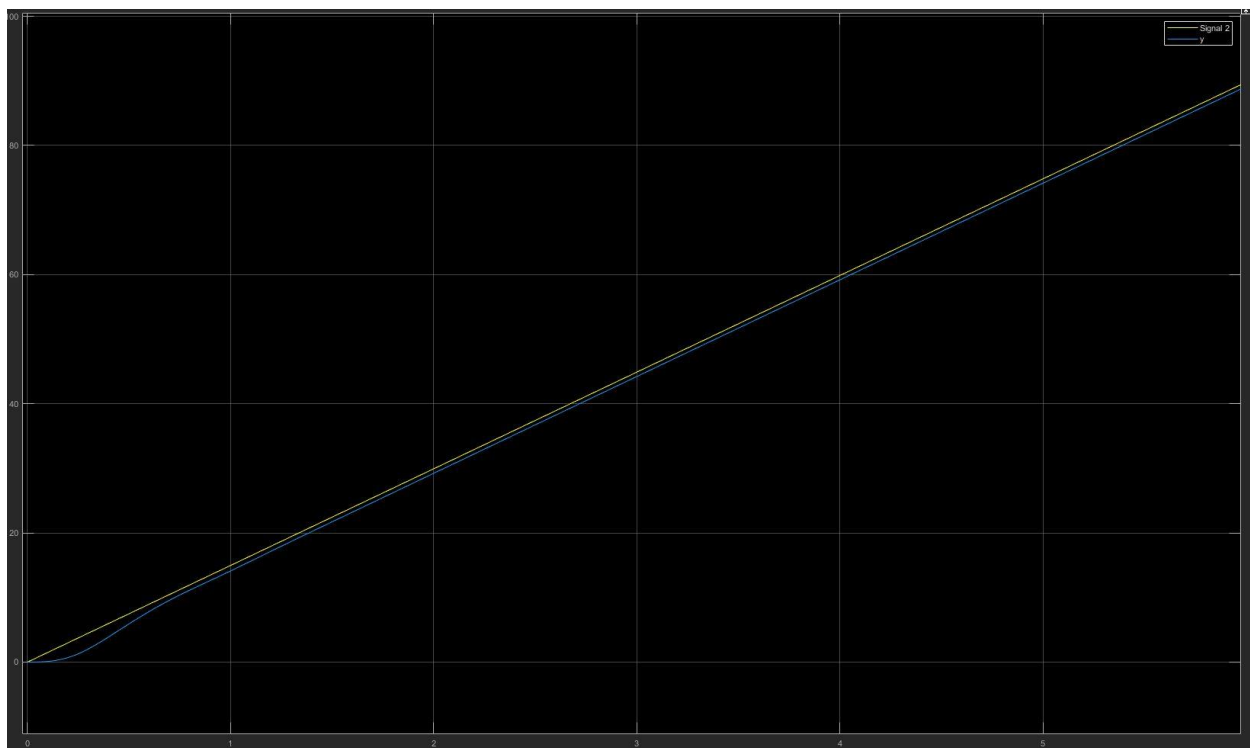
Παρατηρούμε ότι όταν το σφάλμα E μεγαλώνει και τείνει στην μονάδα και αντίστοιχα το DE, τότε εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της DU και αντίστροφα για μικρές τιμές των E και DE η DU μικραίνει.

Σενάριο 2

Στο σενάριο 2 συνδέουμε μια είσοδο μπάρας αντίστοιχη με αυτή που μας δίνεται στην εκφώνηση και όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

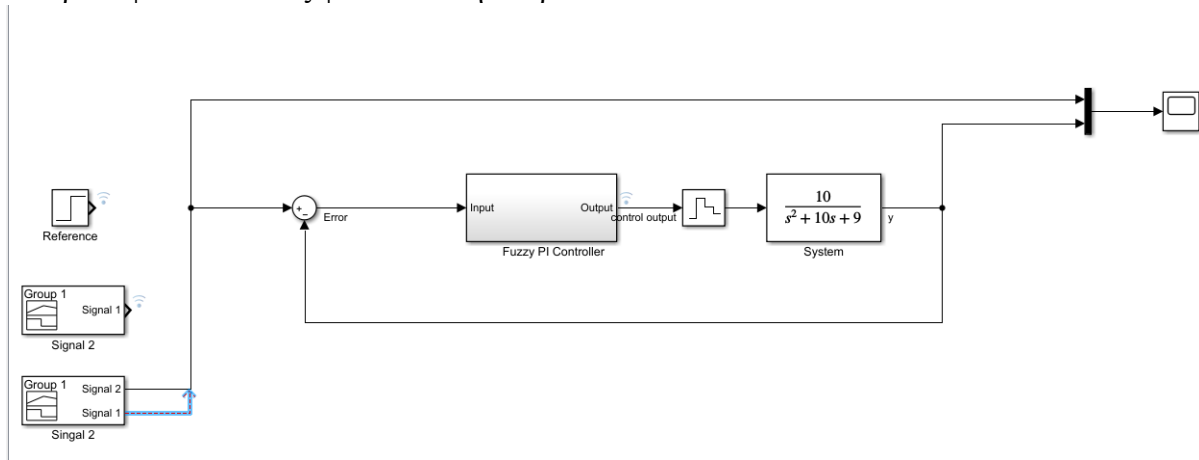


Πράγματι, αν συνδέσουμε αυτό το σήμα και γίνει ξανά ρύθμιση των κερδών τηρούνται όλες οι προδιαγραφές και η συνάρτηση που θα προκύψει θα είναι αυτή της παρακάτω εικόνας που όπως βλέπουμε η απόκριση των στροφών παρακολουθεί πιστά την επιτάχυνση.

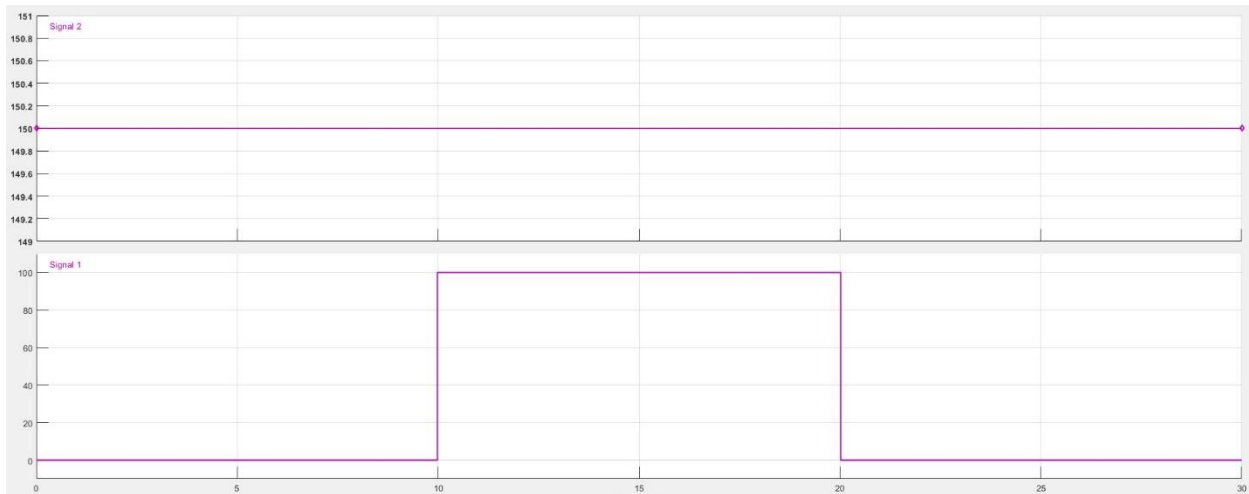


Σενάριο 3

Τέλος προσθέτουμε μια διαταραχή στο σύστημα όπως ζητάει η εκφώνηση και το κύκλωμα που θα προκύψει είναι όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Το signal 2 θα έχει αυτή την μορφή.



Για άλλη μια φορά τηρούνται όλες οι προδιαγραφές που δίνονται από την εκφώνηση.