

# 1<sup>η</sup> Εργασία στην Υπολογιστική Νοημοσύνη-Fuzzy Logic Controller

Δημήτριος Τικβίνας

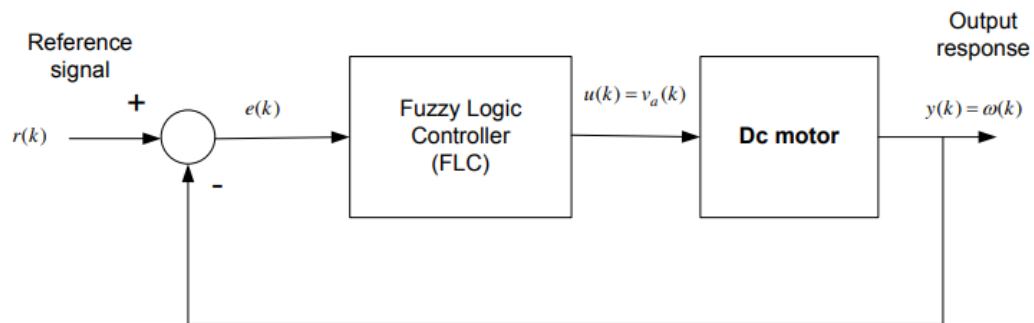
AEM 9998

Σεπτέμβριος 2023

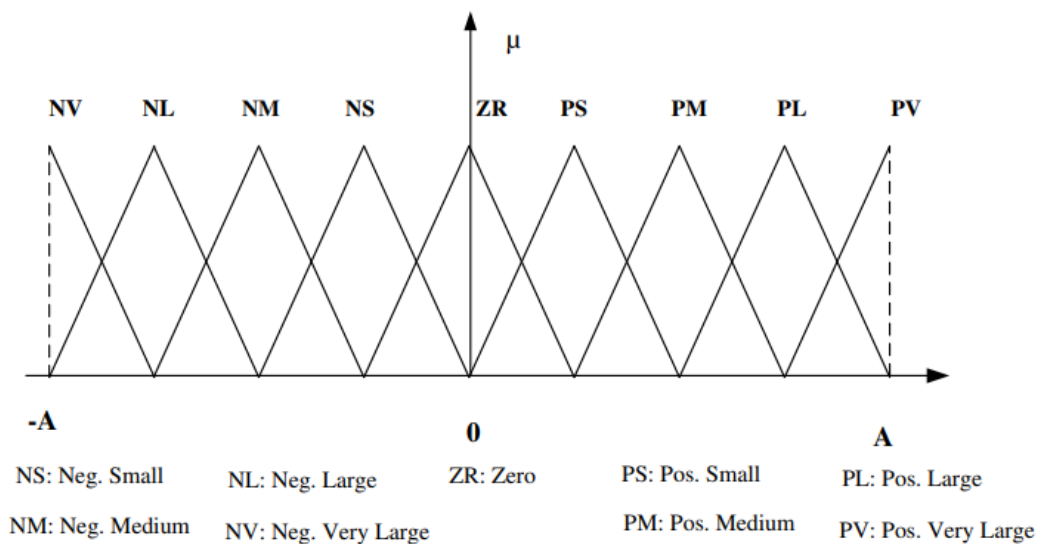
[dtikvina@ece.auth.gr](mailto:dtikvina@ece.auth.gr)

## Εισαγωγή

Το σύστημα ελέγχου:



έχει λεκτικές τιμές σφάλματος **e**, μεταβολής του σφάλματος **de** αλλά και μεταβολής του νόμου ελέγχου **du** με βάση το παρακάτω σχήμα:

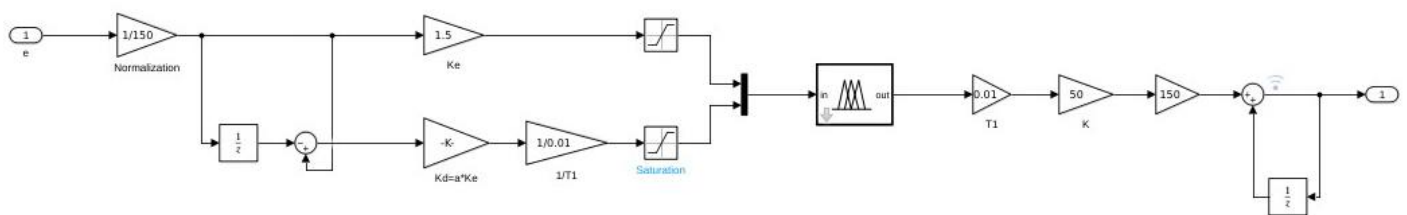
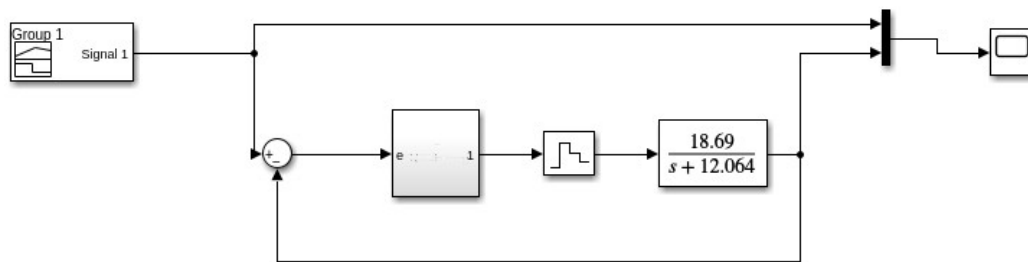


Οι κανόνες του FLC δημιουργήθηκαν όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα. Το σφάλμα και η μεταβολή του λαμβάνουν 9 λεκτικές τιμές η καθεμία μεταβλητή, με αποτέλεσμα τελικά να δημιουργούνται  $9 * 9 = 81$  κανόνες.

De\e	PV	PL	PM	PS	ZR	NS	NM	NL	NV
PV	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV	PV
PL	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV
PM	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV
PS	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV
ZR	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV
NS	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NM	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM
NL	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS
NV	NV	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR

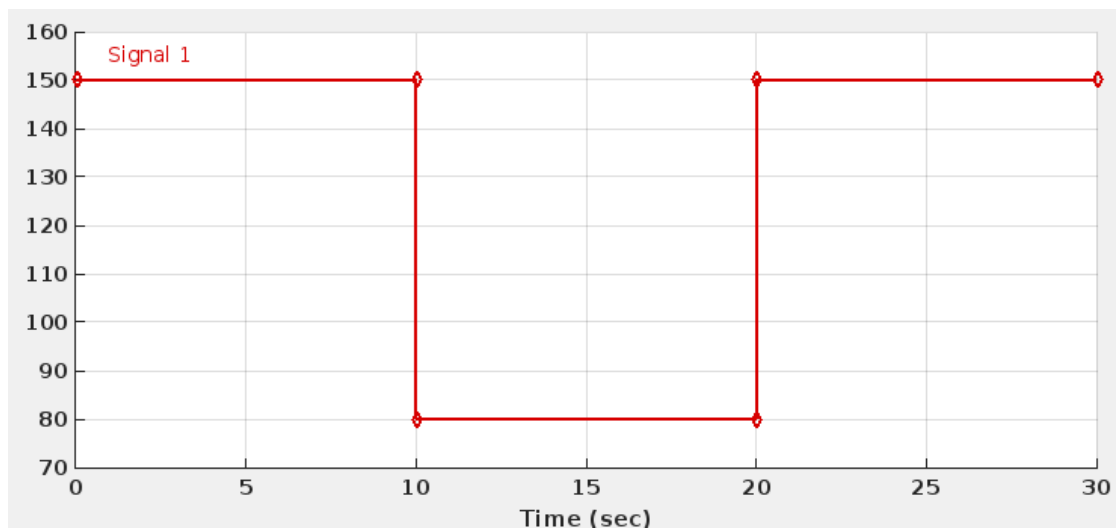
## Σενάριο 1

Παρακάτω φαίνονται το σύστημα και ο ασαφής ελεγκτής που δημιουργήθηκαν για το 1ο σενάριο.



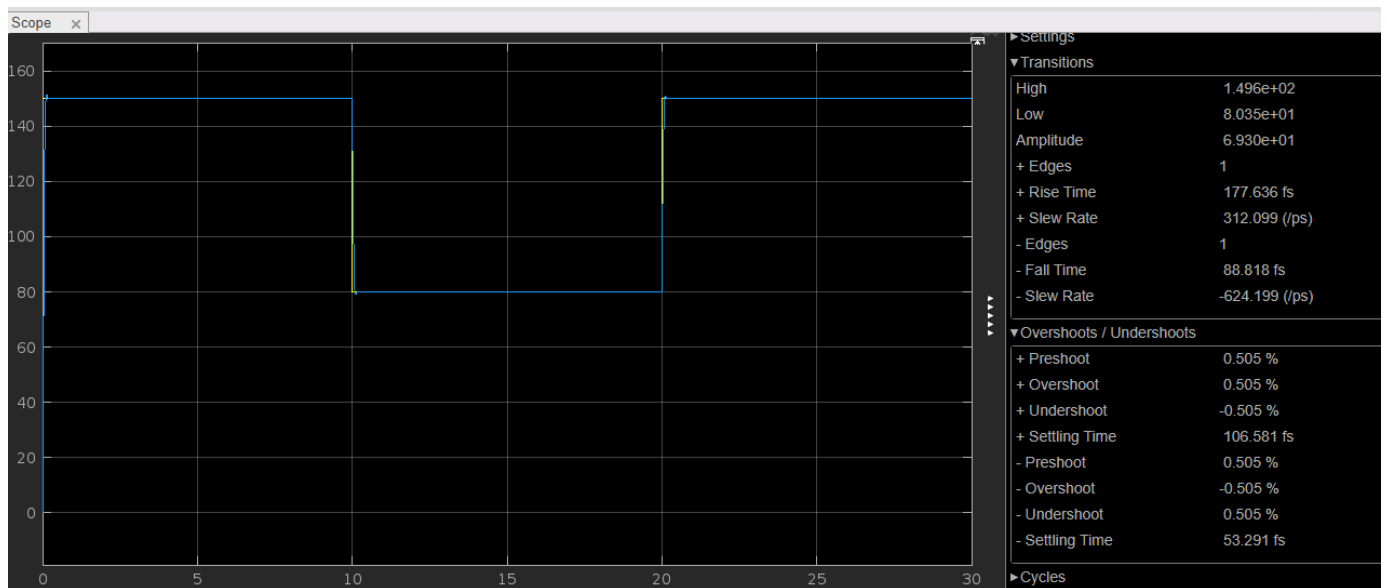
Για το σήμα εισόδου που δίνεται στο 1ο σενάριο, για να τηρηθούν οι προδιαγραφές που ζητήθηκαν, μετά απο δοκιμές, τα κέρδη βρέθηκαν ως εξής  $K_e = 1.5$ ,  $K_d = 0.03 * 1.5 = 0.045$  ( $a=0.03$ ),  $K=50$ .

### Διέγερση συστήματος



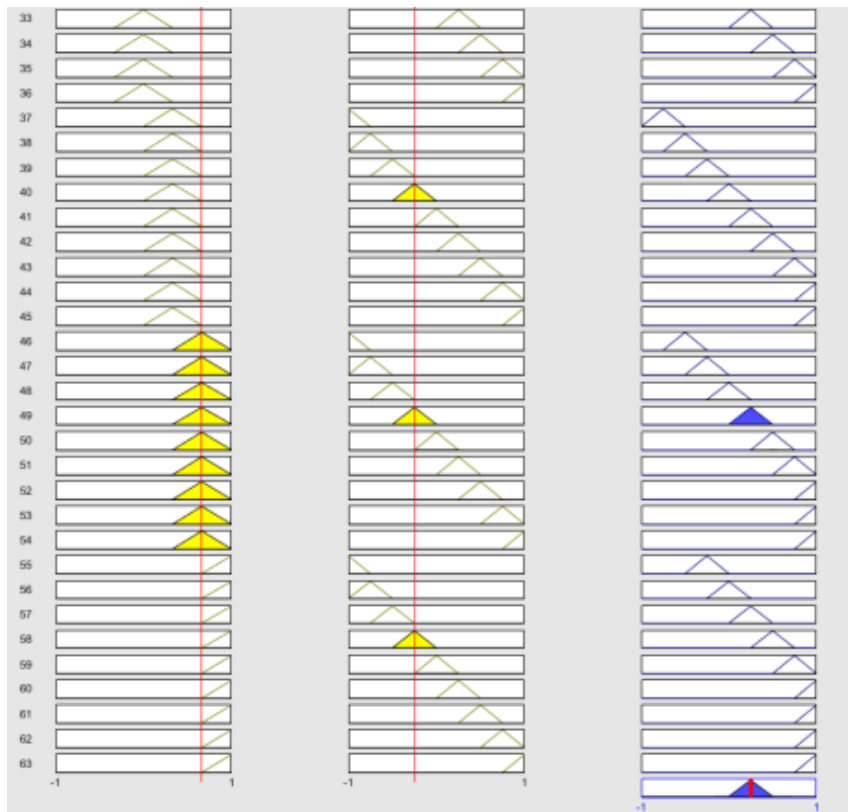
Από την ένδειξη του παλμογράφου, ο οποίος καταγράφει την έξοδο του συστήματος, βλέπουμε πως τηρούνται οι ζητούμενες προδιαγραφές:

### Απόκριση συστήματος

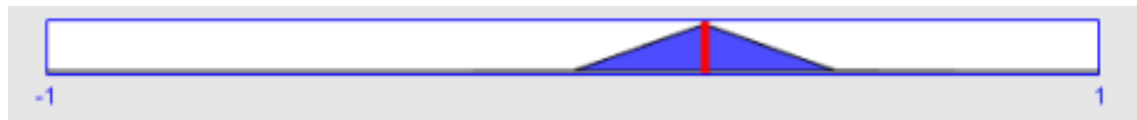


Παρακάτω δίνεται γραφικά η περίπτωση όπου στο FIS υπάρχει η περίπτωση **e is PM** και **Δe is NS**. Παρατηρούμε ότι ενεργοποιείται μόνο ο κανόνας 43. Παρουσιάζεται επίσης και η απο-ασαφοποίηση με COA του αποτελέσματος.

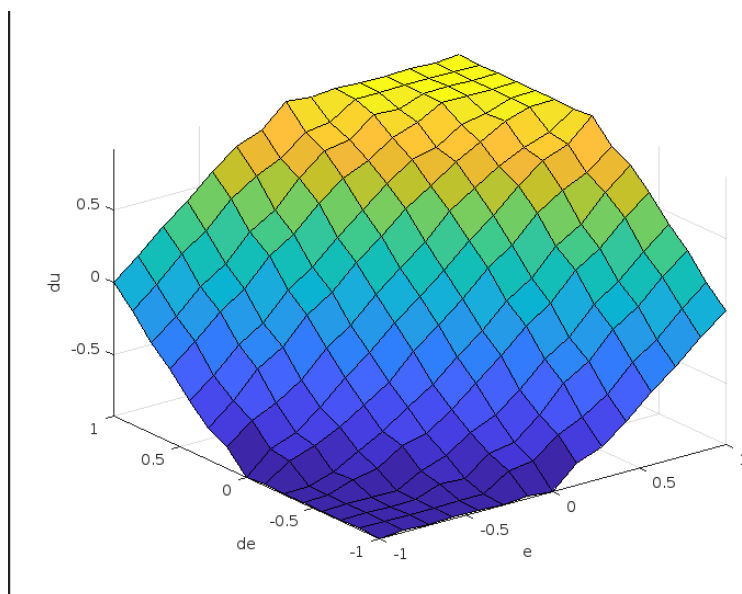
**e is PM, de is NS**



**e is PM, de is NS απο-ασαφοποίηση**



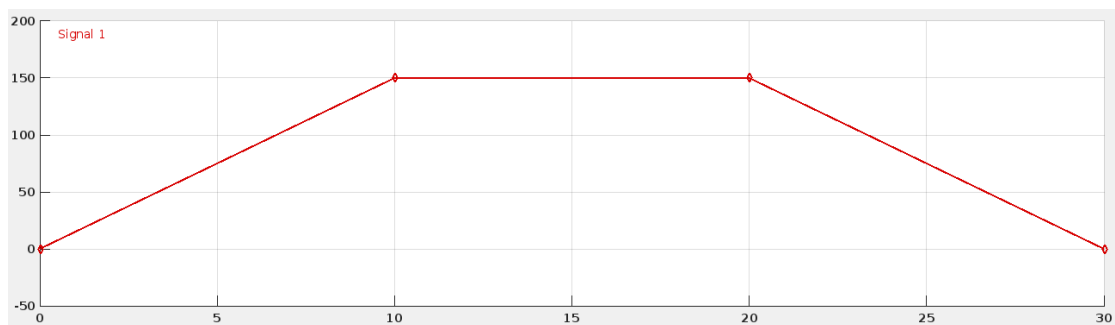
Τέλος, παρουσιάζεται η 3D αναπαράσταση της εξόδου του ελεγκτή  $du$ , σε σχέση με τις εισόδους  $e$ ,  $de$



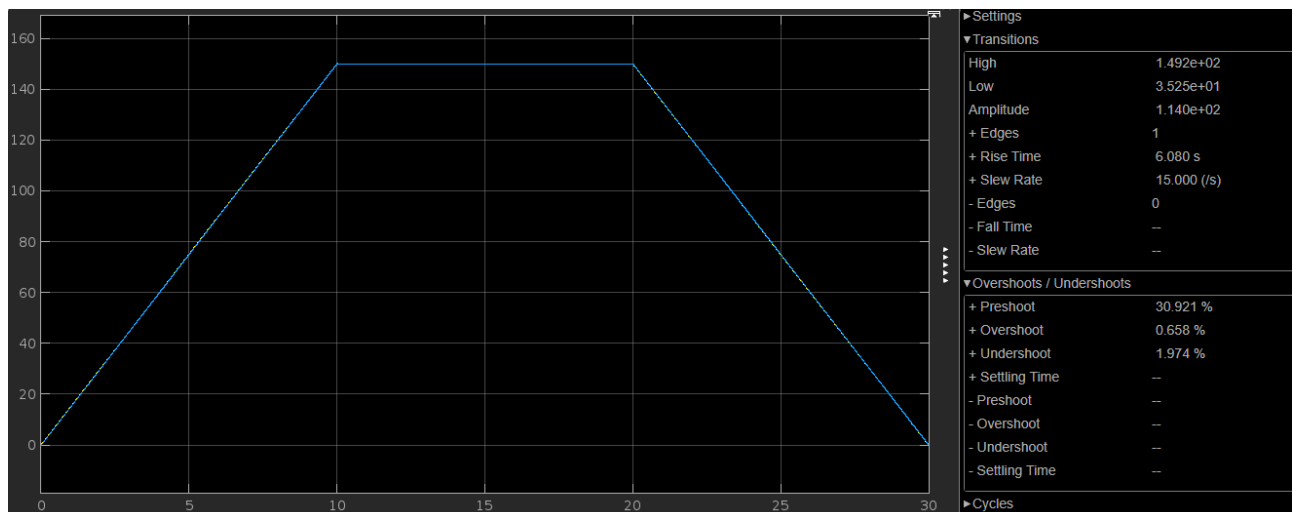
Υπάρχει συμμετρία λόγω των ισάριθμων λεκτικών τιμών που περιγράφουν τις μεταβλητές  $e$  και  $de$ . Συμπεραίνουμε, επίσης, από την παραπάνω απεικόνιση αλλά και από τον πίνακα κανόνων του FLC ότι όταν το σφάλμα ή η μεταβολή του σφάλματος είναι υψηλά, υψηλή είναι και η μεταβολή της εξόδου, ώστε να μπορέσει το σήμα εξόδου να ακολουθήσει το σήμα εξόδου, ενώ για χαμηλό σφάλμα και μεταβολή σφάλματος, η μεταβολή της εξόδου είναι χαμηλή, καθώς σημαίνει ότι η έξοδος ακολουθεί κοντά την είσοδο.

## Σενάριο 2

Διατηρούμε το σύστημα που υλοποιήσαμε στο σενάριο 1, αλλάζοντας μόνο την διέγερσή του



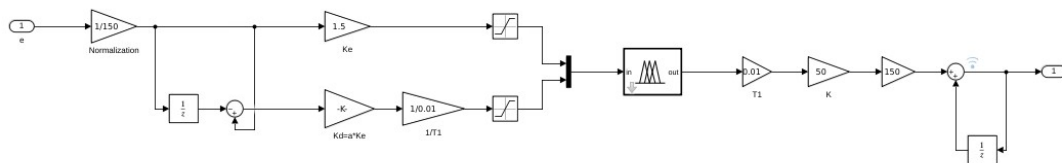
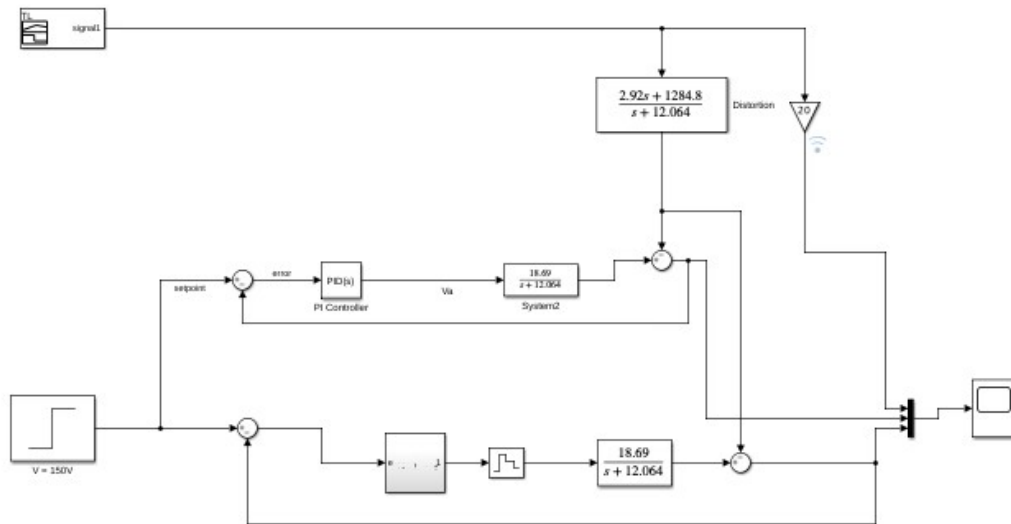
Κρατώντας ίδιες τιμές με το 1ο σενάριο για τα κέρδη, τελικά το σύστημα είναι εντός των προδιαγραφών που ζητήθηκαν, όπως φαίνεται παρακάτω από την απόκρισή του.



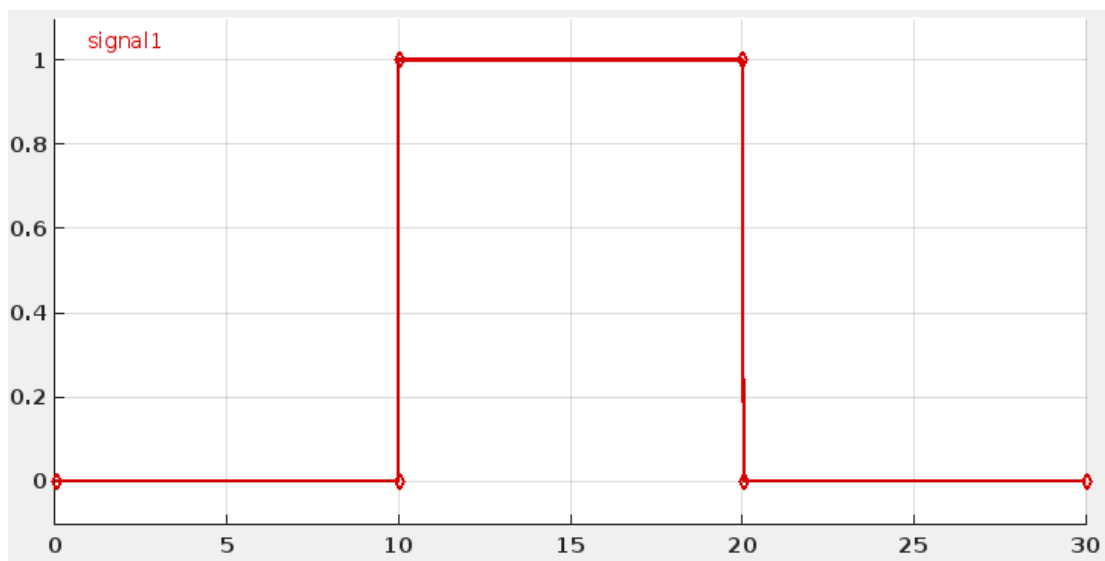
### Σενάριο 3

Για το Σενάριο 3, το σύστημα διαμορφώνεται για να συμπεριλάβει και την ύπαρξη διαταραχής TL ως εξής:

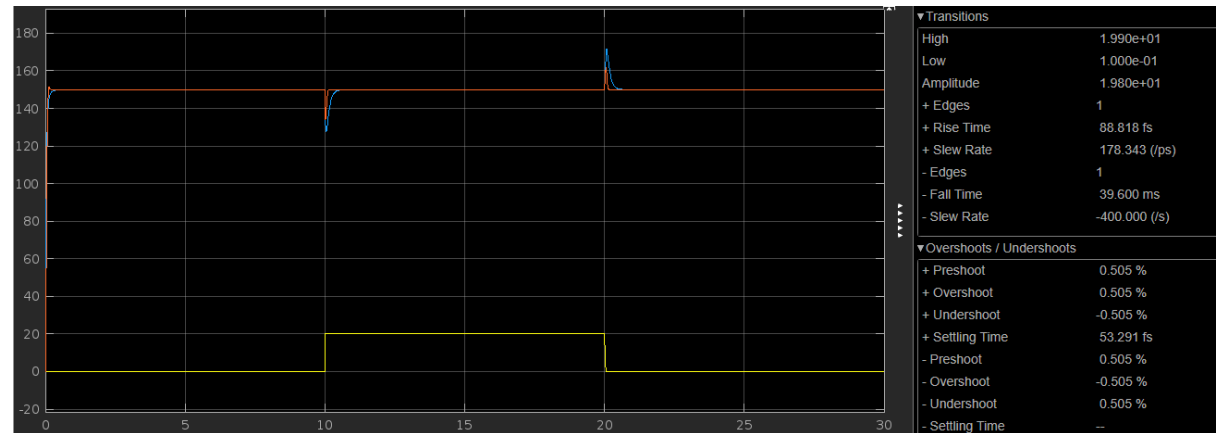
#### Σύστημα



Καθώς το σύστημα δουλεύει στις ονομαστικές στροφές (150 rad/sec), εμφανίζεται η προαναφερθείσα διαταραχή της μορφής :



Για τον *PID Controller* επιλέγουμε, στηριζόμενοι στην ικανοποίηση των προδιαγραφών με βάσει τον κλασικό αυτόματο έλεγχο,  **$k_p = 1.75$**  και  **$k_I = 18.61825$** . Βλέπουμε παρακάτω την απόκριση του συστήματος με την ύπαρξη της παραπάνω βηματικής διαταραχής για τις τιμές αυτές των κερδών των PID και Fuzzy Logic Controllers



Καταλήγουμε από τις μετρικές και το διάγραμμα ότι διαταράσσονται οι στροφές εξόδου με την είσοδο της διαταραχής, όμως μετά από μικρό χρόνο, αυτό επιστρέφει στην κανονική του λειτουργία, έχοντας απορροφήσει όποιες διαταραχές, πληρώνοντας έτσι τις προδιαγραφές του συστήματος.