



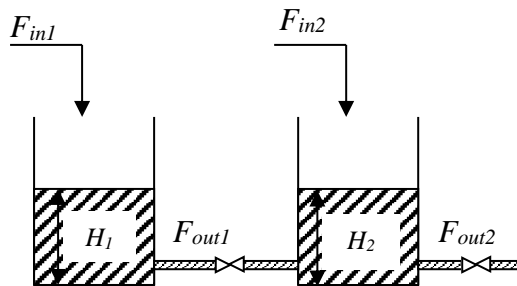
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών
Μάθημα: Ευφυής Έλεγχος
Διδάσκων: Δρ. Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος,
Καθηγητής

*As far as the laws of mathematics refer to reality,
they are not certain; and as far as they are
certain, they do not refer to reality.*

Albert Einstein, "Geometry and Experience"

Έλεγχος στάθμης συστήματος δεξαμενών με ασαφή ελεγκτή

Δίνεται το ακόλουθο βιομηχανικό σύστημα δυο δεξαμενών αποθήκευσης υγρού σε σειρά:



Οι δύο δεξαμενές περιγράφονται μαθηματικά από ένα σύστημα μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων:

$$\frac{dH_1}{dt} = \frac{1}{A_1} (F_{in1} - B_1 \sqrt{H_1})$$

$$\frac{dH_2}{dt} = \frac{1}{A_2} (F_{in2} + B_1 \sqrt{H_1} - B_2 \sqrt{H_2})$$

όπου: H_1, H_2 : Το ύψος του υγρού στην πρώτη και δεύτερη δεξαμενή αντίστοιχα

F_{in1}, F_{in2} : Η ροή εισόδου στην πρώτη και δεύτερη δεξαμενή αντίστοιχα

A_1, A_2 : Η διατομή της πρώτης και δεύτερης δεξαμενής αντίστοιχα

B_1, B_2 : Η αντίσταση ροής από τη πρώτη προς τη δεύτερη δεξαμενή και από τη δεύτερη δεξαμενή προς την έξοδο αντίστοιχα

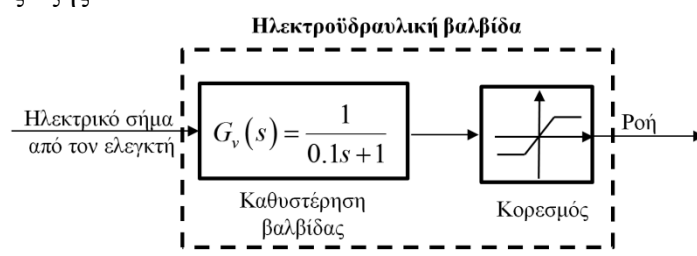
Η δυναμική λειτουργία του συστήματος μπορεί να προσομοιωθεί σε Simulink με χρήση της S-Function two_tanks_lab. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα S-Function χρησιμοποιεί σαν είσοδο τη ροή F_{in1} και επιστρέφει σαν εξόδους το ύψος H_1 στη

πρώτη δεξαμενή και το ύψος H_2 στη δεύτερη δεξαμενή. Οι τιμές για τις παραμέτρους $A_1, A_2, B_1, B_2, F_{in2}$ είναι σταθερές και περιέχονται μέσα στο S-Function.

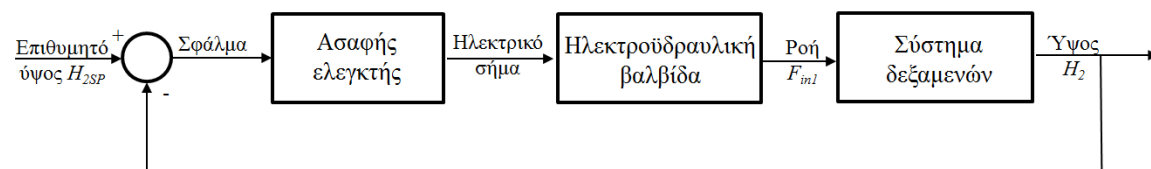
Η ροή εισόδου F_{in1} μπορεί να μεταβάλλεται με τη βοήθεια μιας ηλεκτροϋδραυλικής βαλβίδας με συνάρτηση μεταφοράς:

$$G_v(s) = \frac{1}{0.1s + 1},$$

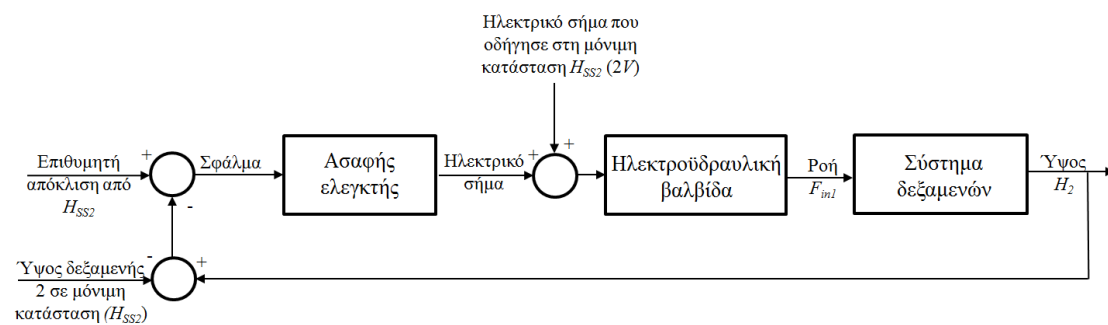
ενώ το πάνω και κάτω όριο κορεσμού της βαλβίδας είναι 25 και 0 αντίστοιχα. Με βάση αυτά τα στοιχεία, η λειτουργία της ηλεκτροϋδραυλικής βαλβίδας μπορεί να προσομοιωθεί ως εξής:



Κατά τη λειτουργία του συστήματος δεξαμενών απαιτείται ο έλεγχος της στάθμης της δεύτερης δεξαμενής H_2 χρησιμοποιώντας σα μεταβλητή εκ χειρισμού τη ροή εισόδου F_{in1} στη πρώτη δεξαμενή, σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα βαθμίδων:



Α. Κρατώντας ανοιχτό το βρόγχο και χωρίς τη χρήση ελεγκτή, προσομοιώστε το σύστημα στο Simulink και βρείτε τις τιμές μόνιμης κατάστασης H_{SS1} και H_{SS2} για τις δύο μεταβλητές H_1 και H_2 , όταν το ηλεκτρικό σήμα εισόδου στη βαλβίδα είναι ίσο με 2V. Απεικονίστε την απόκριση του ύψους των δύο δεξαμενών συναρτήσει του χρόνου. Στη συνέχεια και για τα επόμενα ερωτήματα, τροποποιήστε το πρόγραμμα S-Function, εισάγοντας στην γραμμή 43 τις τιμές μόνιμης κατάστασης H_{SS1} και H_{SS2} . Έπειτα χρησιμοποιείτε την τιμή 2 και την τιμή H_{SS2} για να σχηματίσετε μεταβλητές απόκλισης. Ο σχηματισμός μεταβλητών απόκλισης γίνεται προσθέτοντας την τιμή 2 στο ηλεκτρικό σήμα πριν τη βαλβίδα και αφαιρώντας την τιμή H_{SS2} σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε να ελέγχουμε το ύψος της δεξαμενής πάνω και κάτω από την τιμή μόνιμης κατάστασης που θα υπολογίσουμε.

Β. Σχεδιάστε Ασαφή Ελεγκτή μιας εισόδου – μιας εξόδου (Single Input – Single Output, SISO) που να δέχεται σαν είσοδο το σφάλμα και να παράγει σαν έξοδο το ηλεκτρικό σήμα που πηγαίνει στη βαλβίδα. Σχεδιάστε την απόκριση του συστήματος (δηλαδή τις μεταβλητές H_1 και H_2) για βηματικές αλλαγές στην επιθυμητή απόκλιση από το ύψος H_{SS2} ίσες με -2, 1.5, 3 (οι τιμές αυτές δίνονται σε σχέση με το ύψος μόνιμης κατάστασης που υπολογίσατε στο πρώτο ερώτημα).

Υπόδειξη: Προκειμένου να σχεδιάσετε σωστά τη λογική των ασαφών κανόνων, υπενθυμίζεται ότι το σφάλμα e υπολογίζεται από την διαφορά ανάμεσα στην επιθυμητή τιμή H_{2SP} και την πραγματική τιμή H_2 : $e(k) = H_{2SP} - H_2(k)$

Γενική Υπόδειξη: Προτείνεται σε όλους τους ασαφείς ελεγκτές που θα σχεδιάσετε, να κρατήσετε σταθερό το εύρος του σήματος εξόδου στις τιμές -1 έως 1 και στη συνέχεια να προσθέσετε στο Simulink μια ενίσχυση (gain) μετά τον ασαφή ελεγκτή (και πριν τη προσθήκη του ηλεκτρικού σήματος μόνιμης κατάστασης).

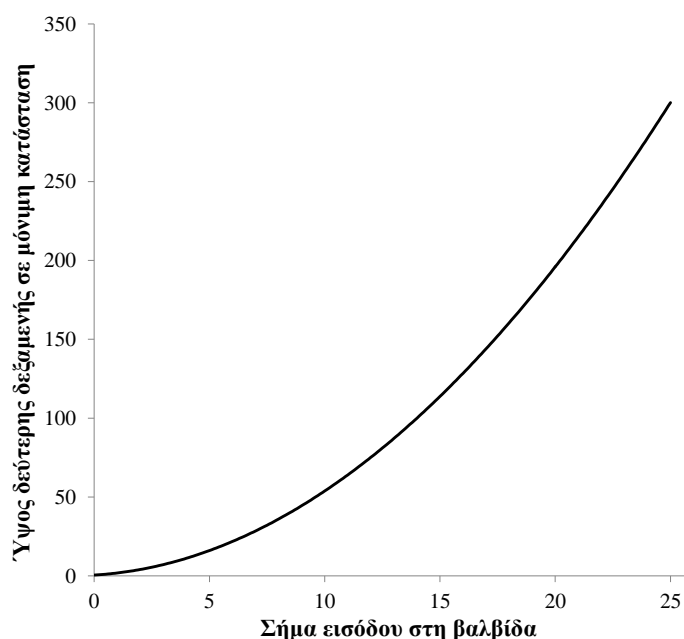
Γ. Σχεδιάστε Ασαφή Ελεγκτή δύο εισόδων – μιας εξόδου (Multiple Input – Single Output, MISO) που να δέχεται σαν εισόδους το σφάλμα και την παράγωγο του σφάλματος και να παράγει σαν έξοδο το ηλεκτρικό σήμα που πηγαίνει στη βαλβίδα. Σχεδιάστε την απόκριση του συστήματος (δηλαδή τις μεταβλητές H_1 και H_2) για βηματικές αλλαγές στην επιθυμητή απόκλιση από το ύψος H_{SS2} ίσες με -2, 1.5, 3.

Υπόδειξη: Προκειμένου να σχεδιάσετε σωστά τη λογική των ασαφών κανόνων, υπενθυμίζεται ότι η παράγωγος του σφάλματος μπορεί να προσεγγιστεί ως εξής:

$$\frac{de}{dt} = \frac{e(k) - e(k-1)}{\Delta t} = \frac{(H_{2SP} - H_2(k)) - (H_{2SP} - H_2(k-1))}{\Delta t} = \frac{H_2(k-1) - H_2(k)}{\Delta t}$$

Δ. Σχεδιάστε Ασαφή Ελεγκτή τριών εισόδων – μιας εξόδου (MISO) που να δέχεται σαν εισόδους το σφάλμα, την παράγωγο του σφάλματος, και το πραγματική τιμή του ύψους της δεύτερης δεξαμενής H_2 και να παράγει σαν έξοδο το ηλεκτρικό σήμα που πηγαίνει στη βαλβίδα. Σχεδιάστε την απόκριση του συστήματος (δηλαδή τις μεταβλητές H_1 και H_2) για βηματικές αλλαγές στην επιθυμητή απόκλιση από το ύψος H_{SS2} ίσες με -2, 1.5, 3.

Υπόδειξη: Προκειμένου να σχεδιάσετε σωστά τη λογική των ασαφών κανόνων, δίνεται η μεταβολή του ύψους σε μόνιμη κατάσταση H_{SS2} καθώς αυξάνεται το ηλεκτρικό σήμα στην ηλεκτροϋδραυλική βαλβίδα.



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: ΠΡΙΝ ΞΕΚΙΝΗΣΕΤΕ ΝΑ ΤΡΕΧΕΤΕ ΤΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΝΤΕ ΤΗΝ ΕΞΗΣ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ SIMULINK: ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΝΟΥ SIMULATION->CONFIGURATION PARAMETERS->SOLVER->SOLVER OPTIONS ΕΠΙΛΕΞΤΕ FIXED STEP ΩΣ TYPE ΚΑΙ ΣΤΟ FIXED STEP SIZE ΕΙΣΑΓΕΤΕ ΤΗΝ ΤΙΜΗ 0.01.

Bonus material:

- www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/flindex.html
- en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_control_system
- academic.csuohio.edu/simond/fuzzyintro.doc
- automatismoi.freesservers.com/FUZZY/index.htm

