

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ MATLAB/SIMULINK

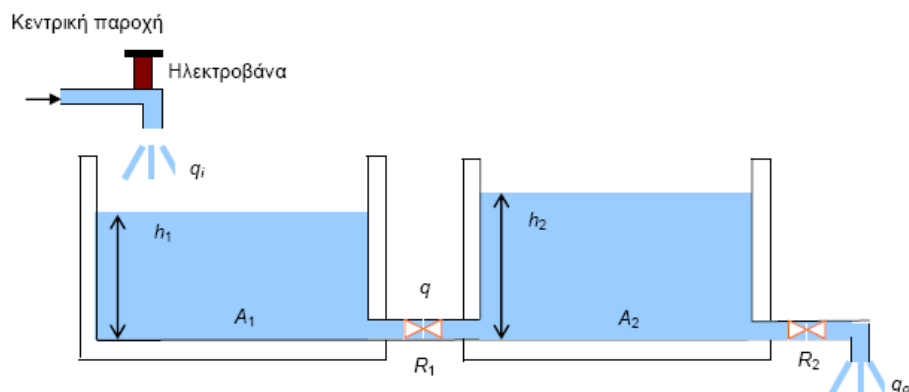
ΠΑΡΑΔΟΣΗ 3 / 4 / 2009

Οι αντλησιοταμιευτήρες χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν ενέργεια που παράγεται από άλλες πηγές σε περιόδους χαμηλής ενεργειακής ζήτησης, έτσι ώστε η ενέργεια αυτή να μπορεί να αποδοθεί σε περιόδους αυξημένης ζήτησης. Η πρωταρχική πηγή παραγωγής μπορεί να είναι είτε κάποια μονάδα ανανεώσιμης πηγής, π.χ. ανεμογεννήτριες, ή ακόμη και το ίδιο το δίκτυο. Η ενέργεια που παράγεται από τις πηγές αυτές δεν αποθηκεύεται σε συσσωρευτές αλλά χρησιμοποιείται για να μεταφερθεί νερό σε υψηλότερο σημείο, και να χρησιμοποιηθεί αργότερα για να τροφοδοτήσει υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1 Σύστημα αντλησιοταμιευτήρων στην περιοχή Turlough Hill, Wicklow της ανατολικής Ιρλανδίας
Όγκος άνω δεξαμενής 2.300.000m³, 4 αεριοστροβιλικές αντλίες 73MW

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που εξαρτάται από την ζήτηση, είναι ευθέως εξαρτώμενη από την ροή εξόδου q_o των δεξαμενών, και επομένως είναι πολύ σημαντική η ρύθμισή της. Οι αντλησιοταμιευτήρες τροφοδοτούνται από μία δευτερεύουσα παροχή, και η ροή τροφοδοσίας q_i μπορεί να ρυθμίζεται μέσω μιας ηλεκτροβάνας.



Οι (γραμμικοποιημένες) δυναμικές εξισώσεις που διέπουν το ανωτέρω σύστημα των διασυνδεδεμένων δεξαμενών είναι,

$$\begin{aligned} q_i(t) - q(t) &= A_1 \dot{h}_1(t) \\ q(t) - q_o(t) &= A_2 \dot{h}_2(t) \\ h_1(t) - h_2(t) &= q(t)R_1 \\ h_2(t) &= q_o(t)R_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Οι τιμές των παραμέτρων είναι: $R_1=10 \text{ s/m}^2$, $R_2=20 \text{ s/m}^2$, $A_1=25,12 \text{ m}^2$ (διάμετρος 2m), $A_2=56,52 \text{ m}^2$ (διάμετρος 3m). Οι δεξαμενές έχουν ύψος 6m, ενώ η μέγιστη ροή εισόδου είναι $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Οι προδιαγραφές της χρονικής απόκρισης με είσοδο αναφοράς τη μοναδιαία βηματική είναι:

- Μηδενικό σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση.
- Χρόνος αποκατάστασης tr (2%) $\approx 400 \text{ s}$.
- Μέγιστη υπερύψωση $Mp < 15\%$.

1) Να περιγραφεί το σύστημα στο χώρο κατάστασης με

$x_1(t)$: ροή εξόδου από τη δεξαμενή 2, $q_1(t)$ (m^3/s).

$x_2(t)$: στάθμη νερού στη δεξαμενή 1, $h_1(t)$ (m).

$u(t)$: ροή εισόδου στη δεξαμενή 1, $q_1(t)$ (m^3/s).

2) Εξετάστε την ελεγχιμότητα, παρατηρησιμότητα και ευστάθεια του ανοικτού συστήματος.

3) Με είσοδο αναφοράς $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ σχεδιάστε έναν ελεγκτή ανάδρασης για τοποθέτηση των πόλων, υποθέτοντας κατ' αρχήν πλήρη μέτρηση του διανύσματος κατάστασης. Στη συνέχεια να επαναλάβετε τη σχεδίαση υποθέτοντας: (α) παρατηρητή πλήρους τάξης και (β) παρατηρητή κατάστασης μειωμένης τάξης (εδώ $y(t)=x_1(t)$). Τί διαφορές παρατηρείτε;

4) Να επιλυθεί το πρόβλημα εκ νέου χρησιμοποιώντας το κριτήριο κόστους:

$$J = \int_0^T (x - \bar{x})^T Q (x - \bar{x}) + u^T R u \, dt$$

όπου \bar{x} είναι το επιθυμητό σημείο λειτουργίας, $T \rightarrow \infty$ και τα Q και R είναι τέτοια ώστε το K που προκύπτει από την εξίσωση Riccati να ικανοποιεί τις προδιαγραφές.

(Υπόδειξη: Για τη λύση των συνθηκών της αρχής του Pontryagin χρησιμοποιήστε, $p = Kx + l$).

Για κάθε περίπτωση σχεδιάστε τα γραφήματα της απόκρισης του συστήματος, του απαιτούμενου σήματος ελέγχου και των υψών. Προσέξτε ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές και ει δυνατόν οι φυσικοί περιορισμοί (θετικές ροές και ύψη).

Κάθε σπουδάστρια/ης παραδίδει τη δικιά της/του εργασία που διαφέρει από των υπολοίπων. Εκεί περιλαμβάνονται το πρόγραμμα του Matlab/Simulink, τα αποτελέσματα και μια δισκέττα/CD με τα προγράμματα.