

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων

**Ενότητα 4:** Βελτιστοποίηση - Βέλτιστος Έλεγχος

Όνομα Καθηγητή: Μαρία Σαμαράκου

Τμήμα: Ενεργειακής Τεχνολογίας

|  |  |
| --- | --- |
| Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά | Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

# Περιεχόμενα

[Περιεχόμενα 2](#_Toc438480058)

[Βέλτιστος Έλεγχος 3](#_Toc438480059)

# Βέλτιστος Έλεγχος

Στη κλασική μεθοδολογία σχεδιασμού συστημάτων ελέγχου χρησιμοποιούνται τεχνικές του πεδίου συχνότητας, όπως ο τόπος των ριζών και τα διαγράμματα Bode, για τον προσδιορισμό συστημάτων με ικανοποιητική λειτουργική απόδοση. Αντίθετα η μοντέρνα μεθοδολογία διατυπώνεται σχεδόν αποκλειστικά στο χρονικό πεδίο. Επί πλέον η μοντέρνα μεθοδολογία αναζητάει όχι μόνο αποδέκτη απόδοσης αλλά βέλτιστη απόδοση (optimal performance).

Στο πρόβλημα του κλασσικού ελέγχου, προκειμένου να μελετήσουμε ένα σύστημα θέτουμε μια είσοδο βαθμίδας και εξετάζουμε την έξοδο.



Το σφάλμα σε κάθε χρονική στιγμή είναι:

e(t) = r(t) - y(t)

Στο κλασσικό έλεγχο προσπαθούμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα σε προκαθορισμένα χρονικά σημεία, όπως π.χ. το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, τη μέγιστη υπερακούτηση κλπ. Αντί όμως να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα μόνο σε διακριτά χρονικά σημεία, μπορούμε να επιχειρήσουμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα παντού. Π.χ. θα μπορούσαμε να ελαχιστοποιήσουμε ένα δείκτη λειτουργικής απόδοσης που είναι το ολοκλήρωμα του τετραγωνικού σφάλματος.

ή το ολοκλήρωμα της απόλυτης τιμής σφάλματος

Γενικά σφάλμα e(t) είναι συνάρτηση των παραμέτρων της προς έλεγχο εγκατάστασης, του κατευθυντή και των στοιχείων ανάδρασης.

Στο βέλτιστο έλεγχο, ο δείκτης λειτουργικής απόδοσης μπορεί να περιλαμβάνει οποιαδήποτε συνάρτηση όλων των μεταβλητών κατάστασης xi του συστήματος και με διαφόρους συντελεστές βαρύτητας. Επίσης για να περιορίσουμε την χρήση τεραστίων ποσών ισχύος μπορούμε να ενσωματώσουμε στον Δ.Λ.Α μια κατάλληλα βεβαρημένη συνάρτηση των εισόδων ελέγχου Μi. Έτσι με ένα Δ.Λ.Α. δημιουργούμε ένα άθροισμα αποκλίσεων των τιμών, των μεταβλητών κατάστασης και των μεταβλητών ελέγχου, το οποίο επιτρέπει τη δυνατότητα και διαπραγμάτευση εναλλαγών.

Στο βασικό πρόβλημα του βέλτιστου ελέγχου, η προ έλεγχο εγκατάσταση περιγράφεται από μια διανυσματική διαφορική εξίσωση της μορφής:

 (1)

Η συμπεριφορά του συστήματος αξιολογείται δια μέσου ενός δείκτη λειτουργικής απόδοσης με μορφή ολοκληρώματος, ήτοι,

 (2)

Θεωρούμε ότι το σύστημα (1) είναι βέλτιστο στο χρονικό διάστημα από ti μέχρι tf, αν η τιμή του Δ.Λ.Α. είναι ελάχιστη.

Όταν , π.χ. είναι L (x, u, t) = 1, ο Δ.Λ.Α. γίνεται:

δηλαδή στο πρόβλημα βέλτιστου ελέγχου επιχειρείται ελαχιστο­ποίηση του χρόνου κατά το οποίο εξασφαλίζεται ο βέλτιστος έλεγχος.

Όταν, π.χ., L (x, u, t) = u2, ο Δ.Λ.Α. γίνεται,

δηλαδή επιχειρείται ελαχιστοποίηση της συνολικής ισχύος ελέγχου και το πρόβλημα συνήθως αφορά ελαχιστοποίηση του καύσιμου (minimum fuel problem).

Γενικά το πρόβλημα του βέλτιστου ελέγχου ασχολείται με τον προσδιορισμό της συνάρτησης ελέγχου u(t) που ελαχιστοποιεί τον Δ.Λ.Α.(2) κατά μήκος μιας λύσης της μη-γραμμικής εξίσωσης (1) στο χρονικό διάστημα από ti μέχρι tf. Η συνάρτηση L(x, u, t) υποτίθεται ότι είναι θετικά ορισμένη (positive definite) συνάρτηση των x, u, t. Δηλαδή η λύση του προβλήματος είναι μια συνάρτηση m(t) (και όχι ένας αριθμός).

Προς εύρεση αυτής της συνάρτησης είναι ανάγκη ή να χρησιμοποιηθεί ο λογισμός των μεταβολών (calculus of variations), αφού ο διαφορικός λογισμός δεν μπορεί να αντιμετωπίσει τέτοιου είδους προβλήματα.

|  |
| --- |
| **Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα****Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας** |
| **Τέλος Ενότητας** |
| **Χρηματοδότηση*** Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
* Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
* Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

 |

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Μαρία Σαμαράκου, 2014. Μαρία Σαμαράκου. «Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων. Ενότητα 4: Βελτιστοποίηση - Βέλτιστος Έλεγχος». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](https://ocp.teiath.gr/).

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Διατήρηση Σημειωμάτων**

* Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
* Το Σημείωμα Αναφοράς
* Το Σημείωμα Αδειοδότησης
* Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
* Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.