

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ—ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Η **θεωρία κυκλωμάτων** είναι ειδική περίπτωση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Οργανωμένη προσέγγιση βασισμένη στη **θεωρία συστημάτων**:

- ο Μαθηματική μοντελοποίηση
- ο «**Μαύρο κουτί**» με είσοδο και έξοδο

(Στην περίπτωση της ηλεκτρολογικής επιστήμης το κουτί είναι σχεδόν λευκό διότι τα μοντέλα αναπαριστούν με μεγάλη πιστότητα τα πραγματικά στοιχεία)

Συγκεντρωμένα κυκλώματα (μικρό μέγεθος σε σχέση με τη μέγιστη συχνότητα λειτουργίας)

Βασικές έννοιες: **ρεύμα, τάση, ισχύς**

Ονοματολογία κυκλωμάτων: **Κλάδοι – Κόμβοι – Στοιχεία**

Τάση κλάδου—Ρεύμα κλάδου

Διεύθυνση αναφοράς

Η πλήρης ανάλυση ενός κυκλώματος συνίσταται στον προσδιορισμό όλων των τάσεων κλάδων και ρευμάτων κλάδων

Νόμος ρευμάτων και νόμος τάσεων του Kirchhoff

Είσοδος **μαύρου κουτιού**:

Πηγές τάσης και πηγές ρεύματος συγκεκριμένων κυματομορφών:

- Σταθερή
- Ημιτονοειδής
- Βηματική
- Παλμός
- Κρουστική
- Αυθαίρετη
- Συνδυασμοί των παραπάνω

Περιεχόμενα

μαύρου κουτιού:

- Αντιστάτες
- Πυκνωτές
- Επαγωγοί

Έξοδος
(Απόκριση)

Στόχος ανάλυσης κυκλωμάτων:

Προσδιορισμός της εξόδου (απόκρισης) για συγκεκριμένη είσοδο (διέγερση). Δυνατότητα προσδιορισμού οποιασδήποτε τάσης κλάδου και οποιουδήποτε ρεύματος κλάδου.

Κατηγοριοποίηση κυκλωμάτων:

Γραμμικά / Μη γραμμικά

Χρονικά αμετάβλητα/Χρονικά μεταβαλλόμενα

Μέθοδοι ανάλυσης κυκλωμάτων:

Μέθοδος κομβικών τάσεων

Μέθοδος βροχικών (διανοιγματικών) εντάσεων

Εργαλεία ανάλυσης κυκλωμάτων:

Διαφορικές εξισώσεις

Γραμμικά συστήματα εξισώσεων

ΑΠΟΚΡΙΣΗ (σε βηματική, κρουστική, και ημιτονοειδή διέγερση)

Απόκριση μηδενικής διέγερσης (ΑΜΔ):

όταν το κύκλωμα δεν δέχεται καμία διέγερση (είσοδο)

[οφείλεται αποκλειστικά στις αρχικές συνθήκες, δηλ. την αποθηκευμένη ενέργεια]

λύση ομογενούς διαφ. εξισ. με αρχικές συνθήκες

Απόκριση μηδενικής κατάστασης (ΑΜΚ):

απόκριση σε διέγερση όταν το κύκλωμα βρίσκεται αρχικά σε ηρεμία (αρχικές συνθήκες μηδέν)

[οφείλεται αποκλειστικά στην είσοδο]

λύση ομογενούς διαφ. εξισ. με μηδενικές αρχικές συνθήκες + μερική λύση

Πλήρης απόκριση (ΑΜΔ + ΑΜΚ):

λύση ομογενούς διαφ. εξισ. με αρχικές συνθήκες + μερική λύση

Μεταβατική απόκριση

+

Μόνιμη απόκριση

φυσική δυναμική + επίδραση εισόδου
από αποθηκευμένη
ενέργεια [εκθετικά]

+

επίδραση εισόδου
[μερική λύση]

Τάξη κυκλώματος: 1^{η} , 2^{η} , ανώτερη (= αριθμός στοιχείων που αποθηκεύουν ενέργεια)

Από 2^{η} ή μεγαλύτερη τάξη: δυνατότητα ταλαντώσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (Γραμμικά χρονικά αμετάβλητα κυκλώματα)

- Η απόκριση μηδενικής διέγερσης είναι γραμμική συνάρτηση της αρχικής κατάστασης
- Η απόκριση μηδενικής κατάστασης είναι γραμμική συνάρτηση της κυματομορφής διέγερσης
- Η απόκριση μηδενικής κατάστασης για μετατοπισμένη διέγερση είναι ίση με τη μετατόπιση της απόκρισης μηδενικής κατάστασης για κανονική διέγερση
- Η απόκριση σε κρουστική διέγερση είναι η παράγωγος της απόκρισης σε βηματική διέγερση

$$h(t) = ds(t)/dt$$

Άλλα θέματα:

- Ισοδύναμα κυκλώματα και απλοποίηση
- Δυναδικότητα
- Τελεστές Δεκτικότητας και Τελεστές Εμπέδησης
- Ευστάθεια—αστάθεια

ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ:

ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

- Ανεξάρτητη από την αρχική κατάσταση του (ευσταθούς) κυκλώματος (οι αρχικές συνθήκες έχουν «ξεχαστεί»)
- Ίδιας συχνότητας με τη διεγείρουσα ημιτονοειδή
- Παραμένει μόνο η μερική λύση της διαφορικής εξίσωσης

Βασικές έννοιες στη μόνιμη κατάσταση:

- Μετασχηματισμός στο πεδίο συχνότητας
- Φάσoras (στρεφόμενο διάνυσμα)
- Σύνθετη Αντίσταση (Εμπέδηση) και Σύνθετη Αγωγιμότητα (Δεκτικότητα)
- Συντονισμός
- Απόκριση συχνότητας/Συνάρτηση κυκλώματος

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Με τους τελεστές εμπέδησης και δεκτικότητας σε συνδυασμό με τις μεθόδους βροχικών εντάσεων και κομβικών τάσεων, αντίστοιχα, μπορούμε να αναλύσουμε οποιοδήποτε κύκλωμα και να υπολογίσουμε την πλήρη απόκρισή του (μεταβατική και μόνιμη κατάσταση) για όποια τάση ή ρεύμα κλάδου μας ενδιαφέρει και για οποιασδήποτε μορφής είσοδο.
- Αν ενδιαφερόμαστε αποκλειστικά για τη μόνιμη κατάσταση σε ημιτονοειδή είσοδο, τότε η παραπάνω ανάλυση μπορεί να απλοποιηθεί σημαντικά με τη μέθοδο των φασόρων.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Προσδιορισμός κατηγορίας κυκλώματος γραμμικότητα, χρονικό αμετάβλητο, τάξη (από τον αριθμό των στοιχείων που αποθηκεύουν ενέργεια), συγκεντρωμένο ή καταναμημένο, κλπ.	Αν η είσοδος είναι ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ και μας ενδιαφέρει ΜΟΝΟ η μόνιμη κατάσταση:
Προσδιορισμός προβλήματος - Απόκριση Μηδενικής Διέγερσης (ΑΜΔ) [μόνο αρχικές συνθήκες] - Απόκριση Μηδενικής Κατάστασης (ΑΜΚ) [μόνο διέγερση] - Πλήρης Απόκριση	
Χαρακτηρισμός διέγερσης (οποιαδήποτε είσοδος αλλά κυρίως βηματική, κρουστική και ημιτονοειδής)	
Προσδιορισμός μεθόδου επίλυσης Κομβικές Τάσεις ή Βροχικές Εντάσεις με χρήση τελεστών δεκτικότητας ή τελεστών εμπεδήσεως (αντίστοιχα). Στόχος η μικρότερη δυνατή διάσταση για το σύστημα που θα προκύψει.	Προσδιορισμός μεθόδου επίλυσης Κομβικές Τάσεις ή Βροχικές Εντάσεις με χρήση Φασόρων
Επίλυση αλγεβ. συστήματος και στη συνέχεια επίλυση (του συστήματος) των διαφορικών εξισώσεων που θα προκύψουν	Επίλυση αλγεβ. συστήματος
Διαχωρισμός της λύσης σε μεταβατικό στάδιο και μόνιμη κατάσταση	Μετασχηματισμός της λύσης στο πεδίο του χρόνου

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Συνοπτικά, για να αναλυθεί ένα κύκλωμα χρειάζεται η εφαρμογή των Νόμων του Kirchhoff και μια σύνδεση μεταξύ τάσης και ρεύματος για κάθε είδος στοιχείου κυκλώματος. Οι μέθοδοι Βροχικών Εντάσεων και Κομβικών Τάσεων επιτυγχάνουν την ταυτόχρονη εφαρμογή και των δυο Νόμων του Kirchhoff ενώ οι τελεστές εμπεδήσεως και οι τελεστές δεκτικότητας συνδέουν την τάση και το ρεύμα σε κάθε στοιχείο κυκλώματος (βλ. και [πίνακα](#)). Στην ειδική περίπτωση της μόνιμης ημιτονοειδούς κατάστασης, η σύνδεση τάσης και ρεύματος επιτυγχάνεται με τους φάσορες των στοιχείων (εμπεδήσεις ή σύνθετες αντιστάσεις και δεκτικότητες ή σύνθετες αγωγιμότητες). Βλ. και [πίνακα](#).