**ΕΝΟΤΗΤΑ 4: Πηνία και Πυκνωτές**

**Στόχος :**Οι σπουδαστές θα κατανοήσουν τη λειτουργία των πηνίων (αποθήκευση ενέργειας μέσω μαγνητικού πεδίου) και των πυκνωτών (αποθήκευση ενέργειας μέσω ηλεκτρικού πεδίου).

**Εισαγωγή**

Στο παρόν μάθημα θα εξετάσουμε δύο βασικά στοιχεία στα ηλεκτρικά κυκλώματα: τα **πηνία** και τους **πυκνωτές**. Και τα δύο αυτά στοιχεία αποθηκεύουν ενέργεια, όμως με διαφορετικούς τρόπους: τα πηνία μέσω του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από το ρεύμα, και οι πυκνωτές μέσω του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των πλακών τους.

**1. Πηνία**

**1.1 Ορισμός και Λειτουργία**

* **Ορισμός:**
Ένα πηνίο αποτελείται από ένα σύρμα το οποίο έχει τυλιχθεί γύρω από έναν πυρήνα (ο οποίος μπορεί να είναι αέρας ή ένα μαγνητικό υλικό). Όταν διαρρέεται από ρεύμα, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του.
* **Βασική Εξίσωση:**
Η επαγωγική τάση που παράγεται όταν αλλάζει το ρεύμα περιγράφεται από τη σχέση:



όπου:

* + VL είναι η επαγωγική τάση,
	+ L η επαγωγή (μετριέται σε Henry, H),
	+ dI/dtο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος.

**1.2 Ιδιότητες και Εφαρμογές**

* **Αποθήκευση Ενέργειας:**
Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα πηνίο δίνεται από τη σχέση:
* **Εφαρμογές:**
Τα πηνία χρησιμοποιούνται σε:
	+ Φίλτρα (χαμηλής και υψηλής διέλευσης),
	+ Ταλαντωτικά κυκλώματα (σε συνδυασμό με πυκνωτές, π.χ. LC κυκλώματα),
	+ Μετασχηματιστές και κυκλώματα διόρθωσης ρεύματος.

**2. Πυκνωτές**

**2.1 Ορισμός και Λειτουργία**

* **Ορισμός:**
Ένας πυκνωτής αποτελείται από δύο αγώγιμες πλάκες χωρισμένες από ένα μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό). Όταν εφαρμόζεται τάση στις πλάκες, συσσωρεύεται φορτίο και δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ τους.
* **Βασική Εξίσωση:**
Η σχέση που συνδέει το φορτίο με την τάση και τη χωρητικότητα είναι:

Q=C×V

όπου:

* + Q είναι το φορτίο (σε Coulomb),
	+ C η χωρητικότητα (σε Farad, F),
	+ V η τάση μεταξύ των πλακών.

**2.2 Ιδιότητες και Εφαρμογές**

* **Αποθήκευση Ενέργειας:**
Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε έναν πυκνωτή δίνεται από τη σχέση:
* **Εφαρμογές:**
Οι πυκνωτές χρησιμοποιούνται για:
	+ Εξομάλυνση τάσης σε τροφοδοτικά (διόρθωση από AC σε DC),
	+ Φίλτρα (για απομόνωση ή διέλευση συγκεκριμένων συχνοτήτων),
	+ Δημιουργία χρονικών καθυστερήσεων στα κυκλώματα.

# 2.3 Σύνδεση Πυκνωτών σε Σειρά και Παράλληλα

## 1. Σύνδεση Πυκνωτών σε Σειρά

Όταν οι πυκνωτές συνδέονται σε σειρά, η συνολική χωρητικότητα μειώνεται, παρόμοια με τις αντιστάσεις σε παράλληλη σύνδεση. Η συνολική χωρητικότητα C\_total δίνεται από την εξίσωση:

1/C\_total = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + ... + 1/Cn

Σε σειρά, η συνολική χωρητικότητα είναι μικρότερη από την μικρότερη χωρητικότητα της σύνδεσης. Όλοι οι πυκνωτές λαμβάνουν το ίδιο ρεύμα, αλλά η τάση διαμοιράζεται σύμφωνα με τις χωρητικότητές τους.

### Παράδειγμα:

Για πυκνωτές C1 = 10μF, C2 = 20μF, C3 = 30μF, η συνολική χωρητικότητα είναι:

1/C\_total = 1/10 + 1/20 + 1/30
1/C\_total = 6/60 + 3/60 + 2/60 = 11/60
C\_total = 60/11 ≈ 5.45μF

## **2. Σύνδεση Πυκνωτών σε Παράλληλη Διάταξη**

Όταν οι πυκνωτές συνδέονται παράλληλα, η συνολική χωρητικότητα είναι το άθροισμα των επιμέρους χωρητικοτήτων:

C\_total = C1 + C2 + C3 + ... + Cn

Σε παράλληλη σύνδεση, η συνολική χωρητικότητα αυξάνεται. Όλοι οι πυκνωτές λαμβάνουν την ίδια τάση, αλλά το συνολικό φορτίο διαμοιράζεται ανάλογα με τις χωρητικότητές τους.

### Παράδειγμα:

Για πυκνωτές C1 = 10μF, C2 = 20μF, C3 = 30μF, η συνολική χωρητικότητα είναι:

C\_total = 10 + 20 + 30 = 60μF

## Συγκριτική Ανάλυση: Σειρά vs. Παράλληλη

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Σύνδεση | Σχέση Χωρητικότητας | Χαρακτηριστικά |
| Σειρά | 1/C\_total = 1/C1 + 1/C2 + ... | Μειώνει τη συνολική χωρητικότητα, κοινό ρεύμα, διαφορετική τάση |
| Παράλληλη | C\_total = C1 + C2 + ... | Αυξάνει τη συνολική χωρητικότητα, κοινή τάση, διαφορετικό φορτίο |

## Συμπέρασμα

Η κατανόηση των συνδέσεων των πυκνωτών είναι ζωτικής σημασίας στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα. Η παράλληλη σύνδεση χρησιμοποιείται για την αύξηση της χωρητικότητας, ενώ η σύνδεση σε σειρά μειώνει τη συνολική χωρητικότητα και επιτρέπει τη διαχείριση υψηλότερων τάσεων.

**3. Συγκριτική Ανάλυση: Πηνία vs. Πυκνωτές**

* **Μηχανισμός Αποθήκευσης Ενέργειας:**
	+ Τα **πηνία** αποθηκεύουν ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από το ρεύμα που διαρρέει το σύρμα.
	+ Οι **πυκνωτές** αποθηκεύουν ενέργεια στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των δύο φορτισμένων πλακών.
* **Αντίδραση σε Μεταβολές:**
	+ Τα **πηνία** αντιστέκονται στις απότομες μεταβολές του ρεύματος.
	+ Οι **πυκνωτές** αντιστέκονται στις αλλαγές της τάσης, απαιτώντας χρόνο για το φόρτιση και την εκφόρτιση.
* **Εφαρμογή σε LC Κυκλώματα:**
Σε κυκλώματα που συνδυάζουν πηνία και πυκνωτές (LC κυκλώματα), η ενέργεια μεταφέρεται από το μαγνητικό πεδίο του πηνίου στο ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή και αντίστροφα, δημιουργώντας ταλαντώσεις σε συγκεκριμένες συχνότητες (συχνότητα συντονισμού).

**Συμπεράσματα**

* Τα **πηνία και οι πυκνωτές** είναι δύο βασικά στοιχεία στα ηλεκτρικά κυκλώματα που επιτρέπουν την αποθήκευση ενέργειας, αλλά λειτουργούν με διαφορετικούς μηχανισμούς.
* Η κατανόηση των χαρακτηριστικών και των εφαρμογών τους είναι ουσιώδης για το σχεδιασμό και την ανάλυση σύνθετων κυκλωμάτων, όπως τα φίλτρα, οι ταλαντωτές και οι μετασχηματιστές.
* Ο συνδυασμός τους σε LC κυκλώματα αποτελεί τη βάση για πολλές εφαρμογές στις ηλεκτρονικές συσκευές και στα συστήματα επικοινωνίας