

Πυκνωτές

Οι πυκνωτές είναι διατάξεις οι οποίες αποθηκεύουν ηλεκτρικό φορτίο.

Χρησιμοποιούνται ως «αποθήκες φορτίου και ενέργειας» που μπορούν να φορτίζονται και μετά να εκφορτίζονται ακαριαία, παρέχοντας μεγάλες ποσότητες ενέργειας με έναν σύντομο παλμό.

Οι πυκνωτές χρησιμοποιούνται για παράδειγμα:

- για τον συντονισμό της συχνότητας των δεκτών ραδιοφώνου,
- ως φίλτρα σε κυκλώματα τροφοδοσίας,
- ως συσκευές αποθήκευσης ενέργειας στα ηλεκτρονικά φλας των φωτογραφικών μηχανών.

Απινιδωτές

- Κατά την καρδιακή μαρμαρυγή, η καρδιά χτυπά πολύ γρήγορα και ακανόνιστα. Μπορεί όμως να επανέλθει στον κανονικό ρυθμό της με μια ταχεία εκφόρτιση ενέργειας.

Από τι αποτελείται ένας πυκνωτής

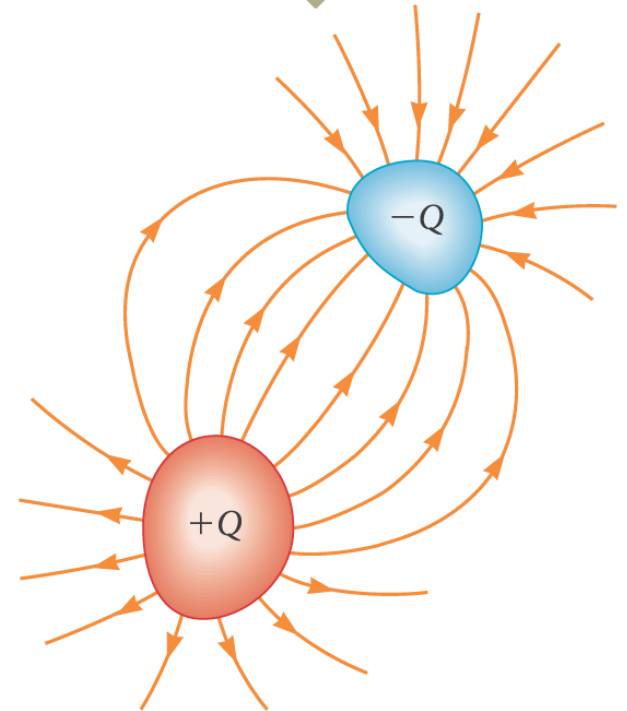
Ο πυκνωτής αποτελείται από δύο αγωγούς. Οι αγωγοί αυτοί ονομάζονται πλάκες ή οπλισμοί.

Όταν ο πυκνωτής είναι φορτισμένος, τότε οι οπλισμοί φέρουν ίσα και αντίθετα φορτία.

Εν γένει: **Δύο μονωμένοι αγωγοί, που φέρουν ίσα και αντίθετα φορτία, αποτελούν ένα πυκνωτή.**

Λόγω του φορτίου, μεταξύ των οπλισμών υπάρχει διαφορά δυναμικού.

Όταν ο πυκνωτής είναι φορτισμένος, οι αγωγοί του φέρουν ίσα και αντίθετα φορτία.



Ορισμός της χωρητικότητας

Η **χωρητικότητα** C ενός πυκνωτή ορίζεται ως ο λόγος της απόλυτης τιμής του φορτίου ενός από τους δύο αγωγούς προς την απόλυτη τιμή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ των αγωγών:

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V}$$

Η χωρητικότητα είναι ένα φυσικό μέγεθος που καθορίζει το φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει ένας πυκνωτής με δεδομένη διαφορά δυναμικού στους οπλισμούς του.

Είναι πάντα θετική ποσότητα και σταθερή: εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ζεύγους των αγωγών.

Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας στο σύστημα SI είναι το **farad** (F). Το farad είναι μεγάλη μονάδα μέτρησης. Στην πράξη οι συνήθεις συσκευές έχουν χωρητικότητα της τάξης των microfarad (μF) και των picofarad (pF).

Κυκλώματα και στοιχεία κυκλωμάτων

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα αποτελούν τη βάση για το μεγαλύτερο μέρος των συσκευών που χρησιμοποιούνται στην κοινωνία μας.

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα αποτελούνται από στοιχεία τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σύρματα.

Ένα τέτοιο στοιχείο κυκλώματος είναι ο πυκνωτής (σε επόμενα κεφάλαια θα δούμε και άλλα στοιχεία).

Σύμβολα των στοιχείων ενός κυκλώματος

Το διάγραμμα ενός κυκλώματος είναι μια απλουστευμένη αναπαράσταση του πραγματικού κυκλώματος.

Παριστάνουμε τα σύρματα του κυκλώματος χρησιμοποιώντας γραμμές

Παριστάνουμε τα διάφορα στοιχεία του κυκλώματος χρησιμοποιώντας σύμβολα.

Συμβολίζουμε τον θετικό πόλο της μπαταρίας με τη μεγαλύτερη από τις δύο γραμμές του συμβόλου της μπαταρίας.

Σύμβολο
πυκνωτή



Σύμβολο
μπαταρίας



Σύμβολο
διακόπτη



Ανοιχτός



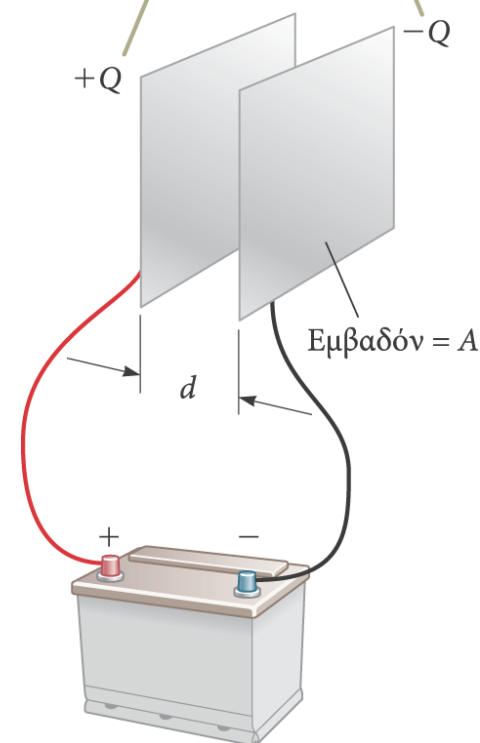
Κλειστός

Πυκνωτής με παράλληλους οπλισμούς

Κάθε οπλισμός συνδέεται με έναν από τους δύο πόλους μιας μπαταρίας. Η μπαταρία αποτελεί πηγή διαφοράς δυναμικού.

- Αν ο πυκνωτής είναι αρχικά αφόρτιστος, τότε μόλις γίνουν οι συνδέσεις, η μπαταρία θα δημιουργήσει ηλεκτρικό πεδίο στα σύρματα σύνδεσης. Αυτό το πεδίο ασκεί μια δύναμη στα ηλεκτρόνια του σύρματος και των οπλισμών.
- Η δύναμη αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να κινηθούν από τον ένα οπλισμό στον άλλο. Η μεταφορά συνεχίζεται μέχρι να φτάσει το σύστημα σε κατάσταση ισορροπίας: μέχρι η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή είναι ίση και αντίθετη με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων της μπαταρίας.
- Μόλις επιτευχθεί αυτή η κατάσταση, παύει να υπάρχει πεδίο στο σύρμα, οπότε τα ηλεκτρόνια σταματούν να κινούνται. Οι οπλισμοί του πυκνωτή είναι τώρα φορτισμένοι.

Όταν ένας πυκνωτής συνδεθεί στους πόλους μιας μπαταρίας, μεταφέρονται ηλεκτρόνια από τον έναν οπλισμό στον άλλο μέσω των συρμάτων και οι οπλισμοί φορτίζονται.

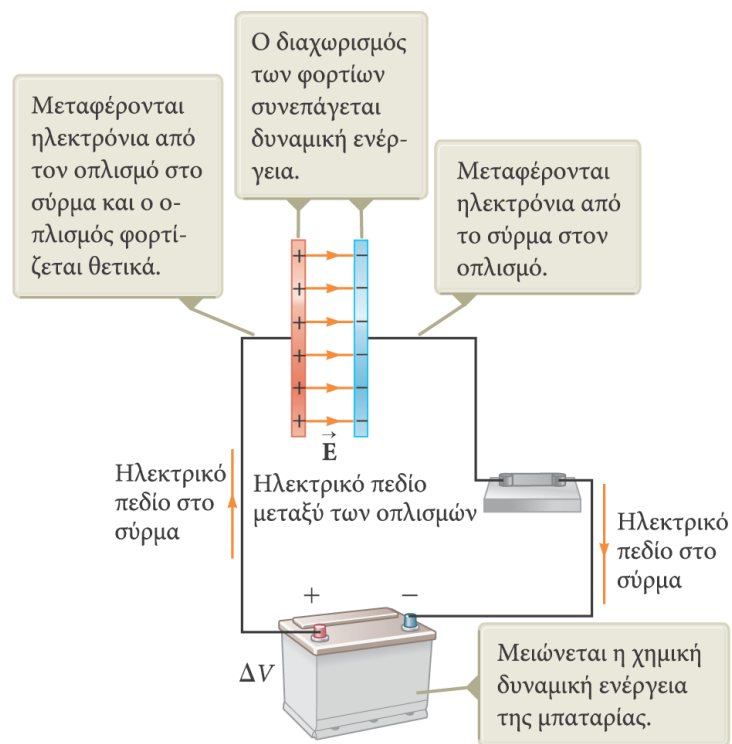


Ενέργεια φορτισμένου πυκνωτή – Σύνοψη

Θεωρούμε το κύκλωμα μπαταρίας-πυκνωτή ως ένα κλειστό σύστημα.

Πριν κλείσουμε τον διακόπτη, η ενέργεια είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία με τη μορφή χημικής ενέργειας. Μόλις κλείσουμε τον διακόπτη, η ενέργεια μετασχηματίζεται από χημική δυναμική ενέργεια σε ηλεκτρική δυναμική ενέργεια. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια οφείλεται στον διαχωρισμό των θετικών και των αρνητικών φορτίων στους οπλισμούς, και άρα δημιουργίας πεδίου μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

Ο πυκνωτής μπορεί να περιγραφεί ως μια διάταξη στην οποία αποθηκεύεται τόσο ενέργεια όσο και φορτίο.



Πυκνωτές με διηλεκτρικά

Τα διηλεκτρικά είναι μη αγώγιμα υλικά, τα οποία όταν τοποθετούνται μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή αυξάνουν τη χωρητικότητά του. Διηλεκτρικά υλικά είναι, μεταξύ άλλων, το καουτσούκ, το γυαλί, και το κηρόχαρτο.

Έστω πυκνωτής με φορτίο Q_0 και χωρητικότητα C_0 . Άρα η τάση στα άκρα του είναι: $\Delta V_0 = Q_0 / C_0$.

Συνδέουμε βολτόμετρο στα άκρα του πυκνωτή και εισάγουμε διηλεκτρικό υλικό που γεμίζει πλήρως τον χώρο μεταξύ των οπλισμών του. Παρατηρούμε ότι τώρα, η τάση στα άκρα του πυκνωτή έχει ελαττωθεί κατά ένα παράγοντα κ , δηλαδή: $\Delta V = \Delta V_0 / \kappa$ ($\kappa > 1$).

Αυτό σημαίνει ότι η χωρητικότητά έχει αυξηθεί: $C = \kappa C_0$ ($\kappa > 1$).

Το κ είναι η διηλεκτρική σταθερά του υλικού (διαφορετικό για διαφορετικά υλικά) .

$\epsilon_0 \equiv$ ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού.

$\kappa \epsilon_0 \equiv$ ηλεκτρική διαπερατότητα του υλικού

Τα πλεονεκτήματα των διηλεκτρικών υλικών:

- Αυξάνουν τη χωρητικότητα.
- Μπορεί να παρέχουν μηχανική στήριξη στους οπλισμούς. Αυτό επιτρέπει τη μείωση της απόστασης μεταξύ των οπλισμών χωρίς να εφάπτονται. Η απόσταση d μεταξύ των οπλισμών μειώνεται και η χωρητικότητα C αυξάνεται.
- Αυξάνουν τη μέγιστη τάση λειτουργίας.

Δεν μπορούμε να μειώσουμε το d ή/και να αυξήσουμε το κ όσο θέλουμε επειδή από κάποιο σημείο και πέρα οι οπλισμοί θα εκφορτισθούν.

Για κάθε πυκνωτή η τάση φόρτισης έχει μία μέγιστη τιμή. Εξαρτάται από τη “διηλεκτρική αντοχή” του υλικού, δηλ. Από το μέγιστο ηλεκτρικό πεδίο που μπορεί να αναπτυχθεί ώστε το διηλεκτρικό να αρχίσει να άγει ρεύμα (και οι οπλισμοί να εκφορτισθούν).

Πριν την εισγωγή του διηλεκτρικού, η αποθηκευμένη ενέργεια στον φορτισμένο πυκνωτή είναι:

$$U_0 = Q_0^2 / 2C_0.$$

Μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού, η ενέργεια είναι:

$$U = Q_0^2 / 2C. \quad \text{Άρα:} \quad U = \frac{U_0}{\kappa}$$

Αφού όμως $\kappa > 1$, η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή αρχικά, μειώνεται.

Άρα, το πεδίο του πυκνωτή παράγαγε έργο. Σε “ποιόν”;

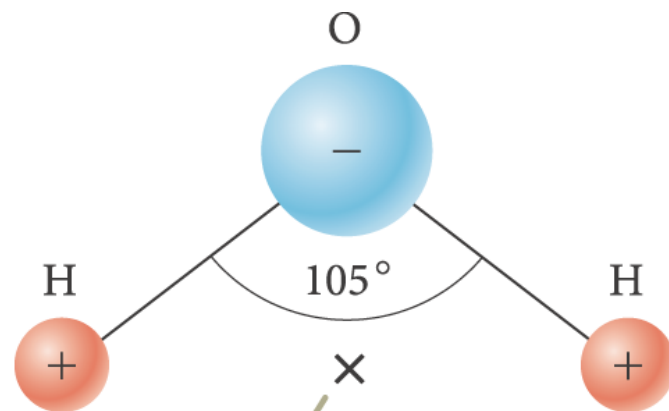
Πολικά και μη πολικά μόρια

Όταν η μέση θέση των αρνητικών φορτίων και η μέση θέση των θετικών φορτίων ενός μορίου δεν ταυτίζονται, τότε λέμε ότι το μόριο είναι **πολωμένο**. **Πολικά μόρια** ονομάζονται τα μόρια στα οποία η κατάσταση αυτή είναι μόνιμη. Τα μόρια που δεν είναι μονίμως πολωμένα ονομάζονται **μη πολικά**.

Το μόριο του νερού είναι ένα παράδειγμα πολικού μορίου.

Το κέντρο του αρνητικού φορτίου βρίσκεται κοντά στο κέντρο του ατόμου του οξυγόνου. Στο σημείο "x" βρίσκεται το κέντρο της κατανομής του θετικού φορτίου.

Οι μέσες θέσεις του θετικού φορτίου και του αρνητικού φορτίου συμπεριφέρονται ως σημειακά φορτία. Επομένως, τα πολικά μόρια μπορούν να μοντελοποιηθούν ως ηλεκτρικά δίπολα.



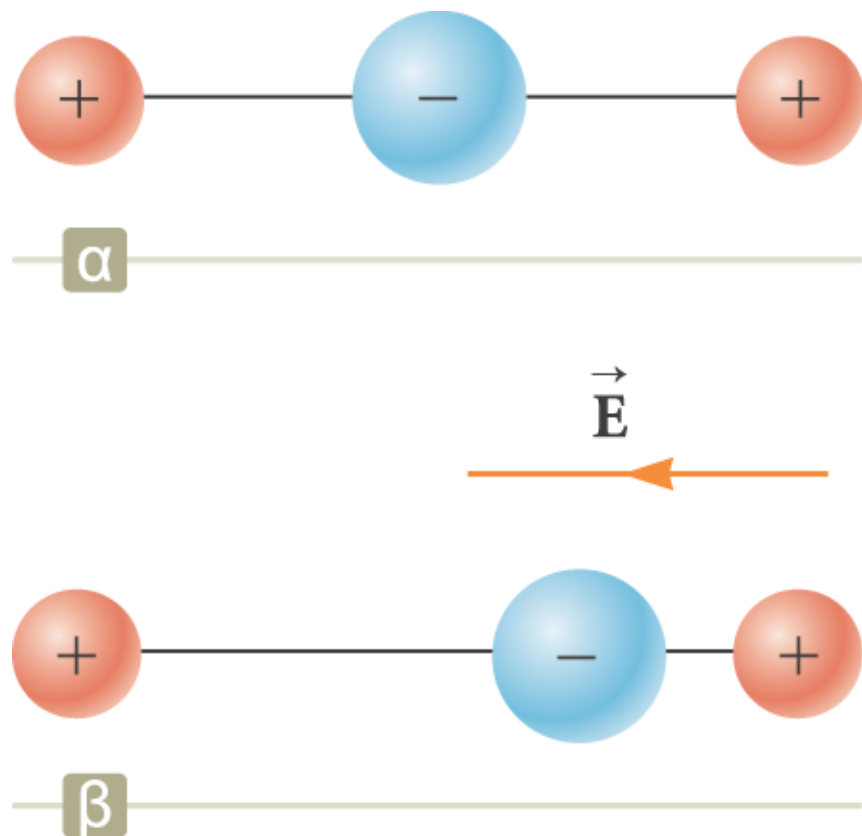
Το κέντρο της κατανομής θετικού φορτίου βρίσκεται στο σημείο X.

Επαγόμενη πόλωση (σε μη πολικά μόρια)

Ένα γραμμικά συμμετρικό μόριο δεν έχει μόνιμη πόλωση (α).

Αν το μόριο εισαχθεί μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο (β), τότε επάγεται πόλωση.

Η επαγόμενη πόλωση κυριαρχεί στα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στους πυκνωτές ως διηλεκτρικά.



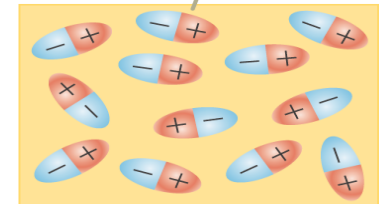
Διηλεκτρικά υλικά – Εξέταση σε ατομικό επίπεδο

Έστω ότι τα μόρια που αποτελούν το διηλεκτρικό υλικό είναι πολωμένα. Όταν δεν υπάρχει εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, ο προσανατολισμός τους είναι τυχαίος.

Εφαρμόζεται ένα εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο. Αν τα μόρια του διηλεκτρικού υλικού είναι μη πολικά, τότε το ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί διαχωρισμό των φορτίων. Τα μόρια συμπεριφέρονται σαν να ήταν πολικά μόρια. Αναπτύσσεται ροπή στα μόρια και τα μόρια ευθυγραμμίζονται μερικώς με το ηλεκτρικό πεδίο.

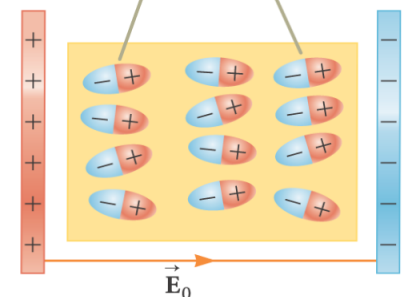
Ο βαθμός ευθυγράμμισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το μέτρο του πεδίου. Γενικά, ο βαθμός ευθυγράμμισης αυξάνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία και όταν αυξάνεται το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου.

Όταν δεν υπάρχει εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, ο προσανατολισμός των πολικών μορίων είναι τυχαίος.



α

Όταν υπάρχει εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, τα μόρια ευθυγραμμίζονται μερικώς με το πεδίο.

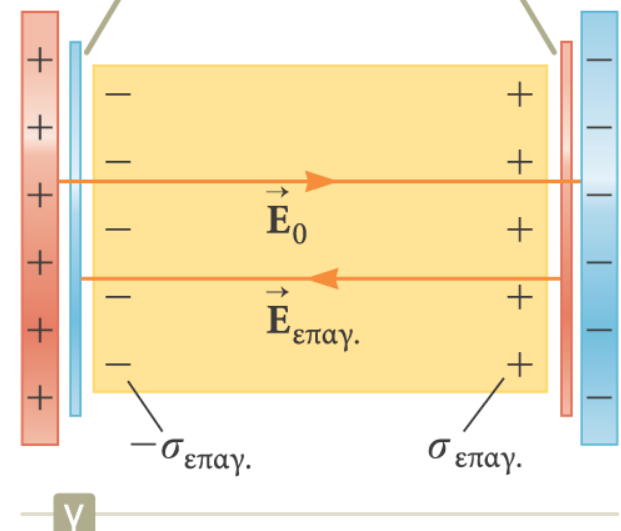


β

Η τελική επίδραση στο διηλεκτρικό είναι η ανάπτυξη ενός επαγόμενου επιφανειακού φορτίου.

Τα φορτισμένα άκρα του διηλεκτρικού υλικού δρουν ως ένα δεύτερο ζεύγος οπλισμών, δημιουργώντας ένα επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο με κατεύθυνση αντίθετη εκείνης του αρχικού ηλεκτρικού πεδίου.

Μοντελοποιούμε τα φορτισμένα άκρα του διηλεκτρικού ως ένα επιπλέον ζεύγος παράλληλων οπλισμών που δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}_{\text{επαγ.}}$ με κατεύθυνση αντίθετη του \vec{E}_0 .



Τύποι πυκνωτών – Σωληνοειδείς πυκνωτές

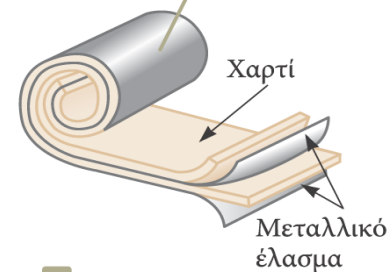
Κατασκευάζονται από μεταλλικά φύλλα τοποθετημένα ανάμεσα σε λεπτά φύλλα από παραφινωμένο χαρτί ή από Mylar, που αποτελούν το διηλεκτρικό υλικό.

Πυκνωτές με μονωτικό έλαιο

Σε πυκνωτές υψηλής τάσης συνήθως χρησιμοποιείται μονωτικό λάδι.

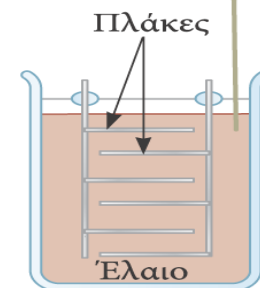
Αποτελούνται από έναν αριθμό διαδοχικών μεταλλικών πλακών εμβαπτισμένων σε έλαιο σιλικόνης.

Σωληνοειδής πυκνωτής, του οποίου οι οπλισμοί διαχωρίζονται μεταξύ τους με χαρτί και μετά τυλίγονται σε σχήμα κυλίνδρου.



α

Πυκνωτής υψηλής τάσης που αποτελείται από πολλές παράλληλες πλάκες, οι οποίες διαχωρίζονται με μονωτικό έλαιο.



β

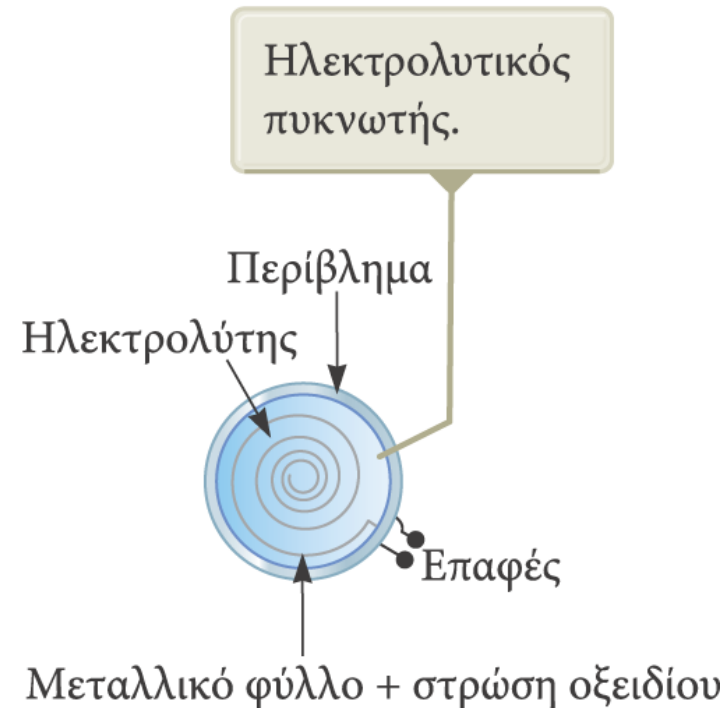
Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές

Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων φορτίου σε σχετικά χαμηλές τιμές τάσης.

Το ηλεκτρολυτικό διάλυμα άγει τον ηλεκτρισμό μέσω της κίνησης των ιόντων που περιέχει. Όταν εφαρμοστεί τάση μεταξύ του φύλλου και του ηλεκτρολύτη, τότε επάνω στο φύλλο σχηματίζεται μια λεπτή στρώση οξειδίου του μετάλλου. Η στρώση αυτή παίζει τον ρόλο του διηλεκτρικού υλικού.

Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές μπορούν να δώσουν πολύ μεγάλες τιμές χωρητικότητας, επειδή η στρώση του διηλεκτρικού είναι πολύ λεπτή και επομένως η απόσταση μεταξύ των οπλισμών πολύ μικρή.

Οι στρώσεις μεταλλικών φύλλων και διηλεκτρικού υλικού συστρέφονται σε σχήμα κυλίνδρου και σχηματίζουν ένα μικρό «πακέτο», το οποίο είναι η τελική μορφή του πυκνωτή.

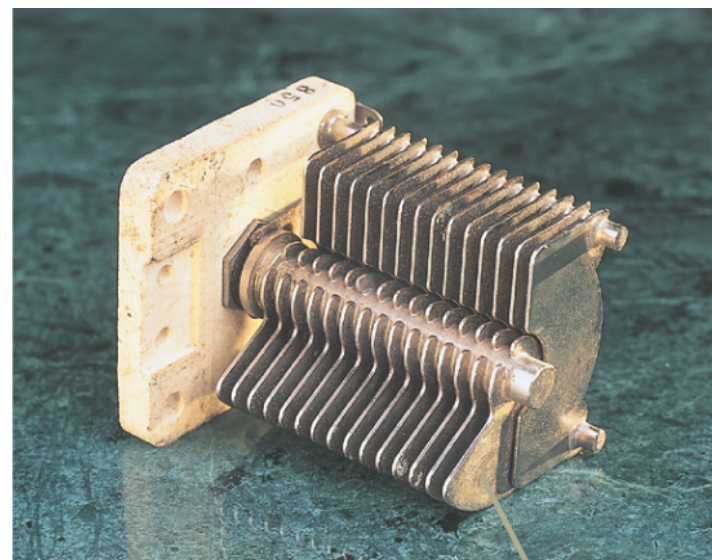


Μεταβλητοί πυκνωτές

Ένας μεταβλητός πυκνωτής αποτελείται από δύο σειρές εναλλασσόμενων μεταλλικών πλακών. Η μία ομάδα πλακών είναι σταθερά στερεωμένη, ενώ η άλλη ομάδα πλακών μπορεί να κινηθεί. Το διηλεκτρικό υλικό είναι αέρας.

Τέτοιοι πυκνωτές έχουν χωρητικότητα από 10 pF έως 500 pF.

Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα συντονισμού συχνοτήτων στο ραδιόφωνο.



Όταν η μία ομάδα μεταλλικών πλακών περιστρέφεται έτσι ώστε να εισχωρήσει στην ομάδα σταθερών πλακών, αλλάζει η χωρητικότητα της συσκευής.