

Ηλεκτροτεχνία-Ηλεκτρονική

Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο



jfasoulas@hmu.gr



- Διδάσκων: Φασουλάς Γιάννης,
Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
- Email: jfasoulas@hmu.gr
- Ώρες γραφείου: Κάθε Πέμπτη 13:00-15:00
στο εργαστήριο «Συστημάτων Ελέγχου και
Ρομποτικής» του Τμήματος Μηχανολόγων
Μηχανικών

Διδασκαλία Θεωρίας: Πέμπτη 15:00-19:00

Εργαστήριο: Τετάρτη 9:00-15:00



Συνοπτικά η ύλη του μαθήματος

Θεωρία

- Βασικές έννοιες ηλεκτρισμού
- Στοιχεία παθητικών Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων
- Ηλεκτρικά κυκλώματα DC και AC
- Βασικοί νόμοι, μέθοδοι και θεωρήματα ανάλυσης ηλεκτρικών κυκλωμάτων
- Ισχύς σε κυκλώματα DC και AC
- Στοιχεία Ηλεκτρονικής (Δίοδοι, τρανζίστορ, ανόρθωση τάσης, Ψαλιδιστές κτλ.),
- Στοιχεία ψηφιακών κυκλωμάτων (Ψηφιακές πύλες και σύνθεση ψηφιακών κυκλωμάτων)

Εργαστήριο

- Βασικά κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος
- Βασικά κυκλώματα με διόδους και ημιαγωγούς
- Εργασίες που θα παραδίνεται κάθε εβδομάδα.
- TinkerCad www.tinkercad.com

3



Στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων

- Τα ομοιώματα είναι κυκλώματα αποτελούμενα από εξιδανικευμένα ηλεκτρικά στοιχεία με γνωστές "καθαρές" ιδιότητες.

<u>αντιστάτης</u>	<u>ομοίωμα</u>	<u>πηγή τάσης</u>	<u>ομοίωμα</u>
			
<u>πηνίο</u>	<u>ομοίωμα</u>	<u>Τρανζίστορ</u>	<u>ομοίωμα</u>
			

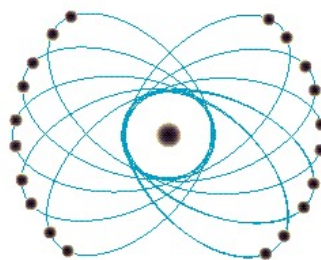


Βασικά ηλεκτρικά μεγέθη – μονάδες

Ηλεκτρικό φορτίο

Σύμφωνα με τη φυσική το ηλεκτρικό φορτίο είναι χαρακτηριστικό των στοιχειωδών σωματιδίων της ύλης. Το μικρότερο σωματίδιο με αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο είναι το **ηλεκτρόνιο**.

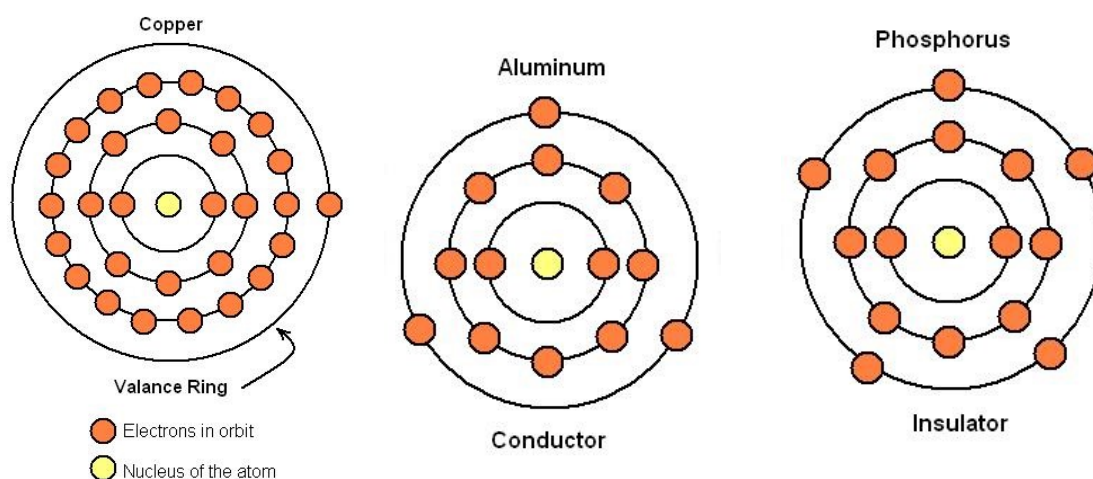
Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο διεθνές σύστημα (SI) είναι το *Coulomb*, που ισούται με το συνολικό φορτίο $6,2 \cdot 10^{18}$ ηλεκτρονίων, δηλαδή το φορτίο ενός ηλεκτρονίου είναι κατά προσέγγιση $1,602 \cdot 10^{-19}$ C.



7



Δομή της ύλης, Αγωγοί, Μονωτές



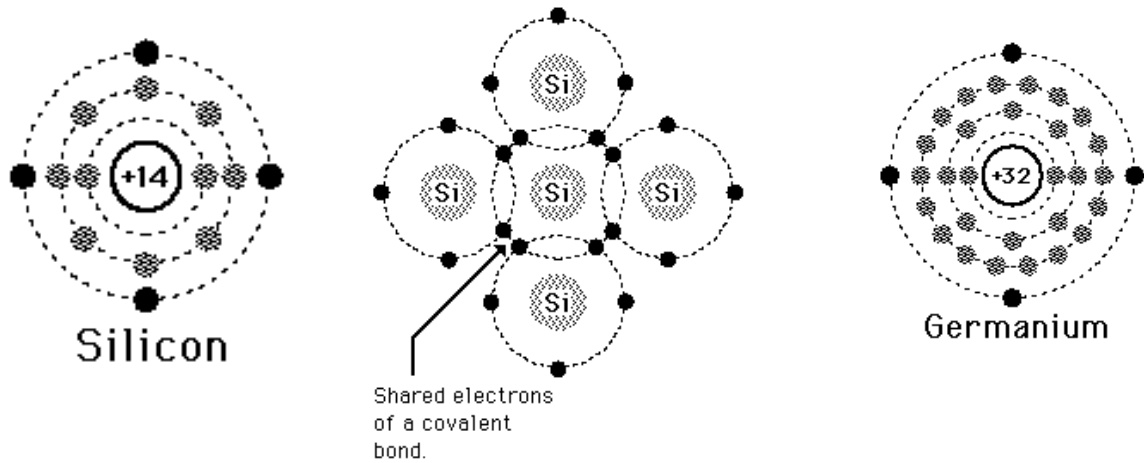
<https://www.youtube.com/watch?v=gUmDVe6C-BU>



8



Ημιαγωγοί



9



Ο νόμος του Coulomb

- Ο χώρος στον οποίο ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε οποιοδήποτε φορτίο βρίσκεται μέσα σε αυτόν ονομάζεται **ηλεκτρικό πεδίο**.
- Οι δυνάμεις μεταξύ ομώνυμων φορτίων είναι απωστικές ενώ οι δυνάμεις μεταξύ ετερόνυμων φορτίων είναι ελκτικές
- Η δύναμη αυτή υπολογίζεται από την σχέση:

$$F_e = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

10



Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου

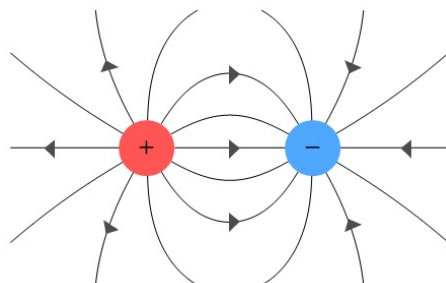
Ο χώρος γύρω από ένα ηλεκτρικό φορτίο επηρεάζεται από την παρουσία του και δημιουργείται ένα ανυσματικό πεδίο δυνάμεων που ονομάζεται **ηλεκτρικό πεδίο**.

Η ένταση $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου σ' ένα σημείο του ορίζεται ως η δύναμη που εξασκείται στη μονάδα του θετικού φορτίου q που βρίσκεται σ' αυτό το σημείο και ορίζεται από τη σχέση:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \cdot \frac{|Q|}{r^2} \cdot q}{q} \rightarrow E = k \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$

Η μονάδα έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σύστημα SI είναι το Newton/C ή το Volt/m.¹¹



Λειτουργήσε η πλατφόρμα <https://edupass.gov.gr> όπου θα πρέπει να μπούμε να δηλώσουμε τα στοιχεία που απαιτούνται. Παρακαλώ να ενημερωθούν διδάσκοντες και φοιτητές.



Ηλεκτρικό δυναμικό – Διαφορά δυναμικού

- Για την μετατόπιση κάποιου φορτίου μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο πρέπει να δαπανηθεί ενέργεια.
- Η ενέργεια W για την μετακίνηση του φορτίου από ένα σημείο 1 στο σημείο 2 είναι το άθροισμα του γινομένου της δύναμης F επί την μετατόπιση dx :

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 F dx = \int_1^2 Eq dx \quad (\text{joule})$$

- Η διαφορά δυναμικού ή τάση μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 ορίζεται ως το έργο που παράγεται ανά μονάδα φορτίου:

$$V_{1 \rightarrow 2} = \frac{W_{1 \rightarrow 2}}{q} \quad (\text{Volt}) = (\text{Joule/Coulomb})$$

- Η διαφορά δυναμικού δεν εξαρτάται από την διαδρομή, αλλά μόνο από το αρχικό και τελικό σημείο.

13

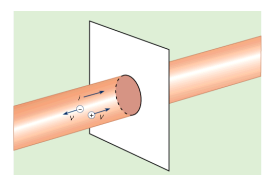


Ηλεκτρικό ρεύμα

- Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα σε ένα μέσο.
- Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος ορίζεται ως το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο που περνά μέσα από μια διατομή του μέσου στην μονάδα του χρόνου:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (A)$$

- Η αιτία που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η διαφορά δυναμικού.
- ✓ Αν $V = \text{σταθερή}$ έχουμε συνεχές ρεύμα
- ✓ Αν $V = \text{μεταβαλλόμενη}$ έχουμε μεταβαλλόμενο ρεύμα
- ✓ Αν $V = \text{ημιτονοειδές}$ έχουμε εναλλασσόμενο ρεύμα



16



Ιδανικά στοιχεία κυκλώματος

Η περιγραφή ηλεκτρικών συσκευών και κυκλωμάτων με κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα, που αποτελούνται από ορισμένα ιδανικά στοιχεία, με γνωστές "**καθαρές**" ιδιότητες, βοηθά στην απλοποίηση και κατανόηση της λειτουργίας του πραγματικού συστήματος. Τα ιδανικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: α) στα **παθητικά** στοιχεία κυκλώματος και β) στα **ενεργητικά ή ενεργά** στοιχεία κυκλώματος.

Κύρια παθητικά στοιχεία κυκλώματος:

Αντιστάτης, Πυκνωτής, Πηνίο

Ενεργητικά οι ενεργά στοιχεία κυκλώματος

Ανεξάρτητη πηγή τάσης, Ανεξάρτητη πηγή ρεύματος, Τρανζίστορ, Τελεστικός ενισχυτής.

18



Αντιστάτης, ή αντίσταση, ή ωμικό φορτίο



Ο αντιστάτης είναι ένα στοιχείο, για το οποίο ισχύει ο νόμος του Ohm:

$$i = \frac{v}{R}, i = G \cdot u, G = \frac{1}{R}$$

Οι μονάδες στο σύστημα SI είναι για την αντίσταση το Ohm (Ω) και για την **Αγωγιμότητα G** το Siemens (S) ($1S=1\Omega^{-1}$)

$$p(t) = v \cdot i = R \cdot i^2 = \frac{v^2}{R}$$

Ο νόμος του Ohm προϋποθέτει αντίσταση R σταθερή, ανεξάρτητη του χρόνου t , της τάσης u και του ρεύματος i . Συνεπώς η σχέση που συνδέει τη τάση και το ρεύμα είναι μια ευθεία γραμμή

Η ενέργεια που δαπανάται πάνω στην αντίσταση μετατρέπεται σε θερμότητα

19



Η ωμική αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από τις διαστάσεις του και από το υλικό του, και δίνεται από τη σχέση:

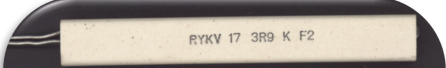
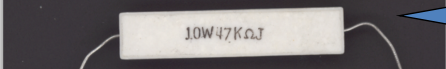
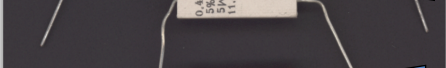
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

όπου l και S είναι το μήκος και η διατομή του αγωγού αντίστοιχα. Ο συντελεστής ρ ονομάζεται ειδική αντίσταση του υλικού και εξαρτάται κυρίως από το υλικό καθώς επίσης και από άλλες παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία. Η μονάδα του ρ στο σύστημα SI είναι το $\Omega \cdot m$. Στους αγωγούς, επειδή η διατομή τους εκφράζεται συνήθως σε mm^2 , χρησιμοποιείται στην πράξη η μονάδα $\Omega \cdot mm^2/m$.

20



Κατηγορίες αντιστάσεων

	↔	17W	3.9Ω	±10%
	↔	10W	47KΩ	±5%
	↔	5W	0.47Ω	±5%
	↔	3W	68KΩ	±5%
	↔	2W	68Ω	±5%
	↔	1/2W	560KΩ	±5%
	↔	1/4W	2.2KΩ	±1%
	↔	1/8W	22KΩ	±0.5%

21



Κατηγορίες αντιστάσεων

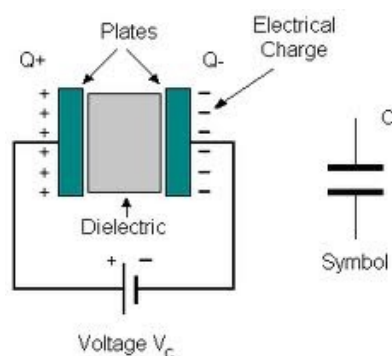
- **Σταθερές ή γραμμικές** (η τιμή τους έχει ορισθεί από τον κατασκευαστή)
- **Μεταβλητές** (ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει την τιμή τους σε προκαθορισμένα όρια)
- **Μεταβαλλόμενες ή μη γραμμικές** (η τιμή τους μεταβάλλεται συναρτήσει άλλου φυσικού μεγέθους π.χ. θερμοκρασία, φως, τάση, μαγνητισμός κ.α.)

22



Πυκνωτής, ή χωρητικό φορτίο

- Πυκνωτής λέγεται το στοιχείο που σχηματίζεται από **δύο αγωγίμες πλάκες** (οπλισμούς) που χωρίζονται μεταξύ τους με κάποιο μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό).
- Μπορεί να συγκρατεί ηλεκτρικό φορτίο όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα του. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται **χωρητικότητα**.



23

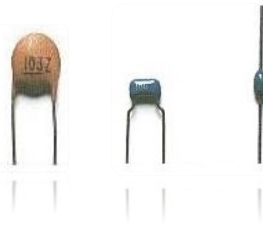


Είδη πυκνωτών εμπορίου

Ηλεκτρολυτικοί



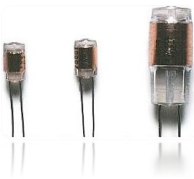
Κεραμικοί



Τανταλίου



Φιλμ πολυστερίνης



Πολυεστερικού φιλμ



Πολυπροπυλενίου



Διπλής στρώσης (Super Capacitors)



Μίκας



24



Για ένα γραμμικό και σταθερό με το χρόνο πυκνωτή ισχύει:

$$C = \frac{q}{u}$$

ο συντελεστής C είναι σταθερός και καλείται **χωρητικότητα** του πυκνωτή. Μονάδα της χωρητικότητας είναι το *Farad (F)* και είναι ίσο με *Coulomb/Volt* (συνήθως στην πράξη χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια του F , όπως mF , μF , nF και pF).

Οι σχέσεις που συνδέουν την ένταση του ρεύματος και την τάση ενός πυκνωτή δίνονται από:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du}{dt} \quad \text{και} \quad u(t) = u(0) + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i(\tau) \cdot d\tau$$



Στον πυκνωτή αποθηκεύεται ενέργεια με την μορφή Ηλεκτρικού πεδίου

Η ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή, εφόσον ο ιδανικός πυκνωτής δεν καταναλώνει ενέργεια, είναι ίση με την ενέργεια η οποία δαπανήθηκε για να φτάσει ο πυκνωτής από μια, για παράδειγμα, αφόρτιστη κατάσταση σε μια κατάσταση φόρτισης με φορτίο $q(t)$ και τάση $u(t)$. Συνεπώς:

$$W(t)_c = \int_0^t u \cdot i \cdot d\tau = \int_0^t u \cdot C \cdot \frac{du}{d\tau} \cdot d\tau = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$$

26



Πηνίο, ή επαγωγικό φορτίο

Για ένα γραμμικό και σταθερό με το χρόνο πηνίο ισχύει:

$$u(t) = L \cdot \frac{di}{dt} \quad \text{και} \quad i(t) = i(0) + \frac{1}{L} \cdot \int_0^t u(\tau) d\tau$$

όπου L ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου. Η μονάδα της αυτεπαγωγής είναι το *henry (H)* και ισούται με $V \cdot sec/A$ ή Wb/A

$$\text{Νόμος του Faraday} \quad u(t) = \frac{d\Phi}{dt}$$

Συνολική Μαγνητική ροή $\Phi(t)$ εκφρασμένη σε Weber $\Phi(t) = L \cdot i$

27



Το πηνίο αποθηκεύει ενέργεια με τη μορφή μαγνητικού πεδίου

α) το ρεύμα στο πηνίο εξαρτάται από την αρχική του τιμή $i(0)$, καθώς επίσης και από όλες τις τιμές της τάσεως, από την αρχική στιγμή μέχρι τη χρονική στιγμή t και β) εάν το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο είναι σταθερό (ανεξάρτητο του χρόνου), τότε η τάση στο πηνίο είναι μηδενική και συνεπώς το πηνίο δρα ως βραχυκύκλωμα.

Η ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στο μαγνητικό πεδίο ενός πηνίου δίνεται από τη σχέση:

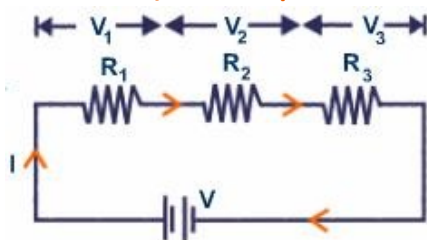
$$W(t)_c = \int_0^t u \cdot i \cdot d\tau = \int_0^t i \cdot L \cdot \frac{di}{d\tau} \cdot d\tau = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Phi^2}{L}$$

28



Σύνδεση στοιχείων σε σειρά και παράλληλα

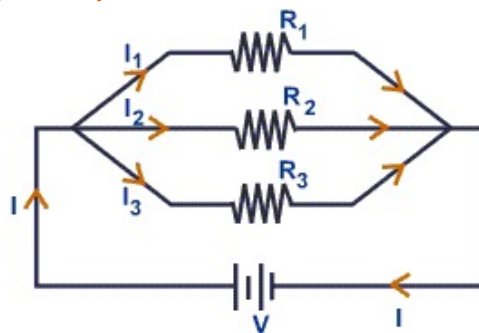
Αντιστάσεις σε σειρά:



$$V = \sum_{i=1}^n (I_i R_i) = I \sum_{i=1}^n (R_i) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V}{I} = \sum_{i=1}^n (R_i) \Rightarrow R_{ol} = \sum_{i=1}^n (R_i), n = 3$$

Αντιστάσεις παράλληλα:



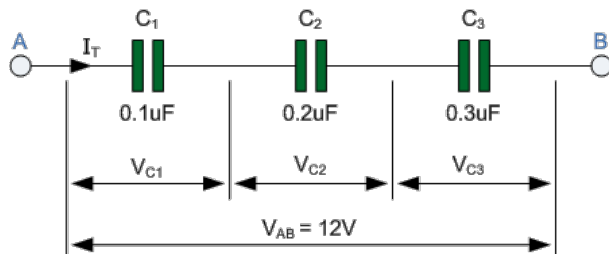
$$I = \sum_{i=1}^n (I_i) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V}{R_i} \right) \Rightarrow \frac{V}{R_{ol}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V}{R_i} \right) \Rightarrow \frac{1}{R_{ol}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{R_i} \right), n = 3$$

29

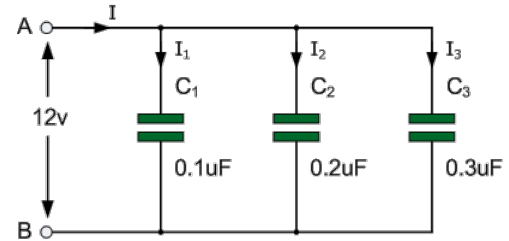


Σύνδεση Πυκνωτών

Πυκνωτές σε σειρά



Πυκνωτές παράλληλα



$$C_{ol} = \sum_{i=1}^n (C_i)$$

$$V(t) = V_{c1}(t) + V_{c2}(t) + \dots + V_{cn}(t) \Rightarrow$$

$$\frac{1}{C_{ol}} \int_0^t i(\tau) d\tau = \frac{1}{C_1} \int_0^t i(\tau) d\tau + \frac{1}{C_2} \int_0^t i(\tau) d\tau + \dots + \frac{1}{C_n} \int_0^t i(\tau) d\tau \Rightarrow$$

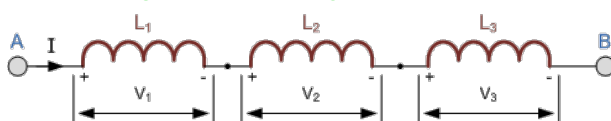
$$\frac{1}{C_{ol}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{C_i} \right), n = 3$$

30

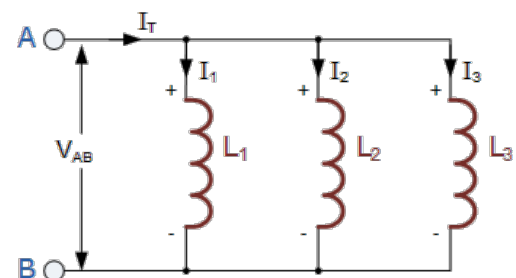


Σύνδεση Πηνίων

Πηνία σε σειρά



Πηνία παράλληλα



$$V(t) = V_{L1}(t) + V_{L2}(t) + \dots + V_{Ln}(t) \Rightarrow$$

$$\frac{L_{ol} d(i)}{dt} = \frac{L_1 d(i)}{dt} + \frac{L_2 d(i)}{dt} + \dots + \frac{L_n d(i)}{dt} \Rightarrow$$

$$L_{ol} = \sum_{i=1}^n (L_i), n = 3$$

$$\frac{1}{L_{ol}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_i} \right), n = 3$$

31