

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ & ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Διδάσκων : Δημήτρης Τσιπιανίτης

Γεώργιος Μανδέλλος

Επιμέλεια : Δημήτρης Τσιπιανίτης

ΠΑΤΡΑ 2018

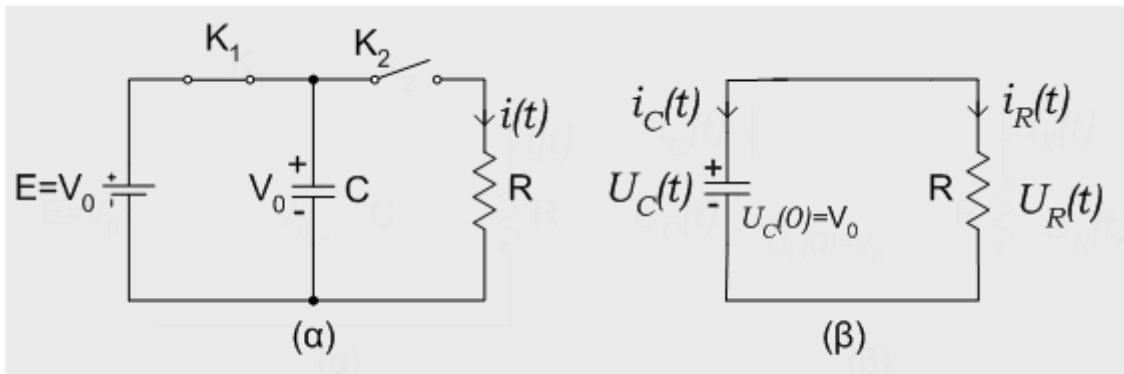
Μέρος A (Διάρκεια Πειράματος 60')

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RC

Αντικείμενο της άσκησης αυτής είναι η πειραματική παρατήρηση και μελέτη του φαινομένου της φόρτισης και εκφόρτισης πυκνωτή με τη βοήθεια του παλμογράφου.

θ

Στο κύκλωμα του Σχ.1α, ο πυκνωτής C φορτίζεται στην τάση V_0 μέσω μιας πηγής σταθερής τάσης. Τη στιγμή $t=0$ ο διακόπτης K_1 ανοίγει και συγχρόνως ο διακόπτης K_2 κλείνει. Συνεπώς ο φορτισμένος πυκνωτής αποσυνδέεται από τη πηγή και συνδέεται με τη γραμμική αντίσταση R τη στιγμή $t=0$ όπως φαίνεται στο Σχ.1β. Οι εξισώσεις που περιγράφουν τη συμπεριφορά του κυκλώματος είναι οι εξής:



Σχ.1. Κύκλωμα φόρτισης/εκφόρτισης πυκνωτή

$$U_C(t) = U_R(t) \quad t \geq 0 \quad (1)$$

$$i_C(t) + i_R(t) = 0 \quad t \geq 0 \quad (2)$$

$$U_R = R \cdot i_R \quad (3)$$

$$i_C(t) = C \frac{dU_C}{dt} \quad (4)$$

$$U_C(0) = V_0 \quad (5)$$



$$U_C(t) = V_0 + \frac{1}{C} \int_0^t i_C(t') dt' \quad (6)$$

$$C \frac{dU_C}{dt} = i_C = -i_R = -\frac{U_R}{R} = -\frac{U_C}{R} \quad \text{και} \quad U_C(0) = V_0 \quad (7)$$

$$C \frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{R} = 0 \quad t \geq 0 \quad \text{και} \quad U_C(0) = V_0 \quad (7')$$

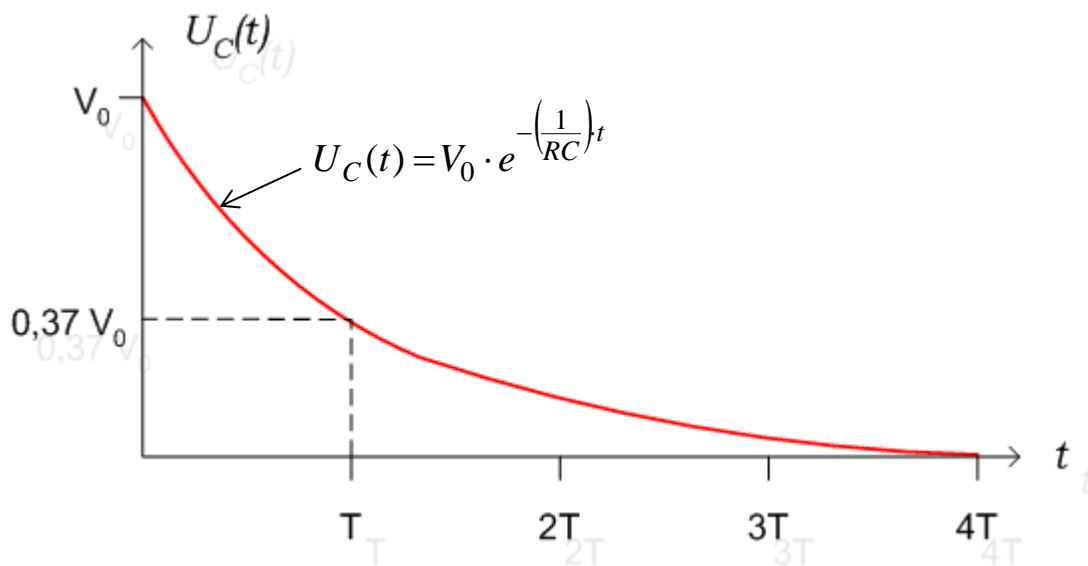
Η (7') είναι μία πρώτης τάξης γραμμική ομογενής διαφορική εξίσωση με σταθερούς συντελεστές. Η λύση της είναι εκθετική, της μορφής,

$$U_C(t) = K \cdot e^{S_0 t}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις αρχικές συνθήκες έχουμε,

$$U_C(t) = V_0 \cdot e^{-\left(\frac{1}{RC}\right) \cdot t} \quad t \geq 0$$

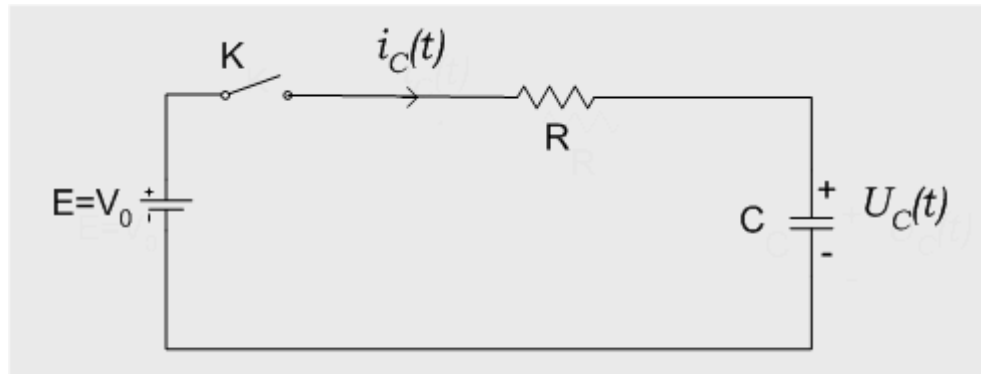
Η γραφική παράσταση της λύσης φαίνεται στο Σχ.2 όπου T είναι η σταθερά του κυκλώματος.



Σχ.2. Καμπύλη εκφόρτισης πυκνωτή.

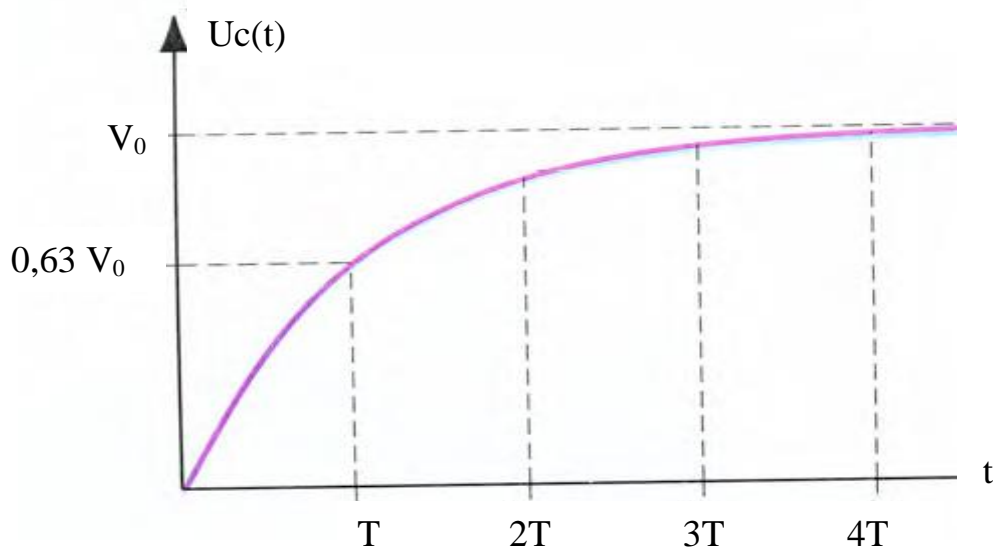
Παρατηρούμε ότι για $t=T$ έχουμε τάση ίση με το 37% της αρχικής τιμής, ενώ για $t=4T$ έχουμε πρακτικά εκφόρτιση του πυκνωτή.

Στο κύκλωμα του Σχ.3 έχουμε φόρτιση του πυκνωτή όταν κλείσει ο διακόπτης Κ. Για την τάση $U_C(t)$ έχουμε,



Σχ.3. Κύκλωμα φόρτισης πυκνωτή.

$$U_C(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ V_0(1 - e^{-t/T}) & t \geq 0 \end{cases} \quad \text{όπου } T = RC$$



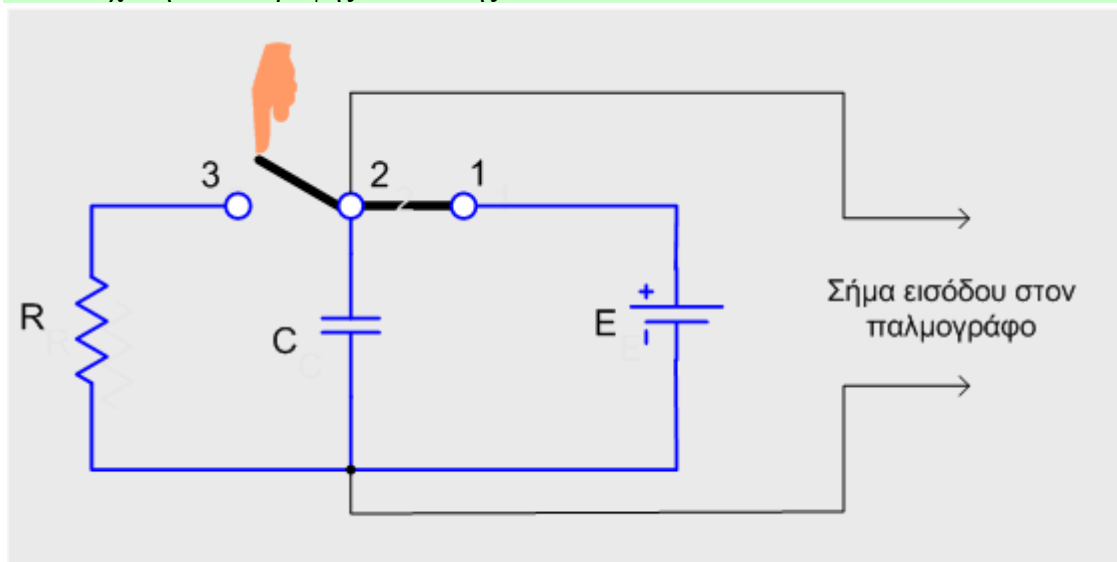
Σχ.4. Καμπύλη φόρτισης πυκνωτή.

Παρατηρούμε ότι για $t=T$ έχουμε τάση ίση με το 63% της αρχικής τιμής, ενώ για $t=4T$ έχουμε πρακτικά φόρτιση του πυκνωτή.



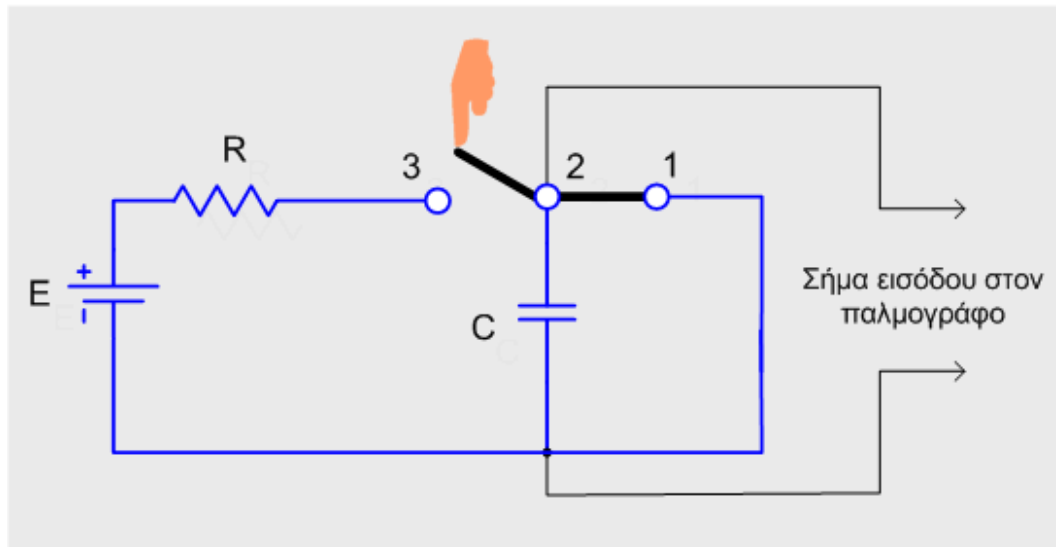
Πειραματική Διάταξη - Μετρήσεις

1. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του Σχ.4 και ρυθμίστε την τάση της πηγής στα 6V. Στον παλμογράφο ρυθμίστε την οριζόντια σάρωση στα 0.2 Sec/div και την ενίσχυση κατακόρυφης απόκλισης στα 2 Volts/div.



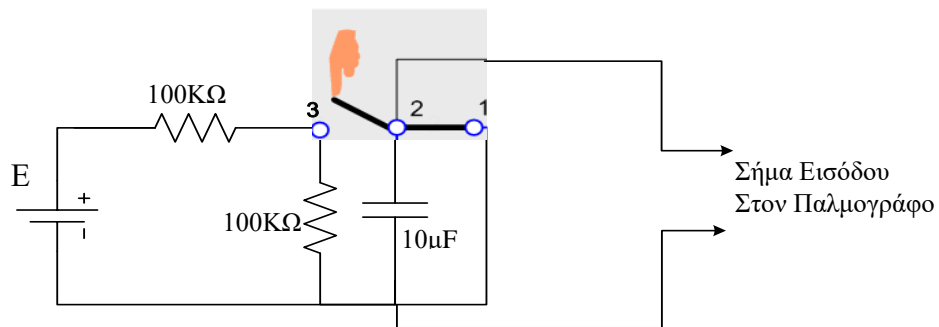
Σχ.4. Κύκλωμα εκφόρτισης με διακόπτη μεταγωγής

2. Μετρήστε το χρόνο εκφόρτισης του πυκνωτή για
 - α) $C=1\mu\text{F}$ και $R=200\text{K}\Omega$ και $400\text{K}\Omega$.
 - β) $C=10\mu\text{F}$ και $R=20\text{K}\Omega$ και $40\text{K}\Omega$
 - γ) Για $C=10\mu\text{F}$ και $R=100\text{K}\Omega$ σχεδιάστε την καμπύλη εκφόρτισης αν μετά από χρόνο T (όπου $T=RC$) από την αρχή της εκφόρτισης μηδενίσουμε την αντίσταση.
3. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του Σχ.5 με την ίδια τάση πηγής και τις ίδιες ρυθμίσεις στον παλμογράφο. Μετρήστε το χρόνο φόρτισης του πυκνωτή καθώς επίσης σημειώστε την τελική τιμή της τάσης στην οποία φορτίζεται ο πυκνωτής. Ισούται με την τάση της πηγής;
 - α) $C=1\mu\text{F}$ και $R=200\text{K}\Omega$ και $400\text{K}\Omega$.
 - β) $C=10\mu\text{F}$ και $R=20\text{K}\Omega$ και $40\text{K}\Omega$
 - γ) Για $C=10\mu\text{F}$ και $R=100\text{K}\Omega$ σχεδιάστε την καμπύλη φόρτισης αν μετά από χρόνο T (όπου $T=RC$) από την αρχή της φόρτισης μηδενίσουμε την αντίσταση.



Σχ.5. Κύκλωμα φόρτισης πυκνωτή.

4. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του Σχ.6 με την ίδια τάση πηγής και τις ίδιες ρυθμίσεις στον παλμογράφο. Μετρήστε το χρόνο φόρτισης του πυκνωτή καθώς επίσης σημειώστε την τελική τιμή της τάσης στην οποία φορτίζεται ο πυκνωτής.

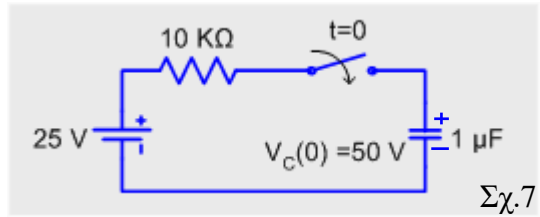


Σχ. 6. 2ο Κύκλωμα Φόρτισης πυκνωτή.

Επεξεργασία Μετρήσεων



1. Σχεδιάστε σε κοινούς άξονες τάσης-χρόνου τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο (2)α,β,γ (3)α,β,γ και (4).
2. Σχεδιάστε σε κοινούς άξονες τάσης-χρόνου τις αντίστοιχες θεωρητικές καμπύλες.
3. Σχολιάστε τις διαφορές/ομοιότητες των πειραματικών και θεωρητικών καμπυλών.
4. Σχεδιάστε την τάση $U_C(t)$ για το κύκλωμα του Σχ.7 αν ο διακόπτης κλείσει τη χρονική στιγμή $t=0$ και η αρχική τάση στον πυκνωτή είναι $U_C(0) = 50V$.



Μέρος Β (Διάρκεια Πειράματος 60')

θ

ΑΝΟΡΘΩΣΗ - ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ

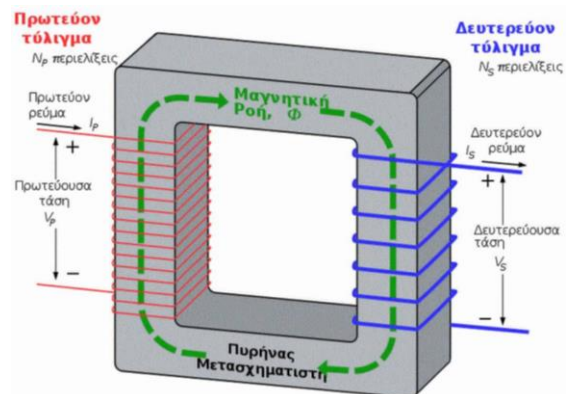
Συνοπτική Θεωρία Μετασχηματιστή

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρικές διατάξεις που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενός επιπέδου τάσης σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια διαφορετικού επιπέδου τάσης με τη βοήθεια του μαγνητικού πεδίου. Οι μετασχηματιστές δεν έχουν κινούμενα μέρη για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης γι' αυτό και συχνά αντιμετωπίζονται ως ηλεκτρικές μηχανές. Κατασκευαστικά, αποτελούνται από δύο τυλίγματα, το πρωτεύον τυλίγμα και το δευτερεύον, τα οποία είναι περιελιγμένα γύρω από ένα μαγνητικό κύκλωμα που ονομάζεται πυρήνας του Μετασχηματιστή. Όπως και στην περίπτωση των ηλεκτρικών μηχανών ο πυρήνας κατασκευάζεται από πολλά ελάσματα σιδηρομαγνητικού υλικού για τον περιορισμό των απωλειών. Το τυλίγμα που συνδέεται με την υψηλότερη τάση αποτελείται από πολλές σπείρες, ενώ αντίθετα το τυλίγμα που συνδέεται με τη χαμηλότερη τάση αποτελείται από λιγότερες σπείρες.

Η λειτουργία του Μετασχηματιστή βασίζεται στο φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής, όπου τροφοδοτώντας με εναλλασσόμενη τάση το πρωτεύον πηνίο το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί τάση στο δευτερεύον (αμοιβαία επαγωγή).

Η επαγόμενη τάση στο δευτερεύον, εξαρτάται από το λόγο περιελίξεων του πρωτεύοντος προς το δευτερεύον πηνίο.

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$



Όπου

U_1, U_2 : Τάση στο πρωτεύον και στο δευτερεύον

N_1, N_2 : Αριθμός σπειρών στο πρωτεύον και στο δευτερεύον

I_1, I_2 : Ρεύμα στο πρωτεύον και στο δευτερεύον

Η Ισχύς του Μετασχηματιστή δίνεται από τον τύπο $S = U * I$ και η μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι το βολταμπέρ (UI).

Είδη Μετασχηματιστών:

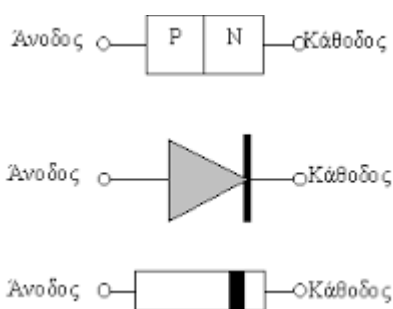
Υποβιβασμού Τάσης, λέγεται ο Μετασχηματιστής στον οποίο η τάση εισόδου U_1 είναι μεγαλύτερη από την τάση εξόδου U_2 , δηλ. $n > 1$.

Ανύψωσης τάσης λέγεται ο Μετασχηματιστής στον οποίο η τάση εισόδου U_1 είναι μικρότερη από την τάση εξόδου U_2 , δηλ. $n < 1$.

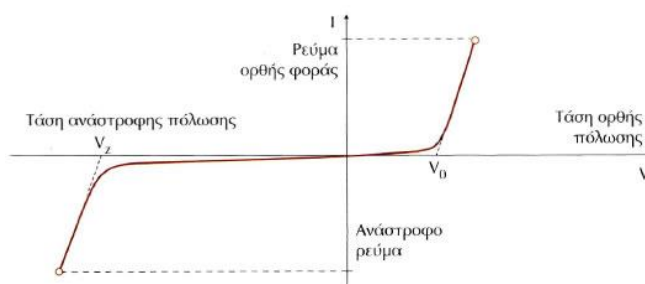
Μετασχηματιστής προστασίας, λέγεται ο μετασχηματιστής όπου η τάση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι ίδιες δηλ. ο λόγος είναι 1:1 και χρησιμοποιούνται για την προστασία από ηλεκτροπληξία.

Συνοπτική Θεωρία Διόδου

Η συνηθισμένη ωμική αντίσταση αποτελεί γραμμική διάταξη επειδή η γραφική παράσταση του ρεύματος της σε σχέση με την τάση είναι μια ευθεία γραμμή. Η διόδος διαφέρει, αποτελεί μη γραμμική διάταξη παρουσιάζοντας σχετικά μικρή αντίσταση στη ροή του ρεύματος στη μία κατεύθυνση και πολύ μεγάλη αντίσταση στην άλλη. Η γραφική παράσταση του ρεύματος της σε σχέση με την τάση δεν σχηματίζει ευθεία γραμμή και ο λόγος είναι το φράγμα δυναμικού της. Όταν η τάση της διόδου είναι μικρότερη από το φράγμα δυναμικού της τότε το ρεύμα είναι μικρό, ενώ αντίθετα όταν η τάση στα άκρα της υπερβεί τι φράγμα τότε το ρεύμα της διόδου αυξάνεται γρήγορα.

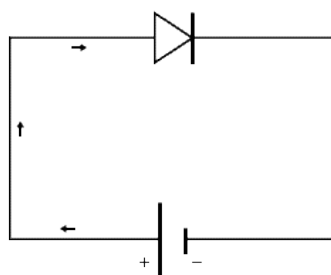


Σχηματικό σύμβολο Διόδου

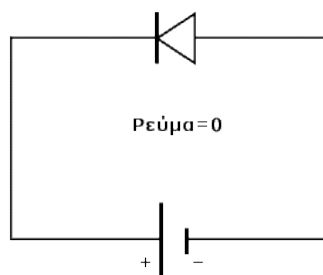


Καμπύλη Διόδου

Στη χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος τάσης όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα φαίνονται οι δύο περιοχές λειτουργίας της διόδου: η ορθή περιοχή στην οποία η διόδος άγει στην οποία παρατηρείται και η μη γραμμικότητα τάσης – ρεύματος και η ανάστροφη περιοχή στην οποία η διόδος δεν άγει και το ρεύμα αποκόπτεται.



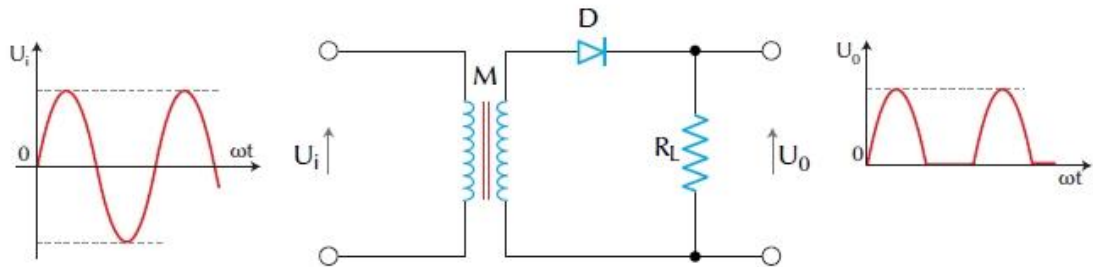
Ορθή πόλωση Διόδου



Ανάστροφη πόλωση Διόδου

θ

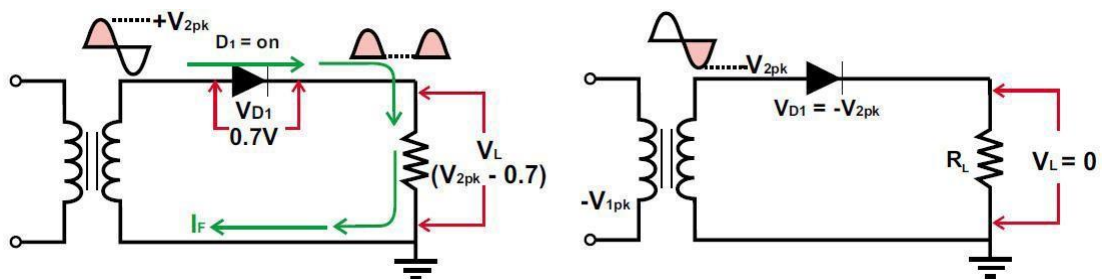
Η ιδιότητα της διόδου να λειτουργεί ως «διακόπτης» και να επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος κατά μία μόνο φορά (όταν βρίσκεται σε ορθή πόλωση), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ανόρθωση και το απλούστερο κύκλωμα που την υλοποιεί είναι το εξής:



Κύκλωμα Απλής ανόρθωσης με δίοδο

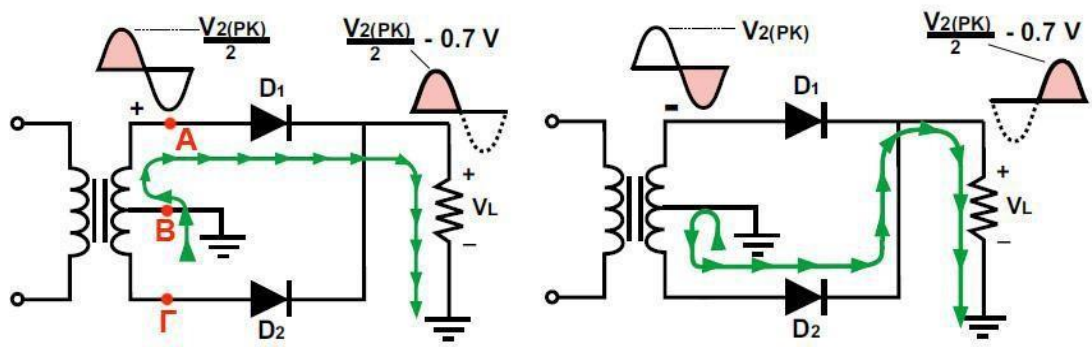
Υπάρχουν τρεις βασικές ανορθωτικές διατάξεις. Η ημιανόρθωση, η πλήρης ανόρθωση και η ανόρθωση γέφυρας οι οποίες παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν.

Στην **ημιανόρθωση**, η δίοδος επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος της θετικής ημιπεριόδου, ενώ λειτουργεί σαν ανοικτό κύκλωμα κατά την αρνητική.



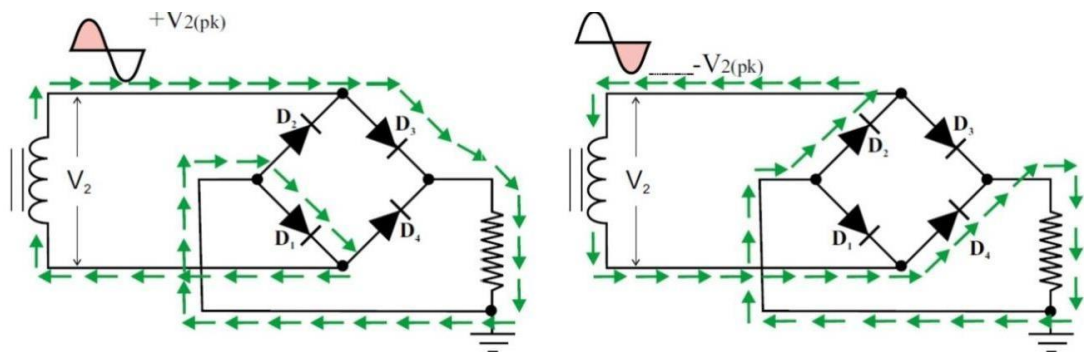
Θετική και αρνητική ημιπερίοδος ημιανόρθωσης

Στην **πλήρη ανόρθωση**, κατά τη θετική ημιπερίοδο το ρεύμα περνά από τη δίοδο D1 και κατά την αρνητική από τη δίοδο D2. Και στις δύο περιπτώσεις όμως διοχετεύεται στη θετική πολικότητα της αντίστασης φόρτου αξιοποιώντας έτσι τη «χαμένη» στην ημιανόρθωση αρνητική ημιπερίοδο.



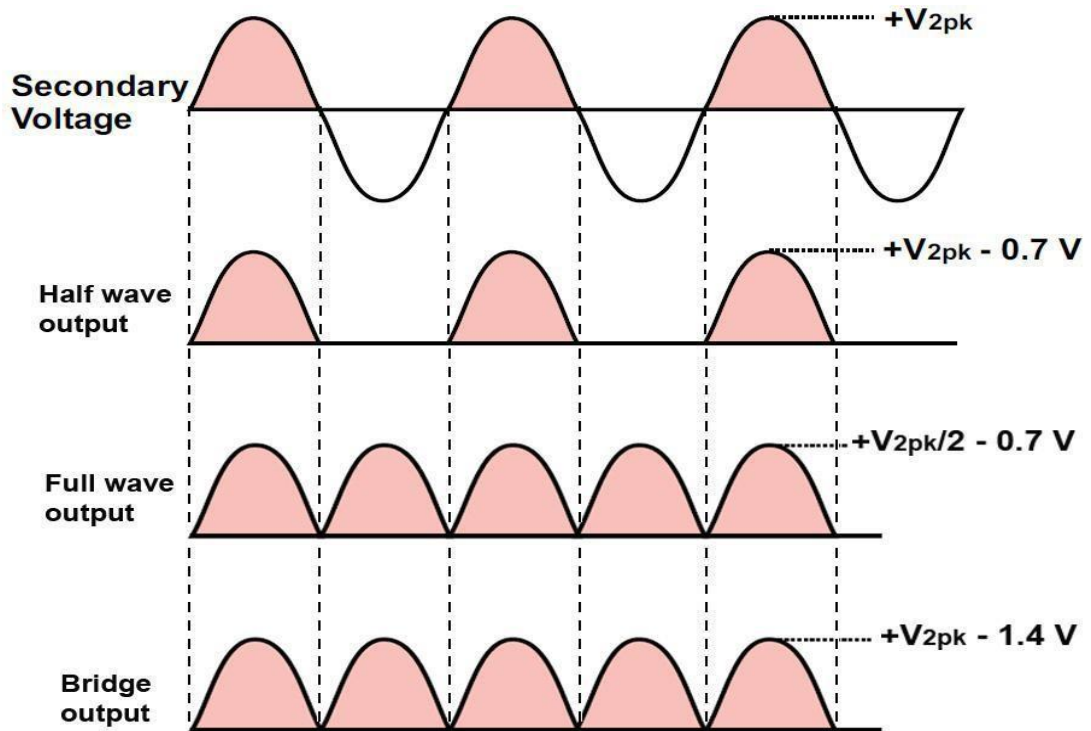
Θετική και αρνητική ημιπερίοδος πλήρους ανόρθωσης, όπου V_2 (pk) η μέγιστη τάση του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή.

Η αξιοποίηση της αρνητικής ημιπερίοδου πραγματοποιείται και στον **ανορθωτή γέφυρας** με έναν διαφορετικό τρόπο. Κατά τη θετική ημιπερίοδο το ρεύμα διέρχεται από τις D1, D3 ενώ κατά την αρνητική από τις D2, D4.



Θετική και αρνητική ημιπερίοδος ανόρθωσης γέφυρας.

Στο παρακάτω συγκριτικό διάγραμμα απεικονίζονται οι κυματομορφές εξόδου των τεχνικών ανόρθωσης. Κανείς παρατηρεί αφενός ότι στην ημιανόρθωση παρουσιάζονται χρονικά κενά που ενδεχομένως αργότερα να δώσουν κακή ποιότητα εξομάλυνσης και αφετέρου ότι σε καμιά από τις τρεις περιπτώσεις οι κυματομορφές εξόδου δεν έχουν το ίδιο πλάτος αλλά μικρότερο. Η παρατηρούμενη πτώση τάσης σε σχέση με τη μέγιστη τιμή τάσης του δευτερεύοντος (0,7V στην ημιανόρθωση και στην πλήρη ανόρθωση, και 1,4V στην ανόρθωση γέφυρας) οφείλεται στην τάση που απαιτεί μια δίοδος στα άκρα της προκειμένου να άγει (0,7V).



Λειτουργία και διατάξεις εξομάλυνσης

Στο υψηλό εναλλασσόμενο περιεχόμενο του σήματος εξόδου ενός συστήματος ανόρθωσης δεν είναι ανεκτό στις περισσότερες εφαρμογές. Είναι λοιπόν αναγκαίο να εξομαλυνθεί περισσότερο αυτή η κυμάτωση. Αυτή η επιπρόσθετη αλλά αναγκαία λειτουργία της εξομάλυνσης σημαίνει πως μεταξύ ανορθωτή και φόρτου πρέπει να ενταχθεί δομική λειτουργική μονάδα μείωσης της κυμάτωσης που ονομάζεται φίλτρο εξομάλυνσης.

Η λειτουργική απαίτηση από μια τέτοια μονάδα είναι να αφαιρεί τις συνιστώσες εναλλασσόμενης τάσης χωρίς να επηρεάζει τη συνεχή τάση. Αυτό μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Είτε συνδέοντας σε σειρά προς το φόρτο κάποιο στοιχείο που θα δρα σαν ανοιχτό κύκλωμα στην εναλλασσόμενη και σαν βραχυκύκλωμα στη συνεχή τάση, είτε συνδέοντας παράλληλα στο φόρτο κάποιο στοιχείο που θα δρα σαν ανοιχτό κύκλωμα στη σταθερή και βραχυκύκλωμα στην εναλλασσόμενη τάση. Το πηνίο είναι το στοιχείο της πρώτης επιλογής, και ο πυκνωτής της δεύτερης.

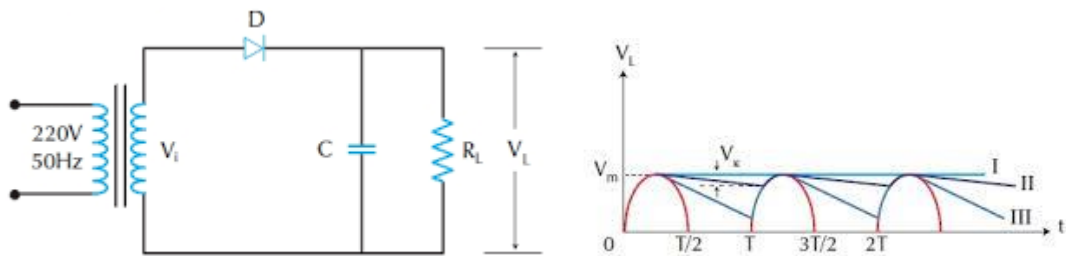
Οι βασικές μέθοδοι εξομάλυνσης είναι είτε σύνδεση πηνίου σε σειρά, είτε σύνδεση πυκνωτή παράλληλα στο φόρτο. Υβριδικές μορφές φίλτρων που περιλαμβάνουν και πηνίο και πυκνωτή είναι χρήσιμες σε πολλές εφαρμογές, ωστόσο στη συγκεκριμένη άσκηση θα παρουσιαστεί η τεχνική με τον πυκνωτή.

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένας μετασχηματιστής με έξοδο στο δευτερεύον V_i , μία δίοδος, ένας πυκνωτής και μία αντίσταση (φορτίο) R_L παράλληλα συνδεδεμένη σε αυτόν. Το κλειδί της κατανόησης ενός κυκλώματος εξομάλυνσης τάσης είναι να δούμε

πως συμπεριφέρεται αυτό το απλό κύκλωμα κατά τη διάρκεια του πρώτου τετάρτου της περιόδου.

Αρχικά ο πυκνωτής δεν είναι φορτισμένος και κατά τη διάρκεια του πρώτου τετάρτου της περιόδου η διάδος είναι ορθά πολωμένη και λειτουργεί σαν ένας κλειστός διακόπτης. Ο πυκνωτής φορτίζεται και η τάση του ισούται με την τάση της πηγής σε κάθε στιγμή του πρώτου τετάρτου της περιόδου με την φόρτιση συνεχίζεται έως ότου φτάσει στη μέγιστη τιμή της. Για να είναι χρήσιμο ένα φίλτρο πυκνωτή εισόδου χρειάζεται να συνδέσουμε παράλληλα σε αυτόν μια αντίσταση φορτίου, έτσι κι ενώ η τάση του πρώτου τετάρτου της περιόδου φθίνει κι ενώ ο πυκνωτής δεν έχει τη δυνατότητα να φορτιστεί περαιτέρω η αντίσταση R_L συμβάλλει στην εκφόρτιση αυτού με βάσει τη σταθερά χρόνου $T=R_L \cdot C$.

Γίνεται κατανοητό ότι το μέγεθος της αντίστασης φορτίου επηρεάζει το χρόνο εκφόρτισης του πυκνωτή, διαδικασία η οποία θα σταματήσει ερχόμενου του επόμενου τετάρτου της περιόδου όπου και ο πυκνωτής θα φορτιστεί εκ νέου.



Κύκλωμα Εξομάλυνσης τάσης με δίοδο

Ο **Συντελεστής Κυμάτωσης**, “r” (ripple), είναι η βασικότερη παράμετρος επίδοσης κάθε φίλτρου και αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα σύγκρισης μεταξύ των συστημάτων εξομάλυνσης εφόσον το ζητούμενο ενός φίλτρου είναι προφανώς να μειώνει την κυμάτωση. Για το φίλτρο πυκνωτή πάνω σε πλήρη ανόρθωση συνδεδεμένη σε δίκτυο συχνότητας f , αποδεικνύεται ότι η τάση κυμάτωσης (peak to peak) δίνεται από τη σχέση :

$$V_L = \frac{4Vm}{4fCR_L + 1}$$

ενώ ο συντελεστής κυμάτωσης που αντιστοιχεί στη διακύμανση τάσης της σχέσης παίρνει την τιμή :

$$r = \frac{1}{4\sqrt{3} fCR_L + 1}$$

Στην προηγούμενη σχέση παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη η χωρητικότητα C του πυκνωτή, τόσο μειώνεται η κυμάτωση. Επιπλέον στην παραπάνω σχέση παρατηρεί κανείς αντίστροφη αναλογία του συντελεστή κυμάτωσης r και με την αντίσταση φόρτου, κάτι που καταδεικνύει το φίλτρο πυκνωτή ως κατάλληλο φίλτρο για συστήματα υψηλού φόρτου καθώς τότε θα ελαχιστοποιείται η κυμάτωση.

Πειραματική Διάταξη – Μετρήσεις

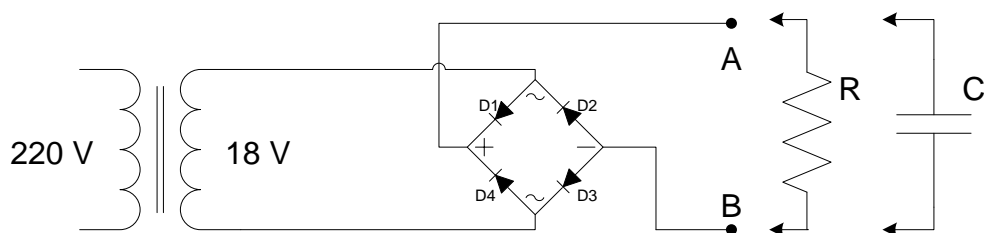


1. Συνδέστε την τάση εξόδου του μετασχηματιστή 220V/18V στον παλμογράφο και μετρήστε το πλάτος V_p και την περίοδο T (Σχεδιάστε την καμπύλη). Υπολογίστε τη συχνότητα της τάσης και ελέγξτε αν είναι 50 Hz. Μετρήστε την τάση εξόδου του Μετασχηματιστή και με το ψηφιακό βολτόμετρο. Δικαιολογήστε την μέτρησή σας σε σχέση με την ένδειξη 18V (9V + 9V) στο δευτερεύον πηνίο του Μετασχηματιστή.

2. Παρατηρήστε τις διαδοχικές φάσεις του φαινομένου ανόρθωσης (μετατροπής εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή) χρησιμοποιώντας τη γέφυρα των 4 διόδων που σας δίνεται και φαίνεται στο Σχήμα.

Σχεδιάστε τις παρακάτω καμπύλες:

- V_{AG} (ημιανόρθωση)
- V_{AB} συνδέοντας την αντίσταση $R=2K\Omega$ στα σημεία A,B (πλήρης ανόρθωση)
- V_{AB} με τον πυκνωτή $C=2\mu F$ παράλληλα συνδεδεμένο στην αντίσταση R (πρώτη φάση εξομάλυνσης)
- V_{AB} με τον πυκνωτή $C=10\mu F$ παράλληλα συνδεδεμένο στην αντίσταση R (δεύτερη φάση εξομάλυνσης)



Διάταξη πλήρους ανόρθωσης και εξομάλυνσης.

Επεξεργασία Μετρήσεων



Σχεδιάστε σε άξονες τάσης-χρόνου τα αποτελέσματα των πειραματικών σας μετρήσεων.