

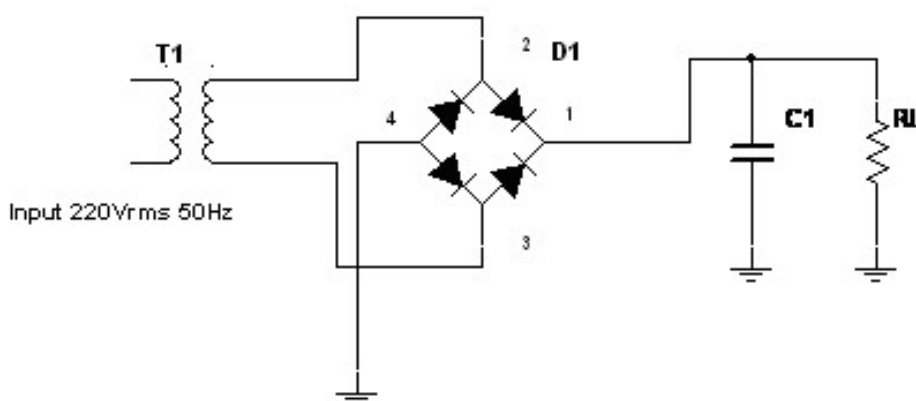


## 6<sup>ο</sup> Φυλλάδιο Ασκήσεων (Εφαρμογές Διόδων - Ανόρθωση)

### Άσκηση 1

Θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα τροφοδοτικό τάσης εξόδου 12 Volt DC και η κυμάτωση στα άκρα του φορτίου  $R_L$  να μην ξεπερνά τα 50mVolts peak to peak (από κορυφή σε κορυφή).

Αν το φορτίο καταναλώνει ρεύμα 100mA, να βρεθεί το μέγεθος (σε  $\mu\text{F}$ ) του πυκνωτή εξομάλυνσης C.

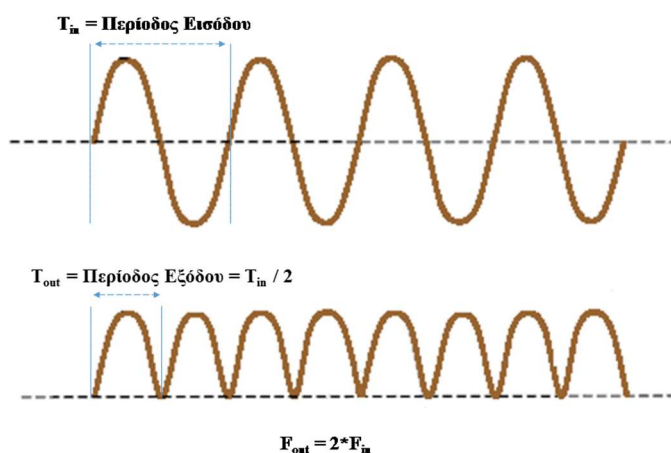


### Λύση

Η κυμάτωση δίνεται από τον τύπο:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1}$$

Από την άσκηση μας δίνεται η ένταση του ρεύματος που καταναλώνει ο φόρτος. Επίσης από την θεωρία γνωρίζουμε ότι η συχνότητα της τάσης εξόδου είναι διπλάσια της συχνότητας της τάσης εισόδου (βλ. σχήμα). Επομένως μπορώ να υπολογίσω την χωρητικότητα του πυκνωτή ώστε να έχω κυμάτωση 50mV.



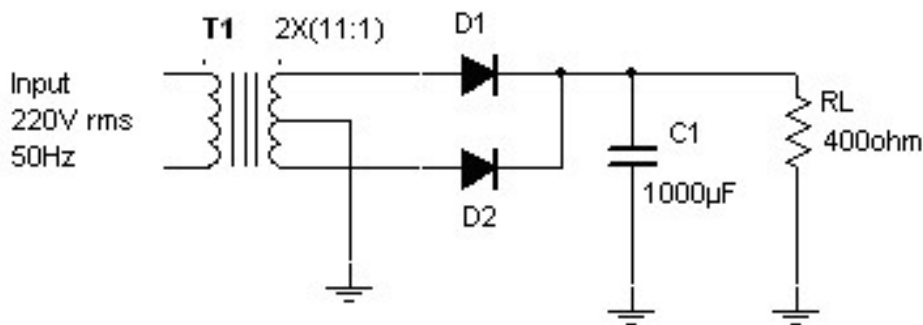
Θα έχουμε:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1} \Leftrightarrow 50mV = \frac{100mA}{2 \cdot 50Hz \cdot C_1}$$

$$\Leftrightarrow C_1 = \frac{1}{50} = 0.02F = 20mF$$

## Άσκηση 2

Στο τροφοδοτικό του σχήματος, ο μετασχηματιστής έχει λόγο μετασχηματισμού (11:1). Αν συνδέσουμε το πρωτεύον στο δίκτυο πόλεως (220 Volt RMS / 50Hz), να βρεθεί η κυμάτωση από κορυφή σε κορυφή (peak to peak) στα άκρα του φορτίου  $R_L = 400\Omega$



$$\text{Δίνεται ότι } V_{rms} = V_{pp} / 0.707$$

## Λύση

Η άσκηση ζητά την κυμάτωση σε έναν κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με μεσαία λήψη. Αμέσως σκεφτόμαστε τον τύπο της κυμάτωσης:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1}$$

Από τον τύπο αυτόν παρατηρούμε ότι το  $C_1$  είναι γνωστό, το  $F_{out}$  είναι η συχνότητα της τάσης εξόδου, και την οποία μπορούμε να εξάγουμε εύκολα από την συχνότητα του σήματος εισόδου. Το «δύσκολο» κομμάτι τις άσκησης φαίνεται ότι είναι ο υπολογισμός της έντασης του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση φόρτου. Πρέπει όπως φαίνεται και από τα δεδομένα της άσκηση να υπολογίσω την τάση εισόδου από τον μετασχηματιστή σε (peak to peak) και από αυτή την τάση στα άκρα του φόρτου. Με την τάση στα άκρα του φόρτου και την γνωστή αντίσταση φόρτου θα μπορώ να υπολογίσω το ρεύμα φόρτου.

Το πρωτεύων σήμα έχει τάση  $V_{IRMS} = 220V$ .

Όμως για τον μετασχηματιστή γνωρίζουμε ότι:

$$\frac{V_{πρωτ}}{V_{δευτερ}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{δευτερ} = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_{πρωτ}$$

Επομένως για το δευτερεύων σήμα έχουμε:

$$V_{2RMS} = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_{1RMS} = \frac{1}{11} \cdot 220V = 20V$$

Μετατρέποντας την ενεργό τάση σε τάση κορυφής ( $V_{peak}$ ) έχουμε:

$$V_{2p} = \frac{V_{2RMS}}{0.707} = \frac{20V}{0.707} = 28.3V = V_{pin}$$

Η τάση στα άκρα του φόρτου θα ισούται με την τάση εισόδου στο κύκλωμα μείον την πτώση τάσης στην δίοδο λόγω του φράγματος δυναμικού. Όμως η τάση εισόδου είναι μισή από την  $V_{pin}$  που υπολογίσαμε πριν λόγω της μεσαίας λήψης. Άρα:

$$V_{pout} = \frac{V_{pin}}{2} - 0.7V = 13.4V$$

Η ένταση του ρεύματος στον φόρτο θα είναι:

$$I_{out} = \frac{V_{pout}}{R_L} = \frac{13.4V}{400\Omega} = 0.034A$$

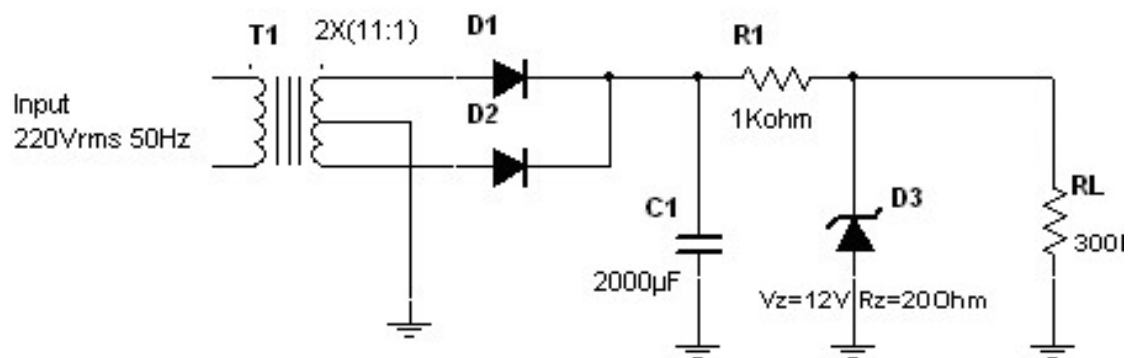
Η συχνότητα της τάσης εξόδου είναι η διπλάσια από την συχνότητα της τάσης εισόδου, καθώς όλες οι ημιπερίοδοι του σήματος έχουν ανορθωθεί.

Άρα η κυμάτωση είναι:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1} = \frac{0.034A}{2F_{in} \cdot C_1} = \frac{0.034A}{2 \cdot 50Hz \cdot 10^{-3}F} = 0.34V$$

### Άσκηση 3

Δίδεται το τροφοδοτικό του σχήματος. Να βρεθεί η κυμάτωση (από κορυφή σε κορυφή) της τάσης στο φορτίο  $R_L$ .



### Λύση

Το πρωτεύων σήμα έχει τάση  $V_{IRMS} = 220V$ .

Όμως για τον μετασχηματιστή γνωρίζουμε ότι:

$$\frac{V_{πρωτ}}{V_{δευτερ}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{δευτερ} = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_{πρωτ}$$

Επομένως για το δευτερεύων σήμα έχουμε:

$$V_{2RMS} = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_{1RMS} = \frac{1}{11} \cdot 220V = 20V$$

Μετατρέποντας την ενεργό τάση σε τάση κορυφής ( $V_{peak}$ ) έχουμε:

$$V_{2p} = \frac{V_{2RMS}}{0.707} = \frac{20V}{0.707} = 28.3V = V_{pin}$$

$$V_{pout} = \frac{V_{pin}}{2} - 0.7V = 13.4V$$

Στην συνέχεια πρέπει να μελετήσουμε αν η διόδος ζενερ λειτουργεί στην περιοχή της κατάρρευσης. Θα υπολογίσουμε κατά τα γνωστά την  $V_{thevenin}$  ανοιχτοκυκλώνοντας τον κλάδο που περιέχει την ζενερ. Στην περίπτωση αυτή αναγνωρίζουμε ένα κύκλωμα διαιρέτη τάσης. Άρα έχουμε

$$V_{thevenin} = \frac{R_L}{R_1 + R_L} \cdot V_{pout} = \frac{300K\Omega}{301K\Omega} \cdot 13.4 = 13.3V$$

η οποία είναι μεγαλύτερη της εργοστασιακής τιμής της διόδου  $=12V$ . Επομένως η ζενερ λειτουργεί πράγματι στην περιοχή κατάρρευσης.

Σύμφωνα με τον τύπο της κυμάτωσης θα πρέπει να υπολογίσουμε το ρεύμα  $I_{out}$  καθώς όλα τα υπόλοιπα είναι γνωστά:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1}$$

Από 1° κΚ στον κόμβο πάνω από την ζενερ έχουμε:

$$I_1 = I_z + I_L \quad (1)$$

Από 2° κΚ στον βρόχο  $A \rightarrow R1 \rightarrow Zener \rightarrow GND$

$$V_A - I_1 \cdot R_1 - V_z - I_z \cdot R_z = 0 \Rightarrow 13.4 - 1000I_1 - 12 - 20I_z = 0$$

$$\stackrel{(1)}{\Rightarrow} 13.4 - 1000(I_z + I_L) - 12 - 20I_z = 0 \Rightarrow 1.4 - 1020I_z - 1000I_L = 0$$

$$\Rightarrow I_z = \frac{1.4 - 1000I_L}{1020} \quad (2)$$

Από 2° κΚ στον βρόχο  $Zener \rightarrow out \rightarrow GND$

$$I_z R_z + V_z - I_L R_L = 0 \Rightarrow \frac{(1.4 - 1000I_L) \cdot 20}{1020} + 12 - 300K\Omega \cdot I_L = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1.4}{51} - \frac{I_L}{51} + 12 - 300K\Omega \cdot I_L = 0$$

$$\Rightarrow 0.027 - 0.02 \cdot I_L + 12 - 300K\Omega \cdot I_L = 0$$

$$\Rightarrow I_L (300K + 0.02) = 12.027$$

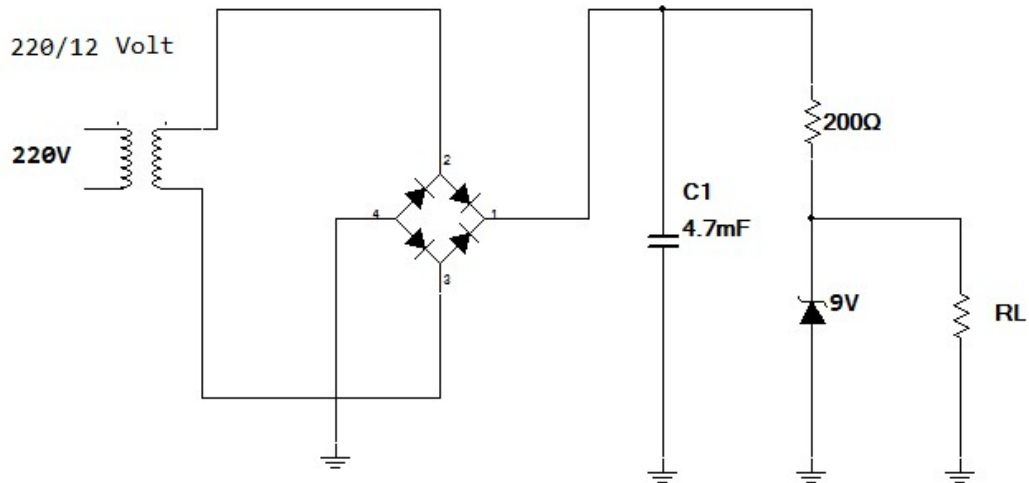
$$\Rightarrow I_L = 0.04mA$$

Άρα η κυμάτωση είναι:

$$V_{Rout} = \frac{I_{out}}{F_{out} \cdot C_1} = \frac{0.04 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{100 \text{ Hz} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \text{ F}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ V} = 0.2 \text{ mV}$$

#### Ασκηση 4

1) Πόση είναι η ελάχιστη τιμή φορτίου  $R_L$  και πόσο το μέγιστο ρεύμα  $I_{max}$  που περνάει από αυτό; 2) Αν  $R_z = 10 \Omega$ , πόσο μεταβάλλεται η τάση εξόδου όταν το ρεύμα φορτίου μεταβάλλεται από 0 έως  $I_{max}$ ; Δίνεται  $V_z = 9 \text{ V}$  και  $V_s = 220 \text{ V}$  ( $220 / 12 \text{ Volt}$ ).



#### Λύση

Το πρωτεύων σήμα έχει τάση  $V_{IRMS} = 220 \text{ V}$ , ενώ το δευτερεύον μας δίνεται και αυτό ίσο με  $12 \text{ V RMS}$ . Μετατρέποντας την ενεργό τάση σε τάση από κορυφή σε κορυφή (peak to peak) έχουμε:

$$V_{2p} = \frac{V_{2RMS}}{0.707} = \frac{12 \text{ V}}{0.707} = 16.97 \text{ V} = V_{pin}$$

Άρα το  $V_{pout}$  θα είναι (σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε μεσαία λήψη άρα δεν διαιρούμε δια 2:

$$V_{pout} = V_{pin} - 1.4 \text{ V} = 15.57 \text{ V}$$

1) Από 1<sup>ο</sup> κΚ στον Α θα έχουμε:

$$I_1 = I_z + I_L \quad (1)$$

**Η μέγιστη τιμή του ρεύματος φόρτου και παράλληλα η ελάχιστη αντίσταση φόρτου συμβαίνει την οριακή εκείνη στιγμή όπου η διόδος και έχει τάση ζένερ στα άκρα της αλλά και δεν έχει αρχίσει ακόμα να άγει ρεύμα (άρα στην διόδο έχουμε τάση ίση με  $V_{zener}$  και ρεύμα ίσο με 0). Είναι η ΟΡΙΑΚΗ εκείνη κατάσταση κατά την οποία η διόδος ΠΕΡΝΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΚΟΠΗ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ.**

**Γενικά σε ασκήσεις όταν ζητείται μέγιστο ρεύμα  $I_{LMAX}$  πρέπει να πάμε σε αυτή την οριακή κατάσταση.**

Από τα παραπάνω λοιπόν θεωρώ την τάση στα άκρα της διόδου και του φόρτου ίση με  $V_{zener} = 9 \text{ V}$  και  $I_{zener} = 0$ . Άλλωστε για να μεγιστοποιηθεί το ρεύμα φόρτου στον 1<sup>ο</sup> κΚ φαίνεται ότι πρέπει να έχω  $I_z = 0$  και άρα το  $I_L$  να είναι ίσο με το  $I_1$ .

Για να βρω το  $I_{LMAX}$  αρκεί ένας 2<sup>ος</sup> κΚ ο οποίος να μπορεί να υπολογίσει το ρεύμα  $I_1$

Από 2<sup>ο</sup> κΚ:  $A \rightarrow R1 \rightarrow \text{Zener} \rightarrow \text{GND}$

$$\begin{aligned}
 V_A - I_1 \cdot R_1 - V_Z &= 0 \\
 \Rightarrow 15.57 - 200I_1 - V_Z &= 0 \\
 \Rightarrow I_1 = \frac{15.57 - 9}{200} &= 0.033A = I_{LMAX}^{(1)}
 \end{aligned}$$

Για το υπολογισμό της ελάχιστης αντίστασης αρκεί να εφαρμόσω νόμο του Ohm βάζοντας όμως για ένταση του ρεύματος το μέγιστο ρεύμα  $I_{LMAX}$ .

$$R_{Lmin} = \frac{V_{out}}{I_{LMAX}} \xrightarrow{V_{out}=V_Z} R_{Lmin} = \frac{9V}{0.033A} = 272.7\Omega$$

2) Θα πρέπει να μελετήσουμε σε δύο οριακές καταστάσεις πόσο είναι το  $V_{out}$ .

- i) Οριακή κατάσταση όπου  $I_L = 0$
- ii) Οριακή κατάσταση όταν  $I_L = I_{LMAX}$

Για το ii) έχουμε ήδη από πριν ότι όταν έχουμε  $I_{LMAX}$  έχουμε τάση  $V_{out} = V_Z = 9V$ . (δεν υπολογίζεται αύξηση λόγω εσωτερικής αντίστασης της ζενερ επειδή σε αυτή την οριακή κατάσταση το ρεύμα  $I_z$  είναι μηδέν.)

i) Για  $I_L = 0$  το κύκλωμα διαρρέεται από ένα ρεύμα  $I$  και μπορώ να εφαρμόσω 2° κΚ συμπεριλαμβάνοντας τον κλάδο της Ζενερ.

2ος κΚ στον Α 2° κΚ:  $A \rightarrow R_1 \rightarrow Zener \rightarrow GND$

$$\begin{aligned}
 V_A - I_1 \cdot (R_1 + R_z) - V_Z &= 0 \\
 \Rightarrow 15.57 - 210I_1 - V_Z &= 0 \\
 \Rightarrow I_1 = \frac{15.57 - 9}{210} &= 0.031A
 \end{aligned}$$

Η  $V_{out}$  θα είναι ίση με την τάση zener συν την πτώση τάσης από την εσωτερική αντίσταση της διόδου.

$$V_{out} = V_z + I_1 R_z = 9 + 0.031 \cdot 10 = 9.31V$$

Άρα η τάση εξόδου μεταξύ των δύο οριακών καταστάσεων μεταβάλλεται από 9V έως 9.31V. Η μεταβολή δηλαδή είναι 0.31V