

ΑΣΚΗΣΗ 7

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ZENER

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Γενικά :

Σταθεροποίηση τάσης είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία η τάση εξόδου παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις μεταβολές της τάσης εισόδου και του ρεύματος φορτίου.

Βέβαια υπάρχουν όρια μεταβολών για την διατήρηση της τάσης εξόδου σε κάποιο επίπεδο. Υπάρχουν ηλεκτρονικές διατάξεις που απαιτούν τροφοδοτικά με σταθεροποιημένη τάση όπως είναι: οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, μοτέρ τα χρονοκυκλώματα κ. α.

Τα κυκλώματα σταθεροποίησης τάσης ξεκινούν από τα πιο απλά με ποτενσιόμετρο και φορτίο με εξωτερικούς χειρισμούς ρύθμισης χωρίς αυτόματη διόρθωση. Τα κυκλώματα σταθεροποίησης τάσης με διόδους ZENER και τα “βελτιωμένα” με ολοκληρωμένα κυκλώματα, που έχουν και την καλύτερη απόδοση.

Απλή διάταξη σταθεροποίησης τάσης.

Η τάση εξόδου από ένα κύκλωμα ανόρθωσης μπορεί να διατηρηθεί σταθερή μ’ ένα απλό κύκλωμα όπως φαίνεται στο σχ. 1 που συνδέεται στην έξοδο της διπλής ανόρθωσης με γέφυρα.

Ο ροοστάτης R συνδέεται σε σειρά με το φορτίο στην έξοδο του κυκλώματος ανόρθωσης. Το ρεύμα I_L που περνά από το φορτίο R_L περνά και από την R και προκαλεί πτώση τάσης $I_L \cdot R$.

Έτσι η R και το φορτίο R_L αποτελούν διαιρετή τάσης, όποτε

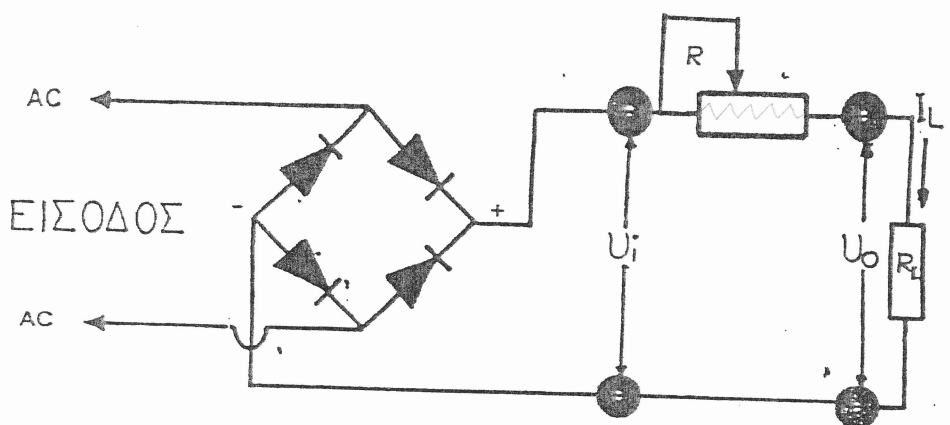
μπορούμε να ρυθμίσουμε την R ώστε να πετύχουμε επιθυμητή τάση φορτίου, εφ' όσον εμφανίζονται διακυμάνσεις της τάσης εισόδου ή του ρεύματος φορτίου. Έστω ότι μεταβάλλεται η τάση εισόδου ή το ρεύμα φορτίου, μπορούμε ρυθμίζοντας την R να αναπληρώνουμε τις διακυμάνσεις της τάσης εισόδου ή εξόδου, οι οποίες σαν αποτέλεσμα θα είχαν την μεταβολή της τάσης φορτίου.

Μειονέκτημα του κυκλώματος του σχ. 1 είναι ότι η σταθεροποίηση τάσης επιτυγχάνεται με εξωτερικούς χειρισμούς χωρίς να υπάρχει αυτόματη διόρθωση των απότομων μεταβολών της.

Δίοδος ZENER

Χαρακτηριστικά.

Η δίοδος ZENER είναι μια επαφή P_N η οποία σχεδιάστηκε να λειτουργεί στην περιοχή της ανάστροφης τάσης, πάνω από κάποια τιμή της τάσης αυτής, τάση διάσπασης ή τάση ZENER το ρεύμα της ZENER αυξάνεται απότομα.



Σχ. 1

Όπως οι γνωστές διόδους έτσι και η διάδος ZENER έχει μικρή αντίσταση κατά την ορθή πόλωση και μεγάλη κατά την ανάστροφη μέχρι την τάση διάσπασης. Το ρεύμα μέχρι την τάση αυτή είναι της τάξης των μA . Η τάση ZENER στις διόδους αυτές κυμαίνεται από 4V μέχρι 20V. Η διάδος ZENER χαρακτηρίζεται από την τάση ZENER που δίδεται για ορισμένη τιμή ρεύματος.

Το μέγιστο ρεύμα που επιτρέπεται I_{MAX} να περάσει από την διάδο ή η μέγιστη ισχύς που μπορεί να καταναλώνει P_{MAX} .

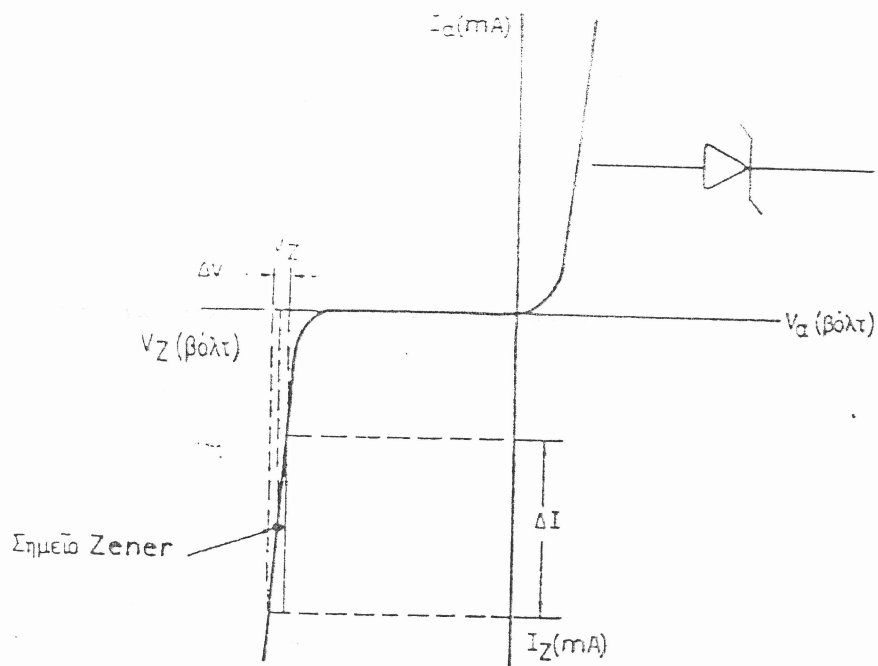
Η χωρητικότητα των διόδων ZENER αρχίζει από 10 έως 10.000 pF pF όσο αυξάνει η ισχύς λειτουργίας αυξάνει και η χωρητικότητα.

Η τάση που σταθεροποιεί αρχίζει από 2,5 VOLT μέχρι εκατοντάδες VOLT. Για σταθεροποίηση μεγάλων τάσεων χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερες διόδους σε συνδεσμολογία σειράς.

Το φαινόμενο ZENER.

Ο συμβολισμός και η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου ZENER για ορθή και ανάστροφη πόλωση φαίνεται στο σχ. 2.

Όπως φαίνεται από την χαρακτηριστική της ανάστροφης πόλωσης η τάση σταθεροποιείται σε κάποια περιοχή και το ρεύμα αυξάνεται αρκετά. Το φαινόμενο αυτό καλείται φαινόμενο ZENER και δημιουργείται από ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή επαφής P.N. με αποτέλεσμα το "σπάσιμο" των ατομικών δεσμών και την δημιουργία ζεύγη ηλεκτρονίων οπών δηλαδή για κάποια τιμή της ανάστροφης τάσης η περιοχή φραγμού "σπάζει" απότομα και ένα ρεύμα περνά μέσα από την διάδο.



Σχ. 2

Αν αυτό το ρεύμα δεν ξεπεράσει το I_{MAX} που πέρα από αυτό η δίοδος καταστρέφεται, η δίοδος είναι ικανή να επανέλθει πάλι στην φυσιολογική της λειτουργία.

Θερμικός συντελεστής διόδων ZENER.

Ο θερμικός συντελεστής δίδεται σε (\pm) επί τοις εκατό και ανά βαθμό Κελσίου (\pm % ανά $^{\circ}C$).

Όταν η τάση ZENER είναι πάνω από 6 Volt ο θερμικός συντελεστής είναι θετικός, αν είναι κάτω από 6 Volt ο θερμικός συντελεστής είναι αρνητικός.

Δυναμική αντίσταση της ZENER τ_D .

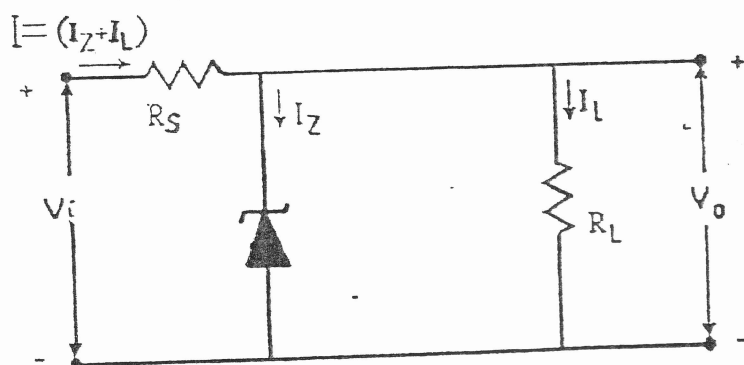
Ορίζεται στην περιοχή του φαινομένου ZENER για την καθορισμένη τιμή I_Z . Και ισχύει η σχέση όπως και στις άλλες διόδους.

$$\tau_D = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Σταθεροποίηση τάσης με δίοδο ZENER

Εξήγηση της λειτουργίας του κυκλώματος.

Ένα τέτοιο κύκλωμα φαίνεται στο σχ. 3. Στο κύκλωμα αυτό η τάση εισόδου U_i λαμβάνεται από την έξοδο του κυκλώματος ανόρθωσης. Η δίοδος ZENER είναι πολωμένη ανάστροφα και λειτουργεί στην περιοχή του φαινομένου ZENER, στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης της.



Σχ. 3

Επειδή η τάση U_Z στα άκρα της ZENER παραμένει σχεδόν σταθερή στις μεταβολές του ρεύματος (χαρακτηριστική καμπύλη ZENER) είναι δυνατόν να έχουμε σταθερή τάση εξόδου U_o έστω και αν το φορτίο

R_L και η τάση εισόδου U_i μεταβληθούν.

Όταν μεταβάλλεται η τάση εισόδου U_i έστω ότι η U_i κυμαίνεται από 25 έως 35 Volt και η τάση εξόδου κρατείται σταθερή στα 15 Volt λόγω της διόδου ZENER ενώ τα επιπλέον 10 Volt εμφανίζονται στα άκρα της αντίστασης R_S που συνδέεται σε σειρά σαν πτώση τάσης. Όταν η U_i αυξάνεται στα 35 V η τάση εξόδου U_0 παραμένει στα 15 V και τα υπόλοιπα 20 V είναι πτώση τάσης στην αντίσταση R_S . Έτσι οι διακυμάνσεις στην πτώση τάσης της αντίστασης R_S αλλά η τάση εξόδου U_0 στα άκρα του φορτίου R_L παραμένει σταθερή. Επειδή όμως η διάδος ZENER δεν είναι ιδανική παρατηρούνται πολύ μικρές διακυμάνσεις στα άκρα της τάσης εξόδου U_0 .

Η άλλη περίπτωση είναι όταν η τάση πηγής U_i είναι σταθερή και μεταβάλλεται το ρεύμα στο φορτίο επειδή μεταβάλλεται η αντίσταση φορτίου R_L . Η διάδος ZENER πάλι τείνει να διατηρήσει την τάση U_0 στα άκρα του φορτίου R_L σταθερή.

Τα ρεύματα στο κύκλωμα του σχ. 3 δίνονται από τις σχέσεις :

$$I_Z = \frac{U_r}{R_r} \quad (1), \quad I_L = \frac{U_0}{R_L} \quad (2), \quad I = I_Z + I_L \quad (3)$$

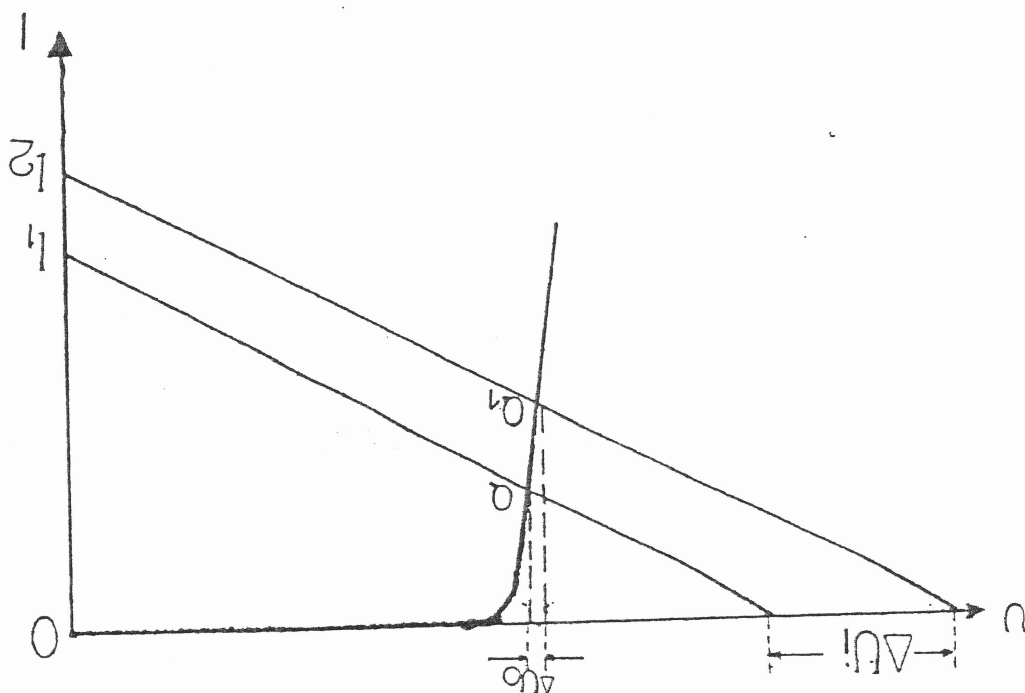
$$\text{και η } U_i = U_{RS} + U_Z \quad (4)$$

Καθώς το φορτίο μεταβάλλεται το ρεύμα της διόδου ZENER I_Z και του φορτίου I_L μεταβάλλονται και ισχύει η σχέση (3) $I = I_Z + I_L$ λύνοντας την σχέση αυτή ως προς I_Z .

σημείο λειτουργίας κάναμε στην άκρη 3 στις διόδους).
 αναλυτική περιγραφή της χαρακτηριστικής φορτίου και εύρεση του
 φορτίου τέμνονται στο σημείο Q που είναι και το σημείο λειτουργίας
 εισόδου και παρατηρούμε ότι η χαρακτηριστική με την γραμμή
 πόλωση. Φέρουμε την γραμμή φορτίου για συγκεκριμένη τάση
 Στο σχ. 4 φαίνεται η χαρακτηριστική της ZENER για ανάστροφη

Συντάξεως σταθεροποίησης S.

Σχ. 4.



Έχουμε $I_z = I - I_L$ (5). Παρατηρούμε ότι αν το πέγμα φορτίου I_L
 αυξάνεται, το πέγμα I_z της διόδου ελαττώνεται κατά ισοδύναμη τιμή,
 διατηρώντας το πέγμα I σταθερό και συνεπώς διατηρούνται οι
 τάσεις τάσης χωρίς μεταβολές. Η αντίσταση R_s είναι προστατευτική
 αντίσταση η τιμή της καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της
 ZENER και από τις μεταβολές της τάσης U_i .

Αν φέρουμε την προβολή του σημείου Q στον άξονα τάσης U αντιστοιχεί μια τάση εξόδου.

Στο ίδιο σχήμα φαίνεται ότι αν μεταβληθεί η τάση εισόδου από U_1 στο U_2 θα γίνει μετατόπιση και στον άξονα του ρεύματος από I_1 στο I_2 .

Επομένως παράλληλη μετατόπιση της ευθείας και του σημείου λειτουργίας από το Q στο Q_1 . Αν φέρουμε πάλι την προβολή του σημείου Q_1 στον άξονα της τάσης U αντιστοιχεί μια νέα τάση εξόδου.

Την μεταβολή αυτή της τάσης ΔU_0 εξόδου προς την μεταβολή της τάσης ΔU_i εισόδου που την προκάλεσε, την ονομάζουμε συντελεστή σταθεροποίησης :

$$S = \frac{\Delta U_0}{\Delta U_i} .$$