



**ΑΕΝ Μακεδονίας, Σχολή Μηχανικών**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΩΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ**

*ΓΙΟΥΣΜΑΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ Α.Μ.: 4314*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

*Π. ΠΑΛΑΝΤΖΑΣ*

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

## Περίληψη

Στον τομέα των ηλεκτρονικών ισχύος εντάσσεται η πτυχιακή εργασία με τίτλο: «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΩΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ».

Η εργασία εκπονήθηκε σε δύο μέρη, το θεωρητικό και το κατασκευαστικό. Στο θεωρητικό μέρος, αναλύονται διάφορες αρχές των ηλεκτρονικών και των thyristors καθώς και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή μας. Το κατασκευαστικό μέρος αποτελείται από το δοκίμιο και από ορισμένες μετρήσεις που παρατίθενται στο τέλος της εργασίας στις σελίδες 15 και 16 .

Αρχικά, στην εισαγωγή της εργασίας, αναφέρονται τα thyristors (Thyristor ή SCR Silicon Controller Rectifier) καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους και οι δυνατότητές τους. Επίσης, γίνεται αναφορά στη διαχείριση ισχύος στα thyristors όπως και στις μη ελεγχόμενες ανορθωτικές διατάξεις όπου ισχύει ότι και στη διπλή ανόρθωση και παρατίθενται τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής. Στη συνέχεια, στη θεωρητική ανάλυση του κυκλώματος παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του κυκλώματος, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και ο τρόπος που διεκπεραιώθηκε το σύστημα. Όσον αφορά την κατασκευή του κυκλώματος πρακτικώς, περιγράφεται βήμα προς βήμα γνωστοποιώντας πάλι τα υλικά για αυτήν, για την καλύτερη λειτουργία του thyristor καθώς και για τις απαραίτητες συνδέσεις. Ακόμη, αποδίδεται και η τοποθέτηση της κατασκευής σε ένα πλαστικό κουτί για την προσφορά καλύτερης μόνωσης. Επιπλέον, αποδίδονται τα υλικά για την κατασκευή της πλακέτας, τη διαμόρφωση του πλαστικού κουτιού καθώς και οι απαραίτητες συνδέσεις που έγιναν στο εσωτερικό. Ακόμη, γίνεται αναφορά στις μετρήσεις που έγιναν για την ολοκλήρωση της κατασκευής, ορισμένες παρατηρήσεις που κρίθηκαν απαραίτητες, όπως επίσης και ο τρόπος ελέγχου που απαιτείται για τα thyristors.

Τέλος, σε όλη την εργασία αυτή, παράλληλα με τις αναφορές μας, υπάρχουν εικόνες με τα απαραίτητα σχήματα για την καλύτερη και αποτελεσματικότερη κατανόησή της.

## Abstract

This thesis is part of the field of power electronics and is entitled as: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF SINGLE PHASE FULLY CONTROLLED BRIDGE '.

This work was in two parts, the theoretical and the constructive. In the theoretical part, there are analyzed various principles of electronics and thyristors and also the components used in our construction. The component consists of the core and by some measurements that are listed at the end of this thesis on pages 15 and 16.

Firstly, at the introduction of this thesis I indicate the thyristors (Thyristor or SCR Silicon Controller Rectifier) and their operating methods and their features. Also, I refer to the power management of the thyristors as in uncontrolled rectifying devices that is applicable also at the dual recovery and listed the advantages of this method. Then at the theoretical analysis of the circuit there is shown the way it operates, the tools used and the way the system was made. As for the construction of the circuit in practice, it is described step by step again disclosing the materials used for it, for better operation of the thyristor and the necessary connections. Further, attributed to the positioning of the structure in a plastic box for better offering of insulation. Furthermore, there are shown the materials for the manufacture of the circuit board, the configuration of the plastic box as well as the necessary connections made inside. Also, reports are made on measurements made on completion of the construction, some comments deemed necessary, as well as the control method required for the thyristor. Finally, throughout this work, in addition to our reports, there are images with the necessary shapes for better and more effective understanding.

## Πρόλογος

Τα ηλεκτρονικά ισχύος μπορούν να ενεργοποιήσουν δραματικές βελτιώσεις σε θαλάσσιες πλατφόρμες και πλοία - αυξημένη ισχύ, μεγαλύτερη αυτοματοποίηση, με βελτιωμένες δυνατότητες . Τα συστήματα με πολλά ηλεκτρονικά εξαρτήματα υποδεικνύονται, από την ανάγκη για ποιότητα ισχύος, τη διαθεσιμότητα, την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα.

Ο όρος «ποιότητα ισχύος» σχετίζεται με ένα μεγάλο αριθμό φαινομένων που εμφανίζονται κατά τη παραγωγή, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ισχύος και θέτουν σε κίνδυνο την ομαλή λειτουργία των στοιχείων του συστήματος και των φορτίων του. Τα μηχανικά συστήματα πρόωσης των πλοίων έχουν αντικατασταθεί από την ηλεκτροκίνηση. Τα μοτέρ μεταβλητής ταχύτητας αντικαθιστούν όλα-τα απευθείας εκκίνησης μοτέρ για εξοικονόμηση ενέργειας και για τη μείωση της αστάθειας που προκαλείται από το φορτίο . Αιτία είναι η αύξηση των φορτίων που είναι ευαίσθητα σε διαταραχές της τάσης τροφοδοσίας και η παράλληλη αύξηση φορτίων υπεύθυνων για τέτοιες διαταραχές. Οι μονάδες αδιάλειπτης παροχής ρεύματος χρησιμοποιούνται παντού για τη διατήρηση της συνέχειας παροχής ισχύος και την ποιότητα αυτής. Υπεράκτιες και μεσοπέλαγες πλατφόρμες χρησιμοποιούν πολλά ηλεκτρικά μοτέρ για αξιοπλοΐα και ελιγμούς.

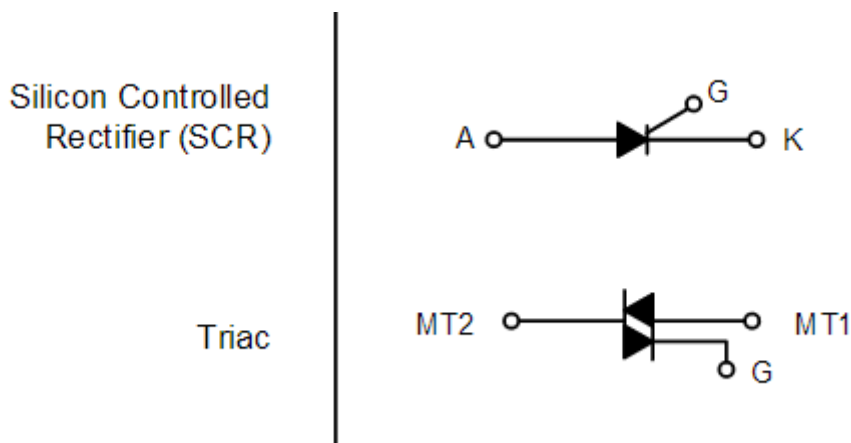
Ο λόγος επιλογής αυτής της εργασίας, ήταν το γεγονός ότι ο τομέας αυτός, των ηλεκτρονικών ισχύος, αναπτύσσεται ραγδαία και αποτελεί ολοένα και σημαντικότερο μέρος του μηχανοστασίου ενός εμπορικού πλοίου και επομένως απαραίτητο αντικείμενο μελέτης για το μέλλον ενός μηχανικού εμπορικού ναυτικού. Ειδικότερα, τα θυρίστορς και ο έλεγχός του είναι αναπόσπαστο κομμάτι του κυκλώματος της ηλεκτροπρόωσης σε ένα εμπορικό πλοίο, που είναι και το μέλλον.

Ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι να παρατηρήσουμε όλες τις πτυχές του ελέγχου των θυρίστορς και τον τρόπο που μπορούμε να διαχειριστούμε την ενέργεια μέσω αυτών σε ένα δίκτυο προς ένα φορτίο με μεγάλη ακρίβεια, αξιοπιστία και χαμηλό κόστος.

# 1.Εισαγωγή

Το θυρίστορ (Thyristor ή SCR Silicon Controller Rectifier) είναι ηλεκτρονικό εξάρτημα ελέγχου ισχύος, η ονομασία του προέρχεται από την Ελληνική λέξη θύρα (δηλ. πόρτα). Είναι ένας ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου τεσσάρων στρωμάτων (p-n-p-n) με ακροδέκτες άνοδο, κάθοδο, και πύλη.

Η λειτουργία του παρομοιάζεται με μια θύρα (πόρτα) που επιτρέπει το άνοιγμα προς την μια φορά και μόνο όταν δοθεί «εντολή» στο πόμολο. Στο θυρίστορ έχουμε κίνηση προς την μια φορά όταν πολωθεί ορθά με παρουσία παλμού έναυσης στην πύλη του. Όταν βρεθεί στην κατάσταση αγωγής, μετά την εφαρμογή του παλμού έναυσης, θα εξακολουθεί να παραμένει στην κατάσταση αυτή, ακόμα και αν ο παλμός έναυσης αφαιρεθεί. Μπορεί να διακοπεί η κατάσταση αγωγής μόνο όταν το ρεύμα, το οποίο ρέει μέσα στο θυρίστορ μηδενισθεί ή η πολικότητα της ανόδου γίνει αρνητική σε σχέση με την κάθοδο. Κατά συνέπεια σε κάθε περίοδο του εναλλασσομένου ρεύματος πρέπει να δίνουμε παλμό έναυσης και αλλάζοντας την γωνία επιλέγουμε το ποσοστό ισχύος που θα περνάει από την άνοδο προς την κάθοδο. Το σύμβολο του απεικονίζεται στο σχήμα 1 με την τοποθέτηση δυο θυρίστορ αντιπαράλληλα προκύπτει ένα νέο εξάρτημα που ονομάζεται TRIAC και δίδει πλήρη έλεγχο στο AC σε αντίθεση με το θυρίστορ που λειτουργεί μόνο στην μια ημιπερίοδο του AC. Στο σχήμα 1 έχουμε το σύμβολο του θυρίστορ και την εξέλιξη του το TRIAC που αποτελείται από δυο αντιπαράλληλα θυρίστορς.

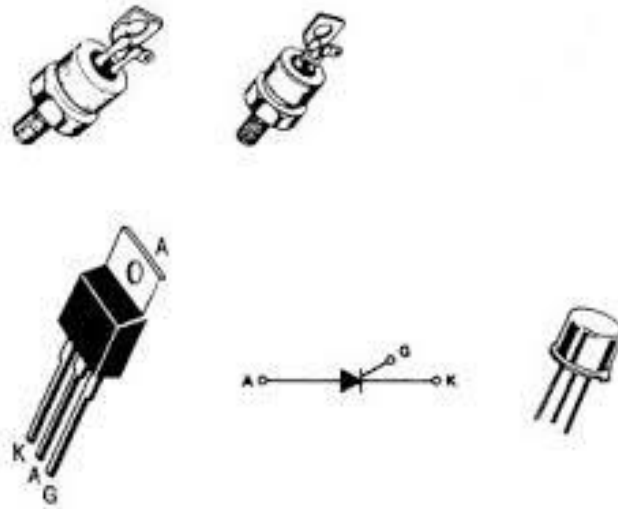


**Σχήμα 1. Σύμβολο θυρίστορ και TRIAC.**

( πηγή:<https://en.wikipedia.org/wiki/Thyristor>)

Τα θυρίστορς υπερτερούν στην διαχείριση ισχύος τόσο από τα διπολικά τρανζίστορ (BJT) όσο και τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET). Λειτουργούν μόνο στην θετική ή αρνητική ημιπερίοδο και αυτό το μειονέκτημα τους λύνεται με την χρήση του TRIAC. Στο σχήμα 2 απεικονίζονται διάφορα θυρίστορς σε διαφορετική θήκη και για διαφορετική ισχύ, γιατί όσο αυξάνεται η ισχύς τους αυξάνεται και η ανάγκη ψύξης

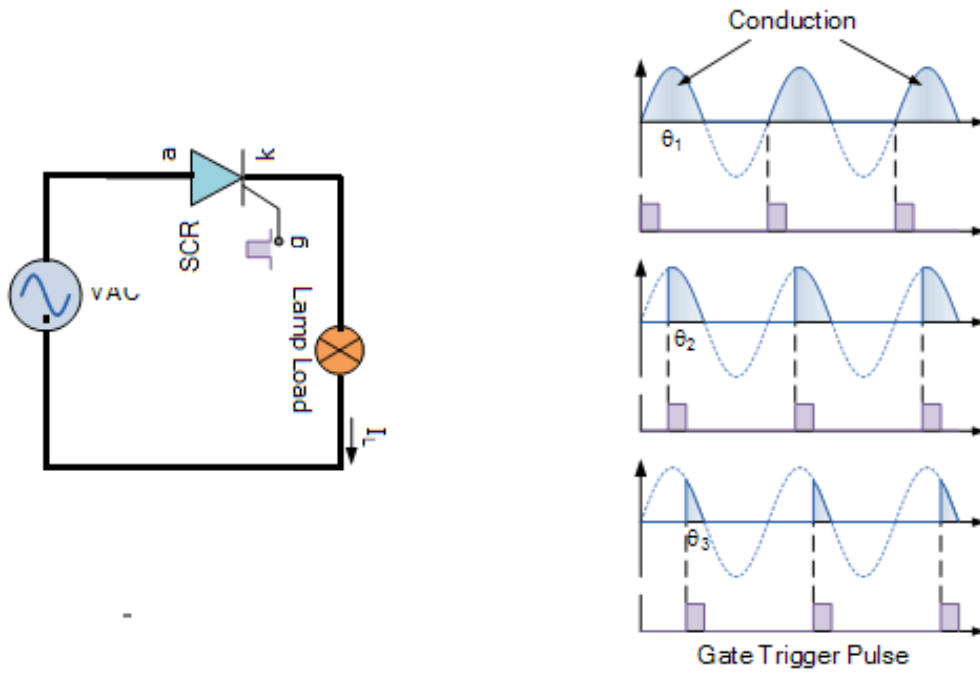
τους. Στα περισσότερα χρησιμοποιούμε ψήκτρες – φύλλα αλουμινίου ώστε να αποβάλλεται η θερμοκρασία τους στο περιβάλλον και αυτό συμπληρώνεται με ανεμιστήρες.



**Σχήμα 2. Διάφορες θήκες (case) θυρίστορ**

(πηγή :<http://www.newark.com/nte-electronics>).

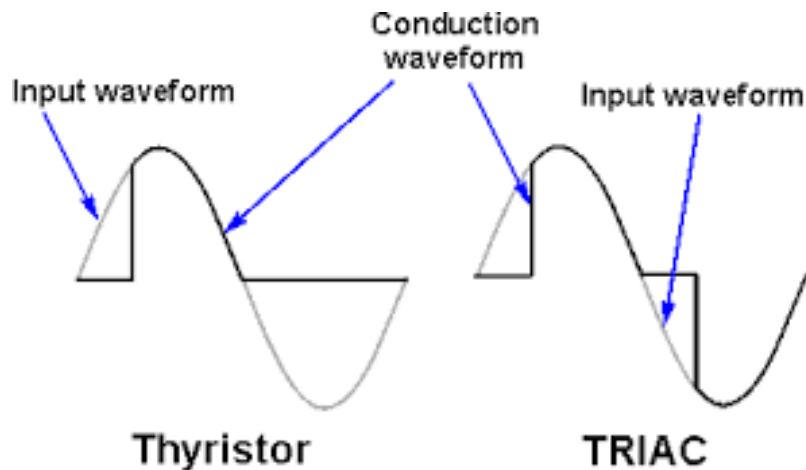
Οι διαχείριση ισχύος στα θυρίστορς γίνεται με την εφαρμογή ενός μικρού σήματος ελέγχου στην πύλη του. Το σήμα αυτό σχετίζεται χρονικά με την πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος που τροφοδοτεί το κύκλωμα. Στο σχήμα 3 που ακολουθεί έχουμε την διαχείριση ισχύος ανάλογα με την γωνία έναυσης  $\theta$ . Στην πρώτη κυματομορφή η γωνία έναυσης  $\theta=0^0$  κατά συνέπεια όλη η θετική ημιπερίοδο περνά προς το φορτίο άρα το 50% της ισχύος. Στην δεύτερη κυματομορφή η γωνία έναυσης  $\theta=90^0$  και κατά συνέπεια περνάει η μισή ημιπερίοδος ή μόλις το 25% της ισχύος. Ενώ στην Τρίτη κυματομορφή έχουμε γωνία έναυσης  $\theta=135^0$  δηλ. το  $\frac{1}{4}$  της ημιπεριοδου ή το 12,5% της ισχύος. Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε έλεγχο ισχύος στα θυρίστορ από 0% έως 50%.



**Σχήμα 3. Διαχείριση ισχύος με αλλαγή της γωνίας έναυσης.**

(πηγή :<http://www.electronics-tutorials.ws/power/thyristor.html>)

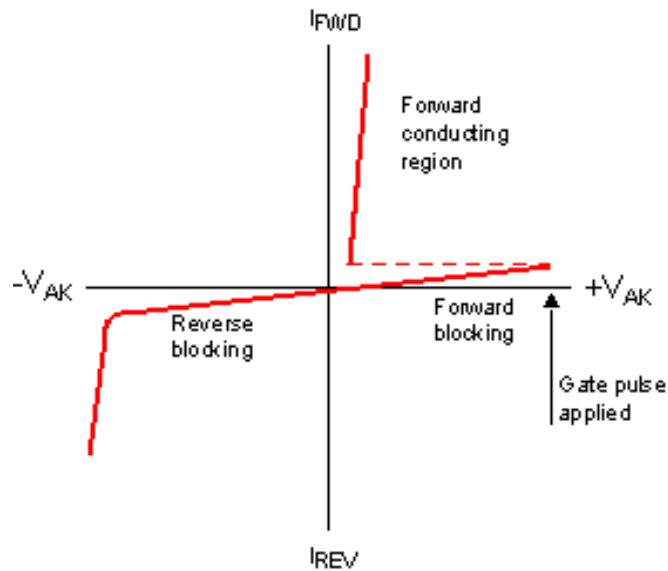
Σε περιπτώσεις που χρειαζόμαστε έλεγχο έως 100% πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το TRIAC δηλ. δυο αντιπαράλληλα θυρίστορ όπου το ένα λειτουργεί στην θετική ημιπερίοδο και το άλλο στην αρνητική ημιπερίοδο. Η διαφορά ελέγχου θυρίστορ με triac απεικονίζεται στο σχήμα 4.



**Σχήμα 4. Γωνία έναυσης στο θυρίστορ και στο TRIAC.**

(πηγή :<http://www.electronics-tutorials.ws/power/thyristor.html>)

Η χαρακτηριστική του θυρίστορ απεικονίζεται στο σχήμα 5, όπου στο πρώτο τεταρτημόριο έχουμε την ορθή πόλωση του θυρίστορ με την εφαρμογή παλμού έναυσης το θυρίστορ άγει δηλ. το ρεύμα από την άνοδο περνάει προς την κάθοδο. Η αγωγιμότητα παραμένει όσο το θυρίστορ είναι πολωμένο ορθά. Στο τρίτο τεταρτημόριο έχουμε την ανάστροφη πόλωση όπου υπάρχει ένα σχεδόν αμελητέο ρεύμα διαρροής (πρακτικά μηδενικό).

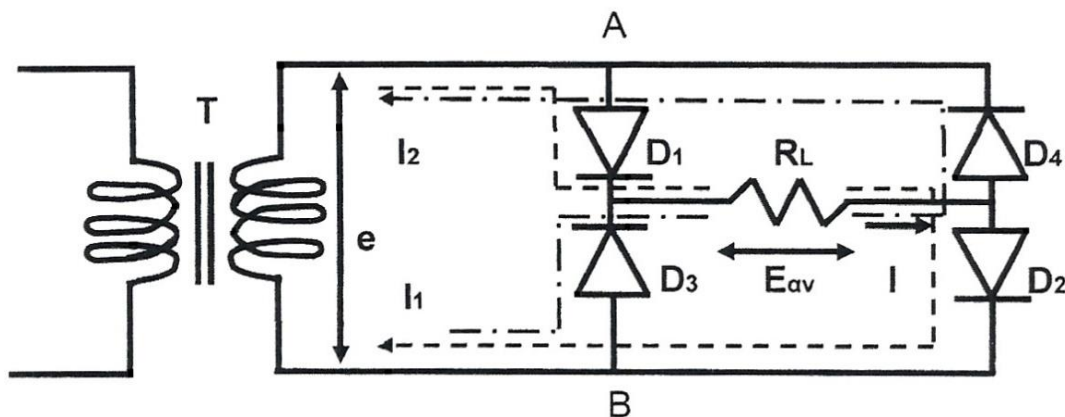


Σχήμα 5. Χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης ενός θυρίστορ

(πηγή :<http://www.electronics-tutorials.ws/power/thyristor.html>)

## 2. Διαχείριση ισχύος στα θυρίστορ

Μια άλλη μέθοδος διπλής ανόρθωσης είναι η ανόρθωση με γέφυρα. Για την ανόρθωση με γέφυρα χρησιμοποιούμε 4 διόδους D1, D2, D3 και D4 στη συνδεσμολογία του σχήματος 6



Σχήμα 6: Περιγραφή του κυκλώματος



### **Το κύκλωμα του σχήματος 6 περιλαμβάνει:**

1. Ένα μετασχηματιστή (T) που χρησιμοποιείται για τη λήψη της επιθυμητής τάσης
2. Τις διόδους D1, D2, D3 και D4
3. Την αντίσταση RL.

Στην θετική εναλλαγή της τάσεως  $e$  το σημείο A γίνεται θετικό και το σημείο B αρνητικό, οι διόδοι D1 και D2 πολώνονται ορθά και άγουν, ενώ οι διόδοι D3 και D4 πολώνονται ανάστροφα και είναι αποκομμένες.

Κατά την αρνητική εναλλαγή της τάσεως  $e$  το σημείο A γίνεται αρνητικό και το σημείο B θετικό, οι δε διόδοι D1 και D2 πολώνονται ανάστροφα και αποκόπτονται.

### **2.1 Μη ελεγχόμενες Ανορθωτικές Διατάξεις**

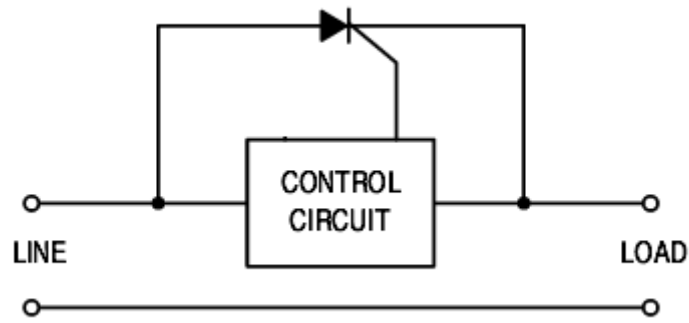
Το ανορθωμένο ρεύμα που περνά από το φορτίο  $R_L$  θα είναι  $I = I_1 + I_2$ , όπου  $I_1$  το ρεύμα που περνά από τις διόδους D1 και D2 και  $I_2$  το ρεύμα που περνά από τις διόδους D3 και D4. Τα ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$  έχουν τη φορά που δείχνουν τα βέλη του σχήματος 6.

Κατά τα άλλα ισχύει ότι και στη διπλή ανόρθωση.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

1. Δεν χρησιμοποιεί μετασχηματιστή με μεσαία λήψη, με αποτέλεσμα, παρ' όλο που το κύκλωμα αυτό χρησιμοποιεί 4 διόδους, να είναι φθηνότερο από το κύκλωμα της διπλής ανόρθωσης.
2. Ο πυρήνας του μετασχηματιστή δεν υπάρχει περίπτωση να φτάσει στον κόρο.
3. Η μέγιστη ανάστροφη τάση (P.I.V.) είναι  $E_m$ , δηλαδή η μισή τάση από ότι θα εφαρμοζόταν για την αντίστοιχη περίπτωση σε κύκλωμα διπλής ανόρθωσης.

Ο ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου ή θυρίστορ διαχειρίζεται την ισχύ που μας δίνει η πηγή (Δ.Ε.Η.) και εφαρμόζουμε στην άνοδο προς την ισχύ που θα φτάσει στο φορτίο διαμέσου της καθόδου. Η ισχύς αυτή μπορεί να είναι τάξεως KW ή MW και μπορούμε με λίγα mA στην πύλη να κάνουμε αυτή την διαχείριση. Επιπλέον στο εναλλασσόμενο πρέπει να φροντίσουμε για το χρονικό συσχετισμό φορτίου με παλμούς έναυσης. Αυτό το επιτυγχάνουμε με κύκλωμα παραγωγής παλμών που τροφοδοτείται απευθείας από το δίκτυο. Στο σχήμα 7 έχουμε το διάγραμμα ελέγχου ισχύος με ένα θυρίστορ.

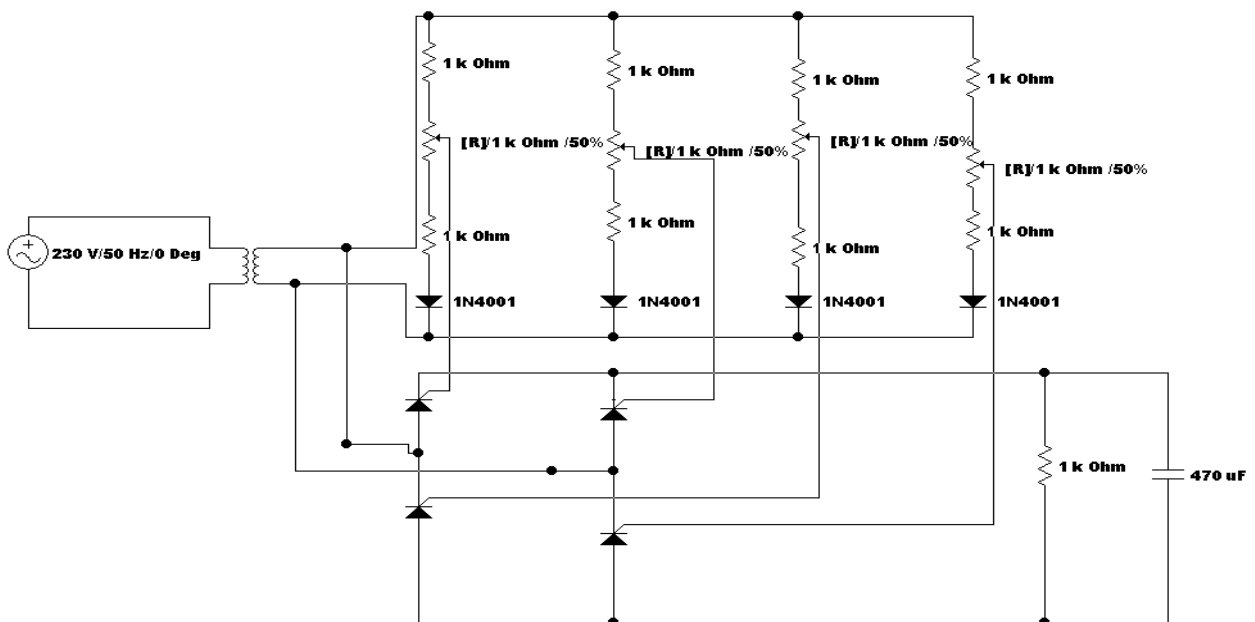


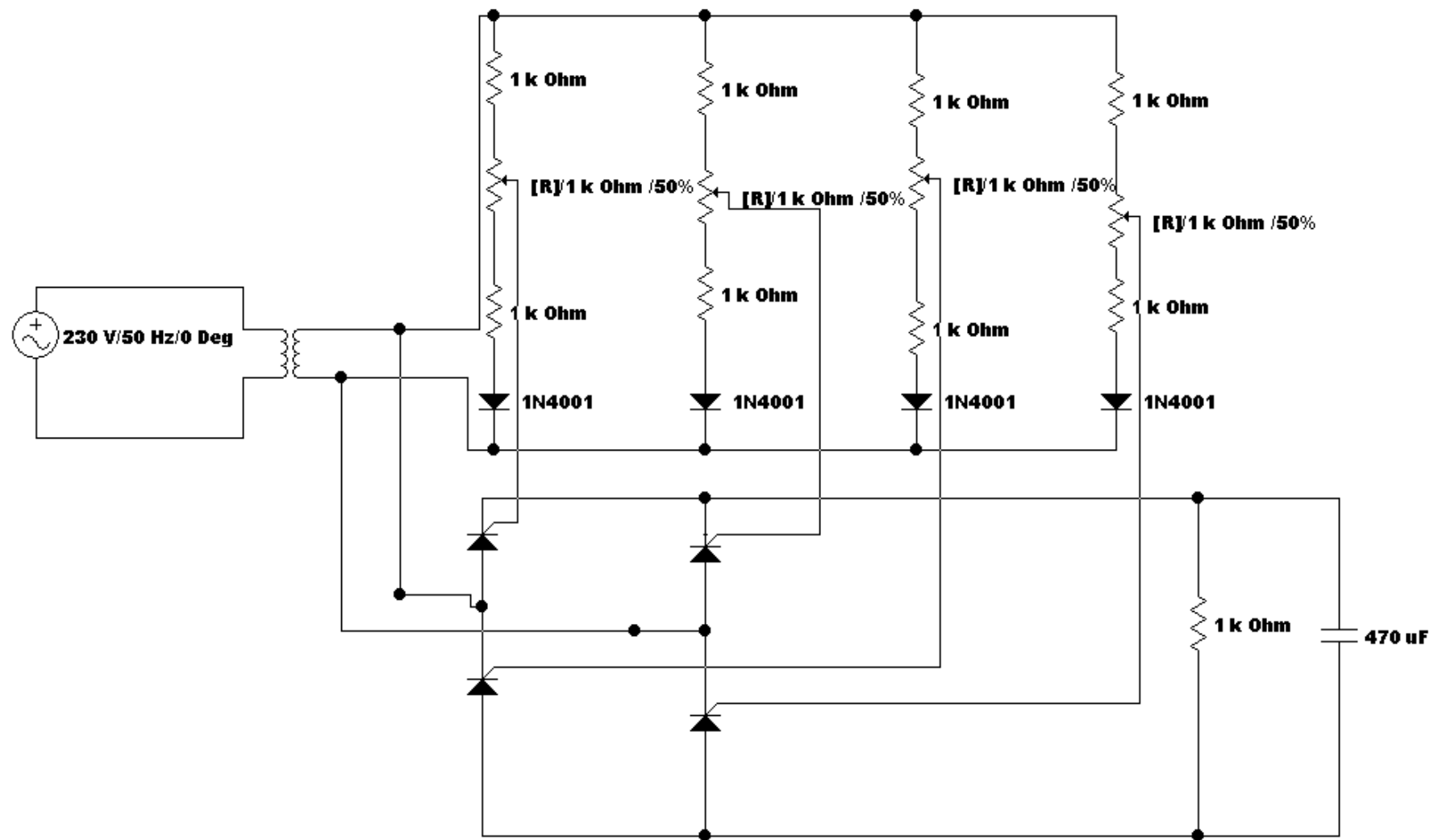
Σχήμα 7. Διάγραμμα ελέγχου ισχύος με θυρίστορ

(πηγή :<http://www.electronics-tutorials.ws/power/thyristor.html>)

### 3. Θεωρητική Ανάλυση Κυκλώματος

Το κύκλωμα βασίζεται στο θυρίστορ TIC126 της εταιρείας Texas Instruments. Η άνοδος του συνδέεται στην παροχή δικτύου 230V AC διάμεσου ενός διακόπτη SW on/off, μιας ασφάλειας τήξεως F1 και ενός πηνίου L1. Σύμφωνα με το κατασκευαστή αντέχει συνεχόμενο ρεύμα έως 12A και μέγιστο στιγμιαίο ρεύμα έως 100A επιλέξαμε το τύπο M για τάση έως 600V κατάλληλο για την τάση δικτύου 230V AC. Όταν χρησιμοποιούμε ημιαγωγούς χρησιμοποιούμε ένα συντελεστή ασφαλείας 25 έως 50% στις μέγιστες τιμές άρα 6 έως 9A και τάση 230V.





Σχήμα 8. Αναλυτικό διάγραμμα κυκλώματος.

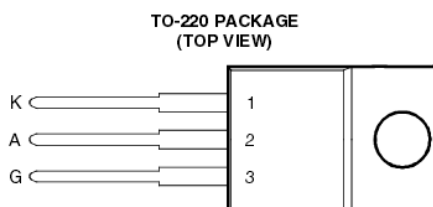
Ο διακόπτης καθώς και ασφάλεια αντέχουν έως 10Α αν και στην δοκιμαστική κατασκευή βάλουμε 4Α ώστε σε κάποιο βραχυκύκλωμα να έχουμε προστασία σε μικρότερη τιμή για να μην καταστραφεί το θυρίστορ.

Εκτός από το μεγάλο ρεύμα που κινδυνεύει το θυρίστορ υπάρχει και το πρόβλημα υπέρτασης που εμφανίζουν τα δίκτυα τροφοδοσίας για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε το Varistor 275V/14A. Η συμπεριφορά του Varistor είναι να εμφανίζει άπειρη αντίσταση σε τάση κάτω της ονομαστικής και μηδενική αντίσταση σε τιμές πάνω από 275V. Έτσι η θέση του είναι μετά την ασφάλεια ώστε σε περίπτωση υπέρτασης να βραχυκυκλώσει (το ρεύμα αυξάνεται ακαριαία) και τήκεται η ασφάλεια προστατεύοντας τους ημιαγωγούς του κυκλώματος. Οι τεχνικές προδιαγραφές και η διάταξη ακροδεκτών του θυρίστορ εμφανίζονται στο σχήμα 9.

**TIC126 SERIES  
SILICON CONTROLLED RECTIFIERS**

**BOURNS®**

- 12 A Continuous On-State Current
- 100 A Surge-Current
- Glass Passivated Wafer
- 400 V to 800 V Off-State Voltage
- Max  $I_{GT}$  of 20 mA



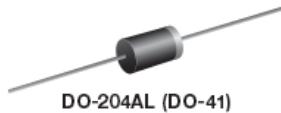
Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

**absolute maximum ratings over operating case temperature (unless otherwise noted)**

RATING		SYMBOL	VALUE	UNIT
Repetitive peak off-state voltage	TIC126D	$V_{DRM}$	400	V
	TIC126M		600	
	TIC126S		700	
	TIC126N		800	
Repetitive peak reverse voltage	TIC126D	$V_{RRM}$	400	V
	TIC126M		600	
	TIC126S		700	
	TIC126N		800	
Continuous on-state current at (or below) 70°C case temperature (see Note 1)		$I_{T(RMS)}$	12	A
Average on-state current (180° conduction angle) at (or below) 70°C case temperature (see Note 2)		$I_{T(AV)}$	7.5	A
Surge on-state current at (or below) 25°C case temperature (see Note 3)		$I_{TM}$	100	A
Peak positive gate current (pulse width $\leq 300 \mu s$ )		$I_{GM}$	3	A
Peak gate power dissipation (pulse width $\leq 300 \mu s$ )		$P_{GM}$	5	W
Average gate power dissipation (see Note 4)		$P_{G(AV)}$	1	W
Operating case temperature range		$T_C$	-40 to +110	°C
Storage temperature range		$T_{stg}$	-40 to +125	°C
Lead temperature 1.6 mm from case for 10 seconds		$T_L$	230	°C

**Σχήμα 9. Τεχνικές προδιαγραφές και θήκη του TIC126.**

(Πηγή: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/20133/POINN/TIC126.html>)

**General Purpose Plastic Rectifier**

**FEATURES**

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC


**RoHS**  
COMPLIANT

**TYPICAL APPLICATIONS**

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

**Note**

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

**MECHANICAL DATA**

**Case:** DO-204AL, molded epoxy body  
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating  
Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

**Terminals:** Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

**Polarity:** Color band denotes cathode end

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V to 1000 V
$I_{FSM}$ (8.3 ms sine-wave)	30 A
$I_{FSM}$ (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
$V_F$	1.1 V
$I_R$	5.0 $\mu$ A
$T_J$ max.	150 °C

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25$ °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at $T_A = 75$ °C	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform $T_A = 25$ °C (fig. 3)	$t_p = 1$ ms	45							A
	$t_p = 2$ ms	35							
	$t_p = 5$ ms	30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length $T_L = 75$ °C	$I_{R(AV)}$	30							$\mu$ A
Rating for fusing ( $t < 8.3$ ms)	$I^2t$ (1)	3.7							$A^2s$
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	- 50 to + 150							°C

**Σχήμα 10. Τεχνικές προδιαγραφές διόδου 1N4007.**

(πηγή:<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/519261/VISHAY/1N4007-E3-54.html>)

Στο σχήμα 11 έχουμε την μορφή του Varistor σαν φυσικό εξάρτημα αναπτύχθηκαν από την General Electric το 1973. Αρχικά λειτουργεί σαν περιορισμός τάσης όταν η τάση τροφοδοσίας είναι οριακά στην τιμή του Varistor. Αν υπερβεί το όριο αυτό τότε συμπεριφέρεται σαν βραχυκύκλωμα.



**Σχήμα 11. Varistor για προστασία από υπέρταση.**

(Πηγή:<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/483259/WURTH/820411311.html>)

Με την ασφάλεια τήξεως και το varistor εξασφαλίζουμε προστασία στο κύκλωμα και το φορτίο του. Σε πολλά πολύμπριζα «ασφάλειας» όπως χαρακτηρίζονται συναντάται Varistor για προστασία από υπέρτασης.

#### **4. Κατασκευή κυκλώματος**

Για την κατασκευή χρησιμοποιήσαμε μια πλακέτα γενικής χρήσης από βακελίτη που προσφέρει μηχανική στήριξη στα υλικά και αγώγιμη σύνδεση μεταξύ τους. Για την καλύτερη - συνεχή λειτουργία του θυρίστορ βάλαμε μια μικρή ψήκτρα ώστε η θερμότητα που αναπτύσσεται να πηγαίνει μέσω αυτής στο περιβάλλον. Για τις απαραίτητες συνδέσεις χρησιμοποιήσαμε κλέμες πλακέτας. Πάνω στην πλακέτα έχουμε και μια βάση με ασφάλεια τήξεως στις δοκιμές επιλέξαμε 4A αρκετά μικρότερη από το όριο του θυρίστορ.



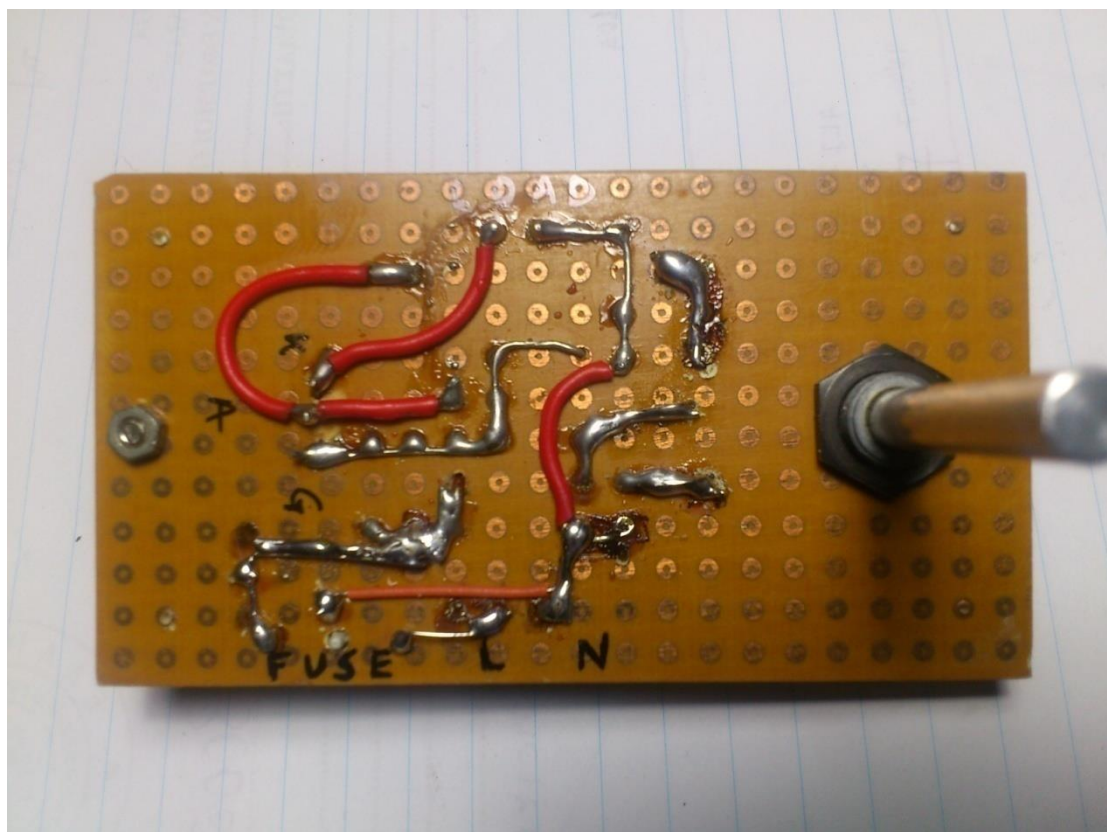
Σχήμα 12: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή.



Σχήμα 13. Υλικά – πλαστικό κουτί που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή.

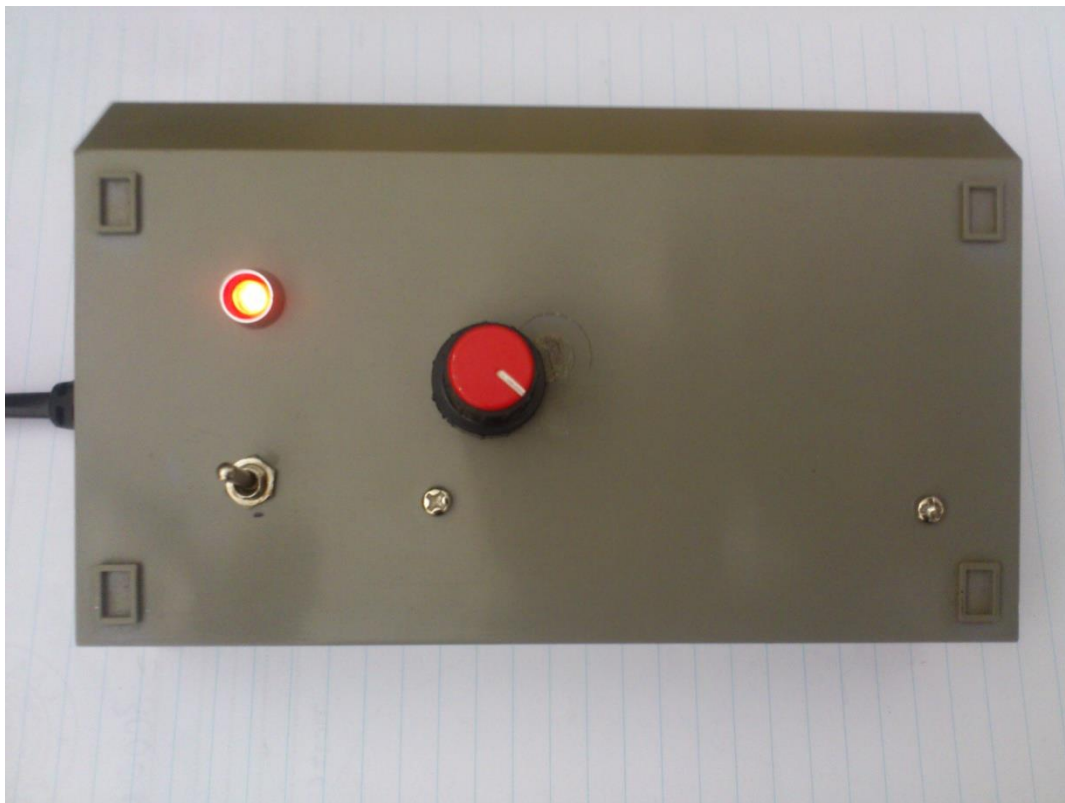
Όλη η κατασκευή τοποθετήθηκε σε ένα πλαστικό κουτί ώστε να προσφέρει μόνωση. Από την μια πλευρά έχουμε την παροχή 230V AC και από την άλλη πλευρά η έξοδος σε δυο μπόρνες – ακροδέκτες για την σύνδεση του φορτίου.

Για την κατασκευή της πλακέτας χρησιμοποιήσαμε κολλητήρι και κόλληση καθώς και ενός τρυπανιού 1mm για τα άκρα των υλικών. Καθώς και κοφτάκι, κατσαβίδι, δράπανο για την διαμόρφωση του πλαστικού κουτιού. Οι συνδέσεις στο εσωτερικό έγιναν με εύκαμπτο καλώδιο και χρησιμοποιήθηκε θερμοσυστελλόμενο μακαρόνι για επιπλέον μόνωση και προστασία σε περίπτωση ελέγχου – επισκευής.

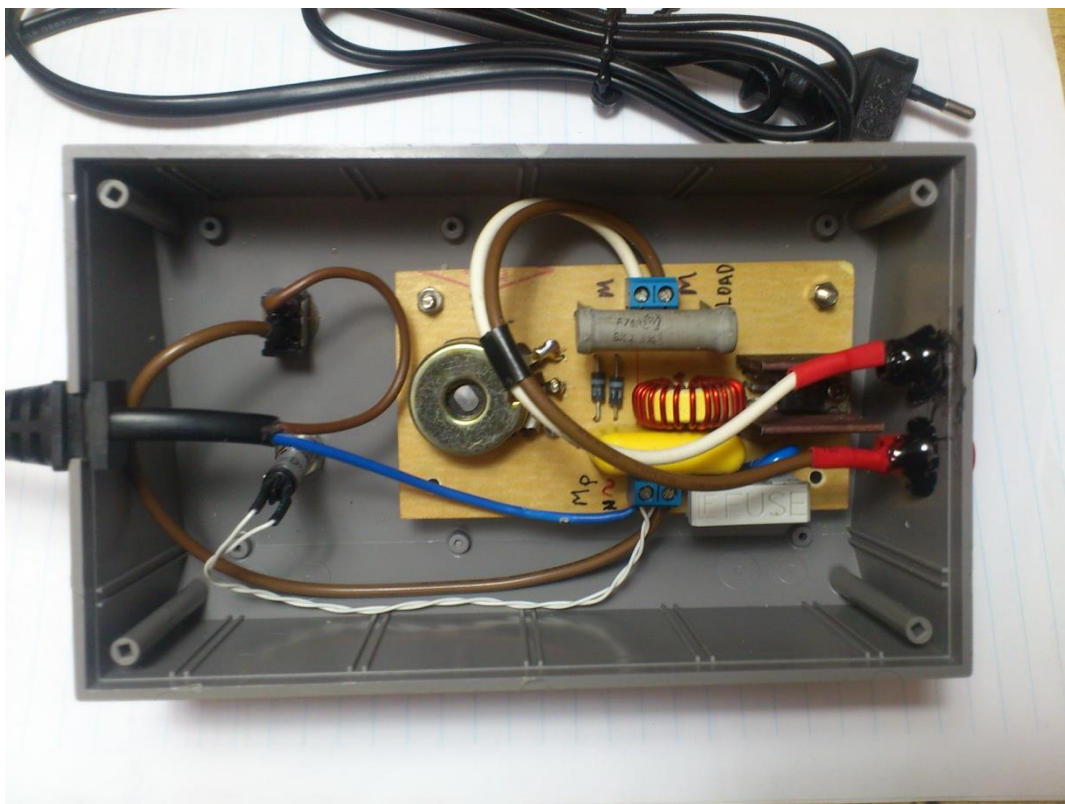


Σχήμα 14. Η κάτω όψη της πλακέτας με τους αγωγίμους διάδρομους.





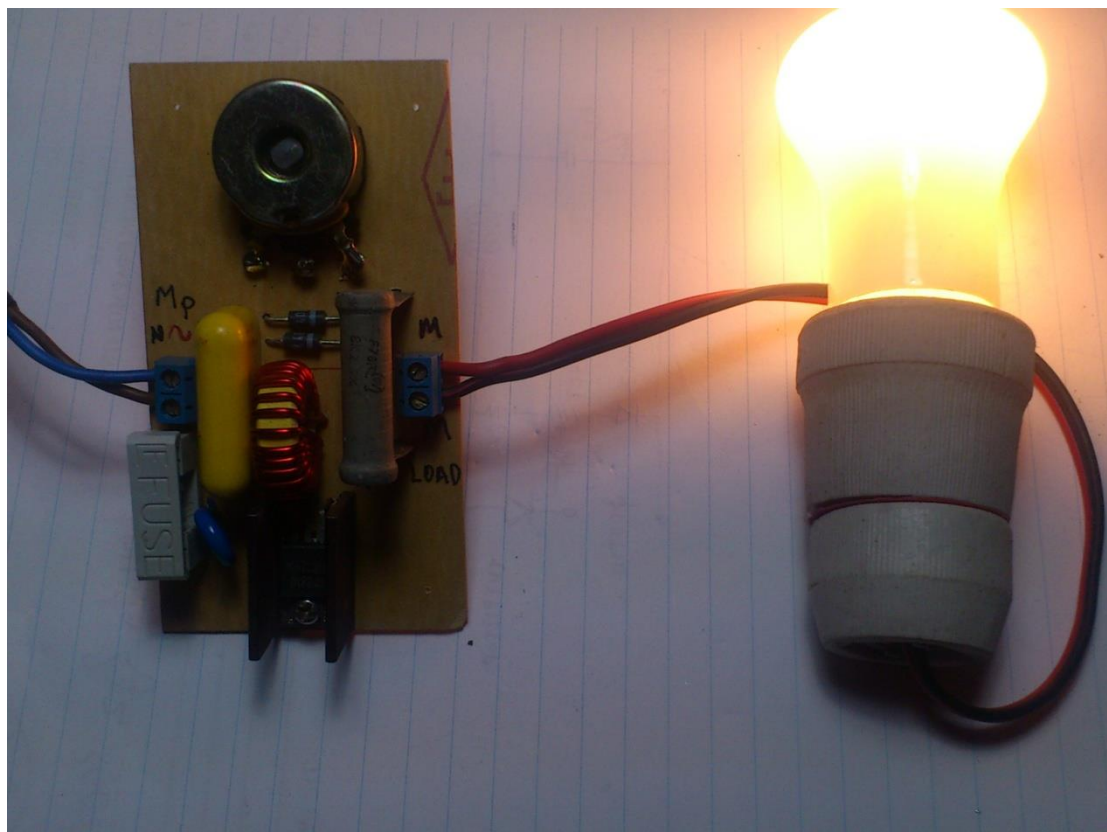
Σχήμα 15. Ολοκληρωμένη η κατασκευή μας.



Σχήμα 16. Ολοκληρωμένη η κατασκευή από την κάτω πλευρά.

## 5. Μετρήσεις – Παρατηρήσεις

Για τις μετρήσεις – δοκιμές χρησιμοποιήσαμε μια λάμπα πυρακτώσεως 100W /230V ως ωμικό φορτίο. Η τροφοδοσία έγινε απευθείας στο δίκτυο 230V και πολύμετρο το FLUKE 115 TRUE RMS MULTIMETER. Λόγω του ότι δεν έχουμε καθαρά AC ή DC τάση χρειαζόμαστε πολύμετρο να μετράει την πραγματική ενεργό τιμή τάση (RMS Root Mean Square).



Σχήμα 17. Δοκιμή του κυκλώματος με φορτίο λάμπα πυρακτώσεως.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα, η τάση και η ένταση μεταβάλλονται με το χρόνο, γι' αυτό δεν μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ένα ρεύμα ούτε από τη στιγμιαία τιμή του αλλά ούτε από την μέγιστη τιμή. Έτσι, είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της ενεργού τιμής.

Ενεργός τάση ενός εναλλασσομένου ρεύματος ονομάζεται η συνεχής τάση, η οποία, όταν εφαρμόζεται στα άκρα του ίδιου αγωγού, δίνει ρεύμα έντασης ίσης με την ενεργό ένταση του E.P. Αποδεικνύεται ότι η ενεργός τάση δίνεται από τη σχέση:

$$V_{ev} = 0,707 \cdot V_0$$

Όπου:  $V_{ev}$  ή  $V_{rms}$  ενεργός τιμή τάσης

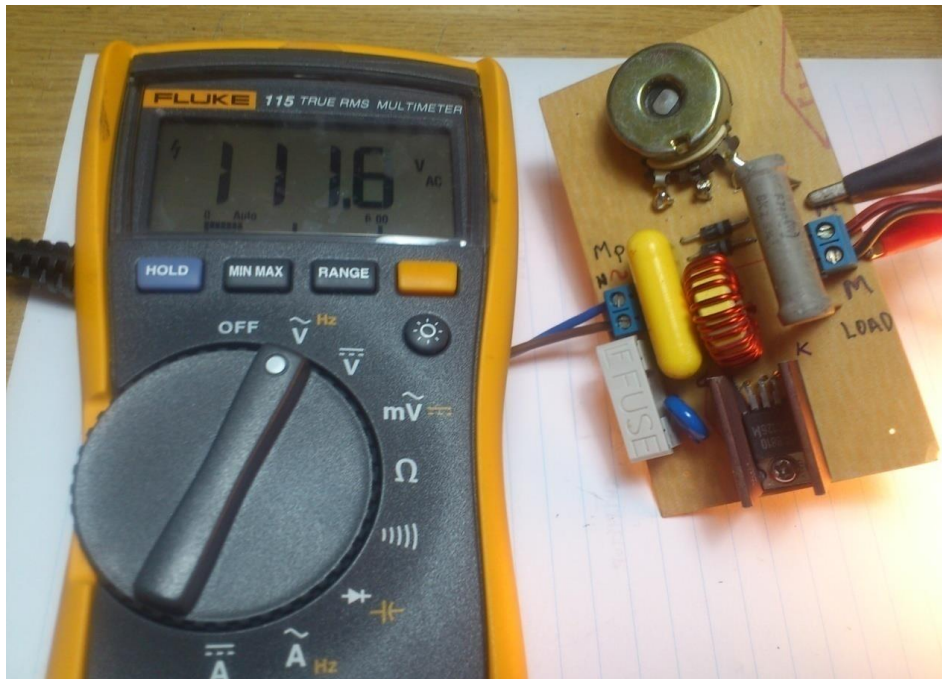
## Vo τάση κορυφής AC

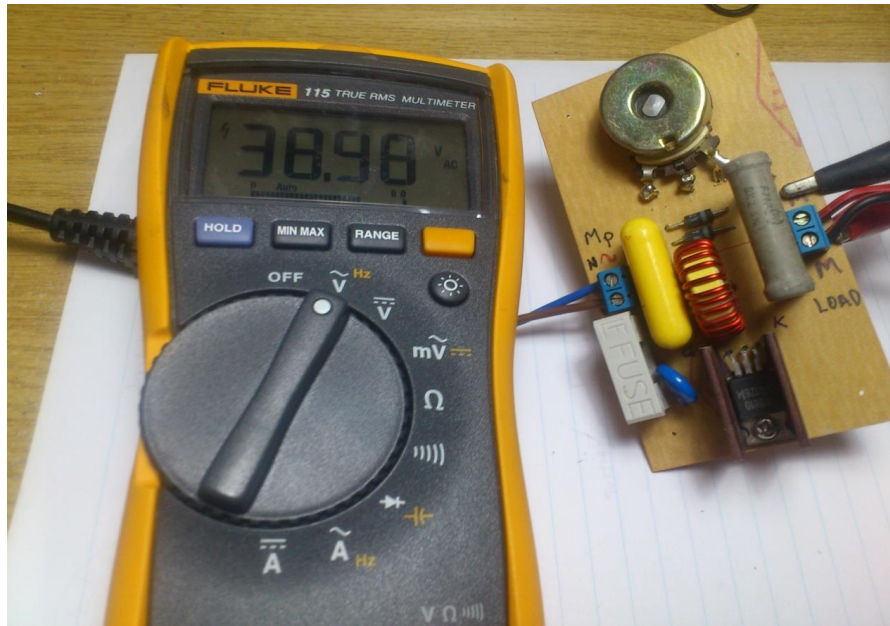
Η τάση εξόδου που μετρήθηκε ήταν από 0V έως 112V AC. Δικαιολογείται απόλυτα από το γεγονός ότι αξιοποιούμε μόνο την θετική ημιπερίοδο και η αρνητική αποκόβεται εντελώς. Στο πίνακα 1 που ακολουθεί έχουμε την διαφορά τιμής που παρουσιάζουν ένα απλό πολύμετρο και ένα πραγματικής ενεργού τιμής για διάφορες κυματομορφές.

**Πίνακας 1. Μέτρηση ενεργού τιμής με απλό πολύμετρο και με true rms.**

Multimeter type	Response to sine wave	Response to square wave	Response to single phase diode rectifier	Response to 3 $\phi$ diode rectifier
Average responding	Correct	10 % high	40 % low	5 % to 30 % low
True-rms	Correct	Correct	Correct	Correct

Σε μικρές τιμές τάσης π.χ. κάτω από 30V λόγω της μικρής γωνίας έναυσης είναι ορατό το τρεμόπαιγμα της λάμπας (Flickering) και από το γεγονός η συχνότητα έχει μειωθεί στα 25Hz (λόγο μόνο θετικών ημιπεριόδων).

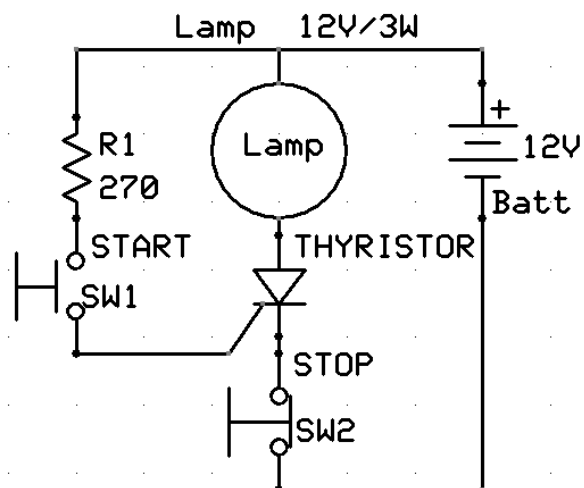




Σχήμα 18. Δοκιμή του κυκλώματος με φορτίο λάμπα πυρακτώσεως και πολύμετρο μέτρησης πραγματικής ενεργούς τιμής.

## 6. Πως ελέγχουμε τα Θυρίστορ

Με ένα απλό κύκλωμα μπορούμε να ελέγξουμε ένα θυρίστορ μέσω μιας αντίστασης R1, περιορίζουμε το ρεύμα της πηγής προς την πύλη. Όταν πατηθεί ο διακόπτης SW1 START το θυρίστορ άγει και η ενδεικτική λάμπα ανάβει. Θα σβήσει μόλις πατηθεί ο SW2 STOP, σε διαφορετική περίπτωση αν η λάμπα ανάψει χωρίς να πατηθεί διακόπτης τότε το θυρίστορ είναι βραχυκυκλωμένο. Επίσης αν πατηθεί ο διακόπτης SW1 START και δεν ανάψει η ενδεικτική λάμπα το θυρίστορ είναι προβληματικό.



Σχήμα 19. Κύκλωμα ελέγχου θυρίστορ.

## Συμπεράσματα

Με την χρήση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων ισχύος μπορούμε να διαχειριζόμαστε την ενέργεια από το δίκτυο προς ένα φορτίο με μεγάλη ακρίβεια, αξιοπιστία και χαμηλό κόστος. Τα θυρίστορ είναι το πρώτο χρονικά εξάρτημα για το απευθείας έλεγχο ισχύος στο εναλλασσόμενο ρεύμα για ισχύς από milliWatt έως Megawatt. Ο καλός βαθμός απόδοσης και η χαμηλή κατανάλωση ισχύος επιτρέπουν την χρήση τους σε παρά πολλές εφαρμογές όπως ρύθμιση στροφών σε ηλεκτρικά δρόπανα – universal κινητήρες, ρυθμιστές φωτισμού – dimmer κ.α.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/HBD855-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/HBD855-D.PDF)
2. <http://www.bourns.com/data/global/pdfs/TIC126.pdf>
3. Data manual 1997 “Thyristor” Power Innovations
4. <http://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf>
5. <http://www.vishay.com/docs/29079/varintro.pdf>
6. <http://en-us.fluke.com/training/training-library/measurements/electricity/what-is-true-rms.html>
7. Κ.Α. Καρύμπακας, «Γενική Ηλεκτρονική», Τόμος Α, Θεσσαλονίκη 2001
8. Σ. Μανιάς, «Ηλεκτρονικά Ισχύος», Εκδ. ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα 2000
9. Π. Μαλατέστας – Ηρ. Βυλλιώτης, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικών Ισχύος », Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2004
10. Σ. Μανιάς, «Ανώτερα κεφάλαια ηλεκτρονικών ισχύος», Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα 1998
11. U.R. Mohan, «Εισαγωγή στα ηλεκτρονικά ισχύος», Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2010
12. Αν. Γούτης, «Το Ηλεκτρολογικό Σχέδιο» Τόμος Ι, Εκδ. ΙΩΝ Περιστέρι 1999
13. Power Thyristor Application Notes, e-book
14. <http://users.ntua.gr>

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	σελ.2
Abstract.....	σελ.3
Πρόλογος.....	σελ.4
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	σελ.5
Κεφάλαιο 2. Διαχείριση ισχύος στα θυρίστορ.....	σελ.8
Κεφάλαιο 2.1. Μη ελεγχόμενες ανορθωτικές διατάξεις.....	σελ.9
Κεφάλαιο 3. Θεωρητική ανάλυση κυκλώματος.....	σελ. 10
Κεφάλαιο 4. Κατασκευή κυκλώματος.....	σελ.14
Κεφάλαιο 5. Μετρήσεις –Παρατηρήσεις.....	σελ.18
Κεφάλαιο 6. Πώς ελέγχουμε τα θυρίστορ.....	σελ.20
Συμπεράσματα.....	σελ.21
Βιβλιογραφία.....	σελ.22

