

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**
ΤΜΗΜΑ: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του φοιτητή του Τμήματος Αυτοματισμού
ΤΣΑΚΝΑΚΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 062286

ΘΕΜΑ:
**«ΣΧΕΔΙΑΣΗ INVERTER ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»**

Επιβλέπων καθηγητής:
Δρ. Μιχαήλ Κιζήρογλου

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενική εισαγωγή.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

.....**2.0** ΠΕΡΙ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
**2.1**ΧΑΡΑΚΤΗΡΗΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
**2.2** ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
**2.3** ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ
**2.4** ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

.....**2.4.1** ΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΑ Ή ΕΚΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

.....**2.0** ΠΕΡΙ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
**2.1**ΧΑΡΑΚΤΗΡΗΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
**2.2** ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
**2.3** ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΟΥ Φ/Β

ΠΛΑΙΣΙΟΥ

.....**2.4** ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

.....**2.4.1** ΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΑ Ή ΕΚΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

.....**2.4.2** ΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

.....**3.1** ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ
**3.2** ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡ/ΚΑ Φ/Β ΚΥΤΤΑΡΩΝ
**3.3**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ I-V ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

.....**4.1** ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

.....**4.2** ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ

.....**4.2.1** ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΜΙΑΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ

.....**4.2.2** ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΔΥΟ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

.....**4.2.3** ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΠΟΛΛΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

.....**4.3** ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ INVERTERS DC-AC

.....**4.3.1** ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΗΜΙ-ΓΕΦΥΡΑΣ

.....**4.3.2** ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΠΛΗΡΟΥΣ

ΓΕΦΥΡΑΣ

.....**4.4** ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ PWM

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ DC-AC ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

| | | |
|-------|--------------|---|
| ..... | 5.1 | ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
| ..... | 5.2 | ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ MOSFETS |
| ..... | 5.3 | ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ |
| ..... | 5.4 | Ο ΧΡΟΝΙΣΤΗΣ LM555 (TIMER) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| ..... | 5.4.1 | ΜΟΝΟΣΤΑΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| ..... | 5.4.2 | ΑΣΤΑΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| ..... | 5.4.3 | Ο ΧΡΟΝΙΣΤΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ |
| ..... | 5.5 | ΠΑΛΜΟΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΤΩΝ MOSFETS |
| ..... | 5.6 | ΠΑΛΜΟΙ ΕΞΟΔΟΥ ΤΟΥ INVERTER |
| ..... | 5.7 | ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ L-C ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΕΞΟΔΟΥ |

.....ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενική εισαγωγή

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως μέχρι και το πρόσφατο παρελθόν γινόταν με κλασικές ενεργειακές τεχνολογίες με πρώτες ύλες όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και ο λιγνίτης. Όμως η παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση, έχει ως αποτέλεσμα την τεράστια κατανάλωση των οργανικών καυσίμων με κίνδυνο την εξάντλησής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η στροφή της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας να έχει ως βάση τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τέτοιες μορφές ενέργειας είναι η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και άλλες. Στην παρούσα εργασία ως πηγή ενέργειας έχουμε την ηλιακή ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Το φως του ήλιου είναι διαθέσιμο παντού και ειδικότερα στην χώρα μας, και έτσι κάνουν τα φωτοβολταϊκά να έχουν πολλά θετικά οφέλη και να τα κάνουν εφαρμόσιμα σε πολλούς χώρους. Αν και η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι ακόμη πολύ μικρή παγκοσμίως, αναμένεται να υπάρξει μεγάλη αύξηση της χρήσης τους , καθώς δεν ρυπαίνουνε το περιβάλλον και είναι ανεξάντλητες.



Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [1]

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα για τα οποία γίνεται λόγος σε αυτήν την εργασία, έχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σχέση άλλους τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε κτίρια καθώς είναι αθόρυβα και έχουν μικρό όγκο, καθώς επίσης δεν προκαλούν ρύπους. Επίσης η διάρκεια ζωής τους είναι πολύ μεγάλη. Επίσης σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι δεν έχουν απώλειες, καθώς η μεταφορά αυτής της ενέργειας γίνεται σε πολύ μικρές αποστάσεις και έτσι έχουμε μια έξτρα μείωση του κόστους τους. Η ανάπτυξη τους όμως καθορίζεται και από την ανάπτυξη των συστημάτων που θα μετατρέπουν την ενέργεια τους σε τέτοια μορφή που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως από τον άνθρωπο. Οι αντιστροφείς τάσης, αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς μετατρέπουν την ενέργεια που παράγεται από τα ηλιακά κύτταρα σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η ανάπτυξη αυτών το συστημάτων έτσι ώστε να έχουν μεγάλη απόδοση και μικρό κόστος κατασκευής αποτελεί ένα ενδιαφέρον, χρήσιμο και σημαντικό πεδίο με το οποίο ασχολείται η επιστήμη της τεχνολογίας, και με το οποίο θα ασχοληθούμε και εμείς στην παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

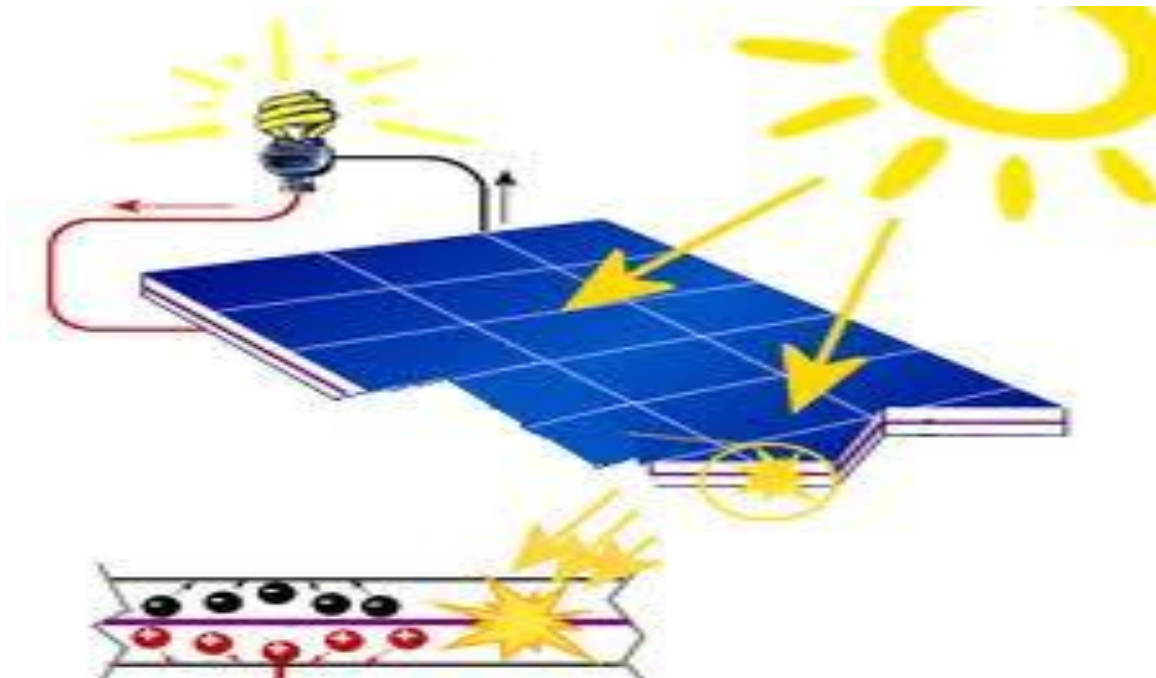
2.0 ΠΕΡΙ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ήλιος αποτελεί μια πηγή συνεχούς ενέργειας. Στον πυρήνα του λαμβάνουν χώρα συνεχείς πυρηνικές αντιδράσεις, παράγοντας έτσι ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μεταδίδεται στο σύμπαν κυρίως με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια που παράγει ο ήλιος κάθε 20 λεπτά είναι περίπου ίση με την ενέργεια που καταναλώνει η ανθρωπότητα σε ένα χρόνο.

2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ισχύς ακτινοβολίας $P = \frac{du}{dt}$

Πυκνότητα ισχύος $G = \frac{dp}{ds}$



Ηλιακή ακτινοβολία [2]

2.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούνται από ημιαγωγούς, οι οποίοι απορροφούν μια ελάχιστη ποσότητα φωτός, όταν αυτό πέσει πάνω σε αυτούς και τα ηλεκτρόνια τους αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν ηλεκτρικά πεδία τα οποία τα οποία, κινούν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια προς μια κατεύθυνση. Η κίνηση αυτή παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό μαζί με την τάση του στοιχείου ρυθμίζουν την ισχύ του στοιχείου. Βασικό δομικό στοιχείο ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι η ηλιακή κυψέλη (solar cell). Η ηλιακή κυψέλη μπορεί να παράγει ισχύ από 1 έως 2W. Τοποθετώντας πολλές κυψέλες μαζί έχουμε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, και με την ένωση πολλών πλαισίων έχουμε τις συστοιχίες.

2.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ένα σημαντικό στοιχείο είναι ο σωστός προσανατολισμός του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο θα πρέπει να ακολουθεί την πορεία του ήλιου αν αυτό είναι κινούμενο ή εάν είναι σταθερό θα πρέπει πάντα η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτίνας να είναι 90° μοίρες. Επίσης η μικρή ή η μεγάλη σκίαση αποτελεί έναν ακόμα σημαντικό παράγοντα και επηρεάζει την απόδοση αντίστοιχα.

2.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να διακριθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- A) στα απομονωμένα η εκτός δικτύου συστήματα και
- B) Στα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα

2.4.1 Τα απομονωμένα η εκτός δικτύου συστήματα είναι αυτόνομα και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. Αποτελούνται κυρίως από, φωτοβολταϊκά πλαίσια, μονάδα αποθήκευσης, ένα σύστημα ελέγχου, έναν μετατροπέα DC AC και ένα φορτίο. Αυτού του είδους φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει δίκτυο ή σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλο κόστος εγκατάστασης της γραμμής διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος της περιοχής και του AC δικτύου. Τα συστήματα αυτά είναι μικρής ισχύος(λιγότερο από 10 kWp). Εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι οι ηλιόλουστες μέρες που κάνουν το σύστημα να έχει μεγάλη παραγωγή ισχύος.

2.4.2 Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα λόγω της μεγάλης ενέργειας του δικτύου δεν χρειάζονται να αποθηκεύουν κάπου την ενέργεια που παράγουν.

Αποτελούνται κυρίως από φωτοβολταϊκά, πλαίσια, μια μονάδα αποθήκευσης, ένα σύστημα ελέγχου, έναν μετατροπέα DC AC και ένα φορτίο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

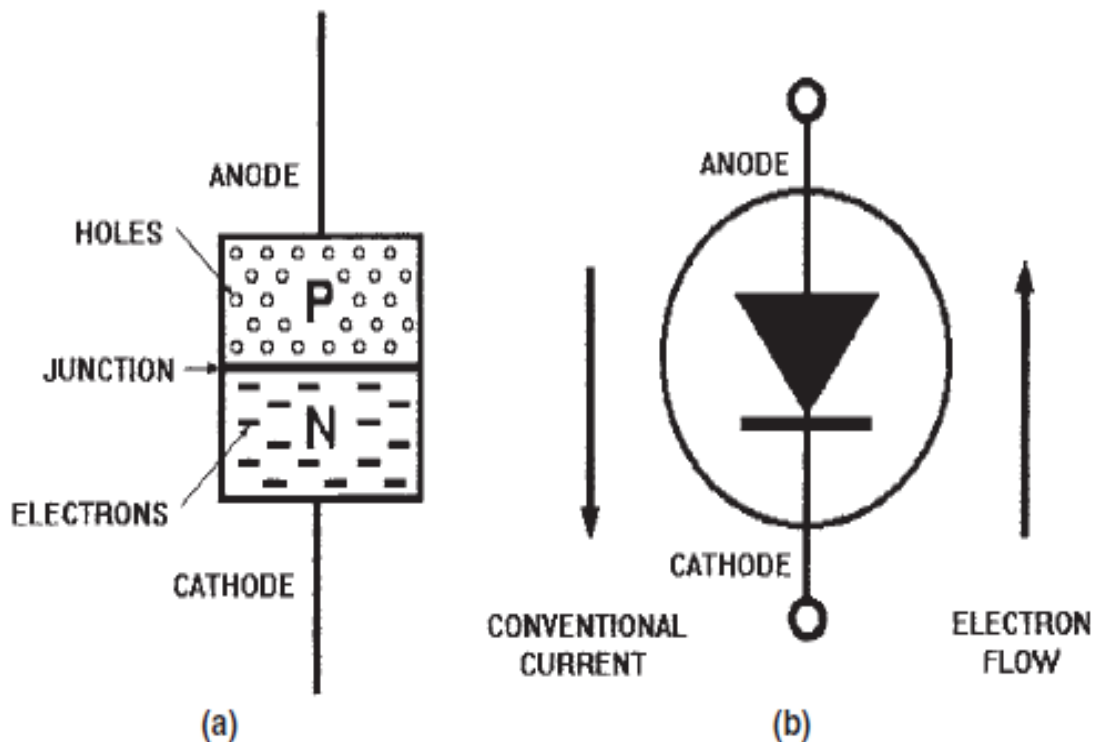
1. Στα φωτοβολταϊκά εργοστάσια παραγωγής (ισχύς >100KW)
2. Σε Φ/Β σταθμούς παραγωγής οι οποίοι βρίσκονται κοντά στα σημεία χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας (ισχύς 20-100KW).
3. Σε οικιακά φ/β (ισχύς 1-10 KW)

Στις πρώτες δύο περιπτώσεις έχουμε συστοιχίες φωτοβολταϊκών, οι οποίες συνδέονται με υποσταθμούς και μετά με το δίκτυο, και τροφοδοτούν μεγάλες περιοχές που έχουν ανάγκη από μεγάλα ποσά ενέργειας.. Είναι εύκολες στην κατασκευή τους και μπορούν να συνδεθούν εύκολα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης είναι αθόρυβες και δεν προκαλούν ρύπους. Τα μειονεκτήματα τους είναι ότι έχουν απώλεια μεταφοράς ενέργειας από την πηγή κατανάλωσης, καθώς επίσης απαιτούν και αρκετό χώρο για την εγκατάσταση τους. Στην τρίτη περίπτωση ο ιδιοκτήτης της συστοιχίας, μπορεί να ανταλλάσει ενέργεια με το δίκτυο κάθε χρονική στιγμή. Μπορεί να παίρνει την ενέργεια που χρειάζεται από τη συστοιχία και να χρησιμοποιεί το δίκτυο μόνο όταν το θέλει. Όταν η συστοιχία τροφοδοτεί το κτίριο και της περισσεύει ενέργεια, την δίνει στο δίκτυο. Όταν το φορτίο είναι μεγαλύτερο από την παραγωγή της συστοιχίας τότε εισάγεται ενέργεια από το δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

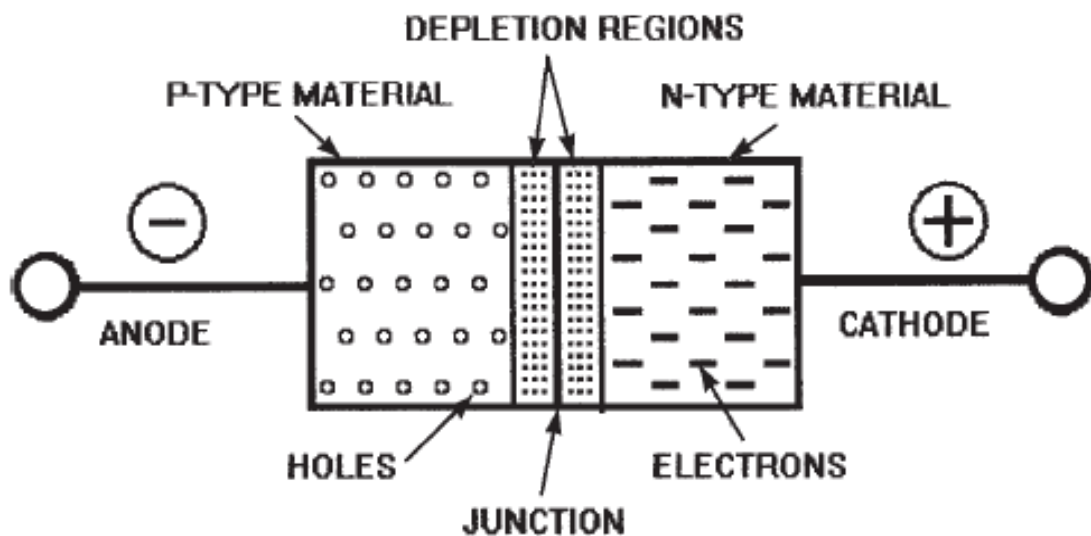
3.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Όπως έχουμε πει η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ένα τεράστιο ενεργειακό πλούτο και ιδιαίτερα στην χώρα μας. Για να εκμεταλλευτούμε όμως αυτήν την ενέργεια χρειάζεται την μετατρέψουμε σε μια άλλη μορφή, δηλαδή την ηλεκτρική. Αυτό γίνεται με την βοήθεια των ηλιακών κυττάρων. Η αρχή λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το οποίο έχει σχέση και με την ηλιακή ακτινοβολία αλλά και με τις ιδιότητες των ημιαγωγών που αυτά περιέχουν. Ένα ηλιακό κύτταρο αποτελείται από μία δίοδο τύπου p-n (Σχήμα 3.1). Αυτή η δίοδος αποτελείται από έναν ημιαγωγό πυριτίου Si. Στο σημείο όπου ενώνονται τα δύο υλικά p-n δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο το οποίο εμποδίζει τα ηλεκτρόνια να περάσουν από την περιοχή p στην n, και αυτό το φράγμα για να ξεπεραστεί και να περάσουν τα ηλεκτρόνια, θα πρέπει έχουν αρκετή ενέργεια την οποία την αποκτούν από την ηλιακή ακτινοβολία.



Σχήμα 3.1 Δίοδος p-n [3]

Όταν το ηλιακό φως πέσει πάνω στην δίοδο τότε μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί. Στην δεύτερη περίπτωση αυτό μπορεί να αλλάξει τις ιδιότητες του κρυστάλλου. Όταν ένα φωτόνιο πέσει πάνω στα ηλεκτρόνια της περιοχής p, τότε αυτά αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα σε αυτή την περιοχή, δημιουργώντας μια οπή, και στην συνέχεια κινούνται στην περιοχή n (Σχήμα 3.1.1). Δημιουργείται έτσι ένας κρύσταλλος που έχει στην μια περιοχή μαζεμένα τα ηλεκτρόνια και στην άλλη οπές. Αυτό δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού στα άκρα τέτοια ώστε να δώσει η ηλεκτρικό ρεύμα στα άκρα του και να διοχετευτεί σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Σε περίπτωση όμως που η ηλιακή ακτινοβολία ανακλαστεί τότε απλά εκδηλώνεται ως μια θερμότητα στο ηλιακό κύτταρο.



Σχήμα 3.1.1 Δίοδος p-n-Οπή [4]

3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών Κυττάρων

Η ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να παράγει ένα Φ/Β κύτταρο είναι πολύ μικρή για να μπορέσει να τροφοδοτήσει ένα κοινό ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι για το λόγο αυτό, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους και τοποθετούνται σαν ένα ενιαίο δομικό στοιχείο με κοινή ηλεκτρική έξοδο, φτιάχνοντας έτσι ένα Φ/Β πλαίσιο. Η μέγιστη τάση εξόδου του φωτοβολταϊκού πλαισίου εξαρτάται από τον αριθμό των ηλιακών στοιχείων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά, ενώ το μέγιστο ρεύμα εξόδου εξαρτάται από τον αριθμό των κυττάρων που συνδέονται παράλληλα. Κάθε Φ/Β πλαίσιο έχει ένα δικό του πίνακα ο οποίος περιέχει τις τιμές της μέγιστης δυνατής αποδιδόμενης ισχύος (PMP), της τάσης (VMP) και του ρεύματος (IMP στο σημείο μέγιστης ισχύος), της τάσης ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}), και του ρεύματος βραχυκυκλώματος (ISC), τα οποία μετρούνται σε συγκεκριμένες συνθήκες έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας ($1000\text{W}/\text{m}^2$), σε θερμοκρασία (25°C) και αέριας μάζα (1.5). Οι τιμές αυτές ονομάζονται Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (Standard Test Conditions, STC).

Η ηλεκτρική σχέση ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου περιγράφεται από την εξίσωση (1):

$$I_{CELL} = I_{LCELL} - I_{OCELL} \cdot \left[\text{EXP} \left(\frac{V_{CELL} + I_{CELL} \cdot R_{SCCELL}}{n_{CELL} \cdot V_T} \right) - 1 \right] - \frac{V_{CELL} + I_{CELL} \cdot R_{SCCELL}}{R_{SHCELL}}$$

Εξίσωση (1)

Όπου :

V_T : θερμοκή τάση .

k : σταθερά Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23}$ Joule/Kelvin)

T : απόλυτη θερμοκρασία του κυττάρου σε βαθμούς Kelvin

q : φορτίο ηλεκτρονίου ($1.6022 \cdot 10^{-19}$ Coulomb)

n_{cell} : συντελεστής διόρθωσης, λαμβάνει τιμές μεταξύ 1 και 2.

I_{cell} : το ρεύμα στην έξοδο του κυττάρου

V_{cell} : η τάση στην έξοδο του κυττάρου

$I_{L,cell}$: φωτόρευμα-το ρεύμα που παράγεται λόγω του ηλιακού φωτός πάνω

στο κυττάρο.

$I_{O,cell}$: Ρεύμα κόρου της διόδου με τιμές μεταξύ 10 και $10^{15}A$

$R_{S,Cell}$: αντίσταση σε σειρά του κυττάρου.

$R_{SH,Cell}$: παράλληλη αντίσταση

Εάν όμως έχουμε N_s ηλιακά κύτταρα σε σειρά συνδεδεμένα και N_p παράλληλες αλυσίδες από τέτοια κύτταρα τότε η σχέση γίνεται:

$$I = I_L - I_o \cdot \left[\text{EXP} \left(\frac{V + I \cdot R_s}{n \cdot V_T} \right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{SH}}$$

Εξίσωση (2)

όπου:

$$n = N_s \cdot n_{cell}$$

$I = N_p \cdot I_{cell}$, το ρεύμα στην έξοδο του πλαισίου

$V = N_s \cdot V_{cell}$, η τάση στην έξοδο του πλαισίου

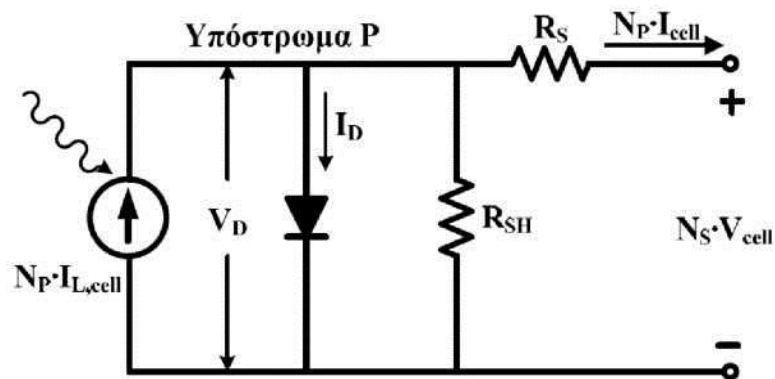
$I_L = N_p \cdot I_{L,cell}$, το συνολικό φωτόρευμα του πλαισίου

$I_o = N_p \cdot I_{o,cell}$, το συνολικό ρεύμα κόρου της διόδου

$R_s = (N_s/N_p) \cdot R_{S,cell}$, η εν σειρά αντίσταση του πλαισίου

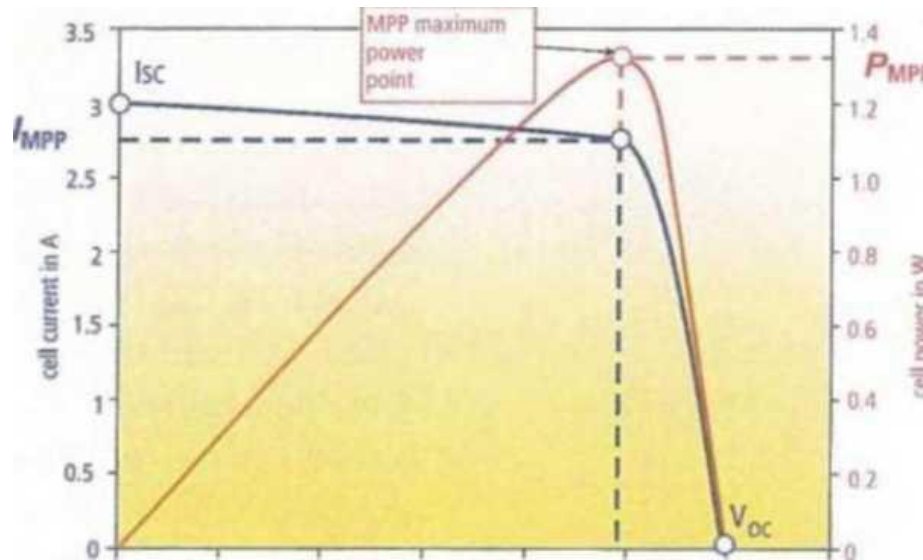
$R_{SH} = (N_s/N_p) \cdot R_{SH,cell}$, η παράλληλη αντίσταση του πλαισίου

Ηλεκτρικό ισοδύναμο ηλιακού κυττάρου [5]



3.3 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V ηλιακού κυττάρου

Η γραφική παράσταση μεταξύ ρεύματος (I) και τάσης (V) ενός ηλιακού κυττάρου καλείται χαρακτηριστική καμπύλη και παριστάνεται στο πρώτο τεταρτημόριο (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3 Χαρακτηριστική P-V [6]

Στο σχήμα έχουμε ακόμα και την χαρακτηριστική P-V.

Isc= Ρεύμα βραχυκυκλώσεως. Το ρεύμα που είναι ίσο με το φωτόρευμα I_L όταν στην έξοδο έχουμε μηδενική τάση.

Voc= Τάση ανοιχτού κυκλώματος. Η τάση όταν το ρεύμα εξόδου όταν είναι μηδενικό.

Pmp= Σημείο μέγιστης ισχύος εξόδου. Είναι το σημείο στο οποίο μεγιστοποιείται η σχέση V-I. Αυτό είναι το φορτίο το οποίο το κύτταρο αποδίδει την μέγιστη ισχύ σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ηλιακής ακτινοβολίας. Αποτελεί το επιθυμητό σημείο στο οποίο πρέπει να λειτουργεί κάθε κύτταρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

4.1 Ηλεκτρονικοί μετατροπείς και φωτοβολταϊκά

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, είναι σε μορφή συνεχούς τάσης και ρεύματος. Για να μπορέσουμε λοιπόν να τροφοδοτήσουμε το ηλεκτρικό δίκτυο εναλλασσομένου ρεύματος (Ε.Ρ.) με την ενέργεια αυτή, απαιτείται η μετατροπή της σε εναλλασσόμενη μορφή, με την βοήθεια κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, τους αντιστροφείς (Σχήμα 4.1). Οι μετατροπείς ισχύος περιέχουν συστήματα για έλεγχο, προστασία και φιλτράρισμα του ρεύματος εισόδου και εξόδου. Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα ή περισσότερα στάδια επεξεργασίας της ηλεκτρικής ισχύος. Το τμήμα που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη να ονομάζεται αντιστροφέας (Inverter). Η προσαρμογή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του δικτύου εναλλασσομένου ρεύματος, είναι μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλά διαφορετικά είδη μετατροπέων.



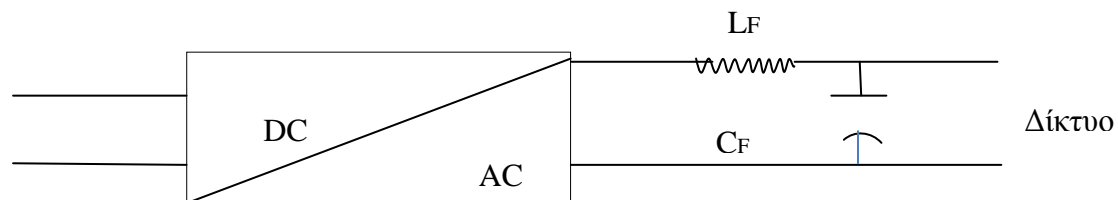
Σχήμα 4.1 Μετατροπείς (INVERTERS) [7]

4.2 ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ

Οι μετατροπείς ανάλογα με τον αριθμό βαθμίδων που έχουν, χωρίζονται σε μετατροπείς μια βαθμίδας, δύο βαθμίδων και πολλαπλών βαθμίδων. Οι μετατροπείς μιας βαθμίδας που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια με το δίκτυο, είναι αντιστροφείς αφού μόνο η βαθμίδα της τάσης που πρέπει να επεξεργαστεί, δηλαδή να ανυψωθεί και να μετατραπεί σε εναλλασσόμενη μορφή.

4.2.1 Μετατροπείς μιας βαθμίδας

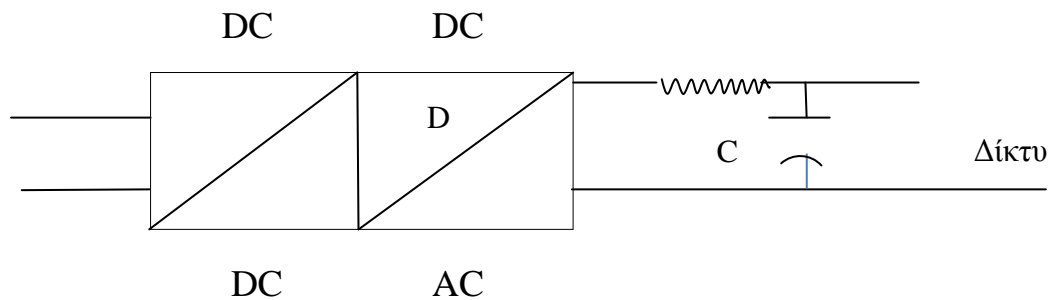
Οι μετατροπείς μιας βαθμίδας (Σχήμα 4.2) όπως είπαμε είναι στην ουσία αντιστροφείς, και χωρίζονται σε μετατροπείς μισής γέφυρας και μετατροπείς πλήρους γέφυρας. Η διαδικασία την οποία κάνουν είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, η ανύψωση τάσης και στην συνέχεια το φιλτράρισμα έτσι ώστε να μπορέσει να συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Οι μετατροπείς μιας βαθμίδας έχουν χαμηλό κόστος και μεγάλη αξιοπιστία, και αυτό διότι η κατασκευή τους απαιτεί μικρό αριθμό ηλεκτρονικών στοιχείων. Παρόλα αυτά όμως αυτού του είδους οι μετατροπείς έχουν και κάποια μειονεκτήματα όπως το γεγονός ότι η απόδοσή τους μειώνεται σημαντικά με την χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία, καθώς επίσης ο μεγάλος όγκος τους και κάποιες απώλειες που έχει ο μετασχηματιστής που περιέχουν τους κάνει λιγότερο δημοφιλείς από τις άλλες κατηγορίες μετατροπέων.



Σχήμα 4.2 Μετατροπέας μιας βαθμίδας [8]

4.2.2 Μετατροπείς δύο βαθμίδων

Οι μετατροπείς της κατηγορίας (Σχήμα 4.2.1) αυτής αποτελούνται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από έναν μετατροπέα DC-DC που έχει στόχο να ανυψώσει της τιμή της τάσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου, και το δεύτερο μέρος αποτελείται από έναν inverter, ο οποίος με την βοήθεια ενός φίλτρου επιτυγχάνει την ημιτονοειδή μορφή του ρεύματος για την διασύνδεση του ρεύματος στο δίκτυο. Ο μετατροπέας DC-DC μπορεί να δίνει στην έξοδο του ημιτονικό ρεύμα και ο αντιστροφείας ο οποίος ελέγχεται μέσω PWM, να δημιουργεί την εναλλασσόμενη μορφή.

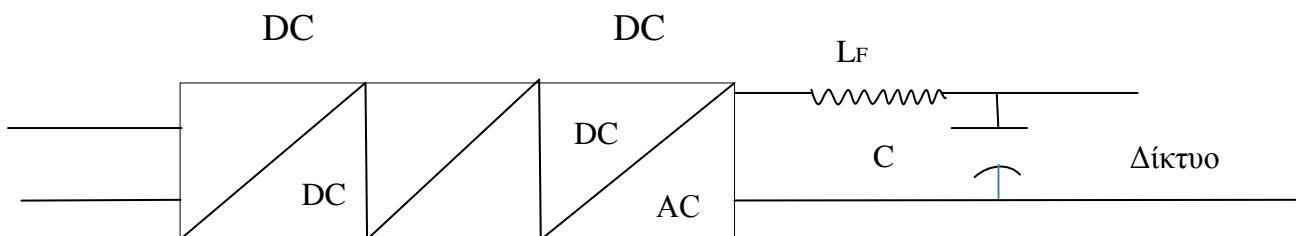


Σχήμα 4.2.1 Μετατροπείς δύο βαθμίδων [9]

Και σε αυτήν την κατηγορία μετατροπέων έχουμε χρήση μετασχηματιστή που απομονώνει τον μετατροπέα DC-DC, καθώς επίσης και το φωτοβολταϊκό πλαίσιο από το δίκτυο, μόνο που σε αυτή την περίπτωση ο όγκος του μετασχηματιστή είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση. Ωστόσο υπάρχουν κάποια πράγματα που πρέπει να πούμε τα οποία πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά την επιλογή μετατροπέων δυο βαθμίδων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετασχηματίζεται δύο φορές. Μία φορά κατά την ανύψωση τάσης και μία κατά την προσαρμογή της στα χαρακτηριστικά και στις προδιαγραφές του δικτύου, έχοντας ως επακόλουθο αν επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση του συστήματος. Επίσης λόγω των πολλών ημιαγωγικών στοιχείων του μετατροπέα DC-DC, αυξάνονται οι διακοπτικές απώλειες και οι απώλειες αγωγής. Ακόμα ο έλεγχος του συστήματος γίνεται από δύο ελεγκτές σε σχέση με έναν που χρειαζόμασταν στην προηγούμενη περίπτωση, έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα το κύκλωμα να είναι πιο περίπλοκο και με να έχει μεγαλύτερο κόστος.

4.2.3 Μετατροπείς πολλαπλών βαθμίδων

Στην περίπτωση αυτή των μετατροπέων (Σχήμα 4.2.2) έχουμε την τοποθέτηση πολλών μετατροπέων DC-DC σε σειρά, έχοντας πάλι ως στόχο την ανύψωση τάσης και τελικά την σύνδεση της στο δίκτυο.



Σχήμα 4.2.2 Μετατροπείς πολλών βαθμίδων [10]

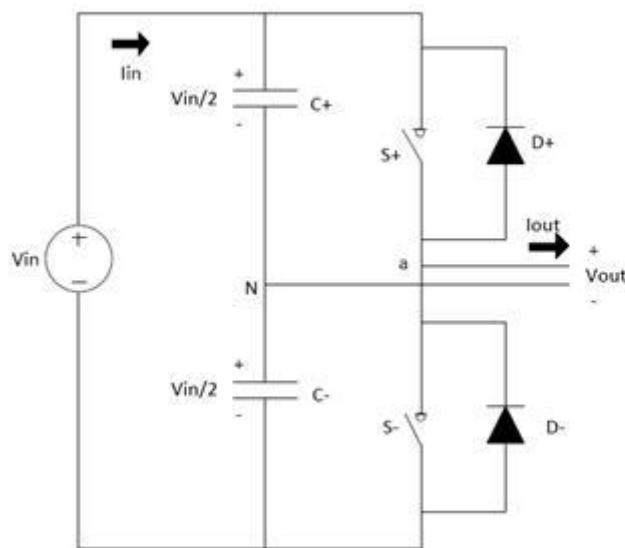
Τα πλεονεκτήματα αυτής της κατηγορίας είναι η εξαφάνιση της ταλάντωσης του ρεύματος εισόδου λόγω του μετατροπέα έχοντας ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη προσέγγιση του σημείου της μέγιστης τάσης. Εδώ όμως πρέπει να αναφέρουμε και ορισμένα αρνητικά της συγκεκριμένης τεχνολογίας, όπως είναι το υψηλό κόστος κατασκευής, καθώς επίσης και τις πολλές απώλειες που έχουμε λόγω της χρήσης των πολλών βαθμίδων με άμεση συνέπεια της μείωση της απόδοσης του συστήματος. Εν κατακλείδι, έχοντας δει όλες αυτές τις κατηγορίες μετατροπέων, πρέπει να αναφέρουμε πως η πιο διαδεδομένη τεχνολογία είναι ο μετατροπέας δυο βαθμίδων, καθώς έχει τα περισσότερα πλεονεκτήματα και τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.

4.3 Μονοφασικοί inverters DC-AC

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως οι αντιστροφείς αποτελούν το βασικό μέρος ενός κυκλώματος το οποίο θα μετατρέψει το ρεύμα που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο από συνεχές σε εναλλασσόμενο και θα του δώσει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά έτσι ώστε να μπορέσει να διοχετευτεί στο δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι inverters DC-AC χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες οι οποίες και θα αναλυθούν παρακάτω. Τους αντιστροφείς ημι-γέφυρας και τους αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιλέγονται αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Όταν ένας αντιστροφέας έχει ως είσοδο πηγή τάσης ονομάζεται αντιστροφέας πηγής τάσης. Ενώ όταν έχει ως είσοδο πηγή έντασης ονομάζεται αντιστροφέας πηγής έντασης.

4.3.1 Μονοφασικός αντιστροφέας ημι-γέφυρας

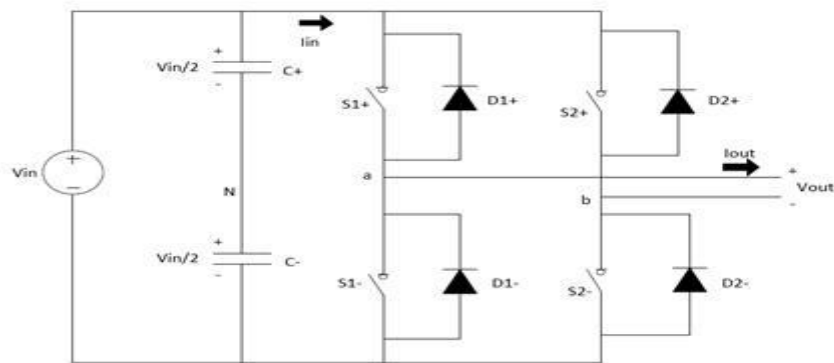
Αυτός είναι ένας αντιστροφέας ημι-γέφυρας (Σχήμα 4.3.1)



Σχήμα 4.3.1 Αντιστροφέας πηγής τάσης ημι-γέφυρας [11]

Στα άκρα της Dc συνδέονται δύο πυκνωτές σε σειρά. Στην μέση των δύο πυκνωτών έχουμε δυναμικό ίσο με $V_c/2$ της αρχικής τάσης.

4.3.2 Μονοφασικός αντιστροφέας πλήρους γέφυρας.



Σχήμα 4.3.2 Αντιστροφέας πηγής τάσης πλήρους γέφυρας [12]

Αυτός είναι ένας αντιστροφέας πηγής τάσης πλήρους γέφυρας (Σχήμα 4.3.2) ο οποίος χρησιμοποιείται στα φωτοβολταϊκά. Αποτελείται από δύο ζεύγη διακοπών και διόδων. Η λειτουργία του είναι ως εξής:

Όταν οι διακόπτες $S1+$ και $S2-$ άγουν, τότε οι $S1-$ και $S2+$ βρίσκονται σε αποκοπή. Το ρεύμα ρέει από το σημείο A στο B και η τάση εξόδου είναι V_{in+} . Ανάποδα τώρα όταν οι διακόπτες $S1-$ και $S2+$ άγουν, τότε οι $S1+$ και $S2-$ βρίσκονται σε αποκοπή. Το ρεύμα ρέει από το σημείο B στο A και η τάση εξόδου είναι V_{in-} . Στην περίπτωση ωμικού φορτίου οι διόδοι δεν έχουν κάποιο ρόλο. Σε επαγωγικό φορτίο όμως έχουμε το εξής:

Δεν έχουμε κατευθείαν αντιστροφή του ρεύματος όταν οι διακόπτες $S1+$ και $S2-$ κλείσουν και ανοίξουν οι διακόπτες $S1-$ και $S2+$ λόγω της καθυστέρησης που προκαλεί το επαγωγικό φορτίο. Έτσι υπάρχει ένας χρόνος κατά τον οποίο κυκλοφορεί ρεύμα στις διόδους $D1-$ και $D2+$ όταν οι διακόπτες $S1-$ και $S2+$ είναι κλειστοί, και αντίστοιχα για την άλλη περίπτωση. Πρέπει επίσης να πούμε πως οι διακόπτες που βρίσκονται στην ίδια μεριά του κυκλώματος δεν θα πρέπει ποτέ να είναι ταυτόχρονα ανοιχτοί καθώς προκαλούν βραχυκύκλωμα. Οι δύο πυκνωτές που βρίσκονται σε σειρά συνδεδεμένοι στην είσοδο του κυκλώματος είναι για την σταθερή διατήρηση της τάσης εισόδου, και οι οποίοι θα πρέπει να έχουν μεγάλη χωρητικότητα.

4.4 Μονοφασικός αντιστροφέας και έλεγχος με PWM

Η μέθοδος PWM αποτελεί μια τεχνική η οποία ελέγχει τους διακόπτες του αντιστροφέα κρατώντας σταθερή την διακοπτική συχνότητα των διακοπών. Η τεχνική αυτή ελέγχει τον χρόνο αγωγής και αποκοπής του κάθε διακόπτη, δηλαδή ελέγχει τον χρόνο λειτουργίας τους.

Ο κύκλος λειτουργίας δίνεται από την σχέση :

$$D = \frac{T_{ON}}{T_S}$$

Όπου T_s η διακοπτική συχνότητα και T_{on} ο χρόνος αγωγής του διακόπτη. Η διακοπτική περίοδος δίνεται από τον τύπο $T_S = T_{ON} + T_{OFF}$

Όπου T_{off} ο χρόνος αποκοπής του διακόπτη.

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για να μπορέσουμε να ελέγξουμε το πλάτος της κυματομορφής εξόδου καθώς επίσης και την ρύθμιση της επιθυμητής συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

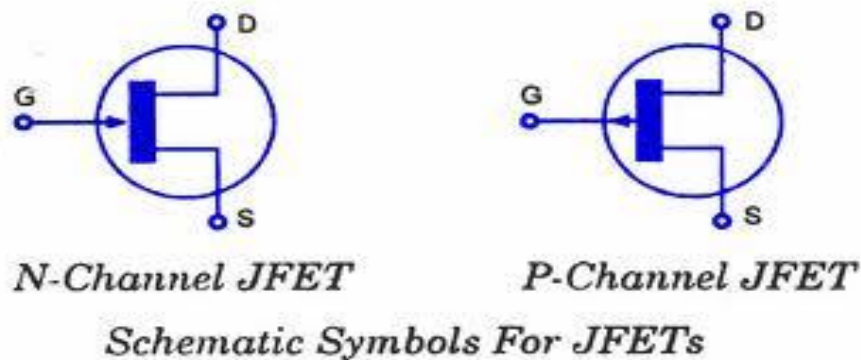
ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ DC-AC ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

5.1 Γενική περιγραφή

Στην παρούσα πτυχιακή σκοπός μας είναι να δημιουργήσουμε έναν αντιστροφέα πλήρους γέφυρας dc-ac με σκοπό την μετατροπή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού πάνελ σε εναλλασσόμενη έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συσκευές εναλλασσόμενης τάσης καθώς επίσης και την διοχέτευσή της στον ηλεκτρικό δίκτυο. Για την προσομοίωση του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης **Multisim**, ένα ευρέως διαδεδομένο και γνωστό πρόγραμμα σε όλα τα ευρωπαϊκά πανεπιστήμια.

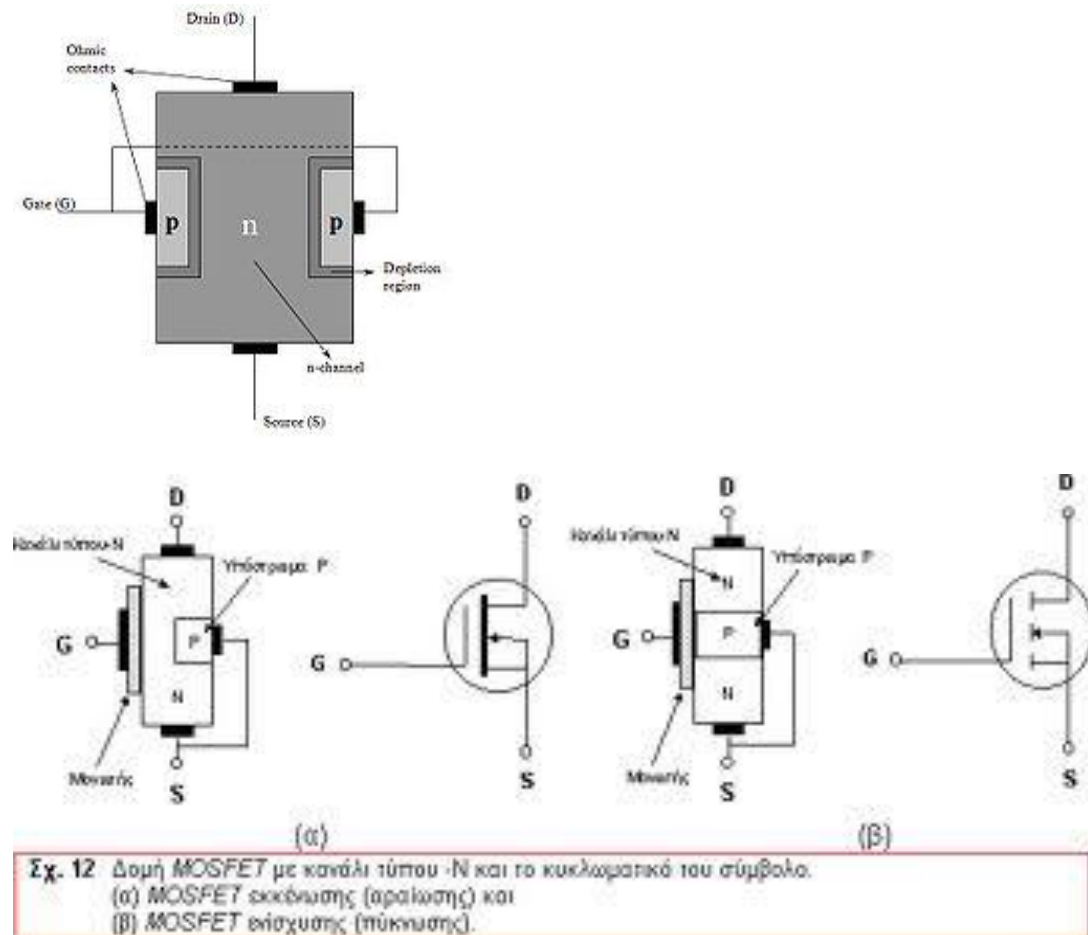
5.2 Γενική εισαγωγή στα MOSFET

Τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (ή τρανζίστορ φαινομένου πεδίου, field effect transistor-FET) είναι μονοπολικά τρανζίστορ, τα οποία χρησιμοποιούνται με τρόπο ανάλογο με αυτόν που χρησιμοποιούνται τα διπολικά τρανζίστορ. Πρόκειται κατά βάση για μια ράβδο εμπλουτισμένου ημιαγωγού και μια επαφή που βρίσκεται στο μέσο της ράβδου και κατά μήκος της επιφάνειάς της. Υπάρχουν δύο κυρίως FET: το τρανζίστορ επαφής επίδρασης πεδίου (junction field effect transistor-JFET) και το FET ημιαγωγού με οξείδιο μετάλλου (metal oxide semi-conductor FET-MOSFET).



Σχήμα 5.2 JFET [13]

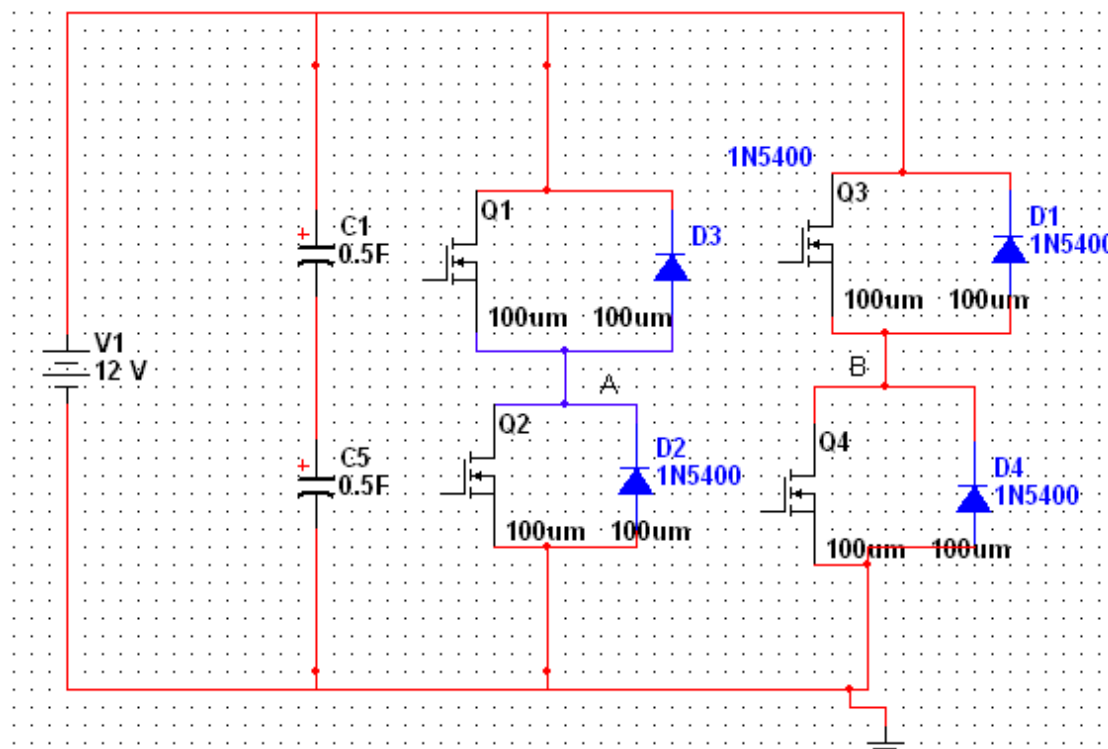
Στο **σχήμα 5.2** φαίνεται ένα JFET, η ράβδος ονομάζεται **κανάλι ή διάυλος**, η μία της απόληξη **πηγή**, η άλλη **επαγωγός** ενώ κάθε μία από τις δύο εμπλουτισμένες περιοχές στη μέση του καναλιού ονομάζεται **πύλη**.



Σχήμα 5.2.1 Δομή mosfet [14]

Το MOSFET είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο τρανζίστορ. Όπως το JFET, αποτελείται και αυτό από τα ίδια στοιχεία (πηγή, επαγωγό και πύλη) όμως αντίθετα από το JFET, η πύλη είναι απομονωμένη από το κανάλι. Συναντούμε δύο είδη MOSFET: τα MOSFET εκκένωσης (ή αραιώσης) και τα MOSFET ενίσχυσης (ή πύκνωσης). Στο **σχήμα 5.2.1** φαίνεται η δομή των MOSFET: στο πρώτο, το κανάλι N είναι ενιαίο (δηλαδή, το κύκλωμα μεταξύ επαγωγού-πηγής είναι κανονικά κλειστό) ενώ στο δεύτερο, το κύκλωμα μεταξύ επαγωγού και πηγής είναι κανονικά ανοιχτό. Ακόμη, η πύλη βρίσκεται απομονωμένη από το κανάλι (με μια μόνωση από διοξείδιο του πυριτίου), το οποίο βρίσκεται πάνω από ένα υπόστρωμα P. Ένα FET N-καναλιού άγει δια μέσου του καναλιού του, κανονικά, όταν εφαρμοστεί μια θετική (ως προς την πηγή) τάση στον επαγωγό. Η βασική ιδέα σε ένα FET είναι εφαρμογή ανάστροφης τάσης μεταξύ πύλης (G) και πηγής (S) με σκοπό τον έλεγχο του ρεύματος επαγωγού από την αυξομειώσή της.

5.3 Αρχή λειτουργίας του κυκλώματος



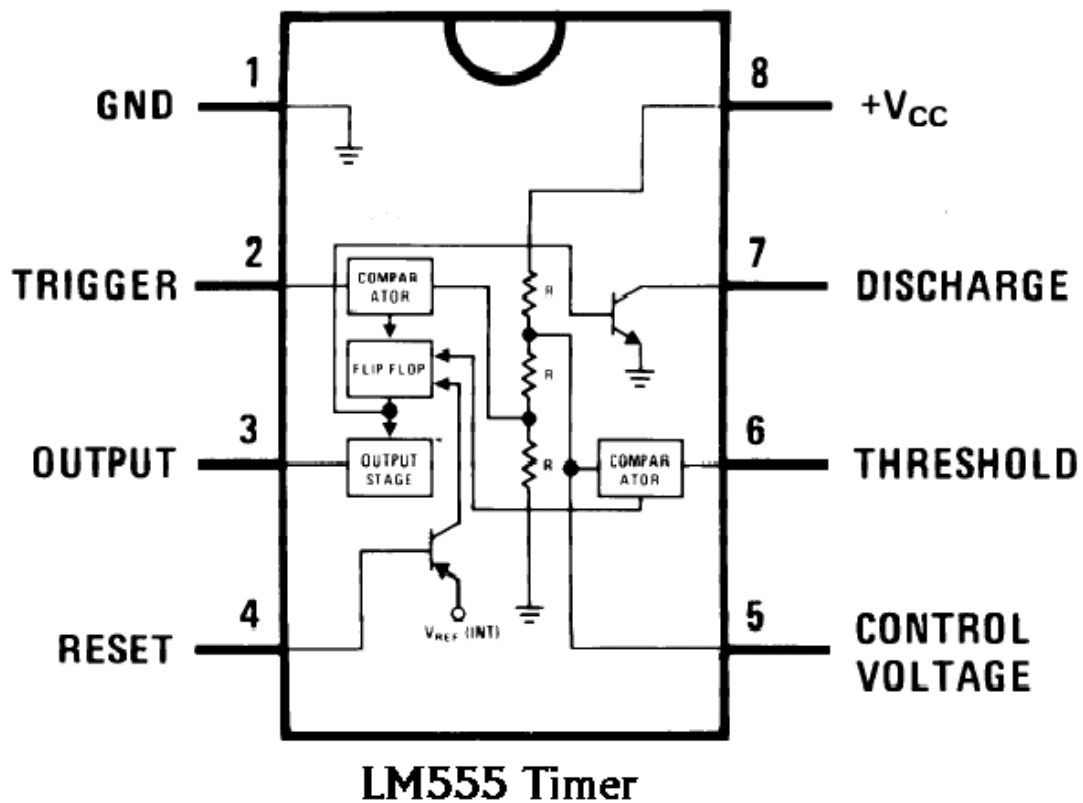
Σχήμα 5.3.1 Βασικό κύκλωμα inverter [15]

Στο **σχήμα 5.3.1** βλέπουμε το βασικό κύκλωμα ενός inverter dc/ac. Αποτελείται από την πηγή **V1** η οποία αναπαριστά το φωτοβολταϊκό πάνελ τάσεως 12V, τέσσερα mosfets τύπου N συνδεδεμένα σε μορφή γέφυρας, τέσσερις απλές διόδους για καθένα από αυτά, και δυο πυκνωτές σταθεροποίησης τάσης **C1** και **C5**. Η λογική του κυκλώματος είναι η εξής:

Όταν τα mosfet **Q1** και **Q4** άγουν, τότε τα mosfet **Q2** και **Q3** βρίσκονται σε αποκοπή. Το ρεύμα ρέει από το σημείο **A** στο **B** και η τάση εξόδου είναι $V1+$. Ανάποδα τώρα όταν τα mosfet **Q2** και **Q3** άγουν, τότε τα mosfet **Q1** και **Q4** βρίσκονται σε αποκοπή. Το ρεύμα ρέει από το σημείο **B** στο **A** και η τάση εξόδου είναι $V1-$. Στην περίπτωση ωμικού φορτίου οι διόδοι δεν έχουν κάποιο ρόλο. Σε επαγωγικό φορτίο όμως έχουμε το εξής: Δεν έχουμε κατευθείαν αντιστροφή του ρεύματος όταν τα mosfet **Q1** και **Q4** κλείνουν και ανοίγουν τα mosfet **Q2** και **Q3**, λόγω της καθυστέρησης που προκαλεί το επαγωγικό φορτίο. Έτσι υπάρχει ένας χρόνος κατά τον οποίο κυκλοφορεί ρεύμα στις διόδους **D1** και **D2** όταν οι διακόπτες **Q1** και **Q4** είναι κλειστοί, και αντίστοιχα για την άλλη περίπτωση. Πρέπει επίσης να πούμε πως οι διακόπτες που βρίσκονται στην ίδια μεριά του κυκλώματος δεν θα πρέπει ποτέ να είναι ταυτόχρονα ανοιχτοί καθώς προκαλούν βραχυκύκλωμα. Οι δύο πυκνωτές

που βρίσκονται σε σειρά συνδεδεμένοι στην είσοδο του κυκλώματος είναι για την σταθερή διατήρηση της τάσης εισόδου, και οι οποίοι θα πρέπει να έχουν μεγάλη χωρητικότητα. Η **συχνότητα της τάσης εξόδου** καθορίζεται από την συχνότητα αγωγής και αποκοπής των mosfet. Για να πετύχουμε λοιπόν την ταυτόχρονη αγωγή και αποκοπή των mosfet Q1 και Q4 και Q2 και Q3 αντίστοιχα καθώς επίσης και την επιθυμητή συχνότητα εξόδου, θα χρησιμοποιήσουμε τον χρονιστή (timer) LM555.

5.4 Ο χρονιστής (timer) LM555-περιγραφή και λειτουργία.



Σχήμα 5.4.1 Timer LM555 [16]

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα του 555 αποτελεί έναν πολυδονητή, δηλαδή ένα κύκλωμα το οποίο παράγει τετραγωνικούς παλμούς ρυθμιζόμενης διάρκειας. Ο 555 έχει τρεις λειτουργίες, την μονοσταθή και την ασταθή λειτουργία, την οποία και επιλέξαμε στην συγκεκριμένη εργασία.

5.4.1 Μονοσταθής λειτουργία

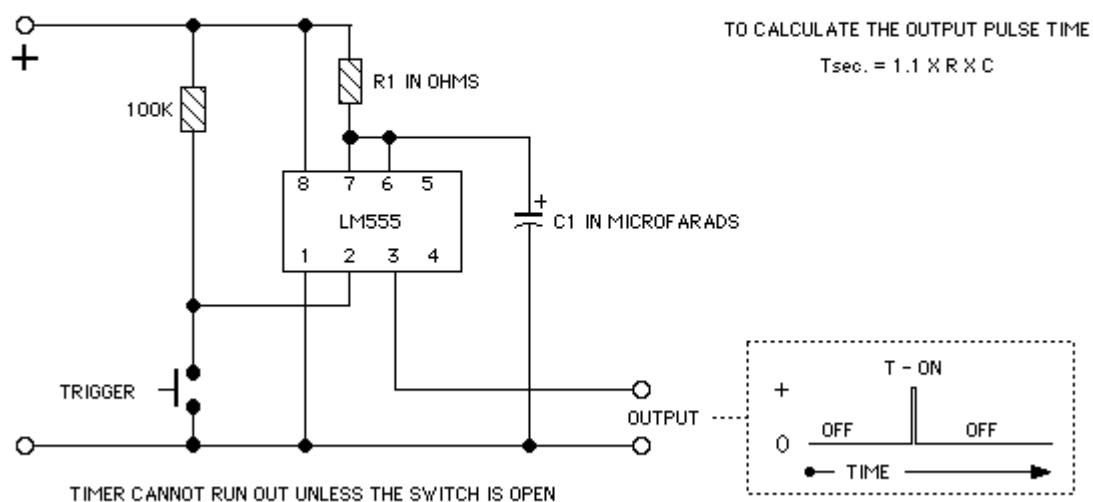
Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο χρονοστής παράγει έναν παλμό εξόδου συγκεκριμένης διάρκειας κάθε φορά που σκανδαλίζεται η είσοδος του. Η χρονική διάρκεια του παλμού υπολογίζεται από την σχέση :

$$t = 1.1RaC$$

Αυτό αποτελεί το κύκλωμα μονοσταθούς λειτουργίας.

BASIC 'MONOSTABLE' OSCILLATOR CIRCUIT with CALCULATION FOR THE 555 TIMER CHIP
©ROB PAISLEY 2005 555 Monostable calc

MONOSTABLE OSCILLATOR



<http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/CircuitIndex.html>

Σχήμα 5.4.2 Κύκλωμα μονοσταθούς λειτουργίας [17]

5.4.2 Ασταθής λειτουργία

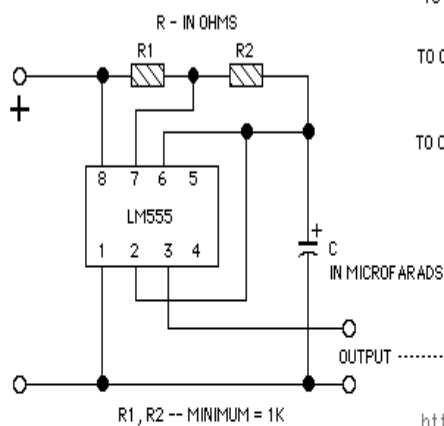
ASTABLE OSCILLATOR CIRCUIT with CALCULATIONS FOR THE LM555 TIMER CHIP

©ROB PAISLEY 2011

555 Astable calc: Find R & C
23 December, 2011

FREQUENCY AND DUTY CALCULATIONS

ASTABLE OSCILLATOR



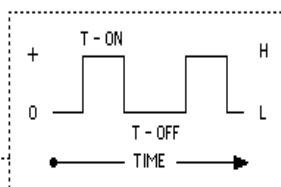
$$\text{TO CALCULATE THE FREQUENCY --> Hz} = \frac{1}{0.693 \times (R1 + 2 \times R2) \times C}$$

$$\text{TO CALCULATE THE ON TIME --> } T_{\text{sec.}} = 0.693 \times (R1 + R2) \times C$$

$$\text{TO CALCULATE THE OFF TIME --> } T_{\text{sec.}} = 0.693 \times R2 \times C$$

$$\text{TO CALCULATE THE PERCENT TIME HIGH -- \%} = \frac{R2}{R1 + 2R2} \times 100 = \frac{T_{\text{LOW}}}{T_{\text{HIGH}} + T_{\text{LOW}}} \times 100$$

(DUTY CYCLE)



<http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/CircuitIndex.html>

CALCULATIONS TO FIND R1 OR R2 FOR A GIVEN FREQUENCY

$$RT = R1 + 2 \times R2 = \frac{1}{0.693 \times \text{Hz} \times C}$$

$$\text{TO FIND R1 --> } R1 = RT - 2 \times R2$$

$$\text{TO FIND R2 --> } R2 = (RT - R1) / 2$$

THE VALUES OF EITHER R1 OR R2 AND C MUST BE KNOWN

CALCULATIONS TO FIND C FOR A GIVEN FREQUENCY

$$C = \frac{1}{0.693 \times (R1 + 2 \times R2) \times \text{Hz}}$$

$$C \times 10^6 = \text{MICROFARADS IN WHOLE NUMBERS}$$

THE VALUES OF R1 AND R2 MUST BE KNOWN

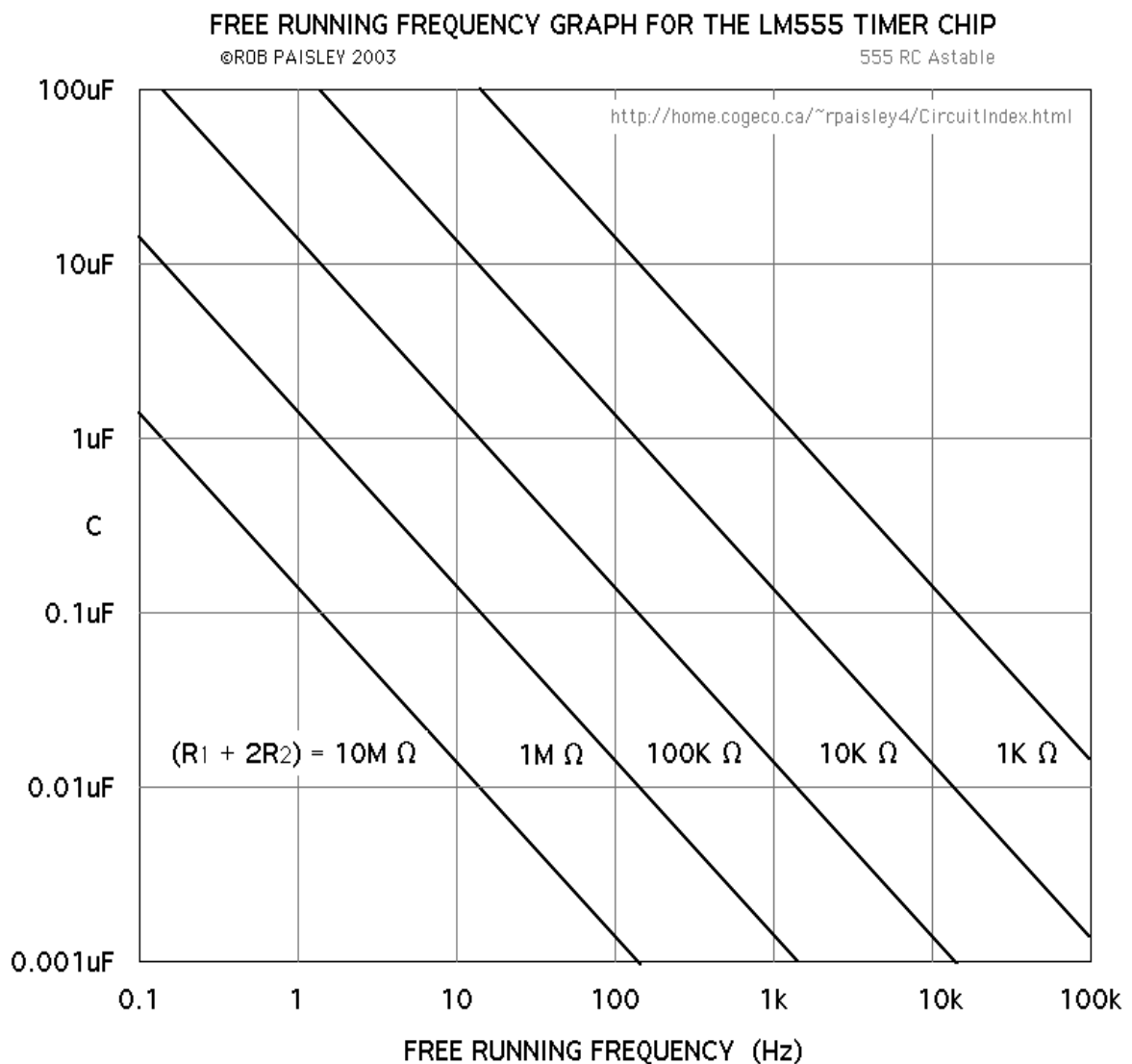
Σχήμα 5.4.3 Κύκλωμα ασταθούς λειτουργίας [18]

Στο παραπάνω **σχήμα 5.4.3** παρουσιάζεται το σχήμα ενός 555 χρονιστή σε μονοσταθή λειτουργία.

Το κύκλωμα αυτό παράγει έναν τετραγωνικό παλμό συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας. Η περίοδος του παλμού ρυθμίζεται με την κατάλληλη επιλογή των αντιστάσεων R_A και R_B καθώς και από τον πυκνωτή C . Η διάρκεια του παλμού προσδιορίζεται με τον τύπο:

$$t = 0,693(R_A + R_B)C$$

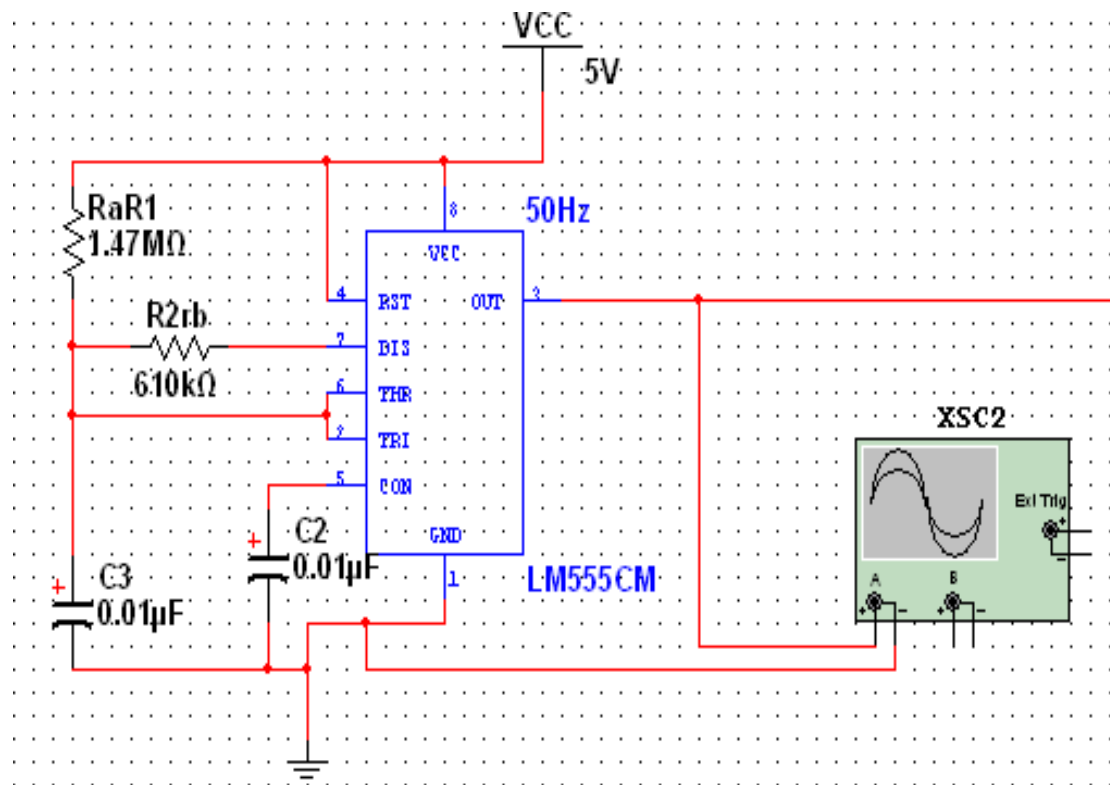
Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε την επιλογή των αντιστάσεων και πυκνωτή για την κατάλληλη επιθυμητή περίοδο.



Σχήμα 5.4.4 Διάγραμμα σχέσης αντιστάσεων, πυκνωτή και συχνότητας[19]

5.4.3 Ο χρονιστής του κυκλώματος προσομοίωσης

Το κύκλωμα του χρονιστή 555 που επιλέξαμε για το συγκεκριμένο inverter φαίνεται στο παρακάτω **σχήμα 5.4.5** και είναι σε ασταθή λειτουργία.



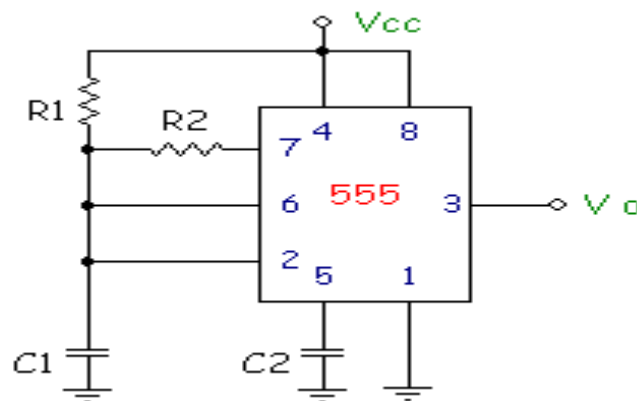
Σχήμα 5.4.5 Timer LM555 [20]

Η επιλογή των αντιστάσεων έγινε συμβουλευόμενοι τους παραπάνω πίνακες αντιστάσεων και πυκνωτών, καθώς επίσης και με αρκετές δοκιμές στο MULTISIM, έτσι ώστε να επιτύχουμε συχνότητα εξόδου $F = 50\text{Hz}$.

Οι αντιστάσεις είναι $R_A = 1.47\text{M}\Omega$ και $R_B = 610\text{K}\Omega$ και ο πυκνωτής

$C_3 = 0.01\mu\text{F}$. Πυκνωτής $C_2 = 0.01\mu\text{F}$ τοποθετείται για οδηγεί διάφορους θορύβους στην γη.

Παρατηρούμε όμως στο κύκλωμα μας πως υπάρχει μία αλλαγή στην συνδεσμολογία του χρονοστή σε ασταθή λειτουργία σε σχέση με την ενδεδειγμένη που έχουμε δει στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Βλέπουμε λοιπόν πως η αντίσταση $R_B = 610K\Omega$ τοποθετείται όχι σε σειρά με την $R_A = 1.47M\Omega$ και κατόπιν με τον πυκνωτή $C_3 = 0.01\mu F$ αλλά τοποθετείται στην είσοδο του **DISCHARGE** και κατόπιν με την αντίσταση $R_A = 1.47M\Omega$. Αυτό γίνεται για τον εξής λόγο, κοιτάζοντας το datasheet του LM555



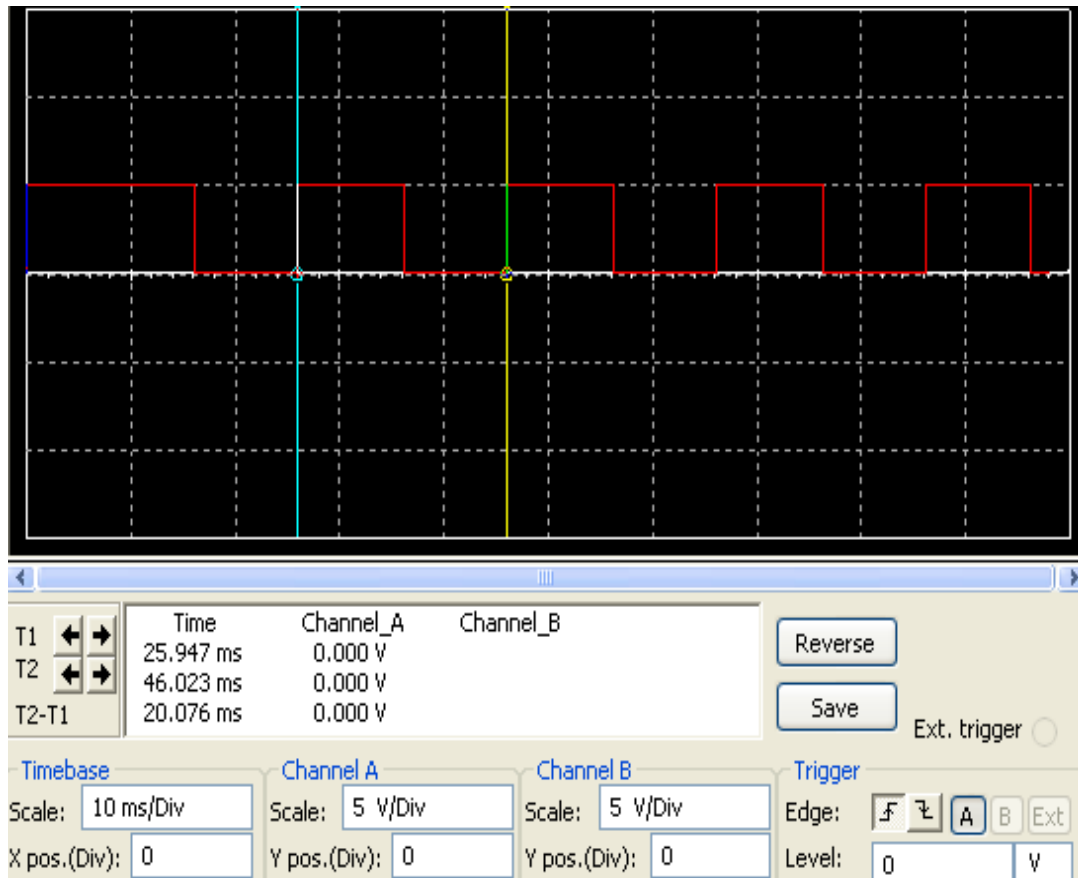
Σχέδιο Datasheet IC 555
Σχήμα 5.4.6 [21]

βλέπουμε ότι κάνοντας αυτήν την συνδεσμολογία επιτυγχάνουμε **DUTY**

CYCLE=50% δηλαδή το T_{ON} θα ισούται με το T_{OFF} .

Αυτό σημαίνει ότι η χρονική διάρκεια του παλμού θα είναι χωρισμένη σε δύο ίσα χρονικά διαστήματα, δηλαδή ο χρόνος που βρίσκεται στο **λογικό 1** και ο χρόνος που βρίσκεται στο **λογικό 0** θα είναι ίσος, έχοντας έτσι $T_{ON} = T_{OFF}$, το οποίο είναι και σημαντικό για το συγκεκριμένο κύκλωμα που θέλουμε να σχεδιάσουμε.

Στο παρακάτω **σχήμα 5.4.7** φαίνεται η κυματομορφή εξόδου του χρονιστή.

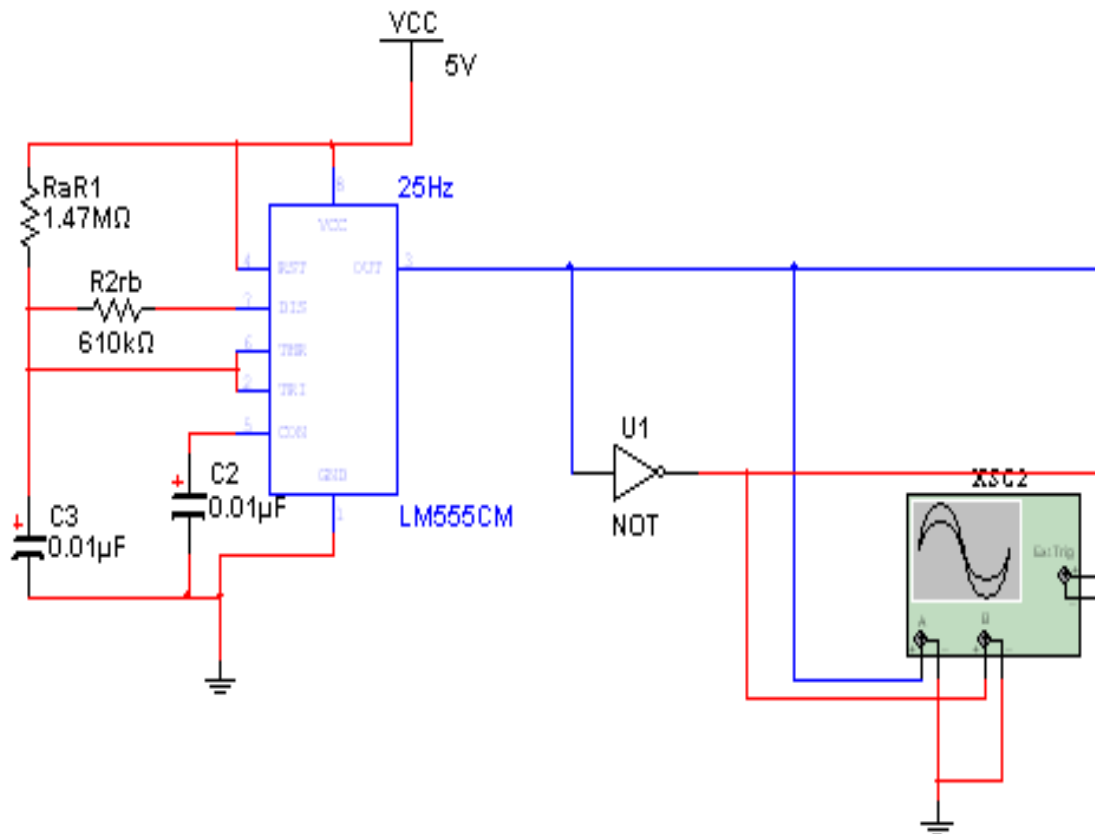


Σχήμα 5.4.7 Κυματομορφή εξόδου του χρονιστή [22]

Βλέπουμε λοιπόν πως η περίοδος ισούται με $T = 20ms$ δηλ $F = \frac{1}{T}$ έχοντας $F = 50Hz$ και επίσης $T_{ON} = T_{OFF}$ δηλ duty cycle=50%.

5.5 Παλμοί έναυσης των Mosfets

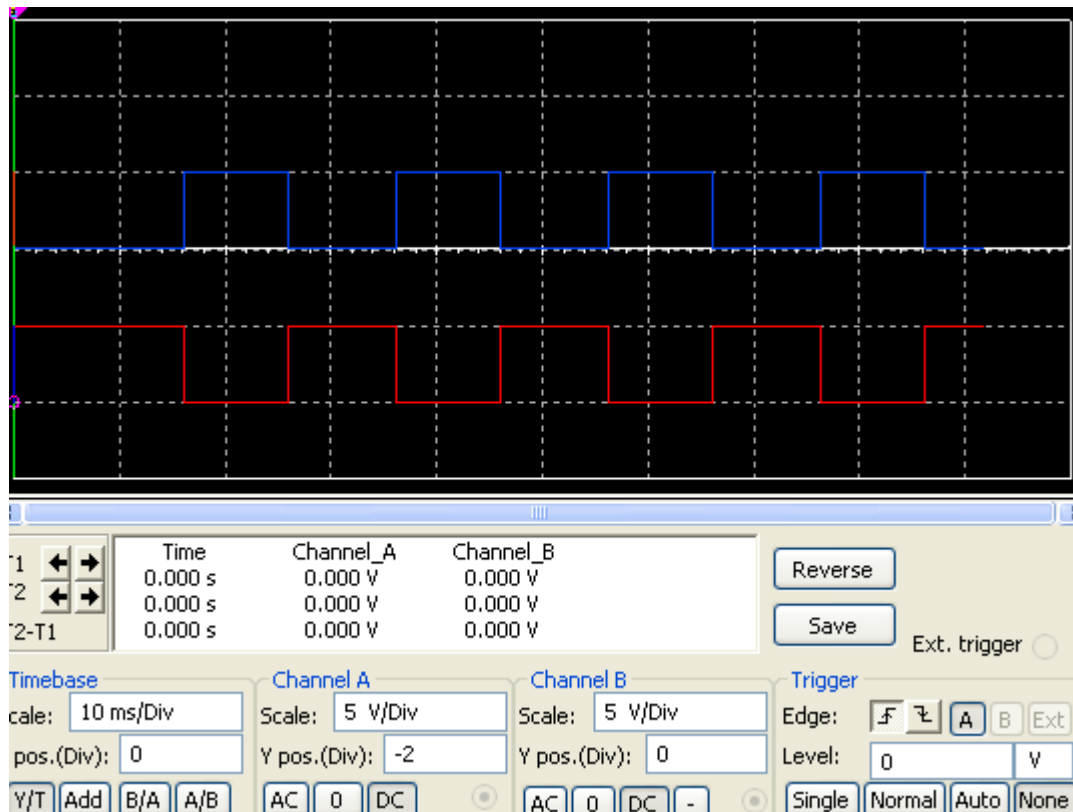
Στο παρακάτω **σχήμα 5.5.1** βλέπουμε πως ο παλμός εξόδου του 555 χωρίζεται και στην δεύτερη διακλάδωση τοποθετείται μια απλή πύλη NOT η οποία αντιστρέφει το σήμα. Αυτό γίνεται έτσι ώστε όταν τα



Σχήμα 5.5.1 Διακλάδωση παλμού του LM555 [23]

Αυτό γίνεται έτσι ώστε όταν τα mosfet Q1 και Q4 άγουν, τότε τα mosfet Q2 και Q3 να βρίσκονται σε αποκοπή, και το αντίστροφο.

Οι παλμοί που δέχονται τα mosfet ανά ζευγάρι φαίνονται στο παρακάτω **σχήμα 5.5.2**



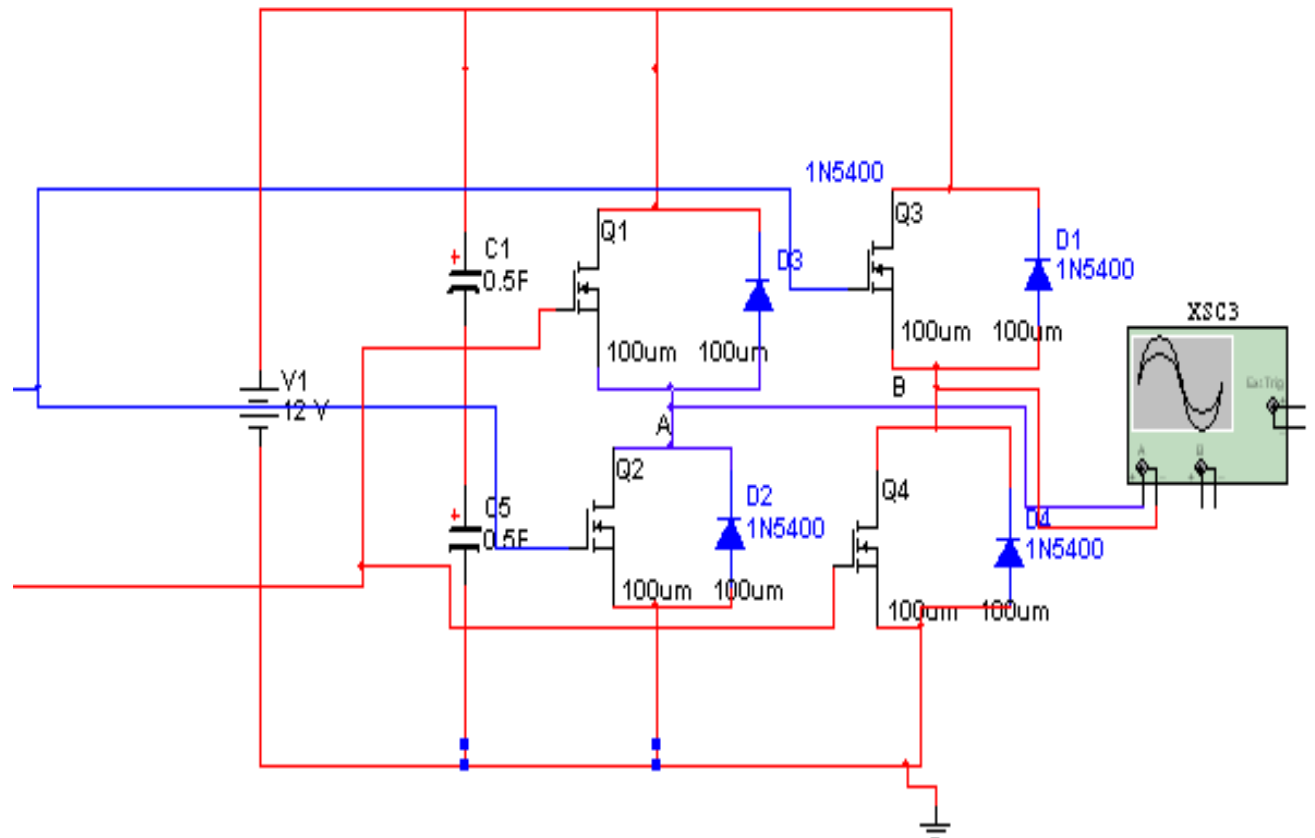
Σχήμα 5.5.2 Παλμοί εισόδου των MOSFET [24]

----- Μπλε για τα Q1 και Q4

----- Κόκκινο για Q2 και Q3

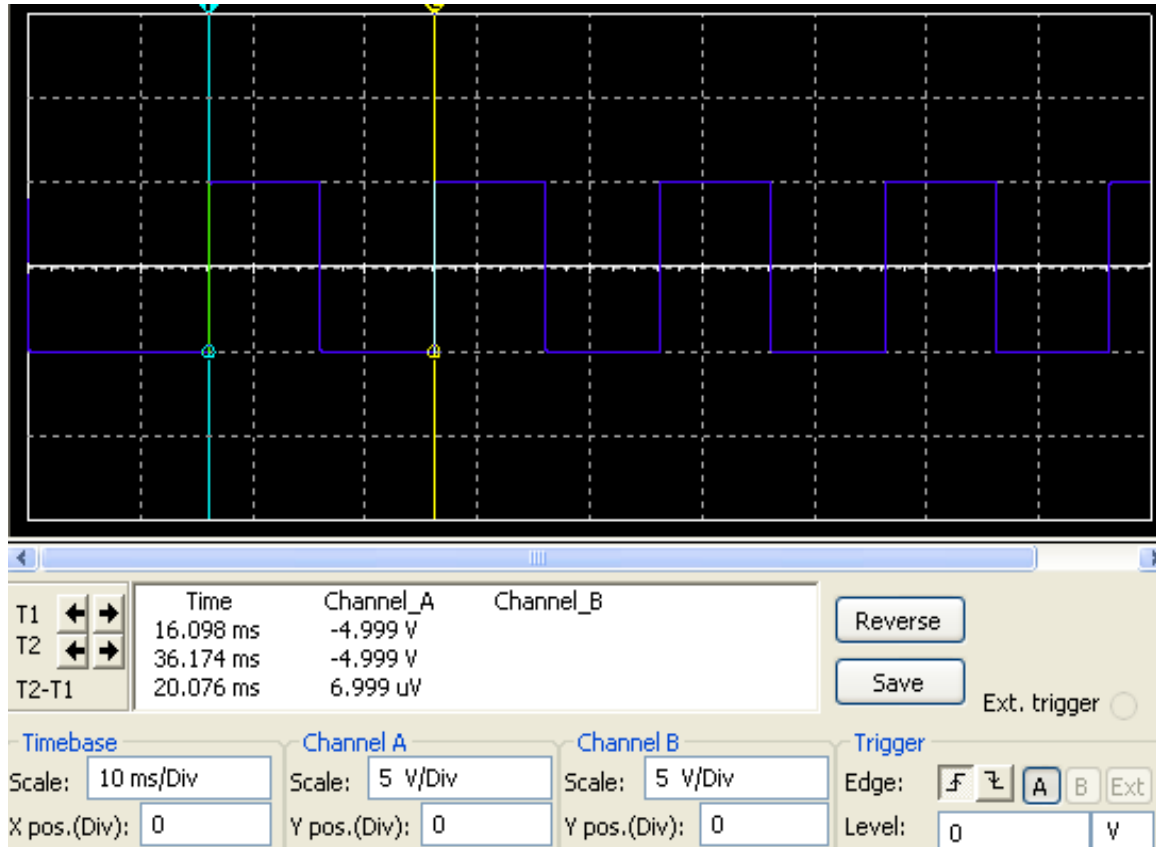
5.6 Παλμοί εξόδου του inverter

Τοποθετούμε τον παλμογράφο στις εξόδους του inverter στα σημεία A(-) και B(-) όπως φαίνεται στο **σχήμα 5.6.1**.



Σχήμα 5.6.1 Είσοδοι των παλμών στα mosfets και έξοδος στα σημεία A και B
[25]

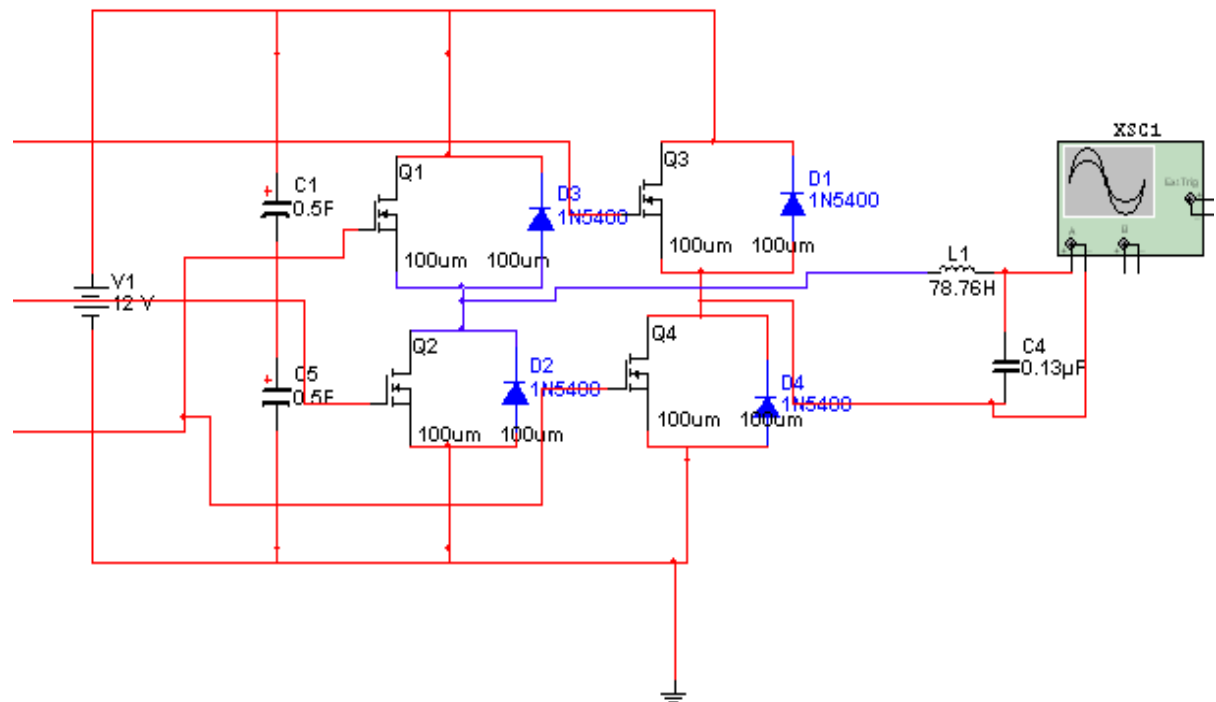
Και παρατηρούμε την έξοδο που παίρνουμε στο **σχήμα 5.6.2**



Σχήμα 5.6.2 Έξοδος inverter στα σημεία A και B [26]

Βλέπουμε λοιπόν μια παλμοσειρά η οποία έχει περίοδο **T** ίση με **0.02 sec** δηλαδή είναι συχνότητας $F = 50\text{Hz}$ και πλάτος ίσο με $V_{P-P} = 10\text{V}$
Έχοντας προγραμματίσει τον timer 555 να έχει συχνότητα 50Hz, πετυχαίνουμε να έχουμε και στην έξοδο 50Hz η οποία είναι και η επιθυμητή.

5.7 Ταλαντωτής L-C και τελική κυματομορφή εξόδου



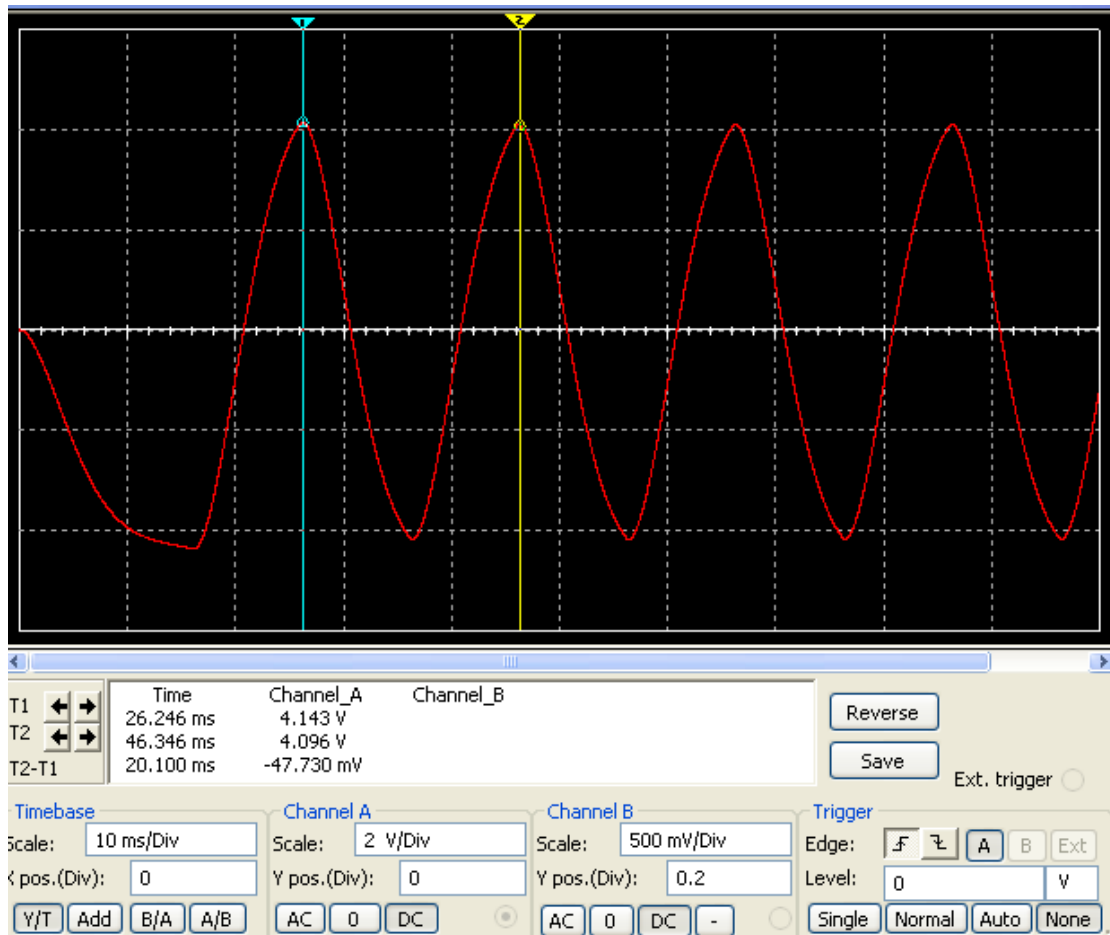
Σχήμα 5.7.1 Ταλαντωτής L, C στην έξοδο του inverter [27]

Ο ταλαντωτής L-C στην έξοδο του αντιστροφέα (σχήμα 5.7.1) χρησιμοποιείται για να μας δώσει την τελική μορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος δηλ μια ημιτονοειδή μορφή. Αποτελείται από ένα πηνίο L και έναν πυκνωτή C. Το κύκλωμα L-C θα πρέπει να είναι συντονισμένο με την συχνότητα εξόδου του αντιστροφέα δηλ τα 50Hz.

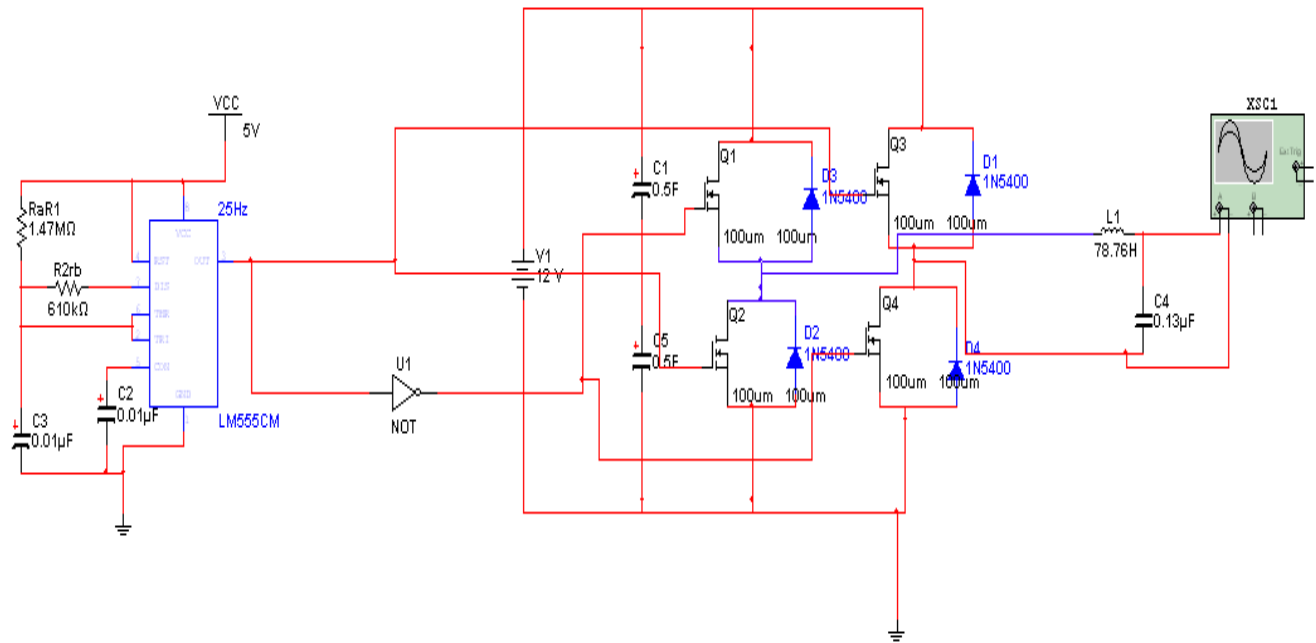
Για την εύρεση των τιμών L και C χρησιμοποιήσαμε τον τύπο $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Θέτοντας μια τιμή στον πυκνωτή, $C=013\mu\text{F}$ και έχοντας γνωστή την περίοδο T, δηλ $T=0,02$ που αντιστοιχεί στην συχνότητα $F = 50\text{Hz}$, κάνοντας τις μαθηματικές πράξεις στον τύπο, καταλήγουμε στην τιμή $L = 78.76 \cong 78\text{Henry}$

Στο παρακάτω **σχήμα 5.7.2** παρατηρούμε την τελική κυματομορφή εξόδου του inverter ημιτονοειδής μορφής με συχνότητα εξόδου $F = 50\text{Hz}$ και πλάτος $V_{P-P} = 8\text{V}$



Σχήμα 5.7.2 Τελική κυματομορφή εξόδου του inverter [28]



Σχήμα 5.7.3 Πλήρης απεικόνιση του inverter [29]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

| ΕΡΓΑΣΙΑ | ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗ | SITE |
|---|---|---|
| 1) Ανάλυση και πειραματική εφαρμογή ελέγχου σε αντιστροφή δυο βαθμίδων (DC/DC και DC/AC) για σύνδεση φωτοβολταϊκού συστήματος | ΠΕΓΚΟΣ ΟΔΥΣΣΕΑΣ | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Αλεξανδρίδης Αντώνης | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 2) Μελέτη και κατασκευή μετατροπέα για χρήση σε σύστημα διασύνδεσης Φ/Β γεννήτριας με το δίκτυο χαμηλής τάσης | Καλογεροπουλου μαργαριτα | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Τατάκης Μανώλης | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 3) Ανάλυση, σχεδιασμός και διερεύνηση της λειτουργίας μονοφασικού φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο | Γκαρτζωνη λαμπρινη | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Ζαχαρίας Θωμάς | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 4) Ήπιες μορφές ενέργειας : σχεδίαση φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο | Βεργοπουλου μαγδαληνη | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Μηλίας Ιωάννης | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 5) Λειτουργία και τεχνικοοικονομική μελέτη ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος | Παπαδημητράκης, Αλέξανδρος | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Βοβός Νίκος | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 6) Μελέτη και κατασκευή διάταξης διασύνδεσης φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης | Αραβανής Θεοφάνης | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Τατάκης Μανώλης | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 7) Μελέτη και κατασκευή συστήματος μετατροπής ενέργειας από | Χριστοδούλου Κώστας | http://nemertes.lis.upatras.gr |

| | | |
|---|----------------------------|---|
| φωτοβολταϊκή πηγή σε ηλεκτρική- παραλληλισμός με το δίκτυο 220V | Μητρονίκας Επαμεινώνδας | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 8) ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΔΥΟ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ | Μούλος Χρήστος | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Τατάκης Μανώλης | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 9) Ένας νέος τριφασικός αντιστροφέας τεσσάρων επιπέδων | Παπαδόπουλος Νικόλαος | http://nemertes.lis.upatras.gr |
| | Μανιάς Στέφανος | Πολυτεχνική Σχολή Πατρών –Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 10) Αντιστροφέας 3 επιπέδων | Μακρης Αλκιβιάδης | Vivliothmyy.ee.auth.gr |
| | Δημουλίας Χάρης | ΑΠΘ Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 11) Διερεύνηση ποιότητας ισχύος μονοφασικού φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου με το δίκτυο | Ζαφειριάδης Σπύρος | Vivliothmyy.ee.auth.gr |
| | Ζαχαρίας Θωμάς | ΑΠΘ Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 12) Προσδιορισμός της βέλτιστης ισχύος αντιστροφέων σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις δυο επιπέδων | Παπαδόπουλος Αθ. | Vivliothmyy.ee.auth.gr |
| | Δημουλίας Χάρης | ΑΠΘ Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 13) Μοντελοποίηση μονοφασικού inverter φωτοβολταϊκών και μελέτη της συμπεριφοράς του σε αστικά δίκτυα | Μεσεμανώλης Αθ. | Vivliothmyy.ee.auth.gr |
| | Δημουλίας Χάρης | ΑΠΘ Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων |
| 14) Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε κτίρια | Μπαμπαλη Ντίνα | Ntua.gr |
| | Δέρβος Κων/νος | Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων ΕΜΠ |

| | | |
|---|---------------------|------------------------------|
| 15) Μοντελοποίηση Ηλεκτρονικών | Γκίκα Αικατερίνη | Ntua.gr |
| Μετατροπών Ευρέως Χρησιμοποιούμενων Σε Ανεμογεννήτριες Μεταβλητών Στροφών | Χατζηαργυρίου Νίκος | Ηλεκτρολόγων Μηχανολόγων ΕΜΠ |

«ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ» Roger Tockheim

«ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ» MALVINO

«ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ» LEACH-MALVINO

Πηγές εικόνων

- [1] www.google.gr/εικόνες/ανανεώσιμεςπηγέςνέργειας
- [2] www.google.gr/εικόνες/ ηλιακή ενέργεια
- [3] technology-electronic.blogspot.gr
- [4] technology-electronic.blogspot.gr
- [5] «Μελέτη και κατασκευή διάταξης διασύνδεσης φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης» Πτυχιακή εργασία Θεοφάνη Αραβάνη.
- [6] «Ανάλυση, σχεδιασμός και διερεύνηση της λειτουργίας μονοφασικού φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο» Διπλωματική εργασία Γκαρτζώνης Λαμπρινής
- [7] [www.google.gr/εικόνες/ inverters for panels](http://www.google.gr/εικόνες/inverters%20for%20panels)
- [8] Σχεδίαση στο word
- [9] Σχεδίαση στο word
- [10] Σχεδίαση στο word
- [11] www.wikipedia.gr «half bridge inverter»
- [12] www.wikipedia.gr «full bridge inverter»
- [13] hqew.net/jfet
- [14] 13-epal-esp-thess.sch.gr
- [15] Multisim
- [16] home.cogeco.ca
- [17] home.cogeco.ca
- [18] home.cogeco.ca
- [19] home.cogeco.ca
- [20] Multisim
- [21] electroniccircuits.com
- [22] Multisim
- [23] Multisim

[24] Multisim

[25] Multisim

[26] Multisim

[27] Multisim

[28] Multisim

[29] Multisim

ΤΕΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ