

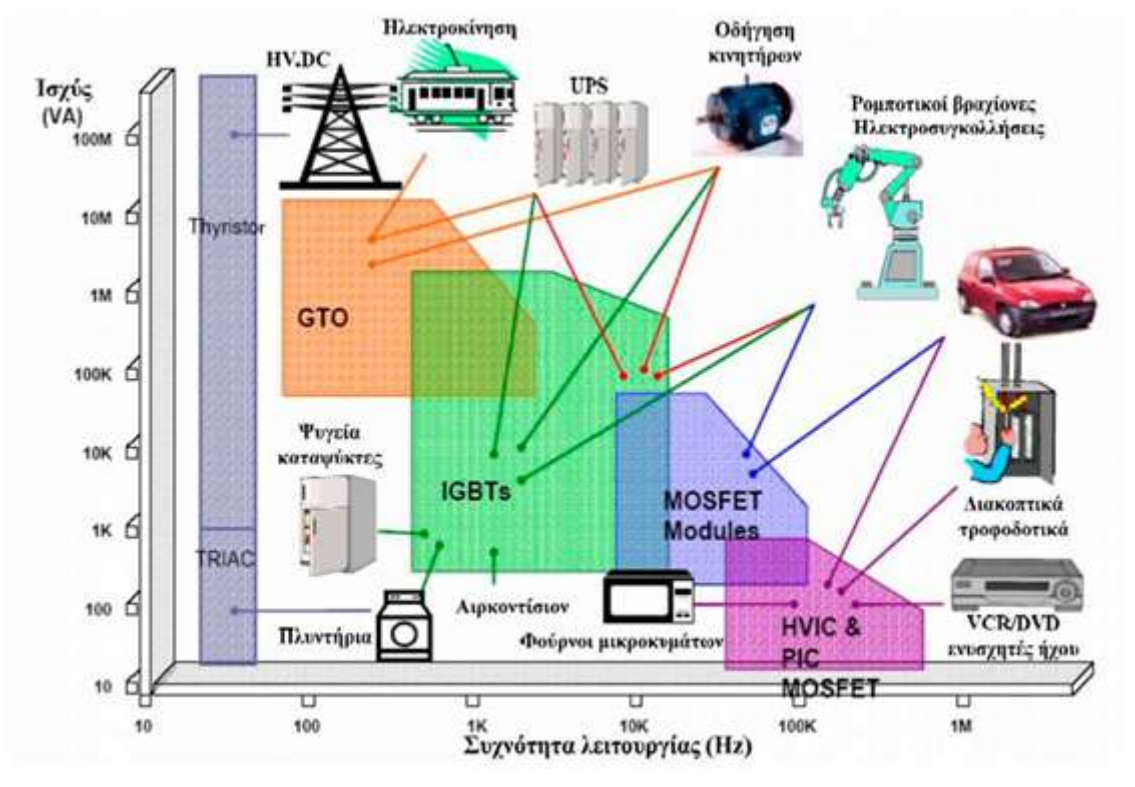


ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ” “APPLICATIONS OF POWER ELECTRONICS IN INDUSTRY”



ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ Α.Μ.: 41305

Εισηγητής: ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ, Λέκτορας Εφαρμογών

ΑΙΓΑΛΕΩ , Ιούλιος 2020

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία με τίτλο “Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Ισχύος στην Βιομηχανία” έχει σκοπό να αναλύσει πως συμβάλουν τα ηλεκτρονικά Ισχύος στην Βιομηχανία ,η παραπάνω πτυχιακή για πρακτικούς λόγους αλλά και για την καλύτερη εκπόνηση της διαχωρίστηκε σε τρία κεφάλαια.

Αρχικά παρουσιάζουμε την εισαγωγή στην οποία, θα ασχοληθούμε με τον ορισμό, και την εξέλιξη των ηλεκτρονικών ισχύος ως σήμερα, αλλά και με λεπτομερή περιγραφή των τριών κεφαλαίων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής παρουσίαση όλων των ημιαγωγών ισχύος με ευρύτερη εφαρμογή στην βιομηχανία, απεικονίζουμε αναλυτικά με σχέδια την δομή τους αλλά και τα κυκλωματικά τους σύμβολα και τέλος κάνουμε σύγκριση των ημιαγωγών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύουμε όλους τους μετατροπείς ισχύος, και τις υποκατηγορίες τους, δίνεται έμφαση στα πλεονεκτήματα τους και περισσότερο η ανάλυση γίνεται για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε με ποιον τρόπο ο κάθε μετατροπέας συμβάλει στην βιομηχανία και ποιος ακριβώς είναι ο ρόλος του.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε για το ποια είναι η θέση και η χρήση τους στην βιομηχανία.

Abstract

This thesis entitled "Applications of Electronic Power in Industry" aims to analyze how power electronics contributes in industry, the above thesis for practical reasons but also for its better elaboration has been divided into three chapters.

First we present the introduction to which we will deal with the definition and evolution of power electronics to date, but also with a detailed description of the three chapters.

In the first chapter there is an extensive presentation of all power semiconductors with wider applications in industry, we analyze in detail their structure and their circuits and finally we make the comparison of the power semiconductors.

In the second chapter we analyze all Power Converters, and their subclasses, emphasize their advantages and give more detailed analysis to explain how each converter contributes in industry and what its exact role is.

In the third chapter we will deal with their position and use in industry.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΗΜΙΑΓΩΓΩΓΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ..... | 8 |
| 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ..... | 8 |
| 1.1. Δίοδοι Ισχύος | 12 |
| 1.1.1. Χαρακτηριστικές διόδων | 13 |
| 1.1.2. Χαρακτηριστικές ανάστροφης αποκατάστασης..... | 16 |
| 1.1.3. Τύποι διόδων ισχύος | 18 |
| 1.1.4. Δίοδοι καρβιδίου του πυριτίου | 20 |
| 1.2. Θυρίστορς..... | 20 |
| 1.2.1. Είδη θυρίστορς και χρήσεις τους | 20 |
| 1.2.2. Χαρακτηριστικές του θυρίστορ | 23 |
| 1.2.3. Έναυση του θυρίστορ..... | 25 |
| 1.2.4. Σβήσιμο (σβέση) του θυρίστορ | 26 |
| 1.3. Τρανζίστορς Ισχύος..... | 26 |
| 1.3.1. Τρανζίστορς με Διπολική Επαφή | 28 |
| 1.3.2. MOSFET - Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου | 37 |
| 1.3.2.1. Διακοπτικές χαρακτηριστικές του MOSFET | 39 |
| 1.4. COOLMOS..... | 41 |
| 1.5. Τρανζίστορ στατικής επαγωγής (SIT) | 42 |
| 1.6. IGBT - Διπολικό Τρανζίστορ μονωμένης πύλης | 43 |
| 1.6.1. Διακοπτικές χαρακτηριστικές του IGBT | 47 |
| 1.7. GTO - Θυρίστορ με αποκοπή από την Πύλη | 48 |
| 1.7.1. Διακοπτικές χαρακτηριστικές του GTO | 51 |
| 1.8. Χαρακτηριστικές ελέγχου των εξαρτημάτων ισχύος..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 1.9. Σύγκριση ημιαγωγικών εξαρτημάτων ισχύος | 57 |
| 1.10. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ | 63 |
| 1.10.1 Ιδανικά χαρακτηριστικά | 63 |
| 1.10.2 Χαρακτηριστικά Πρακτικών (Πραγματικών) Εξαρτημάτων | 64 |
| 1.10.3 Προδιαγραφές διακοπών..... | 65 |
| 1.10.4 Επιλογές εξαρτημάτων | 67 |
| 1.11. Modules Ισχύος (power modules) | 67 |
| 1.12. Ευφυή Modules (Intelligent Modules)..... | 68 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ | 73 |
| 2.1 ΕΙΔΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ | 73 |
| 2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ | 76 |
| 2.3. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ | 78 |
| 2.4. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC-DC (ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΥΝΕΧΕΣ , ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ) | 79 |
| 2.4.1. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ (STEP-DOWN DC/DC CONVERTER) Η ΕΝ ΣΕΙΡΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. (BUCK DC/DC CONVERTER) | 80 |
| 2.4.2. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. ΑΝΥΨΩΣΗΣ (STEP-UP DC/DC CONVERTER) Η ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. (BOOST DC/DC CONVERTER) | 82 |
| 2.4.2. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ - ΑΝΥΨΩΣΗΣ (STEP- DOWN/UP DC/DC CONVERTER) Η ΕΝ ΣΕΙΡΑ - ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. (BUCK-BOOST DC/DC CONVERTER)..... | 83 |
| 2.4.4. ΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ Σ.Ρ./Σ.Ρ. (CUK CONVERTER)..... | 84 |
| 2.4.5. ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ | 85 |
| 2.4.6. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ Σ.Ρ./Σ.Ρ. | 88 |
| 2.5. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (AC-AC ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΑΣΗΣ) | 89 |

| | |
|--|-----|
| 2.5.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΜΕ ΩΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ | 89 |
| 2.5.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΜΕ ΩΜΙΚΟ-ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ | 92 |
| 2.6. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC-AC Η ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ) | 95 |
| 2.6.1. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΠΑΛΜΟΥ | 95 |
| 2.6.2. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥ (SPWM) | 97 |
| 2.6.2. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ | 100 |
| 2.7 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ | 100 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ | 101 |
| 3.1. ΓΕΝΙΚΑ | 101 |
| 3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ | 104 |
| 3.3. AC & DC ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... | 104 |
| • Μετατροπείς με φυσική μετάβαση (Natural-Commutated Converters or Line-Commutated Converters): | 105 |
| • Μετατροπείς με εξαναγκασμένη μετάβαση | 106 |
| • Μετατροπείς συντονισμού | 106 |
| 3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ HVDC | 106 |
| 3.3.1 Μετατροπείς συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσεως (HVdc) | 107 |
| 3.3. UPS & ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ | 109 |
| 3.3.1. UPS Διπλής Μετατροπής/Online UPS | 110 |
| 3.3.2. Τροφοδοτικά συνεχούς ρεύματος DC..... | 110 |
| 3.3.3. Διπλή ανόρθωση με γέφυρα | 111 |
| 3.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ | 113 |
| 3.5.1. Χρήση ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος στα συστήματα κυψελών καυσίμου | 113 |
| 3.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ | 115 |

| | |
|---|-----|
| 3.6.1. Μετατροπείς μίας βαθμίδας | 115 |
| 3.6.2. Μετατροπείς δύο βαθμίδων | 116 |
| 3.6.3. Μετατροπείς πολλαπλών βαθμίδων | 116 |
| 3.7. ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ | 117 |
| 3.7.1. Μετατροπείς επαγωγικής θέρμανσης | 117 |
| 3.7.2. Επαγωγική θέρμανση με αντιστροφέα πηγής ρεύματος | 118 |
| 3.7.3. Επαγωγική θέρμανση με αντιστροφέα πηγής τάσεως | 120 |
| 3.8. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ | 122 |
| 3.8.1. Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος | 122 |
| 3.8.2. Μετατροπείς Σ.Τ./Σ.Τ. τύπου Chopper..... | 122 |
| 3.8.3. Μετατροπείς Σ.Τ./Ε.Τ. τύπου αντιστροφέα | 123 |
| 3.9. ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ | 124 |
| 3.9.1. Ηλεκτρονικό σύστημα υψηλής συχνότητας | 124 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 125 |
| Ξένη Βιβλιογραφία | 125 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία | 127 |