

Σχεδιασμός Αντιστροφes Ηλεκτρικού Οχήματος



**Καθηγητής Αντώνιος Γ. Κλαδάς
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ

Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μηχανών και Ηλεκτρονικών Ισχύος

Τηλ. 210-7723765, Fax: 210-7722336, e-mail: kladasel@central.ntua.gr

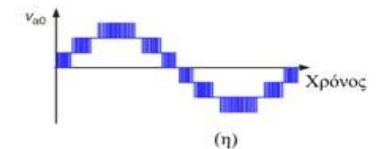
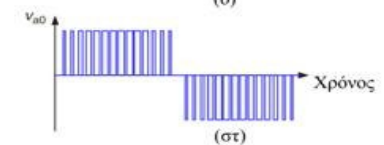
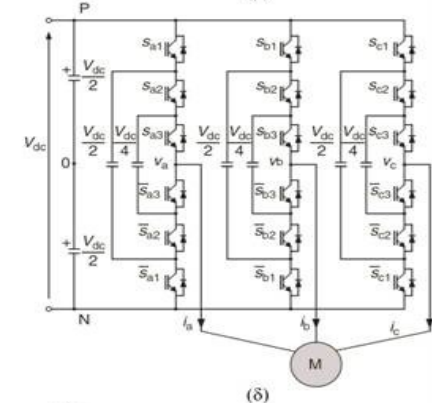
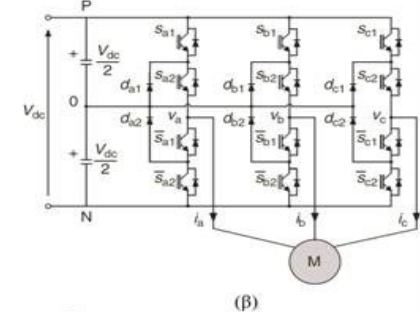
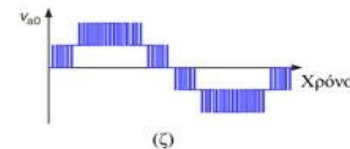
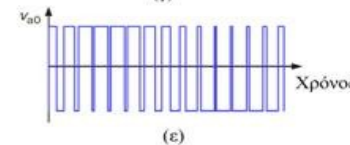
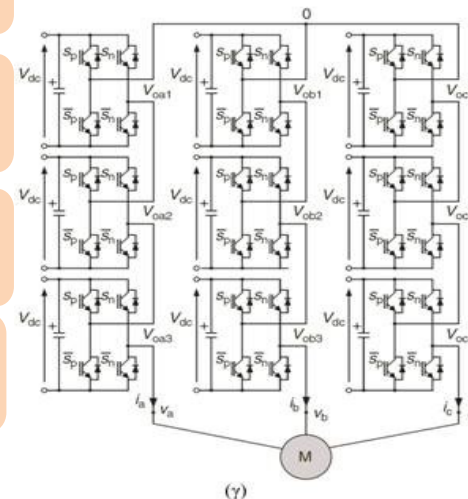
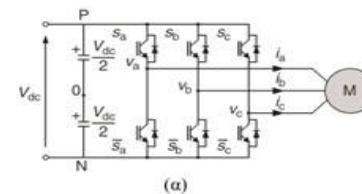
<http://empelab.ece.ntua.gr/>

❖ Κατανομή εφαρμογών ηλεκτρονικών ισχύος

	Χαμηλή Ισχύς	Μέση Ισχύς	Υψηλή Ισχύς
Εύρος Ισχύος	Έως 2kW	2 – 500 kW	< 500 kW
Συνήθειες Τοπολογίες Μετατροπών	AC/DC, DC/DC	AC/DC, DC/DC	AC/DC, DC/DC
Τυπικά ημιαγωγικά στοιχεία	MOSFET	MOSFET, IGBT	IGBT, IGCT, Θυρίστορ
Τεχνολογικές τάσεις	Υψηλή πυκνότητα ισχύος, υψηλή απόδοση	Χαμηλός όγκος-βάρος, χαμηλό κόστος, υψ. απόδοση	Υψηλή ον. ισχύς, υψηλή ποιότητα ισχύος, ευστάθεια
Τυπικές εφαρμογές	Συσκευές χαμηλής ισχύος, οικιακές συσκευές	Ηλεκτρικά οχήματα, μικρά φωτοβολταϊκά	Α.Π.Ε., βιομηχανία, μεταφορές, δίκτυα διανομής

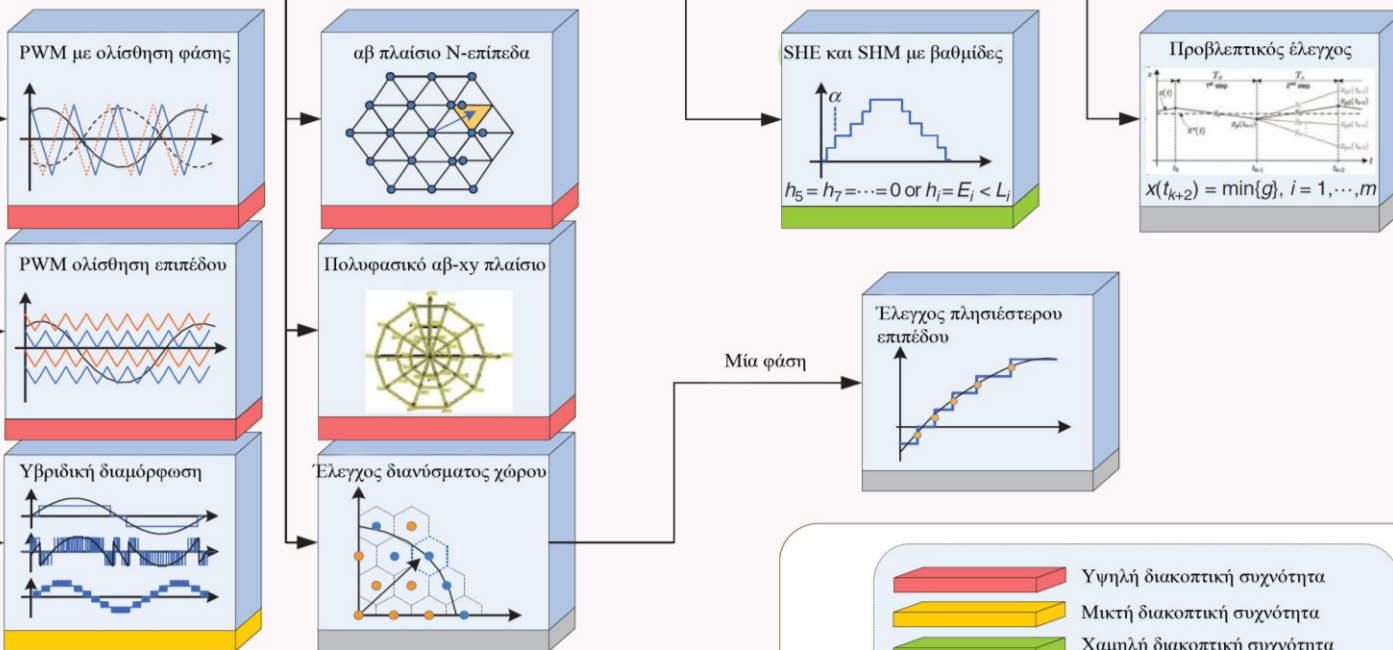
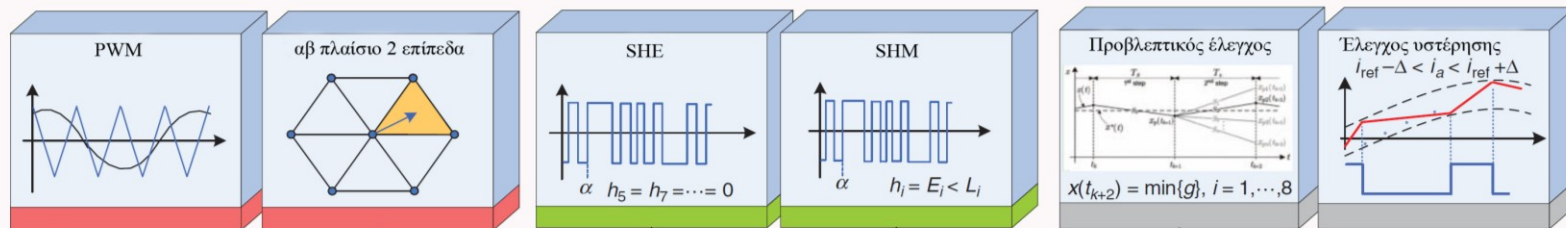
Τοπολογίες και φασικές τάσεις συμβατικών αντιστροφέων δύο επιπέδων και πολυεπίπεδων α) VSI δύο επιπέδων β) NPC τριών επιπέδων γ) CHB επτά επιπέδων δ) FC πέντε επιπέδων ε) 1φ τάση VSI δύο επιπέδων στ) 1φ τάση NPC τριών επιπέδων ζ) 1φ τάση FC πέντε επιπέδων η) 1φ τάση CHB επτά επιπέδων

❖ Τοπολογίες Αντιστροφέων

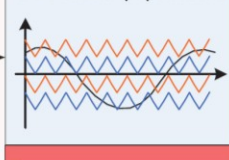


❖ Τεχνικές διαμόρφωσης κυματομορφών μετατροπών ισχύος

Συμβατικές τεχνικές διαμόρφωσης κυματομορφών dc/dc, ac/dc, dc/ac



PWM ολίσθηση επιπέδου



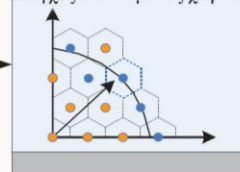
Πολυφασικό αβ-xy πλαίσιο



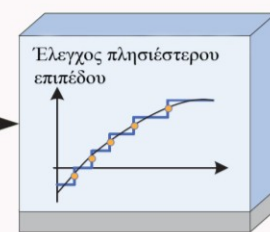
Υβριδική διαμόρφωση



Έλεγχος διανύσματος χώρου



Μία φάση

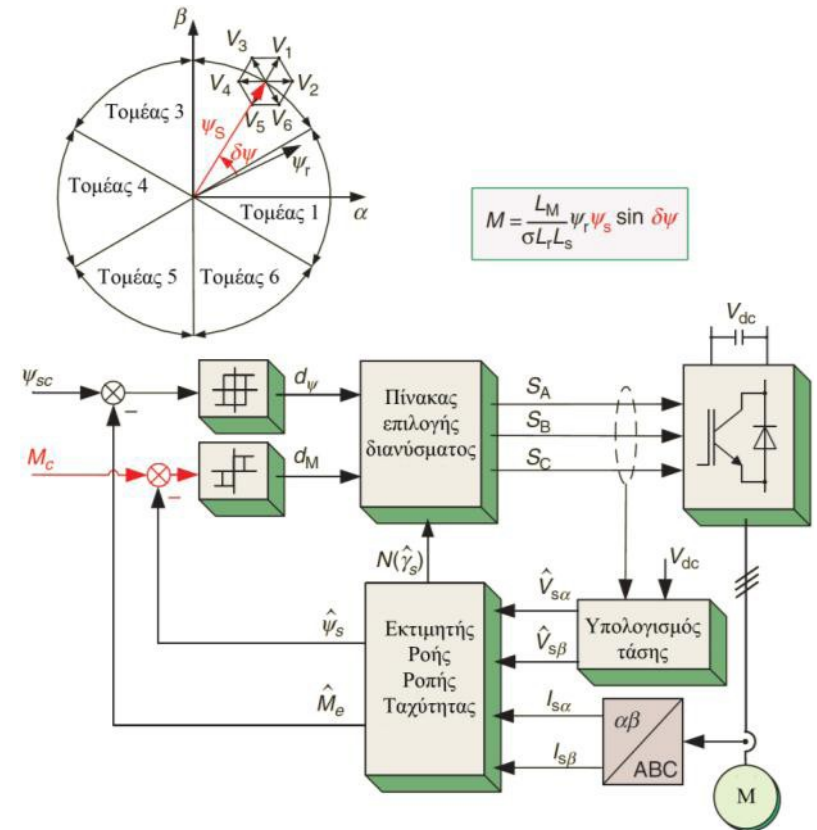
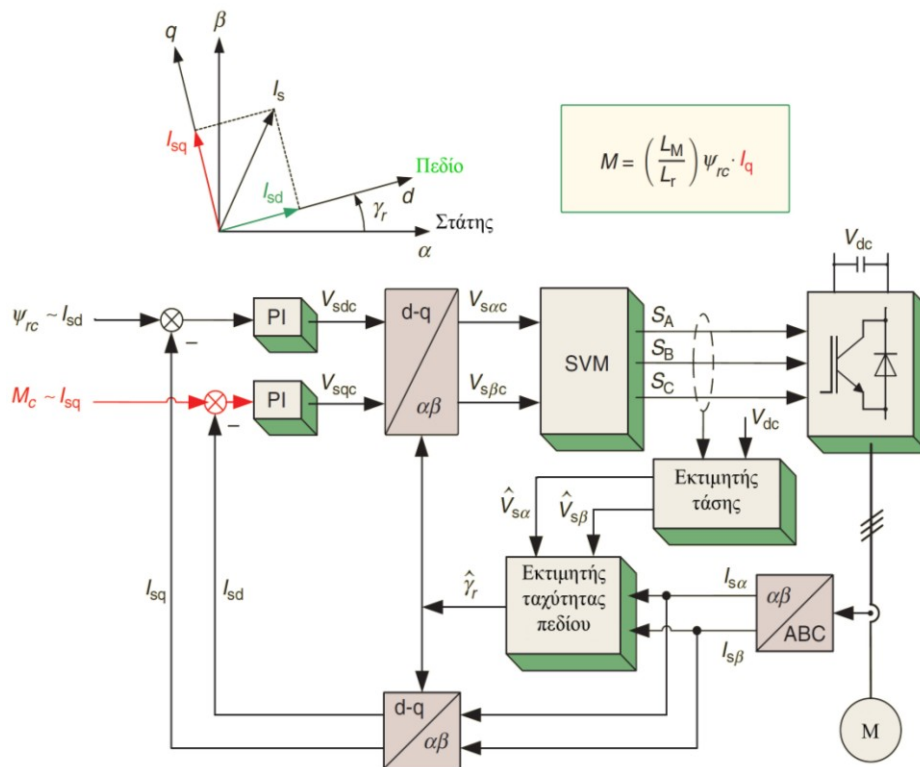


Επέκταση σε πολυεπίπεδους μετατροπείς



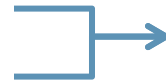
Έλεγχος προσανατολισμένος στο πεδίο (Field-Oriented Control, FOC)

Άμεσος έλεγχος ροπής με διακοπτικό πίνακα (Direct Torque Control with Switching Table, DTC-ST)



Λειτουργικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος για την εφαρμογή του ηλεκτρικού λεωφορείου

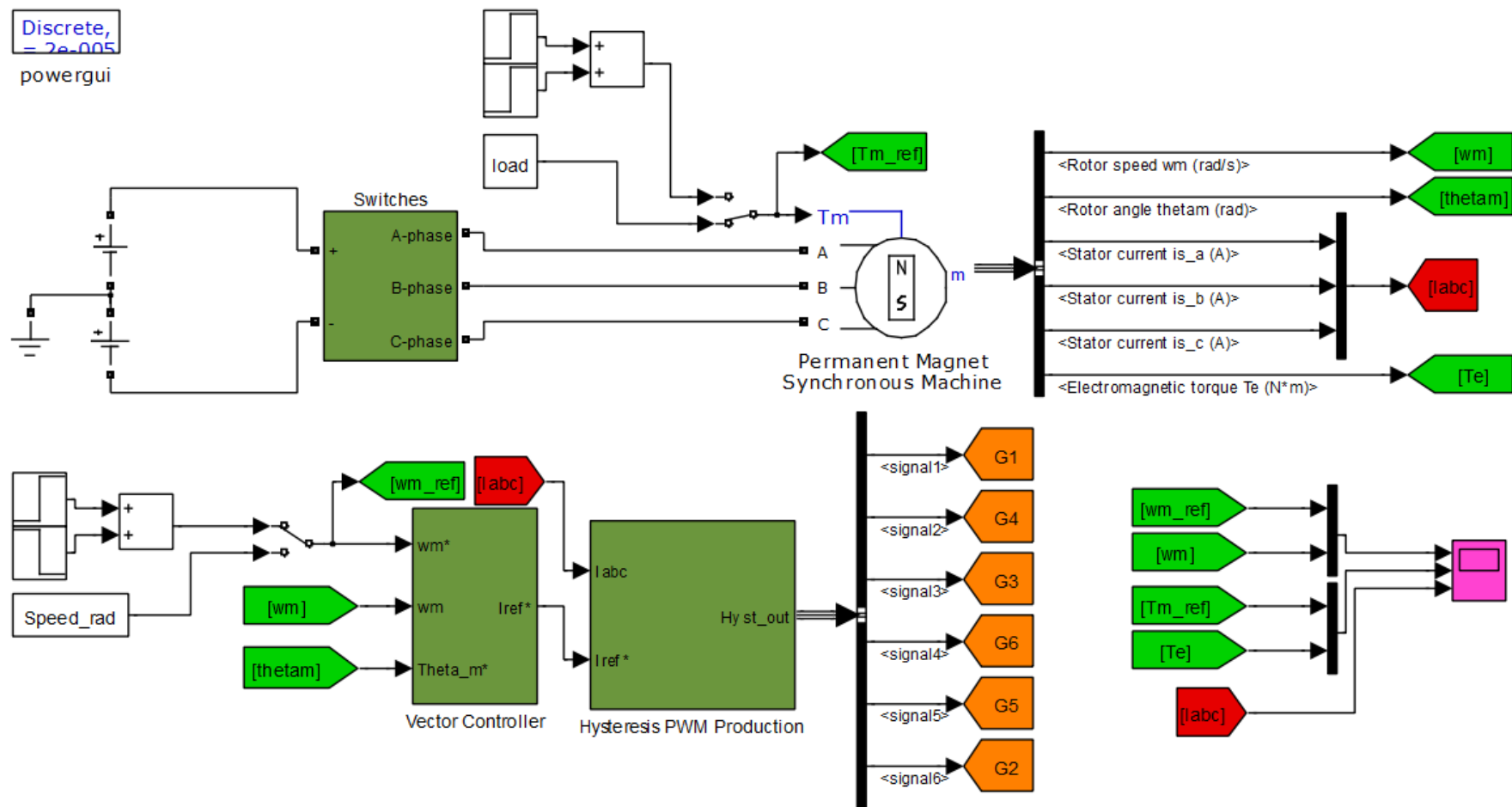
- Ονομαστική ισχύς: 100kW
- Τάση εισόδου (συσσωρευτών): 350V
- Τεχνική διαμόρφωσης του εύρους των παλμών: Διαμόρφωση με ζώνη υστέρησης μεγαλύτερη ευστάθεια στο σύστημα ελέγχου, συνήθης τεχνική σε συστήματα μέσης ισχύος
- Τεχνική ελέγχου σύγχρονου κινητήρα μονίμων μαγνητών: Έλεγχος FOC μικρότερες ταλαντώσεις ροπής, ροής και ρευμάτων στην μόνιμη κατάσταση σε σχέση με τον ST-DTC



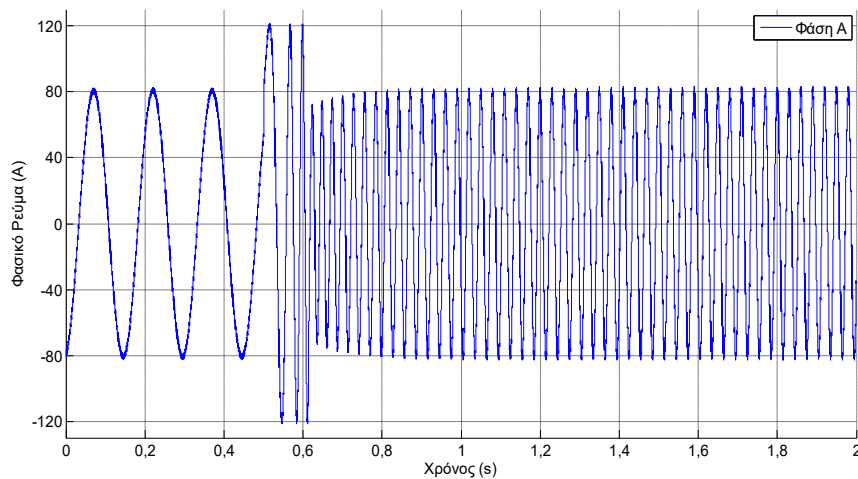
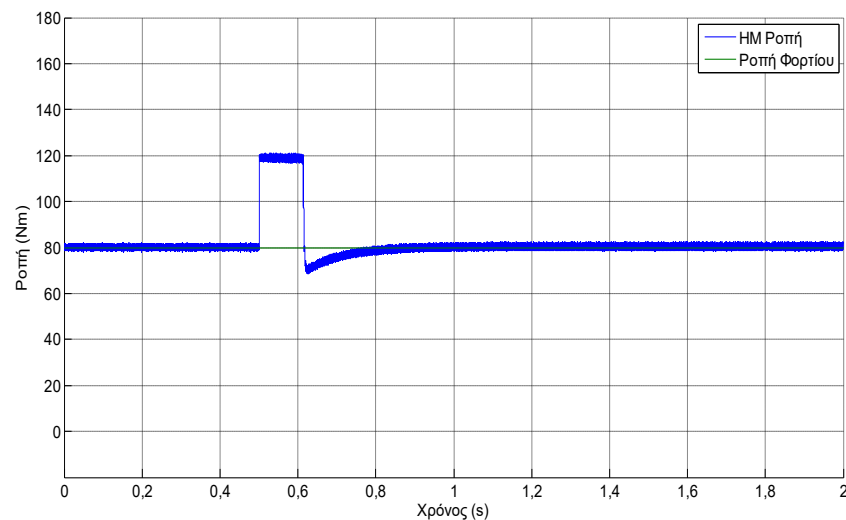
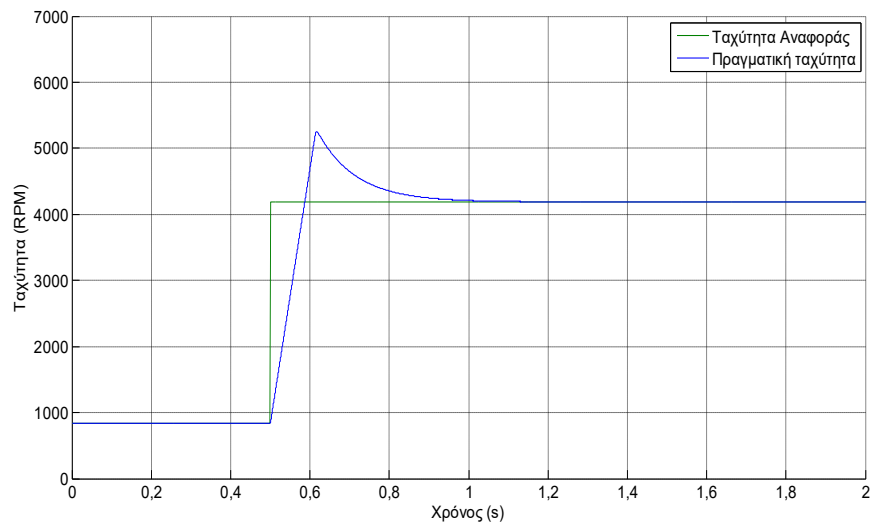
Λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών την εφαρμογή του ηλεκτρικού λεωφορείου

- Να επιδέχονται συνεχείς βαθιές εκφορτίσεις, όπως στην περίπτωση της εκκίνησης
- Να είναι κλειστού τύπου, για λόγους ασφαλείας
- Το επίπεδο τάσης να είναι μεγαλύτερο των 300V
- Να μην είναι τοξικές
- Ενέργεια >30kVAh
- Τύπος συσσωρευτών: μπαταρίες λιθίου-πολυμερών

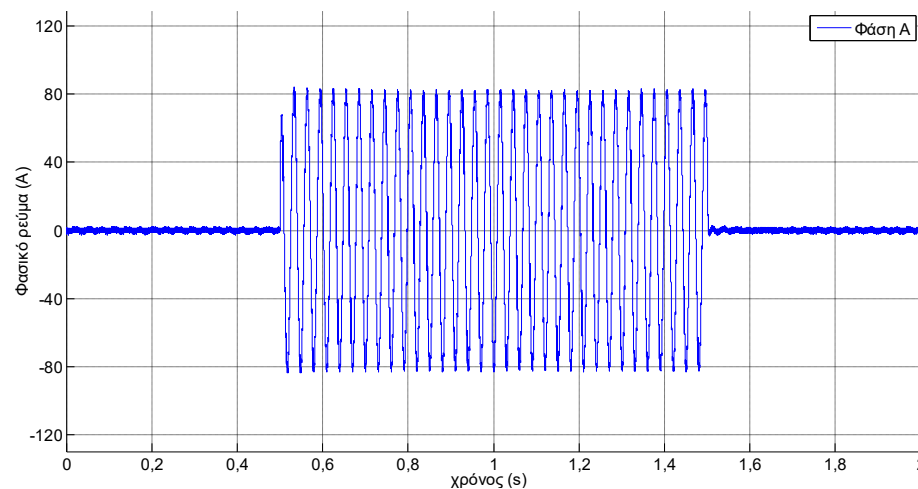
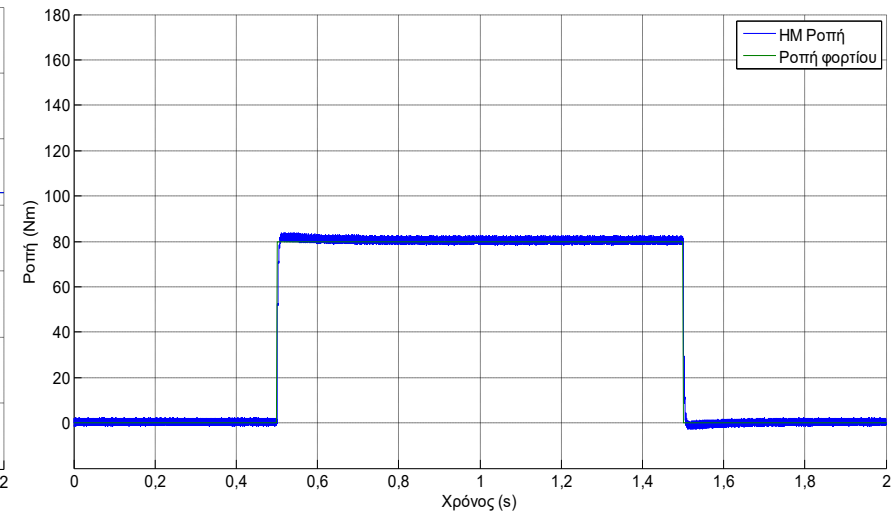
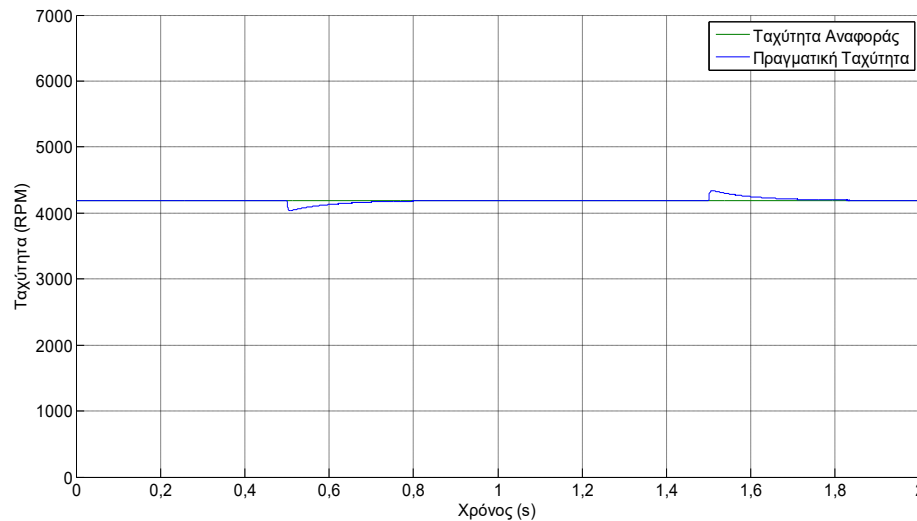
Μοντελοποίηση συστήματος ηλεκτρικής κίνησης με διανυσματικό έλεγχο



Αποκρίσεις για βηματική μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα από τις 800 στις 4200ΣΑΛ σε πλήρες φορτίο

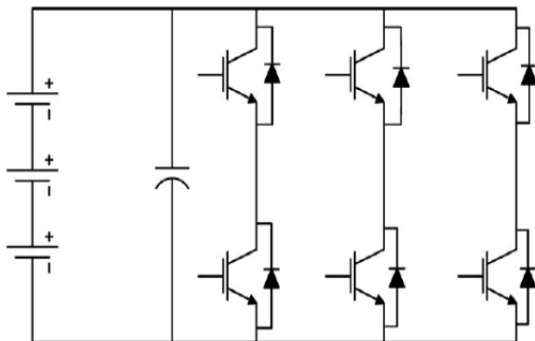


Βηματική μεταβολή του φορτίου από 0 σε 80 Nm και αντίστροφα για εντολή σταθερής ταχύτητας κινητήρα 4200 ΣΑΛ



❖ Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος- DC/AC

- Τεχνική διαμόρφωσης του εύρους των παλμών:
Διαμόρφωση με ζώνη υστέρησης



❖ Διακοπτικά
Ημιαγωγικά
Στοιχεία

IGBT



❖ Κύκλωμα Ισχύος

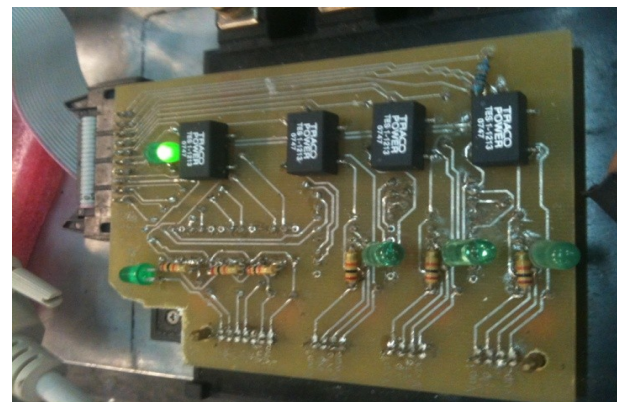
PM300CLA060 - Mitsubishi Intelligent Power Modules (600V-300A)



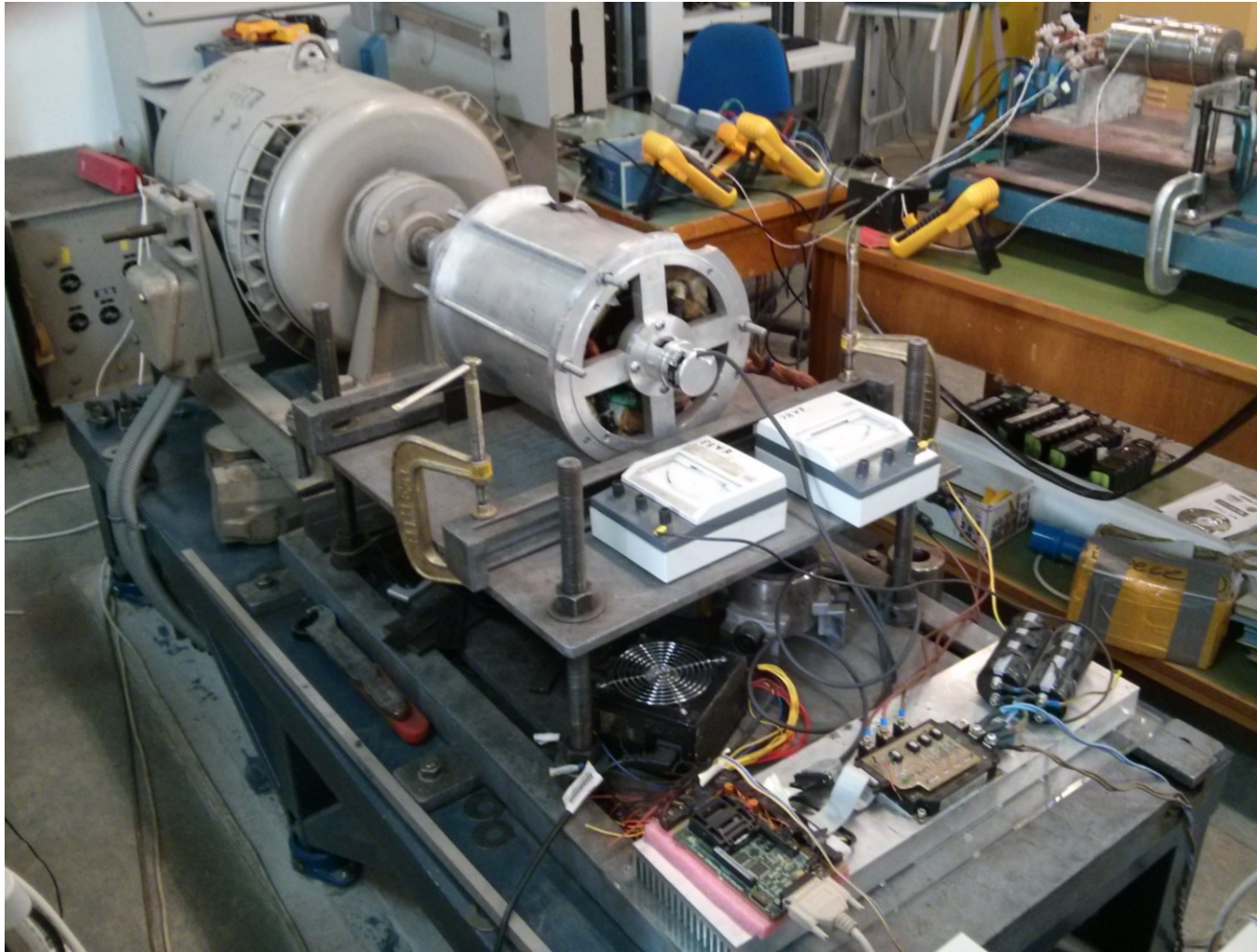
❖ Κύκλωμα Μικροεπεξεργαστή Texas Instruments C2000 F2812 DSP



❖ Κύκλωμα οδήγησης και προσαρμογής των παλμών του επεξεργαστή

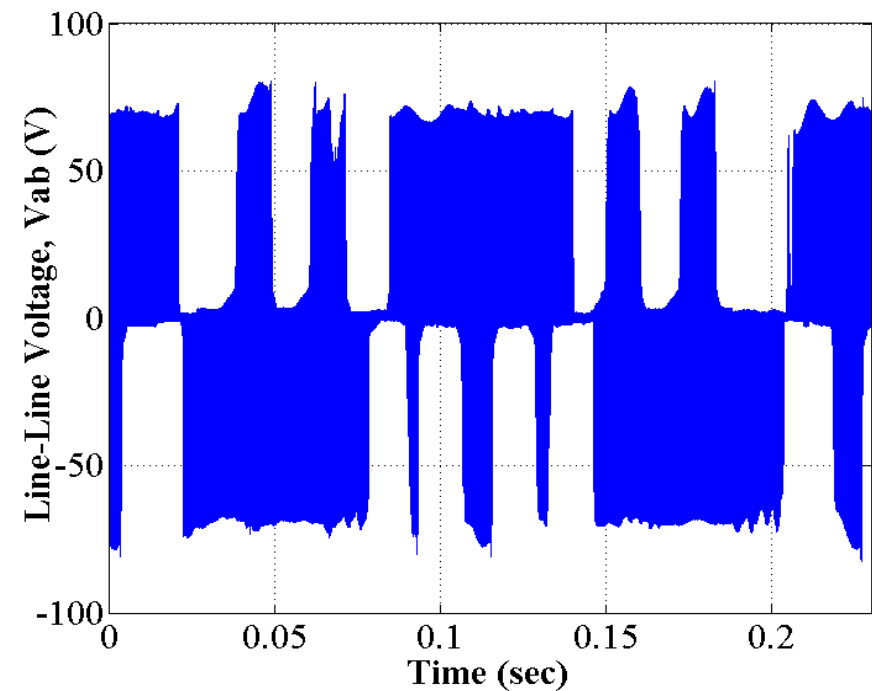
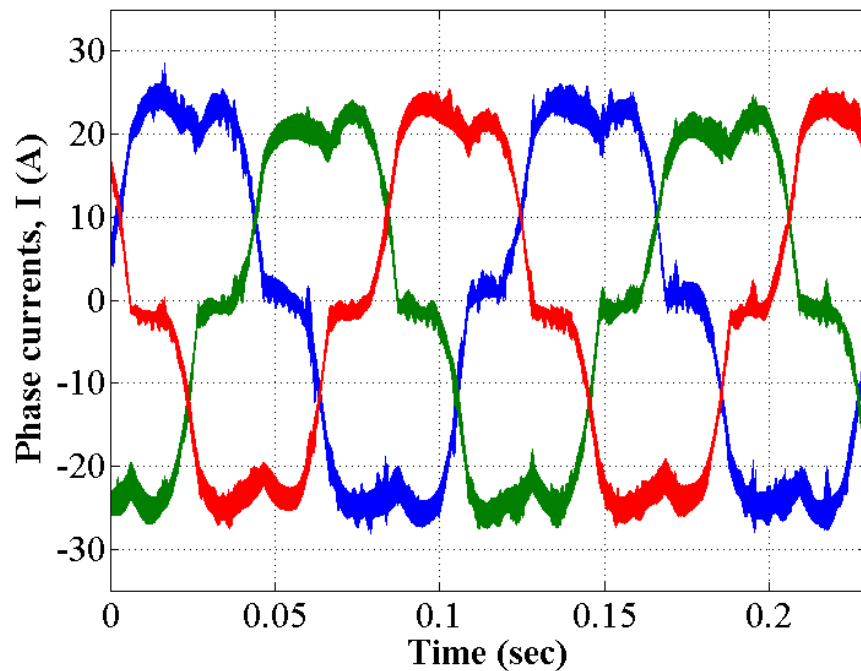


- ❖ Συνολικό σύστημα ηλεκτροκίνησης (μετατροπέας - κινητήρας - πέδη) σε εργαστηριακό επίπεδο
 - Ηλεκτρική πέδη: Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ισχύος 30 KW



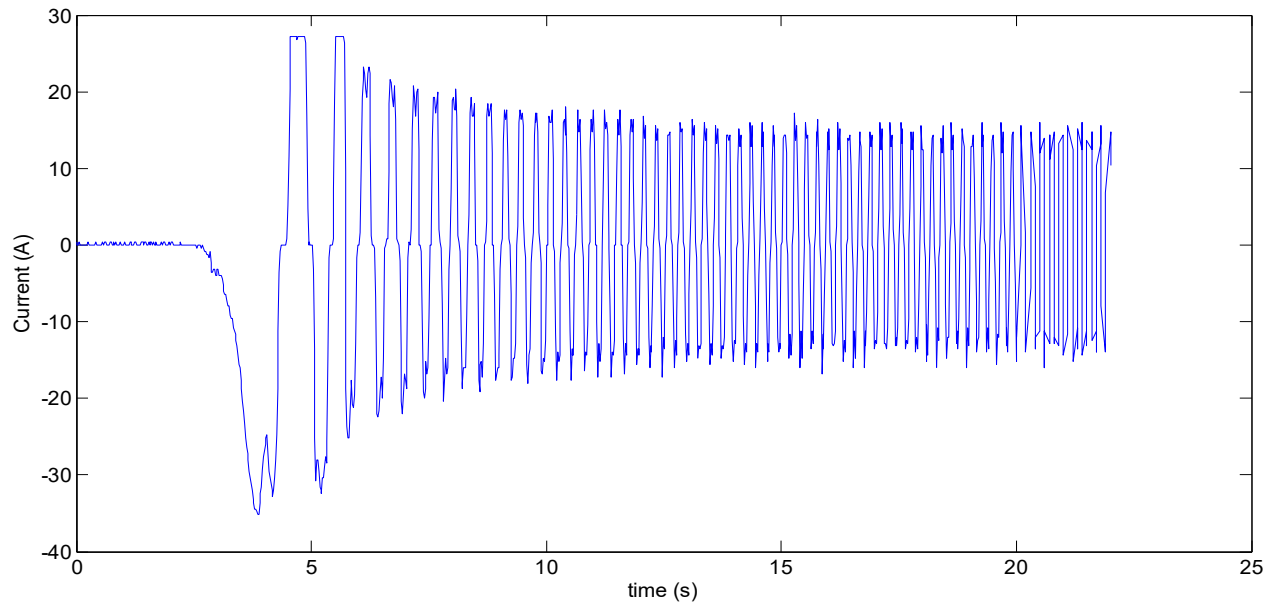
❖ Πειραματική επιβεβαίωση

- ❖ Ρεύματα φάσεως Α, Β και Γ και πολική τάση ΑΒ για ταχύτητα 260 ΣΑΛ και φορτίο $P=350\text{W}$ στην DC γεννήτρια.
- ❖ Βαθμός απόδοσης μετατροπείας: 93.2%



❖ Πειραματική επιβεβαίωση

- ❖ Βηματική εντολή της ταχύτητας από 0 σε 122 ΣΑΛ με τον κινητήρα να στρέφει την πέδη εν κενώ
- ❖ Απόκριση ρεύματος φάσης Α



- ✓ Στις πρώτες περιόδους του μεταβατικού φαινομένου το ρεύμα περιορίζεται από τα συστήματα προστασίας των τροφοδοτικών του εργαστηρίου
- ✓ Ικανοποιητική λειτουργία του μετατροπέα και του συστήματος οδήγησης τόσο στη μόνιμη κατάσταση όσο και σε βηματικές μεταβολές του φορτίου

❖ Σημεία καινοτομίας

- ❖ Επιλογή IGBT χαμηλών απωλειών ως ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία κατάλληλα για εφαρμογές επιπέδου ισχύος 100KW.
- ❖ Υλοποίηση διανυσματικού ελέγχου με ανάδραση ρευμάτων και ταχύτητας-θέσης, απαραίτητα για την εφαρμογή του ηλεκτρικού λεωφορείου διανυσματικός έλεγχος άνευ αισθητήρα (sensorless control) προκαλεί αβεβαιότητες στην υλοποίηση του ελέγχου λόγω τυχόν ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων που προκαλούνται στους ΣΚΜΜ, λόγω έλλειψης αποσβέσεων, προκαλώντας διακροτήματα στα ρεύματα.
- ❖ Ελαχιστοποίηση των απωλειών στην οδήγηση του κινητήρα μέσω ελέγχου των αρμονικών που προκαλούνται λόγω της τεχνικής διαμόρφωσης του εύρους των παλμών.