



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τεχνολογία ανάκτησης ενέργειας σε Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα

Πτυχιακή εργασία της

Άννας Ταχτσή

Επιβλέπων: Δρ. Δημήτριος Καλπακτσόγλου

ΣΕΡΡΕΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015

Περίληψη

Στην πτυχιακή, μελετάται ένα σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας για ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Παρουσιάζεται ο τρόπος μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από το πάτημα του φρένου (μέσο ενός συστήματος) και η διοχέτευση της στις μπαταρίες του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με σκοπό την άμεση επαναφόρτισή τους.

Καθώς οι ενεργειακές μας ανάγκες αυξάνονται, και οι ρύποι που παράγουμε επιβαρύνουν το περιβάλλον μας ολοένα και περισσότερο σε παγκόσμια κλίμακα, αντίστοιχα αυξάνονται και οι ανάγκες για πιο καθαρές και «πράσινες» πηγές ενέργειας. Έτσι λοιπόν οι βαριές αυτοκινητοβιομηχανίες στράφηκαν σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις και εφεύραν τα γνωστά πλέον σε όλους μας «ηλεκτρικά αυτοκίνητα».

Θέλοντας λοιπόν να αναλύσουμε περαιτέρω το συγκεκριμένο σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας που αναφέραμε αρχικά, η μελέτη της πτυχιακής αυτής θα αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Την αναφορά στην εξέλιξη και τελειοποίηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, περιγράφοντας την ακριβή τεχνολογία τους καθώς και τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα που παρουσιάζουν.
2. Την ανάλυση της δομής των σύγχρονων γεννητριών.
3. Την παρουσίαση και ανάλυση των Ηλεκτρονικών Ισχύος.
4. Την παρουσίαση και ανάλυση των συσσωρευτών η αλλιώς τις γνωστές σε όλους μας μπαταρίες.
5. Τέλος θα μελετήσουμε και θα εξηγήσουμε την προσομοίωση του ηλεκτρικού κυκλώματος που μας ενδιαφέρει (το οποίο αποτελείται από μια τριφασική γεννήτρια, έναν ανορθωτή και μια μπαταρία) και διάφορες χαρακτηριστικές καμπύλες και διαγράμματα που προκύπτουν από αυτό.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
1 Ηλεκτρικό αυτοκίνητο	4
1.1 Τι είναι το ηλεκτρικό αυτοκίνητο	4
1.2 Περιγραφή τεχνολογίας ηλεκτρικών οχημάτων	5
1.3 Ποια τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης;.....	6
1.4 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί.....	7
1.4.1 Πλεονεκτήματα.....	7
1.4.2 Μειονεκτήματα	8
2 Τι είναι η μπαταρία ή συσσωρευτής;	9
2.1 Νέες τεχνολογίες για τη φόρτιση των συσσωρευτών:	10
2.2 Ποια πρέπει να είναι τα κύρια χαρακτηριστικά τους;.....	11
2.3 Ποια είναι τα κύρια μεγέθη των μπαταριών;.....	11
2.4 Πόσοι τύποι μπαταριών υπάρχουν;.....	12
2.5 Ποιος είναι ο επικρατέστερος τύπος;	12
2.6 Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο των μπαταριών;.....	12
3 Ηλεκτρονικά Ισχύος	14
3.1 Τι είναι ο ανορθωτής?	14
3.2 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος	15
4 Σύγχρονες Γεννήτριες	16
4.1 Δομή των σύγχρονων γεννητριών.....	16
4.2 Ταχύτητα περιστροφής των σύγχρονων γεννητριών	18
4.3 Ισοδύναμο κύκλωμα της σύγχρονης γεννήτριας	19
5 Προσομοιώσεις	23
Επίλογος	30
6 Βιβλιογραφία	32

1 Ηλεκτρικό αυτοκίνητο

1.1 Τι είναι το ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Το Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο (ΗΑ) χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).



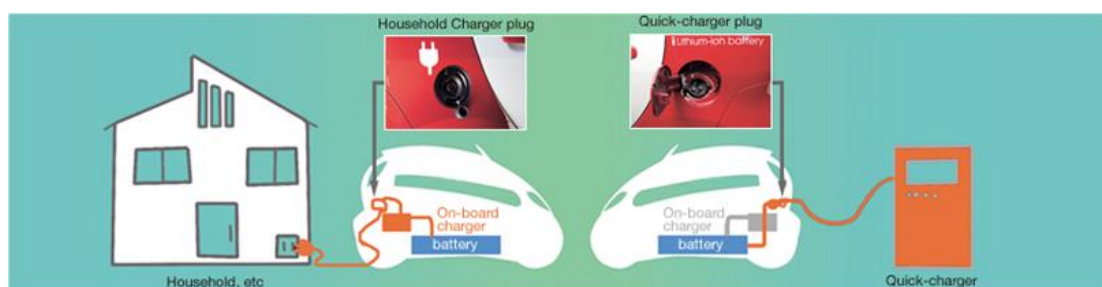
Είναι συνήθως αυτοκίνητα, ελαφριά φορτηγά, ποδήλατα, ηλεκτρικά μηχανικά δίκυκλα, μικρά οχήματα γκολφ, ανυψωτικά (fork-lifts) και παρόμοια. Τα ΗΑ ήταν μεταξύ των αυτοκινήτων που εμφανίστηκαν από τις πρώτες μέρες της αυτοκίνησης και έχουν υψηλότερο συντελεστή ενεργειακής απόδοσης από όλα τα αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης.

Μεταξύ 1832 και 1839, ο Robert Anderson από την Σκωτία εφεύρε την πρώτη ακατέργαστη ηλεκτρική μεταφορά. Ένα μικρής κλίμακας ηλεκτρικό αυτοκίνητο σχεδιάστηκε από τον καθηγητή Stratingh του Γκρόνινγκεν, στην Ολλανδία, και χτίστηκε από το βοηθό Christopher του Becker το 1835. Τα πρακτικά και επιτυχέστερα ηλεκτρικά οδικά οχήματα εφευρέθηκαν και από τον αμερικανικό Thomas Ντάβενπορτ και Scotsmen Robert Davidson περίπου το 1842. Και οι δύο εφευρέτες ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τις μη επαναφορτιζόμενα ηλεκτρικές κυψέλες. Οι Γάλλοι Gaston Plante εφεύραν μια καλύτερη μπαταρία αποθήκευσης το 1865 ενώ οι Camille και Faure βελτίωσαν την μπαταρία αποθήκευσης το 1881. Αυτή

η μπαταρία αποθήκευσης βελτιωμένης-ικανότητας προετοίμασε το έδαφος για τα ηλεκτρικά οχήματα να ακμάσουν σήμερα.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν σήμερα τα μοναδικά αυτοκίνητα με σχεδόν μηδενικές εκπομπές και κατ' επέκταση ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Ακόμα και αν ληφθούν υπόψη οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λόγω των ενεργειακών τους απαιτήσεων σε ηλεκτροπαραγωγή, είτε από πετρέλαιο είτε από φυσικό αέριο, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν σήμερα τα αυτοκίνητα στα οποία αντιστοιχούν οι χαμηλότερες εκπομπές CO₂ ανά χιλιόμετρο.

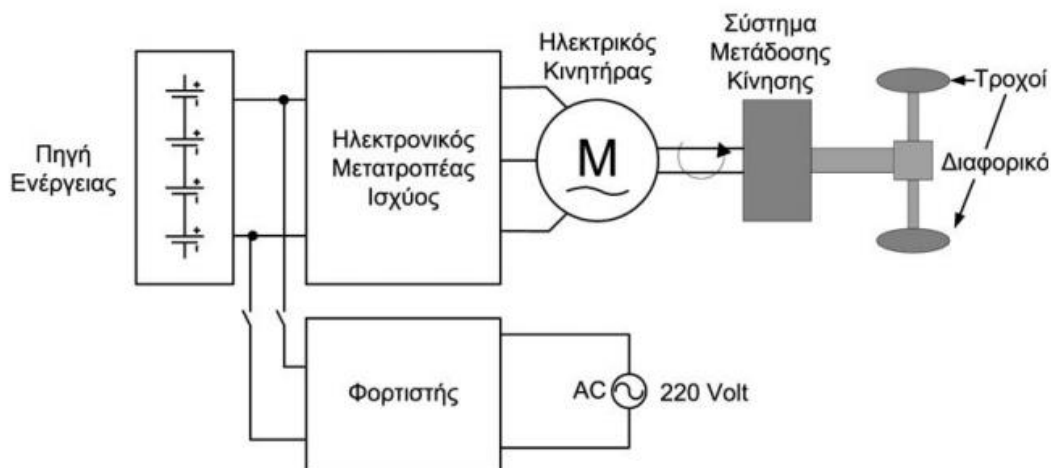
Διαθέτουν συνήθως μπαταρίες ιόντων λιθίου ή πολυμερών λιθίου που παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, όπως μικρότερο βάρος και μέγεθος, ταχύτερη φόρτιση και μεγαλύτερη διάρκεια. Οι μπαταρίες πολυμερών λιθίου έχουν επιπλέον πλεονέκτημα σε σχέση με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου όσον αφορά τον απαιτούμενο χρόνο πλήρους φόρτισης και το χρόνο ζωής της μπαταρίας ενώ είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν φορητούς φορτιστές και δυνατότητα φόρτισης σε συνηθισμένους ρευματοδέκτες ή σε σταθμούς ταχείας φόρτισης όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



1.2 Περιγραφή τεχνολογίας ηλεκτρικών οχημάτων

Ένα ηλεκτροκίνητο όχημα διαφέρει σημαντικά από ένα αντίστοιχο συμβατικό όσον αφορά τη δομή του κινητήριου συστήματος. Από τεχνικής απόψεως τα ηλεκτρικά οχήματα απαντώνται σε διάφορες παραλλαγές είτε όσον αφορά την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας είτε όσον αφορά τον τρόπο που παράγεται η κίνηση. Ωστόσο, όλα έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, που είναι η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ηλεκτρικού κινητήρα για την προώθηση του οχήματος. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε σχέση με τις εκπομπές ρύπων:

1. Τα οχήματα μηδενικών ρύπων (αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα) και τα οχήματα χαμηλών ρύπων στα οποία ανήκουν τα υβριδικά οχήματα.
2. Το κύριο στοιχείο που διαφοροποιεί τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα από τα υβριδικά είναι η απουσία βενζινοκινητήρα. Στην παρούσα έρευνα θα ασχοληθούμε κατά κύριο λόγο με τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στην συνέχεια περιγράφονται εν συντομία ορισμένα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους.



Η ενέργεια στα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα προέρχεται από καθαρά ηλεκτρική πηγή και η κίνηση του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά σε έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες. Στο παραπάνω σχήμα δίνεται ένα γενικό διάγραμμα των τμημάτων που συνήθως αποτελούν ένα ηλεκτρικό όχημα τα οποία είναι η πηγή ενέργειας (ή μονάδα αποθήκευσης ενέργειας με φορτιστή), ο ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος, ο ηλεκτρικός κινητήρας, το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το διαφορικό και οι τροχοί του οχήματος.

1.3 Ποια τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης;

Η **ηλεκτροκίνηση** συγκεντρώνει πολλά περιβαλλοντικά και αναπτυξιακά οφέλη, καθώς μπορεί να συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, στη διεύδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ως πηγή φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά και στην ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας.

Τα ηλεκτρικά οχήματα, είτε με συσσωρευτές είτε επαναφορτιζόμενα υβριδικά, παρουσιάζουν, σε σύγκριση με τα συμβατικά, μια σειρά **πλεονεκτήματα**:

1. καταναλώνουν, με βάση τα ισχύοντα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας, περίπου **1 ευρώ ανά 100χλμ.** Το αντίστοιχο κόστος καυσίμου για ένα μέσο βενζινοκίνητο αυτοκίνητο είναι έως και δεκαπλάσιο
2. είναι περισσότερο **ενεργειακά αποδοτικά** (ο βαθμός απόδοσης των συμβατικών οχημάτων είναι 20-30%, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν βαθμό απόδοσης έως και 80-85%)
3. έχουν τη **δυνατότητα να επαναφορτιστούν από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου
4. είναι **οικονομικότερα** όσον αφορά το κόστος συντήρησης
5. εκπέμπουν **ελάχιστο θόρυβο** (ειδικά σε χαμηλές ταχύτητες).

1.4 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, τα ΗΑ παρουσιάζουν πολλά εμφανή σημεία υπεροχής, αλλά και σημαντικούς περιορισμούς.

1.4.1 Πλεονεκτήματα

1. Δεν παράγουν κανενός είδους ρύπους εξάτμισης.
2. Προκαλούν την ελάχιστη δυνατή ρύπανση σε μακροχρόνια βάση, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπό αυτή την προϋπόθεση, μπορούν να μετριάσουν την παγκόσμια θέρμανση που προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να μειώσουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο.
3. Είναι πιο αθόρυβα από τα αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης.
4. Επιτυγχάνουν σχεδόν σταθερή ροπή από την ακινησία έως το μέγιστο όριο στροφών λειτουργίας.
5. Έχουν ευχέρεια να λειτουργούν σε πιο υψηλές στροφές από τους βενζινοκινητήρες, συχνά ακόμα και ως τις 14.000 στροφές / λεπτό.
6. Έχουν χαμηλότερο κόστος σε βάθος χρόνου, καθώς δεν επηρεάζονται από την κάθε τόσο αύξηση της τιμής της βενζίνης, αλλά και λόγω του χαμηλότερου κόστους σέρβις και συντήρησης. Τα ΗΑ χρειάζονται πολύ λιγότερο σέρβις και συντήρηση, καθώς:
 - δεν απαιτούν τις τακτικές αλλαγές λαδιών.
 - δεν εκπέμπουν ρύπους, δεν έχουν σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και διάταξη εξάτμισης, ούτε σιγαστήρα (σιλανσιέ) προ της εξάτμισης, ούτε καταλύτη ή φίλτρο καπνού.

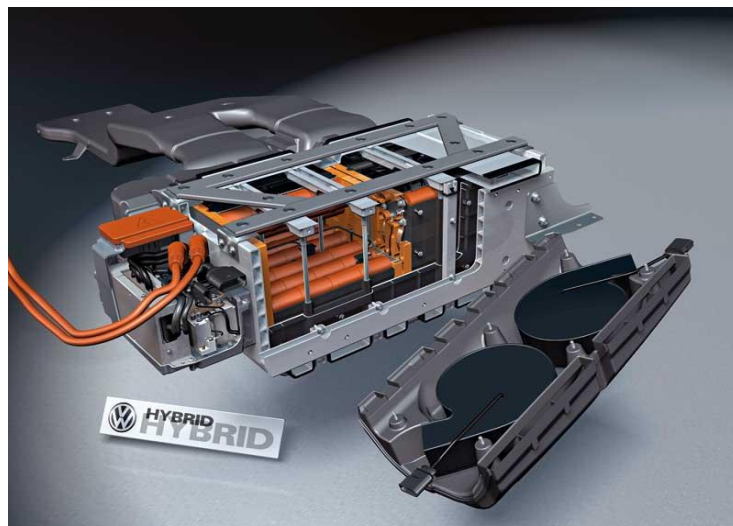
- δεν απαιτούν αντικατάσταση ή έστω συντήρηση σε μηχανικά μέρη, όπως σύστημα ανάφλεξης, πιστόνια, βαλβίδες ή εκκεντροφόρους, διότι στα ΗΑ δεν υπάρχουν, ενώ οι μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν πάνω από 100 κινούμενα μέρη.
- μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αυτο-φορτίζονται κατά τις επιβραδύνσεις του οχήματος (regenerative braking), βελτιώνοντας έτσι τον δείκτη κατανάλωσης.

1.4.2 Μειονεκτήματα

1. Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.
2. Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 60 χιλιόμετρα χρειαζόνταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομίες που ξεκινούν από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνουν στα 250 - 300 χιλιόμετρα ή και παραπάνω, σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος. Το σημερινό ρεκόρ ανήκει σε ένα σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster, που κατάφερε να διανύσει 504 χιλιόμετρα (313 μίλια) με μία μόνο φόρτιση, με μέση ταχύτητα 56 χιλιόμετρα/ώρα (35 μίλια/ώρα) και είχε 5 χιλιόμετρα (3 μίλια) ακόμα αυτονομία όταν έφτασε στον τερματισμό. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 27 Οκτωβρίου 2009, κατά τη διάρκεια του παγκόσμιου οικολογικού διαγωνισμού Global Green Challenge, στην Αυστραλία.
3. Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης, συνήθως 6 ώρες για πλήρη επαναφόρτιση. Ωστόσο, αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτιστούν κατά 80% σε χρόνο λιγότερο της 1 ώρας.
4. Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών, συνήθως 3-5 χρόνια. Παρ' όλα αυτά, για το Chevrolet Volt, η General Motors δίνει εγγύηση 8 έτη ή 100.000 μίλια (160.000 χιλιόμετρα) για τις μπαταρίες.

2 Τι είναι η μπαταρία ή συσσωρευτής;

Είναι ένα ρεζερβουάρ ενέργειας που βασίζεται σε μία απλή αρχή λειτουργίας. Στην δημιουργία διαφοράς δυναμικού (τάσης) ανάμεσα σε δύο διαφορετικά στοιχεία (ηλεκτρόδια) όταν αυτά βρίσκονται σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Μία μπαταρία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτροχημικά στοιχεία που με λίγα λόγια μετατρέπουν την χημική σε ηλεκτρική ενέργεια.



Η «Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» στο παραπάνω σχήμα είναι το τμήμα που τροφοδοτεί με ενέργεια το υπόλοιπο σύστημα. Το τμήμα αυτό λειτουργεί είτε ως πηγή είτε ως αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας είτε ως συνδυασμός και των δύο. Για την αποθήκευση ενέργειας χρησιμοποιούνται συσσωρευτές, ενώ η φόρτισή τους συνήθως γίνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς AC/DC.

Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνεται ενδεικτικά μια εικόνα των προδιαγραφών που πρέπει να πληροί μια μπαταρία για χρήση σε ηλεκτρικό όχημα.

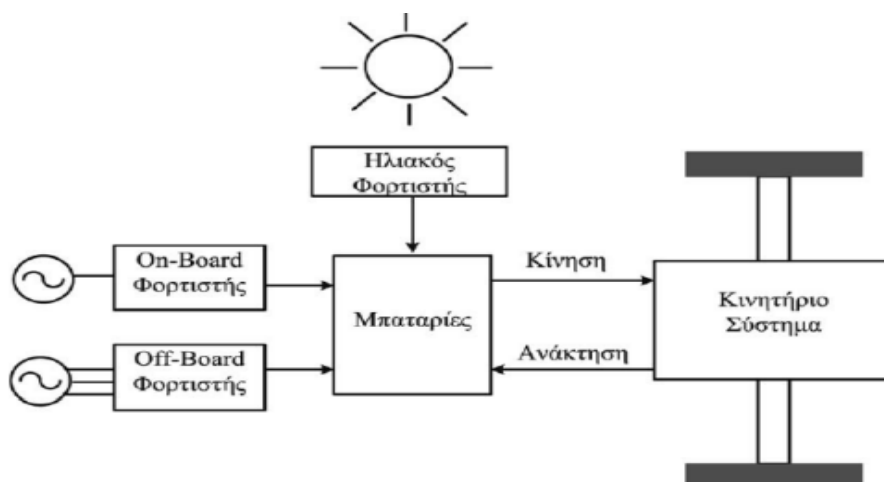
USABC ADVANCED BATTERY PRIMARY GOALS		
	Mid-Term	Long-Term
Power Density (W/L)	250	600
Specific Power (W/kg)	150 (200 desired)	400
Energy Density (W-h/L)	135	300
Specific Energy (W-h/kg)	80 (100 desired)	200
Life (years)	5	10
Cycle Life (cycles)	600	1000
Power and Capacity Degradation	20	20
Ultimate Price	<\$150	<\$100
Operating Enviroment	30 to 65 °C	40 to 85 °C
Recharge Time (h)	<6	3-10uv
Continuous Discharge in 1 h	75	75

2.1 Νέες τεχνολογίες για τη φόρτιση των συσσωρευτών:

Ανάμεσα στις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τη φόρτιση των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων διακρίνουμε τρεις σημαντικές καινοτομίες:

1. Φόρτιση κατά την κίνηση [Move And Charge-MAC]
2. Επαγωγική Φόρτιση
3. Υπέρ-πυκνωτές

Θα πρέπει να τονίσουμε πως τα παραπάνω σενάρια φόρτισης είναι δυνατόν να συνυπάρχουν σε ένα και μόνο όχημα. Στο κάτωθι σχήμα απεικονίζεται ένα τέτοιο πολλαπλό σύστημα για τη φόρτιση των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού οχήματος.



2.2 Ποια πρέπει να είναι τα κύρια χαρακτηριστικά τους;

Μια συστοιχία συσσωρευτών που προορίζεται για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, θα πρέπει να έχει υψηλή πυκνότητα ενέργειας, μεγάλο κύκλο ζωής, απουσία φαινομένων «μνήμης» (επίδρασης των προηγούμενων φορτίσεων/εκφορτίσεων στην απόδοση της μπαταρίας), γρήγορη φόρτιση, υψηλό βαθμό απόδοσης, μεγάλη αξιοπιστία, χαμηλό κόστος, υψηλή απόδοση φόρτισης/εκφόρτισης, μεγάλο εύρος λειτουργίας μεταξύ χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών, πολύ χαμηλό ρυθμό αυτό-εκφόρτισης, καλό βαθμό θερμοκρασίας αποθήκευσης, χαμηλή εσωτερική αντίσταση, δυνατότητα ανακύκλωσης κ.α.

2.3 Ποια είναι τα κύρια μεγέθη των μπαταριών;

- **Πυκνότητα ισχύος (W/kg)** => η ροή της ισχύος ανά μονάδα μάζας ή του βάρους της μπαταρίας. Υποδηλώνει και την μέγιστη ισχύ που μπορεί να προσφέρει ένας συσσωρευτής και βάση αυτού εξαρτώνται οι επιδόσεις ενός οχήματος (επιτάχυνση, τελική ταχύτητα).
- **Ενεργειακή πυκνότητα μάζας (Wh/kg)** => εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα μάζας (ή βάρους της μπαταρίας).
- **Ενεργειακή πυκνότητα όγκου (Wh/m³)** => το συνολικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει μία μπαταρία ανά μονάδα του όγκου της.
- **Ποσότητα ενέργειας** => όπως και στα κινητά τηλέφωνα μετρείται σε αμπερώρες (Ah). Μια μπαταρία 10 Ah υποδηλώνει πως παρέχει 1 Amp συνεχούς ρεύματος.
- **Βαθμός απόδοσης** => η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε χημική έχει απόδοση της τάξης του 80%.

Fuel	Energy Mass Density (Kw-hr/kg)	Energy Volume Density (Kw-hr/liter)
Hydrogen gas	39.8	0.003
Gasoline	12.9	9.50
Lithium metal	12.0	6.39
Methanol (no water)	5.47	4.33
Formic Acid (88%)	4.69	4.43
Hydride	2.44	2.11
Zinc-Air Battery	0.44	1.67
Li-ion Battery (full redox)	0.13-0.20	0.23-0.58

2.4 Πόσοι τύποι μπαταριών υπάρχουν;

1. Μολύβδου-οξέος (PbO₂)
2. Νικελίου-καδμίου (Ni-Cd)
3. Νικελίου-υδριδίου μετάλλου (Ni-MH)
4. Νατρίου-χλωριούχου νικελίου (Na-NiCl₂)
5. Νατρίου-θείου (Na-S)
6. Λιθίου ιόντων (Li-ion)

2.5 Ποιος είναι ο επικρατέστερος τύπος;

Λόγω της ενεργειακής πυκνότητας, της καλής μνήμης, του κύκλου ζωής και άλλων πλεονεκτημάτων οι μπαταρίες λιθίου-ιόντων χωρούν περισσότερη ενέργεια με τον ίδιο όγκο. Για αυτό το λόγο είναι η πρώτη επιλογή στον τομέα των ηλεκτρονικών αλλά και των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Στα μειονεκτήματα το υψηλό κόστος, η πτώση της απόδοσης στις υψηλές θερμοκρασίες (για αυτό απαιτείται σύστημα ψύξης) και η μεταβολή τους στις απότομες αλλαγές τάσης. Επίσης, η υπερφόρτιση και η υπερεκφόρτιση μειώνει την διάρκεια ζωής τους. Εναλλακτικά υπάρχουν και άλλοι συνδυασμοί μπαταριών λιθίου (πολυμερών, φωσφορικού σιδήρου, οξειδίου μαγνησίου κ.α.) δίχως όμως να υπερτερούν σε απόδοση της λιθίου-ιόντων.

2.6 Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο των μπαταριών;

Οι απόψεις για το πόσο επηρεάζει το πεδίο EMF (electromagnetic field) που δημιουργούν οι μπαταρίες την ανθρώπινη υγεία δίστανται. Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται το αυτονόητο, πως όλες οι τιμές είναι κάτω από τα προβλεπόμενα όρια.



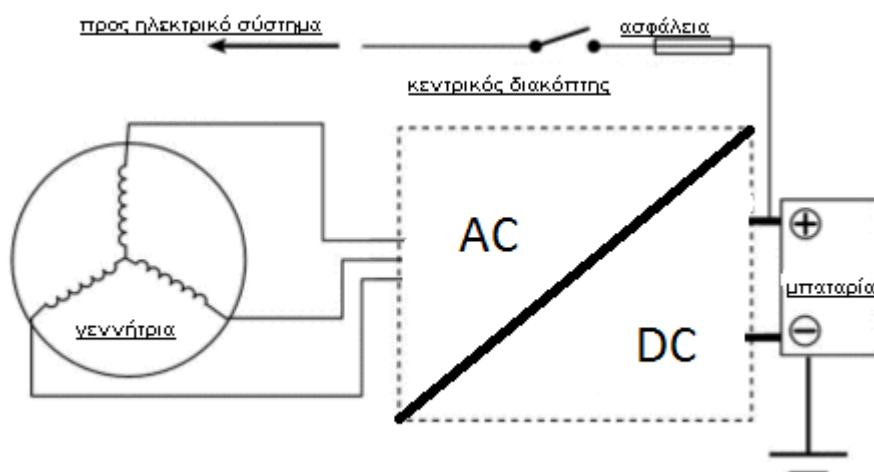
Ωστόσο, ανεξάρτητες μελέτες που έχουν γίνει κυρίως σε υβριδικά έχουν δείξει πως το EMF που δημιουργείται κυρίως γύρω από τον αγωγό που μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια από την μπαταρία στον ηλεκτροκινητήρα θα πρέπει να μας ανησυχεί.

3 Ηλεκτρονικά Ισχύος

3.1 Τι είναι ο ανορθωτής?

Ο ανορθωτής είναι μία ηλεκτρική ή ηλεκτρονική διάταξη που μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές ρεύμα. Μετατρέπει δηλαδή την ηλεκτρική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια άλλης μορφής.

Η γεννήτρια που μπορεί να είναι, τριφασική ή μονοφασική, παίρνει κίνηση από τον στρόφαλο και παράγει εναλλασσόμενη τάση. Ο ανορθωτής μετατρέπει την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή και συγχρόνως την σταθεροποιεί σε κάποια συγκεκριμένα (Volt) που χρειάζονται για να φορτώνει η μπαταρία, σε όλες τις στροφές του κινητήρα.



Με συνεχές ρεύμα δουλεύουν όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές που δέχονται και μπαταρίες όπως: discman, κασετόφωνα, walkman, ραδιόφωνα, ασύρματα και κινητά τηλέφωνα, video-cameras, φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ψηφιακές φωτογραφικές κ.α. Ο μετασχηματιστής των συσκευών αυτών έχει 2 τμήματα. Στο πρώτο η τάση που δίνει η πρίζα (220V) μετατρέπεται σε τάση κατάλληλη για την συγκεκριμένη συσκευή (π.χ. 12V) και στη συνέχεια έναν ανορθωτή που μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές ρεύμα.

3.2 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος

Ο ηλεκτρονικός μετατροπέας είναι το τμήμα εκείνο του συστήματος που παίρνει τη συνεχή τάση των συσσωρευτών και τη μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή για την τροφοδότηση του κινητήρα. Επιπλέον μια πολύ σημαντική διεργασία που πραγματοποιεί είναι ο έλεγχος της ροπής και των στροφών του κινητήρα. Η επιλογή του μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εξαρτάται καθαρά από τον ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιείται. Έτσι με βάση τους κινητήρες που χρησιμοποιούνται (Σ.Ρ. ή Ε.Ρ.) έχουμε μετατροπείς Σ.Τ./Σ.Τ. τύπου chopper και μετατροπείς Σ.Τ./Ε.Τ. τύπου αντιστροφέα (Inverter). Οι διατάξεις αντιστροφέα μπορούν να οδηγούν κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος που απαιτούν είτε ημιτονοειδή τάση (ασύγχρονος κινητήρας, σύγχρονος κινητήρας) είτε τετραγωνικούς παλμούς (κινητήρας τύπου Brushless, κινητήρας τύπου switched reluctance).

4 Σύγχρονες Γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες ή αλλιώς εναλλακτικές, είναι σύγχρονες μηχανές που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

4.1 Δομή των σύγχρονων γεννητριών

Απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσει μια σύγχρονη γεννήτρια είναι η τροφοδοσία του τυλίγματος του δρομέα της με συνεχές ρεύμα. Αυτό το ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό της γεννήτριας και καθώς ο δρομέας περιστρέφεται παίρνοντας κίνηση από κάποια εξωτερική κινητήρια μηχανή, το πεδίο περιστρέφεται μαζί του. Τελικά, το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει τριφασική τάση στα τυλίγματα του στάτη, η οποία εμφανίζεται στην έξοδο της μηχανής.

Ο δρομέας μιας σύγχρονης γεννήτριας μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας μεγάλος ηλεκτρομαγνήτης τόσο στην περίπτωση που η γεννήτρια είναι εκτυπών πόλων, όσο και όταν αυτή διαθέτει κυλινδρικό δρομέα.

Το τύλιγμα του δρομέα στις σύγχρονες γεννήτριες θα πρέπει να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα. Επειδή όμως, ο δρομέας περιστρέφεται, είναι ανάγκη να αναπτυχθεί κάποιος ειδικός τρόπος τροφοδοσίας του τυλίγματος του. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές τροφοδοσίας του δρομέα είναι:

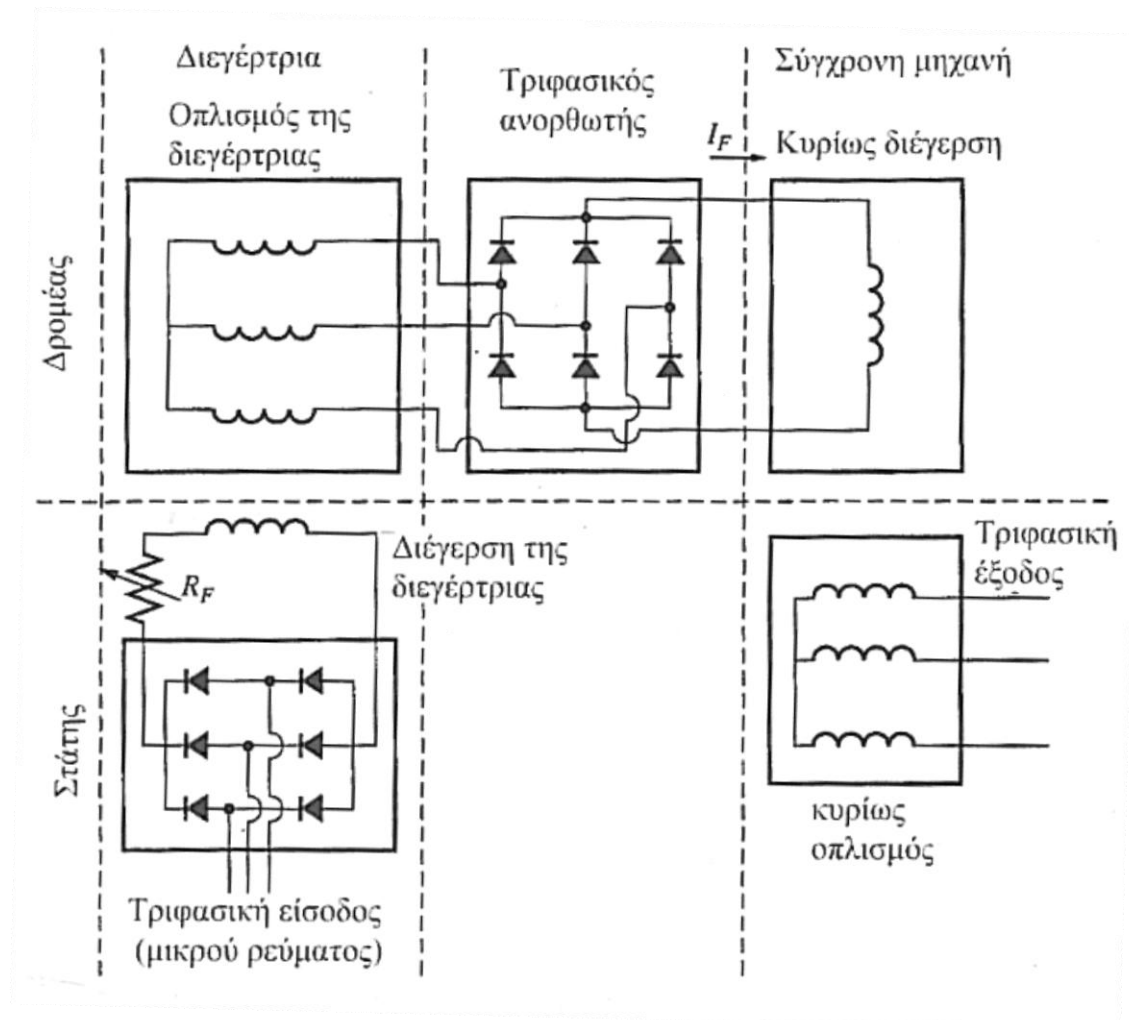
1. Με τροφοδοσία από εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος, οπότε ο δρομέας θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ψήκτρες, και δαχτυλίδια.
2. Με τροφοδοσία από ειδική πηγή συνεχούς ρεύματος τοποθετημένη πάνω στον άξονα της γεννήτριας.

Σε μεγαλύτερες γεννήτριες χρησιμοποιούνται «διεγέρτριες μηχανές χωρίς ψήκτρες» για να τροφοδοτήσουν με συνεχές ρεύμα το δρομέα της γεννήτριας.

Η τριφασική έξοδος της διεγέρτριας μηχανής ανορθώνεται από έναν τριφασικό ανορθωτή, που βρίσκεται πάνω στον άξονα της μηχανής και το συνεχές ρεύμα εξόδου του ανορθωτή οδηγείται στο τύλιγμα διέγερσης της κύριας γεννήτριας.

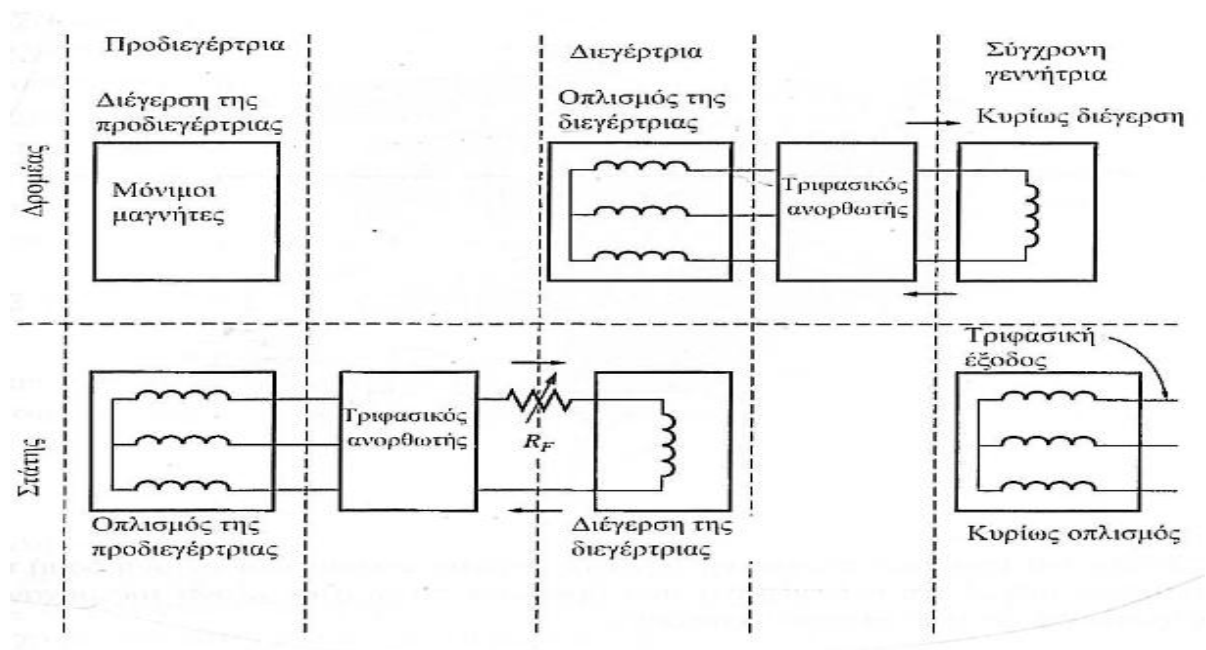
Στο παρακάτω σχήμα (α), θα παρατηρήσουμε ένα κύκλωμα διέγερσης χωρίς ψήκτρες. Το τριφασικό ρεύμα μικρής έντασης, αφού ανορθωθεί, τροφοδοτεί τη

διέγερση της διεγέρτριας που βρίσκεται πάνω στο δρομέα της κύριας γεννήτριας. Κατόπιν, η έξοδος της διεγέρτριας ανορθώνεται και τροφοδοτεί το κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας.



Σχήμα (α)

Στο σχήμα (β), απεικονίζεται το διάγραμμα της διαδικασίας διέγερσης χωρίς ψήκτρες με τη βοήθεια μιας προ-διεγέρτριας.



Σχήμα (β)

4.2 Ταχύτητα περιστροφής των σύγχρονων γεννητριών

Το πλάτος της τάσης στα άκρα της κάθε φάσης μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος, δίνεται από τον τύπο:

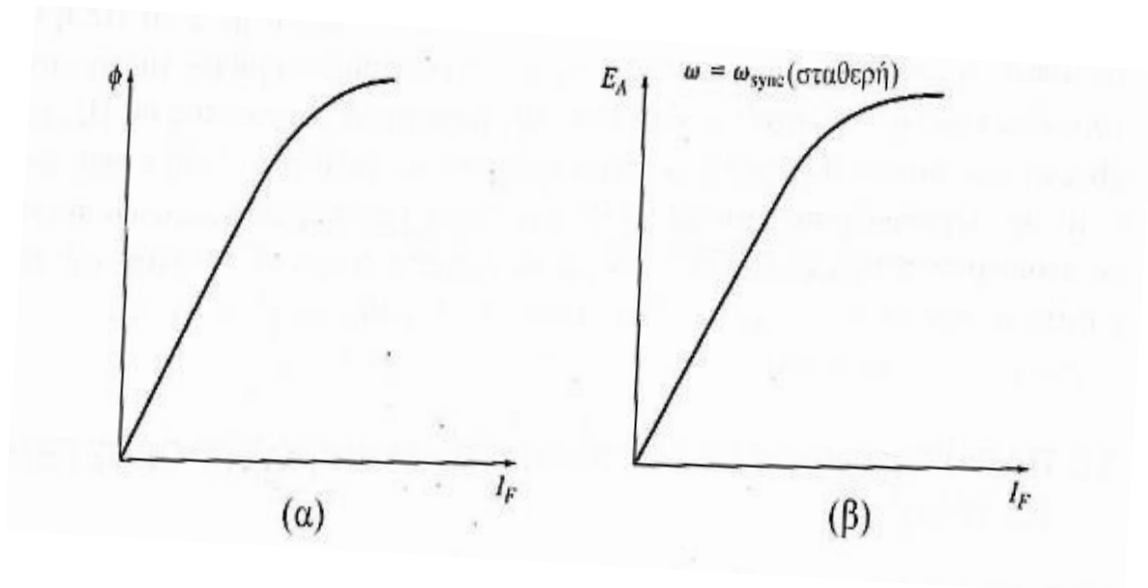
$$E_A = \sqrt{2}\pi N_c \phi f$$

Δηλαδή, η (E_A) εξαρτάται από τη μαγνητική ροή (ϕ), από τη συχνότητα ή ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και από κάποια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της. Συχνά όμως στα προβλήματα που έχουν να κάνουν με σύγχρονες γεννήτριες, χρησιμοποιείται μια πιο απλή μορφή της παραπάνω εξίσωσης:

$$E_A = K\omega$$

Όπου η σταθερά (K) εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

Η τάση E_A που παράγεται από το εσωτερικό της γεννήτριας είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής στη μηχανή και της ταχύτητας περιστροφής της. Όμως, η μαγνητική ροή εξαρτάται από το ρεύμα του δρομέα (I_F) σύμφωνα με τις παρακάτω καμπύλες (α, β) του σχήματος (γ).



Σχήμα (γ)

4.3 Ισοδύναμο κύκλωμα της σύγχρονης γεννήτριας

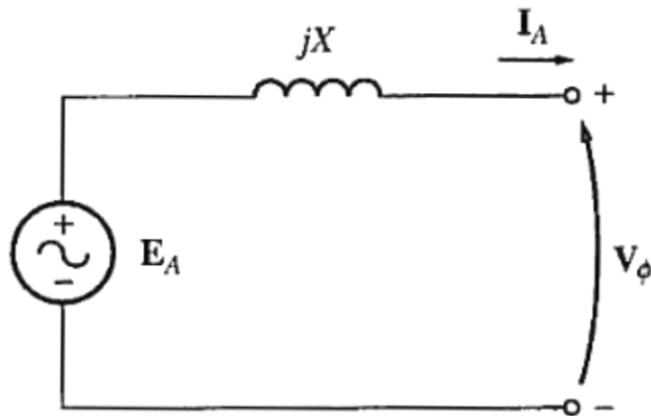
Η ανάλυση των αιτιών που διαφοροποιούν την E_A από την V_ϕ οδηγεί στην ανάπτυξη του μοντέλου της σύγχρονης γεννήτριας. Οι λόγοι που διαφοροποιούν αυτές τις δύο τάσεις είναι οι εξής:

1. Η παραμόρφωση του μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής που προκαλείται από το ρεύμα του στάτη.
2. Οι αυτεπαγωγές των αγωγών του στάτη.
3. Οι αντιστάσεις των αγωγών του στάτη.
4. Το σχήμα των εκτύπων πόλων του δρομέα.

Η εξίσωση από την οποία δίνεται η τάση (V_ϕ) στα άκρα της κάθε φάσης του στάτη είναι η εξής :

$$V_\phi = E_A - jXI_A$$

Η ίδια σχέση εκφράζει το νόμο των τάσεων του Kirchhoff στο κύκλωμα του σχήματος (δ), όπως θα δούμε και παρακάτω.

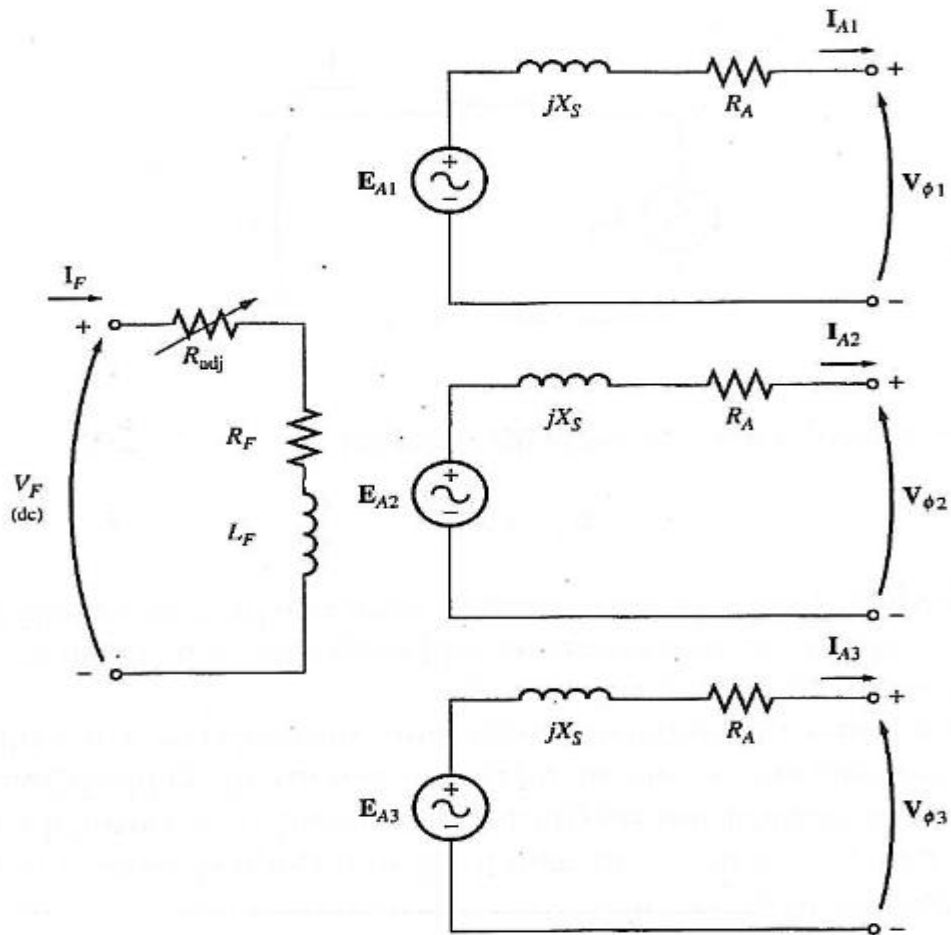


Σχήμα (δ)

Επειδή όμως τα αποτελέσματα της αντίδρασης του οπλισμού και της αυτεπαγωγής των τυλιγμάτων του στάτη εκφράζονται με τη χρήση κάποιων αντιδράσεων, τελικά η τάση (V_ϕ) δίνεται από τη σχέση:

$$V_\phi = E_A - jX_s I_A - R_A I_A$$

Τώρα πια είναι εύκολη η παράσταση του ισοδύναμου κυκλώματος μιας σύγχρονης γεννήτριας. Αυτό γίνεται στο σχήμα (ε), όπου φαίνεται το κύκλωμα διέγερσης της μηχανής με την πηγή που τροφοδοτεί τον δρομέα.



Σχήμα (ε)

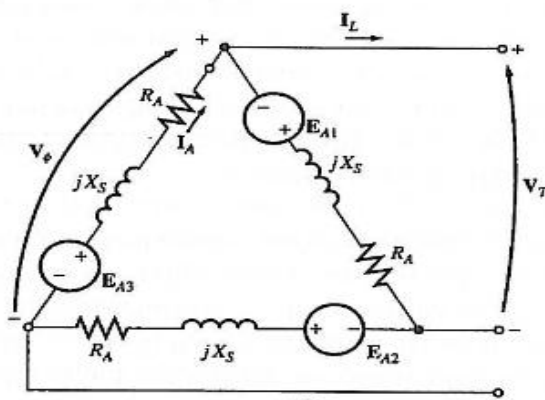
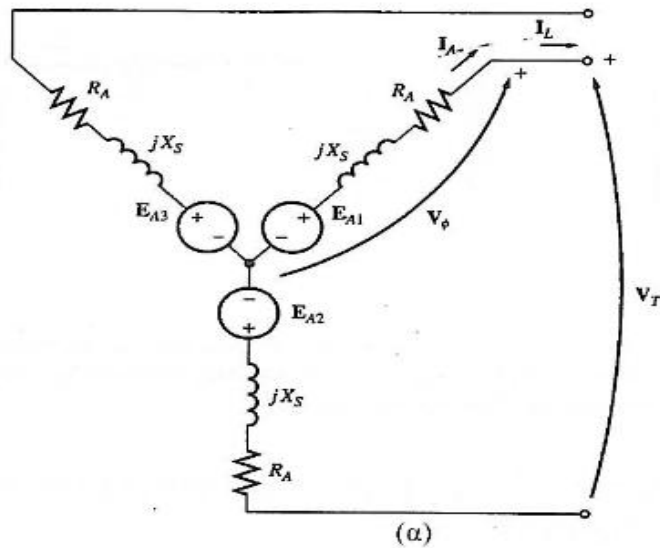
Ενώ στο σχήμα (στ) θα δούμε τις τρεις φάσεις του στάτη που συνδέονται σε αστέρα ή σε τρίγωνο.

Όταν είναι συνδεδεμένες σε αστέρα, οι αντίστοιχες τάσεις V_T δίνονται από τον τύπο :

$$V_T = \sqrt{3} V_\phi$$

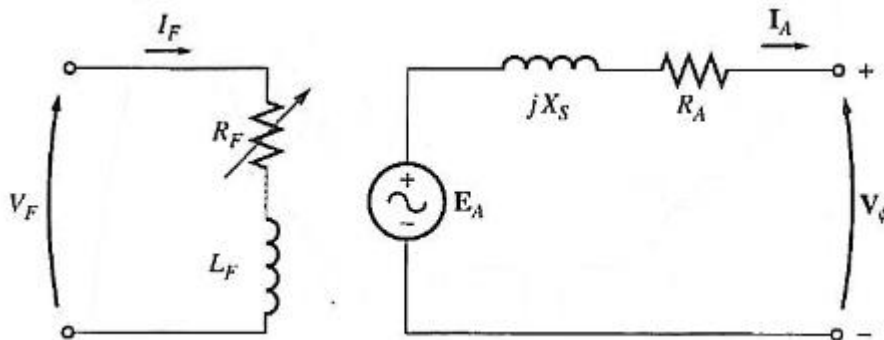
Και όταν συνδέονται σε τρίγωνο ισχύει :

$$V_T = V_\phi$$



Σχήμα (στ)

Το γεγονός ότι η μόνη διαφοροποίηση ανάμεσα στις τρεις φάσεις είναι η διαφορά φάσης που εμφανίζεται μεταξύ τους, οδηγεί στην εισαγωγή του ισοδύναμου κυκλώματος ανά φάση. Στο σχήμα (ζ) όπως θα δούμε και παρακάτω, φαίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση της παραπάνω μηχανής :



Σχήμα (ζ)

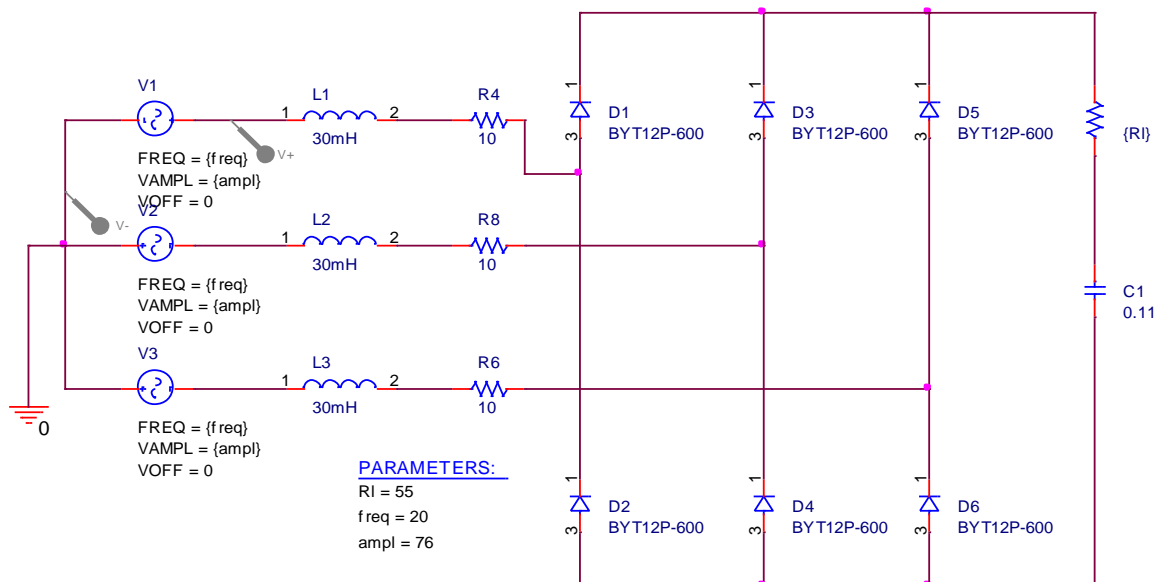
5 Προσομοιώσεις

6.1 Κύκλωμα

Στο παρακάτω κύκλωμα παρουσιάζεται μια σύγχρονη γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος, (η οποία περιλαμβάνει 3 πηγές, 3 πηνία και 3 αντιστάσεις) και είναι συνδεδεμένη με έναν πλήρη τριφασικό ανορθωτή (ο οποίος περιλαμβάνει 6 διόδους) με αποτέλεσμα το εναλλασσόμενο ρεύμα να μετατρέπεται σε συνεχές. Τέλος ο πλήρης τριφασικός ανορθωτής καταλήγει να συνδέεται με μια μπαταρία.

Ο σκοπός της γεννήτριας είναι να πετύχει την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας, και σε αυτό μας βοηθάει και ο πλήρης τριφασικός ανορθωτής, αφού η φόρτιση της μπαταρίας επιτυγχάνεται μόνο με συνεχές ρεύμα!

Η φόρτιση της μπαταρίας αυτής θα μας εξυπηρετήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας και λειτουργίας του ηλεκτρικού μας αυτοκινήτου, εφόσον θα έχουμε αξιοποιήσει την θερμική ενέργεια των δισκοφρένων με ειδικό μηχανισμό !

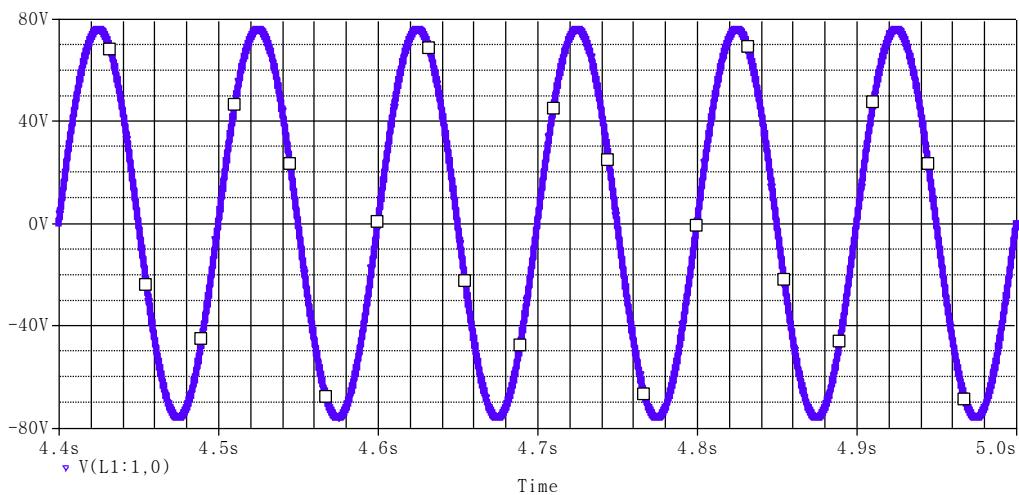


6.2 Προσομοίωση ταχύτητας

Έγινε προσομοίωση ταχύτητας για διάφορες τιμές της συχνότητας.

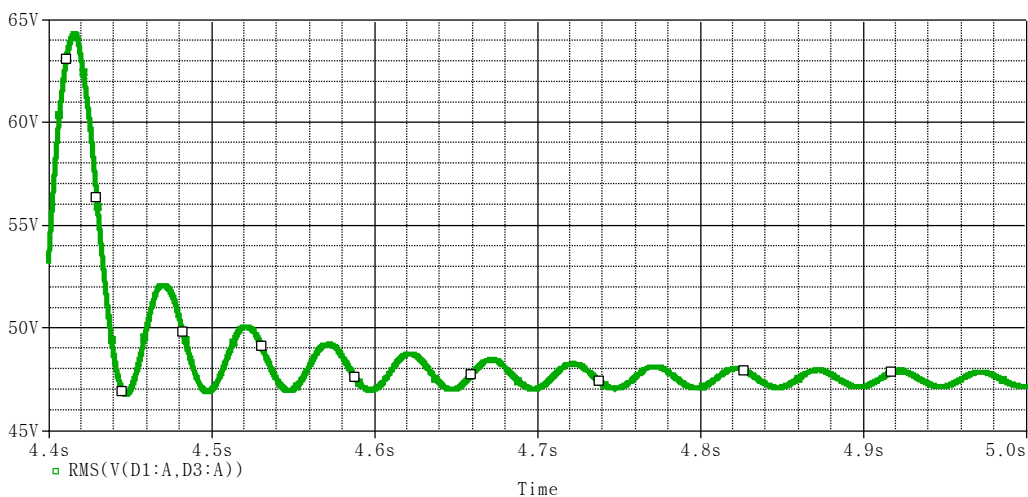
$$(\omega = 2\pi f)$$

Για ($V=38$) και ($f= 10$) το παρακάτω διάγραμμα μας παρουσιάζει τις καμπύλες της τάσης στα άκρα της πηγής πριν την τοποθέτηση του πλήρη τριφασικού ανορθωτή.



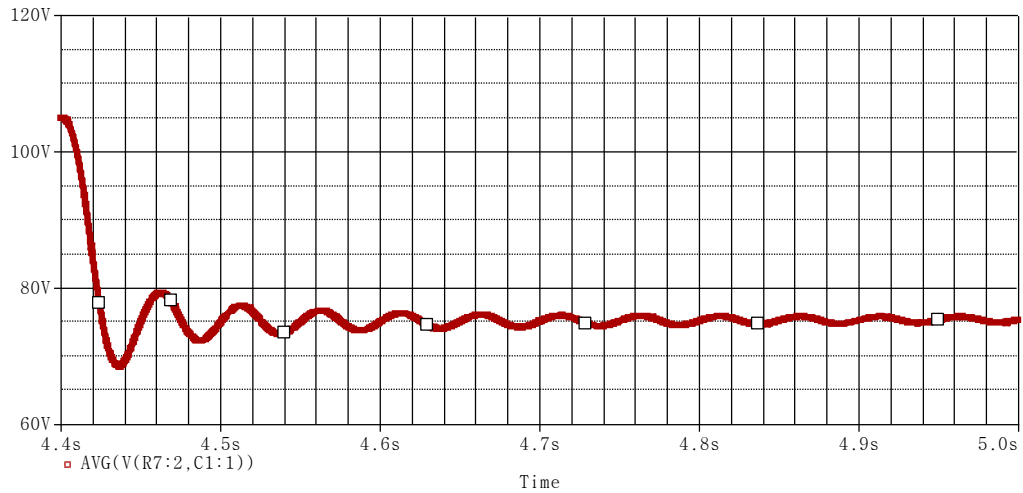
Σχήμα (α)

Για ($V=76$) και ($f= 20$) το παρακάτω διάγραμμα μας παρουσιάζει τις καμπύλες της τάσης στα άκρα της σύγχρονης γεννήτριας λίγο πριν την τοποθέτηση του πλήρη τριφασικού ανορθωτή.



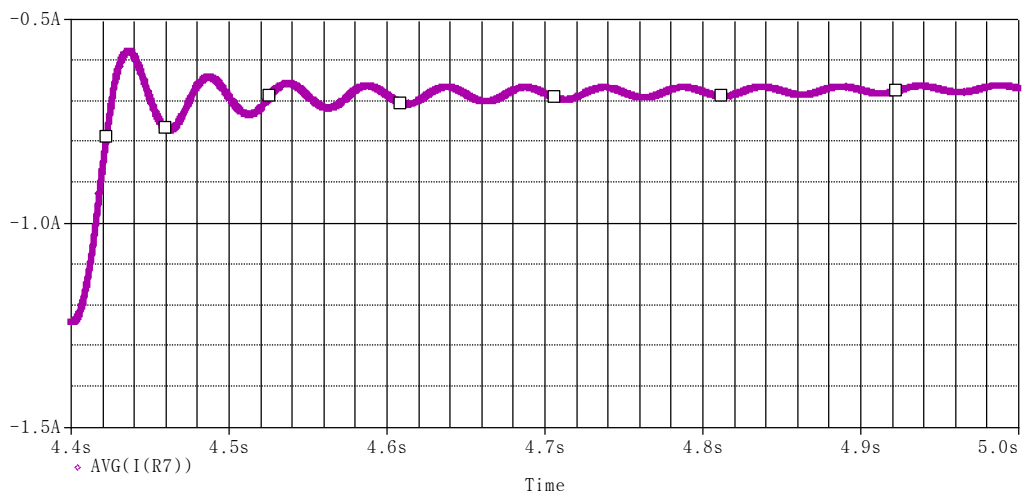
Σχήμα (β)

Για ($V=190$) και ($f= 50$) το παρακάτω διάγραμμα μας παρουσιάζει τις καμπύλες της τάσης στα άκρα της μηχανής μετά την τοποθέτηση του πλήρη τριφασικού ανορθωτή.



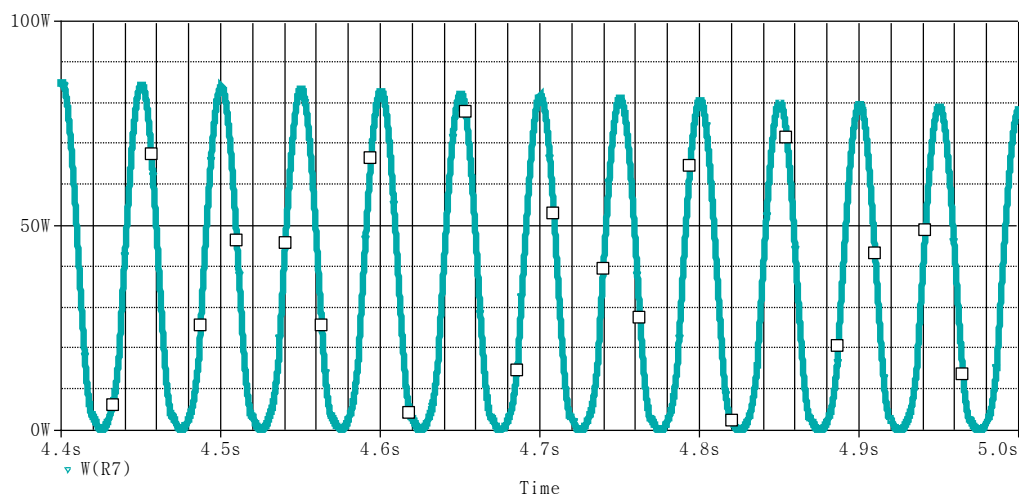
Σχήμα (γ)

Για ($V=228$) και ($f= 60$) το παρακάτω διάγραμμα μας παρουσιάζει τις καμπύλες του ρεύματος που μετρήθηκε στην αντίσταση της μπαταρίας μας.



Σχήμα (δ)

Για ($V=380$) και ($f=100$) το παρακάτω διάγραμμα μας παρουσιάζει τις καμπύλες της ισχύς που μετρήθηκε στην αντίσταση της μπαταρίας μας.



Σχήμα (ε)

6.3 Μετρήσεις

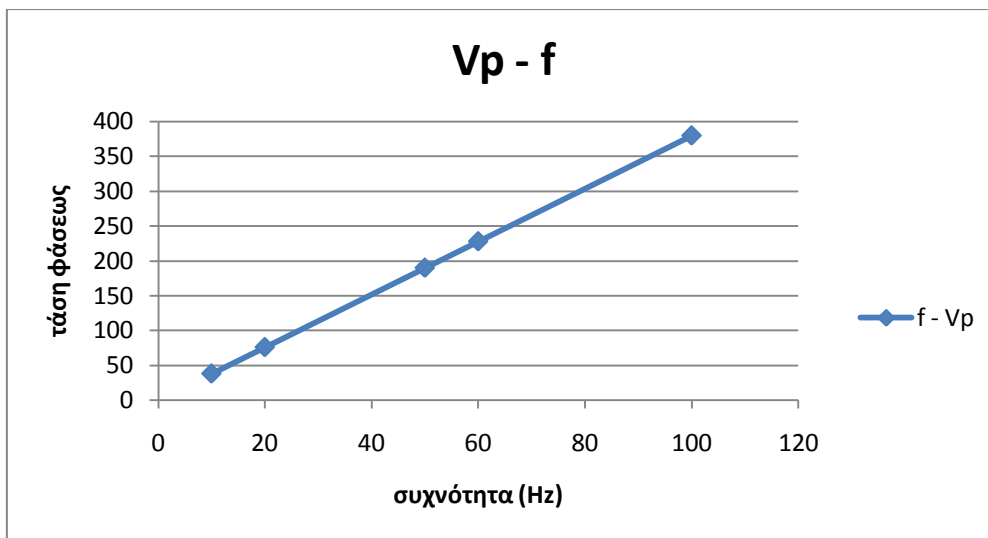
Από τις παραπάνω προσομοιώσεις πάρθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις στον πίνακα που ακολουθεί για διάφορες τιμές της συχνότητας και της τάσης.

V (V)	F (Hz)	Vp (V)	V _{LL} (V)	V _m (V)	V _{dc} (V)	I _p (A)	I _{out} (A)	P _{out} (W)
38	10	38	38	23,877	36,89	55,11	0,332	20,056
76	20	76	76	47,95	74,73	109,36	0,679	81,23
190	50	189,999	189,999	121,58	184,633	247,22	1,69	486,87
228	60	228	227,999	146,44	220,68	288,9	2,02	682,83
380	100	379,98	379,98	247,6	335,84	460,34	3,31	1679

6.3 Γραφήματα

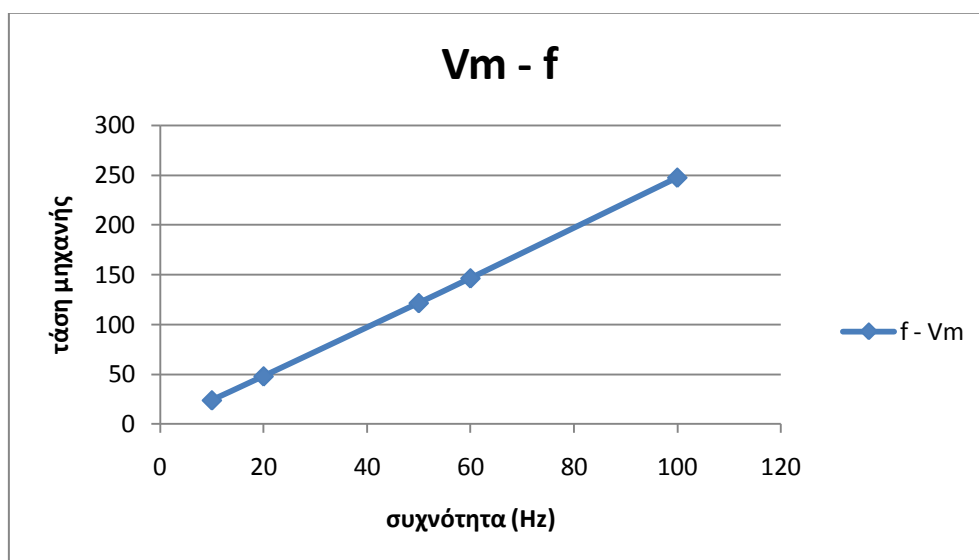
Από τον πίνακα που είδαμε στην παράγραφο (6.2), προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα.

Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε την καμπύλη που σχηματίζεται από την τάση (V_p) στα άκρα της πηγής συναρτήσει της συχνότητας (f). Βλέπουμε ότι για κάθε τιμή της συχνότητας που παίρνουμε στο διάγραμμα η καμπύλη αυξάνεται.



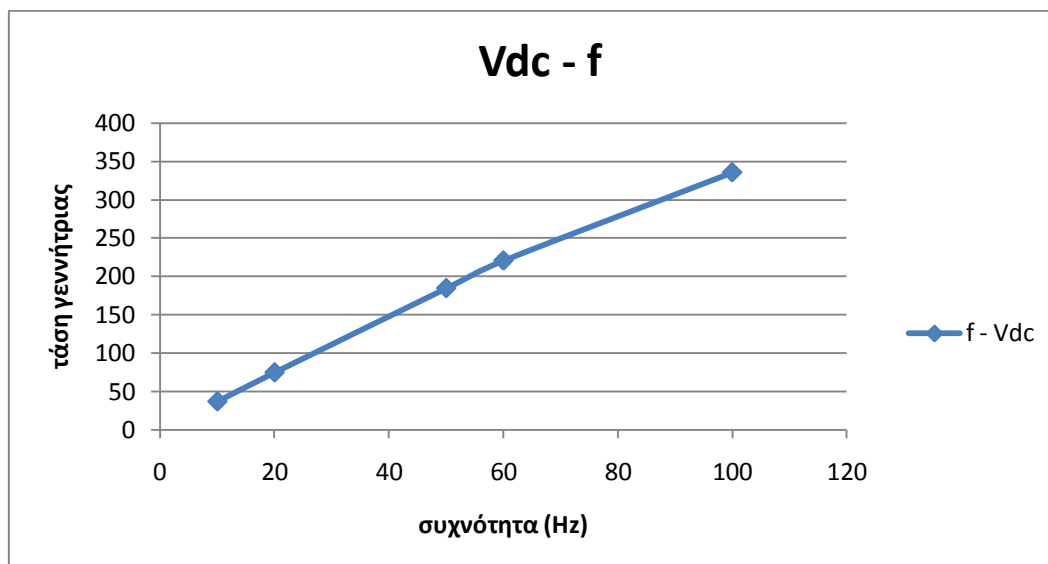
Διάγραμμα (1)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε την καμπύλη που σχηματίζεται από την τάση (V_m) στα άκρα της γεννήτριας συναρτήσει της συχνότητας (f). Βλέπουμε ότι για κάθε τιμή της συχνότητας που παίρνουμε στο διάγραμμα η καμπύλη αυξάνεται.



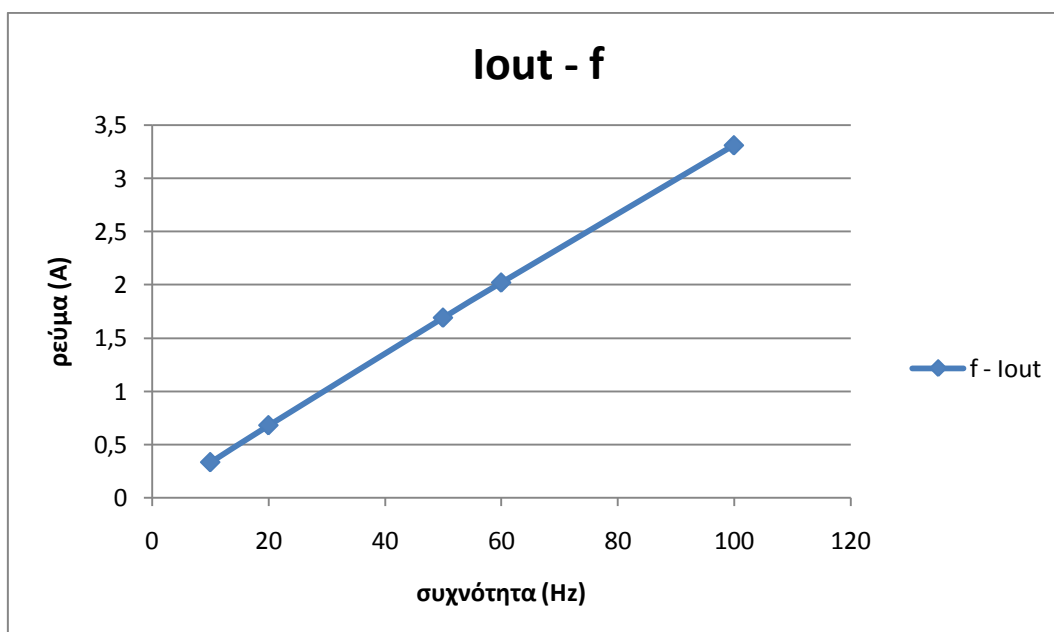
Διάγραμμα (2)

Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε την καμπύλη που σχηματίζεται από την τάση (V_{dc}) στα άκρα της σύγχρονης μηχανής, συναρτήσει της συχνότητας (f). Βλέπουμε ότι για κάθε τιμή της συχνότητας που παίρνουμε στο διάγραμμα η καμπύλη αυξάνεται.



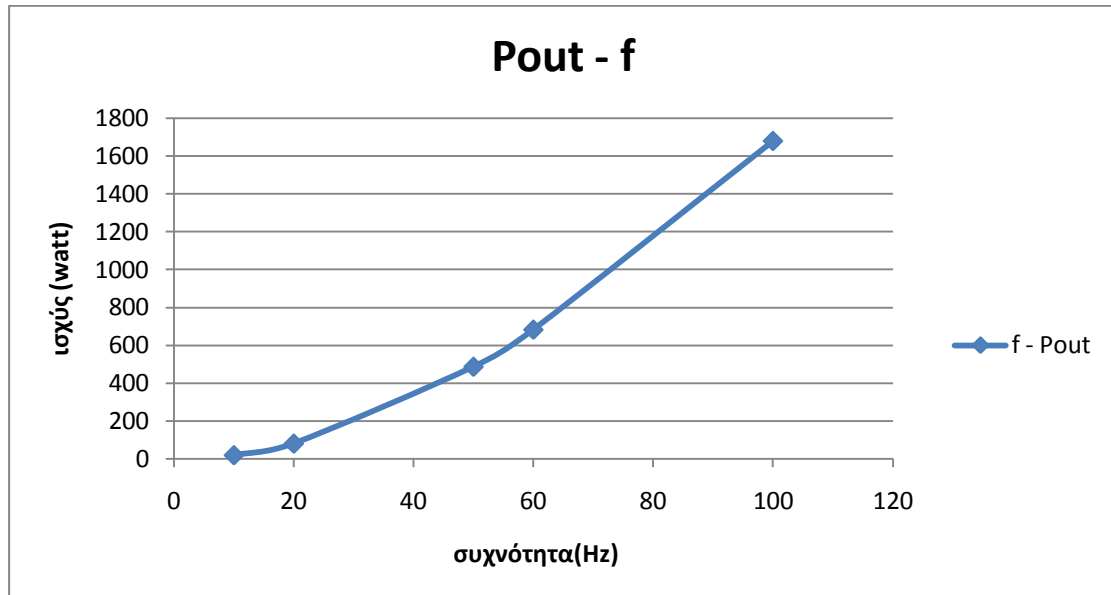
Διάγραμμα (3)

Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε την καμπύλη που σχηματίζεται από την το ρεύμα (I_{out}) στα άκρα της μπαταρίας μας, συναρτήσει της συχνότητας (f). Βλέπουμε ότι για κάθε τιμή της συχνότητας που παίρνουμε στο διάγραμμα η καμπύλη αυξάνεται.



Διάγραμμα (4)

Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε την καμπύλη που σχηματίζεται από την ισχύ (P_{out}) στη μπαταρία του κυκλώματός μας, συναρτήσει της συχνότητας (f). Βλέπουμε ότι για κάθε τιμή της συχνότητας που παίρνουμε στο διάγραμμα η καμπύλη αυξάνεται.



Διάγραμμα (5)

Επίλογος

Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε την ραγδαία αύξηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η αύξηση αυτή προκλήθηκε όπως αναφέραμε και στην αρχή της εργασίας, από την ανάγκη του ανθρώπου για ανάπτυξη της «πράσινης» ενέργειας και για την ανάπτυξη μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας.

Στη δική μας περίπτωση μελετήσαμε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με συγκεκριμένο μηχανισμό, ο οποίος αποτελείται από μια τριφασική γεννήτρια που παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα, έναν ανορθωτή και μία μπαταρία. Ο μηχανισμός αυτός μετατρέπει το ρεύμα που παράγει η γεννήτρια από εναλλασσόμενο σε συνεχές με τη βοήθεια του ανορθωτή και στο τέλος φτάνει με καλώδια στην μπαταρία με σκοπό τη φόρτισή της. Αυτός είναι και ο τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνεται σε αυτή την εργασία.

Τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις για διαφορετικές τιμές του κυκλώματος μας, έδωσαν κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες, από τις οποίες, μερικές μας δείχνουν την απόδοση του συστήματος μας με βάση την ισχύ. Παρατηρήσαμε από την ανάλυση αυτή ότι το σύστημα μας λειτουργεί με ικανοποιητική απόδοση.

Επιπλέον, αναφερθήκαμε και σε κυριότερα στοιχεία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπως είναι οι συντελεστές ισχύος. Αναφερθήκαμε στους συσσωρευτές η αλλιώς «μπαταρίες». Αναφερθήκαμε στα ηλεκτρονικά ισχύος και εξετάσαμε την δομή των σύγχρονων γεννητριών. Τέλος δεν παραλείψαμε να αναφερθούμε στην ιστορική εξέλιξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων καθώς και στα πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα που παρουσιάζουν.

Κλείνοντας την παρουσίαση του θέματος, θα ήθελα να προτείνω μια δική μου έρευνα πάνω σε σύστημα βελτίωσης του συντελεστή ισχύος, ο οποίος όπως παρατηρούμε και από τις χαρακτηριστικές καμπύλες στις προσομοιώσεις είναι υπεύθυνος για την αποδοτικότητα του συστήματος που ερευνούμε.

Ο παρακάτω τύπος θα μας βοηθήσει να το κατανοήσουμε:

$$P = V * I * \cos\theta, \text{ όπου } \theta = 0$$

Πρέπει το $\cos\theta$ απαραίτητως να είναι «μοναδιαίο» για να δώσει το σύστημα μας το 100% της ισχύς του. Για να επιτευχθεί αυτό, προτείνεται να τοποθετηθεί στο υπάρχον σύστημα ένας «πυκνωτής» δίπλα από την μπαταρία μας που συλλέγει το ρεύμα. Και έτσι αυτό το νέο πλέον αντικείμενο προτείνεται προς έρευνα.

Σας ευχαριστώ!

6 Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτρονικά Ισχύος- (6η Έκδοση), (Ανάλυση, σχεδίαση και εφαρμογές των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος) / Publisher: Α.Τζιόλας
2. Ηλεκτρικές Μηχανές- (4η Έκδοση) / Stephen J. Chapman.
3. <https://el.wikipedia.org/wiki/>
4. <http://www.econews.gr/>
5. <http://www.aegean-energy.gr/>
6. <http://www.caroto.gr/>
7. <http://www.sxelectronics.gr/>