



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή Εργασία:

Ηλεκτροκίνητα οχήματα και έξυπνο δίκτυο
(Plug-in electric vehicles and the smart grid)



Σπουδαστές: Νικόλαος Σιγάλας

ΑΜ:45255

Παναγιώτης Μιγγίρης

ΑΜ:45015

Επιβλέπων Καθηγητής: Παναγιώτης Σινιόρος

Συνεπιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Μανουσάκης

Αιγάλεω,

Μάιος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την οικογένεια και τους φίλους μας για την συνεχή υποστήριξη τους καθώς επίσης τους καθηγητές του τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών και ιδιαίτερα τον συνεπιβλέποντα αυτής της πτυχιακής τον καθηγητή κ. Νικόλαο Μανουσάκη για την συμβολή του στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Copyright © Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή έχει γνωστικό αντικείμενο τα Ηλεκτρικά Οχήματα (ΗΟ) και το πώς αυτά θα χρησιμοποιηθούν στο μέλλον στα πλαίσια του έξυπνου δικτύου. Το 1^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει τις διάφορες τοπολογίες των ηλεκτρικών οχημάτων και εξηγεί αναλυτικά τον τρόπο λειτουργίας των Υβριδικών Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΥΗΟ) και των Βυσματωτών Υβριδικών Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΒΥΗΟ). Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται εκτενής επεξήγηση των κυκλωμάτων ηλεκτρονικών ισχύος που περιλαμβάνουν τα Ηλεκτρικά Οχήματα. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η επίδραση του ΗΟ στο Έξυπνο Δίκτυο μέσα από τις λειτουργίες Όχημα προς Δίκτυο (ΟΣΔ ή Vehicle to Grid, V2G) και Δίκτυο προς Όχημα (ΔΣΟ ή Grid to Vehicle, G2V). Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 5 αναλύονται στρατηγικές για την λειτουργία Ηλεκτρικό Όχημα προς Δίκτυο (V2G) και με την συμμετοχή Φωτοβολταϊκών (PV) για μείωση της ζήτησης αιχμής σε αστικές περιοχές στα πλαίσια του Έξυπνου Δικτύου.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλεκτρικά Οχήματα, Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα, Έξυπνο Δίκτυο, Όχημα προς Δίκτυο, Δίκτυο προς Όχημα, Μπαταρίες, Υπερπυκνωτές, Κυψέλες καυσίμου

ABSTRACT

This bachelor thesis has for cognitive object the Electric Vehicles (EV) and how they will be used in the future within the smart grid. Chapter 1 includes the different topologies of electric vehicles and explains in detail how Hybrid Electric Vehicles (HEV) and Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV) operate. The second chapter provides an extensive explanation of the power electronics circuits that Electric Vehicles possess.

Chapter 3 presents the energy storage systems for the electric vehicles. Chapter 4 presents the impact of EV on the Smart Grid through Vehicle-to-Grid (V2G) and Grid-to-Vehicle (G2V) functionality. Chapter 5 then analyzes strategies for the operation of the Electric Vehicle to Grid (V2G) and the integration of Photovoltaics (PV) for the reduction of peak demand in urban areas through the Smart Grid operation.

Keywords: Electric Vehicles, Hybrid Electric Vehicles, Smart Grid, Vehicle to Grid, Grid to Vehicle, Batteries, Supercapacitors, Fuel cells

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	σελ.2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ.4
ABSTRACT.....	σελ.5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	σελ.6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	σελ.9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	σελ.10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΟΧΗΜΑ	σελ.12
1.1 Εισαγωγή.....	σελ.12
1.2 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί.....	σελ.13
1.3 Υβριδικά-Ηλεκτρικά αυτοκίνητα.....	σελ.16
1.4 Τοπολογίες Υβριδικών Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	σελ.17
1.5 ΥΗΟ τοπολογίας σειράς.....	σελ.18
1.6 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα σειράς παράλληλης τοπολογίας.....	σελ.21
1.7 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα σειράς και παράλληλης τοπολογίας.....	σελ.23
.	

1.8 Βασικά στοιχεία του βυσματωτού υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV).....σελ.28

1.9 Μέρη ενός ΒΥΗΟ.....σελ.29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ..... σελ.32

2.1 Εισαγωγή.....σελ.32

2.2 Αρχή της ηλεκτρονικής ισχύος.....σελ.36

2.3 Φορτιστές μπαταριών δύο κατευθύνσεων.....σελ.39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ..... σελ.40

3.1 Εισαγωγή.....σελ.40

3.2 Η τρέχουσα κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου.....σελ.42

3.3 Ενσωματώνοντας το ηλεκτρικό όχημα.....σελ.47

3.4 Τα ηλεκτρικά οχήματα επηρεάζουν το δίκτυο.....σελ.50

3.5 Συμβιβασμός οδηγού.....σελ.53

3.6 Έξυπνα Ηλεκτρικά Δίκτυα.....σελ.54

3.7 Κατανεμημένες πηγές ενέργειας.....σελ.57

3.8 Περιβαλλοντική προσέγγιση.....σελ.65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- Στρατηγικές για την λειτουργία Ηλεκτρικό όχημα προς Δίκτυο (V2G) και με την συμμετοχή Φωτοβολταϊκών (PV) για μείωση της ζήτησης αιχμής σε αστικές περιοχές στα πλαίσια του Έξυπνου Δικτύου..... σελ. 74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- Διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων και Υβριδικών Ηλεκτρικών Οχημάτων: Μπαταρίες, Υπερπυκνωτές και Κυψέλες καυσίμου.....σελ. 80

5.1 Εισαγωγή.....σελ.80

5.2 Περιγραφή Κυψελών καυσίμου.....σελ.87

5.3 Χαρακτηρισμός μπαταρίας.....σελ.95

5.3 Υπερπυκνωτές.....σελ.104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 -Συμπεράσματασελ.109

Βιβλιογραφία.....σελ.111

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.....	σελ.68
Πίνακας 3.2.....	σελ.70
Πίνακας 5.1.....	σελ.100
Πίνακας 5.2.....	σελ.101

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	σελ.12
Σχήμα 1.2.....	σελ.19
Σχήμα 1.3	σελ.21
Σχήμα 1.4.....	σελ.22
Σχήμα 1.5	σελ.24
Σχήμα 1.6.....	σελ.25
Σχήμα 1.7	σελ.26
Σχήμα 1.8.....	σελ.27
Σχήμα 1.9	σελ.30
Σχήμα 2.1.....	σελ.34
Σχήμα 2.2	σελ.36
Σχήμα 2.3	σελ.39
Σχήμα 3.1.....	σελ.47
Σχήμα 3.2	σελ.51
Σχήμα 3.3.....	σελ.52
Σχήμα 3.4	σελ.59
Σχήμα 3.5.....	σελ.60
Σχήμα 3.6	σελ.62

Πτυχιακή Εργασία: Ηλεκτροκίνητα οχήματα και έξυπνο δίκτυο

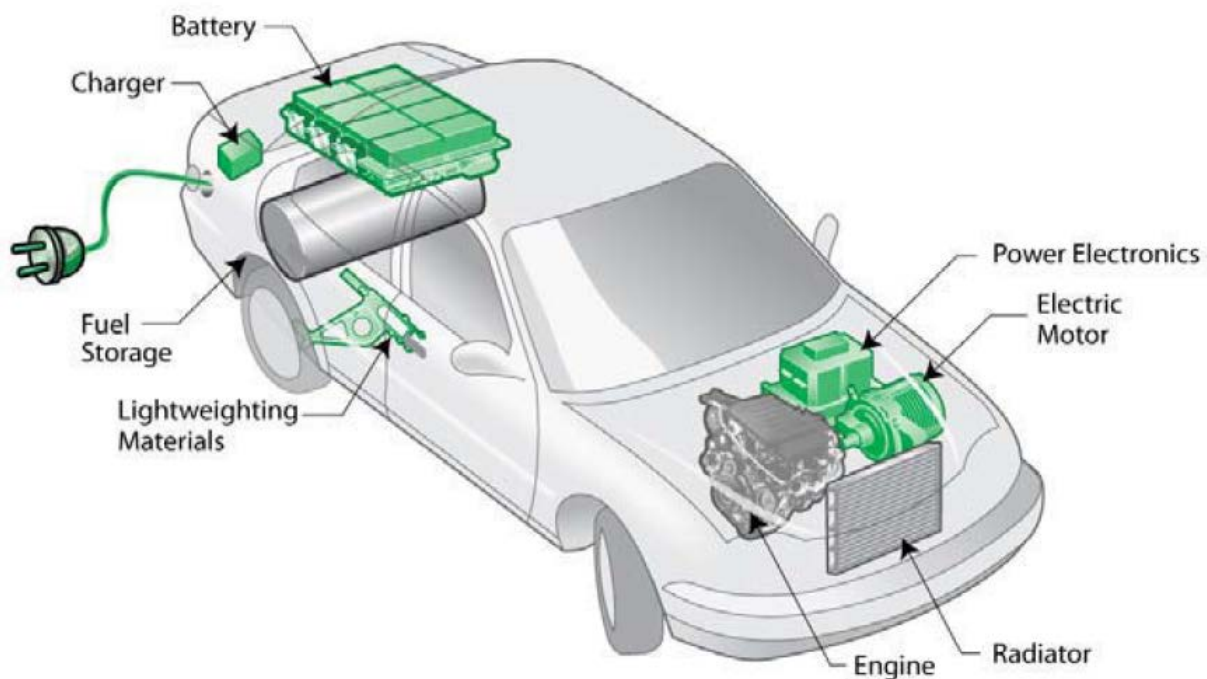
Σχήμα 3.7.....	σελ.63
Σχήμα 3.8	σελ.64
Σχήμα 3.9.....	σελ.65
Σχήμα 3.10	σελ.71
Σχήμα 3.11.....	σελ.72
Σχήμα 4.1	σελ.75
Σχήμα 4.2.....	σελ.75
Σχήμα 4.3	σελ.77
Σχήμα 4.4.....	σελ.78
Σχήμα 5.1	σελ.81
Σχήμα 5.2.....	σελ.85
Σχήμα 5.3.....	σελ.88
Σχήμα 5.4	σελ.98
Σχήμα 5.5.....	σελ.105
Σχήμα 5.6	σελ.108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΟΧΗΜΑ

1.1 Εισαγωγή

Το Ηλεκτρικό Όχημα (Electric Vehicle ή EV ή ΗΟ) χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών. Τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).



Σχήμα 1.1 Ηλεκτρικό Όχημα (Electric Vehicle ή EV ή ΗΟ)

Αντιθέτως, τα οχήματα που χρησιμοποιούν και τα δύο (ηλεκτρικές μηχανές και ΜΕΚ) καλούνται **υβριδικά οχήματα** και συνήθως δεν θεωρούνται καθαρά ΗΟ. Τα οχήματα με τις μπαταρίες που μπορούν να φορτιστούν και να χρησιμοποιηθούν χωρίς ΜΕΚ καλούνται «βυσματωτά» ηλεκτρικά οχήματα, και είναι καθαρά ΗΟ, ενώ δεν καταναλώνουν καύσιμα.

Τα ΗΟ είναι συνήθως αυτοκίνητα, ελαφριά φορτηγά, ποδήλατα, ηλεκτρικά μηχανικά δίκυκλα, μικρά οχήματα γκολφ, ανυψωτικά (forklifts) και παρόμοια. Τα ΗΟ 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.

1.2 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

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

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 EV 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 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 EV 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.

Παρακάτω παρατίθενται τα μειονεκτήματά τους:

- 1) Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.
- 2) Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 100 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 (Tesla Model S: 430 χλμ). 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

Ιστορικά, η περιορισμένη διάδοση των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων έχει αποδοθεί στα παραπάνω μειονεκτήματα. Επιπλέον, έχουν υπάρξει βάσιμες ενδείξεις ότι οι μεγάλες πετρελαϊκές εταιρίες έχουν, κατά καιρούς, υπονομεύσει τις προσπάθειες παραγωγής αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, λόγω του φόβου ότι η συνεπακόλουθη απεξάρτηση από το πετρέλαιο θα έθιγε τα συμφέροντά τους.

Το πλέον τρανταχτό ιστορικό παράδειγμα είναι το General Motors EV1, που είχε κατασκευάσει σε 1.117 αντίτυπα η General Motors από τον Δεκέμβριο του 1996 έως το 1999 και τελικώς κατέληξε σε μαζική ανάκληση και διάλυση στην πρέσα.[8][9][10] Η ίδια η General Motors μάλιστα, έχει κατηγορηθεί ότι σκόπιμα αυτο-υπονόμευε τότε το EV1, λόγω των πιέσεων που είχε δεχτεί από τις μεγάλες πετρελαϊκές εταιρίες, κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του πρότζεκτ.

Τα τελευταία χρόνια πάντως, έχει διατεθεί ένας μικρός αριθμός μοντέλων παραγωγής, όπως το σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster, το Tesla Model S, το Nissan Leaf και τα τρίδυμα Mitsubishi i MiEV / Peugeot iOn / Citroën C-Zero, και έχει αναγγελθεί η παραγωγή αρκετών μελλοντικών μοντέλων, όπως το Tesla Model X και το Tesla Model III που κυκλοφόρησαν στα τέλη του 2015 και 2017.

Ακόμα και σήμερα ωστόσο, τα περισσότερα εξακολουθούν να είναι πρωτότυπα, ενώ ορισμένα επίσης, έχουν διατεθεί σε περιορισμένα αντίτυπα και όχι στο ευρύ κοινό. Πρόσφατο παράδειγμα ήταν η ηλεκτροκίνητη έκδοση του Subaru Stella, με μόλις 170 αντίτυπα, τα οποία πουλήθηκαν κυρίως σε εταιρείες ενοικιάσεων και κυβερνητικά στελέχη της Ιαπωνίας, από τα τέλη Ιουλίου 2009 έως τον Μάρτιο του 2010

1.3 Υβριδικά-Ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Μία επίσης ενδιαμέση εκδοχή, είναι και τα λεγόμενα Υβριδικά-Ηλεκτρικά αυτοκίνητα ή ΥΗΑ (Hybrid Electric vehicles). Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν ηλεκτρικό κινητήρα και μηχανή εσωτερικής καύσης, αλλά διαφέρουν από τα υβριδικά αυτοκίνητα στην εξής λεπτομέρεια:

- Τα υβριδικά αυτοκίνητα βασίζονται κατά κύριο λόγο στην μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), ενώ η ηλεκτρική μηχανή ενεργοποιείται μόνο σε χαμηλές ταχύτητες μέσα στην πόλη ή συμπληρωματικά με την ΜΕΚ σε έντονη επιτάχυνση, για την παροχή επιπλέον ισχύος.
- Αντίθετα, τα υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα λειτουργούν ως καθαρά ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε σύντομες διαδρομές και χρησιμοποιούν την ΜΕΚ μόνο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όταν απαιτείται αύξηση της αυτονομίας.

Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το Chevrolet Volt, που λανσαρίστηκε στις ΗΠΑ στα μέσα Δεκεμβρίου του 2010. Με τις μπαταρίες του ηλεκτροκινητήρα (ισχύος 149 hp) σε πλήρη φόρτιση, μπορεί να διανύσει έως και 40 μίλια (64 χλμ), δηλαδή επαρκή απόσταση για τις καθημερινές ανάγκες του 75% των Αμερικανών, που κατά μέσο όρο διανύει 33 μίλια (53 χλμ) την ημέρα.[12] Μετά τα 40 μίλια (64 χλμ), ένας μικρός 4-κύλινδρος κινητήρας βενζίνης 1.4 L της Opel, παράγει ηλεκτρισμό και τροφοδοτεί μία γεννήτρια (ισχύος 71 hp) η οποία δίνει στο Volt αυτονομίες πάνω από 300 μίλια (483 χλμ).

1.4 Τοπολογίες Υβριδικών Ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Το HEV είναι ένας συνδυασμός ενός συμβατικού οχήματος με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και ενός ηλεκτρικού οχήματος. Χρησιμοποιεί και τα δύο ένα ICE και έναν ηλεκτροκινητήρα / γεννήτρια για πρόωση. Οι δύο συσκευές ισχύος, το ICE και ο ηλεκτροκινητήρας, μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα από άποψη ροής ισχύος. Όταν το ICE και ο κινητήρας συνδέονται σε σειρά, το HEV είναι ένα υβριδικό όχημα σύνδεσης σειράς που μόνο ο ηλεκτροκινητήρας παρέχει μηχανική ισχύ στους τροχούς. Όταν το ICE και ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέονται παράλληλα, το HEV είναι ένα παράλληλο υβριδικό όχημα στο οποίο τόσο ο ηλεκτροκινητήρας όσο και ο ICE μπορούν να παρέχουν μηχανική ισχύ στους τροχούς.

Σε ένα HEV, το υγρό καύσιμο εξακολουθεί να είναι η πηγή ενέργειας. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης ICE είναι ο κύριος μετατροπέας ισχύος που παρέχει όλη την ενέργεια για το όχημα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας αυξάνει την αποδοτικότητα του συστήματος και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου ανακτώντας την κινητική ενέργεια κατά την πέδηση με ανάκτηση ενέργειας και έτσι βελτιστοποιεί τη λειτουργία του ICE κατά την κανονική οδήγηση ρυθμίζοντας την ροπή και την ταχύτητα του κινητήρα. Το ICE παρέχει στο όχημα ένα εκτεταμένο εύρος χιλιομέτρων οδήγησης και ως εκ τούτου ξεπερνώνται τα μειονεκτήματα ενός καθαρού EV.

Σε ένα PHEV, εκτός από το υγρό καύσιμο που υπάρχει στο όχημα, υπάρχει και ηλεκτρισμός που αποθηκεύεται στην μπαταρία και η οποία μπορεί να φορτίσει από το ηλεκτρικό δίκτυο. Ως εκ τούτου, η χρήση των καυσίμων μπορεί να μειωθεί περαιτέρω.

Σε ένα HEV ή PHEV σειράς, ο ICE κινεί μια γεννήτρια. Ο ICE μετατρέπει την ενέργεια του υγρού καυσίμου σε μηχανική ενέργεια και η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια της εξόδου του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας θα αναλάβει να προωθήσει το όχημα. Αυτός ο ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιείται επίσης για να συλλέξει την κινητική ενέργεια κατά τη διάρκεια της πέδησης. Θα υπάρχει μια μπαταρία μεταξύ της γεννήτριας και του ηλεκτρικού κινητήρα για την μετάδοση της ηλεκτρικής

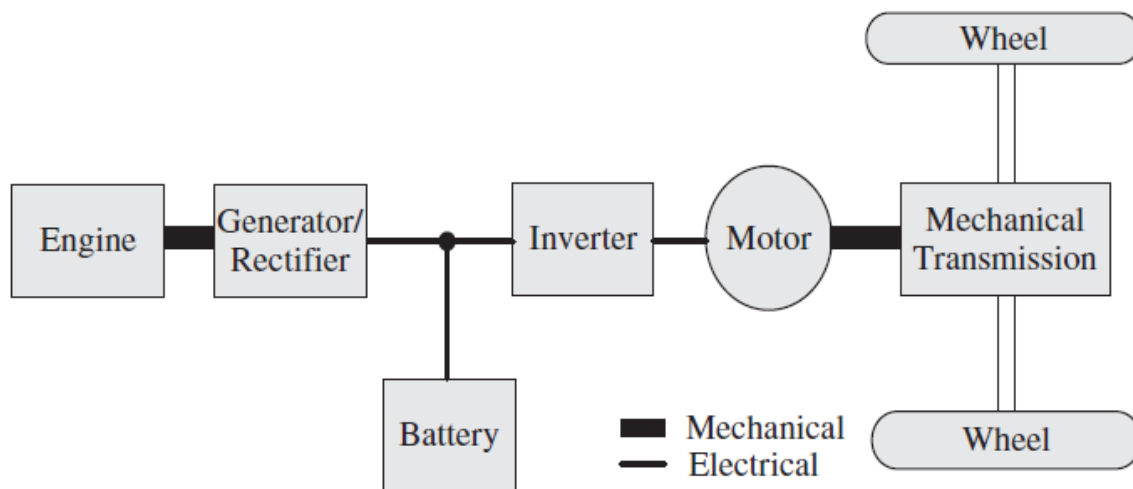
ενέργειας μεταξύ της γεννήτριας και του κινητήρα. Σε ένα παράλληλο HEV ή PHEV, τόσο ο ICE όσο και ο ηλεκτροκινητήρας είναι συζευγμένοι με τον τελικό άξονα μετάδοσης κίνησης μέσω ενός μηχανικού μηχανισμού ζεύξης, όπως του συμπλέκτη, των γρανάζι, των μάντων και των τροχαλιών. Αυτή η παράλληλη διαμόρφωση επιτρέπει τόσο στον ICE όσο και στον ηλεκτρικό κινητήρα να οδηγούν το όχημα είτε σε συνδυασμένη λειτουργία είτε ξεχωριστά. Ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται επίσης για την αναγεννητική πέδηση και για τη περισυλλογή της πλεονάζουσας ενέργειας από τον ICE κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης.

Τα ΥΗΟ και ΒΥΗΟ μπορούν επίσης να έχουν είτε τη σειριακή παράλληλη διαμόρφωση είτε μια άλλη πολύπλοκη διάταξη η οποία συνήθως περιλαμβάνει περισσότερους από έναν ηλεκτροκινητήρες. Αυτές οι διαμορφώσεις μπορούν γενικά να βελτιώσουν περαιτέρω την απόδοση και την οικονομία καυσίμου του οχήματος με το πρόσθετο κόστος των επιπλέον στοιχείων βέβαια.

1.5 ΥΗΟ τοπολογίας σειράς

Το σχήμα 1.1 δείχνει τη διαμόρφωση ενός ΥΗΟ σειράς. Σε αυτό το ΥΗΟ, η ΜΕΚ είναι ο κύριος μετατροπέας ενέργειας που μετατρέπει την αρχική ενέργεια της βενζίνης σε μηχανική ισχύ. Η μηχανική ενέργεια της έξοδού της ΜΕΚ στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια. Ο ηλεκτρικός κινητήρας κινεί τον τελικό κινητήρα χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια ή από την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια στη μπαταρία. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από την γεννήτρια ή από την μπαταρία ή και από τα δύο. Δεδομένου ότι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης δεν συνδέεται στους τροχούς, οι στροφές του μπορούν να ελέγχονται ανεξάρτητα από την ταχύτητα του οχήματος. Αυτό όχι μόνο απλοποιεί τον έλεγχο του κινητήρα, αλλά, το πιο σημαντικό, μπορεί να επιτρέψει τη λειτουργία του κινητήρα με τη βέλτιστη

ταχύτητα για την επίτευξη της βέλτιστης οικονομίας καυσίμου. Παρέχει επίσης ευελιξία στην τοποθέτηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης στο όχημα. Δεν υπάρχει ανάγκη για



Σχήμα 1.2 Η αρχιτεκτονική ενός YHO τοπολογίας σειράς

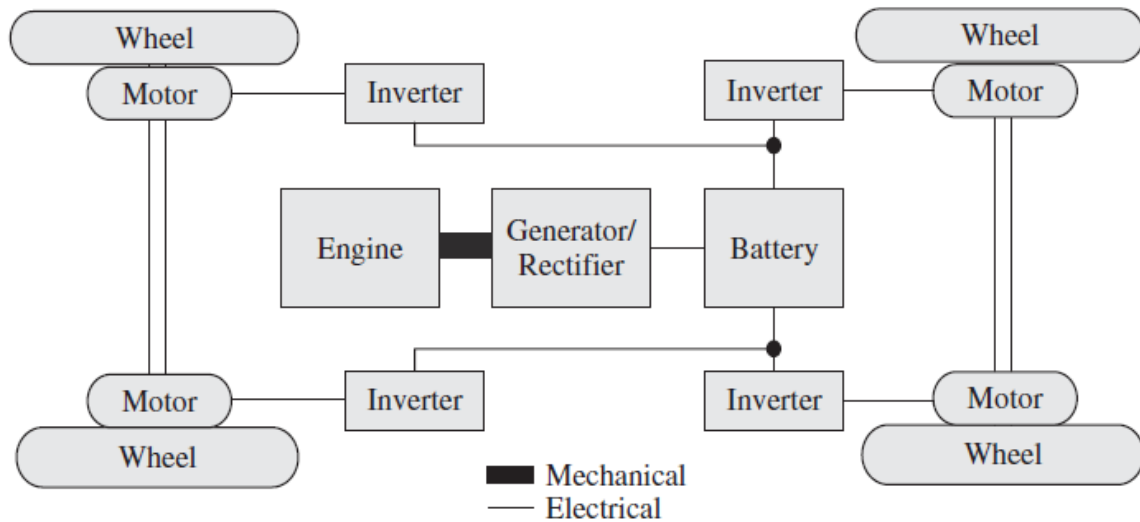
την παραδοσιακή μηχανική μετάδοση σε ένα YHO σειράς. Με βάση τις συνθήκες λειτουργίας του οχήματος, τα στοιχεία πρόωσης ενός YHO σειράς μπορούν να λειτουργούν με διαφορετικούς συνδυασμούς:

- Μπαταρία μόνο: Όταν η μπαταρία έχει αρκετή ενέργεια και η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή, το σετ αντιστροφέας / γεννήτρια απενεργοποιείται και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από την μπαταρία.
- Συνδυασμένη ισχύς: Σε υψηλές απαιτήσεις ισχύος, το σετ αντιστροφέας / γεννήτρια είναι ενεργοποιημένο και η μπαταρία τροφοδοτεί επίσης τον ηλεκτροκινητήρα.
- Κινητήρας μόνο: Κατά τη διάρκεια της διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο και σε απαιτήσεις μέτριας ισχύος, η ρύθμιση αντιστροφέα / γεννήτριας είναι

ενεργοποιημένη. Η μπαταρία δεν φορτίζεται ούτε εκφορτίζει. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας (SOC ,State of Charge ή επίπεδο φόρτισης) βρίσκεται ήδη σε υψηλό επίπεδο.

- Διαχωρισμός ισχύος: Όταν είναι ενεργοποιημένο το σετ αντιστροφέα / γεννήτριας, η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι κάτω από το σημείο βέλτιστης ισχύος λειτουργίας του σετ αντιστροφέα / γεννήτριας και το SOC της μπαταρίας είναι χαμηλό, τότε χρησιμοποιείται ένα μέρος της ισχύος του σετ για να φορτίσει την μπαταρία.
- Σταθερή φόρτιση: Η μπαταρία φορτίζεται από το σετ αντιστροφέα / γεννήτριας χωρίς το όχημα να οδηγείται.
- Αναγεννητική πέδηση: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για να μετατρέψει την κινητική ενέργεια του οχήματος σε ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση της μπαταρίας.

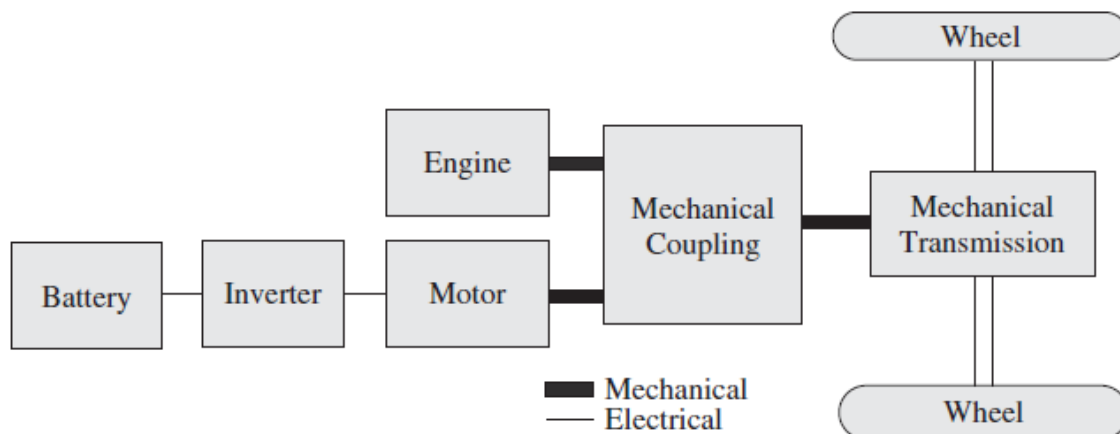
Σε ένα ΥΗΟ σειράς η χωροθέτηση όλων των υπομερών μπορεί να γίνει με τον ίδιο τρόπο που γίνεται στα συμβατικά οχήματα, δηλαδή με τον ηλεκτροκινητήρα στη θέση του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1. Αλλά διατίθενται επίσης επιλογές, όπως οι κινητήρες στους τροχούς ξεχωριστά. Σε αυτή την περίπτωση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2, υπάρχουν τέσσερις ηλεκτροκινητήρες, ο καθένας τοποθετημένος μέσα σε κάθε τροχό. Λόγω της εξάλειψης της μετάδοσης κίνησης, η απόδοση του συστήματος του οχήματος μπορεί να είναι αυξηθεί σημαντικά. Το όχημα θα έχει επίσης δυνατότητα τετρακίνησης. Ωστόσο, το να ελεγχθούν οι τέσσερις ηλεκτροκινητήρες ξεχωριστά είναι αρκετά δύσκολο.



Σχήμα 1.3 Η τοπολογία ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος (ΥΗΟ) σειράς

1.6 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα Παράλληλης Τοπολογίας

Το σχήμα 1.3 δείχνει τη διαμόρφωση ενός παράλληλου υβριδικού οχήματος. Σε αυτή τη διαμόρφωση, η ΜΕΚ και ο ηλεκτροκινητήρας μπορούν και οι δυο παράλληλα να παραδώσουν ισχύ στους τροχούς. Η ΜΕΚ και το ηλεκτρικό μοτέρ συνδέονται με την τελική μετάδοση κίνησης μέσω ενός μηχανισμού όπως ο συμπλέκτης, οι ιμάντες, οι τροχαλίες και τα γρανάζια. Τόσο η ΜΕΚ όσο και ο ηλεκτροκινητήρας μπορούν να τροφοδοτήσουν τον τελικό κινητήρα σε συνδυασμένη λειτουργία, ή κάθε ένας ξεχωριστά. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γεννήτρια και έτσι το



Σχήμα 1.4 Η τοπολογία ενός παράλληλου υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος (ΥΗΟ)

ΥΗΟ να ανακτήσει την κινητική ενέργεια κατά τη διάρκεια της πέδησης ή να απορροφήσει ένα μέρος της ισχύος από την ΜΕΚ.

Το παράλληλο υβριδικό όχημα χρειάζεται μόνο δύο μηχανές πρόωσης, την ΜΕΚ και τον ηλεκτροκινητήρα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ακόλουθες λειτουργίες:

- Λειτουργία μόνο ηλεκτροκινητήρα: Όταν η μπαταρία έχει επαρκή ενέργεια και η ισχύς του οχήματος η ζήτηση είναι χαμηλή, τότε ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι απενεργοποιημένος και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από τον ηλεκτροκινητήρα και την μπαταρία.
- Συνδυασμένη λειτουργία τροφοδοσίας: όταν έχουμε υψηλή ζήτηση ισχύος, ο κινητήρας είναι ενεργοποιημένος και ο ηλεκτροκινητήρας τροφοδοτεί επίσης τους τροχούς.
- Λειτουργία μόνο του κινητήρα εσωτερικής καύσης: Κατά τη διάρκεια της διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο και σε απαιτήσεις μέτριας ισχύος, ο κινητήρας παρέχει όλη την ισχύ που απαιτείται για την οδήγηση του οχήματος. Ο ηλεκτροκινητήρας παραμένει αδρανής.

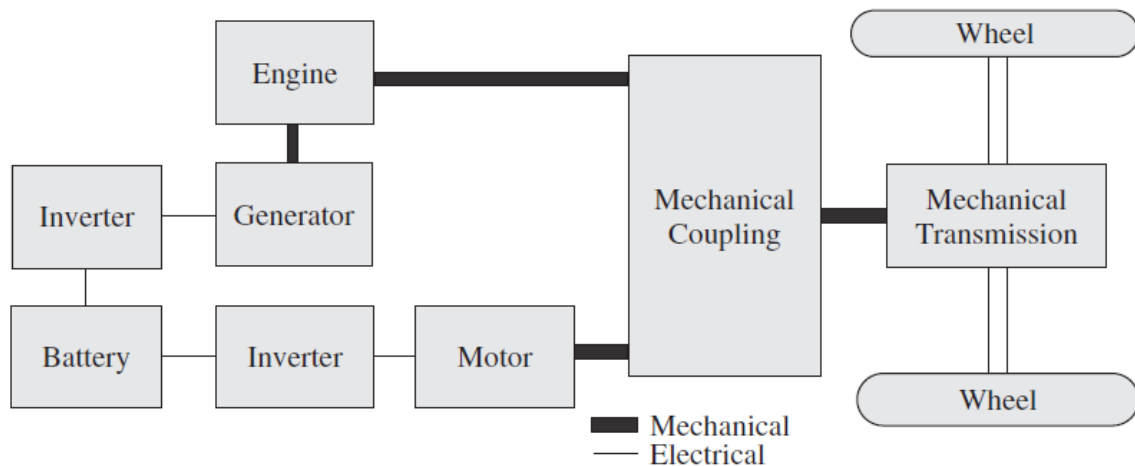
Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η φόρτιση (SOC) της μπαταρίας είναι ήδη σε υψηλό επίπεδο, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος εμποδίζει την απενεργοποίηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης ή μπορεί να μην είναι αποτελεσματικό να απενεργοποιηθεί ο κινητήρας.

- Τρόπος διανομής ισχύος: Όταν ο κινητήρας είναι ενεργοποιημένος, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή και η φόρτιση (SOC) της μπαταρίας είναι επίσης χαμηλή, τότε ένα τμήμα της ισχύος του κινητήρα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια από τον κινητήρα για τη φόρτιση της μπαταρίας.
- Σταθερός τρόπος φόρτισης: Η μπαταρία φορτίζεται με τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα ως γεννήτρια και οδηγείται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, χωρίς να οδηγείται το όχημα.
- Λειτουργία αναγεννητικής πέδησης: Ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για μετατροπή της κινητικής ενέργειας του οχήματος σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποθήκευση της στην μπαταρία. Να σημειωθεί ότι, σε κατάσταση αναγεννητικής πέδησης, είναι δυνατή η λειτουργία του κινητήρα εσωτερικής καύσης στο να παρέχει πρόσθετο ρεύμα για να φορτίζει πιο γρήγορα την μπαταρία (ενώ ο ηλεκτροκινητήρας είναι σε λειτουργία γεννήτριας) και να διοχετεύει ανάλογα τη ροπή του, δηλαδή να ταιριάζει την συνολική ισχύ εισόδου της μπαταρίας. Σε αυτή την περίπτωση, οι ελεγκτές του κινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα πρέπει να είναι σωστά συντονισμένοι.

1.7 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα σειράς και παράλληλης τοπολογίας

Το υβριδικό ηλεκτρικό όχημα σειράς και παράλληλης τοπολογίας που φαίνεται στο Σχήμα 1.4 ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά τόσο των ηλεκτρικών οχημάτων σειράς όσο και των παράλληλων ηλεκτρικών οχημάτων. Ως εκ τούτου, μπορεί να λειτουργήσει σε

τοπολογία σειράς ή σε παράλληλη τοπολογία. Σε σύγκριση με ένα όχημα σειράς, το όχημα παράλληλης και σειράς τοπολογίας προσθέτει μια μηχανική σύνδεση μεταξύ του κινητήρα εσωτερικής καύσης και του τελικού σημείου κίνησης, έτσι ώστε ο κινητήρας να μπορεί να κινεί απευθείας τους τροχούς. Σε σύγκριση με ένα παράλληλο ΥΗΟ, τα οχήματα παράλληλης και τοπολογίας σειράς προσθέτουν ένα δεύτερο ηλεκτρικό μοτέρ που χρησιμεύει κυρίως ως γεννήτρια.



Εικόνα 1.5 Οι τοπολογίες ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος σειράς και παράλληλης τοπολογίας

Επειδή ένα όχημα παράλληλης και τοπολογίας σειράς μπορεί να λειτουργήσει τόσο σε παράλληλη όσο και σε σειριακή λειτουργία, το καύσιμο η αποδοτικότητα και η οδηγική ικανότητα μπορούν να βελτιστοποιηθούν με βάση την κατάσταση λειτουργίας του οχήματος. Ο αυξημένος βαθμός ελευθερίας στον έλεγχο καθιστά τα οχήματα αυτά μια δημοφιλή επιλογή. Ωστόσο, λόγω των αυξημένων συνιστωσών και της πολυπλοκότητας, είναι γενικά πιο ακριβό από τα οχήματα παράλληλης τοπολογίας ή τα οχήματα τοπολογίας σειράς

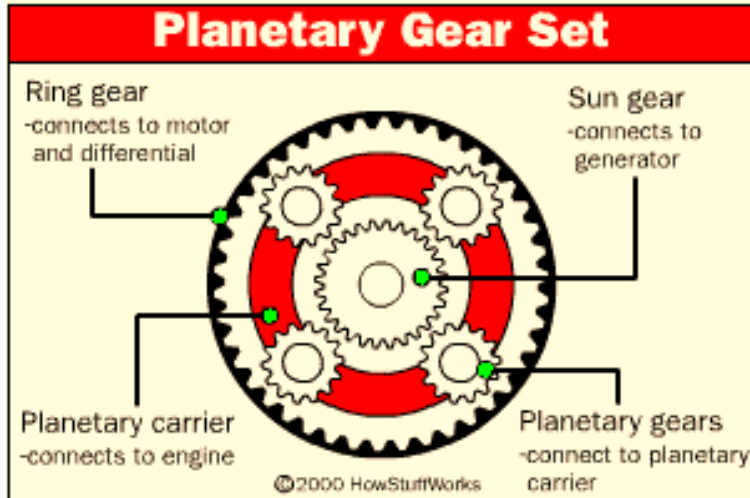
Παράδειγμα: Το Toyota Prius

Η Toyota δημιούργησε το πρώτο μοντέλο υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος στον κόσμο που κυκλοφόρησε στην αγορά το 1997, το Prius, που φαίνεται στο σχήμα 1.5. Οι παγκόσμιες πωλήσεις του Prius ξεπέρασαν τα 1 εκατομμύριο οχήματα το 2009.



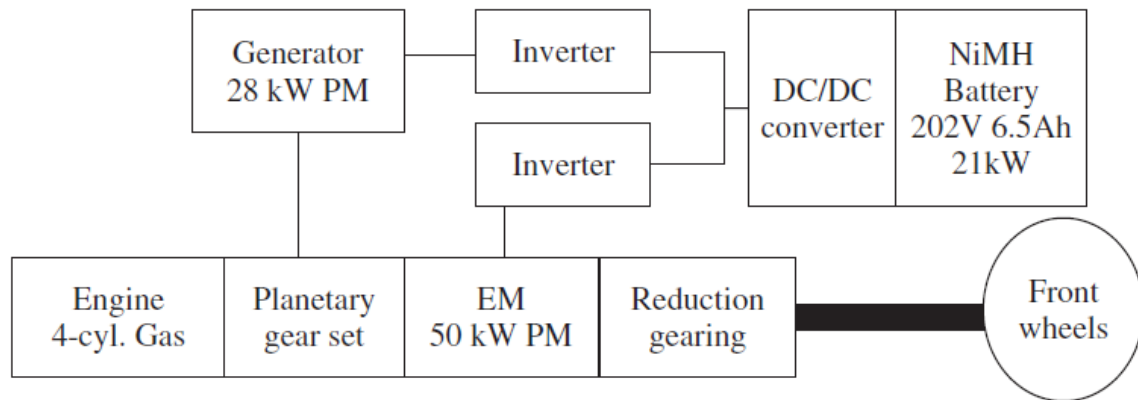
Σχήμα 1.6 Το Toyota Prius

Χρησιμοποιεί ένα πλανητικό σύστημα γραναζιών για να πραγματοποιήσει συνεχή μεταβλητή μετάδοση. Επομένως, η συμβατική μετάδοση δεν χρειάζεται σε αυτό το σύστημα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6, ο κινητήρας καυσίμου συνδέεται με το φορέα του πλανητικού γραναζιού ενώ η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη στον ήλιο (sun gear).



Σχήμα 1.7 Πλανητικό σύστημα γραναζιών

Η μονάδα κατανομής ισχύος είναι ένα έξυπνο κιβώτιο ταχυτήτων που ενώνει τον κινητήρα καυσίμου, την γεννήτρια και τον ηλεκτροκινητήρα μαζί. Επιτρέπει στο υβριδικό όχημα να λειτουργεί σαν ένα παράλληλο υβριδικό όχημα – ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να τροφοδοτήσει το αυτοκίνητο από μόνος του όπως και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης αλλά μπορούν επίσης να κινήσουν το αυτοκίνητο συνεργαζόμενοι. Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη με το σετ γραναζιών του ηλίου και ο κινητήρας με τον φορέα των πλανητών. Η ταχύτητα της στεφάνης εξαρτάται από τις τρεις παραμέτρους (πλανήτες ,φορέα πλανητών ,ήλιος) και έτσι όλες οι μηχανές επί του οχήματος συνεργάζονται αρμονικά για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας και ροπής εξόδου.



Σχήμα 1.8 Η διάταξη του κινητήρα της Toyota Prius (EM-PM, Ηλεκτρική μηχανή- Μόνιμου Μαγνήτη)

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.7 με την διάταξη του κινητήρα της Toyota Prius οι συστοιχίες των μπαταριών νικελίου χωρητικότητας 6,5 Ah, 21kW φορτίζονται από τη γεννήτρια κατά τη διάρκεια που το όχημα κινείται χωρίς να χρειάζεται μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς και από τον κινητήρα πρόωσης σε κατάσταση λειτουργίας γεννήτριας κατά τη διάρκεια της αναγεννητικής πέδησης με ανάκτηση ενέργειας. Ο κινητήρας σβήνει κατά την οδήγηση σε χαμηλή ταχύτητα. Η ίδια τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε στο υβριδικό όχημα του οίκου Camry, του οίκου Highlander και από τα υβριδικά οχήματα του οίκου Lexus. Ωστόσο, τα υβριδικά οχήματα των Highlander και της Lexus προσθέτουν ένα τρίτο μοτέρ στον πίσω τροχό. Έτσι η απόδοση της μετάδοσης της κίνησης, όπως για επιτάχυνση και πέδηση, μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω.

1.8 Βασικά στοιχεία του βυσματωτού υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Γιατί βυσματωτά ΥΗΟ;

Το βυσματωτό ΥΗΟ, όπως υποδηλώνει το όνομα, διαφέρει από το ΥΗΟ μόνο από το γεγονός ότι του επιτρέπει στο χρήστη να συνδέσει ένα καλώδιο από το όχημα σε μια ηλεκτρική πρίζα οικιακής χρήσης στο σπίτι ή αλλού για τη φόρτιση της μπαταρίας του οχήματος. Για να επεκταθεί η ευελιξία του συστήματος, είναι επίσης δυνατή η χρήση του κινητήρα και/ή του συστήματος μπαταρίας στο όχημα για την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος και την τροφοδοσία του στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου ότι το plug-in επιτρέπει μια αυξημένη ποσότητα της εξωτερικής ενέργειας για χρήση στο σύστημα για την οδήγηση του οχήματος, είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί μια μεγαλύτερη μπαταρία απ' ό,τι σε ένα κανονικό ΥΗΟ. Μια μεγαλύτερη μπαταρία δεν αποτελεί απαραίτητο μέρος του ΒΥΗΟ, αλλά έχοντας μια σίγουρα ωφελεί στην οικονομία του καυσίμου και επίσης αυξάνει την εμβέλεια του οχήματος όταν φορτιστεί πλήρως. Στα ΥΗΟ, η χρήση μιας πολύ μεγαλύτερης μπαταρίας μπορεί να μην είναι απαραίτητως η βέλτιστη επιλογή όσον αφορά το σχεδιασμό, καθώς η ΜΕΚ είναι πάντα ικανός να δώσει ενέργεια, όταν η μπαταρία πρέπει να φορτιστεί. Οι άνθρωποι μερικές φορές πιστεύουν ότι μια μεγάλη μπαταρία είναι υποχρεωτική για ένα ΒΥΗΟ, κάτι που μπορεί να μην συμβαίνει. Πόσο μεγάλη μπορεί να είναι η μπαταρία εξαρτάται από τον διαθέσιμο χώρο στο όχημα. Εάν το μέγεθος της μπαταρίας είναι μικρό, τότε τα οφέλη από το ΒΥΗΟ θα είναι σχετικά λιγότερα, ενώ αν το μέγεθος είναι πολύ μεγάλο τότε μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή και θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για να επαναφορτιστεί από το σύστημα κοινής ωφέλειας. Να σημειωθεί επίσης ότι ένα οικιακό ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να έχει ορισμένους περιορισμούς ως προς το πόσο ρεύμα μπορεί να παρέχει κατά τη φόρτιση ενός συστήματος μπαταρίας, επομένως απαιτούνται

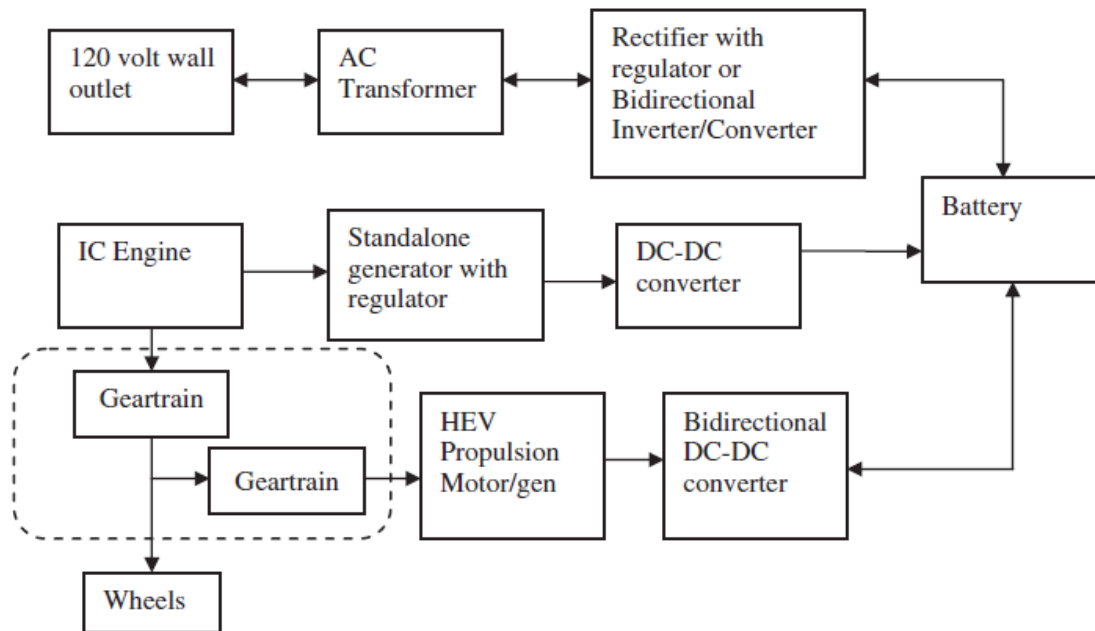
ορισμένες διασφαλίσεις για την προσθήκη αυτή. Επειδή το κόστος της ενέργειας από τις υπηρεσίες κοινής ωφελείας επί του παρόντος είναι πολύ χαμηλότερο από την τιμή της βενζίνης, αυτό κάνει την χρησιμοποίηση του ΒΥΗΟ οικονομικά συμφέρουσα, όπου είναι δυνατόν.

1.9 Μέρη ενός ΒΥΗΟ

Το ίδιο σχήμα όπως πριν, δηλαδή το Σχήμα 1.3, ισχύει και για ένα ΒΥΗΟ. Η μόνη διαφορά είναι ότι τώρα υπάρχει μια επιπλέον υποδοχή σύνδεσης στο όχημα, από όπου μπορεί να τραβηχτεί μια παροχή και έτσι το όχημα να συνδέεται στην πρίζα του δικτύου που υπάρχει στον τοίχο του σπιτιού. Προφανώς, όταν το όχημα είναι συνδεδεμένο σε μια πρίζα του δικτύου, ο ηλεκτροκινητήρας πρόωσης του δεν είναι απαραίτητος και ούτε είναι και η ΜΕΚ, όσον αφορά την περιστροφή των τροχών. Ωστόσο, το όχημα μπορεί να χρειαστεί να τροφοδοτήσει επιπλέον βοηθητικά φορτία (συνήθως φορτία χαμηλής τάσης στα 12 V), το κλιματιστικό (μπορεί επίσης να είναι χαμηλής τάσης), ή τη θέρμανση και μερικά φώτα. Ως εκ τούτου, είναι σκόπιμο να τροφοδοτηθούν τα φορτία αυτά σε χαμηλή τάση.

Εάν είναι απαραίτητη η γρήγορη φόρτιση της μπαταρίας, θα πρέπει επίσης να λειτουργήσει και η ΜΕΚ και να χρησιμοποιήσει ο ηλεκτροκινητήρας πρόωσης ως γεννήτρια εκτός εάν υπάρχει ξεχωριστή γεννήτρια για αυτό το σκοπό. Ανάλογα με το σχήμα που χρησιμοποιείται, απαιτούνται αλλαγές στο σύστημα γραναζιών. Ακόμη και αν και η όλη διαδικασία διασύνδεσης μεταξύ του δικτύου και του συστήματος ΒΥΗΟ είναι απλή σαν αρχή, υπάρχουν αρκετές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως είναι προφανές από την αρχιτεκτονική για ένα τέτοιο όχημα που φαίνεται στο σχήμα 1.8. Από το Σχήμα 1.8 φαίνεται ότι για να φορτιστεί η μπαταρία, μια αγωγίμη

σύνδεση πηγαίνει κατευθείαν από την πρίζα στην μπαταρία, μέσω μετασχηματιστή απομόνωσης και ανορθωτή ή συνδυασμός μετατροπέα DC-DC. Αυτή η κατάσταση σχετίζεται άμεσα με το plug-in τμήμα του συστήματος. Το κάτω μέρος του σχεδίου δείχνει ότι η διαδικασία φόρτισης γίνεται



Εικόνα 1.9 Μια πιθανή αρχιτεκτονική για το plug-in υβριδικό όχημα και τη home outlet διασύνδεση

είτε με την οδήγηση ενός αυτόνομου εναλλάκτη είτε με τη χρήση του ίδιου του μοτέρ σε λειτουργία γεννήτριας, φορτίζοντας τελικά την μπαταρία. Φυσικά, είναι κατανοητό ότι, όταν συνδεθεί το όχημα είναι ακίνητο και οι τροχοί δεν κινούνται. Ακόμα κι αν η διαδικασία που υποδεικνύεται στο κάτω μέρος του Σχήματος 1.8 δεν εμπλέκεται άμεσα με το βύσμα, μια συνολική διαδικασία διαχείρισης ενέργειας πρέπει να συντονίζει τόσο τη διαδικασία βυσμάτωσης όσο και η ΜΕΚ, δεδομένου ότι μπορεί να υπάρξει μια κατάσταση όταν είναι απαραίτητη η γρήγορη φόρτιση και τόσο το plug-in και η ΜΕΚ (σε λειτουργία γεννήτριας) πρέπει να τρέχουν ταυτόχρονα. Τέλος, είναι σημαντική η ένταξη

ενός αμφίδρομου μετατροπέα στο τμήμα σύνδεσης του σχήματος. Αυτό καλύπτει τη δυνατότητα ότι στο μέλλον οι κανονισμοί κοινής ωφέλειας μπορούν να επιτρέψουν την τροφοδοσία της ηλεκτρικής ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο από το όχημα, υποθέτοντας ότι έχει αρκετή ισχύ για να το κάνει. Αυτό το ζήτημα δεν είναι άμεσης προτεραιότητας στην αυτοκινητοβιομηχανία επί του παρόντος. Ωστόσο, η πιθανότητα μπορεί να είναι γεγονός που βοηθά το αυτοκίνητο ως γεννήτρια έκτακτης ανάγκης να τροφοδοτεί ένα σπίτι σε περίπτωση που υπάρχει διακοπή ρεύματος του δικτύου.

Σύγκριση μεταξύ ΥΗΟ και ΒΥΗΟ

Βασικά η μόνη διαφορά μεταξύ του ΥΗΟ και του ΒΥΗΟ σχετίζεται με το παραπάνω σχήμα 1.8, όπου η πρίζα τοίχου χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας. Το μέγεθος της μπαταρίας μπορεί να είναι ουσιαστικά διαφορετικό. Επιπλέον, όπως υποδείχθηκε παραπάνω, το σύστημα plug-in πρέπει να συντονίζεται σωστά με την υπόλοιπη διαδικασία φόρτισης και τη συνολική ισχύ διαχείρισης του οχήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

2.1 Εισαγωγή

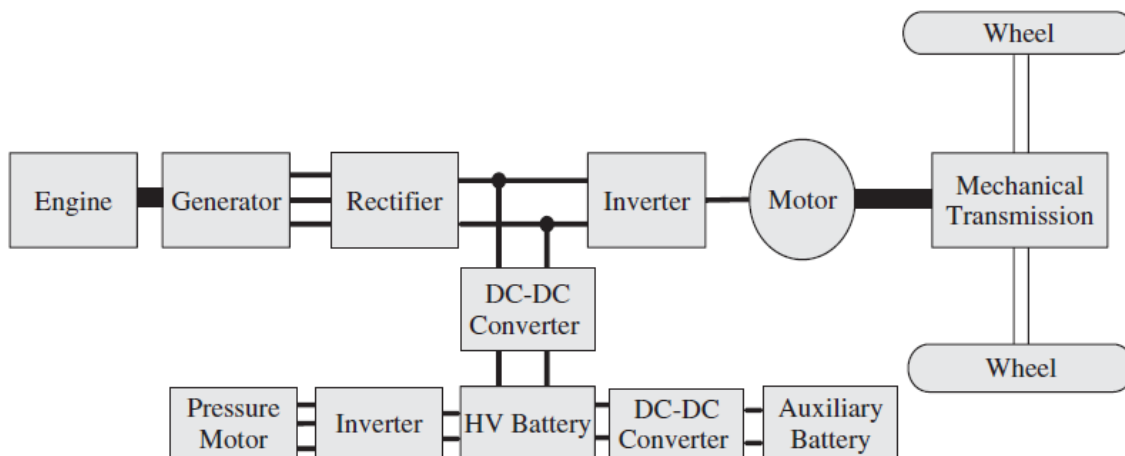
Τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι μια από τις τεχνολογίες που επιτρέπουν τη μετάβαση από τα συμβατικά βενζινοκίνητα / πετρελαιοκίνητα οχήματα σε ηλεκτρικά, υβριδικά και οχήματα κυψελών καυσίμου. Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται με τα ηλεκτρονικά ισχύος που χρησιμοποιούνται στα ΥΗΟ και στα ΒΥΗΟ. Ωστόσο, η εστίαση του κεφαλαίου αναφέρεται στις τεχνολογίες των ηλεκτρονικών ισχύος στα ΥΗΟ και ΒΥΗΟ. Για να εξηγήσουμε τους τύπους κυκλωμάτων ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούνται σε ΥΗΟ, χρησιμοποιούμε τη διαμόρφωση ενός τυπικού συστήματος κίνησης ΥΗΟ, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1. Σε αυτή τη διαμόρφωση, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης (ICE) κινεί μια σύγχρονη τριφασική γεννήτρια μόνιμου μαγνήτη, της οποίας η έξοδος είναι τριφασική τάση με μεταβλητή συχνότητα και μεταβλητή τάση. Αυτή η έξοδος πρέπει να ανορθωθεί σε τάση συνεχούς ρεύματος (DC).

Οι εμπρόσθιοι τροχοί κινούνται από έναν επαγωγικό κινητήρα ο οποίος πρέπει να ελέγχεται από έναν μετατροπέα πηγής τάσης (Voltage Source Inverter ή VSI) ή έναν μετατροπέα πηγής ρεύματος (Current Source Inverter ή CSI). Ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας είναι συνδεδεμένο στον DC ζυγό, μεταξύ της εξόδου του ανορθωτή και του μετατροπέα.

Ωστόσο, υπάρχει ένας αμφίδρομος μετατροπέας DC-DC ο οποίος διαχειρίζεται τη φόρτιση / εκφόρτιση της μπαταρίας, καθώς και τον έλεγχο της τάσης στον DC ζυγό.

Στα συμβατικά οχήματα, ο συμπιεστής κλιματισμού (A/C) κινείται από τον κινητήρα μέσω ιμάντα. Σε προηγμένα ΥΗΟ, ο κινητήρας σβήνει πολύ συχνά κατά τη διάρκεια της

λειτουργίας των πρότυπων οδήγησης stop-and-go. Για να έχετε A/C ενώ ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος, χρειάζεται ο συμπιεστής A/C να οδηγείται από έναν ηλεκτροκινητήρα που τροφοδοτείται από την υβριδική μπαταρία. Μπορεί να υπάρχει ηλεκτρική αντλία υδραυλικής πίεσης για τα υδραυλικά συστήματα του οχήματος, όπως π.χ. τα φρένα τριβής, το υδραυλικό τιμόνι και ούτω καθεξής. Ο κινητήρας A/C και ο κινητήρας του συμπιεστή είναι συνήθως κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες με μετατροπέα συχνότητας. Επιπλέον, βοηθητικά εξαρτήματα, όπως προβολείς, υαλοκαθαριστήρες, συστήματα ψυχαγωγίας, θερμαντικά καθίσματα και ούτω καθεξής, τροφοδοτούνται από την βοηθητική μπαταρία των 14V. Τα πιο προηγμένα υβριδικά οχήματα διαθέτουν πλέον εναλλάκτη, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να φορτιστεί η μπαταρία των 14V από την μπαταρία της υψηλής τάσης (HV). Από την άλλη πλευρά, ακόμα και αν υπάρχει ένας εναλλάκτης, όταν ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος, η μπαταρία 14V μπορεί ακόμα να αποφορτίσει γρήγορα χωρίς τη σωστή φόρτιση. Επομένως, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας μετατροπέας DC-DC για να φορτίσετε τη 14V μπαταρία από την υβριδική μπαταρία. Για το BYHO, υπάρχει επίσης ένας φορτιστής μπαταρίας εγκατεστημένος στο όχημα ή στο σταθμό φόρτισης.



Εικόνα 2.1 Μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούνται σε ΥΗΟ τοπολογίας σειράς

Παρόλο που υπάρχουν κοινά στοιχεία μεταξύ των μετατροπέων ισχύος που χρησιμοποιούνται στα ΥΗΟ και εκείνων που χρησιμοποιούνται σε άλλες βιομηχανικές, εμπορικές ή οικιακές εφαρμογές, υπάρχουν μερικά μοναδικά χαρακτηριστικά ειδικά για τις εφαρμογές αυτοκινήτων. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το ευρύτερο περιβάλλον θερμοκρασίας λειτουργίας (-20 έως 50 ° C), αντοχή σε δονήσεις και τραντάγματα, ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, και τη θερμική διαχείριση.

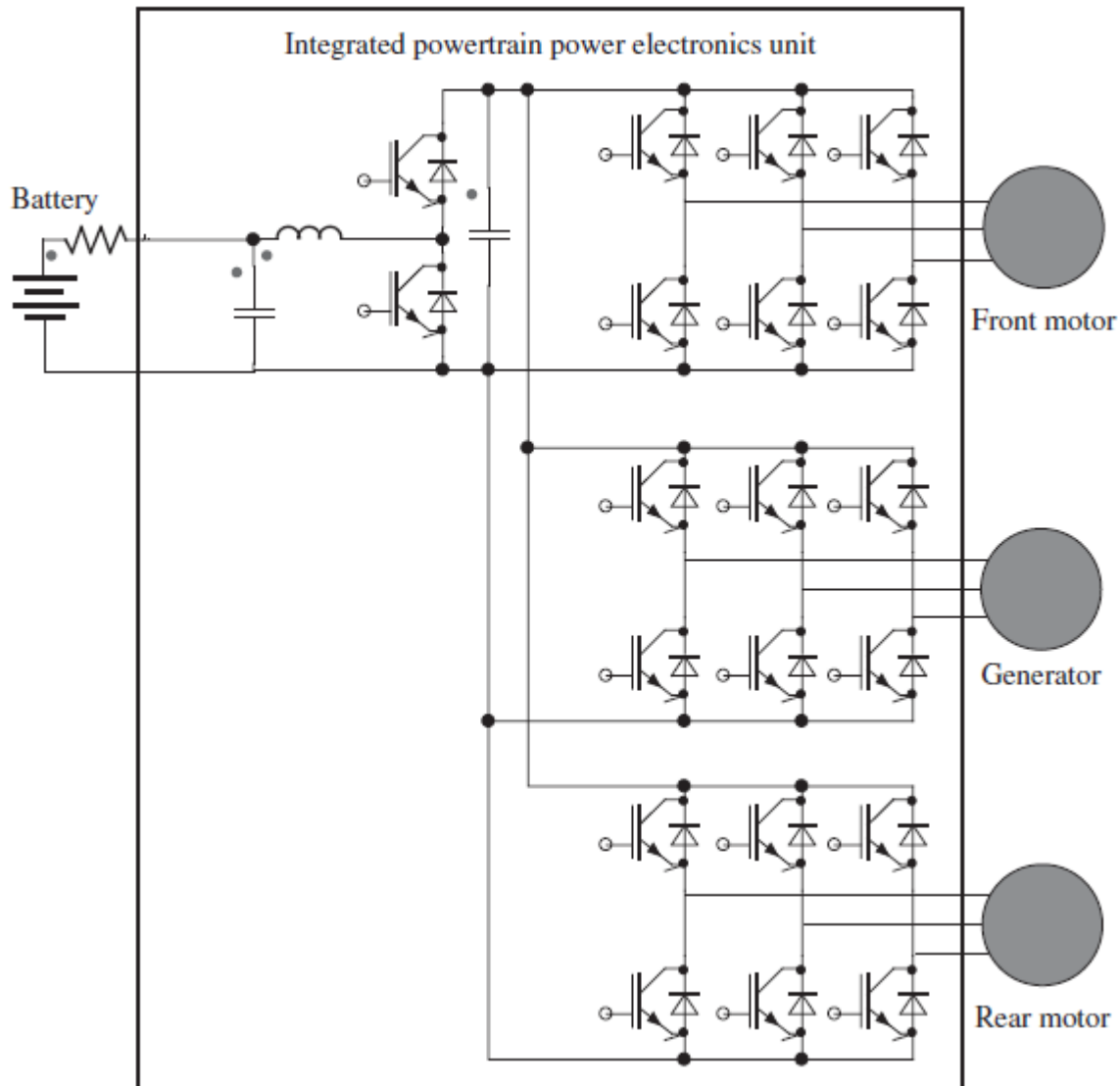
Το σχήμα 2.2 δείχνει την ενσωματωμένη κύρια ηλεκτρονική μονάδα ισχύος που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του Toyota Highlander HEV. Η ηλεκτρονική μονάδα ισχύος αποτελείται από ένα αμφίδρομο μετατροπέα DC-DC που συνδέει την υβριδική μπαταρία και τον DC ζυγό και τρία κυκλώματα οδήγησης κινητήρα που ελέγχουν τους μπροστινούς και πίσω κινητήρες/γεννήτριες.

Τα θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο σχεδιασμό κυκλωμάτων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ισχύος ΥΗΟ είναι:

- Ηλεκτρολογική σχεδίαση: Περιλαμβάνει τον σχεδιασμό του κύριου κυκλώματος μεταγωγής, σχεδιασμό των κυκλωμάτων του ελεγκτή, βελτιστοποίηση της συχνότητας μεταγωγής των διακοπτικών στοιχείων και υπολογισμός των απωλειών ισχύος.
- Σχεδιασμός αλγορίθμου ελέγχου: Περιλαμβάνει την ανάπτυξη του αλγορίθμου ελέγχου για την επίτευξη της επιθυμητής τάσης, ρεύματος και συχνότητας στην έξοδο και για την δυνατότητα να μπορεί να πραγματοποιήσει το όχημα αμφίδρομη ροή ισχύος όπως απαιτείται.
- Μαγνητική σχεδίαση: Περιλαμβάνει το σχεδιασμό των πηνίων, των μετασχηματιστών και άλλων εξαρτημάτων όπως οι πυκνωτές που χρειάζονται για το φιλτράρισμα, τη μεταγωγή των ημιαγωγών και τις μονάδες οδήγησης των κινητήρων.
- Σχεδιασμός EMC: Περιλαμβάνει την αντιμετώπιση των προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής (EMI) την ανάλυση μεταβατικών υπερτάσεων λόγω ανοιγο-κλεισίματος διακοπών στα κυκλώματα και τη διάταξη κυκλώματος που ελαχιστοποιεί την παρασιτική αυτεπαγωγή και τις παρασιτικές χωρητικότητες.
- Μηχανική και θερμική σχεδίαση: Περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση των συσκευών όπως πχ τα μαγνητικά εξαρτήματα, τα συστήματα ψύξης (ψύκτρες) έτσι ώστε να έχουν μικρές απώλειες ισχύος. Επίσης ,περιλαμβάνει τον σχεδιασμό του περιβλήματος και την χωροθέτηση των ηλεκτρονικών πλακετών μέσα στη μονάδα.

2.2 Αρχή της ηλεκτρονικής ισχύος

Σε γενικές γραμμές, τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι ένας τομέας που μελετά τους μετατροπείς ισχύος που επεξεργάζονται και ελέγχουν τη ροή ισχύος με ηλεκτρονικά μέσα. Περιλαμβάνει κυρίως τη χρήση και τον έλεγχο



Σχήμα 2.2 Η ενσωματωμένη ηλεκτρονική μονάδα ισχύος για την κίνηση που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του υβριδικού όχημα Toyota Highlander.

των ημιαγωγών ισχύος, όπως οι δίοδοι ισχύος, τα διπολικά τρανζίστορ (IGBTs) και τρανζίστορ πεδίου (MOSFETs). Ένας τυπικός μετατροπέας ισχύος θα αποτελείται από τέσσερα τμήματα: τα κυκλώματα μεταγωγής, τα κυκλώματα φιλτραρίσματος, κυκλώματα ελέγχου και ανατροφοδότησης, και μια προαιρετική διεπαφή χρήστη για την αλλαγή διαφόρων παραμέτρων:

- Τύποι μετατροπέων ισχύος: Οι μετατροπείς ισχύος ταξινομούνται κατά κανόνα ανάλογα με την είσοδο και την έξοδο τους. Δεδομένου ότι η είσοδος και η έξοδος ενός μετατροπέα ισχύος μπορεί να είναι εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) ή συνεχές ρεύμα (DC), μπορεί να υπάρχουν τέσσερις τύποι μετατροπέων ισχύος:

- Μετατροπέας DC-DC

- Μετατροπέας DC-AC

- Ανορθωτής AC-DC

- Μετατροπέας AC-AC.

Οι πρώτοι τρεις τύποι μετατροπέων ισχύος χρησιμοποιούνται όλα σε ΥΗΟ. Ο τέταρτος τύπος, AC-AC κυκλομετατροπέας, χρησιμοποιείται μόνο σε συστήματα AC-AC υψηλής ισχύος για τον έλεγχο του μεγέθους της τάσης και της συχνότητας των μεγάλων κινητήρων. Ωστόσο, η AC-AC μετατροπή που περιλαμβάνει ένα κύκλωμα AC-DC και ένα κύκλωμα DC-AC είναι πολύ συνηθισμένη. Ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα και το επίπεδο υβριδισμού, ένα ΥΗΟ μπορεί να περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους μετατροπείς ισχύος διαφορετικών τύπων.

- Κύριο κύκλωμα (διακόπτες, περιφερειακά): Το κύριο κύκλωμα αποτελείται από ημιαγωγούς ισχύος και περιφερειακά κυκλώματα. Οι διακόπτες ημιαγωγών ελέγχονται για να λειτουργούν σε μια συχνότητα που κυμαίνεται από λίγα kilohertz έως μερικές

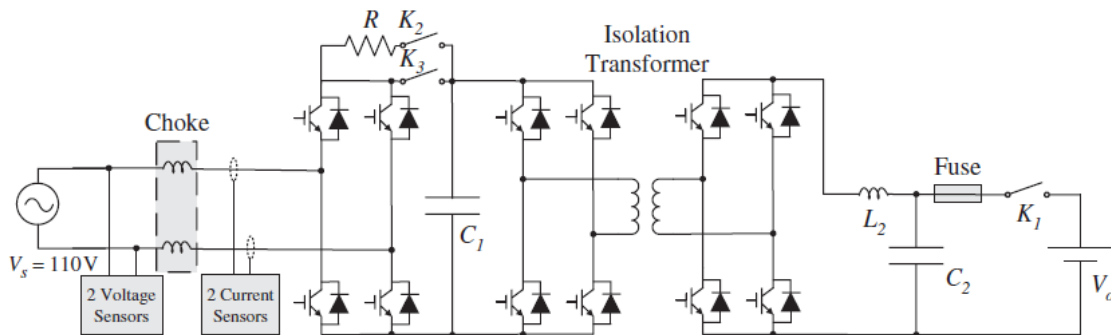
δεκάδες kilohertz για εφαρμογές ΥΗΟ. Ανάλογα με το επίπεδο τάσης των συστημάτων, τόσο τα MOSFET όσο και τα IGBT χρησιμοποιούνται σε μετατροπείς ισχύος ΥΗΟ.

- Κύκλωμα φιλτραρίσματος: Οι μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος χρησιμοποιούν συνήθως χαμηλοπερατα φίλτρα LC που φιλτράρουν τις συνιστώσες υψηλής συχνότητας της τάσης εξόδου και αφήνουν τις συνιστώσες χαμηλής συχνότητας ή τις DC συνιστώσες να περνούν στην πλευρά φορτίου.
- Κύκλωμα ελέγχου και ανάδρασης: Ο έλεγχος και η ανατροφοδότηση περιλαμβάνουν συνήθως τη χρήση μικροελεγκτών και αισθητήρων. Οι εφαρμογές του συστήματος κίνησης του ΥΗΟ συνήθως περιλαμβάνουν ανατροφοδότηση για τον έλεγχο της ροπής. Η ανατροφοδότηση του ρεύματος είναι συνήθως απαραίτητη.

2.3 Φορτιστές μπαταριών δύο κατευθύνσεων

Είναι δυνατό ένα ΒΥΗΟ να εξοπλιστεί με έναν αμφίδρομο φορτιστή. Με την αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας, η ενέργεια που αποθηκεύεται σε μια μπαταρία ΒΥΗΟ μπορεί να σταλεί πίσω στο δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής για την αντιμετώπιση των αιχμών ζήτησης του δικτύου ή για την τροφοδοσία ενέργειας στο σπίτι και στο γραφείο κατά τη διάρκεια μιας διακοπής ρεύματος.

Η απομόνωση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας στο στάδιο DC-DC σε επίπεδο υψηλών συχνοτήτων όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3 Απομόνωση με χρήση μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ

3.1 Εισαγωγή

Ο βασικός τρόπος πρόωσης του αυτοκινήτου είναι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης με καύσιμο τη βενζίνη. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 100 ετών, διάφορες κοινωνικές και διεθνείς πολιτικές και παράγοντες ώθησαν το ενδιαφέρον σε άλλες τεχνολογίες, αλλά ο βενζινοκίνητος κινητήρας εσωτερική καύσης συνέχισε να κυριαρχεί στο τοπίο του αυτοκινήτου. Ωστόσο, πρόσφατες πολιτικές εντολές έχουν δώσει νέα έμφαση στην πώληση του "οχήματος με μηδενικές εκπομπές ρύπων". Οι ανησυχίες σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και την μακροπρόθεσμη ποιότητα του αέρα οδήγησαν στην εντολή μηδενικών εκπομπών που απαιτεί αποτελεσματικά από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να πωλούν αυτοκίνητα που "παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων όλων των ειδών ρύπου υπό όλους τους πιθανούς τρόπους λειτουργίας και τις συνθήκες. Η απαίτηση αυτή αναζωογόνησε το ενδιαφέρον για ηλεκτρικά αυτοκίνητα με συσσωρευτές που πληρούν την εντολή της μηδενικής εξάτμισης.

Η παρούσα πτυχιακή εξετάζει μια νέα τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση των οικονομικών στοιχείων του ηλεκτρικού οχήματος μπαταρίας (battery electric vehicle ή EV). Θα δούμε τη νέα τεχνολογία που αναφέρεται ως όχημα σε δίκτυο (vehicle to grid), ή απλώς V2G, που έχει οφέλη πολύ πιο ευρεία από την απλή εξοικονόμηση χρημάτων με την αγορά ενός οχήματος μπαταρίας.

Το ηλεκτρικό όχημα παράγει μηδενικό καυσαέριο, αλλά ορισμένοι θεωρούν ότι η φόρτιση της μπαταρίας μέσω ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα

απλά μετακινεί το πρόβλημα από τα μεμονωμένα οχήματα σε μια κεντρική εγκατάσταση παραγωγής. Ωστόσο, πολλές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών μεταφορών είναι τέτοια ώστε ακόμη και αν τα ΗΟ αρχικά τροφοδοτούνταν από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποκλειστικά από τους σημερινούς σχετικά ρυπογόνους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής θα εξακολουθούσαν να μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σύγκριση με τα οχήματα που κινούνται με καύσιμο. Η επίδραση που έχει το κάθε όχημα μπαταρίας που βασίζεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για επαναφόρτιση των μπαταριών του είναι σημαντική για το ηλεκτρικό δίκτυο. Κάθε όχημα με μπαταρία αυξάνει τη ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος καθώς επίσης υποστηρίζει και το σύστημα διανομής σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Ανάλογα με το σύστημα φόρτισης, ένα όχημα με μπαταρία μπορεί να αντιπροσωπεύει τριπλή ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος όση από ένα νοικοκυριό. Τότε προκύπτει το εξής ερώτημα: Μπορεί το ηλεκτρικό δίκτυο να χειριστεί την αυξημένη ζήτηση ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα που βασίζονται σε αυτό για να τα επαναφορτίσει; Το δεύτερο ερώτημα προκύπτει από το πρώτο και είναι περισσότερο το επίκεντρο της μελέτης για τη νέα τεχνολογία V2G. Πώς μπορεί το ηλεκτρικό όχημα να διευκολύνει το ηλεκτρικό δίκτυο; Υπάρχουν ορισμένες ώρες της ημέρας που θα μπορούσαν να είναι οι πλέον κατάλληλες για την αντιμετώπιση της αυξημένης ζήτησης από το ηλεκτρικό όχημα; Τέλος, τι γίνεται αν το ηλεκτρικό όχημα λειτουργούσε ως ενεργό μέλος του ηλεκτρικού δικτύου, τόσο ως σημείο ζήτησης όσο και ως σημείο παραγωγής; Μπορεί η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος να είναι η πηγή αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που αναζητούμε; Η προσέγγιση της χρήσης του ηλεκτρικού οχήματος σε συνδυασμό με το ηλεκτρικό δίκτυο είναι επαναστατική. Η παραδοσιακή ανάλυση εξετάζει και τους δύο τομείς ανεξάρτητους ο ένας από τον άλλο. Το ηλεκτρικό δίκτυο φαίνεται να βρίσκεται σε συνεχή αναζήτηση της "καθαρότερης" παραγωγής ενέργειας και του τρόπου αποθήκευσης της για την κάλυψη των χρόνων υψηλής ζήτησης. Εν τω μεταξύ, ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας αναζητεί συνεχώς έναν τρόπο να καταστούν οι "καθαρές" τεχνολογίες οικονομικά ανταγωνιστικές σε σχέση

με την παραδοσιακή μηχανή εσωτερικής καύσης. Η τεχνολογία V2G είναι ένας τρόπος να έρθουν και οι δύο αυτές επιθυμίες πιο κοντά στην πραγματικότητα.

3.2 Η τρέχουσα κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου

Τα σημερινά συστήματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζονται για την παροχή στιγμιαίας και αξιόπιστης ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές. Καθόλη τη διάρκεια του 24ωρου, όταν ένας καταναλωτής συνδέεται σε μια πρίζα, περιμένει στιγμιαία ηλεκτρική ενέργεια. Οι οργανισμοί και τα άτομα που είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση αυτής της παροχής υπηρεσιών ελέγχουν πολλά περισσότερα πράγματα από απλά το ποσό της ενέργειας που θα παράξουν οι σταθμοί παραγωγής. Ελέγχουν ένα περίπλοκο σύστημα που παρέχει σταθερή τάση σε μεγάλες αποστάσεις από έναν σταθμό παραγωγής μέσω ποικίλων γραμμών μεταφοράς και διανομής. Το παραδοσιακό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται κυρίως από μεγάλα κεντρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ικανά να παράγουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών πολλών χιλιάδων κατοικιών. Μεγάλοι σταθμοί παραγωγής άνθρακα, φυσικού αερίου και πυρηνικοί σταθμοί αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ αυτό το μοντέλο υπερέχει στην παροχή και κάλυψη των βασικών αναγκών σε ενέργεια για την πλειοψηφία των πελατών του, αποτυγχάνει σε τουλάχιστον δύο κρίσιμους τομείς: ευελιξία και αποθήκευση. Κατά κύριο λόγο, ένα σύστημα παραγωγής που αποτελείται από μερικούς μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί αυτές τις λίγες γεννήτριες σε σχεδόν ονομαστική χωρητικότητα ισχύος για να καλύψουν το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το βασικό επίπεδο ζήτησης ονομάζεται βασικό φορτίο. Στη συνέχεια ενεργοποιούνται επιπρόσθετες μικρότερες γεννήτριες προκειμένου να ανταποκριθεί το σύστημα σε χρονικές στιγμές μεγαλύτερης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί οι χρόνοι αιχμών ζήτησης είναι συνήθως συσχετισμένοι με την κανονική εργάσιμη ημέρα, με τη ζήτηση ηλεκτρισμού να ανεβαίνει,

καθώς οι άνθρωποι ξυπνούν το πρωί και καθώς φτάνουν στο σπίτι τη νύχτα, πριν μειωθούν καθώς οι άνθρωποι πηγαίνουν για ύπνο. Ενώ τα οι σταθμοί παραγωγής του βασικού φορτίου (ειδικά ο άνθρακας) μπορούν να παράγουν μεταβλητά ποσά ενέργειας το γεγονός ότι έχουν την καλύτερη οικονομική απόδοση όταν λειτουργούν συνεχώς χωρίς μεταβολές της παραγωγής τους ενθαρρύνει τη συνεχή λειτουργία τους. Επιπλέον, τεχνικά οι περιορισμοί (ειδικά στα πυρηνικά εργοστάσια) περιορίζουν την ταχεία αλλαγή της παραγωγής που απαιτείται για να ακολουθήσει τις μεταβολές του φορτίου. Ως εκ τούτου, οι περισσότερες υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν τα πλεονεκτήματα της πρόσθετης "μετακίνησης φορτίου" ή τα ευέλικτα συστήματα παραγωγής. Αυτές οι ευέλικτες μονάδες παραγωγής λειτουργούν για να υποστηρίξουν τους μεγάλους σταθμούς παραγωγής και να εξασφαλίσουν ότι το ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργεί όπως έχει προβλεφθεί. Η ζήτηση φορτίου τείνει να διαφοροποιείται καθημερινά με το φορτίο αιχμής, το οποίο αποτελεί το 8-12% του φορτίου ετησίως να εμφανίζεται μόνο για 80 σε 100 ώρες το χρόνο. Κανονικά, οι επιχειρήσεις κοινής χρησιμοποιούν αποθέματα για να υποστηρίξουν με επιπλέον ισχύ το σύστημα για την κάλυψη αυτών των επιπλέον αναγκών σε πολύ γρήγορο χρόνο.

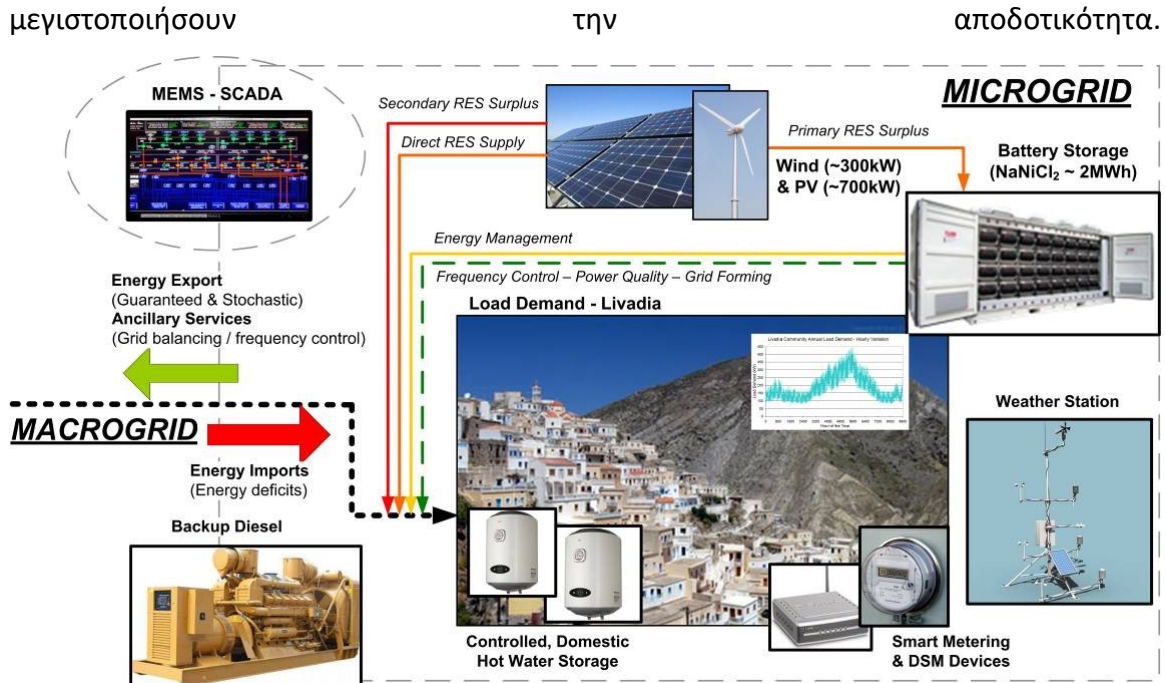
Οι καταστάσεις που απαιτούν μια προσαρμογή στη συχνότητα του δικτύου είναι αρκετά συχνές. Το σύστημα ισχύος πρέπει να εξισορροπήσει το φορτίο και την παραγωγή δηλαδή τη ζήτηση και την παροχή ενέργειας ενώ η ροή ενέργειας έχει τη μορφή πραγματικής και άεργης ισχύος. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο είναι αξιοσημείωτα απρόβλεπτη και θα μπορούσε να απαιτήσει μεγαλύτερη ρύθμιση της συχνότητας. Η συχνότητα πρέπει να διατηρείται πολύ κοντά στην ονομαστική συχνότητα της 60 Hz στην Ηνωμένες Πολιτείες ή 50Hz στην Ελλάδα και σε πολλές άλλες χώρες. Κάθε απόκλιση από αυτό απαιτεί την παρέμβαση του διαχειριστή συστήματος. Εάν η συχνότητα είναι πολύ υψηλή, αυτό σημαίνει υπάρχει πολύ μεγάλη ισχύς που παράγεται σε σχέση με το φορτίο. Επομένως, το φορτίο πρέπει να αυξηθεί ή η παραγωγή πρέπει να μειωθεί για να διατηρηθεί το σύστημα σε ισορροπία. Εάν η συχνότητα είναι πολύ χαμηλή, τότε υπάρχει υπερβολικό φορτίο στο σύστημα και η παραγωγή πρέπει να

αυξηθεί ή να μειωθεί το φορτίο. Αυτές οι προσαρμογές ονομάζονται ρύθμιση συχνότητας. Όπως θα περίμενε κάποιος, αυτή η επιπλέον παραγωγική ικανότητα που δεν χρησιμοποιείται για πολλές χρονικές περιόδους της ημέρας έχει μεγάλο οικονομικό κόστος. Πολλές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας έχουν υιοθετήσει αυξημένη τιμολόγηση για την κατανάλωση υψηλών ποσών ενέργειας σε χρόνους αιχμής. Η τιμολόγηση αυτή αποσκοπεί τόσο στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της αιχμής της ζήτησης όσο και στην αντιστάθμιση των οικονομικών διαφορών μεταξύ της λειτουργίας αυτών των γεννητριών αιχμής και των μονάδων της βασικής ζήτησης. Ο προσδιορισμός μιας αναλογίας για τη διαφορά κόστους μεταξύ κάλυψης των αιχμών μέγιστης ισχύος και των βασικών φορτίων είναι αδύνατο να υπολογιστεί δεδομένης της φύσης των δύο. **Δηλαδή, υπάρχει έμφυτο κόστος επειδή τα εργοστάσια που λειτουργούν για την ζήτηση αιχμής δεν παράγουν στο μέγιστο δυναμικό τους συνεχώς, συνεπώς παράγουν την ενέργεια με μεγαλύτερο κόστος.** Το καύσιμο που χρησιμοποιείται από αυτές τις μονάδες παραγωγής είναι πιο γρήγορης απόκρισης είναι γενικά ακριβότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται για τη βασική ζήτηση. Παρόλα αυτά, το μεγαλύτερο κόστος που συνδέεται με τα ευέλικτα εργοστάσια είναι το κόστος της μη-πλήρης αξιοποίησης τους που συνδέεται με τη μη λειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων στη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα ισχύος τους. Το δεύτερο σημαντικό πρόβλημα του ηλεκτρικού είναι η έλλειψη διαθέσιμης δυνατότητας αποθήκευσης της ενέργειας. Η λειτουργία των ευέλικτων μονάδων παραγωγής στο μέγιστο για ένα χρονικό διάστημα πριν την απενεργοποίησή τους με έναν τρόπο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος που διατίθεται στον διανομέα θα ήταν ιδανική. Ωστόσο, με ελάχιστη αποθήκευση οι ευέλικτες μονάδες θα πρέπει συνεχώς να ανταποκρίνονται κατάλληλα στις ανάγκες του συστήματος. Η αποθήκευση της ενέργειας υπήρξε εδώ και πολύ καιρό αντικείμενο έρευνας και το πώς θα επωφεληθούμε από τις χαμηλού κόστους περιόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πρόσθετος αποθηκευτικός χώρος θα γίνει επίσης πηγή για τις ανάγκες ρύθμισης της τάσης που συζητήθηκαν προηγουμένως. Η μόνη πρακτική μέθοδος για την αποθήκευση της

ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι πρότινος ήταν η αποθήκευση ενέργειας με αντλίες. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τη μετακίνηση του νερού σε ένα υψηλότερο βαρυτικό δυναμικό σε χρόνους όπου η ενέργεια είναι φθηνή και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη βαρυτική ενέργεια του νερού να το κατευθύνουμε σε γεννήτριες στις περιόδους υψηλής ζήτησης ενέργειας. Η έρευνα πλέον έχει μετατοπιστεί σε πιο προηγμένες μπαταρίες μεγάλης χωρητικότητας. Οι παραδοσιακές μπαταρίες δεν είναι οικονομικά αποδοτικές σε οποιαδήποτε κλίμακα που μπορεί να είναι χρήσιμη στην εξισορρόπηση του φορτίου και στην παραγωγή σε ένα ηλεκτρικό σύστημα. Η επιδίωξη είναι οι μπαταρίες στο εσωτερικό των ηλεκτρικών οχημάτων ως σύνολο μπαταρίες να είναι ικανές να παρέχουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τους άλλους τρόπους αποθήκευσης της ενέργειας. Δεδομένων των εξαιρετικά μεγάλων κεφαλαιουχικών επενδύσεων που απαιτούνται για την επίτευξη τεχνικών προόδων το πλέγμα, η αλλαγή είναι αργή. Ωστόσο, οι αλλαγές που πραγματοποιούνται πρόκειται να εφαρμοστούν πολλά χρόνια. Η υποδομή που χτίστηκε σήμερα θα παραμείνει σε λειτουργία για αρκετά χρόνια. Η ιδέα μιας καλύτερης υποδομής δικτύου έρχεται με την βοήθεια του διαδικτύου και γενικά στο μελλοντικό έξυπνο δίκτυο (Smart Grid).

Η πρόοδος της επικοινωνίας σε όλο το δίκτυο διανομής είναι αυτή που έχει δημιουργήσει το "έξυπνο δίκτυο". Ο ορισμός ενός "έξυπνου δικτύου" είναι πολύπλευρος, αλλά στο πλαίσιο αυτό η νέα υποδομή επιτρέπει επικοινωνία από κάποιον διαχειριστή βοηθητικών εφαρμογών (head utility) σε διάφορες κατανεμημένες οντότητες. Το υπάρχον μοντέλο για έξυπνο δίκτυο περιλαμβάνει επικοινωνία προς και από μεμονωμένους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας στην προσπάθεια για μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης της παραγωγής και για την ελαχιστοποίηση των απωλειών σε όλο το σύστημα. Το νέο πρότυπο "έξυπνου δικτύου" είναι ότι οι μετρητές επικοινωνούν με έναν διαχειριστή χρηστών κάθε 15 λεπτά περίπου για την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων μοντέλων σε ολόκληρη τη χώρα, με συστήματα ασύρματων και ενσύρματων δικτύων. Ο προηγμένος μετρητής ή

υποδομή αντικαθιστά το "μετρητή ανάγνωσης" με δίκτυα διαδικτυακής επικοινωνίας. "Παρέχοντας έξυπνες δυνατότητες παρακολούθησης και επικοινωνίας σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ένα έξυπνο δίκτυο παρέχει στις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας πολύ μεγαλύτερο έλεγχο σε όλες τις πτυχές του από την παραγωγή και τη διανομή μέχρι τη μέτρηση και τη χρέωση. Το έξυπνο δίκτυο επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία με διάφορες συσκευές στο σπίτι. Δηλαδή με την χρήση δεδομένων προγραμμάτων, ο διαχειριστής κοινής ωφελείας μπορεί να αντισταθμίσει το φορτίο στο δίκτυο σε περιόδους μεγάλης ζήτησης ρυθμίζοντας θερμοστάτες ή περιορίζοντας τη χρήση θερμοσίφωνων. Η μείωση της ζήτησης έχει τα ίδια λειτουργικά αποτελέσματα με την αύξηση της παραγωγής. Προγράμματα όπως το iThermostat της TXU Energy υπόσχονται εξοικονόμηση ενέργειας έως και 15% χάρη στη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Οι καταναλωτές εξουσιοδοτούν τον διαχειριστή για τον κύκλο λειτουργίας συγκεκριμένων συσκευών τους όπως πχ. κλιματιστικά, θερμοστάτες κατά τη διάρκεια κρίσιμων περιόδων αιχμής. Για παράδειγμα η μείωση ή η αύξηση μερικών βαθμών στην θερμοκρασία στο σπίτι για πολύ μικρό χρόνο έχουν ελάχιστη επίδραση στην προσωπική άνεση. Τέτοια προγράμματα αποδεικνύουν ότι η προηγμένη υποδομή των μετρητών για επικοινωνία μέσω του έξυπνου δικτύου είναι βιώσιμη και αποτελεσματική για να βοηθήσει τους χειριστές του δικτύου να



Σχήμα 3.1 Ένα άλλο παραδειγμα θα μπορούσε να είναι ο έλεγχος των θερμοσιφώνων στο νησι της Τήλου όπου ανάλογα με την ζήτηση του φορτίου υπάρχει η δυνατοτητα να απενεργοποιούνται οι θερμοσιφωνες σε στιγμες οπου εχουμε πολυ υψηλες αιχμες ζήτησης.

3.3 Ενσωματώνοντας το ηλεκτρικό όχημα

Με την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων να είναι πιθανή τα επόμενα χρόνια, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και οι ερευνητές έχουν αρχίσει να εξετάζουν τη δυνατότητα να ενσωματώσουν το ηλεκτρικό όχημα ως ενεργειακό πόρο με την βοήθεια του διαδικτύου ως πηγή πληροφοριών. Τα ηλεκτρικά οχήματα για μεγάλο χρονικό διάστημα χρησίμευσαν ως εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή μηχανή εσωτερικής καύσης. Η αυξημένη ρύπανση του πλανήτη από τα βενζινοκίνητα οχήματα και η ακόμα περισσότερη ρύπανση που προβλέπεται τα επόμενα χρόνια βάση της πληθυσμιακής

έκρηξης που προβλέπεται έχουν οδηγήσει σε αυξημένο ενδιαφέρον για το ηλεκτρικό όχημα (HO). Ωστόσο, είναι αυτή η εφαρμογή των ηλεκτρικών οχημάτων ως καταναμεμημένη αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας για το ηλεκτρικό δίκτυο που ενθουσιάζει τόσο τους ερευνητές όσο και τους διαχειριστές δικτύων. Τα ηλεκτρικά οχήματα θα ενσωματωθούν στο δίκτυο μέσω ενός προγράμματος απόκρισης ζήτησης που συμβάλλει στον έλεγχο του προβλήματος της αιχμής της ζήτησης. Οι καταναμεμημένοι πόροι, οι μπαταρίες εντός των HO, θα λειτουργούν ως πηγή ενέργειας ή ως φορτίο ανάλογα με τα ενεργειακά κατάσταση του δικτύου από το βοηθητικό πρόγραμμα ως μέρος αυτής της μεγαλύτερης έξυπνης προσέγγιση της ζήτησης. Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν πελάτες να συμβάλλουν στη μείωση του ενεργειακού φορτίου κατά τη διάρκεια αιχμής της ζήτησης. Τα περισσότερα προγράμματα απόκρισης ζήτησης προσφέρουν επίσης οικονομικά κίνητρα για τη μείωση του φορτίου κατά τη διάρκεια αιχμής ζήτησης. Η ιδέα της χρήσης ενός HO ως ενεργειακό πόρο του δικτύου είναι πολύ απλή. Η τυπική λειτουργία του φόρτιση ενός οχήματος όπως θα κάνατε οποιαδήποτε άλλη συσκευή αναφέρεται ως δίκτυο σε όχημα (Grid to Vehicle ή G2V), ενώ η αντίστροφη ροή από την μπαταρία ονομάζεται όχημα σε δίκτυο (Vehicle to Grid ή V2G). Η απλούστερη λειτουργία του V2G φαντάζεται είναι για παράδειγμα ένα σπίτι παθαίνει μπλακάουτ ενώ ένα HO είναι συνδεδεμένο. Το HO, που περιέχει μια μεγάλη μπαταρία, θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως πηγή ενέργειας για το σπίτι και να καλύψει διάφορα βασικά είδη οικιακής χρήσης όπως πχ. τον φωτισμό και το ψυγείο. Υπενθυμίζοντας ότι η ηλεκτρική ενέργεια είναι η συνεχής ροή ενέργειας, η ροή από το HO μπορεί να αποστέλλεται και έξω από το σπίτι και να χρησιμοποιείται ως πόρος δικτύου σε στιγμές που δεν το χρειάζονται στο σπίτι.

Υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα ενσωμάτωσης HO που απαιτούν διαφορετικά επίπεδα τεχνολογίας, προόδου και κοινωνικούς συμβιβασμούς. Κατ' αρχάς, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να επιλέξουν να αντιμετωπίσουν το HO σαν μια συσκευή. Αυτό το σενάριο μειώνει τις δυνατότητες του HO σαν να είναι κάποια οικιακή συσκευή. Μια προσέγγιση, η οποία αντιμετωπίζει το HO ως οποιαδήποτε άλλη συσκευή, αγνοεί

τόσο το μεγαλύτερο φορτίο που προκύπτει από την φόρτιση του ΗΟ και την χωρητικότητα ισχύος της μπαταρίας μέσα στο ίδιο το όχημα. Άλλη πρακτική θα μπορούσε να είναι η "έξυπνη φόρτιση" των οχημάτων. Στο πλαίσιο της "έξυπνης φόρτισης" προκύπτει ένας μεγάλος αριθμός δυνατοτήτων. Κατά κύριο λόγο, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ενδέχεται να προγραμματίζουν να φορτίζουν τα ΗΟ σε περιόδους φθηνότερων χρεώσεων ή χαμηλότερης κάτι που κατέστη δυνατό από τα νέα πρότυπα επικοινωνίας. Μια άλλη έξυπνη δυνατότητα από την ενσωμάτωση του ΗΟ είναι ότι ο διαχειριστής απευθείας ή μέσω τρίτου, ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη φόρτιση. Σε αυτό το σενάριο, ο ιδιοκτήτης του ΗΟ παραχωρεί κάποιο έλεγχο της φόρτισης του αυτοκινήτου του. Αυτή η απώλεια έλεγχο θα απαιτεί ενός είδους συμβιβασμό από τον οδηγό, αλλά μια τέτοια προσέγγιση θα έδινε στα ΗΟ τη δυνατότητα να βοηθήσουν στη ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου. Τέλος, η πλήρης ενσωμάτωση συνεπάγεται ότι το ΗΟ μπορεί να λειτουργήσει τόσο ως φορτίο όσο και ως γεννήτρια κατά την βούληση της υπηρεσίας κοινής ωφέλειας. Αυτή η προσέγγιση είναι το κλασικό V2G, με φόρτιση και εκφόρτιση ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες.

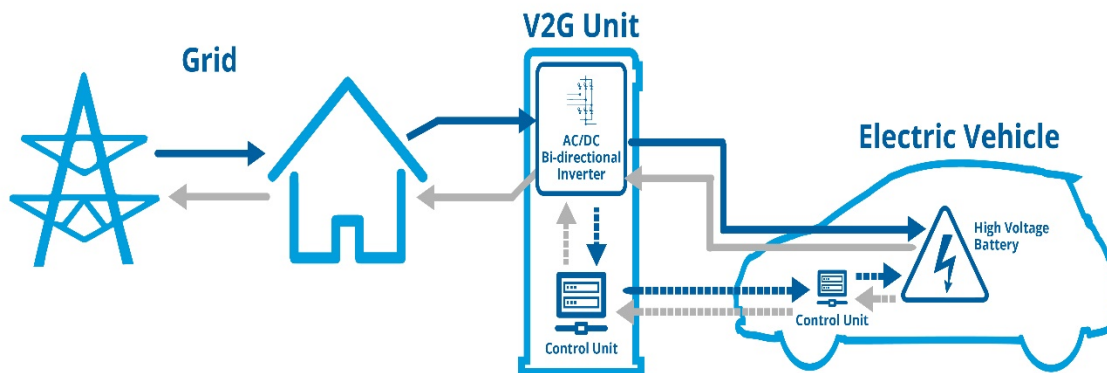
Για να μεγιστοποιηθούν οι δυνατότητες έξυπνης φόρτισης των ΗΟ, το έξυπνο δίκτυο χρειάζεται τις ακόλουθες δυνατότητες: ισχυρή, αξιόπιστη υποδομή επικοινωνίας από τον διαχειριστή έως το ΗΟ, και προγράμματα δυναμικού ελέγχου ζήτησης που είναι προσαρμοσμένα για τα ΗΟ.

Για να εξασφαλιστεί ότι τα προγράμματα δυναμικού ελέγχου ζήτησης είναι ενσωματωμένα, η υποδομή επικοινωνιών θα πρέπει να λειτουργεί πλήρως. Ένα έξυπνο δίκτυο είναι το κλειδί για την "έξυπνη" φόρτιση των ΗΟ, παρέχοντας την δυνατότητα για τον έλεγχο που απαιτείται για την προστασία των θεμελιωδών μονάδων του δικτύου διανομής, όπως οι μετασχηματιστές, ώστε να μην υπερφορτωθούν από τα ΗΟ και μάλιστα να τους βοηθήσει ακόμα περισσότερο καθώς τα ΗΟ θα λειτουργούν βοηθητικά καλύπτοντας ένα μέρος του φορτίου. Έτσι εξασφαλίζεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα

χρησιμοποιείται πιο αποτελεσματικά. Με ένα έξυπνο δίκτυο, τα βοηθητικά προγράμματα μπορούν να διαχειριστούν πότε και πώς γίνεται η φόρτιση των ΗΟ κατά την τήρηση των προτιμήσεων των πελατών, έπειτα από συλλογή δεδομένων συγκεκριμένο μετρητών σε ΗΟ. Οι υποδομές προηγμένης μέτρησης είναι συστήματα έξυπνων μετρητών, δικτύων αμφίδρομης επικοινωνίας και συστήματα διαχείρισης δεδομένων που εφαρμόζονται για να επιτρέπουν τη μέτρηση και ανταλλαγή άλλων πληροφοριών μεταξύ των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας και των πελατών τους. Αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών είναι σπουδαίας χρησιμότητας. Η αξία του ΗΟ ως πηγή ενέργειας του δικτύου δεν ανήκει τόσο στην ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στην διάθεση του διαχειριστή του δικτύου, όσο την ταχεία αξιοποίηση αυτής για την κάλυψη της ζήτησης ενέργειας των ωρών αιχμής.

3.4 Τα ηλεκτρικά οχήματα επηρεάζουν το δίκτυο

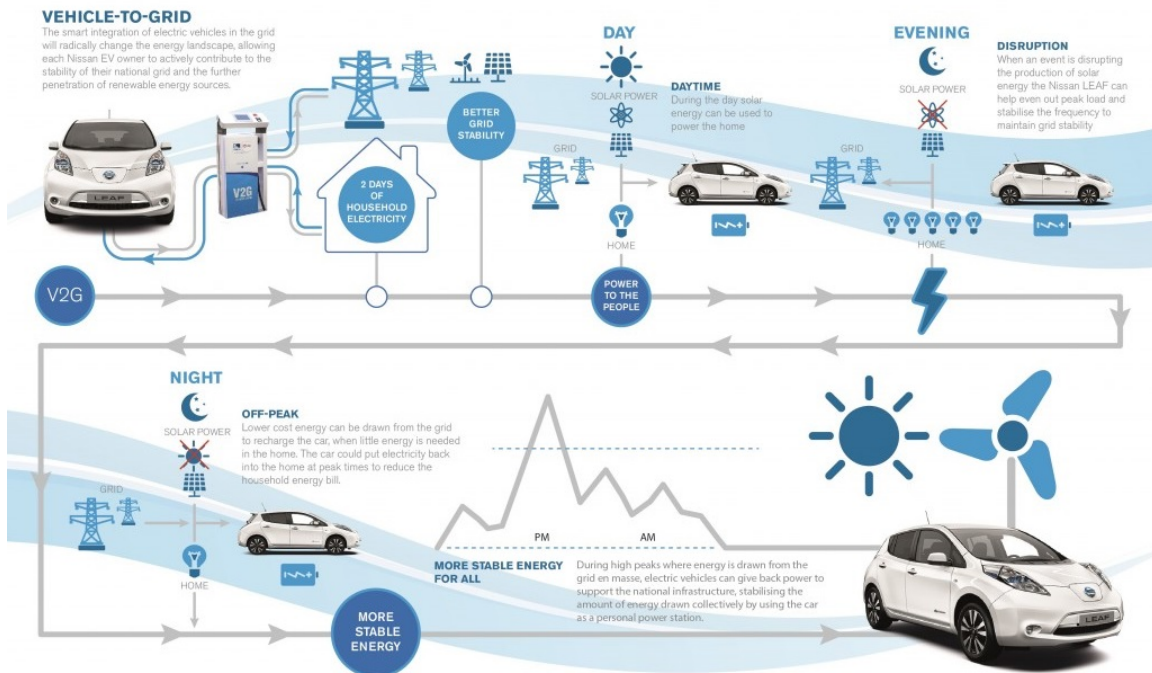
Για τα οφέλη που ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να φέρει στον διαχειριστή του δικτύου, ας εξετάσουμε το πρόβλημα αποθήκευσης ενέργειας του δικτύου που συζητήθηκε προηγουμένως. Με μια μεγαλύτερη διάταξη φθηνής αποθήκευσης ενέργειας θα βελτιωθεί το σημερινό δίκτυο, αυξάνοντας την αξιοπιστία του και μειώνοντας το κόστος του συστήματος ενέργειας. Καθώς το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύσσει περισσότερη παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ανάγκη για ηλεκτρική αποθήκευση είναι πιθανό να αυξηθεί.



Σχήμα 3.2 Η δομή των λειτουργιών Όχημα προς Δίκτυο και Δίκτυο προς Όχημα

Τα αυτοκίνητα περιέχουν αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια. Σήμερα, ότι η αποθήκευση έχει τη μορφή υγρού καυσίμου αλλά μεγάλο μέρος της βιομηχανίας, προβλέπει τη μετάβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η στροφή προς τον ηλεκτρισμό καθιστά διαθέσιμη την αποθήκευση σε μεγάλη κλίμακα με τη μορφή της μπαταρίας που περιέχεται στο ηλεκτρικό όχημα. Η ιδέα της λειτουργίας οχήματος προς δίκτυο (V2G) συνδέει δύο μεγάλα και ανεξάρτητα συστήματα – ηλεκτρικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την μεταφορά οχημάτων για πρώτη φορά. Τοποθετώντας μια μπαταρία 15 kW σε κάθε ένα από τα υπάρχοντα 191 εκατομμύρια τα αυτοκίνητα στις Ηνωμένες Πολιτείες θα δημιουργούσαν 2865 GW ισοδύναμης χωρητικότητας ηλεκτρικής ενέργειας εάν όλα τα οχήματα τροφοδοτούσαν ταυτόχρονα την παροχή ρεύματος στο δίκτυο. Επιπλέον μελέτες έχουν δείξει ότι τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται μόνο για τον σκοπό της οδήγησης τους 4% της ημέρας. Το υπόλοιπο 96% δαπανάται στο χώρο στάθμευσης.

Πτυχιακή Εργασία: Ηλεκτροκίνητα οχήματα και έξυπνο δίκτυο



Σχήμα 3.3 Η δομή των λειτουργιών Όχημα προς Δίκτυο και Δίκτυο προς Όχημα κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου.

Με την παροχή ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο, τα ηλεκτρικά οχήματα θα μπορούσαν να μετατοπίσουν τη χρήση του πετρελαίου και την άμβλυση της ρύπανσης και να λύσουν ζητήματα ασφαλείας που σχετίζονται με την εξόρυξη πετρελαίου, την εισαγωγή, και την καύση. Θα μπορούσε επίσης να βελτιώσει τις οικονομικές και τεχνικές επιδόσεις του ηλεκτρικού ρεύματος της υπηρεσίας κοινής ωφέλειας και να αποφέρει έσοδα στους ιδιοκτήτες των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων.

3.5 Συμβιβασμός οδηγού

Εάν τα ηλεκτρικά οχήματα, και σε μεγαλύτερο βαθμό το V2G, πρόκειται να γίνουν πραγματικότητα, τόσο οδηγός όσο και το δίκτυο πρέπει να κατανοήσουν τους αυξανόμενους συμβιβασμούς. "Στον πυρήνα της βιωσιμότητας του V2G είναι οι ανάγκες και επιθυμία λειτουργίας των δύο ανθρώπινων συμβαλλόμενων μερών - του οδηγού και του διαχειριστή του δικτύου. Ο οδηγός χρειάζεται αρκετή αποθηκευμένη ενέργεια επί του αυτοκινήτου (ηλεκτρική ενέργεια ή καύσιμο) για τις ανάγκες οδήγησης. Ο χειριστής του δικτύου χρειάζεται ενέργεια να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί σε συγκεκριμένες ώρες. Ο οδηγός χρειάζεται αρκετή ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο όχημα για να κάνει όποιο ταξίδι είναι απαραίτητο σε οποιαδήποτε στιγμή θέλει. Η βιωσιμότητα του V2G εξαρτάται από τη διατήρηση της ευκολίας της χρήσης στους ιδιοκτήτες των οχημάτων. Το όραμα για το V2G είναι ότι ο ιδιοκτήτης του οχήματος απλώς συνδέει το αυτοκίνητό του στο δίκτυο κάθε φορά που δεν το οδηγεί και το ΗΟ ενεργά φορτίζει και αλληλοεπιδρά με το δίκτυο. Το πιο ιδανικό θα ήταν ότι ο ιδιοκτήτης του οχήματος ασχολείται λίγο με την συμμετοχή στα προγράμματα εκτός από το να συνδέει το αυτοκίνητο στο δίκτυο όταν αυτό δεν χρησιμοποιείται. Ακόμα, ένας οδηγός χρειάζεται την ευελιξία και την ελευθερία του να οδηγεί όποτε και οπουδήποτε θελήσει. Διακοπή στα σχέδια ταξιδιού ενός οδηγού λόγω της έλλειψης φόρτισης σε όχημα που βρίσκεται σε πρόγραμμα από φορέα εκμετάλλευσης δικτύου δεν μπορεί να συμβεί.

Για να κερδίσει τη συνεργασία και αποδοχή των ανθρώπων, τα ΒΥΗΟ πρέπει πραγματικά να σχεδιαστούν έτσι ώστε οι τρόποι ζωής και οι συμπεριφορές να μην αλλοιώνονται. Το υλικό πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε οι ιδιοκτήτες των οχημάτων να μην χρειάζεται να καταβάλλουν προσπάθεια για να υπολογίσουν τους βέλτιστους χρόνους να επαναφορτίζουν τα οχήματά τους ή της πώλησης ενέργειας στο δίκτυο. Φαίνεται ότι το ΒΥΗΟ εξαλείφει οποιαδήποτε τέτοια προβλήματα δημιουργώντας έναν αλγόριθμο προσαρμοσμένο στο να κάνει μια κατάλληλη φόρτιση-παροχή ενέργειας στο δίκτυο για

κάθε ένα από τα άτομα σε μια κοινωνία. Το τι μπορεί να είναι κατάλληλο για ένα άτομο, μπορεί να μην είναι για ένα άλλο. Από την ευρεία υιοθέτηση των ΥΗΟ, η διαμόρφωση των επιμέρους αλγορίθμων φόρτισης φαίνεται να είναι ένα απόβλητο, αλλά τα plug-in υβρίδια που μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς καμία σειρά μπαταριών μπορεί να εξαλείψουν αυτή την ανάγκη. Το ΒΥΗΟ θα ήταν η ιδανική τεχνολογία για το V2G λόγω της ικανότητάς του να εξυπηρετεί τόσο τις ανάγκες του διαχειριστή του δικτύου όσο και του οδηγού. Η συχνή αλλαγή της κατάστασης φόρτισης μπορεί να προκαλέσει μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας με την πάροδο του χρόνου ή υποβάθμιση της μπαταρίας. Η υποβάθμιση της μπαταρίας είναι εξαιρετικά σημαντική για τις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και τους οδηγούς.

Εάν αποδειχθεί ότι το V2G βλάπτει τη μακροπρόθεσμη παραγωγική ικανότητα των μπαταριών, το ποιος θα χρεώνεται με το κόστος της αντικατάστασης της μπαταρίας φαίνεται πως είναι ένα πρόβλημα. Τα βοηθητικά προγράμματα που εκμεταλλεύονται την μπαταρία του αυτοκινήτου και φαίνεται ότι είναι υπεύθυνα για τη συνεχή φόρτιση και εκφόρτιση της μπαταρίας, μπορεί να επιλέξουν να προσφέρουν προγράμματα αντικατάστασης μπαταριών.

3.6 Έξυπνα Ηλεκτρικά Δίκτυα

Τα υφιστάμενα ηλεκτρικά δίκτυα, και κυρίως τα ευαίσθητα μικρά αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα των μη διασυνδεδεμένων νησιών δεν είναι σε θέση να δεχθούν διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων χωρίς την αναβάθμισή τους και την ένταξη σε αυτά ειδικών κέντρων ελέγχου και διαχείρισης των φορτίων.

Τα «ευφυή δίκτυα» είναι η αναγκαία συνθήκη ώστε αφενός να καταστεί δυνατή η διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων ειδικά σε μικρά αυτόνομα συστήματα, καθώς επίσης και η βέλτιστη ενσωμάτωση στο δίκτυο των αποκεντρωμένων ενεργειακών πηγών και

των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αφ' ετέρου η συλλογή πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά της ζήτησης, με στόχο την ενίσχυση και βελτίωση της διαχείρισης και του ελέγχου των συστημάτων αυτών. Μόνο με τα ευφυή δίκτυα θα γίνει δυνατή η γενικευμένη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων νέας γενιάς, τα οποία θα τροφοδοτούνται από ΑΠΕ και θα επικοινωνούν με το δίκτυο ώστε η αποθήκευση της ενέργειας στους συσσωρευτές να γίνεται εκτός αιχμής, ή/και ώστε οι συσσωρευτές να λειτουργούν προς την αντίθετη κατεύθυνση, αν υπάρχουν εξαιρετικές ανάγκες.

Επιπλέον, η ύπαρξη ενός μεγάλου στόλου από ηλεκτροκίνητα οχήματα που παρέχουν υπηρεσίες στο δίκτυο συμβάλλουν στη μεγαλύτερη αξιοπιστία του. Από την άλλη, ένας τέτοιος στόλος οχημάτων V2G αποτελεί εν δυνάμει «αποθήκη» ενέργειας, γεγονός που εξυπηρετεί τη μεγαλύτερη διείσδυση ΑΠΕ.

Σημαντικές παράμετροι της τεχνολογίας των «ευφύων Δικτύων» είναι μεταξύ άλλων τα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας και η Διαχείριση Φορτίου:

Κέντρα ελέγχου ενέργειας: Πρόκειται για μια βασική τεχνολογία χάρη στην οποία μπορεί να αυτοματοποιηθεί και να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία των τοπικών συστημάτων στα νησιά.

Βασικές λειτουργίες ενός Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- Πρόβλεψη φορτίου και ισχύος ΑΠΕ (βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη)
- Βελτιστοποίηση της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής
- Καθορισμός του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ και κατανομή της ισχύος στους επιμέρους σταθμούς
- Διαχείριση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας
- Αλγόριθμοι διαχείρισης ζήτησης και εργαλεία για την ενσωμάτωση ειδικών φορτίων όπως οι
- μονάδες αφαλάτωσης που τροφοδοτούνται από ΑΠΕ

- Δυναμική αξιολόγηση θεμάτων ασφάλειας

Διαχείριση φορτίου: Μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για την αύξηση του βαθμού διείσδυσης των ΑΠΕ, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διαχείριση της ανεπάρκειας ισχύος σε συνθήκες φορτίου αιχμής, όταν η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος δε συμβαδίζει με την αύξηση της ζήτησης.

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή τέτοιων μέτρων δεν είναι δυνατά σήμερα, καθώς το φορτίο δεν παρακολουθείται και δεν ελέγχεται, παρά μόνο σε επίπεδο κεντρικού σταθμού παραγωγής σε κάθε νησί. Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών ηλεκτρικού ρεύματος για τους χρήστες των νησιών, σε συνδυασμό με λειτουργίες εξ' αποστάσεως ανάγνωσης και διαχείρισης των μετρητών, θα αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο προς αυτή την κατεύθυνση. Οι έξυπνοι μετρητές ηλεκτρικού ρεύματος με την κατάλληλη τηλεπικοινωνιακή υποδομή θα δώσουν τη δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου του φορτίου σε πραγματικό χρόνο. Θα παρέχουν επίσης χρήσιμη πληροφορία σχετικά με τους τύπους του φορτίου και τα χαρακτηριστικά αυτού (π.χ. ημερήσια και εποχιακή διακύμανση ανά κατηγορία χρηστών), με στόχο το σχεδιασμό μέτρων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και τη διαμόρφωση σχετικών κινήτρων, την υλοποίηση τεχνικών διαχείρισης της αιχμής κ.α. Επιπλέον, με τους έξυπνους μετρητές θα είναι δυνατή η παρακολούθηση παραμέτρων όπως η συνέχεια του εφοδιασμού καθώς και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ισχύος, παράμετροι που συχνά προκαλούν ανησυχία σε περιπτώσεις ασθενών και απομονωμένα δικτύων, όπως αυτά των νησιών, ιδίως όταν η διείσδυση των ΑΠΕ είναι υψηλή.

Το ηλεκτρικό όχημα με συσσωρευτή, ως μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής, εφόσον καταστεί οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα τεχνολογία δύναται αφενός να λειτουργήσει ως συνδετικός κρίκος μεταξύ ΑΠΕ και δικτύου και αφετέρου μπορεί να συμβάλλει κατά τρόπο αξιόπιστο στη μείωση της αιχμής ζήτησης και στη μείωση

εκπομπών ΑΤΘ, ενισχύοντας παράλληλα και την αξιοπιστία του δικτύου με την παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών.

3.7 Κατανεμημένες πηγές ενέργειας

Οι Κατανεμημένες Πηγές Ενέργειας (ΚΠΕ) περιλαμβάνουν τις Κατανεμημένες Παραγωγές (ΚΠ), τις Κατανεμημένες μονάδες Αποθήκευσης ενέργειας (ΚΑ) και τα ελεγχόμενα φορτία. Οι Κατανεμημένες Παραγωγές είναι μονάδες ενέργειας τοποθετημένες κοντά στα τοπικά φορτία και μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα και την αξιοπιστία της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή ενώ παράλληλα μειώνουν τις εκπομπές άνθρακα. Επιπρόσθετα οφέλη είναι ο περιορισμός των απωλειών στις γραμμές και του κόστους επέκτασης των δικτύων.

Στις Κατανεμημένες Παραγωγές περιλαμβάνονται οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι μονάδες βιομάζας αλλά και γεννήτριες κινούμενες από παλινδρομικές μηχανές, μικροστρόβιλους και τα κύτταρα καυσίμου. Για να έχουμε βέλτιστη αξιοποίηση της δεύτερης κατηγορίας ΚΠ επιδιώκουμε και την αξιοποίηση της αποβαλόμενης θερμότητας, οπότε οδηγούμαστε στα συστήματα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

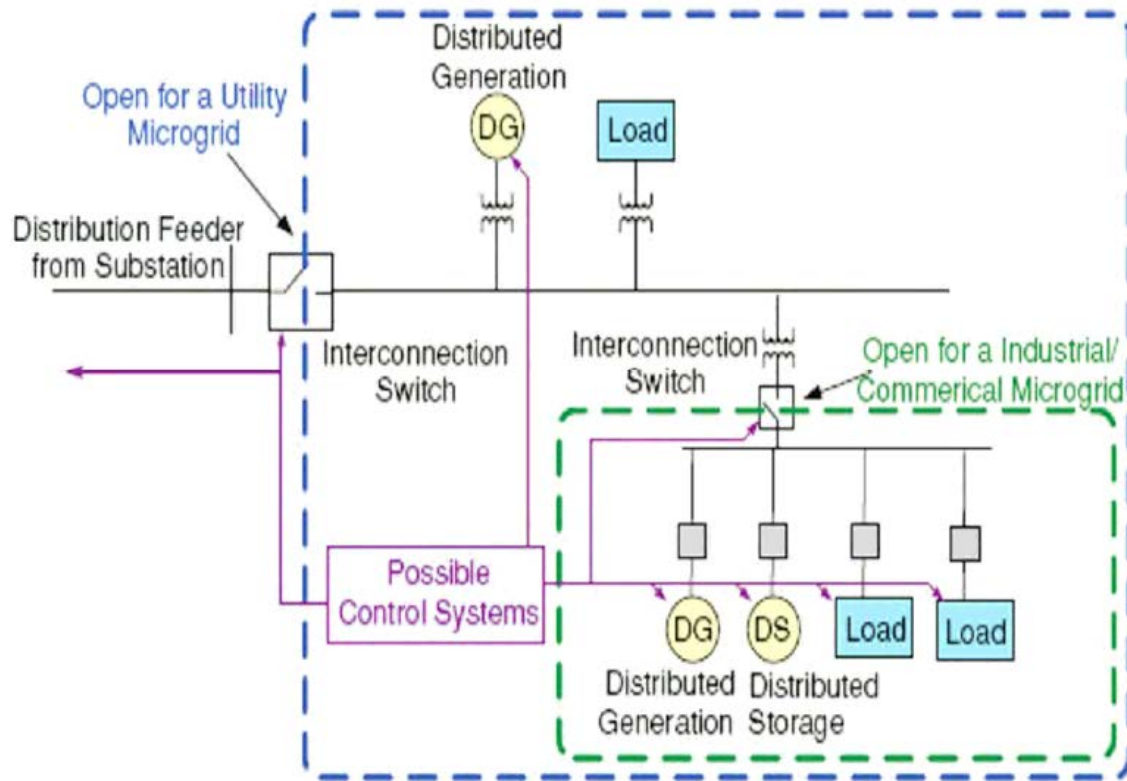
Παρόλο που οι ΚΠ έχουν τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα όταν πρόκειται να ελεγχθεί μεγάλος αριθμός τους τότε υπάρχει ένα σημαντικό πρόβλημα και η λύση θεωρείται ότι είναι τα μικροδίκτυα.

Μικροδίκτυα είναι ηλεκτρικά συστήματα με τουλάχιστον μία ΚΠ και φορτία, που έχουν την ικανότητα να λειτουργούν αυτόνομα (island) εντός του δικτύου διανομής αν χρειασθεί. Επειδή η παραγωγή ορισμένων ΚΠ είναι αβέβαιη απαιτείται η χρήση ΚΑ.

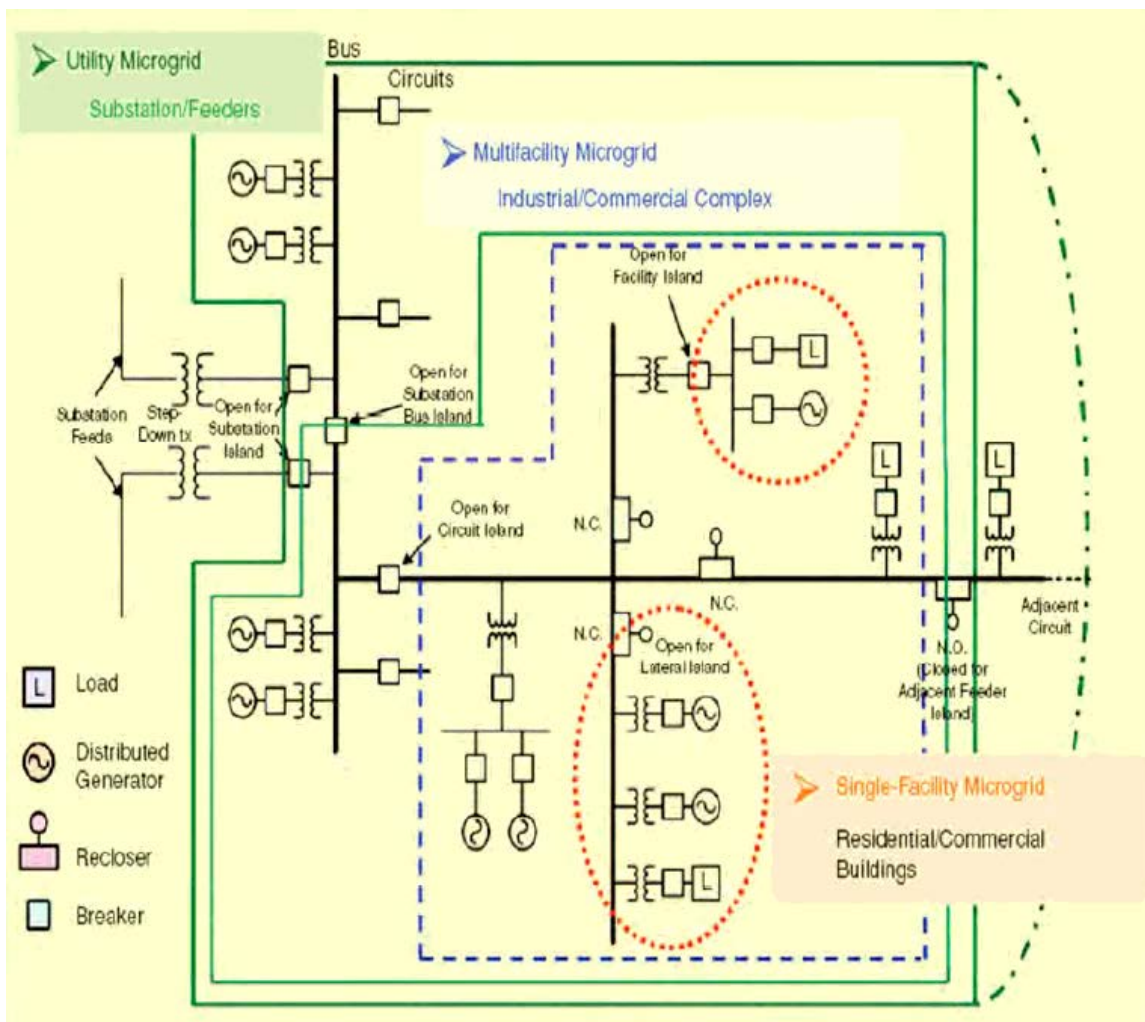
Μέσα στα μικροδίκτυα τα φορτία και οι πηγές μπορούν να συνδέονται και να αποσυνδέονται καθώς και το μικροδίκτυο να αποσυνδέεται από το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο με την ελάχιστη διαταραχή στα τοπικά φορτία.

Όταν το μικροδίκτυο εργάζεται αυτόνομα και χρειάζεται να επανασυνδεθεί στο υπόλοιπο δίκτυο, τότε χρειάζεται συγχρονισμός μεταξύ τους πριν κλείσει ο διακόπτης.

Άρα η σχεδίαση και λειτουργία των μικροδικτύων απαιτεί νέες ικανότητες και τεχνολογίες στους τομείς των ΣΗΕ, στα ηλεκτρονικά ισχύος, στα αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά και στον έλεγχο, ενώ καθοριστικός στην ανάπτυξή τους είναι ο ρόλος των επικοινωνιακών συστημάτων και των δικτύων υπολογιστών. Επομένως το τελικό αποτέλεσμα με τη χρήση των μικροδικτύων είναι να μετατρέψουμε τα δίκτυα διανομής από παθητικά σε ενεργά.



Σχήμα 3.4 Μικροδίκτυο και τα διάφορα στοιχεία που το αποτελούν

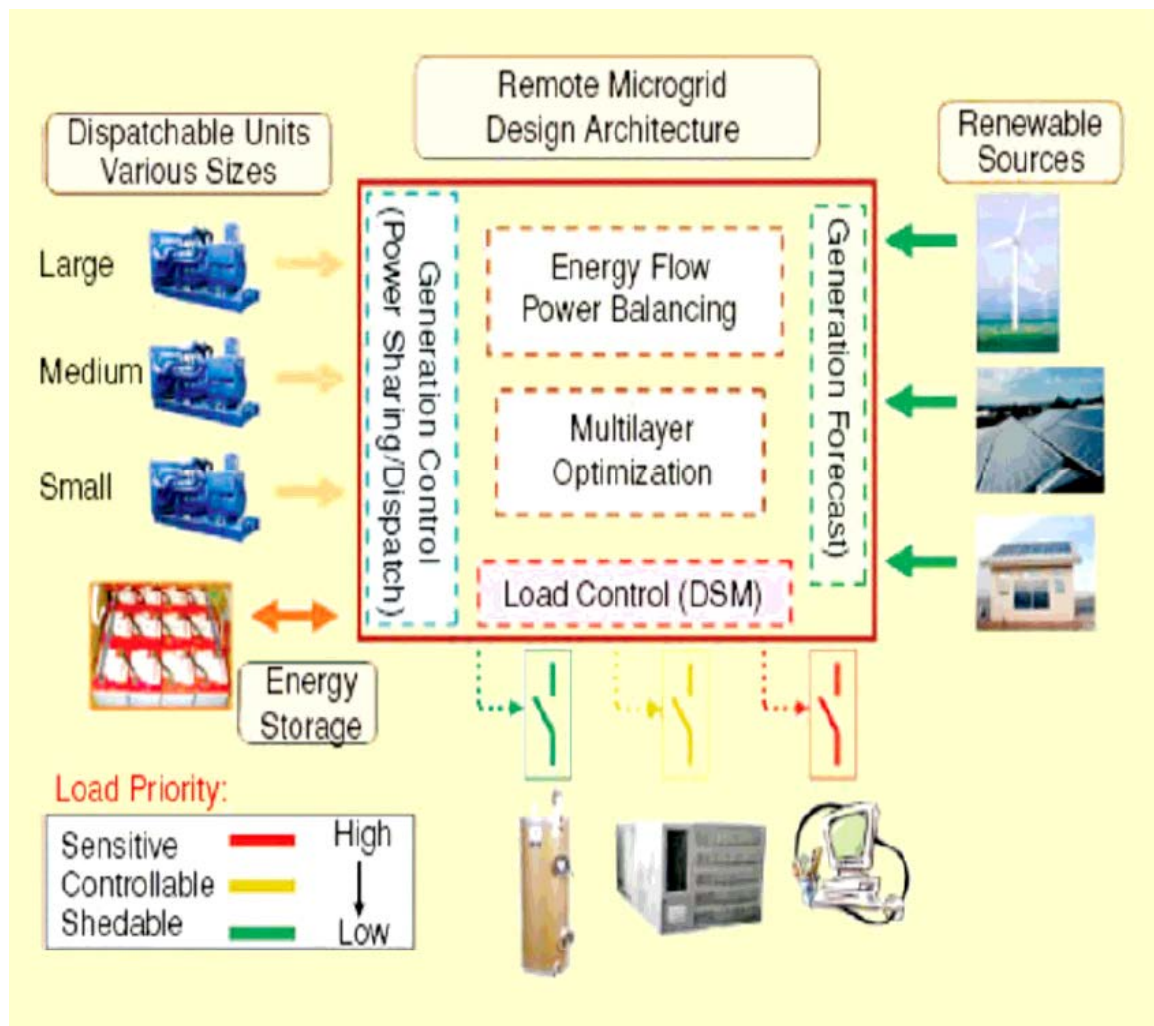


Σχήμα 3.5 Τυπικές τοπολογίες μικροδικτύων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών που εξυπηρετούν.

Για να προσθέσουμε «εξυπνάδα» στα δίκτυα χρειαζόμαστε ανεξάρτητους μικροεπεξεργαστές σε κάθε συσκευή του δικτύου. Τα έξυπνα δίκτυα (smart grids) είναι δίκτυα που χρησιμοποιούν στιβαρές δυο κατευθύνσεων επικοινωνίες, εξελιγμένους αισθητήρες (sensors) και ενεργοποιητές (actuators) καθώς και κατακεντρωμένους υπολογιστές για να βελτιώνουν την απόδοση, την αξιοπιστία και την ασφάλεια

τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή. Είναι το όραμα για τα αναβαθμισμένα ηλεκτρικά δίκτυα του μέλλοντος. Η αυτοδιόρθωση (self healing) είναι μία προοπτική για αυτά τα δίκτυα και μελετάται.

Στα έξυπνα δίκτυα κάθε μονάδα του δικτύου έχει το δικό της ανεξάρτητο επεξεργαστή, με στιβαρό λειτουργικό σύστημα, ικανό να δρα ως ανεξάρτητος πράκτορας (agent), που μπορεί να επικοινωνεί και να συνεργάζεται με τους άλλους επεξεργαστές σχηματίζοντας μία μεγάλη κατανεμημένη υπολογιστική πλατφόρμα. Η μελλοντική φιλοσοφία της προστασίας των μικροδικτύων ή έξυπνων δικτύων θα είναι πολύ διαφορετική από τη σημερινή που στηρίζεται στις δυνατότητες των ηλεκτρομηχανικών ηλεκτρονόμων.



Σχήμα 3.6 Έξυπνο δίκτυο (smart grid)

Πτυχιακή Εργασία: Ηλεκτροκίνητα οχήματα και έξυπνο δίκτυο



Μικροστρόβιλοι με ανάκτηση θερμότητας.



Φωτοβολταϊκά.



Ανεμογεννήτρια.

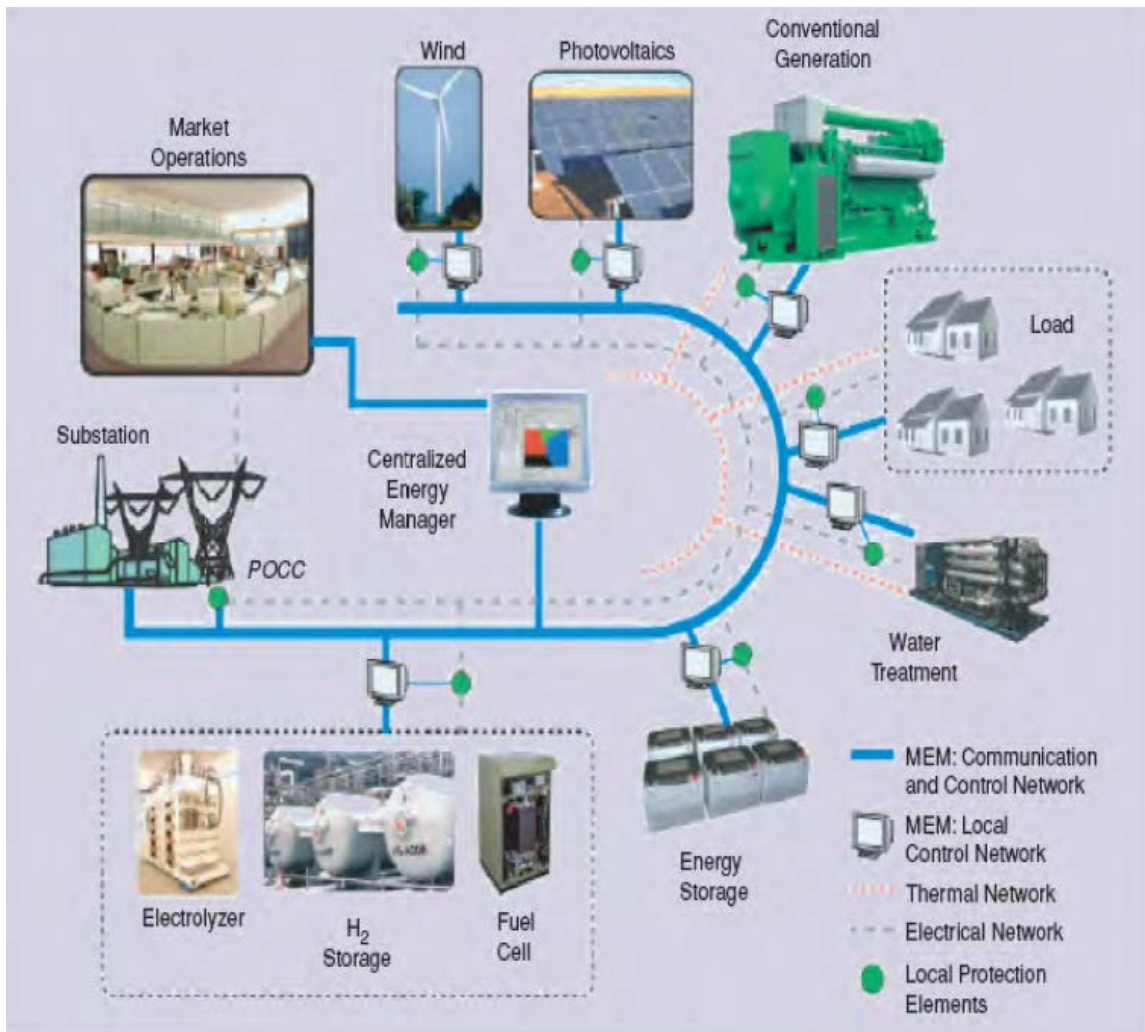


Κύτταρα καυσίμου.



Μπαταρίες μολύβδου για αποθήκευση ενέργειας.

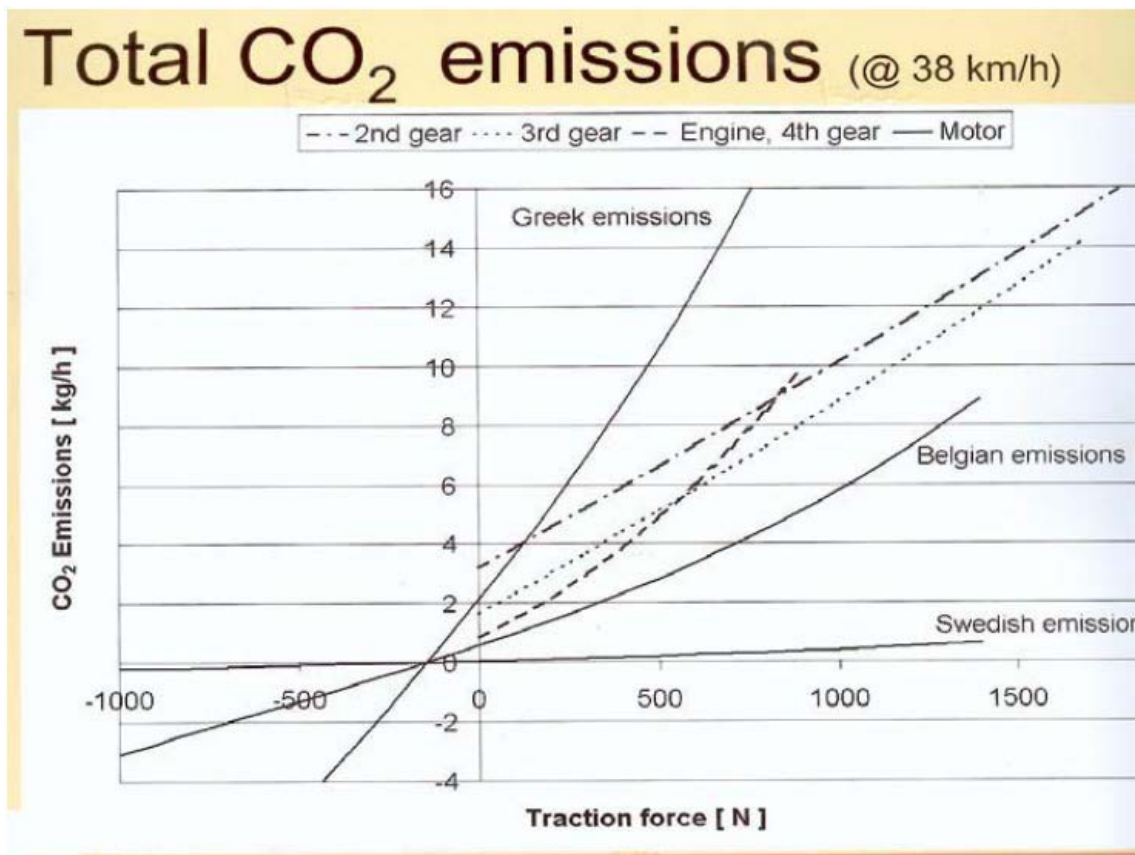
Σχήμα 3.7 Δομικά συστήματα των μικροδικτύων



Σχήμα 3.8 Δομικά συστήματα των μικροδικτύων και δίαυλοι επικοινωνίας μεταξύ τους

3.8 Περιβαλλοντική προσέγγιση

Σε ορισμένες χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, υφίστανται προβλήματα ανεπάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας, προβλήματα δικτύων διανομής όπως και προβλήματα που σχετίζονται με τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως του βαθμού ρύπανσης που προκαλείται από τους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς.



Σχήμα 3.9 Παραγόμενες ποσότητες CO₂ από τη λειτουργία ηλεκτροκινήτηρα

Στο διάγραμμα 3.1 φαίνεται η επίδραση του τρόπου παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στον υπολογισμό των παραγομένων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής λόγω της λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου στις διάφορες λειτουργικές φάσεις του που χαρακτηρίζονται από την παραγόμενη ελκτική δύναμη.

Έτσι βλέπουμε την «Ελληνική» καμπύλη, τη «Βελγική» και τη «Σουηδική» η οποία είναι βέβαια η πλέον «καθαρή» αφού στη Σουηδία αξιοποιούνται στο έπακρο οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ηλεκτροπαραγωγή.

Βλέπουμε επίσης και τις διακεκομμένες καμπύλες παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα που αντιστοιχούν στον θερμικό κινητήρα με τη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη ταχύτητα. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι καμπύλες αυτές βρίσκονται χαμηλότερα από τις καμπύλες του ηλεκτροκινητήρα όταν αυτός τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το Ελληνικό δίκτυο διανομής. Θεωρητικά λοιπόν, στην Ελλάδα, η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων προκαλεί περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την χρήση συμβατικών οχημάτων, λόγω του ενεργειακού μείγματος του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Φυσικά η σύγκριση αυτή έχει θεωρητική μόνο αξία αφού στην πράξη παρεμβάλλεται σωρεία άλλων παραγόντων που τελικά μπορούν να καταστήσουν συμφέρουσα από περιβαλλοντικής άποψης τη χρήση της ηλεκτροκίνησης ακόμα και στην Ελλάδα.

Σημειώνεται ότι η παραπάνω διαπίστωση αφορά μόνο στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας και τα διασυνδεδεμένα νησιά. Το αν η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε αυτόνομα, μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι περιβαλλοντικά προτιμότερη από τη χρήση συμβατικών οχημάτων είναι ένα ερώτημα που θα πρέπει να απαντηθεί ξεχωριστά για κάθε σύστημα, αφού αυτά έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Ωστόσο, το σίγουρο είναι πως η χρήση ΑΠΕ για την φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και ακόμα περισσότερο η ένταξή τους ως διεσπαρμένες μονάδες

αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε «ευφυή» δίκτυα είναι η βέλτιστη λύση, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Επανερχόμενοι στο θέμα του ενεργειακού μείγματος της Ελλάδας, σε σύγκριση με αυτό των άλλων χωρών της Ε.Ε., το IPCC παρέχει δείκτες εκπομπών για όλες τις χώρες της Ε.Ε., στους οποίους φαίνεται κατά πόσο είναι «καθαρή» η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε κάθε χώρα.

Ωστόσο, οι δείκτες αυτοί δεν αφορούν στην πραγματικότητα όλη την επικράτεια μιας χώρας, καθώς μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή μέσα στην ίδια χώρα.

Έτσι λοιπόν, ο δείκτης «εθνικός δείκτης εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια» (national emission factor for electricity-EFE) αντικατοπτρίζει το ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιείται για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε επίπεδο χώρας.

Οι «εθνικοί δείκτες εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια» των 27 χωρών της Ε.Ε. παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 3.1 Εθνικοί δείκτες εκπομπών για ηλεκτρική ενέργεια των 27 χωρών της Ε.Ε

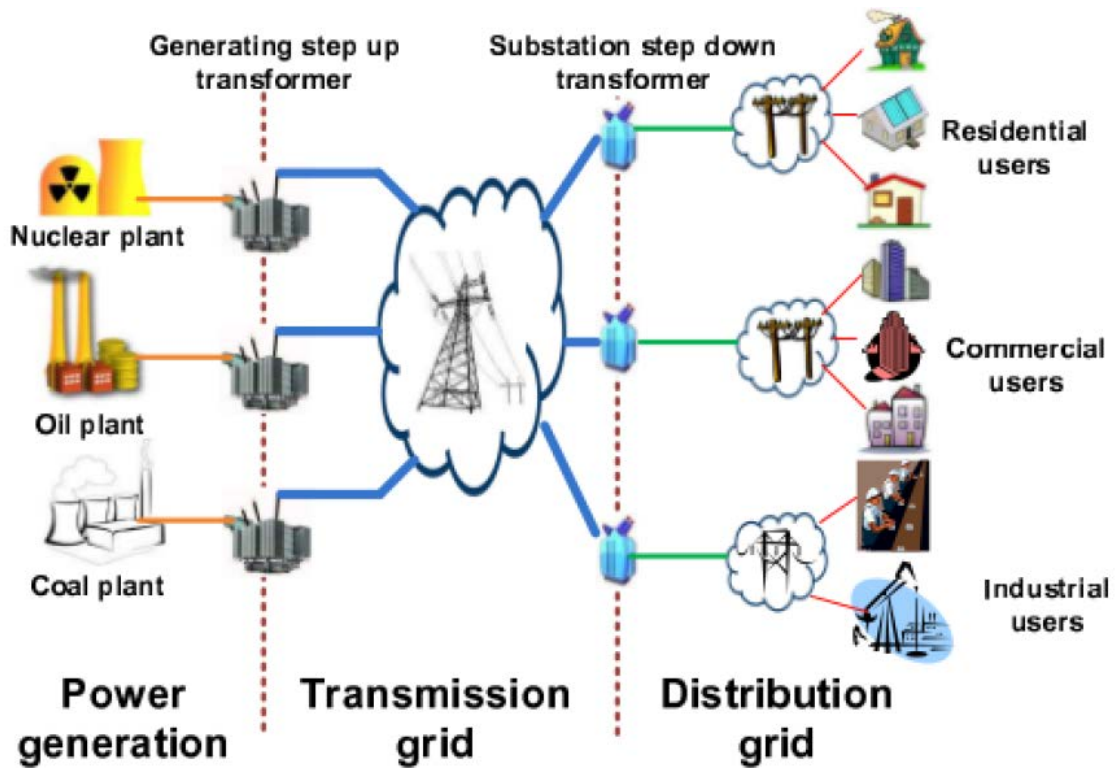
Country	Standard emission factor (t CO₂/MWh_e)
Austria	0.192
Belgium	0.288
Germany	0.624
Denmark	0.439
Spain	0.443
Finland	0.233
France	0.044
United Kingdom	0.629
Greece	1.036
Ireland	0.662
Italy	0.516
Netherlands	0.500
Portugal	0.369
Sweden	0.023
Bulgaria	0.561
Cyprus	0.789
Czech Republic	0.714
Estonia	0.908
Hungary	0.575
Lithuania	0.083
Latvia	0.143
Poland	0.982
Romania	0.583
Slovenia	0.557
Slovakia	0.252
EU-27	0.476

Είναι αξιοσημείωτο ότι η Ελλάδα παρουσιάζει τον δείκτη από όλες τις χώρες, κάτι που οφείλεται αφενός στην μικρή διείσδυση των ΑΠΕ στον ηλεκτρισμό και αφετέρου στην χρήση του λιγνίτη ως κύριο καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που προκαλεί πολύ μεγάλες εκπομπές. Δεν μπορούμε λοιπόν να μιλάμε για πραγματικά "πράσινη" ηλεκτροκίνηση, παρά μόνο αν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρησιμοποιείται για την κίνηση των οχημάτων αυτών γίνεται από ανανεώσιμες πηγές και όχι από λιγνίτη ή φυσικό αέριο, όπως κατά κανόνα συμβαίνει σήμερα στην Ελλάδα.

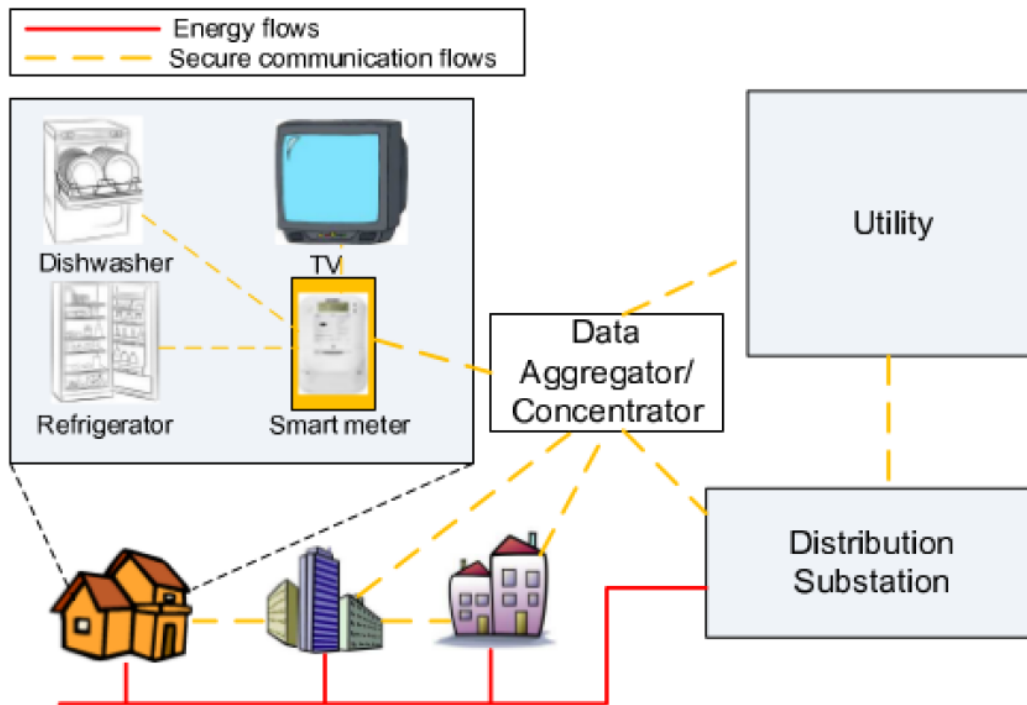
Πίνακας 3.2. : Σύγκριση χαρακτηριστικών του σημερινού και του έξυπνου δικτύου

Χαρακτηριστικό	Σημερινό δίκτυο	Έξυπνο δίκτυο
Ενεργή συμμετοχή καταναλωτών	Οι καταναλωτές δεν είναι ενημερωμένοι και δε συμμετέχουν	Ενημερωμένοι, εμπλεκόμενοι καταναλωτές - απόκριση ζήτησης και κατανεμημένες πηγές ενέργειας
Διευκόλυνση όλων των επιλογών παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας	Κυρίαρχη η κεντρική παραγωγή - πολλά εμπόδια για διασύνδεση κατανεμημένων πηγών ενέργειας	Πολλές κατανεμημένες πηγές ενέργειας με δυνατότητες άμεσης σύνδεσης και λειτουργίας, με έμφαση στις ανανεώσιμες
Δυνατότητα νέων προϊόντων, υπηρεσιών και αγορών	Περιορισμένες χονδρικές αγορές και περιορισμένες ευκαιρίες για τους καταναλωτές	Ώριμες , ολοκληρωμένες αγορές, ανάπτυξη καινούργιων αγορών ηλεκτρισμού για τους καταναλωτές
Παροχή ποιότητας ενέργειας που να συμβαδίζει με την ψηφιακή οικονομία	Επικεντρώνεται στις διακοπές - αργή ανταπόκριση σε ζητήματα ποιότητας ενέργειας	Η ποιότητα ενέργειας είναι προτεραιότητα με μια ποικιλία επιλογών ποιότητας/τιμής - γρήγορη επίλυση ζητημάτων
Αποδοτική λειτουργία και χρήση κεφαλαίου	Μικρή χρήση δεδομένων λειτουργίας στη διαχείριση κεφαλαίου	Πολύ ευρεία συλλογή δεδομένων παραμέτρων του δικτύου, έμφαση στην πρόληψη σφαλμάτων, ελαχιστοποιώντας το αντίκτυπό τους στους καταναλωτές
Προσμονή και απόκριση σε διαταραχές συστήματος (αυτοαποκατάσταση)	Ανταποκρίνεται εμποδίζοντας περαιτέρω βλάβες - επικεντρώνεται στην προστασία του κεφαλαίου μετά το σφάλμα	Αυτόματα εντοπίζει και ανταποκρίνεται σε προβλήματα - έμφαση στην πρόληψη σφαλμάτων, ελαχιστοποιώντας το αντίκτυπό τους στους καταναλωτές
Ανθεκτικότητα σε επιθέσεις και φυσικές καταστροφές	Ευάλωτο σε κακόβουλες τρομοκρατικές ενέργειες και φυσικές καταστροφές	Ανθεκτικό σε επιθέσεις και φυσικές καταστροφές με δυνατότητες γρήγορης αποκατάστασης

Στα σχήματα 3.9 και 3.9 έχουμε μια σύγκριση του Παραδοσιακού Ηλεκτρικού Δικτύου και του Έξυπνου Ηλεκτρικού Δικτύου.



Σχήμα 3.10: Ένα παράδειγμα του Παραδοσιακού Ηλεκτρικού Δικτύου

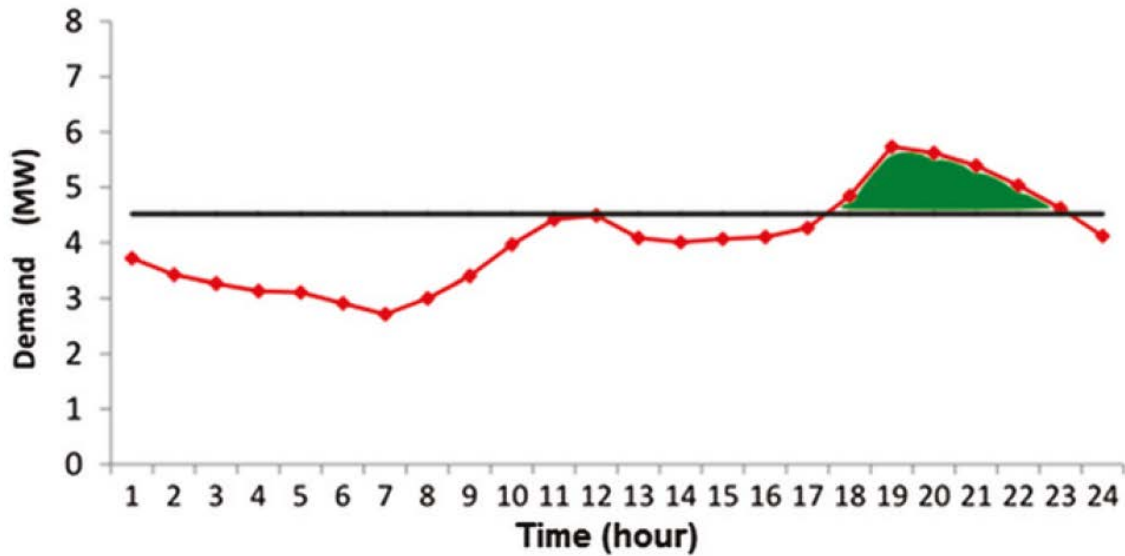


Σχήμα 3.11 : Ένα παράδειγμα της χρήσης των Έξυπνων Μετρητών: Ο έξυπνος μετρητής συλλέγει την πληροφορία για την κατανάλωση ενέργειας του πλυντηρίου πιάτων, της τηλεόρασης και του ψυγείου και επιπλέον στέλνει εντολές ελέγχου σε αυτές τις συσκευές αν χρειαστεί. Τα δεδομένα από έξυπνους μετρητές σε διαφορετικά κτίρια μεταδίδονται σε ένα συλλέκτη δεδομένων (data aggregator). Τα δεδομένα μπορούν να δρομολογηθούν περαιτέρω σε ένα σταθμό διανομής ή το κεντρικό εργοστάσιο.

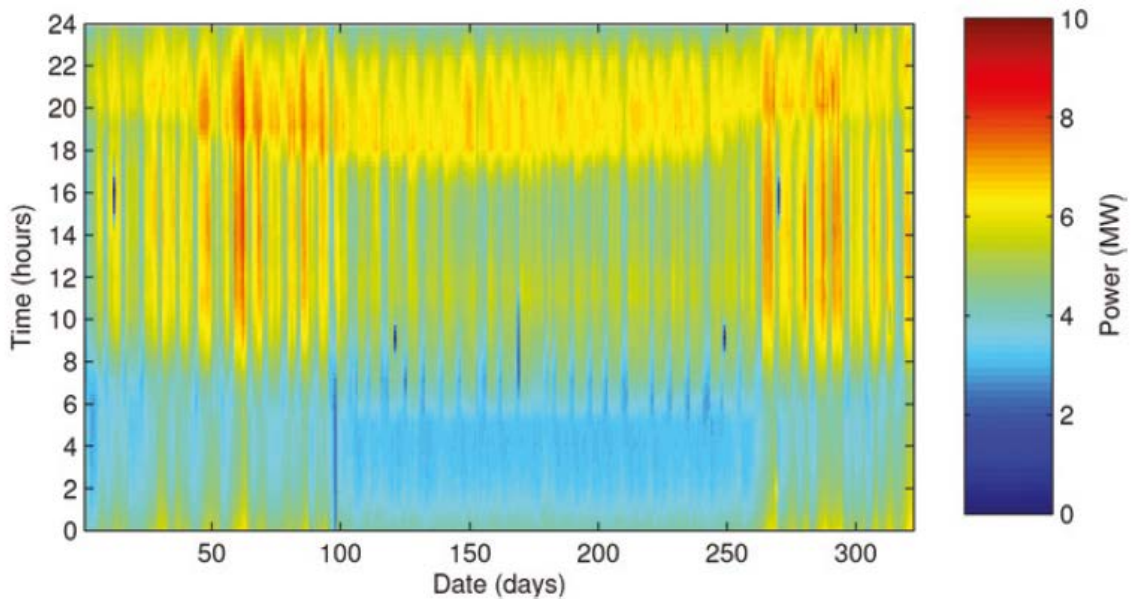
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Στρατηγικές για την λειτουργία Ηλεκτρικό όχημα προς Δίκτυο (V2G) και με την συμμετοχή Φωτοβολταϊκών (PV) για μείωση της ζήτησης αιχμής σε αστικές περιοχές στα πλαίσια του Έξυπνου Δικτύου.

Η στρατηγική της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων Plug-in (BYHO) για μεταφορά ενέργειας από αυτά προς το δίκτυο (ΟΣΔή V2G) σε ένα έξυπνο περιβάλλον δικτύου μπορεί να προσφέρει υποστήριξη στο δίκτυο διανομής και ανοίγει μια νέα ευκαιρία εσόδων για τους ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το V2G έχει τη δυνατότητα να μειώσει το κόστος λειτουργίας του δικτύου σε αστικές περιοχές με υψηλή ζήτηση όπου οι τιμές αιχμής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλές. Τα αυτοκίνητα που σταθμεύουν νωρίς το βράδυ μπορούν να παίξουν τον ρόλο των βραχυπρόθεσμων συσκευών αποθήκευσης ενέργειας. Σε ένα περιβάλλον έξυπνου δικτύου, ο συνδυασμός των ΗΟ και των Φ/Β μπορεί να προσφέρει μια καλή λύση για να βοηθήσει το δημόσιο δίκτυο. Σε αυτό το κεφάλαιο, προκύπτουν αναλύσεις αυτών των στρατηγικών που εφαρμόζονται σε επιλεγμένους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας στη μητροπολιτική περιοχή μιας πόλης στη Βραζιλία. Τα Φ / Β μπορούν να συμβάλουν εάν προκύψει η αιχμή της ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Εκτός από το πλεονέκτημα της μείωσης της ζήτησης αιχμής, στο σχήμα 4.1 φαίνεται η τυπική καμπύλη φορτίου ενός συγκεκριμένου αστικού δικτύου στη μητροπολιτική περιοχή της Φλωριανόπολης της Βραζιλίας [16]. Σε αυτό το παράδειγμα, το τοπικό βοηθητικό πρόγραμμα διανομής πρέπει να παρέχει μια «δαπανηρή» ενέργεια για την κάλυψη της περιόδου των 5 ωρών από τις 17:30 έως τις 22:30.

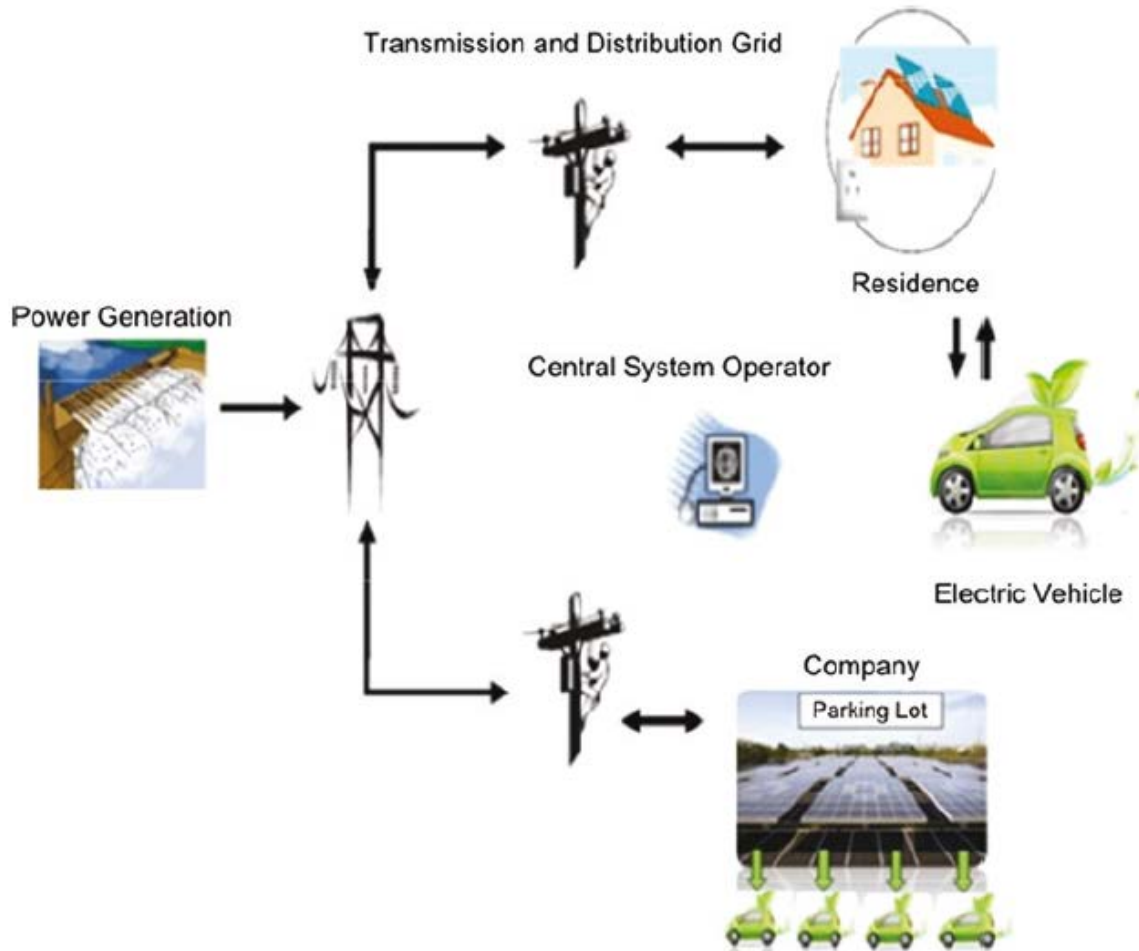


Σχήμα 4.1 Τυπική καμπύλη φορτίου του τροφοδότη αστικών υπηρεσιών διανομής TDE05 στην Φλωριανόπολη της Βραζιλίας. Με στρατηγικές ΟΣΔ (V2G) σε ένα περιβάλλον ευφυούς δικτύου, ένας στόλος από ΒΥΗΟ μπορεί να βοηθήσει το δίκτυο στη μείωση της αιχμής του απογεύματος (πράσινη περιοχή), ενώ η ηλιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να παρέχει τις πρόσθετες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που απορρέουν από την εισαγωγή των ΗΟ.



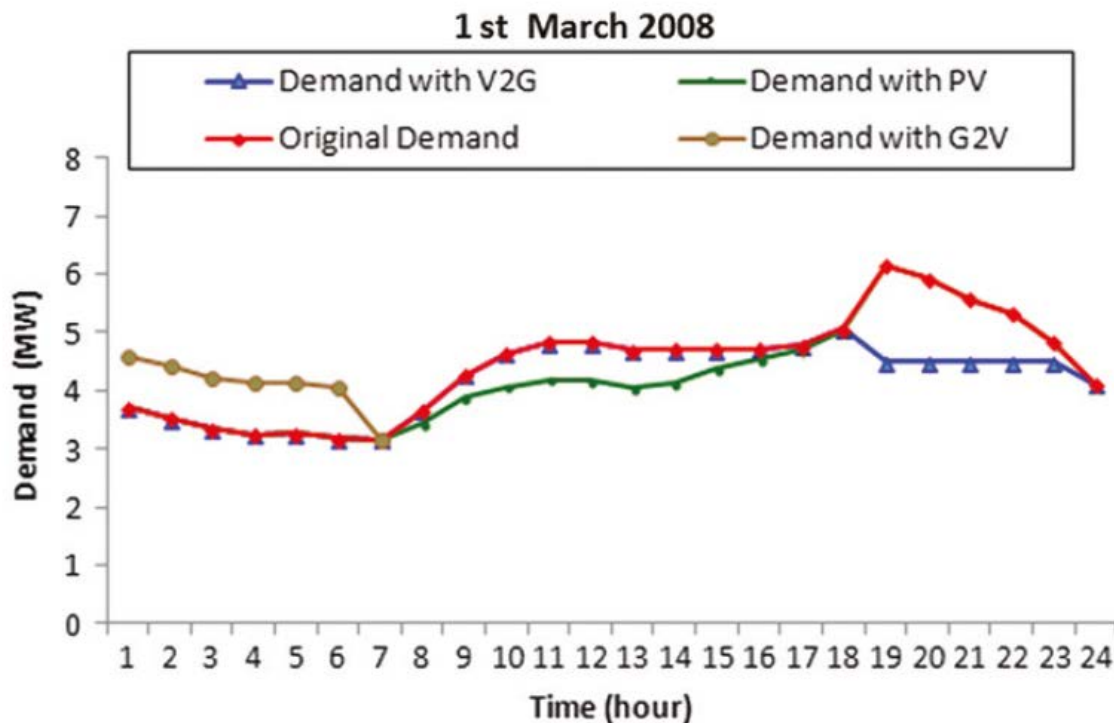
Σχήμα 4.2 Αρχικό προφίλ ζήτησης ενέργειας του αστικού τροφοδότη TDE05 (σε MW) στη Φλωριανόπολη για τις 8.784 ώρες του έτους

Το σχήμα 4.2 δείχνει ένα χάρτη με το ωριαίο προφίλ ζήτησης της πόλης από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις 8.784 ώρες του έτους, όπου μια ξεχωριστή κορυφή (θερμότερα χρώματα) είναι αξιοσημείωτη από νωρίς το βράδυ όλο το χρόνο, από τις 18:00 μέχρι και μετά 22:00. Ο αριθμός δείχνει επίσης ότι κατά τις πρώτες ώρες από τις 00:00 έως τις 06:00 το ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας δεν χρησιμοποιείται επαρκώς και επομένως είναι τεχνικά ικανός να παρέχει ενέργεια για επαναφόρτιση ενός σημαντικού ποσού ΒΗΥΟ. Επιπλέον, η εικόνα 4.2 δείχνει ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας ώρες ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να δεχθεί μεγάλες ποσότητες ηλεκτρισμού που παράγεται από φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνδεδεμένες στο δίκτυο, εγκατεστημένες στην καλυπτόμενη περιοχή από αυτόν τον συγκεκριμένο πάροχο. Νωρίς το βράδυ, όμως, όταν η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια δεν είναι πλέον διαθέσιμη, ένα μέρος της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται στις μπαταρίες των σταθμευμένων και συνδεδεμένων ΗΟ μπορούν να διατεθούν για υποστήριξη δικτύου. Σχήμα 4.3 δείχνει ένα σχηματικό διάγραμμα αυτής της έννοιας. Η καθημερινή αστική μετακίνηση στον μητροπολίτη περιοχή της Φλωριανόπολης είναι πολύ χαρακτηριστική και αντιπροσωπευτική πολλών μητροπολιτικών σε περιοχές σε όλο τον κόσμο, όπου ο οδηγός εγκαταλείπει το σπίτι για εργασία νωρίς το πρωί, οδηγώντας για περίπου 20 χιλιόμετρα κατά μέσο όρο, και αφήνοντας το αυτοκίνητο παρκαρισμένο όλη την ημέρα μακριά. Σε ένα περιβάλλον smart-grid, με φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο και ΒΗΟ, αυτό το όχημα θα μπορούσε να σταθμεύσει κάτω από ένα φωτοβολταϊκό πάρκινγκ.



Σχήμα 4.3 Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των ηλιακών φωτοβολταϊκών γεννητριών και των ηλεκτροκινήτων με το κοινό ηλεκτρικό δίκτυο σε ένα έξυπνο περιβάλλον δικτύου.

Το σχήμα 4.4 δείχνει πως διαμορφώνεται η αρχική καμπύλη φορτίου του παρόχου που παρουσιάστηκε προηγουμένως σε μια συγκεκριμένη ημέρα ανάλογα με τα συστήματα που είναι ενσωματωμένα σε ένα έξυπνο δίκτυο.



Σχήμα 4.4 Αρχικό προφίλ ζήτησης για τον τροφοδότη διανομής TDE05 στη Φλωριανόπολη και πως διαμορφώνεται αυτή η καμπύλη φορτίου του παρόχου ανάλογα με τα συστήματα που είναι ενσωματωμένα στο έξυπνο δίκτυο.

Ξεκινώντας από αριστερά προς τα δεξιά στο σχήμα 4.4 βλέπουμε ότι έχουμε αύξηση της ενεργειακής ζήτησης κατά τις ώρες 1:00 την νύχτα έως τις 7:00 το πρωί κάτι που συμβαίνει καθώς εκείνη την χρονική περίοδο φορτίζουν τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτό δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα καθώς τις ώρες αυτές δεν έχουμε μεγάλες αιχμές ζήτησης. Κατά τις ώρες από τις 7:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα τα ενσωματωμένα φωτοβολταικα συστήματα βοηθούν στην μείωση της ενεργειακής ζήτησης καθώς παράγουν ενέργεια που καταναλώνεται άμεσα από τους καταναλωτές και βοηθούν το σύστημα να φορτίσει τα ηλεκτρικά οχήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα εκείνες τις ώρες. Από τις 18:00 έως 24:00 ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων μπαίνει σε λειτουργία ΟΣΔ και έτσι βοηθάει στην μείωση της αιχμής ζήτησης που υπάρχει καθημερινά αυτές

Πτυχιακή Εργασία: Ηλεκτροκίνητα οχήματα και έξυπνο δίκτυο

τις ώρες. Τα οχήματα μετά τις 24:00 που υποχωρεί η αιχμή μπαίνουν σε λειτουργία φόρτισης για πάνω από 7 ώρες έτσι ώστε να είναι έτοιμα για την επόμενη ημέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας Ηλεκτρικών Οχημάτων και Υβριδικών Ηλεκτρικών Οχημάτων: Μπαταρίες, Υπερπυκνωτές και Κυψέλες καυσίμου

5.1 Εισαγωγή

Περιγραφή μπαταρίας Περιγραφή Κυψελών καυσίμου

Η μπαταρία ή ηλεκτρικός συσσωρευτής (ενίοτε και απλά συσσωρευτής) είναι η συσκευή η οποία αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδεσμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική στήλη. Η ανάπτυξη των μπαταριών άρχισε με την κατασκευή της Βολταϊκής στήλης από τον Αλεσάντρο Βόλτα. Εικάζεται όμως ότι κάποια αντικείμενα, που χρονολογούνται γύρω στο έτος 600 και είναι γνωστά ως μπαταρίες της Βαγδάτης, είχαν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μικρής ποσότητας ηλεκτρισμού.

Ο συσσωρευτής στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού τη μετατρέψει σε χημική) και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή). Έτσι, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες, που έχουν σχέση με τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

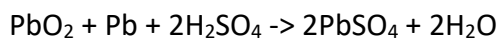


Σχήμα 5.1 Διάφοροι τύποι μπαταριών

Ο εκφορτισμένος ηλεκτρικός συσσωρευτής φορτίζεται όταν περάσει από αυτόν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται αντίστροφες χημικές διεργασίες, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Ο ηλεκτρικός συσσωρευτής χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητα, δηλ. την ποσότητα του ηλεκτρισμού σε αμπερώρια, που μπορεί ο συσσωρευτής να δώσει στο κύκλωμα που τροφοδοτεί, από τη μέση τάση σε Volt κατά το χρόνο της φόρτισης και εκφόρτισης, από την ειδική ενέργεια κατά βάρος και όγκο, δηλ. την ενέργεια σε βατώρια που παρέχεται κατά την εκφόρτιση από 1 kg βάρους ή 1 δεκατόμετρο του όγκου του ηλεκτρικού συσσωρευτή, από την απόδοση κατά χωρητικότητα, δηλ. τον λόγο της ποσότητας των αμπερωρίων που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ποσότητα των αμπερωρίων που απορροφάται κατά τη φόρτιση, από την απόδοση κατά ενέργεια (ή βαθμό απόδοσης), δηλ. το λόγο της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που απορροφάται κατά τη φόρτιση. Υπάρχουν ηλεκτρικοί συσσωρευτές σε μόνιμη εγκατάσταση (για τις ανάγκες των ηλεκτρικών σταθμών, των τηλεφωνικών και τηλεγραφικών σταθμών, των ραδιοσταθμών κ.ά.) και φορητοί (για τροφοδότηση κινητών ραδιοσυσκευών και συσκευών ενσύρματης επικοινωνίας, αυτοκινήτων, αεροπλάνων κ.ά.).

Χρήσεις

Ευρεία χρήση έχουν (κυρίως σε μόνιμες εγκαταστάσεις) οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές μολύβδου - οξέος, στους οποίους ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού οξέος με πυκνότητα 1,18- 1,29 gr/cm³ και ως ηλεκτρόδια το διοξείδιο του μολύβδου PbO₂ και ο σπογγώδης μολύβδος. Κατά την εκφόρτιση γίνεται η αντίδραση:



ενώ η τάση και η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη ελαττώνονται. Οι μέσες τάσεις είναι κατά την εκφόρτιση 1,98 V και κατά τη φόρτιση 2,4 V. Ως φορητοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές, χρησιμοποιούνται συχνά οι αλκαλικοί συσσωρευτές, που έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Αυτοί δεν έχουν κατά τη λειτουργία επιζήμιες εξατμίσεις και είναι απλούστεροι στη χρησιμοποίησή τους από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές οξέος.

Μπαταρίες νικελίου, στους οποίους ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, ως θετικό ηλεκτρόδιο οξειδία νικελίου σε μείγμα με γραφίτη και ως αρνητικό ηλεκτρόδιο ρινίσματα σιδήρου ή καδμίου σε μείγμα με σπογγώδη σίδηρο. Οι μέσες τάσεις φόρτισης είναι αντίστοιχα: 1,74 V και 1,65 V. Στα αεροπλάνα χρησιμοποιούνται πολύ οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές αργύρου - ψευδαργύρου και αργύρου-καδμίου. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μεγάλη ειδική ενέργεια και η ικανότητα να λειτουργούν σε ερμητικά κιβώτια και σε ύψος (με χαμηλή θερμοκρασία και πίεση). Το μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν κόστος 4-10 φορές μεγαλύτερο από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές μολύβδου. Οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές χρησιμοποιούνται επίσης, σε όργανα βαρηκοΐας κ.α. Για τη λήψη μεγάλων τάσεων και ρευμάτων οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές συνδέονται σε συστοιχίες.

Στα αυτοκίνητα ο συσσωρευτής χρησιμεύει για την αποθήκευση του ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από τη δυναμομηχανή (δυναμό) και τη διανομή του στη συνέχεια στις διάφορες συσκευές της ηλεκτρικής εγκατάστασης του οχήματος. Μεταξύ του δυναμό και του συσσωρευτή παρεμβάλλεται αυτόματος διακόπτης, ο οποίος παρεμποδίζει την εκφόρτιση του συσσωρευτή προς το δυναμό όταν ο κινητήρας εργάζεται στο ρελαντί ή δεν εργάζεται.

Στην διαστημική οι συσσωρευτές τεχνητών δορυφόρων, πρέπει να έχουν μεγάλη χωρητικότητα, μικρό βάρος, αντοχή στις επιταχύνσεις και τους κραδασμούς. Τις καλύτερες προϋποθέσεις προς αυτή την κατεύθυνση συγκεντρώνουν οι αλκαλικοί συσσωρευτές νικελίου-καδμίου ή αργύρου- ψευδάργυρου. Οι πρώτοι έχουν ως θετικό ηλεκτρόδιο πλάκες από νίκελ και αρνητικό πλάκες καδμίου και σιδήρου. Οι δεύτεροι ως θετικό ηλεκτρόδιο έχουν άργυρο σε σκόνη και ως αρνητικό ψευδάργυρο. Η ανάγκη εφοδιασμού των διαστημικών σκαφών με πηγές ενέργειας με μεγαλύτερη διάρκεια και ελαφρότερες λύθηκε με τα ηλιοκύτταρα.

Στο κεφάλαιο αυτό συζητούνται τα απαιτούμενα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας για τα ΗΟ και τα ΥΗΟ.

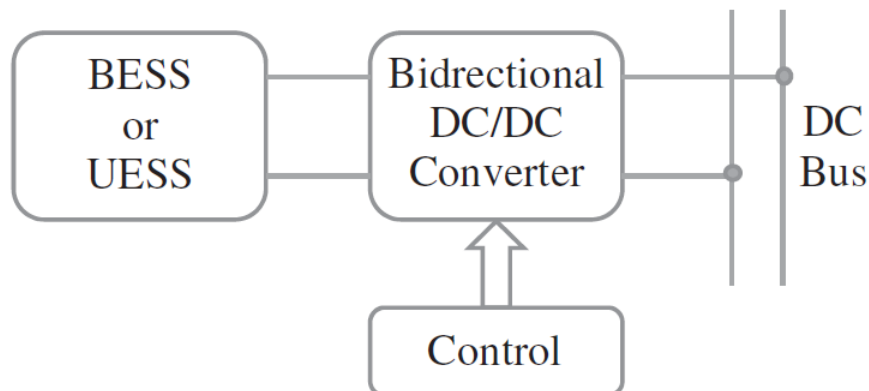
Σε ένα ΥΗΟ ή ΒΥΗΟ, οι μπαταρίες ή οι υπερ-πυκνωτές φορτίζονται από τη μηχανή εσωτερικής καύσης / γεννήτρια ή από το ηλεκτρικό δίκτυο. Η χημική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια για τον κινητήρα έλξης και την πρόωση του οχήματος.

Επίσης, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι υπεύθυνα για την ανάκτηση της ενεργειας από την αναγεννητική πέδηση για την περαιτέρω αύξηση της αποδοτικότητας του οχήματος. Έτσι, οι επιδόσεις των ΗΟ και των ΥΗΟ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Επομένως, αυτό το κεφάλαιο είναι αφιερωμένο

στην τεχνολογία των μπαταριών, στους υπερ-πυκνωτές και στην τεχνολογία των κυψελών καυσίμου. Εδώ, θα επικεντρωθούμε στις τεχνικές μοντελοποίησης, υβριδισμού, εξισορρόπησης, ελέγχου φόρτισης για μπαταρίες και υπερπυκνωτές.

Οι μπαταρίες είναι κατασκευασμένες από κελιά όπου η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια και αντίστροφα. Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας της μπαταρίας (Battery energy storage system ,BESS) αποτελείται κυρίως από μπαταρίες, το ηλεκτρονικό σύστημα κλιματισμού βασισμένο σε ηλεκτρονικά ισχύος και το σύστημα ελέγχου. Στα ΥΗΟ, μπαταρίες παρέχουν ενέργεια για τον κινητήρα έλξης και αποθηκεύουν αναγεννητική ενέργεια. Ο μετατροπέας με ηλεκτρονικά ισχύος, τυπικά αμφίδρομης δυνατότητας, παρέχει μια διεπαφή μεταξύ των μπαταριών και της ισχύος που παράγεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης επί του αυτοκινητού ή από την ισχύ του δικτύου στο κατά περίπτωση ΒΥΗΟ. το σύστημα ελέγχου είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση ενέργειας και ενέργειας συμπεριλαμβανομένων των ελέγχων φόρτισης / εκφόρτισης και εξισορρόπησης.

Η παραπάνω περιγραφή ισχύει καλά και για το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας υπερ-πυκνωτών (Ultracapacitors energy storage system ,UESS). Η κύρια διαφορά είναι ότι η μπαταρία είναι μια συσκευή ηλεκτροχημικής μετατροπής ενέργειας, ενώ ο υπερ-πυκνωτών δεν κάνει καποια χημική αντίδραση. Η τοπολογία BESS ή UESS απεικονίζεται στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2 Τοπολογία HEV BESS / UESS

Προκειμένου να έχουμε την επιθυμητή τάση και την ονομαστική τάση για εφαρμογή σε ΥΗΟ, πολλές κυψέλες μπαταριών πρέπει να συνδέονται σε σειρά και / ή παράλληλα στο BESS ή στο UESS. Εξισορρόπηση τάσης απαιτείται εάν συνδέονται σε σειρά περισσότερες από τρεις κυψέλες.

Σε γενικές γραμμές, μια μπαταρία έχει τα χαρακτηριστικά της υψηλής πυκνότητας ενέργειας και σχετικά χαμηλή πυκνότητα ισχύος. Η εσωτερική αντίσταση είναι ο βασικός παράγοντας για την περιορισμένη εκφόρτιση και φόρτιση του ρεύματος.

Η εσωτερική αντίσταση σειράς έχει διαφορετικές τιμές υπό συνθήκες φόρτισης και εκφόρτισης. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται επίσης από τη συχνότητα του ρεύματος εκκίνησης. Για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, η εσωτερική αντίσταση μπορεί να αυξηθεί κατά 50% από 1000 Hz σε 100 Hz. Η χωρητικότητα των αμπερ-ωρών επηρεάζεται από το μέγεθος του ρεύματος εκφόρτισης και διαμορφώνεται από την εξίσωση του Peukert, $C_p = I^k t$, όπου k είναι η σταθερά Peukert και $k = 1$ για ιδανική μπαταρία. Οι αποδόσεις

φόρτισης και εκφόρτισης είναι μη γραμμικές συναρτήσεις του ρεύματος και της κατάστασης φόρτισης (SOC).

Η μπαταρία μπορεί να διαμορφωθεί ως ένα ισοδύναμο κύκλωμα αντίστασης-χωρητικότητας (RC) . Τόσο η τάση και η πηγή όσο και η εσωτερική αντίσταση είναι συναρτήσεις του SOC και της θερμοκρασίας.

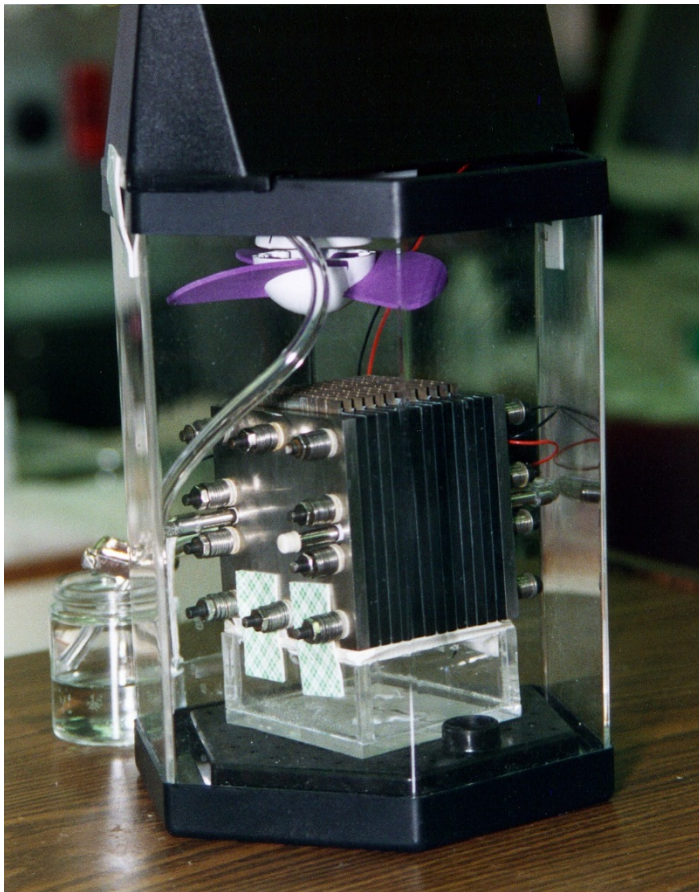
Από την άλλη πλευρά, σε σύγκριση με τους κοινούς πυκνωτές, ο υπερπυκνωτής (ηλεκτρικός πυκνωτής διπλής στρώσης) έχει πολύ υψηλή πυκνότητα ενέργειας, η οποία μπορεί να είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από έναν ηλεκτρολυτικό πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας. Μεγαλύτεροι πυκνωτές διπλού στρώματος μπορούν να έχουν χωρητικότητα μέχρι 5000 F. Σε σύγκριση με τις μπαταρίες, ένας υπερπυκνωτής έχει το χαρακτηριστικό της υψηλής πυκνότητας ισχύος και σχετικά χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Η εσωτερική αντίσταση του είναι δεκάδες φορές χαμηλότερη από αυτή μιας μπαταρίας, επιτρέποντας έτσι δεκάδες φορές υψηλότερα ρεύματα εκφόρτισης / φόρτισης. Η συνολική απόδοσή του είναι μεγαλύτερη από αυτή της μπαταρίας. Η χωρητικότητά του είναι τεράστια σε σύγκριση με έναν συνηθισμένο πυκνωτή ηλεκτρολύτη, που επιτρέπει αρκετή αποθήκευση ενέργειας για τις απαιτήσεις ισχύος για την επιτάχυνση του ΥΗΟ. Σημειώστε ότι η εσωτερική αντίσταση και η χωρητικότητα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συχνότητα λόγω της πορώδους φύσης των ηλεκτροδίων. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του υπερπυκνωτή είναι ότι το SOC του επιτρέπεται να διαφέρει ευρύτερα και συνεπώς να έχει μεγαλύτερους κύκλους ζωής. Η ικανότητά του να παρέχει υψηλά ποσά ισχύος είναι ιδανική για εφαρμογές υβριδικών οχημάτων. Ένας υπερπυκνωτής μπορεί επίσης να διαμορφωθεί ως μοντέλο εσωτερικής αντίστασης ή RC μοντέλο με τον ίδιο τρόπο όπως για μια μπαταρία. Η διαφορά είναι ότι η εσωτερική αντίσταση για την φόρτιση είναι τυπικά η ίδια όπως και για την εκφόρτιση. Για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της τάσης και του ρεύματος της μπαταρίας και του υπερπυκνωτή κατά τη διάρκεια της μεταβατικής κατάστασης όπως η επιτάχυνση και η επιβράδυνση, απαιτούνται δυναμικά μοντέλα βασισμένα στη φυσική για τις σταθερές

χρόνου και τις ηλεκτροχημικές αντιδράσεις στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα των μπαταριών και των υπερπυκνωτών.

5.2 Περιγραφή Κυψελών καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χαρακτηριστούν σαν κέντρα ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί το υδρογόνο ως καύσιμο. Είναι αυτές οι οποίες αναλαμβάνουν τη μετατροπή του καυσίμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η έννοια της κατάλυσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία μιας κυψέλης καυσίμου, όπως θα δούμε παρακάτω και η έρευνα για τη βελτίωση των αποδόσεων γίνεται κυρίως σε αυτόν τον τομέα, τομέας εξορισμού μελετημένος στην κλίμακα του νανομέτρου.

Η κυψέλη καυσίμου αποτελεί ένα μηχανισμό για την ηλεκτροχημική μετατροπή της ενέργειας μετατρέποντας υδρογόνο και οξυγόνο σε νερό, παράγοντας ταυτόχρονα με τη διαδικασία αυτή, ηλεκτρισμό και θερμότητα. Ο ηλεκτρισμός παράγεται με τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Η πρώτη κυψέλη φτιάχτηκε από τον Sir William Grove , το 1839. Ωστόσο η συστηματική έρευνα πάνω σε αυτές άρχισε μόλις τη δεκαετία του '60, όταν η NASA χρησιμοποίησε κυψέλες καυσίμου στα διαστημικά σκάφη των προγραμμάτων Τζέμινι και Απόλλων ως φθηνότερη λύση από την ηλιακή ενέργεια.



Σχημα 5.3 Κυψέλη Καυσίμου. Ο πραγματικός αριθμός κυττάρων καυσίμων είναι η βαλμένη σε στρώσεις κυβική δομή στο κέντρο της εικόνας

Αρχή λειτουργίας

Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να ταξινομηθούν βάση του τύπου του ηλεκτρολύτη τον οποίο χρησιμοποιούν. Το πιο γνωστό είδος είναι η κυψέλη καυσίμου με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίου (PEM).

Δύο ηλεκτρόδια, τα οποία διαχωρίζονται από μία μεμβράνη, η οποία έχει το ρόλο του ηλεκτρολύτη. Μεταξύ αυτής της πολυμερισμένης μεμβράνης και των ηλεκτροδίων υπάρχει ένα στρώμα καταλύτη. Αργότερα θα μελετήσουμε τα μέρη μιας κυψέλης

αναλυτικότερα. Συνοπτικά, η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού περιγράφεται από τα παρακάτω επιμέρους στάδια.

Το υδρογόνο τροφοδοτεί την άνοδο της κυψέλης, το αρνητικό ηλεκτρόδιο, το οποίο ερχόμενο σε επαφή με τον καταλύτη διαχωρίζεται σε θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου και ηλεκτρόνια. Η άνοδος και ο καταλύτης είναι τέτοιας κατασκευής ώστε η διάχυση των ατόμων του υδρογόνου να γίνεται με ομογενή τρόπο. Τα ηλεκτρόνια τα οποία απελευθερώθηκαν μεταφέρονται μέσω εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος προς την κάθοδο δημιουργώντας ηλεκτρισμό αφού η μεμβράνη αποτρέπει τη διέλευση τους μέσω αυτής. Για αυτό το λόγο άνοδος και καταλύτης διαλέγονται αγώγιμα υλικά.

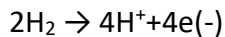
Τα θετικά φορτισμένα ιόντα του υδρογόνου (στην ουσία αναφερόμαστε σε μεμονωμένα πρωτόνια) διαπερνούν τη μεμβράνη και ενώνονται με το οξυγόνο το οποίο τροφοδοτεί την κάθοδο, το θετικά φορτισμένο ηλεκτρόδιο, και παράγεται νερό. Όπως και πριν, την ομογενή διάχυση του οξυγόνου στον καταλύτη εξασφαλίζει η κατασκευή του ηλεκτροδίου. Ο καταλύτης αναλαμβάνει την επιτάχυνση της δημιουργίας του νερού από τα συστατικά του.

Στο σχηματισμό του νερού συμμετέχουν εκτός των μορίων του οξυγόνου και των ιόντων του υδρογόνου, τα ηλεκτρόνια τα οποία διοχετεύτηκαν μέσω του εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος στην κάθοδο, στην αρχή της διαδικασίας.

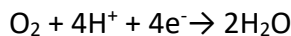
Τα δύο στρώματα (στηριζόμενου) καταλύτη χρησιμεύουν στην αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων διάσπασης του μορίου του υδρογόνου και της ένωσης υδρογόνου οξυγόνου για τη δημιουργία νερού, στην άνοδο και στην κάθοδο αντίστοιχα. Συνήθως αποτελείται από ένα πολύ λεπτό στρώμα λευκόχρυσου (Pt) πάνω σε επιφάνεια άνθρακα. Το στρώμα αυτό είναι και το μέρος του καταλύτη το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τη μεμβράνη. Ο καταλύτης είναι τραχύς και πορώδης ώστε να μεγιστοποιεί η εκτεθειμένη επιφάνεια του.

Οι χημικές αντιδράσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν τα παραπάνω βήματα, συνοψίζονται παρακάτω.

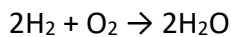
Στην άνοδο:



Στην κάθοδο:



Ολική αντίδραση:



Οι παραπάνω αντιδράσεις σε μία απλή κυψέλη καυσίμου παράγει περίπου στα 0,7 Volts. Προκειμένου να παραχθούν μεγαλύτερες (και πρακτικά αξιοποιήσιμες) τάσεις, χρησιμοποιούνται περισσότερες κυψέλες σε σειρά (fuel cell stack).

Είδη κυψελών καυσίμου

Κυψέλη καυσίμου πολυμερισμένης μεμβράνης (PEM)

Αυτές οι κυψέλες (κυψέλες καυσίμου ανταλλαγής πρωτονίων, proton exchange membrane fuel cells , PEM) λειτουργούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και παράγουν ισχύ αρκετή για την εφαρμογή τους για την ικανοποίηση καθημερινών ενεργειακών αναγκών, όπως αυτή για την κίνηση ενός οχήματος. Σε αυτό βοηθά η ικανότητα τους να προσαρμόζονται σε γρήγορες αυξομειώσεις στην απαίτηση ισχύος. Η ισχύς που παράγει μια τέτοια κυψέλη κυμαίνεται μεταξύ των 50 και 250 kW . Ο συγκεκριμένος τύπος κυψέλης είναι αρκετά ευαίσθητος σε μη καθαρά καύσιμα.

Η έρευνα πάνω στις κυψέλες καυσίμου όσον αφορά εφαρμογές τους στην τροφοδότηση οχημάτων αυτή τη στιγμή είναι επικεντρωμένη κυρίως σε αυτόν τον τύπο.

Κυψέλη καυσίμου φωσφορικού οξέος (PAFC)

Οι κυψέλες φωσφορικού οξέος (phosphoric - acid fuel cells, PAFC) είναι αυτές όπου είναι διαθέσιμες σήμερα στο εμπόριο. Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος κυμαίνεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα.

Οι θερμοκρασίες λειτουργίας του βρίσκονται στην περιοχή των 150 με 200°C. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το φωσφορικό οξύ γίνεται κακός ιοντικός αγωγός και το μονοξείδιο του άνθρακα CO το οποίο σχηματίζεται πάνω στον καταλύτη δηλητηριάζει την άνοδο ρίχνοντας πάρα πολύ την απόδοση. Ωστόσο τα επίπεδα ανοχής της συγκέντρωσης του CO είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει περισσότερα είδη καυσίμων για τη τροφοδότηση του. Στην περίπτωση της συμβατικής βενζίνης ωστόσο πρέπει να απομακρυνθούν τα σουλφίδια. Τα μειονεκτήματα των PA κυψέλων καυσίμου, είναι το μεγάλο μέγεθος και βάρος, ο ακριβός καταλύτης όπου χρησιμοποιείται (λευκόχρυσος) ενώ το ρεύμα το οποίο παράγεται είναι χαμηλό και η ισχύς συγκρίσιμη με αυτή άλλων τύπων κυψέλων καυσίμου.

Οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που χαρακτηρίζουν αυτόν τον τύπο είναι ίδιες με αυτής της PEM κυψέλης.

Κυψέλη καυσίμου μεθανόλης (DMFC)

Σε όλες τις παραπάνω κυψέλες ως καύσιμο χρησιμοποιείται το υδρογόνο. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος τύπος κυψελών (direct methanol fuel cells, DMFC) χρησιμοποιεί ως καύσιμο μεθανόλη χωρίς να απαιτεί τη μετατροπή της σε υδρογόνο. Σε αυτή την περίπτωση η μεθανόλη είναι αυτή που οξειδώνεται στην άνοδο. Η κατηγορία αυτή είναι πιο πρόσφατη των κυψελίδων PEM με αρκετά ακόμα προβλήματα προς επίλυση όπως η μεγάλη ποσότητα καταλύτη όπου απαιτείται. Ωστόσο, εάν η συγκεκριμένη τεχνολογία επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στη θέση των PEM κυψελών δε θα υπήρχε η ανάγκη

αναζήτησης εναλλακτικών τρόπων αποθήκευσης του καυσίμου όπως γίνεται στη δεύτερη περίπτωση με το υδρογόνο ενώ δε θα ήταν αναγκαία και η ανάπτυξη αναμορφωτών.

Ηλεκτρόδια κυψέλης

Τα ηλεκτρόδια της κυψέλης αποτελούν πολύπλοκες νανοδομές και περιέχουν καταλύτη, πόρους και ηλεκτρικά αγώγιμα υλικά. Όλες οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε μία κυψέλη καυσίμου αποτελούνται από δύο επιμέρους ημι-αντιδράσεις. Την οξείδωση (Αγγλ. Oxidation) του υδρογόνου η οποία πραγματοποιείται στην άνοδο και την αναγωγή (Αγγλ. Reduction) του οξυγόνου στην κάθοδο.

Με την οξείδωση του υδρογόνου παράγονται ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια), τα οποία μεταφέρονται μέσω της ιοντικά αγώγιμης μεμβράνης στην κάθοδο και ηλεκτρόνια τα οποία διοχετεύονται στο εξωτερικό κύκλωμα καθώς η διέλευση τους μέσα από τη μεμβράνη δεν είναι δυνατή.

Η αναγωγή του οξυγόνου γίνεται καθώς το οξυγόνο το οποίο παρέχεται από τον αέρα έρχεται σε επαφή με τα ιόντα υδρογόνου και παράγεται νερό και θερμότητα. Αντίθετα με τη διαδικασία της οξείδωσης, στη διαδικασία της αναγωγής δεν έχει ακόμα κατανοηθεί ο μηχανισμός της αντίδρασης πλήρως.

Η ταχύτητα της καθοδικής αντίδρασης είναι 100 φορές μικρότερη από αυτή της ανόδου και αυτό δημιουργεί ένα σημαντικό όριο στην απόδοση της κυψέλης. Η χαμηλή ταχύτητα αναγωγής του οξυγόνου οφείλεται σε 3 παράγοντες:

- Στη μεγάλη ισχύ του δεσμού του μοριακού οξυγόνου και στην αυξημένη σταθερότητα του δεσμού Pt - O ή Pt - OH.
- Στο ότι είναι αντίδραση μεταφοράς 4 ηλεκτρονίων
- Στην δημιουργία παραπροϊόντων όπως το H₂O₂ (OH-OH)

Αναμορφωτές

Οι κυψέλες καυσίμου βασίζονται στο υδρογόνο. Ωστόσο οποιοδήποτε υλικό το οποίο περιέχει υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, όπως η μεθανόλη, η αιθανόλη, το φυσικό αέριο, παράγωγα του πετρελαίου, υγρό προπάνιο κτλ. Μέσω της διαδικασίας της αναμόρφωσης (reforming) επιτυγχάνεται η παραγωγή υδρογόνου από τα υλικά αυτά και κατά αυτό τον τρόπο γίνεται εφικτή η χρήση του σε εφαρμογές όπως η κίνηση ενός οχήματος χωρίς να είναι απαραίτητη αποθήκευση του αυτού καθ' αυτού.

Οι αναμορφωτές φαίνεται να είναι αναγκαίοι αφού προς το παρόν δεν υπάρχει οργανωμένη υποδομή για την παράδοση υδρογόνου ενώ δεν υπάρχουν επίσης και αποτελεσματικοί τρόποι για την αποθήκευση του ώστε να επιτευχθεί η άμεση χρήση του.

Η αναμόρφωση μπορεί να λάβει χώρα σε μεγάλη, μεσαία ή μικρή κλίμακα. Παράδειγμα της πρώτης είναι η παραγωγή του υδρογόνου σε υγρή μορφή ύστερα από επεξεργασία των καυσίμων σε μεγάλα εργοστάσια παραγωγής. Παράδειγμα της δεύτερης αποτελούν οι ήδη υπάρχοντες σταθμοί ανεφοδιασμού. Τέλος αναμόρφωση μπορεί να γίνει τοπικά με την άμεση τροφοδότηση μιας κυψέλης καυσίμου από τον αναμορφωτή όπως για παράδειγμα σε ένα όχημα το οποίο τροφοδοτείται αρχικά με συμβατική βενζίνη την οποία μετατρέπει σε υδρογόνο προς χρήση στην κυψελίδα καυσίμου.

Στήλη κυψελών καυσίμου

Η απόδοση μιας κυψέλης καυσίμου δεν είναι 100% κι επομένως η θεωρητική τάση των 1,16 V δε συναντάται. Αντίθετα μια συνηθισμένη τιμή τάσης εξόδου ισούται περίπου με 0,7V . Ωστόσο επειδή αυτή η τάση είναι μικρή και επομένως ακατάλληλη για τις

περισσότερες πιθανές εφαρμογές της, γίνεται χρήση παραπάνω από μιας κυψέλης συνδεδεμένες μεταξύ τους σε σειρά, δημιουργώντας αυτό το οποίο ονομάζουμε στήλη κυψέλης καυσίμου (fuel cell stack). Ανάλογα με τη χρήση όπου προορίζεται η κυψέλη η στήλη μπορεί να αποτελείται από μερικές έως και εκατοντάδες κυψέλες. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου απαιτείται εκτός από μεγάλη τάση και μεγάλη ισχύ χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία στήλες σε σειρά.

Προκειμένου να μειωθεί ο συνολικός όγκος και βάρος της στήλης γίνεται χρήση αντί δύο πλακών καθορισμού της ροής των αερίων, μίας. Αυτή η πλάκα έχει δύο περιοχές με κανάλια μεταφοράς, μια σε κάθε μεριά της η οποία αναλαμβάνει τη μεταφορά και διαφορετικού αερίου (υδρογόνου ή αέρα) και ονομάζεται διπολική πλάκα (bipolar plate). Στα άκρα της κυψέλης βρίσκονται δύο απλές πλάκες.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο αδιαπέραστο από αέρια της στήλης διότι σε αντίθετη περίπτωση υδρογόνο και αέρας θα ενώνονταν άμεσα χωρίς την παραγωγή εκμεταλλεύσιμου ρεύματος. Η διπολική πλάκα πρέπει επίσης να είναι αγώγιμη ώστε το ρεύμα να μπορεί να κινηθεί από τη μία κυψέλη στην επόμενη.

5.3 Χαρακτηρισμός μπαταρίας

Χωρητικότητα (C)

Η χωρητικότητα της μπαταρίας καθορίζει το ποσό του ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία πριν αποφορτιστεί πλήρως. Η μονάδα SI της χωρητικότητας της μπαταρίας είναι το coulomb. Μια πιο γενική μονάδα μέτρησης για την χωρητικότητα της μπαταρίας είναι η αμπέρ-ώρα (Ah), με $1\text{Ah} = 3600\text{ C}$. Για παράδειγμα, μια μπαταρία 20 Ah μπορεί να παρέχει ρεύμα 1A για 20 ώρες ή 2A για 10 ώρες, ή θεωρητικά 20A για 1 ώρα. Αλλά γενικά, η χωρητικότητα της μπαταρίας εξαρτάται από το ρυθμό εκφόρτισης.

Υπάρχουν δύο τρόποι ένδειξης του ρυθμού εκφόρτισης της μπαταρίας: Ο ρυθμός C είναι ο ρυθμός σε αμπέρ, ενώ ο ρυθμός nC θα εκφορτίσει μια μπαταρία σε $1/n$ ώρες. Για παράδειγμα, ένας ρυθμός C / 2 θα εκφορτίσει μια μπαταρία σε 2 ώρες, και ένα ποσοστό 5C θα εκφορτίσει μια μπαταρία σε 0,2 ώρες. Για μια μπαταρία 2 Ah, ο ρυθμός C / 5 είναι 400 mA, ενώ ο ρυθμός 5C είναι 10 A.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το C εξαρτάται από τον ρυθμό εκφόρτισης ρεύματος της μπαταρίας σύμφωνα με την εξίσωση Peukert's. Για μια μπαταρία μολύβδου, η σταθερά Peukert μπορεί να κυμαίνεται από 2,0 έως 1,05 ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής.

Αποθηκευμένη ενέργεια

Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε μια μπαταρία εξαρτάται από την τάση της μπαταρίας και την ποσότητα φόρτισης που είναι αποθηκευμένη εντός. Η τιμή watt ή Wh είναι η μονάδα στο SI για την αποθηκευμένη ενέργεια. Υποθέστε μια σταθερά τάση για την μπαταρία. Έπειτα έχουμε :

$$E (\text{Wh}) = V \times C \quad (11.1)$$

όπου V είναι η τάση και C είναι η χωρητικότητα σε Ah. Η χωρητικότητα της μπαταρίας αλλάζει με το ρυθμό εκφόρτισης και το ρεύμα εκφόρτισης αυτό επηρεάζει επίσης την τιμή της τάσης.

Η αποθηκευμένη ενέργεια δεν είναι συνεπώς μια σταθερή ποσότητα και είναι συνάρτηση δύο μεταβλητών, δηλαδή της τάσης και της χωρητικότητας της μπαταρίας.

Κατάσταση φόρτισης (SOC) ή State of Charge

Βασική παράμετρος στο ηλεκτρικό όχημα είναι το SOC της μπαταρίας. Το SOC είναι ένα μέτρο της εναπομένουσας χωρητικότητας μιας μπαταρίας. Για να το ορίσουμε μαθηματικά, ας σκεφτούμε εντελώς αποφορτισμένη την μπαταρία. Η μπαταρία φορτίζεται με ρεύμα φόρτισης $I_b(t)$. επομένως από χρονική στιγμή t_0 έως t , μια μπαταρία θα κρατήσει ένα ηλεκτρικό φορτίο :

$$\int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau \quad (5.1)$$

Η συνολική φόρτιση που μπορεί να κρατήσει η μπαταρία δίνεται από τον τύπο

$$Q_o = \int_{t_0}^{t_2} I_b(\tau) d\tau \quad (5.2)$$

όπου t_2 είναι ο χρόνος διακοπής όταν η μπαταρία δεν φορτίζεται πλέον. Έπειτα,

το SOC μπορεί να εκφραστεί ως

$$\text{SOC}(t) = \frac{\int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau}{Q_o} \times 100\% \quad (5.3)$$

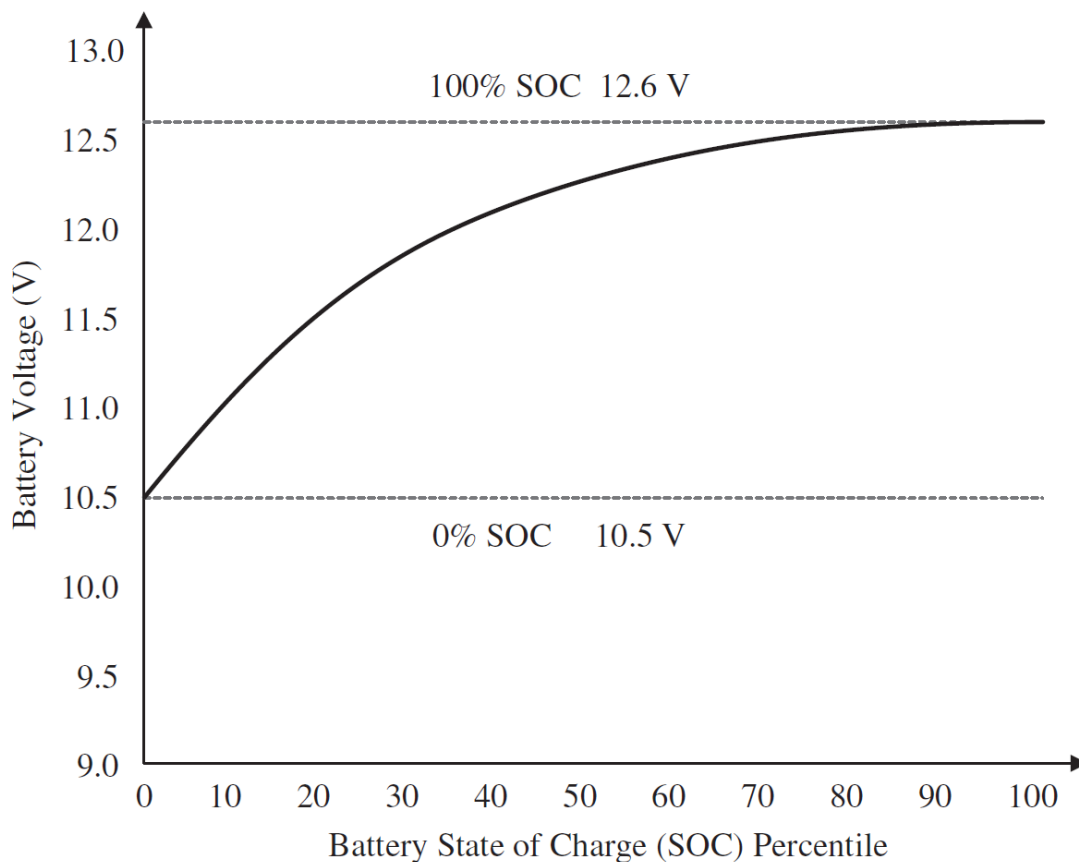
Συνήθως, το SOC μιας μπαταρίας διατηρείται μεταξύ 20 και 95%.

Ένα συνηθισμένο λάθος που οι άνθρωποι μπορεί να κάνουν σχετικά με τη φόρτιση μιας μπαταρίας είναι ότι όταν μια μπαταρία "είναι νεκρή", η τάση πηγαίνει από 12V στα 0 V (για μια μπαταρία 12V). Στην πραγματικότητα σε μια μπαταρία η τάση κυμαίνεται μεταξύ 12,6 V με SOC 100% έως περίπου 10,5 V με SOC περίπου 0%. Συνιστάται να μην πέσει το SOC κάτω από το 40%, το οποίο αντιστοιχεί σε τάση 11,9 V. Όλες οι μπαταρίες έχουν καμπύλη SOC συναρτήσεως τάσης η οποία μπορεί να είναι είτε να δίνεται από τα δεδομένα του κατασκευαστή είτε να προσδιοριστεί πειραματικά. Ένα παράδειγμα μια καμπύλη SOC συναρτήσεως τάσης μιας μπαταρίας μολύβδου φαίνεται στο σχήμα 5.4. Να σημειωθεί ότι για μια μπαταρία ιόντων λιθίου, η καμπύλη μπορεί να είναι πολύ πιο επίπεδη, ειδικά για το μέσο εύρος SOC από 40-80%.

Βάθος εκφόρτισης (DOD) ή Depth of Discharge

Το βάθος εκφόρτισης (DOD) είναι το ποσοστό της χωρητικότητας της μπαταρίας μέχρι το οποίο είναι σχεδιασμένη η μπαταρία να εκφορτίζεται. Το DOD δίνεται από τον τύπο

$$\text{DOD}(t) = \frac{Q_o - \int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau}{Q_o} \times 100\% \quad (5.4)$$



Σχήμα 5.4 Παράδειγμα καμπύλης SOC συναρτήσεως της τάσης για μπαταρία 12V

Γενικά, μια μπαταρία εμποδίζεται να έχει χαμηλό DOD. Η απόσυρση τουλάχιστον του 80% της χωρητικότητας της μπαταρίας θεωρείται ως βαθιά εκφόρτιση.

Μια σημαντική προφύλαξη είναι ότι η φόρτιση σε μια μπαταρία δεν πρέπει ποτέ να αποφορτιστεί έως μηδενική τάση, διαφορετικά η μπαταρία μπορεί να καταστραφεί μόνιμα. Έτσι, στην περίπτωση αυτή, ορίζεται μια τάση αποκοπής για την τάση της μπαταρίας έτσι ώστε η τάση στους ακροδέκτες της μπαταρίας ποτέ να μην πέσει κάτω από αυτή την τάση αποκοπής. Αυτό το σημείο αναφέρεται ως 100% DOD.

Ειδική ενέργεια

Η συγκεκριμένη ενέργεια σημαίνει πόση ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα μάζας της μπαταρίας. Η μονάδα SI για αυτήν την ποσότητα είναι watt-ώρες ανά χιλιόγραμμα. Μια σύγκριση της συγκεκριμένης ενέργειας διαφόρων πηγών ενέργειας δίνεται στον Πίνακα 5.1.

Πυκνότητα ενέργειας

Η ενεργειακή πυκνότητα σημαίνει πόση ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί ανά κυβικό μέτρο μπαταρίας. Υπολογίζεται διαιρώντας την ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία με τον όγκο της μπαταρίας.

Η μονάδα στο SI για την ενεργειακή πυκνότητα είναι watt-ώρες ανά κυβικό μέτρο.

Ειδική ισχύς και πυκνότητα ισχύος

Η ειδική ισχύς σημαίνει πόση ισχύς μπορεί να τροφοδοτηθεί ανά κιλό μπαταρίας. Σημειώστε ότι αυτή η ποσότητα εξαρτάται από το φορτίο που εξυπηρετεί η μπαταρία και επομένως είναι πολύ ευμετάβλητη. Η μονάδα στο SI της ειδικής ισχύος είναι watt ανά χιλιόγραμμα. Η ειδική ισχύς είναι η ικανότητα της μπαταρίας να τροφοδοτεί ενέργεια. Μεγαλύτερη ειδική ισχύς υποδεικνύει ότι το στοιχείο αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να δώσει και να πάρει ενέργεια γρήγορα. Η ειδική ισχύς καλείται επίσης και πυκνότητα ισχύος και υποδηλώνει το ποσό της ισχύος που μεταφέρεται ανά μονάδα χρόνου.

Πίνακας 5.1 Ειδική ενέργεια διαφόρων πηγών ενέργειας

Energy source	Specific energy (Wh/kg)
Gasoline	12 500
Natural gas	9350
Methanol	6050
Hydrogen	33 000
Coal	8200
Lead acid battery	35
Nickel metal hydride battery	50
Lithium-polymer battery	200
Lithium-ion battery	120
Flywheel (carbon fiber)	30
Ultracapacitor	3.3

Εάν μια μπαταρία έχει υψηλή ειδική ενέργεια, αλλά χαμηλή ειδική ισχύ, αυτό σημαίνει ότι η μπαταρία αποθηκεύει πολλή ενέργεια, αλλά την δίνει αργά. Χρησιμοποιείται μια γραφική παράσταση στο σχήμα 5.6 για την απεικόνιση της σχέσης μεταξύ της ειδικής ισχύος και της ειδικής ενέργειας μιας συγκεκριμένης μπαταρίας.

Απόδοση Αμπερωρίων

Απόδοση Αμπερωρίων είναι η αναλογία μεταξύ του ηλεκτρικού φορτίου που δίνεται κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης μιας μπαταρίας και της ηλεκτρικής φόρτισης που απαιτείται για την επαναφορά της μπαταρίας στο προηγούμενο επίπεδο φόρτισης. Στην πράξη, αυτές οι δύο τιμές δεν θα είναι ποτέ ίσες, περιορίζοντας την απόδοση σε κάτω από 100%. Οι τυπικές τιμές απόδοσης φόρτισης κυμαίνονται από 65 έως 90%. Η

αποτελεσματικότητα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος της μπαταρίας, η θερμοκρασία και ο ρυθμός φόρτισης.

Ενεργειακή απόδοση

Αυτή η σημαντική ποσότητα υποδεικνύει την ενεργειακή απόδοση της μετατροπής της ενέργειας της μπαταρίας, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας. Μπορεί να υπολογιστεί ως ο λόγος της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται από μια μπαταρία προς την απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας φόρτισης για να επιστρέψει η μπαταρία στο προηγούμενο SOC πριν την εκφόρτιση. Η απόδοση μειώνεται εάν μια μπαταρία αποφορτιστεί και φορτιστεί πολύ γρήγορα. Τυπικά, η ενεργειακή απόδοση μιας μπαταρίας κυμαίνεται από 55-95%.

Αριθμός βαθιών εκφορτίσεων και διάρκεια ζωής της μπαταρίας

Οι μπαταρίες των HO και των YHO μπορούν να υποβληθούν σε μερικές εκατοντάδες βαθιές εκφορτίσεις έως και 80% DOD της μπαταρίας. Διαφορετικοί τύποι μπαταριών και σχεδιασμοί έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικούς αριθμούς βαθιών κύκλων εκφόρτισης.

Επίσης, ο τύπος της χρήσης θα επηρεάσει τον αριθμό των βαθιών κύκλων που μπορεί να διατηρήσει μία μπαταρία πριν εμφανίσει δυσλειτουργία.

Πίνακας 5.2 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας κατάλληλων για HEV

Storage technology	Cycle life	Efficiency (%)	Specific power (W/kg)	Specific energy (Wh/kg)
Lead acid battery	500–800	50–92	150–400	30–40
Li-ion battery	400–1200	80–90	300–1500	150–250
Nickel metal hydride battery	500–1000	66	250–1000	30–80
Ultracapacitor	1 000 000	90	1000–9000	0.5–30
USABC long-term goals	1000	80	400	200

Οι προηγμένες μπαταρίες μολύβδου και ιόντων λιθίου είναι η πιο ελπιδοφόρα για εφαρμογή σε ΥΗΟ. Ενώ οι τεχνολογίες της μπαταρίας και των υπερπυκνωτών έχουν τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους, ο υβριδισμός θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση του οχήματος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Οι υπερπυκνωτές μπορούν να βοηθήσουν κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης.

Μια μπαταρία είναι ένα ηλεκτροχημικό κύτταρο που μπορεί να μετατρέψει τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια (οξειδοαναγωγική αντίδραση). Υπάρχουν τρία κύρια μέρη σε μια μπαταρία: ηλεκτρολύτης, άνοδος, και κάθοδος. Στην άνοδο, το "αρνητικό" τερματικό, λαμβάνει χώρα μια αντίδραση οξείδωσης και το ηλεκτρόδιο χάνει ηλεκτρόνια. Στην κάθοδο, το "θετικό" τερματικό, μια αντίδραση οξείδωσης λαμβάνει χώρα και το ηλεκτρόδιο αποκτά ηλεκτρόνια. Υπάρχει επίσης ένα πορώδες διαχωριστικό υλικό μεταξύ των δύο ηλεκτρόδιων.

Μπαταρία μολύβδου

Αυτός ο τύπος μπαταρίας είναι ο πρώτος και ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος στην αυτοκινητοβιομηχανία. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται ευρέως ως μπαταρία εκκίνησης για την παροχή του σπινθήρα για την εκκίνηση αυτοκινήτου. Μία από τις πλάκες είναι κατασκευασμένη από μόλυβδο ενώ η άλλη πλάκα είναι από διοξείδιο του μολύβδου. Ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από θειικό οξύ. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να διαρκούν πολύ καιρό αν φορτιστούν και αποφορτιστούν σωστά.

Ο λόγος ενέργειας προς όγκο είναι χαμηλός για μια μπαταρία μολύβδου. Αυτός ο λόγος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της εμβέλειας οδήγησης ενός ΗΟ. Ο τρόπος αντιμετώπισης των χρησιμοποιημένων μπαταριών μολύβδου είναι άλλος σοβαρό πρόβλημα. Ως αποτέλεσμα, αυτός ο τύπος μπαταρίας δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις

απαιτήσεις για μελλοντικά φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα. Ευτυχώς, οι μπαταρίες μολύβδου έχουν πολύ υψηλή ανακύκλωση με καλή υποδομή ανακύκλωσης.

Μπαταρία νικελίου

Η μπαταρία NiMH είναι ένας νέος τύπος μπαταρίας υψηλής χωρητικότητας. Η τεχνολογία της έχει αυξηθεί ταχύτατα τα τελευταία πέντε χρόνια. Έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η φιλικότητα προς το περιβάλλον, υψηλή ειδική πυκνότητα ενέργειας και μακροχρόνια διάρκεια ζωής. Η μπαταρία NiMH έχει ήδη ένα καλό μερίδιο αγοράς ως αποθήκευση ενέργειας σε ΥΗΟ.

Μπαταρία ιόντων λιθίου

Στις μπαταρίες ιόντων λιθίου, τα ιόντα Li μετακινούνται εναλλακτικά προς τα έξω και προς τα έξω από τα πλέγματα υποδοχής κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης. Στη φυσική της σύνθεση, μια μπαταρία ιόντων λιθίου έχει πλάκες ανόδου και καθόδου όπως μια μπαταρία μολύβδου, εκτός από το ότι είναι κατασκευασμένες από οξείδιο του κοβαλτίου (ή άλλα σύνθετα του λιθίου) και άνθρακα. Αυτές οι πλάκες και ο διαχωριστής είναι βυθισμένες σε διαλύτη ο οποίος είναι συνήθως αιθέρας [4]. Αυτός ο τύπος μπαταρίας μπορεί να έχει πολύ υψηλή πυκνότητα ενέργειας.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν έχουν το "εφέ μνήμης" που προκαλεί άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες να χάνουν τη μέγιστη χωρητικότητα όταν επαναφορτίζονται επανειλημμένα ή δεν φορτίζονται σε πλήρη χωρητικότητα.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου επηρεάζονται επίσης το περιβάλλον λιγότερο λόγω της σύνθεσής τους. Σε αντίθεση με τις μπαταρίες μολυβδου, έχουν πολύ χαμηλότερο ρυθμό αυτοεκφορτίσης, που είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό εάν παραμείνουν καιρό αφόρτιστες. Αυτές οι μπαταρίες έχουν επίσης υψηλότερη αναλογία ισχύος προς όγκο που επίσης τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία. Δύο από τα τελευταία ΗΟ, το Nissan Leaf και η Chevy Volt, και οι δύο χρησιμοποιούν μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Ωστόσο, οι μπαταρίες μολύβδου παραμένουν οι κυρίαρχες λόγω του κόστους και του γεγονότος ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου απαιτούν πολύ μεγαλύτερη προσοχή σε θέματα ασφάλειας. Αυτές οι μπαταρίες είναι πολύ πιο επιρρεπείς σε υπερφόρτιση και υπερβολική εκφόρτιση και τους σχετικούς κινδύνους για την ασφάλεια.

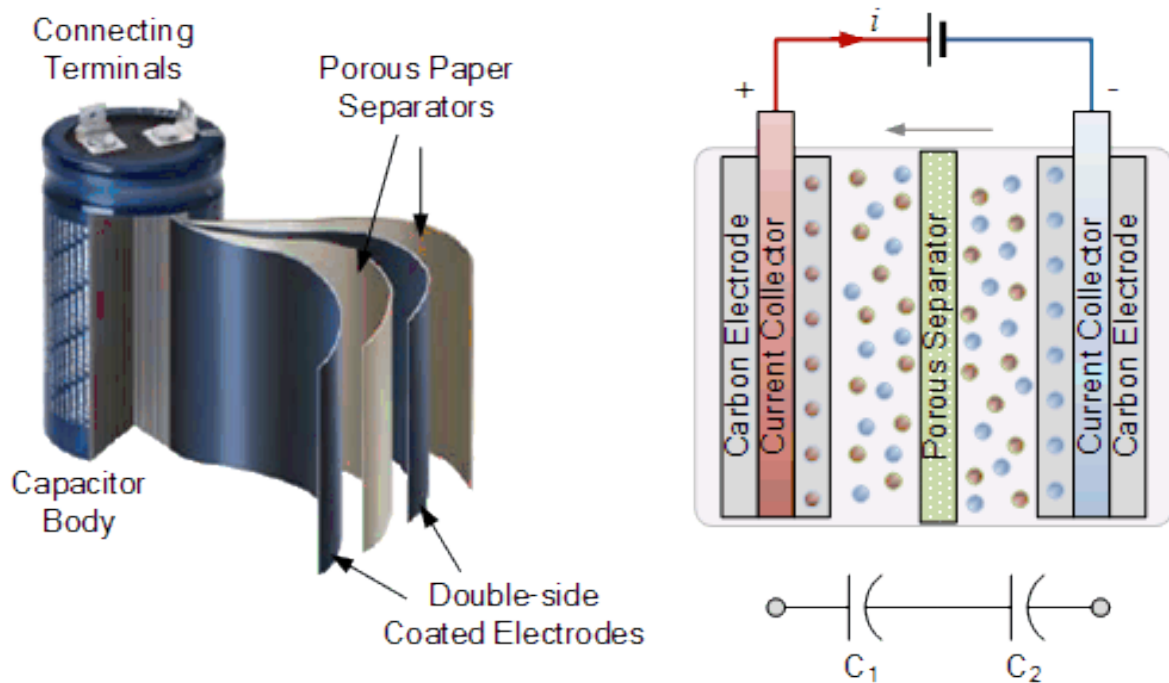
Η υπερφόρτιση ή η υπερβολική εκφόρτιση της μπαταρίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στις πλάκες στο εσωτερικό της μπαταρίας. Η υπερφόρτιση μπορεί επίσης να προκαλέσει εξαέρωση του ηλεκτρολύτη και αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη, επομένως είναι απαραίτητο ένα ακριβές ρυθμιστικό σύστημα.

Η μείωση της ζωής λόγω αυτής της επίδρασης είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στις μπαταρίες μολύβδου. Η ίδια αντίδραση συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται ακατάλληλα, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και τον κίνδυνο από μια έκρηξη. Σε περίπτωση φόρτισης ή εκφόρτισης μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου, η τάση πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά επειδή τα απόλυτα όρια είναι τόσο κοντά στο απαιτούμενο ποσοστό 100% της τάσης SOC .

5.4 Υπερπυκνωτές

Οι υπερπυκνωτές έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, με πολύ χαμηλότερες απαιτήσεις συντήρησης, βελτιωμένη απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Σε έναν υπερπυκνωτή διπλού στρώματος οι οπλισμοί του υπερπυκνωτή αποτελούνται από μια πορώδη επιφάνεια με μεγάλη εσωτερική ενεργό επιφάνεια, ώστε να βοηθάει στην απορρόφηση ιόντων, παρέχοντας έτσι μεγάλη πυκνότητα φορτίων. Οι οπλισμοί βρίσκονται βυθισμένοι σε υγρό ηλεκτρολύτη, ο οποίος περιέχει ελεύθερα φορτία στη μορφή ιόντων. Ανάμεσά τους παρεμβάλλεται μια πολύ λεπτή πορώδης διαχωριστική μεμβράνη, η οποία εμποδίζει την επαφή των οπλισμών αφήνοντας όμως

τα ιόντα να την διαπερνούν. Κατά τη φόρτισή του, τα ηλεκτρόδια φορτίζονται με αντίθετα φορτία, προκαλώντας ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο συγκρατεί στον πυκνωτή το συγκεντρωμένο φορτίο. Τα ηλεκτρόνια που είναι συγκεντρωμένα στο ένα ηλεκτρόδιο, έλκουν τα θετικά ιόντα του ηλεκτρολύτη και τα θετικά φορτία στο άλλο ηλεκτρόδιο έλκουν τα αρνητικά ιόντα του ηλεκτρολύτη. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια χωρητικότητα μεταξύ των ιόντων και της επιφάνειας του σπλισμού. Το μοναδικό μειονέκτημα για τους υπερπυκνωτές είναι το αρχικό τους κόστος και η σχετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα σε σύγκριση με τις μπαταρίες. Σε αντίθεση με τις μπαταρίες, δεν απαιτούνται χημικές αντιδράσεις για την αποθήκευση και την ανάκτηση της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι η ενεργειακή απόδοση είναι πιο υψηλή. Το SOC του υπερπυκνωτή είναι ευκολότερο να εκτιμηθεί από εκείνο μιας μπαταρίας επειδή το η τάση είναι η μόνη απαραίτητη μέτρηση (το SOC είναι ανάλογο με



Σχήμα 5.5 Εσωτερική δομή ενός υπερπυκνωτή

το V^2). Επίσης, οι υπερπυκνωτές μπορούν να φορτιστούν σε μια συγκεκριμένη τιμή και, λόγω της διάρκειας ζωής και του μηχανισμού φόρτισης, μπορούν να κρατήσουν την φόρτιση αυτή ουσιαστικά χωρίς απώλειες. Οι μπαταρίες δεν είναι σε θέση να το επιτύχουν αυτό. Οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι φόρτισης και εκφόρτισης μιας μπαταρίας μολύβδου ή μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου μπορεί να είναι επιζήμιοι για την διάρκεια ζωής τους. Ωστόσο, αυτό δεν συμβαίνει με έναν υπερπυκνωτή.

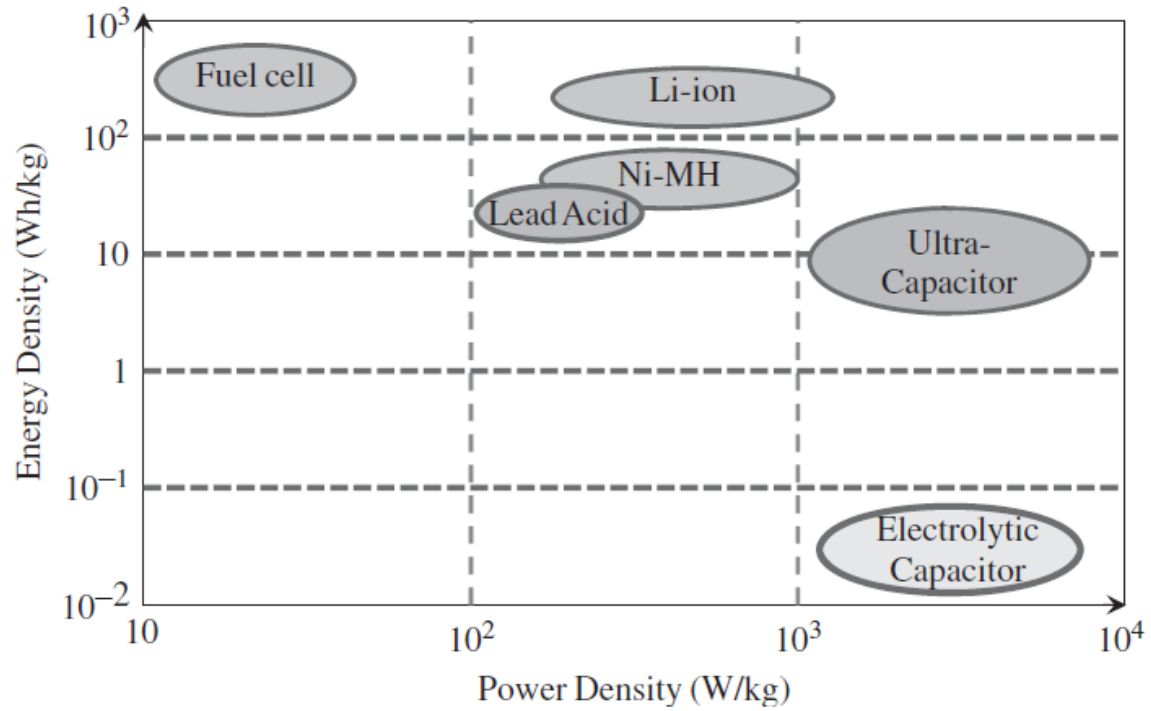
Οι υπερπυκνωτές παρέχουν μεγαλύτερη ελευθερία στην τάση ζεύξης DC ή οπουδήποτε αλλού χρησιμοποιούνται επειδή η φόρτιση τους δεν απαιτεί κάποια συγκεκριμένη τιμή τάσης. Όποια και αν είναι η τάση που φορτίζονται αυτήν θα διατηρήσουν. Ως αποτέλεσμα, μια υβριδική τοπολογία που αποτελείται από υπερπυκνωτές είναι επιθυμητή όταν απαιτούνται μεταβλητές τάσεις για την τροφοδοσία κυκλωμάτων. Αυτό θα ήταν ωφέλιμο σε φορητές πηγές τροφοδοσίας κυψελών καυσίμου ή υπερπυκνωτών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή σε καταστάσεις γενικής χρήσης. Μια τεράστια ποικιλία φορτίων ή συσκευών θα μπορούσε να τροφοδοτηθεί από αυτό το σύστημα.

Οι υπερπυκνωτές επιτρέπουν την ταχεία φόρτιση και εκφόρτιση. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για ταχύτερη και αποδοτικότερη ανάκτηση ενέργειας σε HEV καθώς και για ταχεία φόρτιση των BYHO. Οι απλές μέθοδοι φόρτισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να χρειάζονται εξελιγμένα αλγόριθμο ανίχνευσης του SOC, και υπάρχει μικρός κίνδυνος υπερφόρτισης όσο η τάση είναι κάτω από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή. Οι υπερπυκνωτές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (της τάξης των εκατομμυρίων κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης), με μικρή υποβάθμιση πάνω από εκατοντάδες χιλιάδες κύκλους εκφόρτισης-φόρτισης. Σε σύγκριση, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες διαρκούν μόνο μερικές εκατοντάδες βαθιούς κύκλους εκφόρτισης-φόρτισης.

Η ενεργειακή πυκνότητα του υπερπυκνωτή είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή της ηλεκτροχημικής μπαταρίας (3-5 Wh / kg για έναν υπερπυκνωτή σε σύγκριση με 30-40 Wh / kg για μια μπαταρία μολύβδου, και 120 Wh / kg ή περισσότερο για μια μπαταρία

ιόντων λιθίου) και η πυκνότητα ενέργειας είναι μόνο περίπου 1/1000 της βενζίνης. Όπως σε κάθε πυκνωτή, η αποθηκευμένη ενέργεια είναι μια συνάρτηση της τάσης στο τετράγωνο. Η αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση ενέργειας απαιτεί πολύπλοκες ηλεκτρονικές συσκευές κυκλώματα ελέγχου και εξισορρόπησης με ηλεκτρονικά ισχύος. Η αυτοεκφόρτιση του υπερπυκνωτή είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν μιας ηλεκτροχημικής μπαταρίας και επομένως είναι κατάλληλοι μόνο για βραχυπρόθεσμη αποθήκευση ενέργειας. Μια τεράστια ποσότητα ενέργειας θα μπορούσε να απελευθερωθεί σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου από έναν υπερπυκνωτή και αυτό θα μπορούσε να είναι απειλητικό για την ζωή αν προφυλάξεις δεν έχουν ληφθεί. Η εσωτερική αντίσταση των υπερπυκνωτών είναι πολύ χαμηλή, κάτι που οδηγεί σε υψηλή απόδοση φόρτισης-εκφόρτισης (95% ή περισσότερο). Από περιβαλλοντικής απόψεως, οι υπερπυκνωτές είναι ασφαλέστεροι για το περιβάλλον καθώς δεν περιέχουν ηλεκτρολύτες ή άλλα ιδιαίτερα τοξικά υλικά. Σε σύγκριση, οι χημικοί ηλεκτρολύτες των επαναφορτιζόμενων μπαταριών παρουσιάζουν κίνδυνο για την ασφάλεια και κίνδυνο κατά την εκποίηση.

Μια σύγκριση της πυκνότητας ισχύος και της ενεργειακής πυκνότητας των διαφόρων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας απεικονίζεται στο Σχήμα 5.6.



Σχήμα 5.6 Σύγκριση πυκνότητας ισχύος και ενεργειακής πυκνότητας για διάφορα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας σε ΥΗΟ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία αναλύσαμε τους διάφορους τύπους των ηλεκτρικών οχημάτων. Παρουσιάσαμε τις λειτουργίες όχημα προς δίκτυο και δίκτυο προς όχημα και αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους. Ήταν εμφανές το πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που έχει η ενσωμάτωση του ηλεκτρικού οχήματος στο έξυπνο δίκτυο, η αντιμετώπιση δηλαδή των ενεργειακών ζητήσεων αιχμής που μέχρι στιγμής αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στο υπάρχον παραδοσιακό δίκτυο. Χάρη στο παράδειγμα με την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο έξυπνο δίκτυο φάνηκε εμφανέστατα πόσο ευέλικτο κάνει το δίκτυο η εφαρμογή αυτή σε συνδυασμό και με την χρήση ενός στόλου από ηλεκτρικά οχήματα για την αποθήκευση ενέργειας όταν αυτή είναι πλεονάζουσα και επαναχρησιμοποίηση της κατά τις ώρες αιχμής που υπάρχει ενεργειακό έλλειμμα. Με την πρόοδο της τεχνολογίας και με την χρήση πλέον του διαδικτύου είναι σίγουρο ότι τα όποια προβλήματα παρουσιαστούν στα πλαίσια της συνεργασίας των ηλεκτροκίνητων οχημάτων και του έξυπνου δικτύου θα αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά.

Πολλά είναι τα προβλήματα που αρχίζουν να ξεπερνούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προκειμένου να καταλάβουν τον κόσμο. Ένα από αυτά είναι το υψηλό κόστος τους, που οφείλεται κυρίως στις μπαταρίες τους, οι οποίες, ωστόσο, όλο και φθηναίνουν. Το 2024, όπως εκτιμούν οι αναλυτές, η τιμή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου θα φτάσει αυτήν ενός συμβατικού.

Ταχύτερα από ό,τι θα περίμενε κανείς, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα γίνονται εξίσου οικονομικά και πρακτικά με τα συμβατικά οχήματα. Οι τιμές για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου πέφτουν και οι τεχνολογικές εξελίξεις βοηθούν ώστε να αυξηθεί το λειτουργικό βεληνεκές του αυτοκινήτου, ενώ περιορίζονται και οι χρόνοι φόρτισης. Ωστόσο, από το μέλλον των ηλεκτρικών αυτοκινήτων λείπουν ακόμα κάποια κομμάτια. Κάποιες

σημαντικές πρώτες ύλες εξακολουθούν να σπανίζουν. Δεν υπάρχουν αρκετοί σταθμοί φόρτισης και τα αυτοκίνητα που κινούνται με μπαταρίες εξακολουθούν να κοστίζουν πολύ περισσότερο από τα βενζινοκίνητα οχήματα. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες αποδύονται σε αγώνα προκειμένου να υπερκεράσουν τα προβλήματα.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι το ηλεκτρικό όχημα με συσσωρευτή, ως μονάδα διεσπαρμένης αποθήκευσης ενταγμένη σε ένα «ευφυές» δίκτυο, μπορεί αφενός να λειτουργήσει ως συνδετικός κρίκος μεταξύ ΑΠΕ και δικτύου και αφετέρου μπορεί να συμβάλλει κατά τρόπο αξιόπιστο στη μείωση της αιχμής ζήτησης και στη μείωση εκπομπών ρύπων, ενισχύοντας παράλληλα και την αξιοπιστία του δικτύου. Η παραπάνω πρακτική μπορεί να βρει κάλλιστα εφαρμογή στα ελληνικά νησιά και κυρίως στα μη διασυνδεδεμένα, με εντυπωσιακά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών, στην αξιοπιστία του δικτύου, αλλά και στην «τσέπη» του πολίτη. Η Πολιτεία είναι αυτή που τώρα θα πρέπει να βοηθήσει προκειμένου να διευκολύνει τη διεξόδυση πράσινων αυτοκινήτων θεσπίζοντας πρόσθετα μέτρα, όπως εφαρμογή προγράμματος απόσυρσης με συνδυασμό επιδοτούμενης αγοράς υβριδικού ή ηλεκτρικού αυτοκινήτου, οργάνωση δημόσιου δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων, μετατροπή δημόσιων και δημοτικών οχημάτων σε υβριδικά ή αγορά νέων ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς επίσης ειδική τιμολογιακή πολιτική και ελαφρύνσεις για τους κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, θα πρέπει να καλλιεργηθούν συνθήκες ευαισθητοποίησης των πολιτών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος και επομένως αναδιάταξης των προτεραιοτήτων τους στον πίνακα των κριτηρίων με τα οποία αποφασίζουν τις αγορές νέων αυτοκινήτων ή τις αποσύρσεις των παλαιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kempton W, Letendre SE (1997) Electric vehicles as a new power source for electric utilities. *Transp Res Part D Transp Environ* 2:157–175
2. Kempton W, Kubo T (2000) Electric-drive vehicles for peak power in Japan. *Energy Policy* 28:9–18
3. Kempton W, Tomic´ J (2005) Vehicle-to-grid power fundamentals: calculating capacity and net revenue. *J Power Sources* 144:268–279
4. Kempton W, Tomic´ J (2005) Vehicle-to-grid power implementation: from stabilising the grid to supporting large-scale renewable energy. *J Power Sources* 144:280–294
5. REN21. Renewables (2014) Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat) 2014. Available at www.ren21.net
6. Mints P. PV Costs/ASPs/Shipments & Cost Price Delta, 2003–2014. *Solar Flare*, Issue 1, 2014
7. Rüther R, Zilles R (2011) Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. *Energy Policy* 39:1027–1030
8. Perez R, Seals R, Herig C (1996) PV can add capacity for the grid. NREL Publications, Golden, USA. DOC/GO-10096-262
9. Perez R, Letendre S, Herig C (2001) PV and grid reliability: availability of PV power during capacity shortfalls. In: *Proceedings of the American Solar Energy Society—ASES annual conference*, Washington, DC, pp 1–4

10. Jardim CS, Rüther R, Salamoni IT, Viana TS, Rebechi SH, Knob PJ (2008) The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil. *Energy Build* 40:365–370
11. Méndez VH, Rivier J, de la Fuente JI, Gómez T, Arceluz J, Marín J, Madurga A (2006) Impact of distributed generation on distribution investment deferral. *Electr Power Energy Syst* 28:244–252
12. Jimenez H, Calleja H, González R, Huacuz J, Lagunas J (2006) The impact of photovoltaic systems on distribution transformer: a case study. *Energy Convers Manag* 47:311–321
13. Rüther R, Knob PJ, Jardim CS, Rebechi SH (2008) Potential of building-integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime feeders in urban areas in Brazil. *Energy Convers Manag* 49:1074–1079
14. Napolini HF, Militão HSG, Rüther R (2010) The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. *Energy Convers Manag* 51:2835–2845
15. Napolini HF, Rüther R (2011) The impacts of solar water heating in low-income households on the distribution utility's active, reactive and apparent power demands. *Sol Energy* 85:2023–2032
16. Rüther R, Pereira Junior LC, Pfitscher PH, Viana TS (2011) Assessing the potential of electric vehicles and photovoltaics in a smart-grid environment in Brazil. In: *Proceedings of the 3rd European conference on smart-grids and e-mobility*, pp 172–179
17. Zahedi A (2006) Solar photovoltaic (PV) energy; latest developments in the building integrated and hybrid PV systems. *Renew Energy* 31:711–718

18. Urbanetz J, Zomer CD, Rüther R (2011) Compromises between form and function in gridconnected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites. *Build Environ* 46:2107–2113
19. Ordenes M, Marinoski DL, Braun P, Rüther R (2007) The impact of building-integrated photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil. *Energy Build* 39:629–642
20. Rüther R, Braun P (2009) Energetic contribution potential of building-integrated photovoltaics on airports in warm climates. *Sol Energy* 83:1923–1931
21. Heipled S, Sailor DJ (2008) Using building energy simulation and geospatial modeling techniques to determine high resolution building sector energy consumption profiles. *Energy Build* 40:1426–1436 218 R. Rüther et al.
22. Braun P, Rüther R (2010) The role of grid-connected, building-integrated photovoltaic generation in commercial building energy and power loads in a warm and sunny climate. *Energy Convers Manag* 51:2457–2466
23. Chan AT, Yeung VCH (2005) Implementing building energy codes in Hong Kong: energy savings, environmental impacts and cost. *Energy Build* 37:631–642
24. Brogren M, Green A (2003) Hammarby Sjostad—an interdisciplinary case study of the integration of photovoltaics in a new ecologically sustainable residential area in Stockholm. *Sol Energy Mater Sol Cells* 75:761–765
25. Burger B, Rüther R (2006) Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature. *Sol Energy* 80:32–45
26. Jones DL, Hattersley L, Ager R (2000) Photovoltaics in buildings BIPV projects. *Energy Technology Support Unit (ETSU), Harwell (United Kingdom) Department of trade and*

industry. Available at www.opengrey.eu/partner/bldsc

27. Pantic S, Candanedo L, Athienitis AK (2010) Modeling of energy performance of a house with three configurations of building-integrated photovoltaic/thermal systems. *Energy Build* 42:1779–1789

28. Parker DS (2009) Very low energy homes in the United States: perspectives on performance from measured data. *Energy Build* 41:512–520

29. Penga C, Huang Y, Wub Z (2011) Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China. *Energy Build* 43:3592–3598

30. Sun LL, Yang HX (2010) Impacts of the shading-type building-integrated photovoltaic claddings on electricity generation and cooling load component through shaded windows. *Energy Build* 42:455–460

31. Mardaljevic J, Rylatt M (2003) Irradiation mapping of complex urban environments: an image-based approach. *Energy Build* 35:27–35

32. Santos IP, Rüther R (2012) The potential of building-integrated (BIPV) and building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family, urban residences at low latitudes in Brazil. *Energy Build* 50:290–297

33. Rüther R (1998) Experiences and operational results of the first grid-connected, building-integrated thin film photovoltaic installation in Brazil. In: Proceedings of the 2nd world conference and exhibition of photovoltaic solar energy conversion, Vienna, Austria, pp 2655–2658

34. Rüther R, Dacoregio MM (2000) Performance assessment of a 2kWp grid-connected, building-integrated, amorphous silicon photovoltaic installation in Brazil. *Prog Photovolt Res Appl* 7:257–266

35. Stabler DL, Wronski CR (1977) Reversible conductive charges in thin charge produced amorphous silicon. *Appl Phys Lett* 31:292–294

36. Rütther R, Livingstone J (1994) Seasonal variations in amorphous silicon solar module outputs and thin film characteristics. *Sol Energy Mater Sol Cells* 36:29–43
37. Rütther R (1999) Demonstrating the superior performance of thin-film, amorphous silicon for building-integrated PV systems in warm climates. In: Proceedings of the international solar energy society's solar world congress. ISES, Jerusalem, Israel, pp 221–224
38. Radasol, Laboratório de Energia Solar—GESTE—PROMEC, Porto Alegre. Available at www.solar.ufrgs.br
39. SWERA (2011) Solar and wind energy resource assessment programme, UNEP 2011. Available at <http://swera.unep.net/>
40. Drude L, Pereira Junior LC, Rütther R (2014) Photovoltaics and electric vehicle-to-grid (V2G) strategies for peak demand reduction in urban regions in Brazil in a smart grid environment. *Renew Energy* 68:443–451
41. Dallinger D, Krampe D, Wietschel M (2010) Vehicle-to-grid regulation based on a dynamic simulation of mobility behavior. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI), Working Papers Sustainability and Innovation S4/2010
42. Tomic´ J, Kempton W (2007) Using fleets of electric-drive vehicles for grid support. *J Power Sources* 168:459–468 7 Strategies for Plug-In Electric Vehicle-to-Grid (V2G) ... 219
43. Biere D, Dallinger D, Wietschel M (2009) Ökonomische analyse der erstnutzer von elektrofahrzeugen. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 33:173–181
44. Rosenkranz C (2003) Deep cycle batteries for plug-in hybrid application. EVS-20 Plug-in

Hybrid Workshop, Long Island-CA, United States

45. Meinhardt M (2007) Pv-systemtechnik—ein motor der kostenreduktion für die photovoltaische stromerzeugung. SMA Technologie AG, Niestetal. Available at www.fvsonnenenergie.de

[/fileadmin/publikationen/tmp_vortraege_jt2007/th2007_15_meinhardt.pdf2241](#)

46. Hartmann N, Özdemir E (2011) Impact of different utilization scenarios of electric vehicles on the german grid in 2030. J Power Sources 196:2311–2318

47. Pereira Junior LC (2011) A interação entre geradores solares fotovoltaicos e veículos elétricos conectados à rede elétrica pública. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC

48. <http://www.electrologos.gr/news/399>

49. Andersson, S.-L., A.k. Elofsson, M.d. Galus, L. Göransson, S. Karlsson, F. Johnsson, and G.

50. Andersson. "Plug-in Hybrid Electric Vehicles as Regulating Power Providers: Case Studies of Sweden and Germany." Energy Policy 38.6 (2010): 2751-762. Print.

51. http://library.tee.gr/digital/m2367/m2367_vovos.pdf

52. <http://docplayer.gr/1434894-Energeiako-grafeio-aigaioy-ilektrika-aytokinita-giorgos-emmanoyilidis.html>

53. "BATTERY." Nissan USA. N.p., 2012. Web. Jan. 2013.

<http://www.nissanusa.com/leaf-electric-car/battery>.

54. Berst, Jesse. "Why Distributed Energy Is Your next Big Headache (and What EPRI Says to Do)." Smartgridnews.com. N.p., 12 Dec. 2012. Web. 28 Dec. 2012.

55. Briones, Adrene; et al. Vehicle-to-Grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes

56. <http://www.sealab.gr/download/attachments/15565814/6.jpg?version=1&modificationDate=1427465044000>

57. <http://www.surrey.ca/community/12250.aspx>

58. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%85%CF%88%CE%AD%CE%BB%CE%B7_%CE%BA%CE%B1%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%BF%CF%85#/media/File:Fuel_cell_NASA_p48600ac.jpg

59. "Assessment of Plug-in Electric Vehicle Integration with ISO/RTO Systems." Isorto.org. The ISO/RTO Council, Mar. 2010. Web. Jan. 2013.