

**Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Σ.Τ.Ε.Φ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ  
ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

**(STUDY ON CONSTRUCTION ELECTRICAL VEHICLE CHARGING STATION)**

**Επιβλέπων καθηγητής : Ζουντουρίδου Εριέττα**

**Σπουδαστές :**

**Γερογιάννης Ευάγγελος**  
**(Α.Μ. 37820)**

**Λάσκαρης Θωμάς**  
**(Α.Μ. 38226)**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μας εργασίας, κα Εριέττα Ζουντουρίδου, εργαστηριακή συνεργάτη του Α.Τ.Ε.Ι Πειραιά για την εμπιστοσύνη και στήριξη που μας έδειξε στην επιλογή του θέματος μελέτης της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια λάβαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της.

Ευχαριστούμε επίσης και τον αδερφό και φίλο Γερογιάννη Χρήστο για τις συμβουλές του όσον αφορά τον σχεδιασμό τμημάτων της εργασίας σε AutoCAD και LUMION.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την απέραντη ψυχολογική υποστήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	1
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	1
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ .....	1
1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	2
1.3 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	2
1.4 ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ (Smart Grid) .....	3
1.4.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	4
1.5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	5
1.6 ΑΣ ΜΙΚΡΟ-ΔΙΚΤΥΟ.....	8
1.6.1 ΔΟΜΗ ΑΣ ΜΙΚΡΟ-ΔΙΚΤΥΟΥ .....	8
1.6.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ .....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	13
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	13
2.1 ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	13
2.2 Η ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	13
2.3 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ.....	14
2.4 ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΗΛΕΚΤΡΟΙΑ ΚΑΙ ΟΠΕΣ .....	16
2.5 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ .....	16
2.6 Η ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ.....	17
2.7 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	18
2.8 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	18
2.9 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	19
2.10 ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	21
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ .....	21
3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	21
3.1.1 ΜΟΛΥΒΔΟΥ-ΟΞΕΩΣ .....	21
3.1.2 ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΚΑΔΜΙΟΥ .....	22
3.1.3 ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΙΔΡΙΔΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ .....	22
3.1.4 ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ .....	23

3.2 ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ .....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	25
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ (CONVERTERS) DC-DC, DC-AC και AC-DC.....	25
4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	25
4.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ (DC-DC CONVERTER).....	25
4.3 Ο ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC-AC (INVERTER).....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	27
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ .....	27
5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	27
5.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....	29
5.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....	30
5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	31
5.5 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ .....	32
5.6 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	35
ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs.....	35
6.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	35
6.2 ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	36
6.2.1 Ο ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ III.....	36
6.2.2 ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΑ .....	36
6.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	36
6.2.4 ΣΧΕΔΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	37
6.2.5 ΟΙ ΤΑΧΥΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΜΕ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ CHAdeMO .....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....	40
ΠΡΟΤΥΠΑ.....	40
7.1 ΥΠΟΔΟΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	40
7.2 Ο ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	43
7.3 ΑΓΩΓΙΜΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ - ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΒΥΣΜΑΤΑ .....	44

7.4 ΠΡΟΤΥΠΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	44
7.4.1 ΠΡΟΤΥΠΟ SAE (Society of Automotive Engineers) .....	44
7.4.2 ΠΡΟΤΥΠΟ IEC (The International Electrotechnical Commission).....	45
7.5 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	46
7.6 ΠΡΟΤΥΠΟ ΙΑΠΩΝΙΑ .....	52
7.7 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	52
7.7.1 ΕΥΡΩΠΗ .....	52
7.7.2 ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ.....	53
7.8 Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ .....	53
7.8.1 ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ.....	54
7.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .....	56
ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	56
8.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ.....	56
8.2 ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	58
8.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ .....	59
8.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 .....	61
ΕΞΥΠΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	61
9.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ.....	61
9.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	62
9.2.1 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	62
9.2.1.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	62
9.2.1.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	62
9.2.1.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	63
9.2.1.4 ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	64
9.2.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	65
9.2.2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΙΣΜΟΣ (ΔΟΚΙΜΗ) ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	67
9.2.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ .....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 .....	70
ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ .....	70
10.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	70
10.2 ΤΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	71
10.2.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	71
10.2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	72
10.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
10.4 ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	73
10.4.1. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ.....	73
10.4.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ .....	74
10.4.3 Η ΕΞΥΠΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ (INTELLIGENTIZE) <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
10.5 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ .....	75
10.5.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΣΧΔΙΑΣΜΟΣ.....	75
10.6 ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ Ο ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥΣ <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 .....	77
ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	77
11.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	77
11.2 ΤΡΕΞΙΜΟ-ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΑΥΤΟΣΥΝΑΓΕΡΜΟΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.	77
11.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑC ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ .....	78
11.3.1 ΓΡΑΜΜΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ.....	78
11.3.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ .....	79
11.3.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΣΤΗ.....	79
11.3.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	79
11.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΝΗΣΙΔΑΣ.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 .....	82
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	82
12.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
12.2 ΚΙΝΗΤΡΑ .....	84

12.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs .....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 .....	86
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΦΕΔΡΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
13.1 ΣΥΣΤΗΜΑ.....	86
13.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ.....	87
13.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	89
13.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	92
13.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ (INVERTER).....	93
13.6 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΟΡΤΙΣΤΗ.....	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 .....	96
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs.....	96
14.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ Terra 51 .....	96
14.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station .....	97
14.3. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14.5. ΜΟΝΟΓΡΑΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	102

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

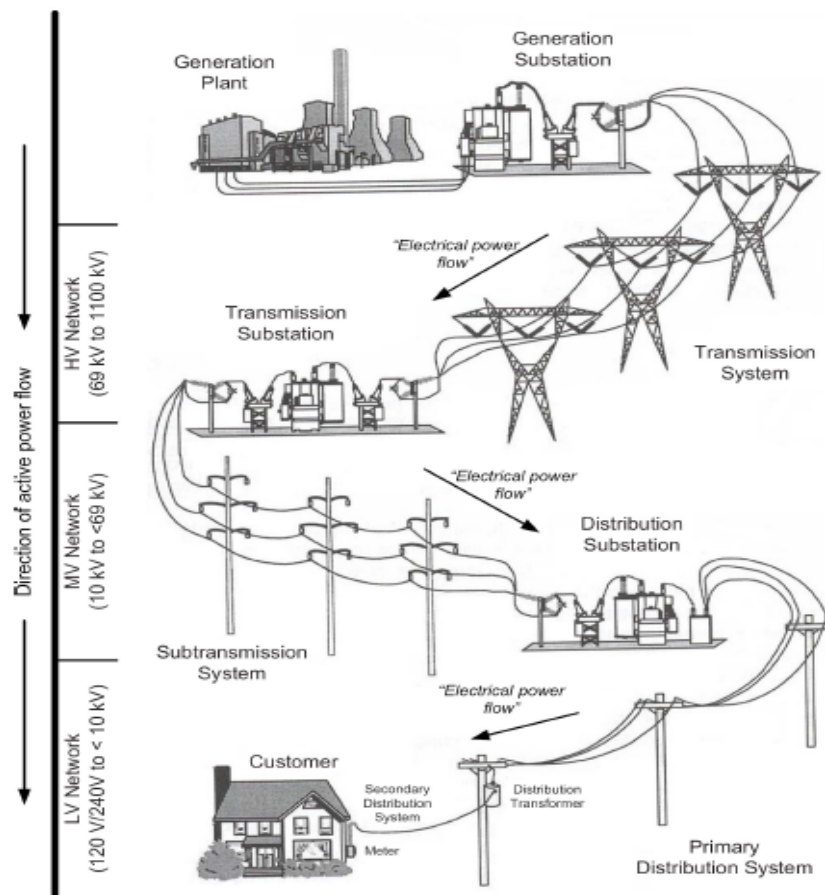
### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύστημα των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός ΣΗΕ είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.

Η τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει τρεις ξεχωριστές λειτουργίες του ΣΗΕ: την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή. Η ηλεκτρική ενέργεια από το σημείο που θα παραχθεί ως το σημείο που θα καταναλωθεί βρίσκεται σε μια συνεχή ροή και επειδή η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευθεί, πρέπει να παράγεται τη στιγμή ακριβώς που χρειάζεται η κατανάλωσή της. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Η σύγχρονη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας έχει θεμελιωθεί στη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ορυκτών καυσίμων και της μηχανικής ενέργειας των υδάτινων ροών και των υδατοπτώσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές κατανάλωσης γίνεται με τις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσεως, οι οποίες μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσεως που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως. Τα ακόλουθα συστήματα σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Το σύστημα παραγωγής
- Το σύστημα μεταφοράς
- Το σύστημα υπομεταφοράς
- Το σύστημα διανομής





Εικόνα 1: Ακτινικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

## 1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΗΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Αξίζει, επιπλέον, να αναφερθεί πως τρία γενικά, αλλά βασικά, χαρακτηριστικά σχεδίασης και αναφοράς ενός ηλεκτρικού δικτύου είναι:

- Η τάση του δίκτυο
- Η μέγιστη τάση λειτουργίας των ηλεκτρικών γραμμών.
- Η ισχύς βραχυκύκλωσης του δικτύου
- Η στάθμη μόνωσης του δικτύου

## 1.3 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας αποτελείται από το Διασυνδεδεμένο Σύστημα του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και των διασυνδεδεμένων με αυτό νησιών στα επίπεδα υψηλής (150kV και 66kV) και υπερυψηλής τάσης (400kV) (στο Σύστημα αυτό δεν περιλαμβάνονται τα ανεξάρτητα συστήματα μεταφοράς των νησιών Κρήτη, Ρόδος, Λέσβος, Σάμος, ο σχεδιασμός ανάπτυξης των οποίων είναι στην αρμοδιότητα του Διαχειριστή δικτύου). Το δίκτυο υπογείων (Υ/Γ) καλωδίων Υ.Τ. που εξυπηρετεί ακτινικά τις ανάγκες της περιοχής της πρωτεύουσας είναι στην αρμοδιότητα του Διαχειριστή του δικτύου, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό της ανάπτυξής του[13].

#### 1.4 ΕΞΥΠΙΝΟ ΔΙΚΤΥΟ (Smart Grid)

Πολύ πρόσφατα, το smart grid έχει γίνει ένα από τα πιο καυτά θέματα σε όλο τον κόσμο. Μολονότι δεν έχει δοθεί ένα ευρέως αποδεκτός ορισμός, μια παγκόσμια συναίνεση σχετικά με το όραμα της ανάπτυξης smart grid έχει φτάσει. Δηλαδή, βασιζόμενοι σε προηγμένες βιομηχανικές τεχνολογίες, όπως η τεχνολογία επικοινωνιών, η έξυπνη τεχνολογία μέτρησης, αυτοματισμού και ελέγχου τεχνολογίας, τα υπάρχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να αναβαθμιστούν σε έξυπνα δίκτυα, που μπορούν να προσφέρουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

Ενεργοποίηση αμφίδρομης ροής ενέργειας: Το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι μονόδρομος. Η ηλεκτρική ενέργεια διαβιβάζεται από τις μονάδες παραγωγής σε πελάτες χωρίς ανατροφοδότηση. Το Smart grid, ωστόσο, έχει ως στόχο να επιτρέψει αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας καθώς και ροή πληροφοριών μεταξύ φορέων παροχής ρεύματος και πελατών. Οι πελάτες θα πρέπει να προσφέρουν πολύ περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την χρήση της ενέργειας, με τον τρόπο αυτό θα μπορούν να καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια πιο συνεπώς, όπως με την επιλογή να αγοράσουν καθαρή ηλεκτρική ενέργεια με υψηλότερη τιμή ή με τη διευθέτηση των μη επειγόντων εργασιών την στιγμή που η ηλεκτρική ενέργεια είναι άφθονη και φθηνή. Επιπλέον, οι οικογένειες και οι επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να παράγουν καθαρό ηλεκτρισμό από την ταράτσα όπως με την χρήση φωτοβολταϊκών ή ανεμογεννητριών, και στη συνέχεια να ωφελούνται από την πώληση της επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας πίσω στο δίκτυο.

Βελτίωση της αποτελεσματικότητας: Η ηλεκτρική ενέργεια είναι δύσκολο να αποθηκευτεί σε μεγάλο όγκο, έτσι, η κακή αντιστοίχιση μεταξύ ισχύς προσφοράς και ζήτησης θα προκαλέσει μεγάλη σπατάλη. Σύμφωνα με την έκθεση του αμερικανικού Υπουργείου Ενέργειας, το 2008, έως και 67 % της ηλεκτρικής ενέργειας χάθηκε εξαιτίας της κακής διαχείρισης του υπάρχοντος δικτύου ισχύος και της αναποτελεσματικής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η τεράστια απώλεια ρεύματος αναμένεται να μειωθεί σημαντικά στο πλαίσιο του smart grid, επειδή μπαίνει υψηλής απόδοσης αυτοματοποίηση συστήματος ελέγχου, το οποίο υποστηρίζεται από σήματα υψηλής ταχύτητας λήψης και επεξεργασίας. Επιπλέον, με την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών μετάδοσης, όπως οι υπεραγωγίμοι μεταδότες και μεταδότες εξαιρετικά υψηλής τάσεως, η αποτελεσματικότητα του grid θα βελτιωθεί περαιτέρω.

Η πρόσβαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των ηλεκτρικών οχημάτων: Smart grid θα επιτρέψει την ομαλή ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χάρη στην ικανότητά της να διαχειρίζονται δυναμικά όλες οι πηγές τροφοδοσίας του δικτύου. Το smart grid θα αναπτύξει ηλεκτρικούς σταθμούς φόρτισης σε δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους για ηλεκτρικά οχήματα.

Εξασφαλίζοντας αξιοπιστία: το υπάρχον δίκτυο ισχύος υιοθετεί μια πυραμιδοειδής δομή, πράγμα που σημαίνει ότι ένα μικροσκοπικό ελάττωμα ή βλάβη θα τείνουν να εξελιχθούν, και τελικά να προκαλούν μαζικά μπλακάουτ. Στο smart grid, ελαττώματα ή σφάλματα θα στιγματίζονται, στην συνέχεια θα απομονώνονται και τελικά απομακρύνονται αυτόματα

και γρήγορα. Επιπλέον, θα διανέμονται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και όλα τα είδη των καταναλωμένων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως είναι οι συσσωρευτές, τα ηλεκτρικά στοιχεία καυσίμου και σφόνδυλοι και θα χρησιμοποιούνται ευρέως στο smart grid για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας του.

Αναμφίβολα, το smart grid θα έχει βαθιές επιπτώσεις στην ανθρώπινη κοινωνία. Αυτό αναμένεται να συμβάλει στην επίτευξη 14% χαμηλότερες εκπομπές GHG το 2020. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας, smart grid μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου και να ενισχύσει την ενεργειακή ασφάλεια[7].

#### **1.4.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

Ένα έξυπνο μικροδίκτυο διαθέτει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- **Τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (Information and Communication Technology – ICT)**

Οι Τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών μπορούν να εφαρμοστούν για τον συντονισμό και τον έλεγχο των καταναλωμένων πηγών ενέργειας που συνδέονται με το δίκτυο. Μέσα από την αμφίδρομη επικοινωνία οι διαχειριστές των δικτύων διανομής (Distributed Network Operators – DNOs) μπορούν να διαχειρίζονται τη διεσπαρμένη παραγωγή και να συλλέγουν πληροφορίες για το δίκτυο και στην πιο απομακρυσμένη περιοχή υπό οποιεσδήποτε συνθήκες.

- **Ηλεκτρονικά Ισχύος**

Συσκευές ηλεκτρονικών ισχύος εγκαθίστανται σε συστήματα μετάδοσης για τον έλεγχο της ροής ισχύος και της τάσης. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως ευέλικτα συστήματα μετάδοσης (flexible AC transmission systems – FACTS). Τα συστήματα αυτά συμβάλλουν στη σταθερότητα του συστήματος και στην αύξηση της μεταφοράς ισχύος.

- **Έξυπνοι μετρητές**

Τα έξυπνα δίκτυα για να είναι υλοποιήσιμα απαιτούν τη χρήση έξυπνων μετρητών (smart meters). Ο έξυπνος μετρητής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης με δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές. Ουσιαστικά, μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και στέλνει τις πληροφορίες στο σύστημα και από εκεί καταλήγουν στον πελάτη, ενημερώνοντάς τον για την εκάστοτε κατανάλωσή του και το αντίστοιχο κόστος αυτής. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, δυνατότητα δηλαδή, εκτός από την αποστολή δεδομένων και τη λήψη εντολών. Αποτελούν ένα οικονομικό τρόπο μέτρησης και παρακολούθησης της κατανάλωσης, που επιτρέπει την καλύτερη ρύθμιση της παραγωγής βασιζόμενη σε ημερήσια δεδομένα πραγματικού χρόνου – εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, μικρότερες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής. Οι έξυπνοι μετρητές θα έχουν τη δυνατότητα να μετρούν άμεσα την κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος και να μεταδίδουν τις μετρήσεις στις βάσεις δεδομένων στο κέντρο διαχείρισης (EIS). Ο καταναλωτής μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να έχει γνώση της πραγματικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε συνθήκες απελευθερωμένης αγοράς, οι εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας θα έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με τους καταναλωτές μέσω μηνυμάτων διαμέσου του έξυπνου μετρητή και να προσφέρουν

μειωμένες χρεώσεις κιλοβατώρας ή να κάνουν προσφορές ώστε να καταρτιστούν ειδικά προγράμματα χρέωσης με βάση τις ώρες κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

- *Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης*

Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός καταναλωτών έχει οδηγήσει τις εταιρίες στην αναζήτηση ενός αποδοτικού τρόπου υπολογισμού της ενέργειας που καταναλώνεται από τους συνδρομητές. Η αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης (Automatic Meter Reading – AMR) αναφέρεται στην ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά και όχι μόνο στην ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί δηλαδή να ενσωματώνει και άλλους μετρητές όπως του φυσικού αερίου και του νερού.

- *Συσκευές προστασίας και διακόπτες*

Στα έξυπνα δίκτυα χρησιμοποιούνται διακόπτες προκειμένου να προστατεύεται ο εξοπλισμός σε περιπτώσεις αύξησης του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Ακόμη γίνεται χρήση αυτοματοποιημένων συσκευών προστασίας προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια και η αξιοπιστία του συστήματος.

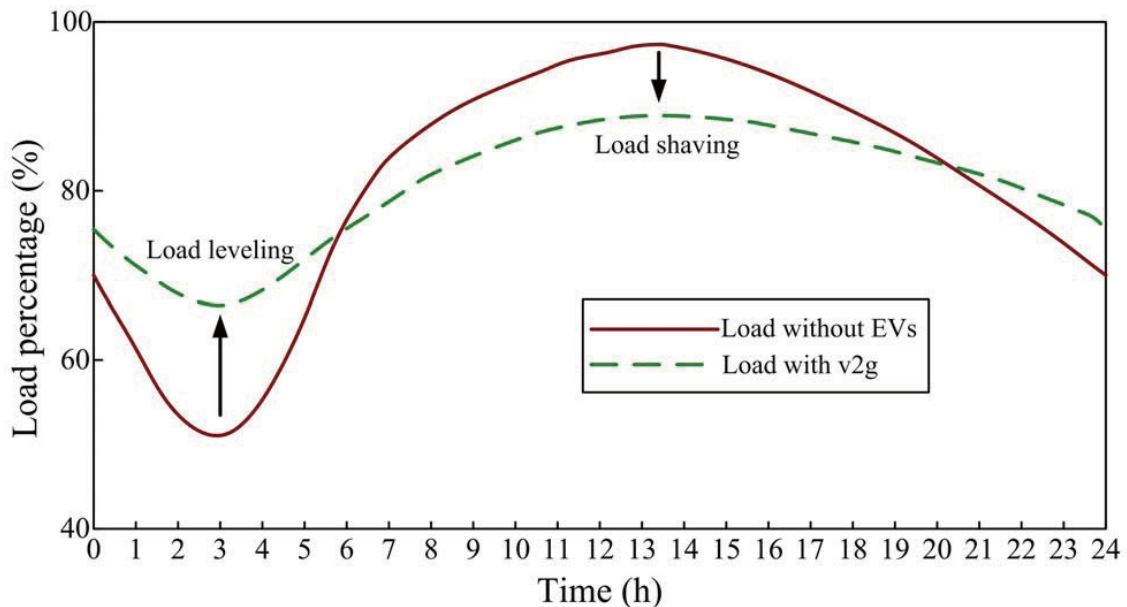
- *Συσκευές αποθήκευσης ενέργειας*

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (Energy Storage Systems – ESSs) μπορούν να αποδειχθούν ωφέλιμα για το μικροδίκτυο, καθώς έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και ως φορτία και ως γεννήτριες. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με ηλεκτρονικά ισχύος παρέχουν βοηθητικές υπηρεσίες, για τη βελτίωση της ποιότητας ισχύος, της αξιοπιστίας του δικτύου και την αύξηση της διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα δίκτυα. Σε αυτή την κατεύθυνση συμβάλλουν και υπηρεσίες V2G (Vehicle to Grid), όπου οι κύκλοι φόρτισης και εκφόρτισης των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων ενσωματώνονται στη λειτουργία του δικτύου [13].

## **1.5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ**

Τα EVs έχουν καταγραφεί ως ένα σημαντικό στοιχείο για το όραμα του smart grid. Αφενός, η προσβασιμότητα στο smart grid θα δώσει δημοτικότητα στην χρήση των EVs και από την άλλη πλευρά, η μαζική εφαρμογή του EVs θα έχει βαθιές επιπτώσεις στη smart grid. Όταν το EVs παίζει δυναμικό ρόλο στην κατανομή και αποθήκευση ισχύος στο ηλεκτρικό δίκτυο τότε λαμβάνεται υπόψη, η λεγόμενη vehicle to grid (v2g) τεχνολογία και γίνεται ολοένα και πιο ελκυστική. Η βασική ιδέα του v2g είναι ότι οι μπαταρίες των EVs μπορούν να απορροφήσουν την ηλεκτρική ισχύ από το δίκτυο κατά τη διάρκεια των εκτός ωρών αιχμής και να ανατροφοδοτήσει την αποθηκευμένη ισχύ στο δίκτυο τις ώρες αιχμής. Παρόλο που η χωρητικότητα της μπαταρίας του κάθε αυτοκινήτου είναι αρκετά περιορισμένη σε σύγκριση με το επίπεδο φόρτωσης του δικτύου, η συνάθροιση του μεγάλου αριθμού των EVs μπορεί να εμφανίζει σημαντική ικανότητα στην εξομάλυνση της έλλειψης ισορροπίας μεταξύ παροχής τροφοδοσίας και ζήτηση ισχύος. Το Σχήμα 1 δείχνει τον εκτιμώμενο αντίκτυπο των v2g με ηλεκτρικό

φορτίο του δικτύου ηλεκτρικής ισχύος. Μπορεί να θεωρηθεί ότι κατά τη διάρκεια των εκτός ωρών αιχμής (κατά τη διάρκεια της νύχτας), μπαταρίες των EVs θα μπορούν να λειτουργούν ως φορτία με απορρόφηση ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο, άρα θα έχουμε οριζόντιωση της κοιλότητας του φορτίου, ενώ, κατά τη διάρκεια της αιχμής σε συνθήκες ημέρας, μπορούν να εκπληρώνουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο και να ξυρίζουν τα φορτία αιχμής [7].



Σχήμα 1: Επιπτώσεις από την χρήση v2g φόρτισης μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.

Οι επιρροές του AC μικρό-δικτύου εισάγονται με τις κινητές μονάδες αποθήκευσης ισχύος στο δίκτυο διανομής. Προστασίες οι οποίες τίθενται ως θέμα συζήτησης για αυτές τις επιρροές παρουσιάζονται και σχήματα προστασίας που αφορούν τη διανεμημένη παραγωγή στο AC μικρό-δίκτυο. Η εσωτερική δομή του σταθμού φόρτισης και τα σχετικά μέτρα προστασίας περιγράφονται. Διαφορετικοί τύποι λειτουργίας των σχημάτων προστασίας τίθενται ως θέμα λεπτομερούς συζήτησης.

Η κατασκευή εγκαταστάσεων φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων εφαρμοσμένη από τη Δημόσια Επιχείρηση Δικτύου στην Κίνα είναι μία σημαντική διαδικασία για τη σθεναρή προώθηση διατήρησης ενέργειας και την ανάπτυξη της οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα, και επίσης είναι ένα πιλοτικό σχέδιο στη στρατηγική εφαρμογής του δυνατού και έξυπνου δικτύου.

Ένας σημαντικός τομέας ανάπτυξης των μελλοντικών οχημάτων είναι να χτίσουμε σταθμούς φόρτισης σε μορφή βενζινάδικου έτσι ώστε να επιτύχουμε οδήγηση μεγάλης απόστασης χωρίς καθόλου ισχύ και ζημιές, έτσι η κατασκευή εγκαταστάσεων φόρτισης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων κυρίως αφορά την αποθήκευση μπαταριών, έτσι ορίζουμε το ηλεκτρικό όχημα ως κινητές μονάδες αποθήκευσης ισχύος.

Το έξυπνο δίκτυο έχει χαρακτηριστικά όπως η αυτό-επούλωση, η αλληλεπίδραση, η συμβατότητα η ανταλλαγή πληροφοριών και τα λοιπά. Η συμβατότητα, συμπεριλαμβανόμενης της πρόσβασης της ανανεώσιμης ενέργειας, χρειάζεται την υποστήριξη της αποθήκευσης ενέργειας, και τα ηλεκτρικά οχήματα ως κινητές μονάδες αποθήκευσης μπορούν να πραγματοποιήσουν τη διπλής διεύθυνσης αλληλεπίδραση με το δίκτυο. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων και το σταθμό φόρτισης ώριμο και τη ραγδαία αύξηση στο ποσοστό, το V2G (ΟΠΔ –Όχημα προς δίκτυο) έχει λαμπρή προοπτική. Με τις κινητές μονάδες διανεμημένης ισχύος ως κύριο συστατικό, το V2G είναι η αναπόφευκτη τάση της μελλοντικής ανάπτυξης για να επιτύχουμε τη συμμετοχή του χρήστη και την αλληλεπίδραση του δικτύου ισχύος. Έρευνα του φορτιστή με υψηλή αποδοτικότητα, παράγοντα υψηλής ισχύος, χαμηλή αρμονική, ροή ενέργειας διπλής διεύθυνσης και ο έξυπνος σταθμός φόρτισης με υψηλή αποδοτικότητα, ασφάλεια, άνεση, καλή συμβατότητα γίνεται πιο σημαντική.

Το σύστημα AC μικρό-δικτύου σταθμού φόρτισης συνθεμένο από σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και την τεχνολογία AC μικρό-δικτύου, την τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας, την τεχνολογία ηλιακής ενέργειας, δε μπορεί μόνο να μεγιστοποιήσει τη χρήση πηγών, αλλά επίσης να βελτιώσει αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά τάσης (φορτίου) του δικτύου, και έχει σημαντικά κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Όταν το όχημα αναστέλλεται, οι χρήστες μπορούν να στείλουν πίσω την ενέργεια από τη μπαταρία του αυτοκινήτου στο σύστημα έξυπνου δικτύου.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής κατανάλωσης ισχύος, το AC μικρό-δίκτυο σταθμού φόρτισης μπορεί να φορτίσει τα ηλεκτρικά οχήματα και τις μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας για να γεμίζουν την περιοχή κατανάλωσης ισχύος. Ο πρώτος, αντικατάσταση των μπαταριών για τα ηλεκτρικά οχήματα. Ο δεύτερος, φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων μέσω του μετασχηματιστή και την ανόρθωση του Η ισχύς φόρτισης από το δίκτυο διανομής μπορεί να μειωθεί όταν το δίκτυο διανομής βρίσκεται σε βαρύ φορτίο, καθώς ο σταθμός φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιεί ενέργεια από την DG (Διανεμημένη Γεννήτρια –ΔΓ) για να φορτίσει τα ηλεκτρικά οχήματα. Αν η ενέργεια δεν είναι αρκετή, η μπαταρία αποθήκευσης μπορεί να προστεθεί, με αυτόν τον τρόπο ο σταθμός φόρτισης επιβεβαιώνει την προμήθεια σταθερής ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα.

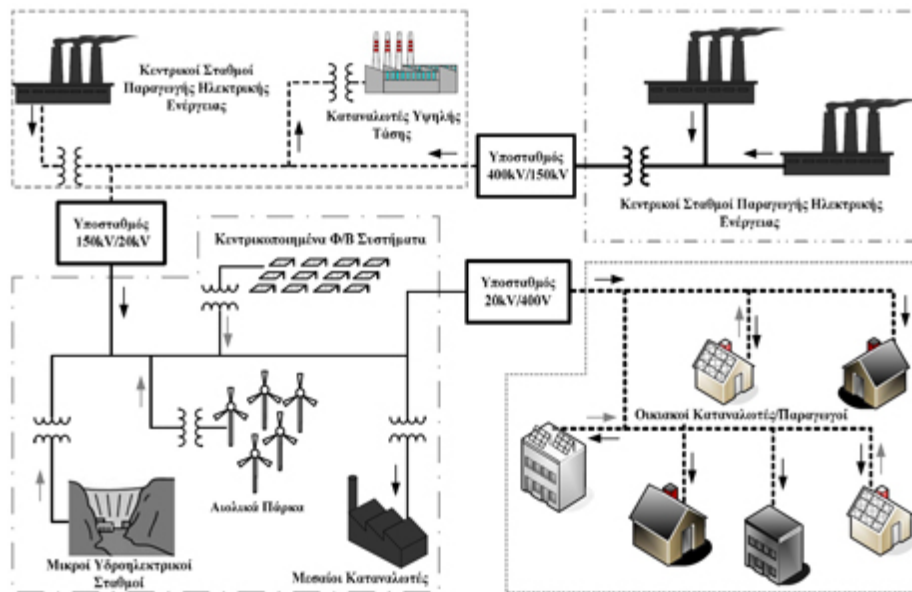
Κατά τη διάρκεια της περιόδου υψηλής κατανάλωσης ισχύος, το AC μικρό-δίκτυο σταθμού φόρτισης μπορεί να προσφέρει στο δίκτυο διανομής κάποια υποστήριξη ηλεκτρικής ενέργειας για μικρό χρονικό διάστημα, που σημαίνει ότι η γεννήτρια διανομής, τα ηλεκτρικά οχήματα και οι μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να μεταβιβάσουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο διανομής για να ψαλιδίσουν την κορυφή κατανάλωσης ισχύος. Αλλά μέσω του αντιστροφέα, του εξοπλισμού φιλτραρίσματος, η ποιότητα ενέργειας δε συναντά την απαίτηση του δικτύου διανομής. Η βελτίωση της σταθερότητας και της αξιοπιστίας ολόκληρου του δικτύου ισχύος είναι ένας από τους σκοπούς της κατασκευής δυνατού έξυπνου δικτύου[9].

## 1.6 AC ΜΙΚΡΟ-ΔΙΚΤΥΟ

Ως μικροδίκτυο προσδιορίζεται ένα εν δυνάμει ηλεκτρικά απομονωμένο σύνολο γεννητριών που τροφοδοτούν κατά αποκλειστικότητα όλη τη ζήτηση ενός συνόλου καταναλωτών. Συμπεριλαμβάνουν πηγές καταναλωμένης παραγωγής ισχύος από λίγα kW μέχρι 1 – 2 MW, συσκευές αποθήκευσης όπως πυκνωτές, μπαταρίες, σφονδύλους, και ελέγξιμα φορτία [13].

### 1.6.1 ΔΟΜΗ AC ΜΙΚΡΟ-ΔΙΚΤΥΟΥ

Τα μικροδίκτυα είναι μικρογραφίες των μεγάλων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερες μικροπηγές συνδέονται στο υπόλοιπο δίκτυο μέσω μετατροπέων οι οποίοι τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν σημαντική εξέλιξη λόγω της σχετικής έρευνας τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική. Τα μικροδίκτυα αποτελούν τμήμα μίας γενικότερης τάσης για αλλαγή του τρόπου λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων ανά τον κόσμο που ουσιαστικά οφείλεται στην γενικότερη έννοια της διεσπαρμένης παραγωγής.



Εικόνα 2: Τυπική δομή μικροδικτύου

- *Μονάδες ελέγχου:*

Ο έλεγχος των μικροδικτύων είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την ενεργειακή ισορροπία και την ισορροπία ισχύος μέσα σε αυτά. Υπάρχουν τρεις βασικές παράμετροι η συχνότητα, η τάση και η ποιότητα ισχύος που πρέπει να ελεγχθούν και να βρίσκονται σε αποδεκτά επίπεδα, παράλληλα με τη διατήρηση της ενεργειακής ισορροπίας. Η συχνότητα του μικροδικτύου όταν πρόκειται να συνδεθεί με το κεντρικό δίκτυο πρέπει να είναι ίση με αυτή του κεντρικού, συνήθως 50Hz. Με μια απόκλιση των  $\pm 0,5\text{Hz}$  είναι αποδεκτή. Η τυπική μέθοδος ελέγχου συχνότητας στις σύγχρονες μηχανές είναι ο έλεγχος

της ταχύτητας περιστροφής του ρότορα των γεννητριών που παρέχουν ηλεκτρική ισχύ στο μικροδίκτυο, ενώ στην περίπτωση των ασύγχρονων γεννητριών γίνεται χρήση αντιστροφών για τον έλεγχο της συχνότητας. Ο έλεγχος της τάσης του μικροδικτύου γίνεται αρχικά από την τάση των γεννητριών αλλά και με έλεγχο της ροής άεργου ισχύος. Γενικά η ισορροπία της άεργου ισχύος είναι πιο κρίσιμη σε μικρότερα συστήματα. Ο έλεγχος της ποιότητας ισχύος είναι υψίστης σημασίας για ένα μικροδίκτυο. Η πτώση τάσης, τα φλίκερ, οι αρμονικές κτλ είναι πολύ ουσιαστικές παράμετροι σε συστήματα με λίγες γεννήτριες[13].

## 1.6.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε σε γενικές γραμμές τα μέρη από τα οποία επιτελείται ο έλεγχος του μικροδικτύου. Υιοθετούμε το ακόλουθο ιεραρχικό μοντέλο ελέγχου του μικροδικτύου:

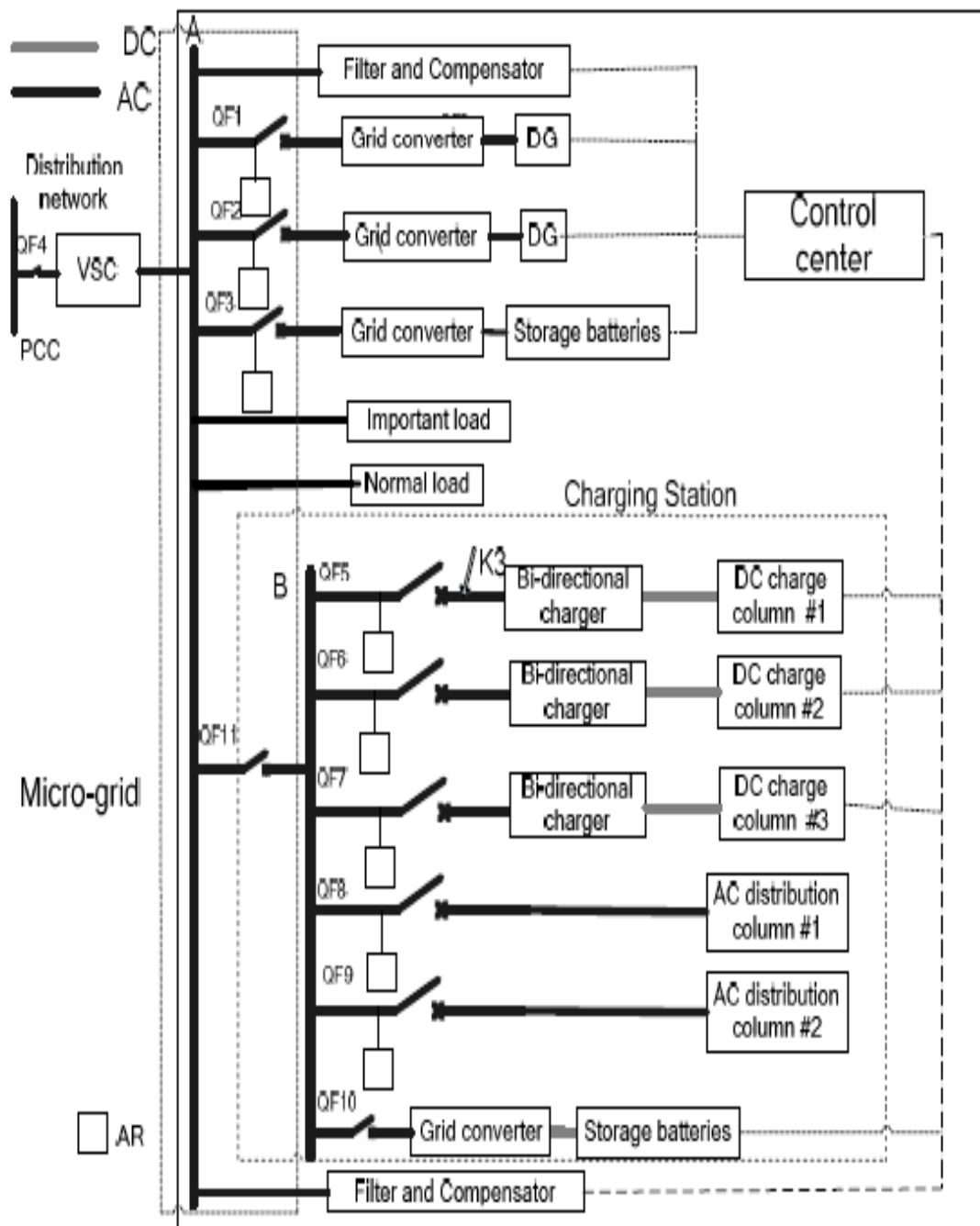
Αυτό το μοντέλο λειτουργίας έχει τρία βασικά επίπεδα λειτουργίας:

- το διαχειριστή του δικτύου (Distribution Network Operator - DNO) και τον διαχειριστή της αγοράς (Market Operator - MO) από την πλευρά της Μέσης Τάσης.
- Τον κεντρικό ελεγκτή του μικροδικτύου (Microgrid Central Controller – MGCC)
- τους τοπικούς ελεγκτές των μονάδων παραγωγής και των μονάδων αποθήκευσης ενέργειας (Local Controllers – LC)

Ο διαχειριστής του δικτύου (DNO) είναι υπεύθυνος για την τεχνική λειτουργία του συστήματος στην χαμηλή και τη μέση τάση. Στο κομμάτι αυτό του δικτύου μπορεί να υπάρχουν περισσότερα του ενός μικροδίκτυα. Ο διαχειριστής της αγοράς (MO) είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας στην συγκεκριμένη περιοχή του δικτύου διανομής. Μάλιστα ο MO αναμένεται να έχει σημαντικό διαχειριστικό ρόλο με την πλήρη απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Ο ρόλος του, αναλόγως με το μοντέλο που υιοθετείται, μπορεί να είναι είτε του απλού συντονιστή, επιβλέποντας π.χ. ότι τηρούνται οι σωστές διαδικασίες, είτε έχοντας μεγαλύτερες δικαιοδοσίες, να ορίζει π.χ. τη μέγιστη τιμή πώλησης και την ελάχιστη τιμή αγοράς της κιλοβατώρας. Είναι προφανές ότι ανάλογα με το μοντέλο της αγοράς μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι από έναν διαχειριστές. Αυτές οι δύο οντότητες δεν ανήκουν στο μικροδίκτυο αλλά αποτελούν τους εκπροσώπους του δικτύου με τους οποίους επικοινωνεί το κάθε μικροδίκτυο. Θα πρέπει να τονιστεί ότι παρά την αυτονομία του τελευταίου, εφόσον είναι συνδεδεμένο με το κυρίως δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει ένα ελάχιστο επίπεδο συντονισμού με τους DNO/MO και αυτό θα γίνει πιο απαραίτητο στο μέλλον θεωρώντας ότι ο αριθμός των μικροδικτύων θα αυξηθεί κατακόρυφα. Οι DNO/MO επικοινωνούν με το μικροδίκτυο μέσω του κεντρικού ελεγκτή (Microgrid Central Controller – MGCC). Ο τελευταίος σε ένα παραδοσιακό μοντέλο κεντρικού ελέγχου θα είναι υπεύθυνος για τη βέλτιστη λειτουργία του μικροδικτύου τόσο από οικονομική όσο και από τεχνική πλευρά στέλλοντας απλές εντολές στους τοπικούς ελεγκτές. Υπάρχουν ωστόσο μοντέλα στα οποία ο MGCC αναλαμβάνει απλώς να συντονίσει τους τοπικούς ελεγκτές. Οι τελευταίοι έχουν την ευφυΐα και κατόπιν διαπραγματεύσης, ή βασισμένοι σε άλλους εξελιγμένους



αλγορίθμους, μπορούν να φτάσουν στην επιθυμητή λύση. Στο χαμηλότερο επίπεδο ελέγχου ανήκουν οι τοπικοί ελεγκτές. Οι τοπικοί ελεγκτές μπορούν να ελέγχουν μονάδες παραγωγής, μονάδες αποθήκευσης της ενέργειας αλλά και κάποια από τα φορτία. Ανάλογα με το μοντέλο λειτουργίας έχουν και ένα βαθμό ευφυΐας, ωστόσο ένα μεγάλο ποσοστό των αποφάσεων για πρακτικούς λόγους μπορεί να ληφθεί μόνο τοπικά. Για παράδειγμα η παρακολούθηση και συντήρηση των μπαταριών (εφόσον έχουμε τέτοια μονάδα) είναι μια λειτουργία που μπορεί να γίνει τοπικά[13].



Εικόνα 3: Η δομή τοπολογίας του AC μικρό-δικτύου με σταθμό φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος.



Εικόνα 4: φαίνεται ένα μικροδίκτυο της Κοινοπραξίας τεχνολογικών λύσεων για την αξιοπιστία της ηλεκτρικής ενέργειας (Consortium for Electric Reliability Technology Solutions – CERTS), που βρίσκεται στο πειραματικό εργοτάξιο Walnut στην πόλη Columbus του Οχάιο. Αυτό αποτελείται από τρεις πηγές με μετατροπέα των 60 kW και ένα στατικό διακόπτη με θυρίστορ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

#### **2.1 ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται συνήθως σε μεγάλους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ισχύος δεκάδων, εκατοντάδων ή χιλιάδων MW, που καταναλώνουν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο ή ουράνιο και άλλα σχάσιμα υλικά ή χρησιμοποιούν υδατοπτώσεις. Όλες όμως αυτές οι ενεργειακές πηγές έχουν περιορισμένες σχετικά προοπτικές, αφού τα συμβατικά και πυρηνικά καύσιμα εξαντλούνται βαθμιαία αλλά και η υδραυλική ενέργεια είναι ποσοτικά καθορισμένη και γεωγραφικά εντοπισμένη. Είναι επομένως φανερό η ύπαρξη ενός ενεργειακού προβλήματος, τουλάχιστον ως προς την μελλοντική αντιμετώπιση των αναγκών της ανθρωπότητας σε ηλεκτρισμό. Στις εναλλακτικές πηγές περιλαμβάνονται η ενέργεια των ανέμων, των κυμάτων ή ακόμα και των σεισμών, η γεωθερμία, η θερμότητα των ωκεανών, η καύση φυτικών προϊόντων (βιομάζα) ή οργανικών αποβλήτων κ.λ.π. . Μία άλλη πηγή ενέργειας, που φαίνεται να συνδυάζει ιδανικά τις παραπάνω απαιτήσεις για νέες ενεργειακές αναζητήσεις, και που η ενδεχόμενη αξιοποίηση της βρήκε ανεπιφύλακτη αποδοχή στη διεθνή κοινή γνώμη, είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε σε σημαντική κλίμακα, και παρουσιάζει απεριόριστες μελλοντικές προοπτικές, για την παραγωγή θερμότητας με σκοπό την θέρμανση νερού (π.χ. στους οικιακούς θερμοσίφωνες), την θέρμανση χώρων και πολλές άλλες οικιακές, γεωργικές ή βιομηχανικές χρήσεις.

#### **2.2 Η ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Το ενδιαφέρον για την ηλιακή ενέργεια εντάθηκε όταν χάρη στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης, άμεσης και αποδοτικής μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με την κατασκευή φωτοβολταϊκών γεννητριών. Πράγματι, όπως δείχνεται συνοπτικά στον πίνακα 1, η φωτοβολταϊκή μέθοδος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια έχει μόνον πλεονεκτήματα, αν εξαιρεθούν κυρίως το κόστος, που είναι ακόμη αρκετά υψηλό για τις περισσότερες εφαρμογές, και η αδυναμία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας να παράγει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια λόγω των διακυμάνσεων της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και λειτουργία μπορούμε να κατατάξουμε τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε τρεις κυρίως κατηγορίες.

1. Τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε σταθερά επίπεδα πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με την φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στην διάρκεια της ημέρας.

2. Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη την διάρκεια της μέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει το ηλιακό στοιχείο κατά 50% περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία, ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειας του.

3. Τις διατάξεις που με την χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία. Για την αποφυγή θέρμανσης, στις συγκεντρωτικές διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνητή ψύξη των ηλιακών στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών.

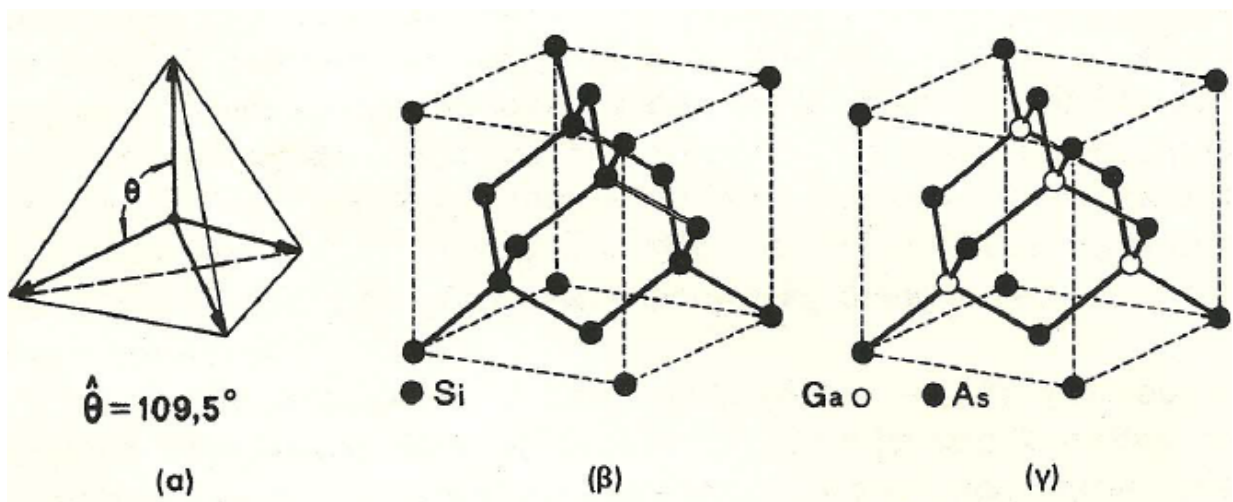
**Πίνακας 1: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.**

<b>Πλεονεκτήματα</b>	
<b>1</b>	ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή
<b>2</b>	ικανοποιητική απόδοση μετατροπής
<b>3</b>	σχετικά εύκολη μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες που αφθονούν
<b>4</b>	πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων
<b>5</b>	τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης
<b>6</b>	η φωτοβολταϊκή μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί απόβλητα ή άχρηστα παραπροϊόντα.
<b>7</b>	δίνει την δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής
<b>8</b>	οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν με όσο μικρή ισχύ τους ζητηθεί
<b>9</b>	η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, περίπου 100W/Kg
<b>Μειονεκτήματα</b>	
<b>1</b>	υψηλό κόστος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων
<b>2</b>	για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αστάθειας και της μεγάλης διακύμανσης της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας
<b>3</b>	απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

### **2.3 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από ημιαγωγούς, που είναι σώματα με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα, ανάμεσα στους αγωγούς (δηλαδή στα μέταλλα) στους μονωτές (π.χ. τα πολυμερή και τα κεραμικά υλικά). Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο και το γερμάνιο ή χημικές ενώσεις όπως το αρσενικό γάλλιο και θειούχο κάδμιο, με τετραεδρική κρυσταλλική δομή (σχήμα 2.1

). Για να γίνουν τα πράγματα σαφέστερα, ας πάρουμε για παράδειγμα το πυρίτιο, που είναι άλλωστε ο ημιαγωγός με την μεγαλύτερη χρήση όχι μόνο για τα ηλιακά στοιχεία αλλά και για τις άλλες ηλεκτρονικές εφαρμογές. Επίσης, για την απλοποίηση της απεικόνισης, ας θεωρήσουμε τα άτομα σε ένα επίπεδο, αντί για την τοποθέτηση στον χώρο, που έδειχνε το σχήμα 2.1 . Κάθε άτομο πυριτίου στο σχήμα 2.2 είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα, και ο κάθε χημικός δεσμός αποτελείται από 2 ηλεκτρόνια. Επομένως όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων είναι απασχολημένα στους δεσμούς, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μην διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η εικόνα όμως αυτή ισχύει μόνο στην υποθετική περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή είναι εντελώς υποβαθμισμένος ενεργειακά. Π.χ. σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν, πράγματι οι ημιαγωγοί μετατρέπονται σε μονωτές.



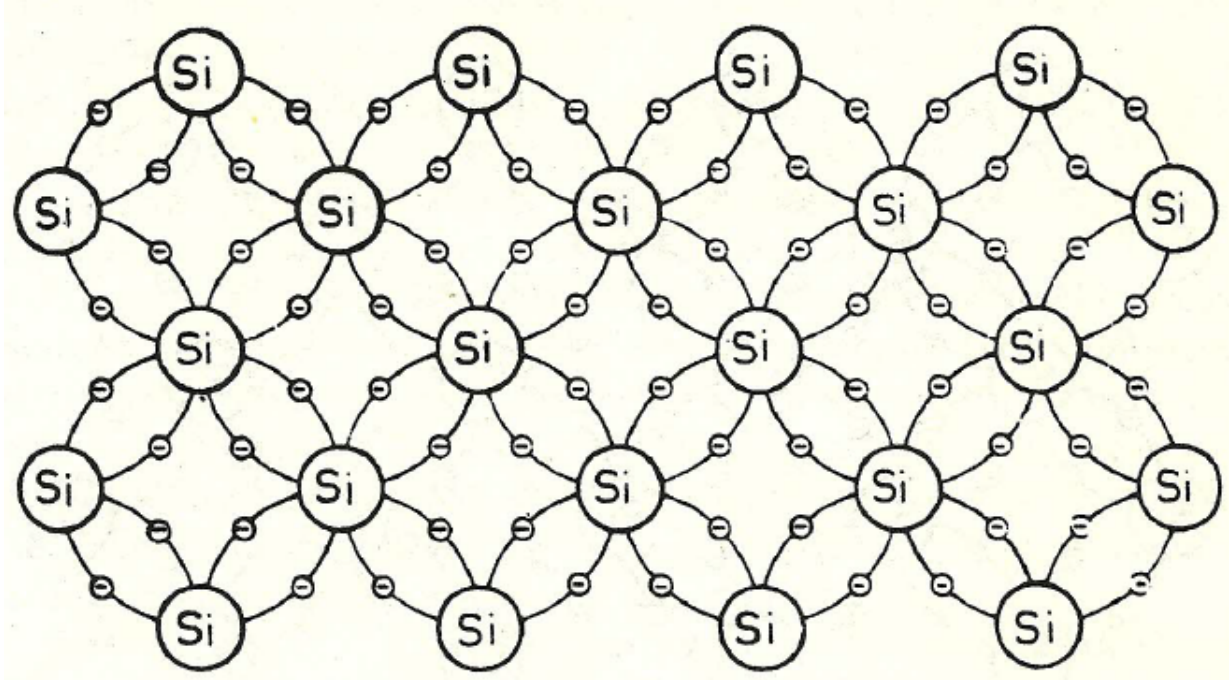
Σχήμα 2.1: α) Η κρυσταλλική δομή των κυριότερων ημιαγωγών είναι τετραεδρική, δηλαδή τα γειτονικά άτομα βρίσκονται σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος που αντιστοιχούν στο κέντρο και στις κορυφές ενός κανονικού τετραέδρου, και κάθε άτομο είναι ενωμένο με χημικούς δεσμούς με τέσσερα γειτονικά άτομα.

β) Στους στοιχειακούς ημιαγωγούς όλα τα άτομα του πλέγματος είναι τα ίδια.

γ) Στις ημιαγωγίμες χημικές ενώσεις τα άτομα που βρίσκονται στις γειτονικές θέσεις είναι διαφορετικά

Όταν όμως οι ημιαγωγοί απορροφήσουν κάποια αξιόλογη ενέργεια, π.χ. με την μορφή θερμότητας ή ακτινοβολίας, πραγματοποιείται μια ριζική μεταβολή. Έτσι, στη συνηθισμένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομα του και προκαλεί την ελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους δεσμούς τους. Δηλαδή, καθώς η θερμική ενέργεια ανακατανέμεται συνεχώς από το ένα άτομο στο άλλο, μπορεί να επαρκέσει στιγμιαία σε μερικές τυχαίες θέσεις για να διεγείρει και να ελευθερώσει από ένα ηλεκτρόνιο σθένους σε μερικούς από

τους δεσμούς του σώματος. Τα ελευθερωμένα αυτά ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους, χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησαν από την θερμότητα, και γίνονται ευκίνητοι φορείς του ηλεκτρισμού, δίνοντας στον ημιαγωγό μια αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα.



Σχήμα 2.2 : Απλοποιημένη απεικόνιση, σε δύο διαστάσεις, του πλέγματος του πυριτίου, με ηλεκτρόνια σθένους εντοπισμένα στους δεσμούς. Στην πραγματικότητα, τα ηλεκτρόνια εναλλάσσουν συνεχώς θέσεις μεταξύ τους, στους γειτονικούς δεσμούς του στερεού.

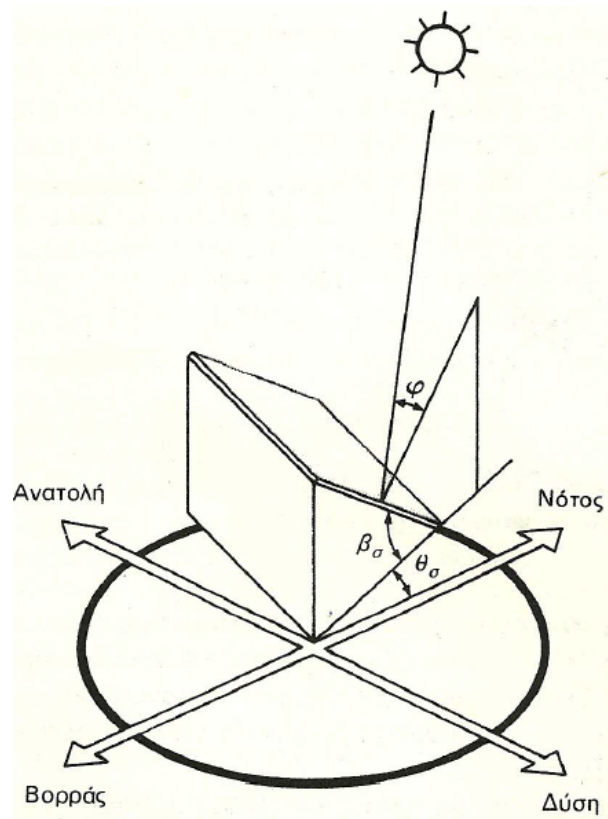
## 2.4 ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΗΛΕΚΤΡΟΙΑ ΚΑΙ ΟΠΕΣ

Τα ελευθερωμένα ηλεκτρόνια περιφέρονται άτακτα στο σώμα, ανάμεσα από τα άτομα και τους δεσμούς, για όσο βέβαια χρονικό διάστημα διατηρούν την αυξημένη τους ενέργεια. Αν μειωθεί σημαντικά η ενέργεια τους, επιστρέφουν στην κενή θέση κάποιου ατελούς δεσμού, που μπορεί να συναντήσουν στο δρόμο τους και παύουν να είναι ελεύθερα. Πάντως όσο χρονικό διάστημα τα ηλεκτρόνια αυτά είναι ελεύθερα συμβάλλουν στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του σώματος, γι' αυτό ονομάζονται επίσης ηλεκτρόνια αγωγιμότητας.

## 2.5 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επιπέδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες: την κλίση και την αζιμούθια γωνία σχήμα3. Η κλίση του συλλέκτη ( $\beta_0$ ) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα. Δείχνει

πόσο γέρνει ο συλλέκτης και μπορεί να πάρει τιμές από 0 μέχρι 180°. για γωνίες  $\beta_{\sigma} > 90^{\circ}$  το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω.



Σχήμα 3 : Η κλίση ( $\beta_{\sigma}$ ) και η αζιμούθια γωνία ( $\theta_{\sigma}$ ), που χαρακτηρίζουν τον προσανατολισμό ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη στην επιφάνεια της γης.

Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη ( $\theta_{\sigma}$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά- νότου. Παίρνει τις τιμές από  $-180^{\circ}$  μέχρι  $+180^{\circ}$ . Η γωνία  $-180^{\circ}$  (που συμπίπτει με την  $+180^{\circ}$ ) αντιστοιχεί στην τοποθέτηση του συλλέκτη προς τον βορρά, η γωνία  $-90^{\circ}$  προς την ανατολή, η γωνία  $0^{\circ}$  προς τον νότο και η γωνία  $+90^{\circ}$  προς την δύση. Προφανώς η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, προκύπτει όταν η γωνία πρόσπτωσης ( $\varphi$ ) είναι  $0^{\circ}$ . Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλισθεί καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά την διάρκεια της ημέρας. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές.

## 2.6 Η ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής



ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά διάρκεια του έτους. Η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας συνδέεται με τη σχέση:

$$\cos\phi = \cos\beta \times \sin\beta \times \cos(\theta_{\sigma} - \theta) + \sin\beta \times \cos\beta_{\sigma}$$

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, είναι ίση με την γεωγραφική παράλληλο του τόπου, και η αζιμούσια γωνία είναι  $0^{\circ}$  (προς το νότο). Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, είναι ίση με την γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούσια γωνία είναι  $0^{\circ}$  (προς νότο). Λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στην διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή.

## 2.7 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου, που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές, πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου πρόσημου), μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p – n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού της πεδίου. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της δίοδου. Δηλαδή η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της δίοδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

## 2.8 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνεια τους. Ένα μέρος από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, προφανώς δεν μπορεί να απορροφηθεί το μέρος εκείνο που αποτελείται από φωτόνια με ενέργεια μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού. Για τα φωτόνια αυτά ο ημιαγωγός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα. Έτσι η αντίστοιχη ακτινοβολία διαπερνά άθικτη το ημιαγωγό υλικό του στοιχείου και απορροφάται τελικά στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο που καλύπτει την πίσω όψη του, με αποτέλεσμα να το θερμαίνει. Αλλά και από τα φωτόνια που απορροφά ο ημιαγωγός, μόνο το μέρος εκείνο της ενέργειας τους που ισούται με το ενεργειακό διάκενο, συμβάλλει, όπως είδαμε στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Το υπόλοιπο μεταφέρεται, σαν κινητική ενέργεια στο ηλεκτρόνιο που ελευθερώθηκε από τον δεσμό και τελικά μετατρέπεται επίσης σε θερμότητα. Η αύξηση της θερμοκρασίας στα φωτοβολταϊκά

συστήματα επιδρά αρνητικά στην απόδοσή τους. Η ενέργεια ενός φωτονίου  $E$  συνδέεται με τη συχνότητα της ακτινοβολίας  $\nu$  και με το μήκος κύματος  $\lambda$  με τις σχέσεις:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Όπου  $h$  είναι η σταθερά δράσης του Planck ( $h = 6,3 \times 10^{-34}$  J s) και  $c$  η ταχύτητα του φωτός ( $c = 3 \times 10^8$  m/s). Επομένως αν το ενεργειακό διάκενο είναι σε μονάδες ηλεκτρονιοβόλτ (eV) και το μήκος κύματος σε μικρόμετρα ( $\mu\text{m}$ ), τότε το μέγιστο χρησιμοποιήσιμο μήκος κύματος ακτινοβολίας σε έναν ημιαγωγό, ενεργειακού διακένου  $E_g$ , θα είναι:

$$\lambda_g = \frac{1,238}{E_g}$$

Αν θεωρήσουμε τώρα ότι στην επιφάνεια ενός ημιαγωγού διεισδύει μια μονοχρωματική δέσμη ακτινοβολίας από όμοια φωτόνια ενέργειας  $h\nu$ , που έχει ροή ίση με  $H$  μονάδες ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας. Η ροή των φωτονίων ( $\Phi$ ), δηλαδή το πλήθος των φωτονίων ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου θα είναι:

$$\Phi = \frac{H}{h\nu} = \frac{H\lambda}{hc}$$

Η ευκολία με την οποία πραγματοποιείται η απορρόφηση των φωτονίων, που είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα για την χρησιμοποίηση του ημιαγωγού ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκού στοιχείου και η σταθερά της αναλογίας που δίνεται σε αντίστροφες μονάδες μήκους, ονομάζεται συντελεστής απορρόφησης της υπόψη ακτινοβολίας.

## 2.9 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται μία κατάλληλη ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, το φωτορεύμα  $I_\varphi$ , που η τιμή του θα είναι ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά το στοιχείο. Η πυκνότητα του φωτορεύματος δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$I_\varphi = e g (L_n + L_p)$$

Όπου  $e$  είναι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο,  $g$  είναι ο ρυθμός δημιουργίας ζευγών φορέων από τα φωτόνια της ακτινοβολίας και  $L_n$ ,  $L_p$  είναι τα μέσα μήκη διάχυσης των ηλεκτρονίων και των οπών αντίστοιχα. Ένα χρήσιμο μέγεθος για τον υπολογισμό του φωτορεύματος είναι η *φασματική απόκριση*  $S$ , που ορίζεται ως το πλήθος των φορέων που συλλέγονται στα ηλεκτρόδια του φωτοβολταϊκού στοιχείου, σε σχέση με την φωτονική ροή  $\Phi$ , δηλαδή με το πλήθος των φωτονίων της ακτινοβολίας που δέχεται το στοιχείο ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου. Για ακτινοβολία μήκους κύματος  $\lambda$ , η φασματική απόκριση  $S(\lambda)$  θα είναι:

$$S(\lambda) = \frac{I_\varphi(\lambda)}{e\Phi(\lambda)}$$

Όπου  $\Phi(\lambda)$  είναι το πλήθος των φωτονίων με ενέργεια που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος από  $\lambda$  μέχρι  $\lambda+d\lambda$ , και επομένως το συνολικό φωτορεύμα του στοιχείου, όταν δέχεται πολυχρωματική ακτινοβολία θα είναι:

$$I_{\varphi} = e \int_0^{\lambda_0} S(\lambda) \Phi(\lambda) d\lambda$$

Η τιμή της φασματικής απόκρισης, και συνεπώς του φωτορεύματος ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, εξαρτάται από πολλούς κατασκευαστικούς παράγοντες, όπως ο συντελεστής ανάκλασης στην επιφάνεια του στοιχείου, ο συντελεστής απορρόφησης και το πλήθος του ημιαγωγού.

## 2.10 ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η πρώτη σκέψη που κάνουμε είναι να βρούμε το συνολικό εμβαδόν των ηλιακών στοιχείων, που θα μας δώσουν την ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Είναι φανερό ότι η ηλεκτρική ενέργεια  $E$  που παράγει ένα φωτοβολταϊκό πλήθος στοιχείων με συντελεστή απόδοσης  $\eta$  και συνολική επιφάνεια  $A$  m<sup>2</sup>, όταν δεχθεί μια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας  $\Pi$  kWh/m<sup>2</sup>, είναι:

$$E = \Pi \times A \times \eta \text{ (kWh)}$$

Και επομένως, όταν άλλα μεγέθη είναι γνωστά ή έχουν εκτιμηθεί, μπορούμε να βρούμε την απαιτούμενη συνολική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών στοιχείων:

$$A = \frac{E}{\Pi \times \eta} \text{ (m}^2\text{)}$$

Η ιδανική απαιτούμενη ολική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων υπολογίζεται από την σχέση:

$$S_{ολ} = \frac{E}{\Pi \times \eta_{\pi} \times \sigma_{\theta} \times \sigma_{\rho}} \text{ m}^2$$

Επίσης ο συντελεστής κάλυψης προκύπτει από την σχέση:

$$\sigma_{\kappa} = \frac{A}{S_{ολ}}$$

Υποθέτοντας στην συνέχεια ότι οι πρόσθετες ηλεκτρικές απώλειες στο σύστημα είναι ένα ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή ότι ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος από την έξοδο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας μέχρι την έξοδο προς την κατανάλωση είναι  $\alpha=0,7$ , βρίσκουμε ότι η τελική απαιτούμενη επιφάνεια φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι[14]:

$$S'_{ολ} = \frac{S_{ολ}}{\alpha}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

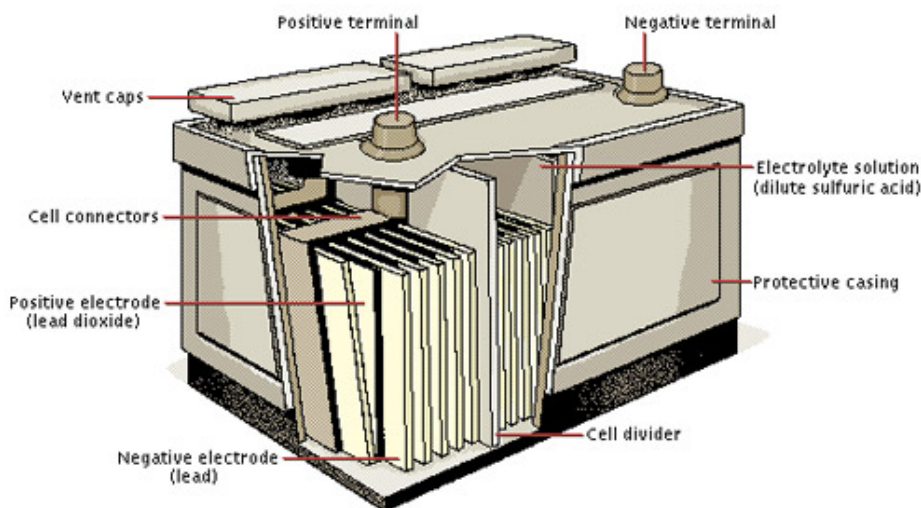
#### 3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ο συσσωρευτής είναι μια διάταξη που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντάς την σε χημική και την απελευθερώνει με την αντίστροφη διαδικασία. Αποτελείται από δυο διαφορετικά αγωγιμα υλικά βυθισμένα, σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, μέσα σε αγωγίμο υγρό, τον ηλεκτρολύτη. Οι συσσωρευτές διακρίνονται ανάλογα με τα αγωγιμα υλικά τους. Συνηθέστεροι τύποι συσσωρευτών είναι: μολύβδου-οξέως, νικελίου-καδμίου, νικελίου-μετάλλου υδριδίου και ιόντων λιθίου. Ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται μεταβάλλονται σημαντικά χαρακτηριστικά του συσσωρευτή όπως η ενέργεια ανά μονάδα μάζας ( Wh/kg), το κόστος ανά μονάδα ενέργειας (€/Wh), βάθος εκφόρτισης (DOD %), ο ρυθμός εκφόρτισης κτλ.

Μια σύντομη περιγραφή των βασικών τύπων συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται ακολουθεί παρακάτω:

##### 3.1.1 ΜΟΛΥΒΔΟΥ-ΟΞΕΩΣ

Οι συσσωρευτές μολύβδου – εκχυλίσματος οξέος είναι οι φθηνότεροι και πιο συνηθισμένοι. Επιτρέπουν υψηλούς ρυθμούς φόρτισης στην περίπτωση της γρήγορης φόρτισης. Απαιτείται όμως επιθεώρηση του επιπέδου των ηλεκτρολυτών και αντικατάσταση του νερού. Παραδοσιακά, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα έχουν χρησιμοποιήσει συσσωρευτές μολύβδου – οξέος εξαιτίας της ώριμης τεχνολογίας τους, της υψηλής διαθεσιμότητάς τους, και του χαμηλού κόστους.



Εικόνα 5: Συσσωρευτής μολύβδου - οξέος

Έχουν όμως σχετικά χαμηλή βαρομετρική πυκνότητα ενέργειας περίπου 30-40Wh/kg και καταλήγουν να αποτελούν το 25%-50% της τελικής μάζας του η ηλεκτρικού

οχήματος. Παρόλο που η διαφορά στο βάρος δεν είναι τόσο μεγάλη, λόγω του ελαφρύτερου αμαξώματος των ηλεκτρικών οχημάτων, ακόμη και οι αποδοτικότεροι συσσωρευτές τείνουν να οδηγήσουν σε υψηλότερες μάζες όταν εφαρμόζονται σε οχήματα με σχετικά υψηλή αυτονομία. Η απόδοση (70-75%) και η ικανότητα αποθήκευσης της σημερινής γενιάς των κοινών συσσωρευτών μολύβδου οξέος μειώνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Σε ακραίες καιρικές συνθήκες είναι απαραίτητη η εκτροπή ενέργειας από τις μπαταρίες για τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσής τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή τους μέχρι και 40%. Ακόμα έχει παρατηρηθεί πως η διάρκεια ζωής μειώνεται από συνεχόμενες εκφορτίσεις σε επίπεδα κάτω του 20% της ονομαστικής χωρητικότητας. Πρόσφατα επιτεύγματα στην απόδοση, τη χωρητικότητα, το υλικό κατασκευής, την ασφάλεια, την τοξικότητα και την ανθεκτικότητα είναι πιθανόν να επιτρέψουν την εφαρμογή αυτών των εξεχόντων χαρακτηριστικών της μπαταρίας σε κανονικού μεγέθους ηλεκτρικά οχήματα. Η φόρτιση και η λειτουργία των συσσωρευτών αυτών συνήθως έχει ως αποτέλεσμα τις εκπομπές υδρογόνου, οξυγόνου και θείου, οι οποίες είναι αναμενόμενες και αβλαβείς αν εξαερίζονται σωστά.

### **3.1.2 ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΚΑΔΜΙΟΥ**

Οι συσσωρευτές νικελίου – καδμίου έχουν υψηλή διάρκεια ζωής και μπορούν να εκφορτιστούν πλήρως χωρίς επιπτώσεις. Η πυκνότητα ενέργειας κυμαίνεται από 45 – 80 Wh/kg. Μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά το κάδμιο ανήκει στα βαρέα μέταλλα και απαιτείται ειδική μεταχείριση ώστε να μη βλάψει το περιβάλλον. Ένα άλλο μειονέκτημα των συσσωρευτών νικελίου – καδμίου είναι το κόστος το οποίο είναι το υψηλότερο από όλα τα άλλα είδη συσσωρευτών.

### **3.1.3 ΝΙΚΕΛΙΟΥ-ΥΔΡΙΔΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ**

Οι συσσωρευτές νικελίου – υδριδίου μετάλλου θεωρούνται πλέον μια σχετικά ώριμη τεχνολογία. Ενώ είναι λιγότερο αποδοτικοί (60-70%) σε φόρτιση και εκφόρτιση από ότι οι μολύβδου – οξέος, έχουν να καυχώνται για μια ενεργειακή πυκνότητα της τάξης του 60 – 120 Wh/kg, πολύ υψηλότερη από αυτή του μολύβδου – οξέος. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, οι συσσωρευτές νικελίου - υδριδίου μετάλλου μπορούν να έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως έχει αποδειχθεί κατά τη χρήση τους σε υβριδικά αυτοκίνητα, όπως για παράδειγμα στο RAV4 EV όπου εξακολουθούν να λειτουργούν καλά μετά από 160000 Km και πάνω από μια δεκαετία χρήσης. Μειονέκτημα αποτελούν η χαμηλή απόδοση, η υψηλή αυτό – εκφόρτιση, οι πολύ απαιτητικοί κύκλοι φόρτισης, και η κακή απόδοση σε ψυχρές καιρικές συνθήκες. Η καλύτερη λειτουργία επιτυγχάνεται όταν η εκφόρτιση γίνεται στο 20% - 50% της ονομαστικής χωρητικότητας, μακροπρόθεσμα όμως το SOC (State of Charge) θα μειωθεί κάτω από το 100%. Τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αυτών δεν είναι βλαβερά για το περιβάλλον, και μάλιστα οι συστοιχίες είναι ανακυκλώσιμες.

### 3.1.4 ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου αποτελούνται από μια οικογένεια συσσωρευτών που χρησιμοποιούν διάφορους συνδυασμούς υλικών ανόδου και καθόδου. Κάθε συνδυασμός έχει σαφή πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσο αφορά την ασφάλεια, τις επιδόσεις, το κόστος, και άλλες παραμέτρους. Οι πιο χαρακτηριστικές τεχνολογίες για εφαρμογή στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι η λιθίου – νικελίου – κοβαλτίου – αλουμινίου (NCA), λιθίου – νικελίου – μαγγανίου – κοβαλτίου (NMC), λιθίου – μαγγανίου – σπινελίου (ZTO), τιτανικού λιθίου (LTO), και λιθίου – φωσφορικού σιδήρου (LFP). Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου έχουν αποδείξει την πολύ καλή τους απόδοση σε εφαρμογές φορητών ηλεκτρονικών ή και ιατρικών συσκευών. Έχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος, καλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες και είναι ανακυκλώσιμες. Το λίθιο είναι το τρίτο πιο ελαφρύ χημικό στοιχείο, προσφέροντας έτσι ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σχετικά με άλλες μπαταρίες που χρησιμοποιούν βαρύτερα μέταλλα. Ένα ακόμη πλεονέκτημα που έχουν οι μπαταρίες Li – ion είναι η υψηλή τάση ανοιχτού κυκλώματος που επιτυγχάνουν σε σχέση με άλλες υδάτινες μπαταρίες όπως οι μπαταρίες μολύβδου – οξέος, οι μπαταρίες Νικελίου – υδριδίου μετάλλου και οι μπαταρίες Νικελίου- Καδμίου. Οι πυκνωτές ισχύος της τάξης του 300W/kg και ενέργειας της τάξης του 100W/kg σε συνδυασμό με την μεγάλη διάρκεια ζωής (1000 κύκλοι) αποτελούν χαρακτηριστικά που δίνουν στους συσσωρευτές ιόντων λιθίου προοπτικές αντικατάστασης των συσσωρευτών NiMH στα ηλεκτρικά οχήματα της επόμενης γενιάς. Μοναδικό μειονέκτημα, ωστόσο, των μπαταριών Li – ion είναι ότι η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται και από το χρόνο που έχει περάσει από τη στιγμή της κατασκευής τους, ανεξάρτητα από το αν αυτές έχουν φορτιστεί και ανεξάρτητα από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης/αποφόρτισης. Έτσι, μια παλιότερη χρονολογικά μπαταρία θα διαρκέσει λιγότερο απ' ό,τι μια καινούρια εξαιτίας της ηλικίας της και μόνο, κάτι που δε συμβαίνει με τις άλλες μπαταρίες[13].

### 3.2 ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

Τόσο στα BEVs όσο και στα PHEVs, η μπαταρία μπορεί να φορτιστεί συνδέοντας τα με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω του φορτιστή μπαταρίας. Γενικά, υπάρχουν δύο είδη φορτιστών μπαταρίας EVs, του ενσωματωμένου φορτιστή και την προσφορά εξωτερικού φορτιστή, τα οποία αντιστοιχούν σε δύο τύπους φόρτισης, δηλαδή, η αργή φόρτιση και η γρήγορη φόρτιση. Αργή φόρτιση που συνήθως αναφέρεται σε μια νύκτα φόρτισης πραγματοποιείται μέσω του ενσωματωμένου φορτιστή. Μπορεί να χρειαστεί 6 ώρες ή περισσότερο για να ολοκληρωθεί η διαδικασία φόρτισης. Η αργή φόρτιση δεν απαιτεί end-of-charge με κύκλωμα ανίχνευσης, δεδομένου ότι ποτέ δεν θα καταστρέψει τη μπαταρία ανεξάρτητα από πόσο χρονικό διάστημα χρησιμοποιείται. Επιπλέον, η ισχύς φόρτισης είναι σχετικά χαμηλή, καθώς μεγάλος χρόνος φόρτισης καταναλώνεται. Αυτό σημαίνει ότι του ενσωματωμένου φορτιστή είναι απλό στο κύκλωμα, και είναι πολύ φτηνά. Γρήγορος χρόνος φόρτισης είναι συνήθως μικρότερος της 1 ώρας. Προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης φόρτιση, μεγάλο ρεύμα φόρτισης είναι απαραίτητο. Έτσι, ένα αυτόνομο σύστημα με μη ενσωματωμένο φορτιστή με υψηλή ισχύς διαβάθμισης είναι απαραίτητο. Η γρήγορη φόρτιση μπορεί να προκαλέσει ζημιά στις μπαταρίες εάν είναι

καταχρηστικά υπερφορτισμένες. Όταν η μπαταρία έχει υπερφορτιστεί, η ενέργεια που παρέχεται από τον φορτιστή δεν είναι πλέον καταναλωταία και επιβαρύνει με διάχυση θερμότητας στο εσωτερικό της μπαταρίας. Αυτό προκαλεί μια απότομη αύξηση τόσο της θερμοκρασίας της μπαταρίας με αποτέλεσμα απότομη αύξηση της εσωτερικής πίεσης της. Για το λόγο αυτό, στην γρήγορη φορτιστή πρέπει να ενσωματώνεται το end-of-charge κύκλωμα ανίχνευσης. Επιπλέον, μια μονάδα διόρθωσης συντελεστή ισχύος θα πρέπει να συμμετέχει για να καταστείλει τη σοβαρή αρμονική ρύπανση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αλλαγή μπαταρίας σημαίνει ότι όταν η μπαταρία των EVs εξαντληθεί αντικαθιστάτε με μια νέα. Είναι κατάλληλο για όλα τα είδη μπαταριών που εμπλέκονται EVs, δηλαδή BEV, HEV, PHEV. Η εγκατάσταση αυτόματης αλλαγής μπαταρίας αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία έδειξε ότι ο μέσος χρόνος εναλλαγής θα μπορούσε να είναι περίπου 59 δευτερόλεπτα. Η αλλαγή μπαταρίας κατά πολλούς είναι η καλύτερη λύση. Η εναλλαγή των μπαταριών έχει καταφέρει και διατηρείται από τις επαγγελματικές ομάδες, καθώς υπάρχει η δυνατότητα της βέλτιστης φόρτισης που στοχεύει στη διεύρυνση της περιόδου της ζωής της. Ωστόσο, υπάρχει έντονο επιχείρημα σχετικά με τη φόρτιση μπαταρίας σε αντίθεση αυτής της αλλαγής. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η αλλαγή της μπαταρίας είναι πρακτικά αδύνατη εξαιτίας του ακριβού κόστους[7].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ (CONVERTERS) DC-DC, DC-AC και AC-DC

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι μετατροπείς είναι ηλεκτρονικές διατάξεις, μετατροπής

- α) συνεχούς ρεύματος σε συνεχές (DC-DC converter), οποιασδήποτε τάσης
- β) συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (DC-AC converter), οποιουδήποτε πλάτους και
- γ) εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή (AC-DC converter)

Ένας DC-DC μετατροπέας, μόνος του ή σε συνδυασμό με τους άλλους τύπους (DC-AC ή AC-DC), μπορεί να αποτελεί χωριστή μονάδα ή να αποτελεί τμήμα του ελεγκτή φόρτισης. Στην τελευταία περίπτωση, η λειτουργία του έγκειται στο να προσαρμόζει την τάση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, στην τάση του συστήματος αποθήκευσης, ώστε να εκμεταλλευόμαστε πλήρως την παραγόμενη ΦΒ ηλεκτρική ενέργεια.

Η όλη διαδικασία έχει ομοιότητα με την μετατροπή του εναλλασσομένου σε εναλλασσόμενο διαφορετικού πλάτους, μέσω μετασχηματιστή (Transformer), η οποία, ως γνωστόν, βασίζεται αποκλειστικά και μόνο, στο φαινόμενο της επαγωγής. Στην περίπτωση αυτή, το κύκλωμα εξόδου είναι ηλεκτρικά μονωμένο από το κύκλωμα εισόδου. Στην περίπτωση των μετατροπέων DC-DC, δεν είναι υποχρεωτική η χρησιμοποίηση μετασχηματιστή.

#### 4.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ (DC-DC CONVERTER)

Η μετατροπή μιας συνεχούς τάσεως,  $V_j$ , σε συνεχή,  $V_0$  ( $V_q \wedge V_j$ ), βασίζεται στη χρήση υψίσυχων διακοπτικών στοιχείων κυκλωμάτων (switchmode π.χ. transistors, thyristors), με τα οποία μπορούμε να διαχειριζόμαστε μεγάλη ισχύ, με ελάχιστες απώλειες. Η μονάδα μετατρέπει συνεχή τάση σε συνεχή, μεγαλύτερης ή μικρότερης τιμής, ανάλογα με τις απαιτήσεις, συμβάλλοντας στη μείωση των καταναλώσεων στη γραμμή μεταφοράς από το χώρο παραγωγής στο χώρο αποθήκευσης. Στο χώρο του ΦΒ πεδίου, τα ΦΒ πλαίσια συνδέονται σε σειρά και αν απαιτείται παράλληλα, ώστε η παραγόμενη σ' αυτά, ηλεκτρική ενέργεια να μεταφέρεται με όσο γίνεται υψηλότερη τάση, πάντα μέσα στα επιτρεπτά όρια, ώστε το ρεύμα (DC) στη γραμμή μεταφοράς να είναι χαμηλό και αντίστοιχα χαμηλές οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας. Σε μεγαλύτερα συστήματα η συνολική τάση εξόδου συστοιχίας επιλέγεται, σε αντιστοιχία με την προδιαγραφή της περιοχής τάσεων εισόδου του inverter, που βρίσκεται συνήθως περί τα 300 V ή 600 V ή και υψηλότερα. Στο χώρο των συσσωρευτών, ο μετατροπέας DC-DC, προσαρμόζει την τάση της συστοιχίας στην τάση του συσσωρευτή, ώστε να υπάρχει πλήρης εκμετάλλευση της ενέργειας και επιπλέον να μη δημιουργηθούν συνθήκες υπέρτασης του συσσωρευτή. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν απόδοση -94%.

Στη διάταξη μπορεί να ενσωματωθεί μικροελεγκτής, ο οποίος συνεχώς ελέγχει και επιβάλλει την προσαρμογή του σημείου λειτουργίας του συστήματος παραγωγής ενέργειας, με το σημείο μέγιστης ισχύος, που καθορίζουν οι κρατούσες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η πρόσθετη αυτή διάταξη ονομάζεται διάταξη "Παρακολούθησης Σημείου Μέγιστης Ισχύος, ΠΣΜΙ (Maximum Power Point Tracking, MPPT)".

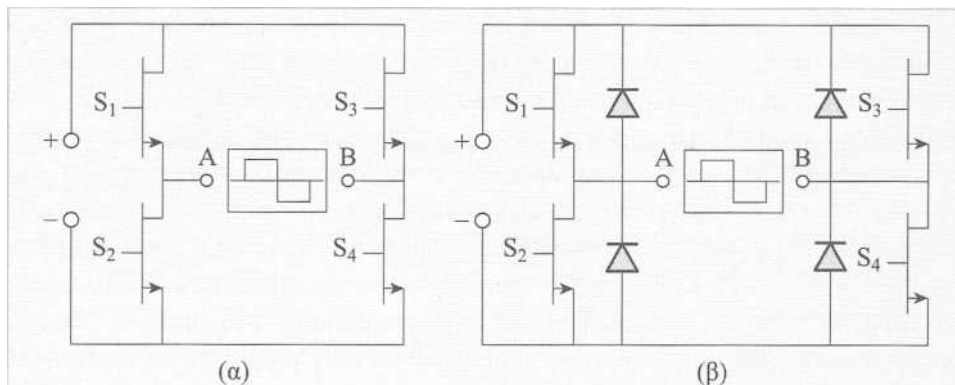


### 4.3 Ο ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC-AC (INVERTER)

Η χρησιμοποίηση του εναλλασσόμενου ρεύματος σε ΦΒ εφαρμογές επιβάλλεται, στις περισσότερες των περιπτώσεων, εξαιτίας της επικράτησής του, κατά γενικό τρόπο, σε κάθε είδους οικιακές χρήσεις και εφαρμογές καθώς και στη βιομηχανία. Εντελώς γενικά, τρεις είναι οι κύριοι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να μετατρέψουμε συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο (AC).

α) Με συνδυασμό κινητήρα συνεχούς ρεύματος με γεννήτρια εναλλασσομένου, β) Με χρήση του κλασικού μηχανικού ή ηλεκτρονικού διακοπτικού συστήματος σε συνεργασία με μετασχηματιστή (πηνίο Ruhmkorff, διατάξεις τροφοδοσίας των αναφλεκτήρων των μηχανών εσωτερικής καύσης) και γ) Με τον καθαρά ηλεκτρονικό μετατροπέα DC-AC converter {Inverter}.

Ο inverter είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος που μετατρέπει συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη (μονοφασική ή τριφασική). Η βασική αρχή λειτουργίας του περιγράφεται στο σχήμα 4. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε περιπτώσεις που διαθέτουμε πηγή συνεχούς ηλεκτρικής τάσεως και καταναλωτές εναλλασσόμενης, όπως συμβαίνει π.χ. στις φωτοβολταϊκές εφαρμογές οικιακής χρήσεως. Αποτελείται από ηλεκτρονικούς διακόπτες (π.χ. bipolar transistors ισχύος, MOSFETs, thyristors κ.λπ.), η συνδυασμένη λειτουργία των οποίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σειράς τετραγωνικών παλμών διαδοχικά ορθών και αντεστραμμένων (Inversion).



Σχήμα 4 : (α) Βασική αρχή λειτουργίας του inverter.  $S_1, S_2, S_3, S_4$  = διακοπτικά στοιχεία. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (DC-AC conversion), επιτυγχάνεται με κλείσιμο - άνοιγμα των διακοπτικών στοιχείων, ανά δύο, χιαστί (1,4 και 2,3). Όσο τα  $S_1, S_4$  είναι αγωγή και τα  $S_2, S_3$  σε αποκοπή, τα σημεία A και B έχουν πρόσημα + και - αντίστοιχα. Όταν συμβαίνει το αντίστροφο, τα A και B έχουν πρόσημα - και + αντίστοιχα. Μ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται η εναλλασσόμενη τετραγωνική τάση (κέντρο του διαγράμματος), (β) Στο προηγούμενο κύκλωμα προστίθεται, σε κάθε διακοπτικό στοιχείο, από μία δίοδος, ώστε να αποκόπτεται η επιστρεφόμενη ισχύς από μη ωμικά φορτία κατανάλωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

#### 5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η παγκόσμια ανησυχία για την κατακόρυφη αύξηση των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και ειδικότερα η έντονη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των αστικών πόλεων σε συνδυασμό με την πρόσφατη απότομη αύξηση των τιμών του πετρελαίου, έδωσε ώθηση στην υιοθέτηση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς φιλικότερων προς το περιβάλλον. Ιδανική λύση στο ζήτημα των μεταφορών αποτελούν τα ηλεκτρικά οχήματα. Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο των μπαταριών ενίσχυσαν την ανταγωνιστικότητα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ωθώντας την προσοχή των κυβερνήσεων και των αυτοκινητοβιομηχανιών προς το τομέα αυτό. Ωστόσο, χρειάζονται αρκετές ακόμα προσπάθειες ώστε τα ηλεκτρικά οχήματα να γίνουν μέρος της καθημερινότητάς μας. Η έλλειψη κατάλληλων υποδομών και συγκεκριμένου ρυθμιστικού πλαισίου για την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι τα σημαντικότερα εμπόδια.

Κάποιοι πιθανόν να έχουν εσφαλμένα την εντύπωση ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ένα τεχνολογικό δημιούργημα των τελευταίων ετών. Στην πραγματικότητα, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μια ιστορία πάνω από 150 έτη κατά τη διάρκεια των οποίων οι τεχνολογίες τους, τόσο στα συστήματα οδήγησης των ηλεκτρικών κινητήρων, για τη βέλτιστη απόδοσή τους, όσο και στις ίδιες τις συστοιχίες, συνεχώς εξελίσσονται. Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημαντικότερα γεγονότα που οδήγησαν στην εξέλιξη του ηλεκτρικού οχήματος στην πάροδο του χρόνου.

- 1831: Ο Joseph Henry, Καθηγητής Μαθηματικών στο Albany NY, εφευρίσκει τον ηλεκτροκινητήρα στην προσπάθειά του να κατανοήσει τους ηλεκτρομαγνήτες.
- 1834: Ο Thomas Davenport, εφευρίσκει το πρώτο ηλεκτρικό όχημα κινούμενο σε ράγες, χωρίς τη δυνατότητα επαναφόρτισης της μπαταρίας του.
- 1847: Ο Moses Farmer από τη Μασαχουσέτη, κατασκεύασε ένα όχημα που τροφοδοτούνταν από 48 ηλεκτρικά στοιχεία και μπορούσε να μεταφέρει δύο άτομα. Την ίδια εποχή ο καθηγητής Charles Page έφτιαξε ένα όχημα με 100 συσσωρευτές και κινητήρα 16 ίππων που μετέφερε 12 άτομα με ταχύτητα μέχρι και 19 μίλια/ώρα.
- 1859: Ο Γάλλος φυσικός Gaston Plante ανακαλύπτει για πρώτη φορά τις μπαταρίες Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid) που έχουν δυνατότητα επαναφόρτισης. Με τον τρόπο αυτό έπαψε να είναι απαραίτητη η συνεχής αντικατάσταση των ηλεκτρικών μπαταριών μετά την εκφόρτισή τους.
- 1890: Ο William Morrison από την Iowa κατασκευάζει το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στις Η.Π.Α. Μπορεί να κινηθεί με 22km/h για 13 ώρες.
- Τα επόμενα χρόνια τα ηλεκτρικά οχήματα κατέχουν τα ρεκόρ ταχύτητας και μέγιστης διανυόμενης απόστασης. Μάλιστα το 1898, το βελγικής κατασκευής αγωνιστικό

ηλεκτρικό αυτοκίνητο “La Jamais Contente” φτάνει τα 108km/h.

- 1900: Τα ηλεκτρικά οχήματα βρίσκονται στη άνθισή τους. Από τα 4192 αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν στην Αμερική σχεδόν το ένα τρίτο ήταν ηλεκτρικά.
- 1908: Ο Henry Ford εισάγει το πρώτο βενζινοκίνητο όχημα μαζικής παραγωγής, το Model T, που επιδρά σημαντικά στην αγορά αυτοκινήτων των Η.Π.Α.
- 1920: Η παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων σταματά να είναι βιώσιμη, η τιμή πώλησής τους συνεχώς αυξάνεται και οι πωλήσεις ελαχιστοποιούνται. Χαρακτηριστικά η Detroit Electric Car Company από 1139 μονάδες το 1918 φτάνει να πουλά μόνο 191 το 1920. Από την άλλη πλευρά η μαζική παραγωγή των βενζινοκίνητων οχημάτων από τον Henry Ford έκανε τα οχήματα αυτά διαθέσιμα σε αρκετά χαμηλές τιμές μεταξύ 500\$ και 1000\$.
- 1920-1970: Τα ηλεκτρικά οχήματα παρακμάζουν καθώς τα βενζινοκίνητα οχήματα προτιμώνται λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων που μπορούν να διανύσουν, της μεγαλύτερης ιπποδύναμης και της χαμηλής τιμής της βενζίνης σε σχέση με τον ηλεκτρισμό. Μόνο η Βρετανία διατηρεί ένα σχετικά μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων, χρησιμοποιώντας τα για τη διανομή γάλακτος, ψωμιού και αλληλογραφίας. Η επαναφορά των ηλεκτρικών οχημάτων άρχισε να γίνεται με βραδύ ρυθμό στη δεκαετία του ‘70 ύστερα από την ανησυχητική αύξηση των τιμών του πετρελαίου, που κορυφώθηκε με την πετρελαϊκή κρίση του 1973, καθώς και το διαρκώς εντονότερο περιβαλλοντικό κίνημα που συνέδεε την ατμοσφαιρική ρύπανση με τους ρύπους των συμβατικών οχημάτων.
- 1974: Το ηλεκτρικό όχημα CitiCar, κατασκευασμένο από τον Vanguard Sebring, εμφανίζεται στο Συμπόσιο Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ουάσινγκτον. Έχει μέγιστη ταχύτητα περίπου 50km/h και μπορεί να διανύσει απόσταση 60km.
- 1976: Το Κογκρέσο περνάει νόμο για την προώθηση της έρευνας σχετικής με τα ηλεκτρικά οχήματα με σκοπό κυρίως τη βελτίωση των μπαταριών και των κινητήρων.
- 1990: Η California εκδίδει την εντολή ZEV (Zero Emission Vehicle), σύμφωνα με την οποία μέχρι το 1998, 2% των οχημάτων της πολιτείας και μέχρι το 2003, 10% των οχημάτων πρέπει να έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- 1997-2003: Καταξιωμένες αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η GM και η TOYOTA κατασκευάζουν μερικές χιλιάδες ηλεκτρικά οχήματα προς μαζική πώληση με πολύ ενθαρρυντική ανταπόκριση από το αγοραστικό κοινό.
- 2003: Το μοντέλο tZero της εταιρείας AC Propulsion κερδίζει το υψηλότερο βραβείο στον καταξιωμένο διαγωνισμό Michelin Challenge Bibendum. Είναι εντυπωσιακό ότι το tZero έχει αυτονομία 300 μίλια, 0-60mph σε 3.6 δευτερόλεπτα και τελική ταχύτητα 100 mph.
- 2007-Σήμερα: Μετά το Πρωτόκολλο του Kyoto και σε μια προσπάθεια επίτευξης των στόχων που τίθενται απ’ αυτό, αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα. Προς αυτή την κατεύθυνση πολλές χώρες όπως Ισραήλ, Δανία, Καναδάς, Ιαπωνία, Αυστραλία και Η.Π.Α. υιοθετούν προγράμματα υποστήριξης ηλεκτρικών οχημάτων. Παρότι λίγα ηλεκτρικά οχήματα διατίθενται αυτή τη στιγμή στην αγορά, αρκετά νέα μοντέλα όπως το LEAF της Nissan, το VOLT της Chevrolet, το i MiEV της Mitsubishi, αναμένεται να κυκλοφορήσουν στο κοντινό μέλλον. Ωστόσο, τα ηλεκτρικά

οχήματα έχουν ακόμα αρκετό δρόμο να διανύσουν προκειμένου να αποτελέσουν μια συμφέρουσα επιλογή για πολλούς οδηγούς. Το υψηλό κόστος κατασκευής, ο περιορισμένος χρόνος ζωής της μπαταρίας, η περιορισμένη διανυόμενη απόσταση, καθώς και η κατασκευή σταθμών φόρτισης κι άλλων υποδομών που απαιτούνται, αποτελούν μερικές από τις προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να επιτευχθεί η επικράτηση των ηλεκτρικών οχημάτων[12].



Εικόνα 1.1 Διαφήμιση ηλεκτρικού οχήματος σε εφημερίδα το 1917 στην Αμερική.

## 5.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- *Είναι φιλικά προς το περιβάλλον*, δηλαδή δεν εκπέμπουν ρύπους κι έτσι δε συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ακόμα και αν προσθέσουμε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> της ηλεκτροπαραγωγής για τη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων, οι εκπομπές είναι το ένα τρίτο ή το πολύ ένα δεύτερο από αυτές των συμβατικών οχημάτων. Επίσης τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν πολύ λιγότερη ηχορύπανση από ένα όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τέλος δεν εκπέμπουν ρύπους όπως NO<sub>x</sub>, NMHC, CO και PM.

- *Ενεργειακή απόδοση*. Μια μηχανή καύσεως δεν είναι ενεργειακά αποδοτική και καταναλώνει πολλά καύσιμα. Με τα υπάρχοντα δεδομένα οι ηλεκτροκινητήρες αποδίδουν το 75% της χημικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες σε κίνηση των τροχών, ενώ αντίθετα οι μηχανές εσωτερικής καύσης μετατρέπουν μόνο το 20% της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στη βενζίνη.

*Μειώνουν την ενεργειακή εξάρτηση*. Ο περιορισμός της ζήτησης πετρελαίου για τον τομέα των μεταφορών μειώνει την ενεργειακή εξάρτηση από τις χώρες κυρίως της Μέσης Ανατολής. Σε πολιτικό επίπεδο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστούμε το ασταθές περιβάλλον που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια στη Μέση Ανατολή.

Επιπρόσθετα, οι ανοδικές τάσεις της τιμής του πετρελαίου ιδιαίτερα μετά το πόλεμο στο Ιράκ έχουν μετατρέψει την μετακίνηση με συμβατικό όχημα σε ένα σημαντικό κόστος της καθημερινή ζωής.

Τέλος, είναι δυνατόν τα ηλεκτρικά οχήματα να προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες στο ηλεκτρικό δίκτυο και να αυξήσουν την αξιοπιστία και την αποδοτικότητά του, όπως θα δούμε και παρακάτω όπου περιγράφεται η V2G διαδικασία.

### 5.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Για την καθιέρωση των ηλεκτρικών οχημάτων χρειάζεται περαιτέρω έρευνα ώστε να αντιμετωπιστούν σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται κυρίως με την τεχνολογία των συσσωρευτών:

- *Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού* μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 60 χιλιόμετρα χρειάζονταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομία που ξεκινάει από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνει τα 250-300 χιλιόμετρα σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σημερινό ρεκόρ χιλιομέτρων χωρίς επαναφόρτιση ανήκει σε ένα σπορ ηλεκτροκίνητο όχημα το Tesla Roadster, που κατάφερε να διανύσει 504 χιλιόμετρα με μία μόνο φόρτιση ταξιδεύοντας με μέση ταχύτητα 56 χιλιόμετρα/ώρα. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 27 Οκτωβρίου 2009 στον παγκόσμιο διαγωνισμό Global Green Challenge στην Αυστραλία.



Εικόνα 1.2 Το Tesla Roadster σε έκθεση αυτοκινήτου.

- *Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης.* Πλήρης επαναφόρτιση της συστοιχίας μπαταριών μπορεί να διαρκέσει από 4 έως 8 ώρες για μια τυπική φόρτιση. Αυτό σε συνδυασμό με τον περιορισμό στη διανυόμενη απόσταση καθιστά το ηλεκτρικό όχημα απαγορευτικό για μεγάλες αποστάσεις ή ταξίδια. Η προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων προϋποθέτει

ικανοποίηση των ιδιοκτητών τους αντίστοιχη με αυτή των συμβατικών οχημάτων.

- Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών. Η διάρκεια ζωής μπαταριών είναι συνήθως 3 - 4 χρόνια ή περίπου 1500 κύκλοι λειτουργίας (300-400 κύκλοι λειτουργίας ανά έτος). Παρ' όλα αυτά, για το αναμενόμενο μέσα στο 2010 Chevrolet Volt, η General Motors ανακοίνωσε πως θα δίνει εγγύηση 8 έτη ή 100.000 μίλια (160.000 χιλιόμετρα).
- Όγκος και βάρος μπαταριών. Οι συστοιχίες μπαταριών είναι βαριές και καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο στο όχημα. Στον όγκο των συσσωρευτών θα πρέπει να προστεθεί και ο όγκος των συστημάτων ασφαλείας για την προστασία από εκδήλωση φωτιάς στις μπαταρίες λόγω υπερθέρμανσης ή βραχυκυκλώματος.
- Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης. Τα χαμηλά ποσοστά διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι σήμερα, και άρα η χαμηλή ζήτηση, είναι λογικό να διατηρούν τα επίπεδα των τιμών της αγοράς μπαταριών σε υψηλά επίπεδα[12].

#### **5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

Τα οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρικά μοτέρ ή εν μέρει αντικαθιστούν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) αποκαλούνται ηλεκτρικά οχήματα (EVs). Πιστεύεται ότι η ηλεκτροδότηση του τομέα μεταφορών θα συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, καθυστερούν την υπερθέρμανση του πλανήτη και βελτιώνουν την ενεργειακή ασφάλεια. Μέχρι τώρα, τα EVs μπορεί να ταξινομηθούν σε τέσσερις βασικούς τύπους: μπαταρία EVs (BEVs), υβριδικό EVs (HEVs), plug-in hybrid EVs (PHEVs) και κυψέλης καυσίμου EVs (FCEVs). Σε BEVs, η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε συσσωρευτές, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια από ηλεκτρικά μοτέρ, έτσι ώστε να οδηγεί οχήματα. Έτσι, μπορούν να επιτύχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων. Επιπλέον, λόγω της υψηλής απόδοσης των ηλεκτρικών κινητήρων και των άλλων μηχανισμών εξοικονόμησης ενέργειας υπάρχουν μέθοδοι, όπως ρελαντί-stop και την regenerative-braking, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας της BEVs είναι εντυπωσιακά βελτιωμένη σε σύγκριση με των παραδοσιακών ICE οχημάτων.

Η συμμετοχή τόσο των ICE (internal combustion engines ) όσο και των ηλεκτρικών κινητήρων ρεύματος στα HEVs έχει προταθεί προκειμένου να ξεπεραστούν οι ελλείψεις των BEVs, όπως η περιορισμένη εμβέλεια οδήγησης και η ανεπαρκής δυναμική απόδοση. Επειδή τα HEVs συμπλέκουν και ICE και ηλεκτρικά μοτέρ ταυτόχρονα, έχουν πιο περίπλοκες μηχανικές κατασκευές από τα BEVs. Σύμφωνα με το σύστημα μετάδοσης κίνησης διαμόρφωσης, τα HEVs μπορούν να ταξινομούνται περαιτέρω ως σειρά HEVs, παράλληλα HEVs και τροφοδοσίας split HEVs. Μέχρι στιγμής, η εμπορία των HEVs έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία.

Τα PHEVs μπορούν να θεωρηθούν ως μια ειδική υποκατηγορία των HEVs. Μπορούν να επαναφορτίζονται συνδέοντας απλά ένα βύσμα στο ηλεκτρικό δίκτυο, σε αντίθεση με την πρόωμη μορφή των HEVs, όπου οι μπαταρίες επαναφορτίζονται επί του οχήματος από την ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται από λάδι. Επιπλέον, σε σχέση με την πρόωμη

μορφή των HEVs, η ικανότητα των μπαταριών στα PHEVs είναι πολύ μεγαλύτερη. Έτσι, τα PHEVs είναι σε θέση να προσφέρουν εκτεταμένο εύρος οδήγησης με πλήρες ηλεκτρικό τρόπο λειτουργίας. Με την ανάπτυξη των smart grid και vehicle-to-grid/vehicle-to-grid τεχνολογιών, μπορεί να προβλεφθεί ότι τα PHEVs θα προσελκύουν ολοένα και περισσότερο την προσοχή των κατασκευαστών αυτοκινήτων και πελατών.

Τα FCEVs χρησιμοποιούν κυψέλες καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλεκτροχημική αντίδραση μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου. Επίσης, μπορούν να επιτύχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εξέχουσα δυναμική απόδοση συγκρίσιμη με εκείνη των ICE οχημάτων. Τα εμπόδια της εμπορίας τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος των κυψελών καυσίμου και η δυσκολία στην απόκτηση υγρού υδρογόνου και οξυγόνου. Γενικά, τα BEVs, τα HEVs και τα PHEVs μπορούν επίσης να ονομάζονται ως εμπλεκόμενα με μπαταρία EVs. Οι ενεργειακές ανανεώσεις τέτοιων EVs αφορά είτε φόρτιση της μπαταρίας ή την αλλαγή της. Ενώ, ο ανεφοδιασμός υγρού υδρογόνου και οξυγόνου για FCEV είναι ένα τελείως διαφορετικό πρόβλημα[7].

## 5.5 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που φαίνεται ότι θα κατασκευασθούν μαζικά στις επόμενες δεκαετίες και θα διατεθούν στις αγορές, διαιρούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κινούνται αποκλειστικά με την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους επί του οχήματος συσσωρευτές (Battery Electric Vehicles - BEV) και η οποία, κατά τον ανεφοδιασμό τους, προσλαμβάνεται από το δίκτυο ή από κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής
- Ηλεκτρικά αυτοκίνητα, όπως τα ανωτέρω, τα οποία όμως επιπρόσθετα διαθέτουν επί του οχήματος και μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την οποία τροφοδοτούν τους συσσωρευτές τους (η/και τους ηλεκτροκινητήρες τους) όταν αυτοί εκφορτιστούν, ονομάζονται Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα με μονάδα Επέκτασης της Αυτονομίας τους (Battery Electric Vehicles with Range Extender - BEV/RE). Ανεφοδιάζονται με ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο όπως ακριβώς και τα BEVs αλλά επιπλέον ανεφοδιάζονται και με το είδος καυσίμου με το οποίο λειτουργεί η μονάδα επέκτασης της αυτονομίας τους (βενζίνη, πετρέλαιο, υγραέριο κ.λπ.)
- Τα Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Αυτοκίνητα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles - PHEV) είναι τα υβριδικά αυτοκίνητα τα οποία κινούνται με συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και θερμικού κινητήρα και τα οποία εκτός από τον εφοδιασμό τους με το συμβατικό καύσιμο του θερμικού τους κινητήρα έχουν επιπρόσθετα τη δυνατότητα να φορτίζουν τους συσσωρευτές τους με ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από το δίκτυο ή από κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Και οι τρεις αυτές κατηγορίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν το κοινό γνώρισμα της δυνατότητας ηλεκτρικής διασύνδεσής τους με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ή με κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής) με σκοπό την ολική ή μερική επαναφόρτιση των συσσωρευτών τους με ηλεκτρική ενέργεια την οποία χρησιμοποιούν

για την κίνησή τους. Η διαδικασία αυτή, αντιστοιχεί με τον ανεφοδιασμό με καύσιμο των συμβατικών αυτοκινήτων στα πρατήρια καυσίμων[11].

## **5.6 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Τα μέρη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου που συνδέονται με τη διαδικασία ανεφοδιασμού τους με ηλεκτρική ενέργεια αναφέρονται παρακάτω:

- Η συστοιχία των συσσωρευτών τους ή των όποιων άλλων ηλεκτρικών συστημάτων χρησιμεύουν για την επί του οχήματος αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κίνηση τους. Αντίστοιχο εξάρτημα των συμβατικών αυτοκινήτων είναι η δεξαμενή καυσίμου.
- Ο τοποθετημένος στην εξωτερική επιφάνεια του οχήματος ηλεκτρικός ακροδέκτης σύνδεσης των συσσωρευτών με το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής ή την εξωτερική πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχο εξάρτημα των συμβατικών αυτοκινήτων είναι το στόμιο πλήρωσης με καύσιμο. Η όποια επί του οχήματος ηλεκτρική μονάδα, ή άλλη ηλεκτρική διάταξη μεσολαβεί μεταξύ του εξωτερικού ηλεκτρικού ακροδέκτη και της συστοιχίας των συσσωρευτών και η οποία σκοπό έχει, αφενός μεν, τον μετασχηματισμό των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης από την εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ώστε αυτά να γίνουν κατάλληλα για τη φόρτιση, αφετέρου δε, τη διαχείριση της διαδικασίας φόρτισης ώστε αυτή να ολοκληρωθεί με ασφάλεια για τον χρήστη, με τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο για την προστασία των συσσωρευτών και με ορθή προσαρμογή και συνεργασία με το δίκτυο παροχής. Αντίστοιχο εξάρτημα δεν υπάρχει στα συμβατικά αυτοκίνητα αφού το καύσιμο παρέχεται σε αυτά αυτούσιο στη μορφή με την οποία αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται, με εξαίρεση ίσως κάποιων βοηθητικών φίλτρων, συστημάτων επιστροφής καυσίμου ή ακόμα συστημάτων αερισμού του κυκλώματος ανεφοδιασμού τα οποία μερικές φορές παρεμβάλλονται μεταξύ του στομίου πλήρωσης και της δεξαμενής καυσίμου.
- Το καλώδιο σύνδεσης του εξωτερικού ακροδέκτη με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ή την εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συναντάται σε δύο μορφές. Στη φορητή του έκδοση στην οποία μπορεί να αποτελεί εξάρτημα του αυτοκινήτου παρεχόμενο από τον κατασκευαστή ή να διατίθεται από την επιχείρηση του δικτύου φόρτισης και στη μόνιμη έκδοση η οποία έχει τη μορφή μόνιμης προέκτασης του σημείου φόρτισης. Στη φορητή μορφή διαθέτει κατάλληλους ακροδέκτες και στα δύο του άκρα για την ασφαλή σύνδεση στον εξωτερικό ακροδέκτη του αυτοκινήτου από τη μία άκρη και στην ηλεκτρική παροχή του δικτύου ή της εξωτερικής πηγής ενέργειας από την άλλη. Στη μόνιμη μορφή φέρει ακροδέκτη ασφαλούς ηλεκτρικής σύνδεσης με τον εξωτερικό ακροδέκτη του αυτοκινήτου στην ελεύθερη άκρη του ενώ η άλλη είναι μονίμως συνδεδεμένη εσωτερικώς της συσκευής του σημείου φόρτισης. Στη δεύτερη αυτή μορφή αντιστοιχεί πλήρως με τις γνωστές μάνικες παροχής καυσίμου, για τα συμβατικά αυτοκίνητα, που στο ένα τους άκρο είναι μονίμως συνδεδεμένες με τις αντλίες των πρατηρίων.



- Τα σημεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας φόρτισης από το δίκτυο ή από εξωτερικές πηγές. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν με τις αντλίες καυσίμου των πρατηρίων που ανεφοδιάζουν τα συμβατικά αυτοκίνητα. Σημαντική διαφοροποίηση όμως αποτελεί το γεγονός ότι τέτοια σημεία φόρτισης μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία οπουδήποτε υφίσταται δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι ο ανεφοδιασμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να γίνεται άνετα και με ασφάλεια ακόμα και στο σπίτι κατά τη διάρκεια της νύκτας. Μπορεί επίσης να γίνεται σε απομακρυσμένες και ακατοίκητες περιοχές με την ηλεκτρική ενέργεια που θα προέρχεται από κάποια διερχόμενη γραμμή δικτύου ή ακόμα από τοπικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα σημεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων διαίρονται σε δύο κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν αυτά που προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του δικτύου διανομής. Για τη φόρτιση των συσσωρευτών του ηλεκτρικού αυτοκινήτου από τα σημεία αυτά αξιοποιείται η επί του αυτοκινήτου συσκευή φόρτισης και διαχείρισης που προαναφέρθηκε. Ο ρυθμός φόρτισης και επομένως η διάρκειά της εξαρτάται τόσο από τη δυνατότητα παροχής του σημείου φόρτισης όσο και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της επί του οχήματος συσκευής. Η κατηγορία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για ήπιους ρυθμούς φόρτισης, όπως είναι η οικιακή φόρτιση ή ακόμα και η φόρτιση από κοινόχρηστα σημεία με σχετικά ταχύτερο ρυθμό. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα σημεία φόρτισης που προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κατάλληλα για την απευθείας τροφοδότηση της συστοιχίας των συσσωρευτών του αυτοκινήτου με παράκαμψη του επί του οχήματος φορτιστή. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εφικτή η ταχύτερη φόρτιση των συσσωρευτών επειδή η τροφοδοσία μπορεί να γίνει με μεγάλη ισχύ και με αντίστοιχα μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Απαραίτητη προϋπόθεση για κάτι τέτοιο είναι η επί του οχήματος ύπαρξη ηλεκτρονικής διάταξης διαχείρισης του ρυθμού φόρτισης για την αποτροπή κινδύνων καταστροφής των συσσωρευτών λόγω υπερθέρμανσης ή άλλων δυσλειτουργιών που μπορεί να προκύψουν και η συνεργασία αυτής της διάταξης με την πηγή παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας με την ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης της διαδικασίας φόρτισης μέσω τυποποιημένου κώδικα επικοινωνίας. Στην περίπτωση αυτή το ηλεκτρικό αυτοκίνητο θα πρέπει να διαθέτει ιδιαίτερο εξωτερικό ακροδέκτη ταχείας φόρτισης εξοπλισμένο και με την προαναφερθείσα διάταξη διαχείρισης.

Για κάθε ένα από τα ανωτέρω αναφερόμενα μέρη θα γίνει στη συνέχεια λεπτομερής περιγραφή και θα επιδιωχθεί ο εντοπισμός εκείνων των χαρακτηριστικών τους για τα οποία θα πρέπει να επιδιωχθούν διεθνείς συμφωνίες και τυποποιήσεις προκειμένου να αποφευχθούν κατασκευαστικές ιδιομορφίες και επακόλουθες δυσχέρειες επίτευξης της επιδιωκόμενης ευρείας διάδοσης της ηλεκτροκίνησης των αυτοκινήτων. Η απαραίτητη αυτή διαδικασία έχει ήδη αρχίσει με πρωτοβουλίες τόσο των κατασκευαστών όσο και των θεσπισμένων οργάνων τυποποίησης αλλά η μέχρι τώρα πρόοδος δεν προσέγγισε το επιθυμητό επίπεδο και τα προβλήματα που διαπιστώνονται στις πρώτες εφαρμογές υπογραμμίζουν την ανάγκη επίσπευσης των ενεργειών, ειδικότερα μάλιστα στον Ευρωπαϊκό χώρο με την πολυμορφία εφαρμογών που τον χαρακτηρίζει[11].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs

#### 6.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.

Η μπαταρία είναι το πιο κρίσιμο συστατικό στην ανάπτυξη ενός ηλεκτρικού οχήματος. Η πυκνότητα ενέργειάς της, ο χρόνος φόρτισης, ο χρόνος ζωής και το κόστος είναι ακόμη πίσω από πρακτικές εφαρμογές. Ο χρόνος φόρτισης και ο χρόνος ζωής μιας μπαταρίας έχουν μεγαλύτερη εξάρτηση από τις μεθόδους φόρτισης. Η παρούσα πτυχιακή εργασία δείχνει κάποιες κοινές τεχνικές φόρτισης, όπως το συνεχές ρεύμα, η συνεχής τάση και ούτω καθεξής. Με τη μέθοδο σταθερούς ρεύματος φόρτισης, η απόδοση φόρτισης είναι πολύ υψηλή αν χρησιμοποιούνται υψηλά ρεύματα. Ωστόσο, τέτοια υψηλά ρεύματα δεν μπορούν να μεταφερθούν στα πακέτα μπαταρίας όταν είναι σχεδόν πλήρως φορτισμένα επειδή τέτοια φόρτιση θα οδηγούσε σε αεριοποίηση, απώλεια των ηλεκτρολυτών, και πιθανή ζημιά στις μονάδες μπαταρίας σε αυτό το πακέτο. Σε ένα χαμηλό συνεχές ρεύμα, ο συνολικός χρόνος φόρτισης μπορεί να είναι ανεπίτρεπτα μεγάλος. Αλλά έχει την επίδραση να εξισώνει τις τάσεις των ανεξάρτητων μονάδων της μπαταρίας. Με τη μέθοδο συνεχής τάσης φόρτισης, το ρεύμα είναι υψηλό στην αρχή της φόρτισης και πέφτει όσο η φόρτιση συνεχίζεται. Κατά συνέπεια, γύρω στο τέλος της φόρτισης, η ροή ρεύματος είναι πιθανόν να είναι πολύ χαμηλή.

Άρα ο καλύτερος τρόπος να φορτίσουμε τα πακέτα μπαταρίας για βέλτιστη επίδοση και μακροζωία είναι να ρυθμίσουμε ολόκληρη τη διαδικασία φόρτισης σε αρκετές φάσεις και να διαλέξουμε το σωστό πρότυπο φόρτισης ανάλογα με τα ρεύματα, τις τάσεις και τις θερμοκρασίες των πακέτων μπαταρίας στον πραγματικό χρόνο. Τα τέσσερα πρότυπα φόρτισης είναι τα ακόλουθα.

#### A. Συνεχές Ρεύμα και Περιορισμένη Τάση

Αυτή είναι μία απλή μέθοδος φόρτισης που χρησιμοποιεί συνεχές ρεύμα και με την τάση της μπαταρίας να αυξάνεται προοδευτικά. Αμέσως μόλις η τάση της μπαταρίας φτάσει το περιορισμένο επίπεδο, ο φορτιστής θα μετατραπεί σε άλλο πρότυπο φόρτισης ανάλογα με την εγκατάσταση. Αυτό το πρότυπο θα χρησιμοποιείται πάντα στην αρχή.

#### B. Συνεχής Τάση και Περιορισμένο Ρεύμα

Με τη μέθοδο φόρτισης συνεχής τάσης, το ρεύμα είναι υψηλό στην αρχή και πέφτει όσο η φόρτιση συνεχίζεται. Η διαδικασία δεν θα τερματίσει μέχρι το ρεύμα να φτάσει το περιορισμένο επίπεδο. Το πρότυπο χρησιμοποιείται πάντα στη μέση της διαδικασίας φόρτισης.

#### Γ. Συνεχές Ρεύμα και Καθορισμένος Χρόνος

Το πρότυπο φόρτισης χρησιμοποιεί συνεχές ρεύμα σε καθορισμένο χρόνο. Το πρότυπο χρησιμοποιείται πάντα στην τελευταία θέση για να εξισώνει τις τάσεις των ανεξάρτητων μονάδων μπαταρίας.

## **Δ. Συνεχής Τάση και Καθορισμένος Χρόνος**

Το πρότυπο φόρτισης χρησιμοποιεί συνεχή τάση σε καθορισμένο χρόνο. Αυτό χρησιμοποιείται πάντα στη μέση της διαδικασίας φόρτισης[3].

### **6.2 ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

#### **6.2.1 Ο ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ III**

Ανάμεσα στις τρεις τάξεις των σταθμών φόρτισης, το επίπεδο III είναι το πιο ενδιαφέρον και πρακτικό για τις εγκαταστάσεις σε δημόσια μέρη όπως οι εμπορικές περιοχές εφόσον καθιστά δυνατή μια πιο εύκολη ολοκλήρωση των ΣΥΗΟ και ΗΟ στην αγορά. Στο μέλλον τέτοιοι σταθμοί μπορεί να παίξουν τον ίδιο ρόλο όπως τα βενζινάδικα σήμερα. Για αυτόν το λόγο, πολλές ανεπτυγμένες χώρες προγραμματίζουν ώστε να χρησιμοποιήσουν, γρήγορους φορτιστές επιπέδου III, κυρίως στη Δυτική Ευρώπη [7]. Στην Ιαπωνία, η Εταιρία Ηλεκτρικής Ισχύος στο Τόκυο έχει ανακοινώσει την εγκατάσταση των 200 10λεπτων φορτιστών υψηλής ισχύος για το 2010, που θα συμπίπτει με την εισαγωγή των ΗΟ Mitsubishi i-Miev, που έχει ήδη διαφημιστεί με μία πρίζα γρήγορου φορτιστή DC [8]. Αυτό είναι το αποτέλεσμα ενός κατασκευαστικού χαρακτηριστικού στο Τόκυο, όπου οι οδηγοί δεν έχουν πρόσβαση σε μία πρίζα στα σπίτια τους για να φορτίσουν τα αμάξια τους.

#### **6.2.2 ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΑ**

Κάποιες Αμερικανικές εταιρίες έχουν ήδη χτίσει πρωτότυπα τέτοιων γρήγορων σταθμών φόρτισης: ένα πρωτότυπο που διαθέτει χρόνο φόρτισης 10 λεπτών αναμένεται να έχει προωθηθεί κατά τη διάρκεια του τρίτου τετάρτου του 2010, και το πρωτότυπο LSV-100 Zip που μπορεί να φορτίσει σε λιγότερο από 30 λεπτά. Στην Ευρώπη τον Ιανουάριο του 2010, η Renault-Nissan ανακοίνωσε την επιτυχία της στην ανάπτυξη ενός γρήγορου σταθμού φόρτισης που είναι ικανός να αναπληρώσει το 80% μίας μπαταρίας ΗΟ σε λιγότερο από 30 λεπτά.

#### **6.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

1) Πλεονεκτήματα: Εκτός από το να φορτίζεται μία μπαταρία ενός αμαξίου μέχρι 80% στην ΚΦ(SOC) τυπικά σε 15 λεπτά, η γρήγορη φόρτιση επίσης μειώνει τα έξοδα λειτουργίας και αυξάνει την παραγωγικότητα με δύο τρόπους:

α) Οι γρήγοροι φορτιστές είναι γνωστό ότι είναι πιο αποδοτικοί από τους συμβατικούς φορτιστές, και η φόρτιση με λιγότερη υπερφόρτιση αυξάνει την αποδοτικότητα της μπαταρίας.

β) Με τη γρήγορη φόρτιση η μέση ΚΦ (Κατάσταση Φόρτισης) της μπαταρίας διατηρείται υψηλά, που αυξάνει την ταχύτητα του οχήματος.

2) Ζητήματα: Τα κύρια θέματα της γρήγορης φόρτισης βρίσκονται στους τέσσερις κύριους μηχανισμούς αποτυχίας των βιομηχανικών μπαταριών μολύβδου οξέος:

α) Διάχυση Θετικού Ενεργητικού Υλικού (ΘΕΥ- PAM)

β) Διάβρωση του δικτύου θετικής πλάκας

γ) Ανισοροπία ανάμεσα στα κελιά των μπαταριών

δ) Ασφυξία της αρνητικής πλάκας

#### **6.2.4 ΣΧΕΔΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

Σε ένα φορτιστή μπαταρίας διπλής κατεύθυνσης, η φόρτιση μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους.

1) Κατάσταση Συνεχούς Ρεύματος/Συνεχής Τάσης: Γίνεται σε δύο φάσεις. Η μπαταρία αρχικά φορτίζεται σε κατάσταση συνεχούς ρεύματος, τυπικά ως και 70% της ΚΦ και ύστερα φορτίζεται σε κατάσταση συνεχής τάσης όπου το ρεύμα είναι λιγότερο από το τοποθετημένο ρεύμα.

2) Κατάσταση Γρήγορης Φόρτισης: Αρκετοί αλγόριθμοι και μέθοδοι έχουν βρεθεί για να εφαρμόσουν γρήγορη φόρτιση και ανάμεσά τους είναι μία πλήρως ψηφιοποιημένη έξυπνη μέθοδος που περιλαμβάνει έναν συνδυασμό υψηλού συνεχόμενου ρεύματος συνεχούς φόρτισης και μερικό ρεύμα παλμού φόρτισης. Τέτοια τεχνική εξετάζει την πραγματική κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας και τις προηγούμενες φορτίσεις και αποφορτίσεις της μπαταρίας. Ωστόσο η μέθοδος που έχει αποκαλυφθεί ότι είναι η πιο πρακτική και ότι έχει την καλύτερη απόδοση και τον μικρότερο χρόνο φόρτισης είναι η μέθοδος παλμού-φόρτισης. Αποτελείται βασικά από τη δημιουργία ενός μακρού χρόνου παλμού φόρτισης που ακολουθείται αμέσως από έναν πολύ σύντομο χρόνο παλμό αποφόρτισης, που ακολουθείται από μία 'περίοδο αναμονής[8].

#### **6.2.5 ΟΙ ΤΑΧΥΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΜΕ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ CHAdeMO**

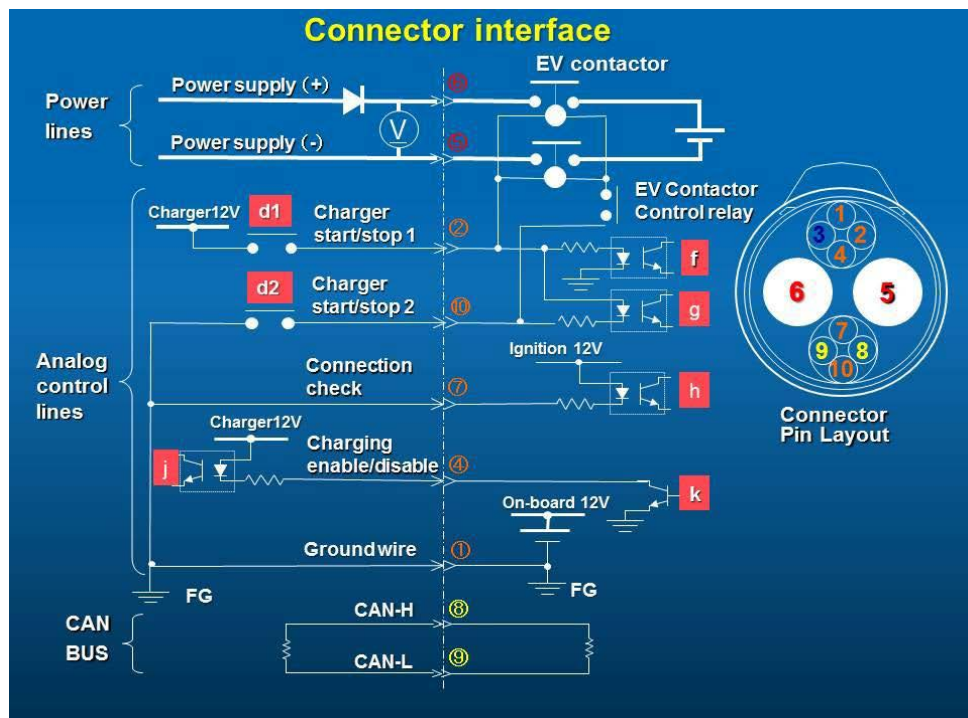
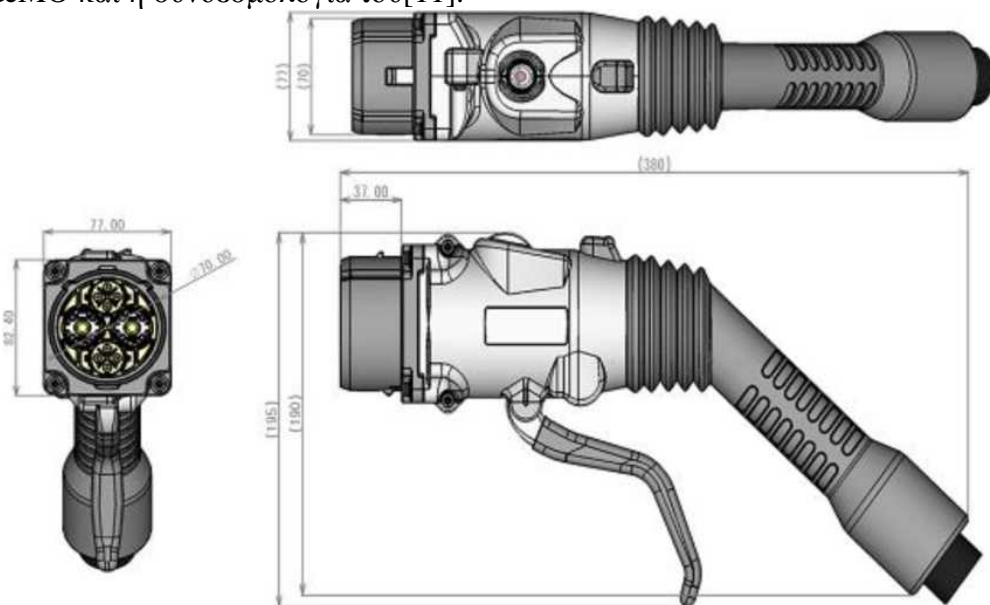
Η μέχρι σήμερα εμπειρία από το χώρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων απέδειξε ότι, για την ευρύτερη διάδοση της ηλεκτροκίνησης των οχημάτων, υπάρχει ανάγκη ύπαρξης κοινόχρηστων σημείων ανεφοδιασμού με ηλεκτρική ενέργεια στα οποία οι συσσωρευτές αυτών των οχημάτων να μπορούν να φορτιστούν σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Παρά το γεγονός ότι η πλειοψηφία των ιδιοκτητών-οδηγών ηλεκτρικών αυτοκινήτων προβλέπεται ότι θα τα ανεφοδιάζει στο σπίτι κατά τη διάρκεια της νύκτας και την επομένη ημέρα θα κινείται μέσα στα πλαίσια της αυτονομίας τους, εντούτοις, για διαδρομές καθ' υπέρβασή της, για την αντιμετώπιση τυχόν έκτακτων αναγκών όσο και για την απαλλαγή από το γνωστό άγχος του κινδύνου να ακινητοποιηθεί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο για πολλές ώρες στο δρόμο από έλλειψη ενέργειας, καταβάλλονται προσπάθειες να καταστεί εφικτή η ταχεία φόρτιση των συσσωρευτών έτσι ώστε να επιτευχθεί και για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ένας γρήγορος ανεφοδιασμός ανάλογος με εκείνον των συμβατικών αυτοκινήτων. Δοκιμάστηκαν και δοκιμάζονται πολλές λύσεις όπως π.χ. η αντικατάσταση των εκφορτισμένων συσσωρευτών από άλλους φορτισμένους σε ειδικές ρομποτικές εγκαταστάσεις, η αντικατάσταση του ηλεκτρολύτη των ειδικού τύπου εκφορτισμένων συσσωρευτών με ηλεκτρολύτη ο οποίος θα τους επαναφέρει αμέσως σε κατάσταση πλήρους φόρτισης κ.λπ. Όλες όμως αυτές οι λύσεις είτε αποδείχθηκαν πολύ ακριβές έτσι ώστε να καθίστανται ασύμφορες είτε περιορίζουν την εφαρμογή σε ορισμένη μόνο τεχνολογία η οποία δεν ευνοεί την επιζητούμενη ευρεία διάδοση της ηλεκτροκίνησης και την επιδιωκόμενη περαιτέρω τεχνολογική πρόοδο. Η

πλέον προσιτή οικονομικά λύση, η οποία δεν δημιουργεί τεχνολογικά μονοπώλια είναι η ταχεία φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από ειδικούς εξωτερικούς φορτιστές μεγάλης ισχύος οι οποίοι θα παρέχουν συνεχές ρεύμα φόρτισης (DC) υψηλής εντάσεως αλλά με τρόπο συνεχώς ελεγχόμενο έτσι ώστε να προσαρμόζεται ο ρυθμός φόρτισης στα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή προς αποφυγή ζημιών από καταπονήσεις με τη μορφή υπερθερμάνσεων ή έντονων διαφοροποιήσεων μεταξύ των στοιχείων.

Στη βάση αυτής της αρχής, οι σημαντικότεροι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων αλλά και άλλοι επιχειρηματίες του χώρου συνεργάστηκαν με στόχο να κατασκευάσουν και να διαδώσουν ένα σύστημα ταχείας φόρτισης συνεχούς ρεύματος το οποίο και ονόμασαν CHAdeMO που αποτελεί συντομογραφία της φράσης “Charge and Move” (Φόρτισε και Φύγε). Το πρότυπο το οποίο αναπτύχθηκε από κοινού από όλα τα μέλη του ανοικτού σε συμμετοχές οργανισμού “CHAdeMO Association” εγκαινιάστηκε στις 15 Μαρτίου 2010. Η πρόταση έγινε αμέσως δεκτή από τους κατασκευαστές - μέλη του Οργανισμού “CHAdeMO” αλλά και από άλλους ενδιαφερόμενους για την ηλεκτροκίνηση των οχημάτων όπως είναι οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας

Στην Ευρώπη, μερικά από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία πρόκειται να κυκλοφορήσουν τα αμέσως επόμενα χρόνια, σχεδιάζεται να προσφέρουν τη δυνατότητα ταχείας φόρτισης με συνεχές ρεύμα, δηλαδή την απευθείας σύνδεση των συσσωρευτών τους με εξωτερικό φορτιστή τύπου CHAdeMO, μερικά άλλα όμως, ακόμα και για ταχεία φόρτιση, θα χρησιμοποιούν τον επί του αυτοκινήτου φορτιστή, ο οποίος στην περίπτωση αυτή θα είναι μεγαλύτερης ισχύος από την απαιτούμενη για την κανονική φόρτιση. Τα αυτοκίνητα αυτά θα συνδέονται με παροχή εναλλασσομένου ρεύματος (AC) τόσο για την κανονική όσο και για την ταχεία φόρτιση. Το σύστημα ταχείας φόρτισης με συνεχές ρεύμα, προδιαγραφών CHAdeMO, χρησιμοποιεί, όπως προαναφέρθηκε, εξωτερικό φορτιστή ο οποίος υπακούει (slave) στις εντολές που του δίνει το σύστημα των συσσωρευτών του αυτοκινήτου (master) προκειμένου να ρυθμίζει συνεχώς τα δεδομένα της φόρτισης ώστε να αποφεύγονται οι καταπονήσεις της συστοιχίας. Η λύση αυτή θεωρείται λειτουργική, ασφαλής και πολύ αποδοτική από πλευράς συντήσεως του χρόνου φόρτισης και επιδιώκεται από τον Οργανισμό “CHAdeMO» να καταστεί παγκόσμιο πρότυπο, δοθέντος μάλιστα ότι η τεχνογνωσία του συστήματος (πρωτόκολλο επικοινωνίας και προδιαγραφές των εξαρτημάτων διασύνδεσης όπως υποδοχές, βύσματα και καλώδια) είναι ελεύθερη και διατίθεται δωρεάν σε όλους όσους εγγράφονται μέλη στην “CHAdeMO Association”. Η μέχρι τώρα πορεία των πραγμάτων δείχνει ότι ο στόχος θα επιτευχθεί και ότι η ταχεία φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με συνεχές ρεύμα (δηλαδή με εξωτερικό φορτιστή) θα γενικευθεί και θα στηριχθεί στις προδιαγραφές “CHAdeMO” σε ολόκληρο τον κόσμο. Με μια τυπική ισχύ ίση με 50kW ο φορτιστής “CHAdeMO” μπορεί να φορτίσει κατά 80% τους συσσωρευτές ενός μεσαίου μεγέθους ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε 30 λεπτά. Μπορεί επίσης με μια φόρτιση 5 λεπτών, σχεδόν ίδια με τη στάση ανεφοδιασμού ενός συμβατικού αυτοκινήτου, να προσδώσει στους συσσωρευτές ηλεκτρική ενέργεια επαρκή για τα επόμενα 30 - 40 χιλιόμετρα προκειμένου να καταστεί εφικτή η μετάβαση στο μόνιμο σημείο ανεφοδιασμού με την κανονική φόρτιση. Αυτή η δυνατότητα ταχείας πρόσκτησης ενέργειας αφαιρεί οριστικά από τον οδηγό ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου το άγχος μιας πιθανής ακινησίας από εξάντληση της αποθηκευμένης στους συσσωρευτές ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν στα πρατήρια καυσίμων, ή σε άλλα κοινόχρηστα σημεία, γνωρίζει ότι θα βρει έναν ταχυφορτιστή στον οποίο θα σταθεί για 5 έως 10 λεπτά και θα ανεφοδιασθεί με ενέργεια αρκετή για να τελειώσει το πρόγραμμα μετακινήσεων της ημέρας δεν υπάρχει πλέον γι’ αυτόν πρόβλημα αυτονομίας. Πολλοί Ευρωπαίοι κατασκευαστές ηλεκτρικών συστημάτων έχουν ήδη μπει στην παραγωγή συστημάτων ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών

αυτοκινήτων τα οποία παρέχουν εναλλασσόμενο ρεύματος (AC) μεγάλης ισχύος για τη εξυπηρέτηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που διαθέτουν ενσωματωμένο φορτιστή ταχείας φόρτισης και παράλληλα συνδυάζουν και εξωτερικό φορτιστή προδιαγραφών “CHAdeMO” ο οποίος παρέχει συνεχές ρεύμα (DC) για την εξυπηρέτηση των αυτοκινήτων που είναι εξοπλισμένα με υποδοχή και σύστημα ελέγχου φόρτισης αυτών των προδιαγραφών. Τα συνδυασμένα αυτά συστήματα ικανοποιούν τις ανάγκες ταχείας φόρτισης όλων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Υποδομές ταχυφορτιστών τύπου “CHAdeMO” στην Ευρώπη έχουν αρχίσει ήδη να εγκαθίστανται σε εθνικό επίπεδο στην Ιρλανδία και την Πορτογαλία, και σε επίπεδο πόλης ή περιοχής στη Βορειοανατολική Αγγλία, το Βέλγιο και την Ολλανδία. Κατωτέρω εικονίζεται το τυποποιημένο βύσμα CHAdeMO και η συνδεσμολογία του[11].



Εικόνα 6 : Τυποποιημένο βύσμα CHAdeMO και η συνδεσμολογία του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΠΡΟΤΥΠΑ

#### 7.1 ΥΠΟΔΟΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η εξέλιξη της τεχνολογίας φόρτισης με αποτέλεσμα η υποδομή φόρτισης να είναι κοινή κι έτσι οι πελάτες αισθάνονται άνετα με την μορφή αυτής της τεχνολογίας και τα έξοδα κατασκευής μειώνονται. Υπάρχουν ήδη δύο τύποι ακροδεκτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και για το λόγο αυτό τον Απρίλιο του 2009 κάποιοι κατασκευαστές ΗΟ (δηλ. Ford, General Motors, Volkswagen, Fiat, Toyota και Mitsubishi) συμφώνησαν σε μία κοινή σταθερά πρίζας για τη φόρτιση των ΗΟ. Στην ΕΕ υπάρχει η πολυφασική ‘Menekes’ πρίζα και οι Electricite de France (EDF) μονοφασικές ή τριφασικές πρίζες, που ακολουθούν η Nissan και η Renault. Η εικόνα 7 δείχνει κάποιες από τις πρίζες και τις υποδοχές.



iMiev Socket



J1772 Plug & Socket



Menekes Plug & Socket



Nissan Plug & Socket



Think Plug



Volt Plug



Yazaki Plug



Ford Plug & Socket

Εικόνα 7: Βύσματα και υποδοχές ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Η εναρμόνιση συγκεκριμένων τομέων, ιδιαίτερα μίας παγκόσμιας υποδοχής και πρίζας είναι ζωτική, αλλά αυτό δεν θα συμβεί εν μία νυκτί, περισσότερο μέσω δίκης και λάθους (δοκιμασιών και αποτυχιών) για να διαβεβαιώσουμε ότι το καλύτερο σύστημα επιτεύχθηκε. Προτείνεται η 'γείωση' και η ασφάλεια να εμπίπτουν στην αρμοδιότητα του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ισχύει ιδιαίτερα για όλες τις πρακτικές και διαδικασίες των γεωγραφικών περιοχών. Αυτό υφίσταται προσοχή σύντομα. Η χρέωση λογαριασμού και η γραφική διεπαφή χρήστη για τον πελάτη σε όλους τους δημόσιους σταθμούς φόρτισης θα έπρεπε να είναι δεδομένη και φιλική προς το χρήστη, παρόμοια με μία Αυτόματη Ταμειολογιστική Μηχανή (ATM) στο τραπεζικό τμήμα.

Υπάρχουν έγγραφα τα οποία καθορίζουν τις λεπτομέρειες της υποδομής φόρτισης στις ΗΠΑ και τον Καναδά. Τέτοια έγγραφα είναι πολύ χρήσιμα και πολύτιμα για τις τοπικές κυβερνήσεις, αυτούς που είναι υπεύθυνοι για την κατασκευή κανονισμών και άδειας και για τους ιδιοκτήτες. Προτείνεται ένα παρόμοιο έγγραφο να ετοιμαστεί για άλλες περιοχές ως μέρος πιλοτικών σχεδίων. Οι τομείς που χρειάζεται να εξεταστούν και να σταθεροποιηθούν περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Συλλογή συμβόλων
- Διατάξεις, πρόσβαση και φωτισμό σε περιοχές όπου η δημόσια φόρτιση προτείνεται
- Απαιτήσεις των ανθρώπων με αναπηρία
- Εγκαταστάσεις σε περιουσίες πληγηθέντων περιοχών
- Πιστοποίηση του εξοπλισμού φόρτισης
- Ζημίες ταξιδιού, θέματα αξιοπιστίας και δημόσια ασφάλιση
- Αερισμό
- Απαιτήσεις πιστοποίησης κατασκευής LEED και BRE
- Πιστοποίηση εγκατάστασης
- Μηχανολογικό σχεδιασμό, κατασκευή και άδεια στη δημόσια και ιδιωτική περιουσία
- Ιδιοκτησία κόστους φόρτισης, διατήρηση και λειτουργία, καθώς επίσης και υπηρεσίες μέτρησης και συνδρομής (εγγραφής)
- Έξυπνη μέτρηση για την οικιακή φόρτιση για έλεγχο του χρόνου φόρτισης, που μπορεί να σχετίζεται με τα έξοδα, μέρος της μέρας και τα λοιπά
- Επιλογή ανταλλαγής μπαταρίας
- Θωράκιση από βανδαλισμούς

Επιπροσθέτως στους σταθμούς φόρτισης μία Ισραηλινή εταιρία προτείνει ένα drive-in σταθμό (σταθμό που εξυπηρετείται μέσα στο αμάξι) ανταλλαγής μπαταρίας. Διεθνώς αναμένεται ότι θα υπάρχουν τρία επίπεδα υποδοχής φόρτισης. Αυτό θα ποικίλλει ελάχιστα από χώρα σε χώρα ανάλογα με την τάση, τη συχνότητα, τις σταθερές μεταβίβασης και τις σταθερές υποδοχής από άποψη της εκτίμησης της υποδοχής σε αμπέρ. Ένα ΗΟ μπορεί να έχει μία υψηλότερη εσωτερική ηλεκτρική χωρητικότητα, αλλά αυτό θα περιοριστεί από τη σύνδεση με το δίκτυο. Ο Πίνακας 2 κάνει μία υπόδειξη της



ζήτησης ισχύος και των επιλογών φόρτισης για την Ιρλανδία βασισμένος στο ήδη υπάρχον δικτυακό κύκλωμα [6].

Πίνακας 2: Επιλογές φόρτισης και ισχύς

Επίπεδο	Τύπος	Ηλεκτρικό	Αποτέλεσμα φόρτισης	Χρόνος φόρτισης	Ισχύς
<b>Επίπεδο (Κατάσταση) 1</b>	Σταθερό (Οικιακό)	230V 16 A 1 ή 3 φασικό	100%	6 με 8 ώρες	3kW με 10kW
<b>Επίπεδο (Κατάσταση) 2</b>	Ευκαιριακό	400V 32 A	50%	30 λεπτά	22 kW
<b>Επίπεδο (Κατάσταση) 2</b>	Επείγον	400V 32 A	20 χμ	10 λεπτά	22 kW
<b>Επίπεδο (Κατάσταση) 3</b>	Επέκταση φάσματος	400V 63 A	80%	30 λεπτά	44 kW



Εικόνα 8: Μερικοί σταθμοί φόρτισης πάνω στο δρόμο και εκτός δρόμου.

## **7.2 Ο ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο εξετάσαμε τον ανεφοδιασμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από σημεία ηλεκτρικής παροχής στα οποία συνδέονται οι ενσωματωμένες συσκευές φόρτισης του ίδιου του αυτοκινήτου με τις οποίες το έχει εξοπλίσει ο κατασκευαστής του. Οι συσκευές αυτές είναι φυσικό για λόγους κόστους, όγκου και βάρους να έχουν περιορισμένη ηλεκτρική ισχύ και επομένως να επιτρέπουν τη φόρτιση των συσσωρευτών με τον αντίστοιχο ρυθμό ο οποίος και προσδιορίζει τη διάρκειά της.

Είδαμε επίσης ότι ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, το κόστος του, την αυτονομία του κ.λπ. η συσκευή αυτή συνιστάται να κατασκευάζεται στις βαθμίδες των 3.5kW έως 7 kW ή και 21 kW (μονοφασικές/τριφασικές)

Με τις προαναφερόμενες συσκευές είδαμε επίσης ότι μπορούμε να επιτύχουμε τον ανεφοδιασμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με ενέργεια ικανή για διαδρομή 120 και πλέον χιλιομέτρων σε διάρκεια ανεφοδιασμού 1 περίπου ώρας.

Για να επιταχύνουμε ακόμα περισσότερο τους χρόνους ανεφοδιασμού θα πρέπει να αυξήσουμε περαιτέρω την ισχύ της ηλεκτρικής παροχής. Στη συνέχεια θα πρέπει να βγάλουμε εκτός κυκλώματος τη συσκευή φόρτισης που έχει ενσωματώσει ο κατασκευαστής στο αυτοκίνητο αφού αυτή δεν θα μπορεί να διαχειριστεί τη μεγαλύτερη ισχύ που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε. Τελικά θα συνδέσουμε απευθείας τη συστοιχία των συσσωρευτών του αυτοκινήτου με έναν εξωτερικό φορτιστή μεγάλης ισχύος ο οποίος και θα την τροφοδοτήσει με το συνεχές ρεύμα που απαιτείται για τη φόρτισή της. Δεν αρκούν όμως αυτές οι ενέργειες. Η επίσπευση της διαδικασίας της φόρτισης του συσσωρευτή με την παροχή σε αυτόν μεγάλης εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος, τον υποβάλλει σε κόπωση, η οποία εκδηλώνεται με ανύψωση της θερμοκρασίας των στοιχείων του σε επίπεδα επικίνδυνα για τη διάρκεια της ζωής του αλλά και για την πρόκληση μη αναστρέψιμων ζημιών. Είναι επομένως απόλυτα αναγκαία η εφαρμογή αυτών των υψηλών εντάσεων να ρυθμίζεται αυτόματα από το σύστημα φόρτισης έτσι ώστε να αποφεύγονται αυτοί οι κίνδυνοι. Θα πρέπει δηλαδή η συστοιχία των συσσωρευτών να είναι εφοδιασμένη με σύστημα εντοπισμού των πιθανών προβλημάτων και με ειδικό πρωτόκολλο επικοινωνίας να ειδοποιεί τον εξωτερικό φορτιστή ώστε να μειώνονται αντίστοιχα οι τάσεις φόρτισης και κατά συνέπεια οι παρεχόμενες εντάσεις φόρτισης και να τηρούνται τα επιτρεπόμενα, από τον κατασκευαστή των συσσωρευτών, όρια της θερμικής ή ηλεκτροχημικής του καταπόνησης. Αυτή η διαδικασία είναι επιβεβλημένη προς αποφυγή ζημιών στο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, το οποίο, ίσως και να είναι το ακριβότερο των υποσυστημάτων του. Ενώ τα άλλα συστήματα και εξαρτήματα που αφορούν στη διαδικασία ανεφοδιασμού των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (βύσματα, υποδοχές, καλώδια, κ.λπ.) δεν έχουν ακόμα τύχει μιας διεθνούς συμφωνίας τυποποίησης, η διαδικασία ταχυφόρτισης με εξωτερικό φορτιστή έχει σχεδόν «τυποποιηθεί» οριστικά χάρις στη πρωτοβουλία που πήραν οι Ιάπωνες κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων για την ίδρυση ενός, ανοικτού στη σύμπραξη όποιων ενδιαφέρονται, οργανισμού ο οποίος θέσπισε πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ συσσωρευτή και εξωτερικού φορτιστή και προδιέγραψε κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία ταχείας φόρτισης είτε ανήκει σε εκείνα τα οποία τοποθετεί ο κατασκευαστής στο αυτοκίνητο είτε σε εκείνα του εξωτερικού φορτιστή. Με το σύστημα αυτό αξιοποιούμε παροχές ισχύος

50kW με τις οποίες επιτυγχάνονται ανεφοδιασμοί από 20 έως 30 λεπτά της ώρας [11].

### 7.3 ΑΓΩΓΙΜΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ - ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΒΥΣΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε η εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων, κατά τα τελευταία χρόνια, σημειώθηκε διάσπαρτα σε ολόκληρο σχεδόν τον τεχνολογικά προηγμένο κόσμο, χωρίς ενιαίες κατευθυντήριες γραμμές και επομένως χρησιμοποιήθηκαν διατάξεις, συστήματα αλλά και εξαρτήματα πολυποίκιλα ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες και την ισχύουσα διαθεσιμότητα. Σχετικά πρόσφατα προκλήθηκε προβληματισμός και σημειώθηκε έντονα η διαπίστωση της ανάγκης ύπαρξης ορισμένων προτύπων ώστε να καταστεί δυνατή η σε διεθνές επίπεδο ευρεία διάθεση των ηλεκτρικών οχημάτων ως προϊόντων παραγομένων σε μεγάλους αριθμούς και προορισμένων να διατεθούν στην παγκόσμια αγορά. Ένα από τα πρώτα θέματα για τα οποία διαπιστώθηκε αυτή η ανάγκη ήταν η τυποποίηση των συστημάτων φόρτισης και των εξαρτημάτων που θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται (υποδοχές, καλώδια, φορτιστές, κ.λπ.) έτσι ώστε οι κατασκευαστές να κατηγοριοποιήσουν τα σχετικά εξαρτήματα και μέρη, και να μειώσουν το κόστος τους λόγω της μαζικότητας της παραγωγής τους αλλά και οι υποδομές υποστήριξης της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων να αναπτυχθούν με ομοιογένεια, με χαμηλότερο κόστος και με υψηλή λειτουργικότητα. Η προσπάθεια άρχισε με πρωτοβουλία των οργανισμών τυποποίησης και συνεχίζεται όπως εκτίθεται στη συνέχεια.

### 7.4 ΠΡΟΤΥΠΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

#### 7.4.1 ΠΡΟΤΥΠΟ SAE (Society of Automotive Engineers)

Το συνιστώμενο πρότυπο “SAE J1772 - Σύνδεσμος για τη φόρτιση ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών αυτοκινήτων”, όπως αυτό αναθεωρήθηκε, δημοσιοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2010. Περιλαμβάνει προδιαγραφές για τις επί των οχημάτων υποδοχές αλλά και για τα αντίστοιχα βύσματα αγωγίμης επαφής για τη φόρτιση των ηλεκτρικών και των επαναφορτιζόμενων υβριδικών αυτοκινήτων με εναλλασσόμενο ρεύμα. Προδιαγραφές για την αντίστοιχη λειτουργία, αλλά με χρήση συνεχούς ρεύματος βρίσκονται ακόμα σε επεξεργασία από την αντίστοιχη ομάδα έργου της SAE.

Οι προδιαγραφές υποδοχής και βύσματος που περιλαμβάνει το πρότυπο SAE J1772, είναι κατάλληλες για δύο επίπεδα φόρτισης με αγωγή επαφή τα οποία και προσδιορίζονται ως κατωτέρω:

- α) Εναλλασσόμενου ρεύματος Επίπεδο 1 - Μονοφασική σύνδεση, 120 V AC, 12A/16A, και
- β) Εναλλασσόμενου ρεύματος Επίπεδο 2 - Μονοφασική σύνδεση, 208 - 240 V AC, έως και 80A.

Η σχεδίαση της υποδοχής και του βύσματος είναι πέντε ακροδεκτών με σύστημα ασφάλισης προς αποφυγή αθέλητης απομάκρυνσης του βύσματος και διακοπής της φόρτισης.

Οι λειτουργίες των πέντε ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

**Επαφή 1** - Η μία γραμμή τροφοδοσίας L1

**Επαφή 2** - Η άλλη γραμμή τροφοδοσίας L2 ή ο ουδέτερος N Επαφή 3 -

Γείωση (Ground)

**Επαφή 4** - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

**Επαφή 5** - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

Το πρότυπο επίσης περιλαμβάνει τις απαιτήσεις του συστήματος επικοινωνίας δεδομένων, της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, της αντοχής και αξιοπιστίας, της εσωτερικής αντίστασης και των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της υποδοχής και του βύσματος

Σημειώνεται ότι το πρότυπο SAE J1772 καλύπτει μόνο την επί του οχήματος υποδοχή και το αντίστοιχο βύσμα. Δεν ασχολείται με τις υποδοχές και τα βύσματα προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για δύο λόγους:

➤ Ο ένας είναι ότι για τις φορτίσεις εναλλασσομένου ρεύματος επιπέδου 1 συνήθως χρησιμοποιούνται οι οικιακού τύπου ρευματοδότες και βύσματα τα οποία διαφέρουν από τόπο σε τόπο,

➤ Ο δε δεύτερος επειδή στις ΗΠΑ συνήθως το καλώδιο που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος επιπέδου 2 αποτελεί μόνιμη προέκταση της συσκευής φόρτισης και επομένως δεν συνδέεται με αυτήν μέσω υποδοχής και βύσματος (Για το βύσμα SAE J1772 βλέπε εικόνα 1 στο Παράρτημα ΣΤ)

#### **7.4.2 ΠΡΟΤΥΠΟ IEC (The International Electrotechnical Commission)**

Το πρότυπο IEC 61851 καλύπτει το σύνολο του συστήματος φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με αγωγή επαφή. Περιλαμβάνει προδιαγραφές εξαρτημάτων για τυποποιημένες τάσεις εναλλασσομένου ρεύματος μέχρι και 690V και για τάσεις συνεχούς ρεύματος μέχρι 1000V. Το πρότυπο κυκλοφορεί σε μέρη υπό τον γενικό τίτλο «Σύστημα φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων δια αγωγίμης επαφής». Τα κύρια μέρη του είναι:

- Γενικές Απαιτήσεις
- Απαιτήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προκειμένου να συνδεθούν με παροχή εναλλασσομένου η συνεχούς ρεύματος
- Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου με εναλλασσόμενο ρεύμα
- Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου με συνεχές ρεύμα.

Τα τρία πρώτα μέρη έχουν εκδοθεί και κυκλοφορούν. Το τρίτο μέρος ευρίσκεται υπό διαμόρφωση (προφανώς επιχειρείται σύμπλευση με τα προτεινόμενα από τον οργανισμό CHAdeMO)

Το μέρος «γενικών απαιτήσεων» περιλαμβάνει ορολογία και προδιαγραφές των διαφόρων τρόπων φόρτισης όπως και των εφαρμογών αγωγίμης σύνδεσης. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται κατωτέρω:

Τρόποι Φόρτισης:

**Τρόπος 1 (Mode 1 Charging)** - Αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με χρήση συνήθους οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για ένταση ρεύματος μέχρι 16 A, μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης προστασίας. Ο τρόπος φόρτισης 1 απαιτεί την παρουσία προστατευτικής διάταξης ισοζυγισμού έντασης RCD (Residual Current Device) προς την πλευρά της

παροχής. Όταν η παρουσία μιας τέτοιας διάταξης δεν εξασφαλίζεται από την ισχύουσα σε κάθε χώρα νομοθεσία ο τρόπος φόρτισης 1 δεν συνιστάται.

**Τρόπος 2 (Mode 2 Charging)** - Αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με χρήση συνήθους οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης μαζί με αγωγό μεταβίβασης σημάτων επικοινωνίας από το ηλεκτρικό αυτοκίνητο προς τη συσκευή ελέγχου της φόρτισης η οποία βρίσκεται σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο του καλωδίου φόρτισης.

**Τρόπος 3 (Mode 3 Charging)** - Απ' ευθείας αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με αξιοποίηση ειδικής μόνιμης ηλεκτρικής παροχής εφοδιασμένης με μονάδα εποπτείας και διαχείρισης της φόρτισης επί της οποίας και συνδέεται ο αγωγός σημάτων επικοινωνίας.

**Τρόπος 4 (Mode 4 Charging)** - Έμμεση αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με το δίκτυο ηλεκτρικής παροχής δια μέσου συσκευής φορτιστή ο οποίος δεν είναι τοποθετημένος επί του αυτοκινήτου αλλά ευρίσκεται εκτός αυτού και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσομένου ρεύματος.

## 7.5 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

**Περίπτωση Α:** Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στη μία του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για τη διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

**Περίπτωση Β:** Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στη μία του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για την υποδοχή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, στη δε άλλη με βύσμα κατάλληλο για τη διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή.

**Περίπτωση Γ:** Διασύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσομένου ρεύματος με τη χρήση καλωδίου το οποίο στη μια άκρη φέρει βύσμα κατάλληλο για την υποδοχή του αυτοκινήτου ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη και αποτελεί προέκταση της συσκευής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι ειδικότερες απαιτήσεις για τα φια, τους ρευματοδότες, τις υποδοχές των αυτοκινήτων και τα αντίστοιχα βύσματά τους προκειμένου για αγωγίμες συνδέσεις φόρτισης του προτύπου IEC 61851 περιλαμβάνονται σε ένα ιδιαίτερο πρότυπο, το IEC 62196. Επίσης το πρότυπο αυτό δημοσιεύεται σε μέρη υπό τον γενικό τίτλο «Βύσματα, Ρευματοδότες, Βύσματα και υποδοχές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων για αγωγή διασύνδεση». Τα κύρια μέρη αυτού του προτύπου είναι:

**Μέρος 1** - Γενικές Απαιτήσεις

**Μέρος 2** - Απαιτήσεις διαστασιολογικής συμβατότητας για τους ακροδέκτες και τις υποδοχές τους, των εξαρτημάτων για εναλλασσόμενο ρεύμα

**Μέρος 3** - Απαιτήσεις διαστασιολογικής συμβατότητας για τους ακροδέκτες και τις υποδοχές τους, των εξαρτημάτων για συνεχές ρεύμα.

Η πρώτη έκδοση του IEC 62196, Μέρος 1 δημοσιεύτηκε και διατίθεται. Μια δεύτερη έκδοση βρίσκεται στο τελικό στάδιο έγκρισης και επίκειται η δημοσίευσή της. Η έκδοση του IEC 62196, Μέρος 2 ευρίσκεται επίσης στο στάδιο της δημοσίευσής. Το IEC 62196, Μέρος 3 ευρίσκεται σε επεξεργασία.

Το IEC 62196, Μέρος 1, καλύπτει εξαρτήματα αγωγίμης σύνδεσης κατάλληλα για τάση μέχρι 690V εναλλασσομένου ρεύματος και εντάσεως μέχρι 250A ή 1500V συνεχούς ρεύματος και εντάσεως μέχρι 400A. Περιλαμβάνει προδιαγραφές για την κατασκευή, ηλεκτρική επίδοση, ασφάλεια, ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, αξιοπιστία, εσωτερική αντίσταση και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά αυτών των εξαρτημάτων.

Σημειώνεται ότι το πρότυπο IEC 62196, καλύπτει υποδοχές και βύσματα προς την πλευρά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου αλλά και ρευματοδότες και ρευματολήπτες προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο γιατί στην Ευρώπη δεν είναι συνηθής η κατασκευή σημείων φόρτισης ή σταθμών φόρτισης με μονίμως συνδεδεμένο καλώδιο με βύσμα για το αυτοκίνητο με τη μορφή προέκτασής τους (Περίπτωση Γ). Οι συνηθισμένες κατασκευές των σημείων φόρτισης ή των σταθμών φόρτισης είναι αυτές που περιγράφονται στις Περιπτώσεις Α και Β.

Το πρότυπο IEC 62196, Μέρος 2 περιλαμβάνει προδιαγραφές και διαστασιολόγιο για τρεις τύπους βυσμάτων και υποδοχών επί των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τον Τύπο 1, τον Τύπο 2 και τον Τύπο 3.

**Ο Τύπος 1**, ο οποίος αντιστοιχεί στο πρότυπο SAE J1772 διαθέτει 5 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται προς την πλευρά του αυτοκινήτου για αγωγή φόρτισης εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250V με ένταση μέχρι 32 A. Εντούτοις μια σημείωση στο πρότυπο επιτρέπει τη χρήση των εξαρτημάτων Τύπου 1 για εντάσεις μέχρι 80 A για τις ΗΠΑ.

Οι λειτουργίες των πέντε ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

**Επαφή 1** - Η μία γραμμή τροφοδοσίας L1

**Επαφή 2** - Η άλλη γραμμή τροφοδοσίας L2 ή ο ουδέτερος N

**Επαφή 3** - Γείωση (Ground)

**Επαφή 4** - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

**Επαφή 5** - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

**Ο Τύπος 2**, διαθέτει 7 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγή φόρτισης εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250 V με εντάσεις ρεύματος 20 ή 32 ή 63 ή 70 A, όπως και για τριφασική 380 - 480 V με εντάσεις ρεύματος 20 ή 32 ή 63 A.

Οι λειτουργίες των επτά ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

**Επαφή 1** - Η πρώτη γραμμή τροφοδοσίας L1

**Επαφή 2** - Η δεύτερη γραμμή τροφοδοσίας L2

**Επαφή 3** - Η τρίτη γραμμή τροφοδοσίας L3

**Επαφή 4** - Ο ουδέτερος N

**Επαφή 5** - Γείωση (Ground)

**Επαφή 6** - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

**Επαφή 7** - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

**Ο Τύπος 3**, διαθέτει 4 ή 5 ή 7 ακροδέκτες εφοδιασμένους με σύστημα κλείστρου προστασίας για την αποφυγή επαφής με υπό τάση μέρη και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγή φόρτιση εναλλασσομένου ρεύματος μονοφασική μέχρι 250V με εντάσεις ρεύματος 16 ή 32 A, όπως και για τριφασική 380 - 480 V με εντάσεις ρεύματος μέχρι 32 A.

Οι λειτουργίες των ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής:

**Επαφή 1** - Η πρώτη γραμμή τροφοδοσίας L1

**Επαφή 2** - Η δεύτερη γραμμή τροφοδοσίας L2 (Προαιρετική)

**Επαφή 3** - Η τρίτη γραμμή τροφοδοσίας L3 (Προαιρετική)

**Επαφή 4** - Ο ουδέτερος N

**Επαφή 5** - Γείωση (Ground)

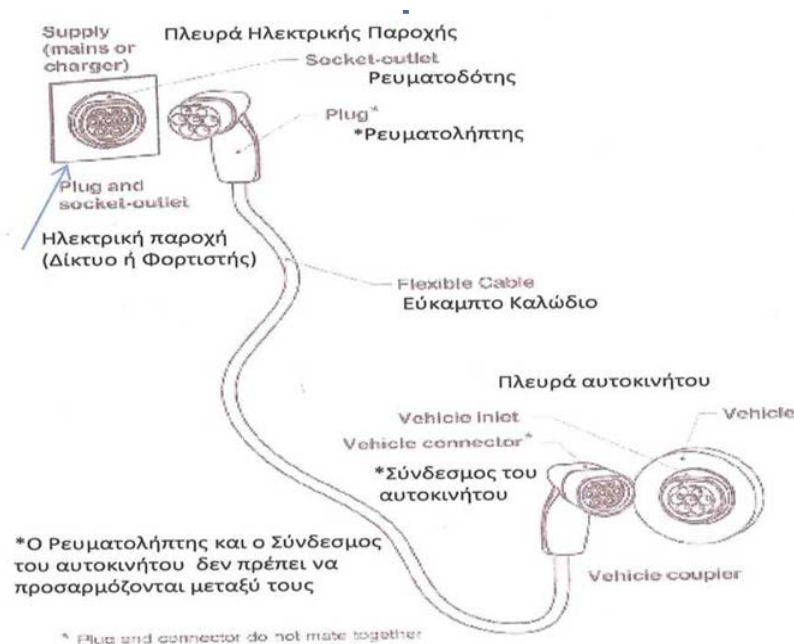
**Επαφή 6** - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του συστήματος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας

**Επαφή 7** - Διακόπτης διασύνδεσης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.

Όπως προαναφέρθηκε, ο Τύπος 1 είναι ισοδύναμος με την προδιαγραφή SAE J1772.

Ο Τύπος 2 αναπτύχθηκε από μια συνεργασία Γερμανικών εταιρειών κατασκευαστών αυτοκινήτων (Daimler), ηλεκτρικής ενέργειας (RWE), κατασκευαστών ηλεκτρικών εξαρτημάτων (Menckes) κ.λπ. Ο Τύπος 2 βρήκε σημαντική ανταπόκριση στα προγράμματα εξέλιξης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη Γερμανία και έγινε επίσης αποδεκτός από πολλούς άλλους Ευρωπαίους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ο κύριος λόγος για τον οποίο δεν κατέστη ακόμα γενικώς αποδεκτό πρότυπο για ολόκληρη την Ευρώπη και για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής είναι το ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι εθνικές νομοθεσίες απαιτούν οι ρευματοδότες να είναι εφοδιασμένοι με κλείστρα προστασίας. Η IEC βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της διαπίστωσης του αριθμού αυτών των χωρών προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος αυτού του προβλήματος.

Ο Τύπος 3 αναπτύχθηκε ειδικώς για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της υποχρεωτικής ύπαρξης κλείστρων ασφαλείας στα εξαρτήματα τόσο προς τη πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής. Ο Τύπος 3 υποστηρίζεται από την συνεργασία «EV Plug Alliance» στην οποία αρχικά συνέπραξαν η Schneider Electric, η Legrand και η SCAME και αργότερα προσήλθαν η Gewiss, η Marechal Electric, η Radial, η Vimar, η Weidmuller France και η Yazaki Europe.



Σχήμα 4 : Ονοματολογία εξαρτημάτων καλωδίου φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου

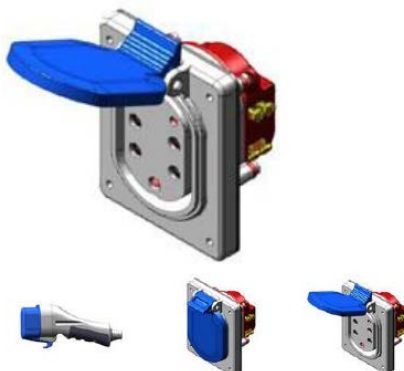
Το εικονιζόμενο καλώδιο φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου παραδίδεται από τον κατασκευαστή ως παρακολούθημα του αυτοκινήτου και χρησιμεύει για τη διασύνδεση του αυτοκινήτου με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (ή με όποια άλλη κατάλληλη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι μια γεννήτρια ή μια μονάδα φωτοβολταϊκών στοιχείων) προκειμένου να ανακτήσει και συσσωρεύσει στη συστοιχία των συσσωρευτών του ηλεκτρική ενέργεια για τη κίνησή του. Το εύκαμπτο καλώδιο φόρτισης φέρει στο ένα του άκρο, προς την πλευρά της πηγής της ηλεκτρικής ενέργειας, έναν ρευματολήπτη (Plug) ο οποίος θα προσαρμοσθεί στον αντίστοιχο ρευματοδότη (Socket outlet) και στο άλλο άκρο, προς την πλευρά του αυτοκινήτου, φέρει ένα σύνδεσμο (Vehicle Connector) ο οποίος προσαρμόζεται στην αντίστοιχη υποδοχή του αυτοκινήτου (Vehicle Coupler).

Με τις δύο αυτές προσαρμογές των εξαρτημάτων των άκρων του καλωδίου φόρτισης επιτυγχάνεται η αγωγική (γαλβανική) σύνδεση της πηγής της ηλεκτρικής ενέργειας με την επί του οχήματος συσκευή φόρτισης της συστοιχίας των συσσωρευτών του αυτοκινήτου και διενεργείται η φόρτιση. Στην περίπτωση ταχυφόρτισης με εξωτερικό φορτιστή, ή διασύνδεση γίνεται μεταξύ του εξωτερικού φορτιστή και της συστοιχίας των συσσωρευτών του αυτοκινήτου.





Εικόνα 9 : Βύσματα και υποδοχή τύπου SAE-J1772-2009 κατασκευής Yazaki με πέντε ακροδέκτες. Αντιστοιχεί στο πρότυπο IEC 62196-2 Τύπος 1



Εικόνα 10 : Βύσμα και υποδοχές IEC 62196-2 Τύπος 3 με κλείστρα προστασίας κατασκευής SCAME



Εικόνα 11 : Βύσματα IEC 62196-2 Τύπος 2 με επτά ακροδέκτες κατασκευής Mennekes



Εικόνα 12: Προέκταση καλωδίου για αυτοκίνητα Tesla



Εικόνα 13: Εφαρμογή βύσματος και υποδοχής IEC 62196-2 Τύπος 2 με επτά ακροδέκτες κατασκευής Mennekes σε Ευρωπαϊκό ηλεκτρικό αυτοκίνητο



Εικόνα 14: Επαγωγικός πομπός ταχυφόρτισης αυτοκινήτων τύπου GM1

## 7.6 ΠΡΟΤΥΠΟ ΙΑΠΩΝΙΑ

Ενώ τόσο η SAE όσο και η IEC ακόμα αναπτύσσουν τα διάφορα πρότυπα των εξαρτημάτων φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ιαπωνία, όπως έχει προαναφερθεί, αναπτύχθηκε πρότυπο που εφαρμόζεται στην αγωγή φόρτιση με συνεχές ρεύμα με τάση μέχρι 500V και ένταση μέχρι 125 A. Η υποδοχή του αυτοκινήτου και το αντίστοιχο βύσμα καλύπτεται από το πρότυπο της JEVS (Japan Electric Vehicle Standard ) G 105-1993 - EcoSystem το οποίο δημοσιεύθηκε από το JARI (Japan Automotive Research Institute).

## 7.7 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 7.7.1 ΕΥΡΩΠΗ

Δεν υπάρχει νομοθετημένο Ευρωπαϊκό πρότυπο που να προδιαγράφει τον τύπο ή τις προδιαγραφές των εξαρτημάτων για την αγωγή φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Εντούτοις η Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη, των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Economic Commission for Europe - ECE) στον Κανονισμό No100 που αναφέρεται στην κατασκευή, λειτουργική ασφάλεια και εκπομπές υδρογόνου των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προβλέπει ορισμένες προϋποθέσεις, όπως:

-Σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να μπορεί το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να κινηθεί όταν βρίσκεται σε αγωγή σύνδεση με το δίκτυο ή με κάποιο εξωτερικό φορτιστή

-Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη φόρτιση των συσσωρευτών από μια εξωτερική πηγή πρέπει να επιτρέπουν την διακοπή του ρεύματος φόρτισης σε περίπτωση διακοπής της σύνδεσης χωρίς αυτό να επιφέρει οποιασδήποτε μορφής ζημία

-Τα εξαρτήματα τα οποία τίθενται υπό τάση θα πρέπει να είναι προστατευμένα έναντι οποιασδήποτε πιθανότητας επαφής σε όλες τις λειτουργικές φάσεις

-Όλα τα εκτεθειμένα μέρη από αγωγίμο υλικό θα πρέπει να είναι ηλεκτρικώς συνδεδεμένα μέσω αγωγού ο οποίος να καταλήγει σε επαφή με τον αγωγό γείωσης της εγκατάστασης.

Η τροποποίηση του κανονισμού αυτού με στοιχείο αναφοράς ECE 100.01 επεκτείνει την εφαρμογή και στα υβριδικά αυτοκίνητα.

Προσφάτως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέπτυξε το σχέδιο Οδηγίας το οποίο διαβιβάστηκε στις CEN, CENELEC και ETSI με το οποίο ζητείται η ταχεία εκπόνηση προτύπων για τη ρύθμιση των θεμάτων φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Το πιθανότερο πάντως είναι ότι εάν θεσπισθεί υποχρεωτικός Ευρωπαϊκός τύπος υποδοχής και βύσματος φόρτισης, αυτό θα γίνει με προσθήκη στον Κανονισμό ECE 100 δοθέντος ότι η συμμόρφωση με τον Κανονισμό αυτό αποτελεί και προϋπόθεση για εφαρμογής της διαδικασίας έγκρισης τύπου των αυτοκινήτων ECWVTA (European Whole Vehicle Type Approval).

## 7.7.2 ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ

Η μόνη απαίτηση του Νόμου που σχετίζεται με τη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι εκείνη της Πολιτείας της Καλιφόρνιας CCR (California Code Regulation), Title 13, Division 1962.2 η οποία αναφέρει τα εξής:

«Με έναρξη από τα μοντέλα του 2006, όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (με εξαίρεση εκείνων τα οποία μπορούν μόνο να φορτισθούν από έναν συνήθη οικιακό ρευματοδότη) πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μια υποδοχή ηλεκτρικού βύσματος για τη φόρτισή τους η οποία να πληροί όλες τις προδιαγραφές της SAE Surface Vehicle Recommended Practice SAE J1772 REV NOV 2001, SAE Electric Vehicle Conductive Charger Coupler. Όλα αυτά τα αυτοκίνητα πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με επί του οχήματος φορτιστή ισχύος 3,3 kVA κατ' ελάχιστο.»

Αργότερα η CARB (California Air Resources Board) δημοσίευσε σχέδιο τροποποίησης του κανονισμού αυτού η οποία αναφέρει τα εξής:

«Με έναρξη από τα μοντέλα του 2010, όλα τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μια υποδοχή ηλεκτρικού βύσματος για τη φόρτισή τους η οποία να πληροί όλες τις προδιαγραφές της SAE Surface Vehicle Recommended Practice SAE J1772 REV JAN 2010, SAE Electric Vehicle Conductive Charger Coupler. Όλα αυτά τα αυτοκίνητα πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με επί του οχήματος φορτιστή ισχύος 3,3 kVA ή με φορτιστή ικανό να φορτίσει κατά 95% του επιτρεπόμενου ποσοστού φόρτισης (UDDS) σε τέσσερες ή λιγότερες ώρες». Η τροποποίηση αυτή αναμένεται να τεθεί σε ισχύ συντόμως.

## 7.8 Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Τον Ιούνιο του 2010 η Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων ACEA σε Δελτίο Τύπου ανακοίνωσε ότι οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν συμφωνήσει να συστήσουν προδιαγραφές κοινής αποδοχής για την αγωγή σύνδεση των επιδεχόμενων φόρτιση αυτοκινήτων στο δίκτυο κατά τρόπο ασφαλή και φιλικό προς τον χρήστη. Οι συστάσεις αυτές που από κοινού συνέταξαν οι κατασκευαστές έχουν σαν στόχο τους να επιταχύνουν τις διαδικασίες που έχουν δρομολογηθεί από τους Ευρωπαϊκούς Οργανισμούς τυποποίησης για τη σύνταξη και θεσμοθέτηση προδιαγραφών των συσκευών διασύνδεσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με τις υποδομές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες οδηγίες για τις Αρχές προκειμένου να σχεδιασθούν και εγκατασταθούν δημόσια δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Οι συστάσεις που ανακοινώθηκαν από την ACEA, οι οποίες καλύπτουν πολλά από τα προκύπτοντα θέματα, καλύπτουν μόνο την αγωγή φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα των ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων και ελαφρών φορτηγών. Τέτοιες συστάσεις που να αφορούν στα θέματα αγωγικής φόρτισης με συνεχές ρεύμα και φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα για τα βαρέα οχήματα δεν έχουν ακόμα εκδοθεί.

Η ACEA έχει διαιρέσει την επερχόμενη χρονική περίοδο σε δύο χρονικές φάσεις. Η Φάση 1 καλύπτει την τρέχουσα κατάσταση μέχρι και τότε που όλες οι προδιαγραφές και τα αναγκαία πρότυπα θα έχουν εκδοθεί και θα έχει διαρρεύσει και κάποιο χρονικό διάστημα για την εφαρμογή τους. Το τέλος αυτής της Φάσης εκτιμάται ότι θα είναι μέσα στο 2017. Η Φάση 2 θα ακολουθήσει και θα έχει σαν στόχο την περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση προδιαγραφών και συστημάτων όπως αυτή θα προκύψει από την ικανή πλέον σε βάθος χρόνου εφαρμογή.

Για τη Φάση 1 οι συστάσεις εν συντομία είναι οι εξής:

- Να μην επιβληθούν περιορισμοί για τη χρήση συγκεκριμένου τύπου υποδοχής και βύσματος προς την πλευρά του αυτοκινήτου. Εντούτοις οι κατασκευαστές να εφοδιάζουν τα παλούμενα αυτοκίνητα με ένα τουλάχιστο καλώδιο φόρτισης εφοδιασμένο με βύσμα Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3 ή με οικιακού τύπου ρευματολήπτη για Τρόπο φόρτισης 2
- Τα δημόσια σημεία φόρτισης να είναι εξοπλισμένα με ρευματοδότη Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3. Στις περιπτώσεις που το καλώδιο φόρτισης αποτελεί μόνιμη προέκταση του σημείου φόρτισης τότε θα πρέπει να διατίθεται επίσης και ανεξάρτητος ρευματοδότης Τύπου 2. Εξαρτήματα βιομηχανικής χρήσης (IEC 60309) θα πρέπει να γίνονται αποδεκτά για μια μεταβατική περίοδο.
- Για φόρτιση στο σπίτι οι συνηθισμένοι οικιακοί ρευματοδότες θα μπορούν να χρησιμοποιούνται για Τρόπο φόρτισης 2. Εναλλακτικά θα μπορούν να εγκαθίστανται ρευματοδότες Τύπου 2 για Τρόπο φόρτισης 3 ή ακόμα και βιομηχανικού τύπου ρευματοδότες (IEC 60309) για τρόπο φόρτισης 2.

Οι συστάσεις για τη Φάση 2 επί του παρόντος περιορίζονται στην επίτευξη της ευρύτερης δυνατής εφαρμογής του Τρόπου φόρτισης 3 με ταυτόχρονη χρήση των βυσμάτων και υποδοχών τα οποία θα έχουν πλέον τυποποιηθεί από τους Οργανισμούς τυποποίησης CEN/CENELEC/ETSI. Παρά ταύτα όμως η ACEA εκφράζει την άποψη της κατά τη Φάση αυτή προτίμησης γενίκευσης της χρήσης των συνδέσμων Τύπου 2.

#### **7.8.1 ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ**

Από έρευνα αγοράς που διενεργήθηκε τον Μάρτιο του 2010 μεταξύ 13 εταιρειών οι οποίες παράγουν 20 διαφορετικά μοντέλα αυτοκινήτων (12 μοντέλα επιβατικών αυτοκινήτων, 6 μοντέλα ελαφρών φορτηγών και 2 μοντέλα βαρέων φορτηγών) προέκυψε ότι:

- Όλα τα αυτοκίνητα παραδίδονται με καλώδιο φόρτισης
- Η πλειονότητα των αυτοκινήτων (55%) είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν από μονοφασική παροχή 230 Βολτ 13/16 Α
- 35% των αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν από τριφασική παροχή
- 40% των αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένα να φορτίζουν με ένταση 32 Α ή και μεγαλύτερη
- Μόνο τρία μοντέλα είναι σχεδιασμένα να δέχονται και φόρτιση με συνεχές ρεύμα
- 45% των αυτοκινήτων χρησιμοποιούν εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 1 ή του αντίστοιχου SAE J1772 προς την πλευρά του αυτοκινήτου. Δύο από αυτά τα αυτοκίνητα πρόκειται να αρχίσουν να χρησιμοποιούν IEC 62196-2 Τύπου 2 στη καινούργια παραγωγή
- Επί του παρόντος μόνο 10% των αυτοκινήτων χρησιμοποιούν IEC 62196-1 Τύπου 2 προς την πλευρά του αυτοκινήτου
- 45% των αυτοκινήτων διαθέτουν καλώδιο με ρευματολήπτη IEC 62196-2 Τύπου 2 προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής

#### **7.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

- Το βύσμα και η υποδοχή αυτοκινήτου SAE J1772 τείνει να γίνει γενικά αποδεκτό στην αγορά των ΗΠΑ και νομοθετημένο στην Πολιτεία της Καλιφόρνια.
- Το βύσμα και η υποδοχή αυτοκινήτου SAE J1772 διατίθεται σήμερα στην αγορά από ένα τουλάχιστο προμηθευτή και πολύ γρήγορα θα αυξηθεί ο αριθμός των εταιρειών που θα το παράγουν.
- Ενώ τα εξαρτήματα SAE J1772 εμφανίζονται ως πολύ καλή λύση για την αγορά των ΗΠΑ, στην οποία τριφασικές παροχές δεν αποτελούν συνηθισμένη εκδοχή και όπου το καλώδιο φόρτισης αποτελεί συνήθως μόνιμο εξάρτημα και προέκταση του σημείου

φόρτισης δεν συμβαίνει το ίδιο και για την Ευρωπαϊκή αγορά.

- Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2, τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής προσφέρουν προτιμότερη λύση για την Ευρωπαϊκή αγορά καλύπτοντας τις ανάγκες μονοφασικών και τριφασικών παροχών με εντάσεις μέχρι και 70 A.

- Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2, τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής, διατίθενται σήμερα στην αγορά από ένα τουλάχιστο προμηθευτή ενώ πολύ γρήγορα επίκειται αύξηση του αριθμού των εταιρειών που θα τα παράγουν.

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Αυτοκινήτων ACEA έχει εκφράσει την προτίμησή της στα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 2.

- Το κύριο εμπόδιο για την επικράτηση των εξαρτημάτων IEC 62196-2 Τύπου 2 σε ολόκληρη την Ευρώπη για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής είναι το ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι εθνικές νομοθεσίες απαιτούν ρευματοδότες εφοδιασμένους με κλείστρα προστασίας.

- Τα εξαρτήματα IEC 62196-2 Τύπου 3 για χρήση τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής θα δώσουν λύση στο πρόβλημα αυτό αφού θα διαθέτουν τα αναγκαία κλείστρα προστασίας και θα είναι κατάλληλα για μονοφασικές και τριφασικές παροχές εντάσεως μέχρι 32 A.

- Επί του παρόντος δεν υπάρχουν προμηθευτές εξαρτημάτων IEC 62196-2 Τύπου 3. Μια εταιρεία όμως έχει ήδη ανακοινώσει την πρόθεση άμεσης έναρξης παραγωγής τους

- Επειδή ούτε η SAE ούτε η IEC έχουν ολοκληρώσει τις αναγκαίες διαδικασίες τυποποίησης των συστημάτων αγωγίμης φόρτισης με συνεχές ρεύμα υπάρχει η παγκόσμια ευκαιρία συνολικής εναρμόνισης. Οι Ιαπωνικές προδιαγραφές JEVS G 105 (TEPCO) του συστήματος CHAdeMO κερδίζουν συνεχώς έδαφος διεθνούς αναγνώρισης και θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση ενός παγκοσμίου προτύπου[11].

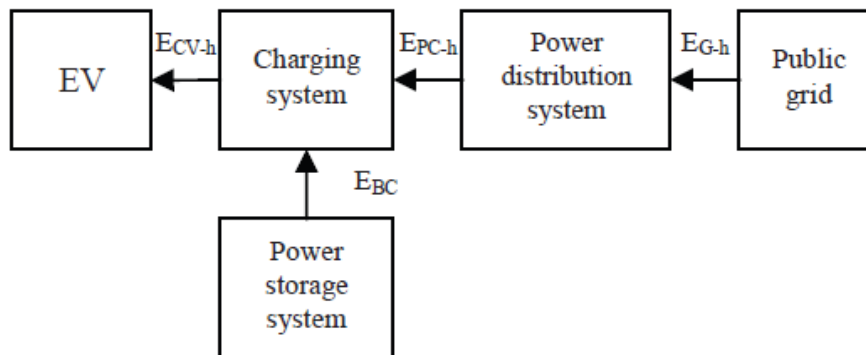
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

#### 8.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ

Σύμφωνα με το καθημερινό πρόγραμμα των ανθρώπων, ο κύκλος φόρτισης του τμήματος φόρτισης ΗΟ μπορεί να εγκατασταθεί ως τις 24 ώρες. Συνήθως, η κύρια ζήτηση φόρτισης υφίσταται κατά τη διάρκεια της μέρας και σπάνια τη νύχτα. Η ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σχετικά περίπλοκη ενώ κατά περιόδους είναι αρκετά φορτωμένη. Επομένως, η λειτουργία φόρτισης του τμήματος φόρτισης ΗΟ μπορεί να υποδηλωθεί μέσα από τρία είδη βασικής λειτουργίας. Το πρώτο είναι το μοντέλο της περιόδου υψηλής τάσης του οποίου η διάρκεια θεωρείται  $T_h$ . Το δεύτερο είναι το μοντέλο της περιόδου μέτριας τάσης του οποίου η διάρκεια θεωρείται  $T_m$ . Το τρίτο είναι το μοντέλο της περιόδου χαμηλής τάσης του οποίου η διάρκεια θεωρείται  $T_l$ . Προφανώς, το σύνολο των  $T_h$ ,  $T_m$  και  $T_l$  είναι 24 ώρες. Προκειμένου να δημιουργηθεί το βέλτιστο από την ηλεκτρική ενέργεια του κοινού δικτύου σε περίοδο χαμηλής τάσης (τη νύχτα), θεωρείται ότι το ΣΑΙ φορτίζεται σε περίοδο χαμηλής τάσης ενώ αποφορτίζεται ακριβώς στην περίοδο υψηλής τάσης.

Η ροή ισχύος του τμήματος φόρτισης ΗΟ σε περίοδο υψηλής τάσης απεικονίζεται στο Σχήμα 5. Μπορούμε να πάρουμε την ηλεκτρική ποσότητα  $E$  ως μοντέλο μεταβλητής και η μονάδα του είναι kWh. Τότε η βασική σχέση της ηλεκτρικής ποσότητας ανάμεσα σε κάθε σύστημα σε περίοδο υψηλής τάσης μπορεί να υποδηλωθεί ως:



Σχήμα 5: Ροή ισχύος του τμήματος φόρτισης ΗΟ σε περίοδο υψηλής τάσης

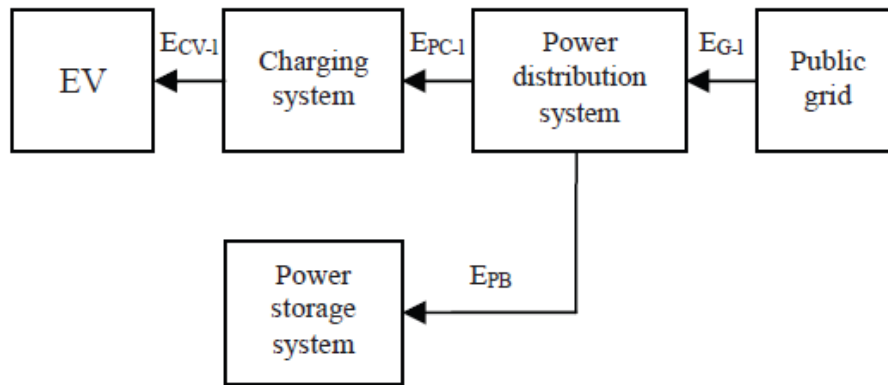
$$E_{CV-h} = E_{PC-h} + E_{BC} - \Delta E_{C-h} \quad (1)$$

$$E_{G-h} = E_{PC-h} + \Delta E_{P-h} \quad (2)$$

Όπου  $E_{cv-h}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που χρησιμοποιείται για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο υψηλής τάσης,  $E_{pc-h}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που εφοδιάζεται απευθείας

από το κοινό δίκτυο για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο υψηλής τάσης,  $E_{bc}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που εφοδιάζεται από το ΣΑΙ για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο υψηλής τάσης, και είναι επίσης πραγματική ηλεκτρική ποσότητα που το ΣΑΙ αποφορτίζει,  $E_{g-h}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα του τμήματος φόρτισης που εφοδιάζεται από το κοινό δίκτυο σε περίοδο υψηλής τάσης,  $\Delta E_{c-h}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΦ σε περίοδο υψηλής τάσης,  $\Delta E_{p-h}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΔΙ σε περίοδο υψηλής τάσης.

Η ροή ισχύος του τμήματος φόρτισης ΗΟ σε περίοδο μέτριας τάσης απεικονίζεται στο Σχήμα 6. Μπορούμε να πάρουμε την ηλεκτρική ποσότητα  $E$  ως μοντέλο μεταβλητής και η μονάδα του είναι kWh. Μετά η βασική σχέση της ηλεκτρικής ποσότητας ανάμεσα σε κάθε σύστημα σε περίοδο μέτριας τάσης μπορεί να υποδηλωθεί ως :



Σχήμα 6: Ροή ισχύος του τμήματος φόρτισης ΗΟ σε περίοδο μέτριας τάσης

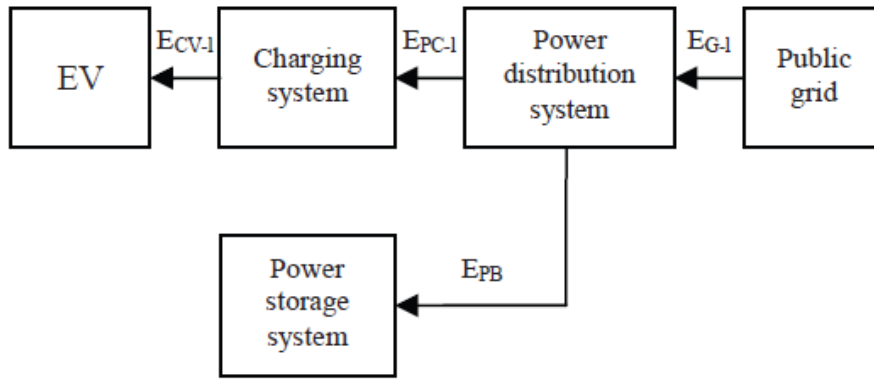
$$E_{CV-m} = E_{PC-m} - \Delta E_{C-m} \quad (3)$$

$$E_{G-m} = E_{PC-m} + \Delta E_{P-m} \quad (4)$$

Όπου  $E_{cv-m}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που χρησιμοποιείται για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο μέτριας τάσης,  $E_{pc-m}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που εφοδιάζεται απευθείας από το κοινό δίκτυο για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο μέτριας τάσης,  $E_{g-m}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα του τμήματος φόρτισης που εφοδιάζεται από το κοινό δίκτυο σε περίοδο μέτριας τάσης, η  $\Delta E_{c-m}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΦ σε περίοδο μέτριας τάσης,  $\Delta E_{p-m}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΔΙ σε περίοδο μέτριας τάσης.

Η ροή ισχύος του τμήματος φόρτισης ΗΟ σε περίοδο χαμηλής ενέργειας απεικονίζεται στο Σχήμα 7. Η ηλεκτρική ποσότητα  $E$  μπορεί επίσης να υπολογιστεί ως μοντέλο μεταβλητής και η μονάδα του είναι kWh. Μετά η βασική σχέση της ηλεκτρικής ποσότητας ανάμεσα σε κάθε σύστημα σε περίοδο χαμηλής τάσης μπορεί να υποδηλωθεί ως :





Σχήμα 7. Ροή ισχύος του ΗΟ τμήματος φόρτισης σε περίοδο χαμηλής τάσης

$$E_{CV-1} = E_{PC-1} - E_{C-1} \quad (5)$$

$$E_{G-1} = E_{PC-1} + E_{PB} + \Delta E_{P-1} \quad (6)$$

Όπου  $E_{CV-1}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που χρησιμοποιείται για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο χαμηλής τάσης,  $E_{PC-1}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που εφοδιάζεται απευθείας από το κοινό δίκτυο για να φορτίσει τα ΗΟ σε περίοδο χαμηλής τάσης,  $E_{G-1}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα του τμήματος φόρτισης που εφοδιάζεται από το κοινό δίκτυο σε περίοδο χαμηλής τάσης,  $E_{PB}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα όπου το ΣΑΙ φορτίζεται σε περίοδο χαμηλής τάσης,  $\Delta E_{C-1}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΦ σε περίοδο χαμηλής τάσης,  $\Delta E_{P-1}$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα που διαχέεται στο ΣΔΙ σε περίοδο χαμηλής τάσης.

## 8.2 ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Είναι πολύ περίπλοκο και δύσκολο να υπολογίσουμε με ακρίβεια την εσωτερική διάχυση ηλεκτρικής ποσότητας σε κάθε υποσύστημα στο τμήμα φόρτισης ΗΟ, επειδή η διάχυση συνδέεται με τους παράγοντες σε κάθε υποσύστημα, όπως τα χαρακτηριστικά των μηχανών, η μέθοδος εργασιών το επίπεδο ελέγχου, κτλ. Συνεπώς, το πρόβλημα μπορεί να απλουστευθεί καταλλήλως με τη μελέτη του τμήματος φόρτισης σε μακροσκοπική βαθμίδα. Τώρα ας υποθέσουμε ότι η ηλεκτρική ποσότητα της εσωτερικής διάχυσης σε κάθε υποσύστημα είναι αναλογική με την εισαγόμενη ηλεκτρική ποσότητα που μπορεί να επιταχυνθεί με την εισαγόμενη και εξαγόμενη ηλεκτρική ποσότητα του τμήματος φόρτισης. Στη συνέχεια οι ακόλουθες εξισώσεις μπορούν να εφαρμοστούν.

Η ηλεκτρική ποσότητα της εσωτερικής διάχυσης του ΣΦ σε κάθε περίοδο είναι :

$$\Delta E_{C-t} = \zeta_C (1 - \zeta_C)^{-1} E_{CV-t} \quad (7)$$

Όπου  $\zeta_C$  είναι ο παράγοντας διάχυσης ηλεκτρικής ποσότητας του ΣΦ,  $t$  είναι το σύμβολο περιόδου καθώς  $t=h$  συμβολίζει την περίοδο υψηλής τάσης,  $t=m$  την περίοδο μέτριας

τάσης και  $t=1$  την περίοδο χαμηλής τάσης. Η ηλεκτρική ποσότητα της εσωτερικής διάχυσης του ΣΔΙ σε κάθε περίοδο είναι :

$$\Delta E_{P-t} = \zeta_P E_{G-t} \quad (8)$$

όπου  $\zeta_P$  είναι ο παράγοντας διάχυσης ηλεκτρικής ποσότητας του ΣΔΙ  $t$  είναι το σύμβολο περιόδου καθώς  $t=h$  συμβολίζει την περίοδο υψηλής τάσης,  $t=m$  την περίοδο μέτριας τάσης και  $t=1$  την περίοδο χαμηλής τάσης.

### 8.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ

Ο τρόπος λειτουργίας του ΣΑΙ είναι να φορτίζει σε περίοδο χαμηλής τάσης και να αποφορτίζεται σε περίοδο υψηλής τάσης. Προκειμένου να δοθεί πλήρης διάσταση στη λειτουργία του ΣΑΙ, γενικά έχει φορτιστεί πλήρως σε περίοδο χαμηλής τάσης ενώ έχει αποφορτιστεί πλήρως σε περίοδο υψηλής τάσης. Επομένως η ακόλουθη εξίσωση μπορεί να εφαρμοστεί.

$$E_{BC} = E_{RB} - \Delta E_B \quad (9)$$

όπου  $\Delta E_B$  είναι η ηλεκτρική ποσότητα της εσωτερικής διάχυσης του ΣΑΙ κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου φόρτισης-αποφόρτισης (24 ώρες), και η μονάδα του είναι kWh.

Ας υποθέσουμε ακόμη ότι η ηλεκτρική ποσότητα εσωτερικής διάχυσης είναι αναλογική με την εισαγόμενη της ηλεκτρική ποσότητα και ότι η ηλεκτρική ποσότητα της εσωτερικής διάχυσης του ΣΑΙ απεικονίζεται στην παρακάτω εξίσωση :

$$\Delta E_B = \zeta_B (1 - \zeta_B)^{-1} E_{BC} \quad (10)$$

όπου  $\zeta_B$  είναι ο παράγοντας διάχυσης ηλεκτρικής ποσότητας του ΣΑΙ.

### 8.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Μετατρέποντας την Εξ.(1) στην Εξ.(10) και μετά αναδιατάσσοντάς τις, φτάνουμε στη ζήτηση ισχύος στο τμήμα φόρτισης ΗΟ το οποίο εφοδιάζεται από το κοινό δίκτυο ακόλουθα [1].

Σε περίοδο υψηλής τάσης:

$$W_{G-h} = \left(\frac{C_1}{T_h}\right) E_{CV-h} - \left(\frac{C_2}{T_h}\right) E_{BC} \quad (11)$$

Σε περίοδο μέτριας τάσης:

$$W_{G-m} = (C_1/T_m) E_{CV-m} \quad (12)$$

Σε περίοδο χαμηλής τάσης:

$$W_{G-l} = \left(\frac{C_1}{I_1}\right) E_{CV-1} + \left(\frac{C_2}{I_1}\right) E_{BC} \quad (13)$$

όπου η μονάδα του  $W_{G-h}$ ,  $W_{G-m}$  και  $W_{G-l}$  είναι kWh, και

$$C_1 = (1 - \zeta_c)^{-1}(1 - \zeta_p)^{-1} \quad (14)$$

$$C_2 = (1 - \zeta_p)^{-1} \quad (15)$$

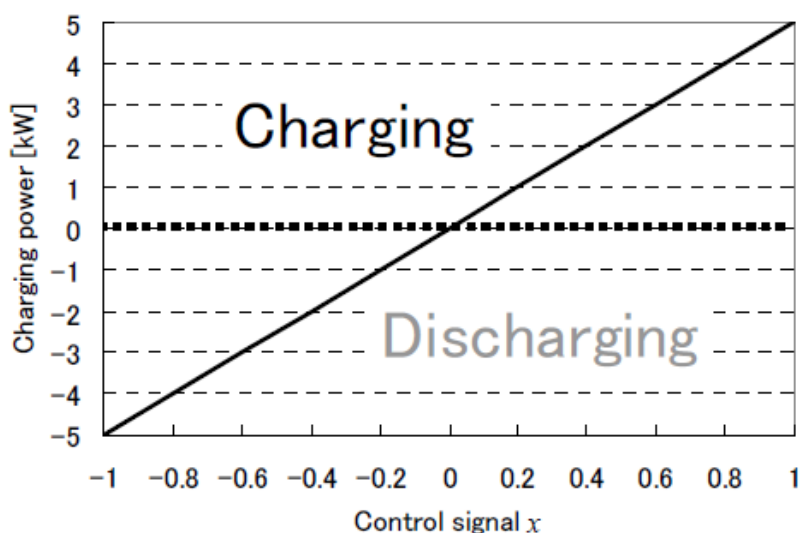
$$C_3 = (1 - \zeta_B)^{-1}(1 - \zeta_p)^{-1} \quad (16)$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΕΞΥΠΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

#### 9.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ

Το σχήμα 1 παρουσιάζει τον έλεγχο φόρτισης και αποφόρτισης μέσω σήματος ελέγχου. Στέλνοντας ένα σήμα ελέγχου  $x$ , ένας χειριστής δικτύου ελέγχει την ισχύ φόρτισης και αποφόρτισης. Στο σχήμα, η περιοχή πάνω από τη διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει μία κατάσταση φόρτισης και η περιοχή κάτω από τη διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει μία κατάσταση αποφόρτισης. Εγκαθιστούμε τους κανόνες ελέγχου έτσι ώστε οι σταθμοί να λάβουν ένα καθημερινό ποσοστό φόρτισης απαιτούμενο για αντικατάσταση μπαταρίας: (1) Η τιμή του 24ωρου ολοκληρωμένου από έλεγχο σήματος  $x$  ισούται με προκαθορισμένη τιμή  $X$  όπως στο (1). (2) Σταθμοί θέτουν τη μέγιστη ισχύ φόρτισης  $P_{MAX}$  για να λάβουν το ημερήσιο ποσοστό φόρτισης όπως στο (2).



Σχήμα 8: Φόρτιση και Αποφόρτιση μέσω σήματος ελέγχου

$$\int_{t=0}^{24h} x dt = X \quad (-1 \leq x \leq 1)$$

$$XP_{MAX} = Q_{demand}$$

Όπου  $X$ : 24ωρο ολοκληρωμένο από έλεγχο σήμα  $x$  (h)

$P_{MAX}$ : Ισχύς φόρτισης όταν το σήμα ελέγχου  $x$  ισούται 1 (kW)

$Q_{demand}$ : Ημερήσιο ποσοστό φορτίου απαιτούμενο για αντικατάσταση μπαταρίας (kWh/μέρα).

Αυτοί οι κανόνες επιβεβαιώνουν ότι οι σταθμοί λαμβάνουν το ημερήσιο ποσοστό του φορτίου  $Q_{demand}$  συνεχόμενα. Οι υπηρεσίες παίρνουν το άθροισμα της  $P_{MAX}$  για κάθε

σταθμό, και βασιζόμενες σε αυτό, στέλνουν ένα ίδιου ελέγχου σήμα x σε όλους τους σταθμούς. Το όφελος ενός ίδιου ελέγχου σήματος είναι ότι οι υπηρεσίες μπορούν να θεωρήσουν πολλούς σταθμούς ως ένα σταθμό πχ, ένα ελεγχόμενο αντικείμενο. Επιπροσθέτως, οι υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις μπαταρίες ως αντίμετρο για τον πλεονασματικό ηλεκτρισμό κατά τη διάρκεια της φόρτισης, και ως έναν κύριο προμηθευτή ή ως περιθώριο παραγωγής αποθεμάτων κατά τη διάρκεια της αποφόρτισης [2].

## **9.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ**

### **9.2.1 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Πώς να κάνουμε το φορτιστή να αλλάξει πρότυπα φόρτισης σύμφωνα με την πραγματική κατάσταση. Αυτή η εργασία παρουσιάζει το σχεδιασμό και την εκτέλεση ενός πλήρως ψηφιακού συστήματος σταθμού έξυπνης διαχείρισης πληροφοριών φόρτισης για ΗΟ, που βασίζεται στο δίκτυο RS-485. Το σύστημα περιέχει αλγορίθμους φόρτισης και ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης βασιζόμενο στην κατάσταση της φόρτισης, τις τάσεις και τις θερμοκρασίες των πακέτων μπαταρίας. Επιβεβαιώνει την επαρκή αποδοχή φόρτισης, τη βέλτιστη απόδοση και εκτεταμένη ζωή της μπαταρίας.

#### **9.2.1.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Όλο το σύστημα περιλαμβάνει έναν Ατομικό Υπολογιστή (AY-PC) και αρκετούς βασικούς ελεγκτές. Το PC χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει λειτουργικά εμπόδια και να παρακολουθεί τη διαδικασία φόρτισης. Οι βασικοί ελεγκτές, εξοπλισμένοι με έναν μικροεπεξεργαστή και αισθητήρες, χρησιμοποιούνται για να δοκιμάσουν τα δεδομένα και να εκτελέσουν αλγορίθμους ελέγχου. Η αρχιτεκτονική του συστήματος απεικονίζεται στο Σχήμα 9.

Επιλέξαμε το PCI-1602 μετατροπέα διεπαφής κατασκευασμένο από την Advantech, που μπορεί να επεκτείνει δύο ισορροπημένους μισούς-διπλούς RS-485 διεπαφής. Εγκαθίσταται στην PCI-θύρα του PC.

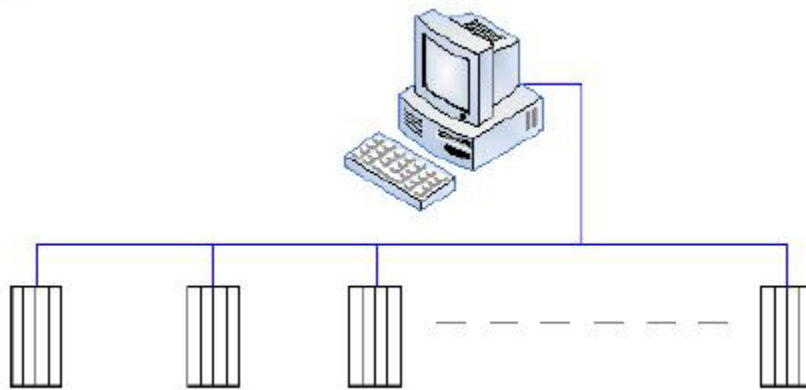
Υπάρχει επίσης η απομονωμένη 485 επικοινωνιακή διεπαφή στον φορτιστή. Μέσω αυτών των 485 επικοινωνιακών διεπαφών, οι φορτιστές στον σταθμό φόρτισης μπορούν να επικοινωνήσουν με το εποπτικό σύστημα του PC.

#### **9.2.1.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ**

Η μεταβίβαση δεδομένων ολόκληρου του συστήματος είναι σε ένα RS-485 δίκτυο. Τα χαρακτηριστικά του RS-485 διαύλου είναι ακολούθως τα εξής [6] :

- 1) *Ταχύτητα* : Η ταχύτητα του RS-485 bus είναι υψηλή και η μέγιστη ταχύτητα είναι 10Mbps.
- 2) *Απόσταση*: Η απόσταση των bus είναι μεγάλη. Για παράδειγμα, μπορεί να μεταδώσει δεδομένα για 1200 μέτρα με ταχύτητα 90kbps.
- 3) *Ενόχληση* : Έχει την εξαιρετική ικανότητα να εξαλείψει την κοινή διαταραχή λειτουργίας, επειδή κάθε σήμα μεταδίδεται σε ένα ισορροπημένο σύστημα μετάδοσης δεδομένων.

Λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων, το RS-485 είναι πάντα επιλεγμένο να μεταδώσει δεδομένα στο σύστημα ελέγχου βιομηχανικού πεδίου.



Σχήμα 9: Διάγραμμα συστήματος μπλοκαρίσματος

### 9.2.1.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Το σύστημα επικοινωνίας ανάμεσα στο PC και τους ελεγκτές είναι αυστηρά το σύστημα του τύπου master - slave στη λειτουργία αναμετάδοσης. Οι slave κόμβοι δεν επιτρέπονται να μεταδώσουν δεδομένα χωρίς απαίτηση από τον master, και δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επικοινωνία μεταξύ των slave κόμβων δεν είναι άμεση. Το μήνυμα πρέπει πρώτα να αποθηκευτεί στον master κόμβο, και μετά να διαβιβαστεί σε άλλον slave κόμβο. Κάθε slave πρέπει να έχει μία μοναδική διεύθυνση, έτσι ώστε να μπορεί να διευθυνθεί ανεξάρτητα από άλλους κόμβους. Το PC (ή IPC), αναμεταδίδει τη διεύθυνση του ελεγκτή για να συνδεθεί, και όλοι οι ελεγκτές λαμβάνουν τη διεύθυνση την ίδια στιγμή. Μετά ο κάθε ελεγκτής θα συγκρίνει τη ληφθείσα διεύθυνση με τη δικιά του διεύθυνση. Αν η διεύθυνση του ελεγκτή είναι η ίδια με τη ληφθείσα διεύθυνση, ο ελεγκτής συνδέεται και οι άλλοι ελεγκτές απομονώνονται από το δίκτυο. Και τώρα το δίκτυο περιλαμβάνει μόνο τον master κόμβο και τον συνδεδεμένο slave κόμβο του έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους.

Η ταχύτητα μετάδοσης είναι 9600bps. Το πλαίσιο δεδομένων αποτελείται από έντεκα bits: ένα bit εκκίνησης (0), οχτώ bits δεδομένων, ένα bit για αναγνώριση της διεύθυνσης ή δεδομένων και ένα bit τερματισμού (1). Τα δεδομένα είναι σε μορφή πλαισίου, και το σχήμα και η διάταξη του πακέτου απεικονίζονται στον Πίνακα 3. Ο χρόνος

καθυστέρησης της απόκρισης είναι μεταξύ 20 λεπτών και 100 λεπτών, και ο χρόνος παύσης ανάμεσα στα bytes(ψηφιολέξεις) είναι 2 λεπτά.

#### 9.2.1.4 ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

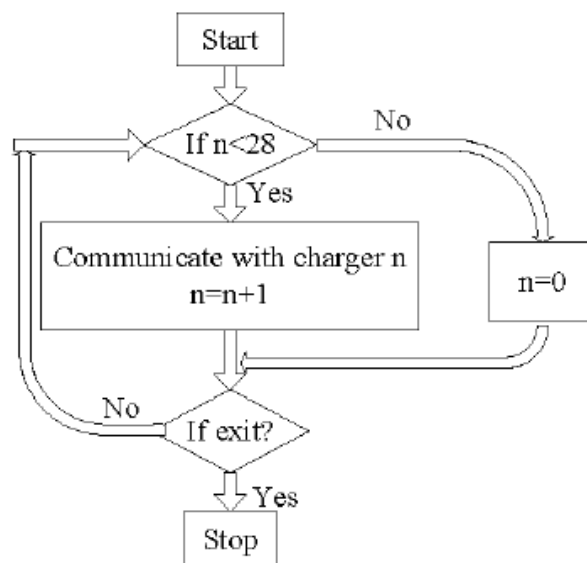
Οι αναφορές δείχνουν κάποιες στρατηγικές ελέγχου για τους σταθμούς φόρτισης. Ο εποπτικός υπολογιστής ελέγχου και ο έξυπνος ελεγκτής, μαζί, σχηματίζουν ένα σύστημα έξυπνης διαχείρισης πληροφοριών του σταθμού φόρτισης, το οποίο οδηγεί σε αποτελεσματική αποδοχή φόρτισης, βέλτιστη επίδοση και την εκτεταμένη ζωή των μπαταριών.

Για να διευκολύνουμε τον εργαζόμενο να ελέγξει τη διαδικασία φόρτισης, η Βασική Οπτική χρησιμοποιείται για να αναπτύξει το εποπτικό σύστημα στο PC. Οι εργαζόμενοι μπορούν να χειριστούν τους φορτιστές μέσω του εποπτικού συστήματος του PC χωρίς να αγγίζουν τους φορτιστές με τα χέρια τους, όπως το να βάζουν μπροστά, να σταματούν, να θέτουν παραμέτρους, να αλλάζουν το πρότυπο φόρτισης και τα λοιπά. Το Σχήμα 10 δείχνει το βασικό διάγραμμα ροής του εποπτικού συστήματος.

Για να δούμε τις ανάγκες της απόκρισης σε πραγματικό χρόνο και τον χειρισμό των δεδομένων σε μεγάλη ποσότητα, σχεδιάσαμε έναν έξυπνο ελεγκτή για τον φορτιστή. Είναι η διεπαφή ανάμεσα στον υπολογιστή και στον φορτιστή. Από τη μία, παίρνει δείγματα δεδομένων από τον φορτιστή και στέλνει δεδομένα στο PC. Από την άλλη, δέχεται την εντολή από τον υπολογιστή και κάνει έλεγχο σε πραγματικό χρόνο στον φορτιστή.

Πίνακας 3: Διάταξη του πλαισίου δεδομένων

Κωδικός εκκίνησης	Ένα byte
Διεύθυνση προορισμού	Δύο bytes
Κωδικός εντολής	Ένα byte
Μήκος δεδομένων	Ένα byte
Περιεχόμενο δεδομένων	N bytes
Έλεγχος αθροίσματος	Ένα byte
Κωδικός τερματισμού	Ένα byte



Σχήμα 10. Διάγραμμα ροής του κυκλικού εποπτικού προγράμματος

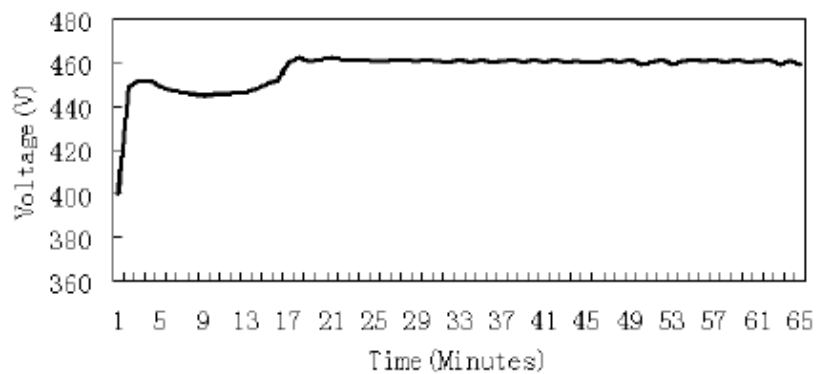
Όπως, στο Σχήμα 10, υπάρχουν 28 φορτιστές στον σταθμό φόρτισης και το εποπτικό πρόγραμμα στο PC ελέγχει τους φορτιστές χρησιμοποιώντας μεθόδους κυκλικής επιθεώρησης. Το σύστημα συγκεντρώνει κυκλικά δεδομένα, που λαμβάνονται ως δείγματα από τον φορτιστή. Το σύστημα μπορεί να κρίνει πολλά προβλήματα μέσω της ανάλυσης δεδομένων, όπως οι τάσεις και οι θερμοκρασίες της ανεξάρτητης μπαταρίας έξω από μία αποδεκτή γκάμα. Θα κλείσει τον φορτιστή και θα στείλει ένα μήνυμα συναγερμού στον εργαζόμενο όποτε υπάρχουν τέτοια ελαττώματα.

### 9.2.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

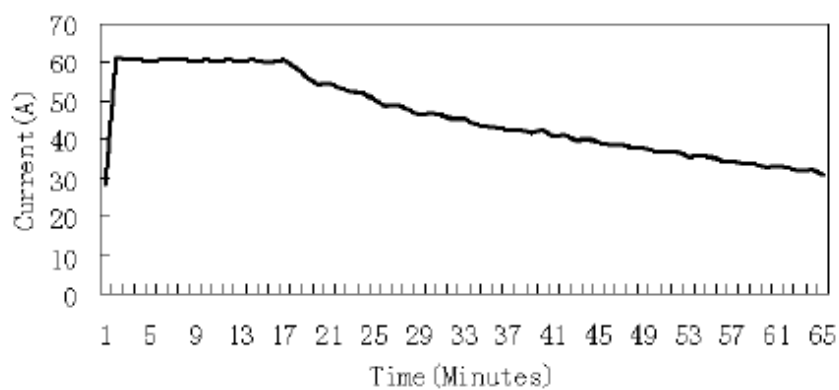
Η διαδικασία φόρτισης χωρίζεται σε δύο στάδια. Ένα στάδιο είναι η γρήγορη φόρτιση την ημέρα, και το άλλο είναι η ισοζύγια φόρτιση τη νύχτα. Διαμέσου του RS-485 δικτύου, το εποπτικό σύστημα στο PC μπορεί όχι μόνο να ελέγξει τον φορτιστή να αλλάξει ένα πρότυπο φόρτισης με ένα άλλο, αλλά επίσης μπορεί να θέσει παραμέτρους σε κάθε πρότυπο φόρτισης, όπως η τάση, το ρεύμα, ο καθορισμένος χρόνος.

Τη διάρκεια της ημέρας, τα πρώτα δύο πρότυπα φόρτισης χρησιμοποιούνται πάντα. Το Σχήμα 10 δείχνει πειραματικά αποτελέσματα για τα πρώτα δύο πρότυπα φόρτισης. Το συνεχές ρεύμα και τα πρότυπα φόρτισης περιορισμένης τάσης χρησιμοποιούνται αρχικά. Όταν η δοκιμασμένη τάση φτάσει τα 460V, το σύστημα ελέγχει τον φορτιστή να μετακινηθεί στο πρότυπο φόρτισης συνεχής τάσης και περιορισμένου ρεύματος. Το Σχήμα 11 (α) δείχνει τα χαρακτηριστικά της τάσης φόρτισης και το Σχήμα 11 (β) δείχνει τα χαρακτηριστικά του ρεύματος φόρτισης.





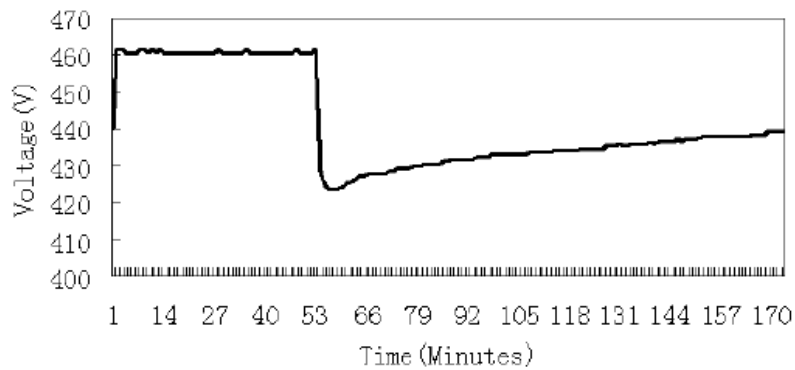
(a)



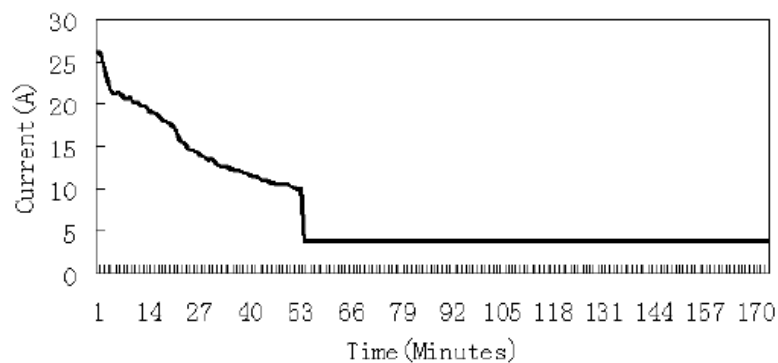
(b)

Σχήμα 11. Πειραματικά αποτελέσματα για δύο πρότυπα φόρτισης. Το πρώτο πρότυπο είναι συνεχές ρεύμα και περιορισμένη τάση, και το επόμενο πρότυπο είναι συνεχή τάση και περιορισμένο ρεύμα. (α) Καμπύλη Τάσης, (β) Καμπύλη Ρεύματος.

Τη νύχτα, υπάρχει αρκετός χρόνος για να εξισωθούν τα πακέτα μπαταρίας, έτσι ώστε τα πρότυπα φόρτισης συνεχούς ρεύματος και καθορισμένου χρόνου να χρησιμοποιούνται συνεχώς. Το ρεύμα φόρτισης είναι μικρό και η διάρκεια φόρτισης είναι καθορισμένη. Το πρότυπο για τη συνεχή τάση και το περιορισμένο ρεύμα χρησιμοποιείται αρχικά, και μετά αλλάζει στο πρότυπο φόρτισης συνεχούς ρεύματος και καθορισμένου χρόνου. Το Σχήμα 12 δείχνει πειραματικά αποτελέσματα για αυτά τα δύο πρότυπα φόρτισης. Το Σχήμα 12 (α) δείχνει τα χαρακτηριστικά της τάσης φόρτισης και το Σχήμα 12 (β) δείχνει τα χαρακτηριστικά του ρεύματος φόρτισης.



(a)

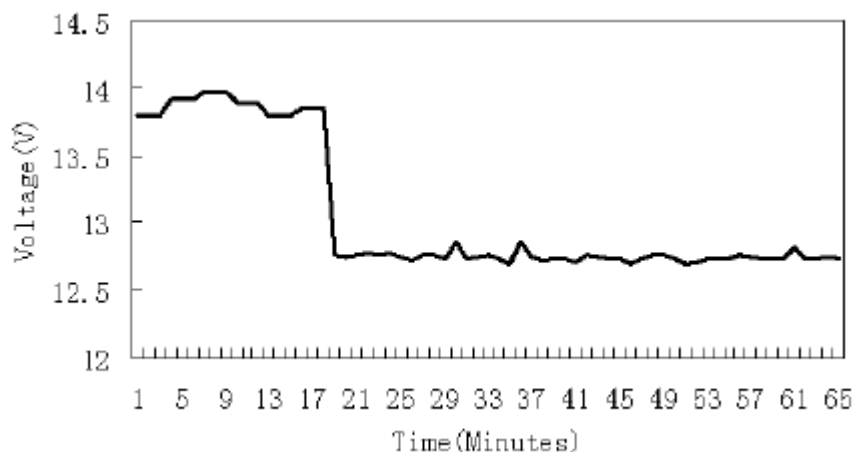


(b)

Σχήμα 12: Πειραματικά αποτελέσματα για δύο πρότυπα φόρτισης. Το πρώτο πρότυπο είναι συνεχές ρεύμα και περιορισμένη τάση, και το επόμενο πρότυπο είναι συνεχής τάση και περιορισμένο ρεύμα. (α) Καμπύλη Τάσης, (β) Καμπύλη Ρεύματος.

### 9.2.2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΙΣΜΟΣ (ΔΟΚΙΜΗ) ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πέρα από το να ελέγχουν τους φορτιστές, το εποπτικό σύστημα επίσης δοκιμάζει δεδομένα από τους φορτιστές όπως η τάση φόρτισης, το ρεύμα φόρτισης, η τάση μπαταρίας, το ρεύμα μπαταρίας, η θερμοκρασία, η εισαγόμενη ενέργεια και η ενέργεια απόδοσης (η εξαγόμενη ενέργεια) από τους φορτιστές. Χρησιμοποιώντας τα δοκιμασμένα δεδομένα, πολλά σημαντικά σχεδιαγράμματα έχουν σχεδιαστεί, όπως το Σχήμα 11 και το Σχήμα 12. Το Σχήμα 13 δείχνει το χαρακτηριστικό φόρτισης των πακέτων μπαταρίας. Το πρώτο πρότυπο φόρτισης είναι συνεχής τάση και περιορισμένο ρεύμα. Όπως στο Σχήμα 13, μπορούμε να γνωρίσουμε κάποια χαρακτηριστικά μίας μπαταρίας και να κρίνουμε αν η μπαταρία έχει πάθει ζημιά και θα έπρεπε να αντικατασταθεί από μία καινούργια μπαταρία. Ένα αμπερόμετρο έχει εγκατασταθεί στον φορτιστή. Έτσι ο ελεγκτής του φορτιστή μπορεί να δοκιμάσει την εισαγόμενη ενέργεια και να τη στείλει στο εποπτικό σύστημα στο PC. Οι εργαζόμενοι του σταθμού φόρτισης μπορούν να υπολογίσουν τις συνολικές τιμές ηλεκτρισμού που χρησιμοποιούνται από τον πελάτη.



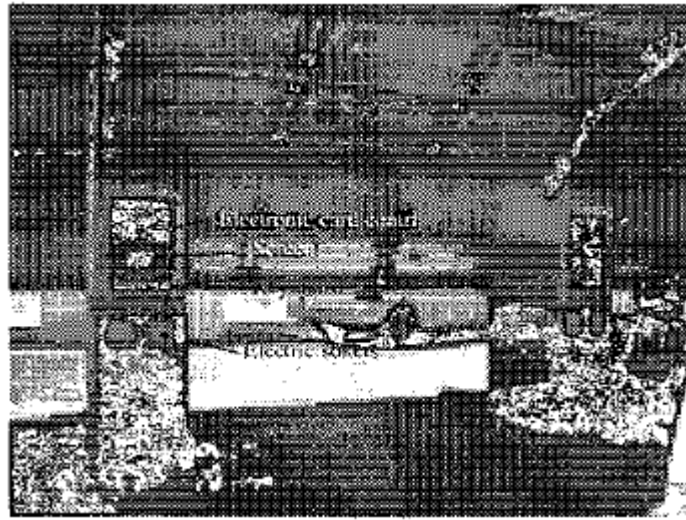
Σχήμα 13. Καμπύλη τάσης μίας μπαταρίας. Το πρώτο πρότυπο είναι συνεχής τάση και περιορισμένο ρεύμα, και το επόμενο πρότυπο είναι συνεχές ρεύμα και καθορισμένος χρόνος[3].

### 9.2.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ

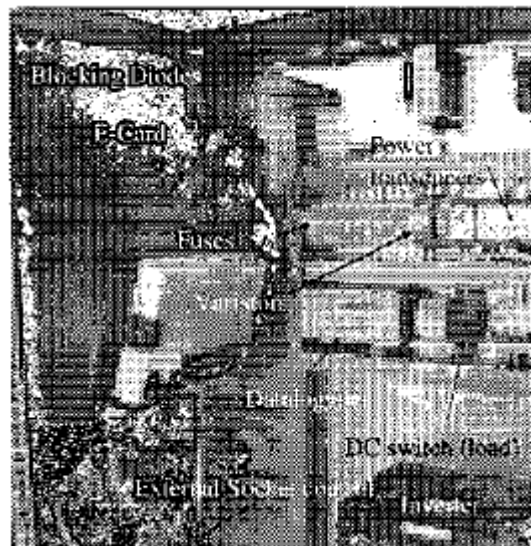
Δύο συνδεδεμένοι με το δίκτυο αντιστροφείς με 4 kVA και 3 kVA ονομαστικής δύναμης με κατάλληλο εύρος ρεύματος και τάσης συνδέονται με τα υποπεδία 1 και 2, αντίστοιχα. Και εγκαθίστανται μέσα σε δύο πύργους ηλεκτρικών φορτιστών. Ο κάθε πύργος ηλεκτρικού φορτιστή χρησιμοποιείται επίσης ως κέντρο σύνδεσης για τα 6 παρακλάδια των ΦΒ συστοιχιών του κάθε υποπεδίου, και περιέχει τις AC και DC προστασίες και έναν βιομηχανικό PC και όργανα μέτρησης για παρακολούθηση, έλεγχο φόρτισης και μέτρηση ενέργειας.

Ο ηλεκτρικός φορτιστής πύργος, Σχήμα 14-15, έχει μία οθόνη, ένα πληκτρολόγιο και μία συσκευή ελέγχου ηλεκτρονικής κάρτας ως διεπαφή με τον χρήστη. Για να τα χρησιμοποιήσουμε είναι απαραίτητο [με το πληκτρολόγιο] να εισάγουμε έναν έγκυρο κωδικό πρόσβασης ή να έχουμε μία έγκυρη ηλεκτρονική κάρτα. Οι οδηγίες για τον χρήστη, που εμφανίζονται ως ένα φιλικό μενού καθοδήγησης στην οθόνη του φορτιστή πύργου, επιτρέπουν στον χρήστη την επιλογή διαφορετικών διαδικασιών φόρτισης: ενέργεια (kWh), ποσοστό χρημάτων, χρόνος φόρτισης ή πλήρης φόρτιση. Κάθε ηλεκτρική υποδοχή έχει μία δικλείδα προστασίας ελεγχόμενη με τέτοιο τρόπο που το ΗΟ δεν θα μπορεί να συνδεθεί ή να αποσυνδεθεί χωρίς έγκυρο κωδικό. Τα περισσότερα ΗΟ που είναι εμπορικά διαθέσιμα στην αγορά έχουν τον δικό τους ενσωματωμένο AC/DC φορτιστή και η άμεση πρόσβαση στις μπαταρίες είναι δύσκολη ή θα απαιτούσε μία τροποποίηση στο ΗΟ. Για αυτόν τον λόγο ένας κύριος φορτιστής στο AC που χρησιμοποιεί τον ενσωματωμένο φορτιστή των ΗΟ επιλέχθηκε. Η παρακολούθηση πληροφοριών παρουσιάζεται στην οθόνη του φορτιστή πύργου και καταγράφεται. Η παρακολούθηση δεδομένων και η δραστηριότητα των χρηστών των ΗΟ καταγράφονται και αποθηκεύονται από τον βιομηχανικό υπολογιστή σε ημερήσιους φακέλους που μπορούν να διαβιβαστούν σε έναν φορητό υπολογιστή ή σε ένα CD ROM. Είναι προγραμματισμένο να εφαρμοστεί στα τηλεχειριστήρια στο κοντινό μέλλον. Οι κύριοι καταγεγραμμένοι παράμετροι ΦΒ είναι: Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία των

μονάδων ΦΒ και περιβάλλοντος, το ρεύμα και η τάση DC, η AC ισχύς από/προς το δίκτυο και προς τα ΗΟ. Η σχετική δραστηριότητα των χρηστών, όπως η αναγνώριση του χρήστη, η ημερομηνία και ο χρόνος φόρτισης, η ισχύς φόρτισης, καταγράφεται σε έναν μηνιαίο επιπρόσθετο φάκελο. Οι άκρες της παραγόμενης ενέργειας ΦΒ που δεν χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση των ΗΟ μπορούν να τροφοδοτηθούν μέσα στο ηλεκτρικό δίκτυο και αντίστροφα, όταν η παραγόμενη ενέργεια ΦΒ δε είναι αρκετή, τα ΗΟ μπορούν να φορτιστούν από το δίκτυο [4].



Σχήμα 14: Πύργοι φόρτισης που ελέγχουν την επιχείρηση φόρτισης των ΗΟ εγκατεστημένοι κάτω από τη συστοιχία ΦΒ, εξωτερική όψη.



Σχήμα 15: Πύργοι φόρτισης που ελέγχουν την επιχείρηση φόρτισης των ΗΟ, εσωτερική όψη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

#### 10.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Για πολλά χρόνια, η Κοινωνία Μηχανικής Αυτοκινήτων( KMA – SAE) δουλεύει στη σταθερά J1772, που κατατάσσει τους σταθμούς φόρτισης σε τρεις κατηγορίες:

α) Επίπεδο I: ο φορτιστής είναι επιβιβασμένος και παρέχει AC τάση 120V ή 240V με μέγιστο ρεύμα των 15 A (σταθερή οικιακή εξαγωγή) , μέγιστη ισχύ των 3,3 kW.

β) Επίπεδο II: ο φορτιστής είναι επιβιβασμένος και παρέχει AC τάση 240V με μέγιστο ρεύμα των 60 A , μέγιστη ισχύ των 14,4 kW.

γ) Επίπεδο III: ο φορτιστής είναι αποβιβασμένος. Ο σταθμός φόρτισης παρέχει DC τάση άμεσα στη μπαταρία μέσω ενός DC συνδέσμου, με μέγιστη ισχύ των 240 kW. Οι φορτιστές του Επιπέδου III είναι γρήγοροι φορτιστές. Η μέγιστη ισχύ που προμηθεύεται για τον εξοπλισμό φόρτισης Επιπέδου III θα έπρεπε να είναι ικανή να αναπληρώσει περισσότερο από τη μισή της χωρητικότητας μιας HO μπαταρίας σε λιγότερο από μισή ώρα.

Μία έλλειψη υπάρχει στις μονάδες γρήγορης φόρτισης. Ως εναλλακτική, οι αστικές εγκαταστάσεις έχουν προταθεί όπου οι αποφορτισμένες μπαταρίες του αμαξίου θα ανταλλάσσονταν με πακέτα φορτισμένων μπαταριών. Ωστόσο, στη διάσκεψη Εναλλακτικών Καυσίμων και Οχημάτων που πραγματοποιήθηκε πρόσφατα, μία ομάδα αντιπροσώπων από κάποιες Αμερικάνικες βιομηχανίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων πρότεινε ότι θα προτιμούσαν γρήγορους σταθμούς φόρτισης από το σενάριο ανταλλαγής μπαταριών. Η επίδραση της υποβάθμισης της μπαταρίας είναι μία κρίσιμη παράμετρος που χρειάζεται να ληφθεί υπόψη .

## 10.2 ΤΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### 10.2.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο σταθμός γρήγορης φόρτισης που είναι να σχεδιαστεί μπορεί να παρέχει μία μέγιστη ισχύ των 240 kW.

Πίνακας 4.

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τεχνολογία Αποθήκευσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μπαταρίες Μολύβδου-Οξέος	Υψηλή χωρητικότητα, χαμηλής έντασης πυκνότητα ενέργειας, χαμηλό κόστος κεφαλαίου, μακροχρόνια ζωή	Χαμηλή αποδοτικότητα, πιθανές δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις
Μπαταρίες Νατρίου-Θείου (NaS)	Πολύ υψηλή χωρητικότητα ενέργειας και ισχύος, υψηλή πυκνότητα ενέργειας, μακροχρόνια ζωή	Κόστος παραγωγής, ανησυχίες για την ασφάλεια
Μπαταρίες Μετάλλου-Αέρα	Πολύ υψηλή πυκνότητα ενέργειας	Λίγες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες διαθέσιμες
Μπαταρίες Li-Ιόντος	Πολύ υψηλή χωρητικότητα και πυκνότητα ενέργειας	Μικρός αριθμός κύκλων ζωής
Μπαταρία Ροής	Πολύ υψηλή χωρητικότητα ενέργειας και ισχύος, μακροχρόνια ζωή	Χαμηλή πυκνότητα μπαταρίας, χαμηλή αποδοτικότητα
Υπερπυκνωτές	Υψηλή αποδοτικότητα	Χαμηλή πυκνότητα μπαταρίας, λίγες εφαρμογές συστημάτων ισχύος
FES – Σφόνδυλος Αποθήκευσης Ενέργειας	Υψηλή χωρητικότητα ισχύος, σύντομος χρόνος πρόσβασης, μακροχρόνια ζωή, προσπάθεια χαμηλής διατήρησης, υψηλή αποδοτικότητα, μικρές περιβαλλοντικές επιδράσεις	Χαμηλή πυκνότητα μπαταρίας

Υποθέτοντας ότι το πλέγμα έχει μία τάση των  $V_{rms,11} = 208V$ , και ρεύμα των  $I_{rms} = 15A$  και ορίζοντας ένα παράγοντα ένωσης ισχύος  $pf$ , τότε η μέγιστη ισχύς εξαγωγής θα είναι :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{rms,11} \cdot I_{rms} \cdot pf \leftrightarrow 5,5kW$$

Τοιουτοτρόπως οι συσκευές αποθήκευσης χρειάζονται να παρέχουν μία μέγιστη ισχύ εξαγωγής των 234,5 kW. Ο σταθμός γρήγορης φόρτισης σχεδιάζεται να φορτίσει μπαταρίες των ΣΥΗΟ/ΗΟ σε μία μέγιστη διάρκεια  $\Delta t = 20$  λεπτά. Έτσι η μέγιστη ποσότητα ενέργειας για να προμηθευτεί από την τοπική αποθήκευση είναι :

$$E = P \cdot \Delta t = 78,17 \text{ kWh}$$

### 10.2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

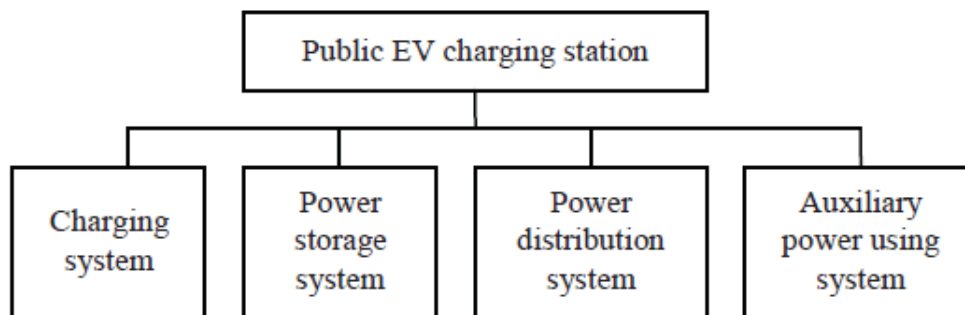
Οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας πρέπει επίσης να ικανοποιούν τα ακόλουθα κριτήρια απόδοσης για να μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα του σταθμού γρήγορης φόρτισης:

- 1) Συσκευή Δυναμικής: Εφόσον ο σταθμός φόρτισης λειτουργεί μόνο για 20 λεπτά (μικρή διάρκεια), οι συσκευές αποθήκευσης πρέπει να είναι ικανές να φορτίζουν και να αποφορτίζουν σε αυτήν την περίοδο.
- 2) Υψηλή Πυκνότητα Ενέργειας: Ως μία συνέπεια της προηγούμενης απαίτησης, οι συσκευές πρέπει επίσης να έχουν μία πυκνότητα υψηλής ενέργειας για να μεταφέρουν ένα μεγάλο ποσοστό ισχύος σε μία μικρή περίοδο χρόνου.
- 3) Υψηλή Αποδοτικότητα : Ο σταθμός φόρτισης πρέπει να φτάνει τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητά του. Αυτό το τελευταίο κριτήριο εξαρτάται στα κύρια μέρη του σταθμού: μετατροπείς, συσκευές αποθήκευσης. Επομένως είναι απαραίτητο να λάβουμε υπόψη την υψηλή αποδοτικότητας αποθήκευση ενέργειας και τη μετατροπή.
- 4) Φιλικό προς το Περιβάλλον: Η συσκευή πρέπει να έχει καθόλου ή αμελητέες κακές επιδράσεις στο περιβάλλον[8].

### 10.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs

Το κοινό τμήμα φόρτισης ΗΟ αποτελείται γενικά από τέσσερα υποσυστήματα τα οποία είναι η φόρτιση, η αποθήκευση ισχύος, η διανομή ισχύος και το υποσύστημα που χρησιμοποιεί επιπρόσθετη ισχύ, όπως δείχνει το σχήμα 16 . Το σύστημα φόρτισης (ΣΦ) χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια η οποία εισάγει το σύστημα στη μορφή που απαιτεί η μπαταρία ΗΟ και μετά παρέχεται στο EV μέσω του φορτιστή. Το σύστημα αποθήκευσης ισχύος (ΣΑΙ) χρησιμοποιείται για να εξοικονομήσει ηλεκτρική ενέργεια για το σύστημα σε περιόδους χαμηλής φόρτισης για να χρησιμοποιηθεί σε περιόδους υψηλής φόρτισης. Το σύστημα διανομής ισχύος (ΣΔΙ) χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια υψηλής τάσης από το κοινό δίκτυο σε αυτήν με χαμηλή τάση που το τμήμα φόρτισης EV απαιτεί από τους μετατροπείς, και μετά διανέμεται αντίστοιχα στο σύστημα φόρτισης, στο σύστημα αποθήκευσης ισχύος και στο

σύστημα που χρησιμοποιεί επιπρόσθετη ισχύ. Το σύστημα χρήσης της επιπρόσθετης ισχύος (ΣΧΕΙ) χρησιμοποιείται για να διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια που εισάγει το σύστημα σε διάφορα συστήματα και εξοπλισμούς του τμήματος φόρτισης, όπως ο έλεγχος επιτήρησης, τα συστήματα επικοινωνίας και φωτισμού, κτλ[1].



Σχήμα 16. Δομή του τμήματος φόρτισης EVs

## 10.4 ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 10.4.1. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Η Τυποποίηση είναι εξαιρετικής σημασίας για την εφαρμογή του προτεινόμενου ενεργειακά-ανανεώσιμου σταθμού. Περιλαμβάνει δύο πτυχές, ονομαστικά, την τυποποίηση της ηλεκτροδότησης και η τυποποίηση της επικοινωνίας. Η τυποποίηση της ηλεκτροκίνησης αναφέρεται στα ακόλουθα στοιχεία:

Η τυποποίηση του interface για την σύνδεση των EVs σε φορτιστές μπαταρίας υπάρχει μέσα στο σταθμό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την καθιέρωση διεθνών ή περιφερειακών προτύπων κατά την ανάπτυξη της EVs βιομηχανίας.

Η τυποποίηση για την αντιστοίχιση των EVs και της μπαταρίας σε πλατφόρμα εναλλαγή. Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, η αλλαγή της μπαταρίας πρέπει να διεξάγεται από την αυτόματη εναλλαγή πλατφόρμας. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλές δαπάνες, φαίνεται αδύνατο να αναπτυχθούν συγκεκριμένες μπαταρίες σε εναλλαγή πλατφόρμας για κάθε τύπο των EVs. Έτσι, μέσω συναίνεσης για το θέμα αυτό, θα πρέπει να επιτευχθεί συμφωνία μεταξύ των κατασκευαστών αυτοκινήτων.

Η τυποποίηση για την προσθήκη της διοχετευόμενης μπαταρίας για την ΕΣΣ, καθώς και για την ανάκληση της πλήρως φορτισμένης μπαταρίας από το ΕΣΣ, έτσι ώστε να μπορούν να εξοπλιστούν στο EV σε περίπτωση ανάγκης.

Η τυποποίηση για τη σύνδεση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική και ηλιακή ενέργεια στο δίαυλο DC. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ρυθμίζοντας την έξοδο χαρακτηριστικά των DC-DC μετατροπέων.



Η τυποποίηση της ανακοίνωσης αναφέρεται στους κανόνες σχετικά με την απόκτηση, τη διαβίβαση και την επικοινωνία όλων των ειδών των πληροφοριών που απαιτούνται για την έξυπνη λειτουργία του προτεινόμενου σταθμού. Διαφορετικές μέθοδοι επικοινωνίας μπορούν να υιοθετηθούν, όπως, ασύρματες επικοινωνίες, επικοινωνίες ραδιοσυχνότητας, γραμμή φερόμενης ισχύος επικοινωνίας, και ούτω καθ' εξής. Έτσι, ένα σετ από πρωτόκολλα θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της επικοινωνίας και του αισθητήρα του δικτύου.

#### **10.4.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ**

Η βελτιστοποίηση μπορεί να βελτιώσει τις συνολικές επιδόσεις του σταθμού, και για τα παρακάτω στοιχεία θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή:

Η σχεδιασμένη χωρητικότητα του σταθμού. Αυτή θα πρέπει να αποφανθεί από την πραγματική ζήτηση και την ικανότητα των περιφερειακών δικτύων ισχύος.

Η κατανομή της χωρητικότητας μεταξύ της γρήγορης φόρτισης, της αργής φόρτισης και την εναλλαγή της μπαταρίας. Αυτό κυρίως αποφασίζεται από τη λειτουργική ιδιότητα του σταθμού. Αν είναι ένας οριοθετημένης χωρητικότητας σταθμός, η αργή φόρτιση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με κυρίαρχο στοιχείο τη χωρητικότητα. Διαφορετικά, αν έχει μεγάλη ρευστότητα, η ταχεία φόρτιση και εναλλαγή της μπαταρίας πρέπει να πραγματοποιηθεί με κυρίαρχο στοιχείο τη χωρητικότητα.

Η ονομαστική τάση του διαύλου DC. Η οποία θα έχει βαθιά επίδραση στην αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του σταθμού και τα χαρακτηριστικά των μετατροπέων ισχύος.

Η σχεδιασμένη ικανότητα του ESS. Αυτή έχει αποφασιστεί από την χωρητικότητα της φόρτισης της μπαταρίας, την εναλλαγή της μπαταρίας καθώς και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

#### **10.4.3 Η ΕΞΥΠΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ (INTELLIGENTIZE)**

Η έξυπνη λειτουργία υπάρχει για την επιβεβαίωση ότι ο σταθμός μπορεί να προσφέρει ικανοποιητική εξυπηρέτηση στους ιδιοκτήτες των EVs, προς όφελος του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στην ισορροπία της τροφοδοσίας ρεύματος και φορτίου, η οποία επιτυγχάνει υψηλά αποδοτική λειτουργία και αξιοποιεί στο μέγιστο την ανανεώσιμη ενέργεια. Η έξυπνη λειτουργία πραγματοποιείται αυτόματα με έλεγχο της παροχής ρεύματος μέσω της έξυπνης μονάδας ελέγχου με τον ευφυή έλεγχο αλγορίθμων. Οι αλγόριθμοι ελέγχου αποτελούνται από πολλά βασικά υποσυστήματα, δηλαδή, από το μοντέλο πρόβλεψης, της ηλεκτρικής τροφοδοσίας από το περιφερειακό δίκτυο ισχύος, το μοντέλο πρόβλεψης της ηλεκτρικής τροφοδοσίας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το μοντέλο πρόβλεψης της ισχύος του φορτίου του περιφερειακού δικτύου παροχής ρεύματος, την μπαταρία SOC εκτίμησης μοντέλου, και του εσωτερικού σταθμού απώλειας ρεύματος. Με την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων, η πρόβλεψη της τροφοδοσίας ρεύματος και φορτίου των περιφερειακών δικτύων ισχύος μπορεί να

επιτευχθεί στο μέλλον. Ενώ οι προβλέψεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξαρτώνται από την ακρίβεια της πρόβλεψης καιρικών συνθηκών. Αρκετές Μπαταρίες SOC μέσω της εκτίμησης διαφόρων μεθόδων έχουν αναπτυχθεί προσφάτως, όπως η μέθοδος με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων και η μέθοδος μέσω χρησιμοποίησης εκτεταμένου φίλτρου Καλμάν [7].

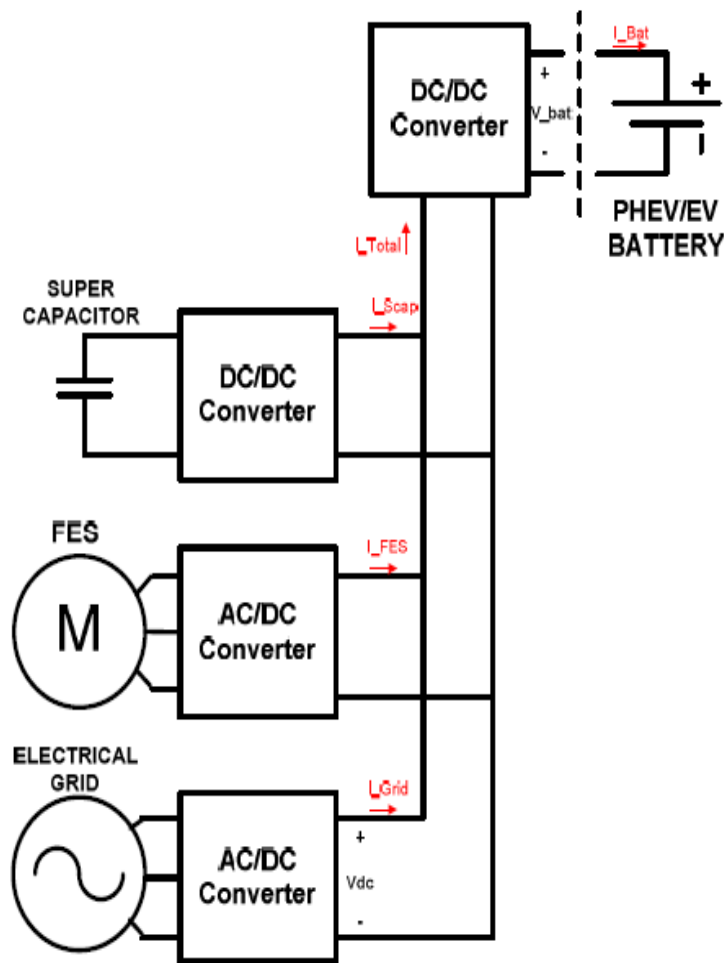
## **10.5 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

### **10.5.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΣΧΔΙΑΣΜΟΣ**

Ο προτεινόμενος σταθμός φόρτισης χρησιμοποιεί το ρεύμα του πλέγματος και δύο επιπρόσθετες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας : ένα ΣΑΕ(FES) και έναν υπερπυκνωτή. Η έννοια ενός σταθμού φόρτισης Επιπέδου III με σφόνδυλο έχει προταθεί στο .Το σχέδιο απεικονίζεται στο σχήμα 17 παρακάτω:

## **10.6 ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ Ο ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥΣ**

- 1) Δίκτυο: Αντίθετα με τους φορτιστές Επιπέδου I και II, το Επίπεδο III παρέχει DC τάση και ρεύμα. Για αυτόν το λόγο το πλέγμα διασυνδέεται με τον αγωγό του φορτιστή μέσω ενός ανορθωτή που εξάγει ένα μέγιστο ρεύμα των 10 A και διατηρεί την DC τάση αγωγού συνεχή μέσω ενός ρυθμιστή τάσης.
- 2) ΣΑΕ(FES): Εφόσον ένας ΣΑΕ ανήκει στην κατηγορία των περιστρεφόμενων μηχανών, μπορεί να σχεδιαστεί από οποιοδήποτε άλλο περιστρεφόμενο παραγωγό (/περιστρεφόμενη γεννήτρια). Το σφάλμα ενισχυμένης (αυξανόμενης) ταχύτητας συνιστά να εξάγεται το αναφερθέν ρεύμα από τον ΣΑΕ. Η διεπαφή (διασύνδεση) με τον DC αγωγό γίνεται μέσω ενός AC/DC μετατροπέα.



Σχήμα 17 Ολοκληρωμένος σταθμός φόρτισης.

1) Υπερπυκνωτής: Σχεδιάζεται ως πυκνωτής με μία συσκευή ηλεκτρικής αντίστασης παράλληλα. Το σφάλμα ενισχυμένης ταχύτητας συνιστά να εξάγεται το αναφερθέν ρεύμα από τον υπερπυκνωτή. Η διεπαφή (διασύνδεση) με τον DC αγωγό γίνεται μέσω ενός DC/DC μετατροπέα.

2) Εξαγωγή Φορτιστή: Η διασύνδεση του dc αγωγού με την μπαταρία αυτοκινήτου γίνεται μέσω ενός εξαγωγικού DC/DC μετατροπέα. Πράγματι η εισαγωγή μετατροπέα, ή ο dc αγωγός φορτιστή, κρατείται πάντα συνεχής ενώ η εξαγωγή ποικίλλει αναλόγως τη μέγιστη τάση φόρτισης της μπαταρίας αυτοκινήτου. Έτσι ο φορτιστής πρέπει να προσαρμόζεται στην μπαταρία για να φορτίζεται. Ο έλεγχος γίνεται ακολούθως: το σφάλμα ενισχυμένης ταχύτητας συνιστώντας το ρεύμα φόρτισης δεν πρέπει να ξεπερνά το ρεύμα μέγιστης φόρτισης μπαταρίας. Επίσης η τάση φόρτισης περιορίζεται από πάνω από την μεγαλύτερη τάση φόρτισης μπαταρίας. Αυτές οι δύο τελευταίες παράμετροι παρέχονται από το δελτίο μπαταρίας [8].

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11**

### **ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

#### **11.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

Τα ΗΟ συνδέονται για επαναφόρτιση στις υποδοχές που τοποθετούνται στον μπροστινό πίνακα των πύργων φόρτισης. Η κάθε υποδοχή προστατεύεται με μία θύρα που ελέγχεται με τέτοιο τρόπο που κάθε υποδοχή είναι πάντα ανενεργή αν η θύρα έχει ανοιχτεί, παρέχοντας ασφάλεια στον χρήστη. Όταν ο χρήστης έχει προγραμματίσει μία διαδικασία φόρτισης και κλείνει τη θύρα υποδοχής (έχει μία μικρή τρύπα για το καλώδιο ισχύος του ΗΟ), τότε ξεκινάει η προγραμματισμένη φόρτιση του ΗΟ. Η θύρα δεν μπορεί να ανοιχθεί μέχρι ο σωστός κωδικός (password) του πληκτρολογίου ή μία έγκυρη ηλεκτρονική κάρτα εισαχθεί ξανά, και ο τερματισμός της φόρτισης επιλεγθεί.

Και οι δύο ΦΒ αντιστροφείς συνδεδεμένοι σε δίκτυο περιλαμβάνουν προστασία νησίδας<sup>10</sup>, τους μεταβλητούς αντιστάτες εναντίον των ατμοσφαιρικών επαγόμενων υπερτάσεων, και έχουν DC/AC γαλβανική απομόνωση μέσω ενός μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας. Δύο επιπλέον μεταβλητοί αντιστάτες περιλαμβάνονται ανάμεσα σε ενεργούς πόλους της ΦΒ συστοιχίας και στο έδαφος. Οι δίοδοι φραγμού θα πρέπει να εγκατασταθούν σε κάθε παρακλάδι των δύο υποπεδίων.

Η γείωση παρέχεται για την υποστήριξη της δομής της συστοιχίας και για τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης. Η AC καλωδίωση από την έξοδο του αντιστροφέα στο σημείο σύνδεσης του δικτύου, η GCP, όπως και οι προστατεύεται από τις έμμεσες επαφές ενός RCD τύπου Β εγκατεστημένο κοντινότερα στο GCP. Επίσης προστατευτικές συσκευές για την υπέρνταση εγκαθίστανται και στο GCP και στην έξοδο του αντιστροφέα για να παρέχουν στον αντιστροφέα απομόνωση για συντήρηση. Ακόμη μία συσκευή για την απομόνωση του αντιστροφέα τοποθετείται στην είσοδο του αντιστροφέα, ικανή να ανοίξει το DC κύκλωμα σε συνθήκες τάσης.

Οι ΦΒ μονάδες και η καλωδίωση, έχουν προστασία τάξεως II. Ωστόσο, η εγκατάσταση λειτουργεί σε τάση που δεν είναι μία Πολύ Χαμηλή Τάση Ασφάλειας, ΠΧΤΑ (SELV), δηλ.  $V_{oc} > 120V_{DC}$ . Επιπλέον, η ΦΒ συστοιχία μπορεί να αξιολογηθεί με το χέρι από ανθρώπους, από το επίπεδο εδάφους. Για αυτούς τους λόγους, για να παρέχουμε υψηλή ασφάλεια εναντίον των έμμεσων επαφών, η ΦΒ συστοιχία (η DC πλευρά) διαμορφώνεται (σχηματίζεται) ως ένα σύστημα κυμαινόμενων με και τους δύο πόλους απομονωμένους από το έδαφος. Μία Συσκευή Μόνωσης Παρακολούθησης<sup>16</sup> μετράει περιοδικά την αντίσταση στη γη του κάθε πόλου του κυκλώματος εξαγωγής της ΦΒ συστοιχίας, και παράγει ένα σύνθημα (σινιάλο) συναγερμού όταν οι τιμές αντίστασης είναι μικρότερες<sup>17</sup> από  $36 A/M\Omega$ , όπου A είναι η περιοχή της ΦΒ συστοιχίας σε  $m^2$ . Σε περίπτωση συναγερμού Μόνωσης Παρακολούθησης η ΦΒ συστοιχία διαχωρίζεται σε τμήματα SELV (ΠΧΤΑ) [4].

#### **11.2 ΤΡΕΞΙΜΟ-ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΑΥΤΟΣΥΝΑΓΕΡΜΟΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

Όπως είναι γνωστό, οι φορτιστές είναι κατασκευασμένοι να βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο και το ηλεκτρικό σύστημα είναι επικίνδυνο για έναν άνθρωπο όταν αυτός έρθει σε επαφή με αυτό με γυμνά χέρια. Οπότε είναι πολύ άβολο και επισφαλές για έναν εργαζόμενο να ελέγξει τους φορτιστές με τα χέρια. Με τη βοήθεια του εποπτικού συστήματος στο PC, οι εργαζόμενοι στο σταθμό φόρτισης μπορούν να κάνουν πολλές λειτουργίες, όπως το τρέξιμο και τον τερματισμό.

Το εποπτικό σύστημα στο PC επίσης παρέχει προστασία ενάντια στις συνθήκες οποιουδήποτε προβλήματος που μπορεί να εμφανιστεί σαν αποτέλεσμα, όπως οι θερμοκρασίες ή οι τάσεις κάποιων από τα τμήματα μπαταρίας να ξεπεράσουν ένα συγκεκριμένο για την ασφάλεια όριο κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Οποτεδήποτε αυτά τα γεγονότα συμβούν ως εξαιρέσεις, το εποπτικό σύστημα θα δείξει ένα μήνυμα στην οθόνη, θα βγάλει ήχο συναγερμού και θα σταματήσει τη διαδικασία φόρτισης αυτόματα.

Για παράδειγμα, το πρότυπο φόρτισης είναι συνεχές ρεύμα και καθορισμένος χρόνος, και έστω ότι ο καθορισμένος χρόνος είναι δύο ώρες. Αν, για οποιοδήποτε λόγο, οι θερμοκρασίες κάποιων τμημάτων της μπαταρίας ξεπεράσουν ένα συγκεκριμένο για την ασφάλεια όριο κατά τη διάρκεια της φόρτισης, τότε το σύστημα επικοινωνεί με τον φορτιστή και σταματάει τη διαδικασία φόρτισης πριν τη λήξη των δύο ωρών για να αποτρέψουν τα τμήματα της μπαταρίας από το να πάθουν ζημιά [3].

### 11.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ AC ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ

#### 11.3.1 ΓΡΑΜΜΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

Στην συνδεδεμένη με πλέγμα κατάσταση λειτουργίας όταν ένα σφάλμα συμβαίνει στη γραμμή που συνδέει το AC μικρό-δίκτυο με το δίκτυο διανομής, το ρεύμα κλειστού κυκλώματος του σημείου του λάθους έρχεται από το δίκτυο διανομής και το AC μικρό-δίκτυο.



Σχήμα 18: Η δομή γραμμής λάθους στο AC μικρό-δίκτυο.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 18 (α), το σφάλμα συμβαίνει στο σημείο K1 στη γραμμή ανάμεσα στη διακοπή κυκλώματος και στο PCC, το ρεύμα σφάλματος που ρέει διαμέσου της διακοπής κυκλώματος QF4 είναι  $I_{k1}$ . Η αξία του  $I_{k1}$  σχετίζεται με τη μικρή χωρητικότητα του QF4 προς το AC μικρό-δίκτυο. Το σφάλμα συμβαίνει στο σημείο K2 της γραμμής ανάμεσα στη διακοπή κυκλώματος και στον αγωγό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 18 (β), το ρεύμα σφάλματος που ρέει διαμέσου της διακοπής κυκλώματος QF4 είναι  $I_{k2}$ , και η αξία του  $I_{k1}$  σχετίζεται με τη μικρή χωρητικότητα του QF4 προς το PCC, και συνήθως υψηλότερα από το  $I_{k1}$ .

Εφόσον το AC μικρό-δίκτυο περιέχει γεννήτριες διανομής, όταν το σφάλμα συμβαίνει σε κάθε πλευρά του QF4, το ρεύμα σφάλματος θα έρεε διαμέσου του QF4. Η αξία του διαφέρει καθώς τα διαφορετικά σημεία που συμβαίνει το σφάλμα που μπορούν να κριθούν από την κατεύθυνση του κλειστού κυκλώματος ισχύος. Έτσι η κύρια προστασία για τη γραμμή σφάλματος είναι προσαρμόσιμη προστασία που μπορεί να επιλέξει τις αξίες ρύθμισης σύμφωνα με την κατεύθυνση ισχύος. Αυτή η προσαρμόσιμη κατάσταση εκτείνεται από το AC μικρό-δίκτυο ως το δίκτυο διανομής. Επιπροσθέτως, όταν το σφάλμα συμβαίνει στο K2, η διαφοροποιημένη προστασία του αγωγού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απομονώσει το λάθος.

### **11.3.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ**

Η κύρια προστασία του αγωγού στο AC μικρό-δίκτυο υιοθετεί ολοκληρωτικά τρέχουσα διαφοροποιημένη προστασία, την προστασία των κινήσεων διακοπής μεγαλύτερου κυκλώματος ως εφεδρική προστασία. Επειδή η προστασία του αγωγού σχετίζεται με κάθε στοιχείο συνδεδεμένο με τον αγωγό, η προστασία θα έπρεπε να είναι συντονισμένη με τις εφεδρείες (το ρελέ-ηλεκτρονόμο) και τις αυτόματες συσκευές του κάθε στοιχείου με την καλωδίωση του σχεδίου προστασίας αγωγού. Η προστασία του AC αγωγού δεν έχει μόνο εφεδρική προστασία αλλά επίσης προστασία αποτυχίας διακοπής κυκλώματος, με την οποία αποφεύγουμε την απορριπτέα πράξη της διακοπής κυκλώματος που θα προκαλούσε σφάλμα μεγάλης κλίμακας.

### **11.3.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΣΤΗ**

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης, όταν ένα σφάλμα συμβαίνει σε ένα μοναδικό φορτιστή, αν ο DC φορτιστής έχει υποπέσει σε κατάσταση φόρτισης υπερ-ρεύματος ή υπερ-τάσης, η εσωτερική προστασία του φορτιστή δρα ως κύρια προστασία, και στέλνει τις πληροφορίες του σφάλματος στο κέντρο ελέγχου την ίδια στιγμή. Ύστερα από μία καθυστέρηση χρόνου εγκατάστασης, το κέντρο ελέγχου στέλνει την εντολή να αποφορτιστεί η γραμμή DC φορτιστή. Η κύρια προστασία των γραμμών του φορτιστή είναι τρέχουσα προστασία στιγμιαίου ταξιδιού, η προστασία του QF11 ενεργεί ως εφεδρική προστασία. Οι AC φορτιστές χρησιμοποιούν σχέδιο παρόμοιας προστασίας.

### **11.3.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Τα εσωτερικά σφάλματα της διεσπαρμένης παραγωγής προστατεύονται από μόνα τους. Τα εξωτερικά σφάλματα της διεσπαρμένης παραγωγής.:

(α) Όταν το σφάλμα συμβαίνει στη γραμμή που συνδέει η διεσπαρμένη παραγωγή, το ρεύμα σφάλματος περιέχει ρεύμα σφάλματος  $I_1$  του αγωγού και  $I_2$  της διεσπαρμένης παραγωγής. Πιο γενικά, η αξία του  $I_1$  είναι μεγαλύτερη. Η κατάσταση είναι παρόμοια με τη γραμμή λάθους στο A. Η κύρια προστασία για τη γραμμή λάθους της διεσπαρμένης παραγωγής είναι η προσαρμόσιμη προστασία που μπορεί να επιλέξει τις αξίες της πράξης σύμφωνα με την κατεύθυνση ισχύος, η προστασία του QF4 δρα ως εφεδρική προστασία.

(β) Όταν το σφάλμα συμβαίνει στη γραμμή που συνδέει η διεσπαρμένη παραγωγή, και η γραμμή είναι σβησμένη, και η διεσπαρμένη παραγωγή αποσυνδέεται με το AC μικρό-δίκτυο. Η επαναφορά της διεσπαρμένης παραγωγής στον αγωγό χρειάζεται έλεγχο συγχρονισμού για να επιβεβαιώσει ότι η διεσπαρμένη παραγωγή είναι συγχρονισμένη με άλλες πηγές του AC μικρό-δικτύου.

#### **11.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΝΗΣΙΔΑΣ**

Η λειτουργία νησίδας σημαίνει ότι όταν το σφάλμα συμβαίνει στο δίκτυο διανομής, το AC μικρό-δίκτυο αποσυνδέεται από το δίκτυο διανομής, την ισχύ της διεσπαρμένης παραγωγής ολόκληρου του AC μικρό-δικτύου κανονικά υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα του AC μικρό-δικτύου είναι ασφαλές. Με αυτόν τον τρόπο, το AC μικρό-δίκτυο μεταμορφώνεται σε κατάσταση αυτό-προμήθειας. Η λειτουργία νησίδας περιέχει σκόπιμη λειτουργία νησίδας και μη σκόπιμη λειτουργία νησίδας .

(α) Η σκόπιμη λειτουργία νησίδας είναι ενεργή όταν δεν συμβαίνουν σφάλματα στο δίκτυο διανομής, αλλά κάτι λάθος με την ποιότητα ισχύος. Για να επιβεβαιώσουμε την ποιότητα ισχύος του σημαντικού φορτίου στο AC μικρό-δίκτυο, το AC μικρό-δίκτυο μπαίνει σε κατάσταση λειτουργίας νησίδας με το να αποσυνδεθεί με το PCC. Πριν η λειτουργία σύνδεσης σε δίκτυο μετατραπεί σε λειτουργία νησίδας, εκτελεί ζώνη λογικής λειτουργίας νησίδας, που είναι ικανή να επιβεβαιώσει σχετική λειτουργία. Κάτω από αυτήν την κατάσταση, η διακοπή κυκλώματος αποσυνδέεται και η προστασία της γραμμής μπορεί να αποφευχθεί. Η κύρια προστασία στον αγωγό υιοθετεί διαφοροποιημένη προστασία ολοκληρωμένου ρεύματος. Η τρέχουσα αξία της πράξης του διαφοροποιημένου ηλεκτρονόμου επαναπροσδιορίζεται σύμφωνα με το αξίωμα ότι η τιμή θα έπρεπε να είναι υψηλότερη από το υψηλότερο ρεύμα ανισορροπίας των εξωτερικών σφαλμάτων του AC μικρό-δικτύου και υψηλότερη από το ρεύμα ανισορροπίας του δευτερεύοντος σπασμένου κυκλώματος του τρέχοντος μετατροπέα. Όταν τα σφάλματα συμβαίνουν στις άλλες γραμμές του AC μικρό-δικτύου, λόγω της έλλειψης μικρής χωρητικότητας (που) προέρχεται από το δίκτυο διανομής, η αξία θα έπρεπε να επανατοποθετηθεί σύμφωνα με την πραγματική μικρή χωρητικότητα τη διάρκεια της λειτουργίας νησίδας. Το σχήμα προστασίας της λειτουργίας νησίδας είναι το ίδιο όπως της συνδεδεμένης σε δίκτυο λειτουργίας, αλλά η σημασία προστασίας χρειάζεται να επανατοποθετηθεί βασισμένη στη μικρή χωρητικότητα της λειτουργίας νησίδας του AC μικρό-δικτύου.

(β) Η μη σκόπιμη λειτουργία νησίδας είναι ενεργή όταν το σφάλμα συμβαίνει στο δίκτυο διανομής, και το PCC χρειάζεται να διακοπεί για να αποσυνδέσει το AC μικρό-δικτύου και το δίκτυο διανομής. Μπορεί να μη διατηρήσει την αξιοπιστία της τάσης και της συχνότητας κάτω από αυτήν την κατάσταση και τελικά οδηγείται στην κατάρρευση της τάσης και της συχνότητας. Η αβεβαιότητα και το απρόοπτο της μη σκόπιμης λειτουργίας νησίδας μπορεί να οδηγήσει στην αποτυχία του ελέγχου της τάσης και της συχνότητας. Από τη μία, αν η τάση και η συχνότητα υπερβούν το επιτρεπόμενο εύρος, οι συσκευές μπορεί να πάθουν ζημιά, και οι προστασίες να λειτουργήσουν εσφαλμένα. Όταν η χωρητικότητα της πηγής είναι λιγότερη από το φορτίο στο AC μικρό-δίκτυο, τα μη

σημαντικά φορτία μπορεί να διακοπούν για να μεταφέρουν την κατάσταση μη σκόπιμης λειτουργίας νησίδας σε σκόπιμη λειτουργία νησίδας και να διατηρήσουν το AC μικρό-δίκτυο ασφαλές.

Το AC μικρό-δίκτυο λειτουργεί με δύο τρόπους: την συνδεδεμένη σε δίκτυο κατάσταση λειτουργίας και την κατάσταση λειτουργίας νησίδας. Σε διαφορετικές καταστάσεις, αγωγού, γραμμής, διεσπαρμένης παραγωγής, σταθμού φόρτισης και σφάλματα φορτιστών έχουν διαφορετική επίδραση και σχέδια προστασίας.

Στην συνδεδεμένη σε δίκτυο κατάσταση λειτουργίας, η κύρια προστασία για τα σφάλματα της γραμμής είναι η προσαρμοστική προστασία που μπορεί να επιλέξει τις προσδιορισμένες αξίες σύμφωνα με την κατεύθυνση ισχύος. Στα σφάλματα των αγωγών, η κύρια προστασία είναι ολοκληρωμένη τρέχουσα διαφοροποιημένη προστασία, και η προστασία διακοπής του μεγαλύτερου κυκλώματος δρα ως εφεδρική προστασία. Στα σφάλματα της διεσπαρμένης παραγωγής, η κύρια προστασία είναι τρέχουσα προστασία στιγμιαίου ταξιδιού και η είναι τρέχουσα προστασία περιορισμένου ταξιδιού των αγωγών ως εφεδρική προστασία. Οι σταθμοί φόρτισης έχουν δύο τύπους εσωτερικών σφαλμάτων: για τα σφάλματα γραμμής, η κύρια προστασία είναι η προσαρμοστική προστασία που μπορεί να επιλέξει τις σωστές λειτουργίες σύμφωνα με την κατεύθυνση του ρεύματος. Στα εσωτερικά σφάλματα του φορτιστή, η κύρια προστασία είναι η προστασία κυκλώματος φορτιστή. Η εφεδρική προστασία των σφαλμάτων της διεσπαρμένης παραγωγής είναι η τρέχουσα προστασία, αλλά οι αξίες της προστασίας πρέπει να ρυθμιστούν ξεχωριστά.

Οι προστασίες του AC μικρό-δικτύου έχουν το ίδιο σχέδιο προστασίας κάτω από την συνδεδεμένη σε δίκτυο κατάσταση λειτουργίας και την κατάσταση λειτουργίας νησίδας, αλλά η ρύθμιση των παραμέτρων προστασίας είναι διαφορετική. Η προστασία κατεύθυνσης πρέπει να εγκατασταθεί, και οι ρυθμίσεις προστασίας είναι διαφορετικές σε διαφορετικό τρέχον επίπεδο. Το κέντρο ελέγχου παίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία του AC μικρό-δικτύου, για τις αλλαγές διεύθυνσης μεταβίβασης ισχύος, το κέντρο ελέγχου θα στείλει εντολή να αλλάξει το σχέδιο προστασίας [9].



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

#### 12.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα δεν έχει γίνει ακόμα καμιά προσπάθεια εγκατάστασης δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξαιρουμένης της πιλοτικής εγκατάστασης τριών τέτοιων σταθμών σε ισάριθμα πρατήρια της εταιρείας ΕΚΟ στην Αθήνα (Γλυφάδα, Μαρούσι, Κηφισιά). Η εγκατάσταση αυτή έγινε με τη συνεργασία της ΕΚΟ και του Ελληνικού Ινστιτούτου Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων και είχε σαν στόχο την ενεργοποίηση όλων των εμπλεκόμενων φορέων προς την κατεύθυνση της δημιουργίας νομοθετικού πλαισίου εισαγωγής της χώρας στις νέες τεχνολογίες μεταφορών και την δημιουργία συνθηκών ανάπτυξης επιχειρηματικών δράσεων στους νέους για την Ελληνική οικονομία τομείς της ηλεκτροκίνησης των αυτοκινήτων, των υποδομών υποστήριξής της, της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας για τις μεταφορές και τις βελτιώσεις πηγών και δικτύων.



Εικόνα 15. Υπάρχοντες σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων εργάζεται ήδη για την επίτευξη ενός δεύτερου αλλά επίσης σημαντικού βήματος προς την ίδια κατεύθυνση. Τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση πιλοτικών δικτύων φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε μεγάλους και γειτνιάζοντες Δήμους της χώρας, οι οποίοι να διασυνδέονται μεταξύ τους και με δημόσιας χρήσης ταχυφοριστές έτσι ώστε η μετακίνηση των κατόχων ηλεκτρικών αυτοκινήτων μέσα στα αστικά κέντρα να απαλλαγεί οριστικά από το πρόβλημα της εξασφάλισης της αναγκαίας ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα συμβατικά καύσιμα, και ταυτόχρονα να καταστεί δυνατή η κίνηση των ηλεκτρικών οχημάτων σε μεγαλύτερες αποστάσεις χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις για τον ενδιάμεσο ανεφοδιασμό τους. Ο σχεδιασμός που προτείνεται για τα δίκτυα αυτά στηρίζεται σε δύο διαφορετικές διατάξεις, την αστική και την υπεραστική.

**A) Η αστική διάταξη** προσφέρει χώρο για τη στάθμευση τριών ηλεκτρικών οχημάτων, παράπλευρα το ένα προς το άλλο, και μια κεντρική κονσόλα τοποθετημένη στον άξονα του μεσαίου χώρου στάθμευσης και στο εμπρόσθιο μέρος του, η οποία θα διαθέτει τους αναγκαίους ρευματοδότες για την εξυπηρέτηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ηλεκτρικών δικύκλων ή τρικύκλων και γενικά κάθε ηλεκτρικού οχήματος το οποίο κυκλοφορεί ή πρόκειται να κυκλοφορήσει στην ελληνική αγορά. Για την εξυπηρέτηση των αναγκών των κατόχων ηλεκτρικών οχημάτων, οι σταθμοί αυτοί θα προσφέρουν τις εξής δυνατότητες φόρτισης:

- Ήπια φόρτιση (Mode 1 Charging) από οικιακού τύπου ρευματοδότη Schuko μονοφασικής παροχής εναλλασσομένου ρεύματος με μέγιστη ισχύ 3.5kW (16 A). Η φόρτιση αυτή αντιστοιχεί με την οικιακή φόρτιση και μπορεί να εξυπηρετήσει περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι εφικτή η μακρόχρονη παραμονή του οχήματος στο χώρο φόρτισης. Για φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά 85% απαιτούνται περίπου 5-6 ώρες. Αυτός ο τύπος φόρτισης είναι κατάλληλος και για όλα τα άλλα είδη των ηλεκτρικών οχημάτων όπως είναι τα Scooter, τα τρίκυκλα, τα ελαφρά οχήματα κ.λπ.

- Κανονική φόρτιση (Mode 2 Charging) από ρευματοδότη IEC 62196-2 Τύπος 2 μονοφασικής παροχής εναλλασσομένου ρεύματος με μέγιστη ισχύ 7 kW (32A). Η φόρτιση αυτή περιορίζει τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής του αυτοκινήτου στο χώρο φόρτισης. Απαιτεί τη διάθεση καλωδίου φόρτισης με τον αντίστοιχο ρευματολήπτη και συμβατότητα του επί του οχήματος φορτιστή, προϋποθέσεις που σχεδόν όλα τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πληρούν. Για φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά 85% απαιτούνται περίπου 2-3 ώρες.

- Έντονη φόρτιση (Mode 3 Charging) από ρευματοδότη IEC 62196-2 Τύπος 2 τριφασικής παροχής εναλλασσομένου ρεύματος με μέγιστη ισχύ 21 kW (32A). Η φόρτιση αυτή περιορίζει ακόμα περισσότερο τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής του αυτοκινήτου στο χώρο φόρτισης. Απαιτεί τη διάθεση καλωδίου φόρτισης με τον αντίστοιχο ρευματολήπτη και συμβατότητα του επί του οχήματος φορτιστή. Για φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά 85% απαιτείται περίπου 1 ώρα.

Οι σταθμοί αυτοί θα διαθέτουν συνολική ισχύ 21 kW, θα είναι συνδεδεμένοι με τριφασικό δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος 400V και θα μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα 3 οχήματα για ήπια ή κανονική φόρτιση ή ένα μόνο όχημα για έντονη φόρτιση. Θα διαθέτουν 3 ρευματοδότες οικιακού τύπου Schuko και 3 ρευματοδότες IEC 62196-2 Τύπου 2 από τους οποίους θα εξυπηρετούνται οι μονοφασικές φορτίσεις και ένα ρευματοδότη IEC 62196-2 Τύπου 2 ο οποίος θα εξυπηρετεί την τριφασική έντονη φόρτιση. Όταν θα χρησιμοποιείται ο ρευματοδότης αυτός θα ακυρώνεται η λειτουργία όλων των άλλων ρευματοδοτών. Οι σταθμοί αυτοί θα είναι πλήρως εξοπλισμένοι με σύστημα μέτρησης και χρέωσης της παρεχόμενης ενέργειας, σύστημα επικοινωνίας και ελέγχου από την κεντρική μονάδα ελέγχου του δικτύου και με σύστημα αναγνώρισης και καταγραφής των δεδομένων ανά χρήστη.

**B) Η υπεραστική διάταξη** θα προσφέρει χώρο στάθμευσης δύο οχημάτων. Στον άξονα του χώρου στάθμευσης και στο εμπρόσθιο μέρος αυτού θα εγκατασταθεί η μονάδα ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων ισχύος 50 kW η οποία και θα συνδεθεί με τριφασικό δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος 400V. Η μονάδα αυτή θα παρέχει δύο εξόδους ταχείας φόρτισης με ανεξάρτητα καλώδια φόρτισης και αντίστοιχους συνδέσμους αυτοκινήτου. Τα καλώδια αυτά θα αποτελούν μόνιμα εξαρτήματα -

προεκτάσεις ή ελεγκτές του φορτιστή. Η μία έξοδος θα παρέχει συνεχές ρεύμα και θα ακολουθεί τις προδιαγραφές ταχείας φόρτισης του οργανισμού CHAdeMO. Η έξοδος αυτή θα εξυπηρετεί τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία εκ κατασκευής είναι προετοιμασμένα να δέχονται ταχεία φόρτιση από εξωτερικό φορτιστή συνεχούς ρεύματος τύπου CHAdeMO. Η άλλη έξοδος θα παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος ισχύος μέχρι 42 kW (63 A) και θα διαθέτει σύνδεσμο αυτοκινήτου IEC 62196-2 Τύπου 2. Η έξοδος αυτή θα εξυπηρετεί ηλεκτρικά αυτοκίνητα που θα διαθέτουν συμβατή επί του οχήματος συσκευή φόρτισης η οποία να μπορεί να διαχειρίζεται συνθήκες ταχείας φόρτισης με την ισχύ των 42 kW. Η μονάδα ταχείας φόρτισης θα μπορεί να εξυπηρετεί ένα μόνο ηλεκτρικό αυτοκίνητο κάθε φορά (με τη χρήση της μίας από τις δύο εξόδους). Για φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά 85 θα απαιτούνται 20 - 30 λεπτά [11]

## 12.2 ΚΙΝΗΤΡΑ

Η ανανέωση ενέργειας για τις μπαταρίες των EVs, θα αποτελέσει ένα ουσιαστικό θέμα για την διάδοση των ηλεκτροκίνητων μεταφορών στο μέλλον. Με την έλευση του έξυπνου δικτύου (smart grid) και της v2g τεχνολογίας, πρέπει να δοθεί αρκετή προσοχή σε πολλά προβλήματα που αφορούν την ανανέωση ενέργειας του σταθμού.

Πρώτον, θα πρέπει να ικανοποιούνται τα διάφορα αιτήματα των ιδιοκτητών EV. Για τους ανθρώπους που είναι πρόθυμοι να ανανεώνουν τα EVs σε ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, και περιμένουν κάποιο κέρδος μέσω της v2g τεχνολογίας, η αργή φόρτιση είναι μια καλή επιλογή. Για κάποιους άλλους, οι οποίοι πρέπει να ανανεώνουν τα EVs τους σε σύντομο χρονικό διάστημα, θα πρέπει να διεξαχθεί η γρήγορη φόρτιση. Ενώ, αν κάποιοι άνθρωποι χρειάζεται να ανανεώνουν τα EVs τους πολύ σύντομα, και είναι πολύ ανήσυχοι για την συντήρηση των μπαταριών, θα πρέπει να επιλέγουν την αλλαγή μπαταρίας.

Δεύτερον, σε ένα τόπο όπου μπορεί να συγκεντρωθεί μεγάλος αριθμός EVs , θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα πλεονεκτήματα , μειονεκτήματα και συνέπειες αυτών στο ηλεκτρικό δίκτυο ισχύος. Από τη μία πλευρά, ο σταθμός μπορεί να προσφέρει οφέλη για την εξισορρόπηση των απαιτήσεων και την τροφοδοσία του δικτύου ισχύος. Από την άλλη πλευρά, ασυντόνιστες συνδέσεις EVs στο δίκτυο θα προκαλούσε διακοπτόμενα φορτία, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν συστηματική αστάθεια.

Τρίτον, ο μελλοντικός σταθμός ανανέωσης ενέργειας θα είναι ιδανική ευκαιρία για την ανάπτυξη καταναλωμένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια και ηλιακή ενέργεια [7].

### 12.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs

Είναι γνωστό ότι το μέτρημα της υποδομής φόρτισης θα έπρεπε να επιβεβαιωθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων του συνολικού ποσοστού και την πυκνότητα των ηλεκτρικών οχημάτων. Επομένως, για να χτίσουμε μία χαμηλού κόστους και ενέργειας υποδομή φόρτισης, ένας καλός σχεδιασμός είναι απαραίτητος. Ως εκ τούτου, σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται η αρχή για τον σχεδιασμό της υποδομής φόρτισης.

Θέτουμε το  $S$  ότι είναι το μέγεθος της αντικειμενικής περιοχής,  $R$  είναι η ακτίνα της περιοχής υπηρεσίας φόρτισης. Ύστερα το συνολικό ποσοστό της υποδομής φόρτισης  $N$  μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (17).

$$N = \frac{S}{\pi R^2} \quad (18)$$

Αν το συνολικό ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων είναι  $C_i$ , και η αντικειμενική περιοχή είναι  $S_i$ , τότε το ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων στην περιοχή ανά μονάδα είναι  $D = C_i / S_i$ , τότε η ακτίνα της περιοχής υπηρεσίας φόρτισης  $R$  μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$R = R_{max} - \frac{D_i - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \times (R_{max} - R_{min}) \quad (19)$$

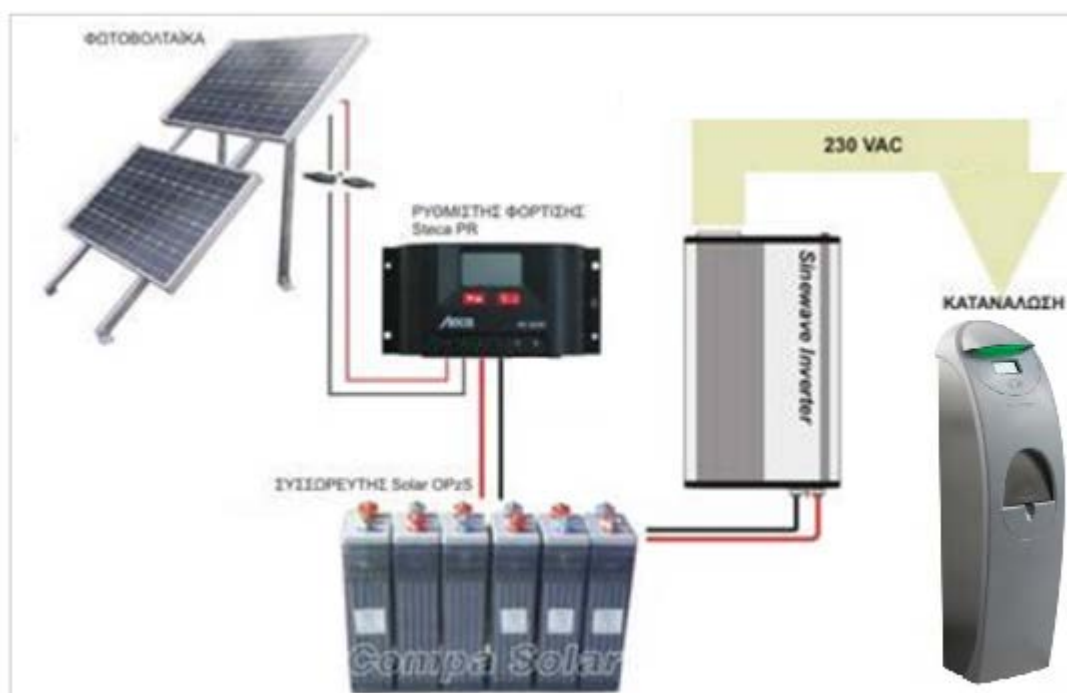
Σύμφωνα με το τελικό μέτρημα της υποδομής φόρτισης  $N$ , το μέτρημα του σταθμού φόρτισης και των στηλών φόρτισης μπορούν να επιβεβαιωθούν [5].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΦΕΔΡΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

#### 13.1 ΣΥΣΤΗΜΑ

Όπως σε έναν συμβατικό σταθμό ανεφοδιασμού υγρών καυσίμων έτσι και σε έναν σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι αναγκαίο να υπάρχει μία προσθήκη ενός αυτόνομου συστήματος το οποίο θα τροφοδοτεί τον σταθμό με ηλεκτρική ενέργεια, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο. Όπως για παράδειγμα σε μία ενδεχόμενη διακοπή του δικτύου της Δ.Ε.Η.



Σχήμα 19. Απεικόνιση αυτόνομου εφεδρικού συστήματος

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η συνδεσμολογία των μερών του εφεδρικού συστήματος ισχύος του σταθμού το οποίο αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Φωτοβολταϊκός συλλέκτης
- Ρυθμιστής φόρτισης
- Συσσωρευτές
- Αντιστροφέας dc-ac inverter
- Φορτιστής ηλεκτρικών οχημάτων κανονικής φόρτισης.

Τα οποία αναλύονται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

## 13.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Έπειτα από έρευνα αγοράς που διεξήχθη κατά την διάρκεια της πτυχιακής αυτής εργασίας καταλήξαμε στην επιλογή του φωτοβολταϊκού πάνελ τύπου **aleo S-19** του οποίου τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα 5:

Πίνακας 5: χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού συλλέκτη

Electrical data (STC)			S19.240	S19.245
Rated power	$P_{MPP}$	[W]	240	245
Rated voltage	$U_{MPP}$	[V]	30.8	31.3
Rated current	$I_{MPP}$	[A]	7.80	7.84
Open-circuit voltage	$U_{OC}$	[V]	36.9	37.1
Short-circuit current	$I_{SC}$	[A]	8.47	8.48
Efficiency	$\eta$	[%]	14.6	14.9
Area-to-power ratio	$A_p$	[m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub> ]	6.85	6.71

Electrical values measured under standard test conditions (STC): 1000 W/m<sup>2</sup>; 25°C; AM 1.5

Electrical data (NOCT)			S19.240	S19.245
Power	$P_{MPP}$	[W]	175	178
Voltage	$U_{MPP}$	[V]	27.8	28.2
Current	$I_{MPP}$	[A]	6.29	6.30
Open-circuit voltage	$U_{OC}$	[V]	33.8	33.8
Short-circuit current	$I_{SC}$	[A]	6.88	6.90
Efficiency	$\eta$	[%]	13.3	13.5

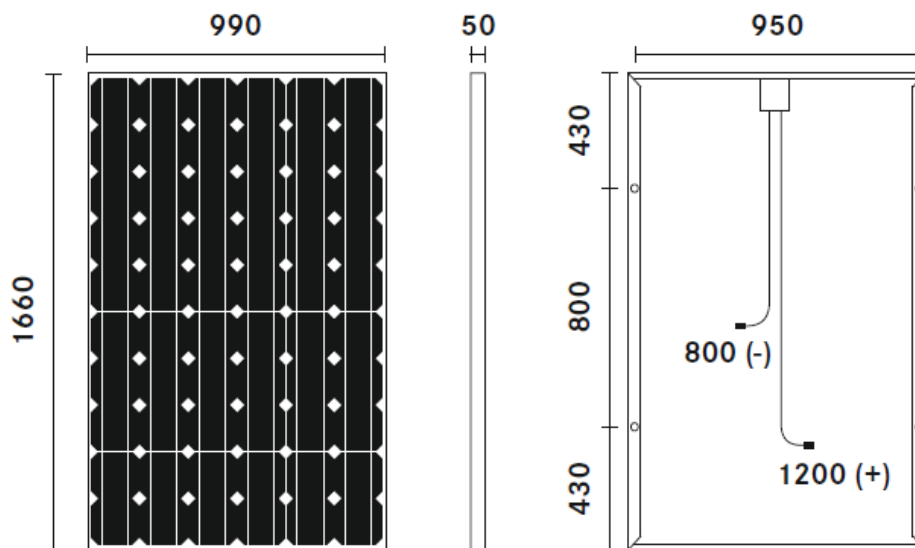
Additional electrical data		
Reduction of STC efficiency from 1000 W/m <sup>2</sup> to 200 W/m <sup>2</sup>	[%]	< 6
Classification range (positive classification)	[W]	-0/+4.99
Measurement accuracy of P <sub>MPP</sub> under STC	[%]	-3/+3
Accuracy of other electrical values	[%]	-10/+10

Loads		
Mechanical load	[Pa]	5400
Maximum system voltage	[V <sub>DC</sub> ]	1000
Reverse current load	I <sub>R</sub> [A]	15
Mechanical load acc. to IEC/EN 61215		

Temperature coefficients		
1 <sup>st</sup> temperature coefficient	$\alpha (I_{SC})$ [%/K]	+0.03
2 <sup>nd</sup> temperature coefficient	$\beta (U_{OC})$ [%/K]	-0.34
3 <sup>rd</sup> temperature coefficient	$\gamma (P_{MPP})$ [%/K]	-0.48

Basic data		
Length x width x height	[mm <sup>3</sup> ]	1660 x 990 x 50
Weight	[kg]	21
Number of cells		60
Cell size	[mm <sup>2</sup> ]	156 x 156
Cell material		Monocrystalline Si
Front sheet		Solar glass (TSG)
Back sheet		Polymer
Frame material		Al alloy
Cable length	[mm]	1200 (+), 800 (-)
Connectors		MC3 class
IP class		IP65
Bypass diodes		3

## Dimensions [mm]



### 13.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

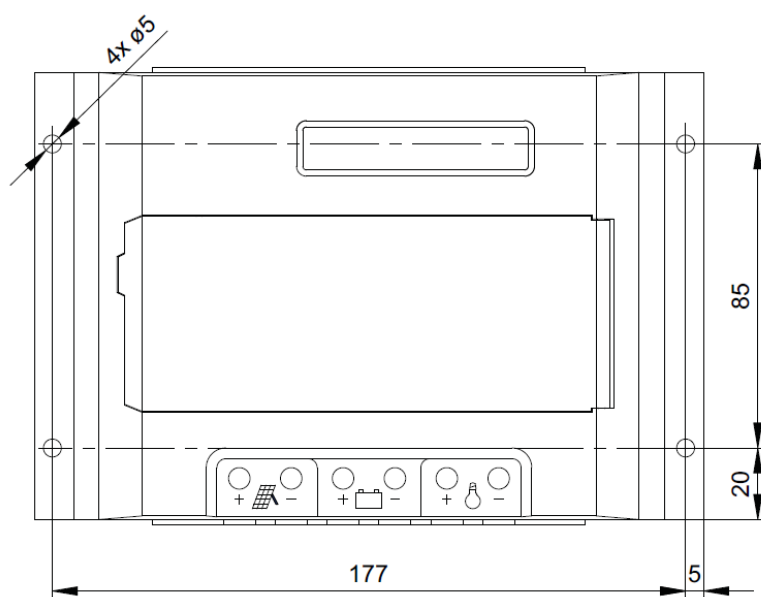
Ένα πολύ βασικό κομμάτι του συστήματος μας είναι και η επιλογή του κατάλληλου ρυθμιστή φόρτισης της συστοιχίας των συσσωρευτών του σταθμού. Μία τέτοια επιλογή μας οδηγεί στον ρυθμιστή φόρτισης **Steca Tarom**, ο οποίος είναι ειδικά σχεδιασμένος για εφαρμογές σε τηλεπικοινωνίες και φωτοβολταϊκά συστήματα.



Εικόνα 16. Ρυθμιστής φόρτισης **Steca Tarom**



Χάρη στο σημαντικά βελτιωμένο σύστημα λειτουργίας του, το σύστημα ανεφοδιασμού ρυθμίζεται βέλτιστα και οι μπαταρίες προστατεύονται. Ο ρυθμιστής φόρτισης Steca Tarom είναι η καλύτερη επιλογή για τα μεγέθη ενός συστήματος έως 2400 Wp σε τρεις τάσης επίπεδα (12 V, 24 V, 48 V). Επίσης υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης πρόσθετων συσκευών, όπως ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, ένα καταγραφικό και ένα τηλεχειριστήριο για τη διαμόρφωση και την παρακολούθηση του συστήματος.



Σχήμα 20. Διαστάσεις του ρυθμιστή φόρτισης **Steca Tarom**

Πιο συγκεκριμένα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ρυθμιστή φόρτισης παραθέτονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6 τεχνικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης **Steca Tarom**

	235	245	440
<b>Characterisation of the operating performance</b>			
System voltage	12 V (24 V)		48 V
Own consumption	14 mA		
<b>DC input side</b>			
Module current	35 A	45 A	40 A
<b>DC output side</b>			
Load current	35 A	45 A	40 A
End of charge voltage	13.7 V (27.4 V)		54.8 V
Boost charge voltage	14.4 V (28.8 V)		57.6 V
Equalisation charge	14.7 V (29.4 V)		58.8 V
Reconnection voltage (SOC / LVR)	> 50 % / 12.6 V (25.2 V)		> 50 % / 50.4 V
Deep discharge protection (SOC / LVD)	< 30 % / 11.1 V (22.2 V)		< 30 % / 44.4 V
<b>Operating conditions</b>			
Ambient temperature	-10 °C ... +60 °C		
<b>Fitting and construction</b>			
Terminal (fine / single wire)	16 mm <sup>2</sup> / 25 mm <sup>2</sup> - AWG 6 / 4		
Degree of protection	IP 32		
Dimensions (X x Y x Z)	187 x 128 x 49 mm		
Weight	550 g		

### 13.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Για την εφαρμογή του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος επιλέξαμε συσσωρευτές **Pb Solar OPzS** όπου παραθέτουμε τα χαρακτηριστικά τους στον πίνακα 7 που ακολουθεί.

Πίνακας 7: χαρακτηριστικά συσσωρευτών

Model	Τάση Volts	Χωρητικότητα C-10h Ah	Χωρητικότητα C-120 Ah	Μήκος Length mm	Πλάτος Width mm	Ύψος Height mm	Βάρος Weight kgr
Solar LA-b							
4 OPzS-200	2V	220	305	103	206	400	18.5
5 OPzS-250		273	380	124	206	400	25.8
6 OPzS-300		325	450	145	206	400	24.4
5 OPzS-350		390	550	124	206	515	27.3
6 OPzS-420		468	660	145	206	515	32.1
7 OPzS-490		545	765	166	206	515	36.8
6 OPzS-600		695	990	145	206	695	45.5
7 OPzS-700		825	1.170	210	191	695	59.6
8 OPzS-800		925	1.320	210	191	695	63.2
10 OPzS-1000		1160	1.650	210	233	695	75.8
11 OPzS-1100		1290	1.840	210	275	695	85.6
12 OPzS-1200		1390	1.980	210	275	695	89.2
12 OPzS-1500		1750	2.350	210	275	845	112.6
16 OPzS-2000		2320	3.100	212	399	815	155.8
6 OPzS300	6V	310	420	380	205	385	65.0
3 OPzS150	12V	155	210	380	205	385	66.0

Έπειτα από διαλογή των χαρακτηριστικών των συσσωρευτών καταλήξαμε στην επιλογή του συσσωρευτή τύπου 3OPzS150 για τους εξής λόγους.

1. Η τάση των συγκεκριμένων συσσωρευτών (12V) μας εξοικονομούν χώρο και χρήματα, αφού για να πετύχουμε την επιθυμητή τιμή τάσης (230V) θα χρειαζούμαστε μόλις είκοσι συσσωρευτές. Ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση θα χρειαζόμασταν πολλούς περισσότερους.
2. Η χωρητικότητα τους σε (Ah) επαρκεί σε σχέση με την ζήτηση μας.
3. Τα χαρακτηριστικά του C-10h όπου επιτυγχάνεται ταχεία εκφόρτιση.

Σημείωση : Οι συστοιχίες των συσσωρευτών για την επίτευξη της τιμής της τάσης των 230V, πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας αυτές σε σύνδεση εν σειρά, και έτσι  $20(\text{συσσωρευτές}) \times 12\text{V}(\text{o καθένας}) = 240\text{V}$  .

### 13.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ (INVERTER)

Συγκεντρώσαμε πλέον την απαιτούμενη ενέργεια που χρειαζόμασταν για να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα μας. Όμως θα πρέπει όλη αυτήν την ενέργεια που μας προσφέρουν οι συσσωρευτές μέσω DC τάσης να την μετατρέψουμε σε AC, ούτως ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει το φορτιστή που θα επιλέξουμε στην συνέχεια.

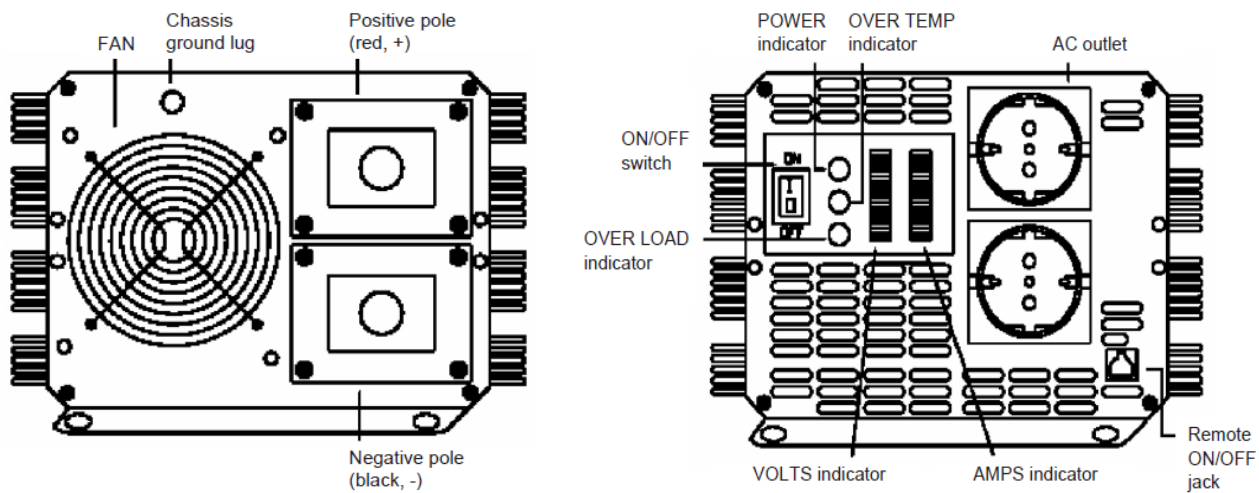
Για την μετατροπή αυτή επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον αντιστροφέα **HQ-INV4000-12** του οποίου τα χαρακτηριστικά λειτουργίας παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά λειτουργίας **HQ-INV4000-12**

Specs.	DC 12 V	DC 24 V
Output power	4000 W continue	4000 W continue
	8000 W surge output	8000 W surge output
Input voltage	DC 10 ~ 16 V	DC 20 ~ 30 V
Output voltage	AC 230 V	AC 230 V
Output waveform	Modified sine wave	Modified sine wave
Output frequency	50 or 60 Hz	50 or 60 Hz
Standby current	< 1 A	< 0.8 A
Efficiency	85% ~ 90%	85% ~ 90%
High voltage input shutdown	DC 16 V +/- 0.5 V	DC 31 V +/- 0.8 V
Battery low alarm	DC 10.5 V +/- 0.5 V	DC 21 +/- 0.8 V
Battery low shutdown	DC 10 +/- 0.5 V	DC 20 +/- 0.8 V
Thermal protection	60 +/- 5°C	60 +/- 5°C
Cooling	Temperature controlled fan	Temperature controlled fan
Protection	* Output short	
	* Input polarity reverse (by fuse)	
	* High DC input voltage	
	* Battery low alarm	
	* Battery low shutdown	
	* Overload	
	* Over temperature	
Fuse	30 A * 18 pcs	15 A * 18 pcs
AC outlet	Two	Two
Size ( LxWxH )	580x210x159 mm	580x210x159 mm
Weight	11.2 kg	11.2 kg



Εικόνα 17. HQ-INV4000-12



Σχήμα 21. Είσοδος και έξοδος του HQ-INV4000-12

Στο σχήμα 21 απεικονίζεται η είσοδος και έξοδος αντίστοιχα του αντιστροφέα HQ-INV4000-12 και επιδεικνύονται τα λειτουργικά του μέρη.

### 13.6 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΟΡΤΙΣΤΗ

Μελετώντας προσεκτικά τον κύριο φορτιστή του σταθμού μας, terra51 charging station καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως το κόστος θα ήταν ένα σημαντικό εμπόδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος διότι οι απαιτήσεις για την κάλυψη του συγκεκριμένου φορτιστή θα ήταν πραγματικά ασύμφορες τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά.

Για τον λόγο αυτό επιλέξαμε τον φόρτιση IngeREV City για εξωτερική χρήση με αντιβανδαλική προστασία για κοινόχρηστους χώρους όπως Δήμους, Πολυκαταστήματα, Super market, Εταιρίες κτλ. Ο συγκεκριμένος φορτιστής μπορεί να είναι είτε αυτοστήρικτος, είτε επίτοιχος και κατασκευασμένος κατά IEC61851 για οχήματα τύπου 1, 2 & 3. Με τροφοδοσία μονοφασική ή τριφασική, 16 ή 32Α τον καθιστά μία πιο εφικτή λύση για την υλοποίηση του συστήματος μας. Η έξοδος ισχύος του κυμαίνεται από 3,7 – 22KW. Η φόρτιση γίνεται σε ρεύμα AC. Ο φορτιστής IngeREV City είναι εξοπλισμένος με σύστημα κλειδώματος (Τύπου 3) για αποτροπή αποσύνδεσης του καλωδίου φόρτισης. Τέλος διαθέτει Ενσωματωμένο σύστημα αναγνώρισης χρεωστικής κάρτας RFID για δυνατότητα άμεσης χρέωσης της φόρτισης. Προσφέρει επικοινωνία και με κέντρο διαχείρισης.



Εικόνα 18. Φορτιστής IngeREV City

Έτσι με την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου καταλήξαμε στο ότι ο σταθμός λειτουργεί αυτόνομα σε οποιαδήποτε ενδεχόμενη διακοπή της κύριας πηγής τροφοδοσίας μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

### ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ EVs ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΟΡΤΙΣΤΗ

Στις μέρες μας η ανάγκη για εξοικονόμηση χρόνου είναι πολύ σημαντική. Έτσι μετά από έρευνα που πραγματοποιήσαμε μέσα από την παρούσα πτυχιακή εργασία, με κριτήριο τα πρότυπα που ακολουθούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και σε συνδυασμό με την πλειοψηφία των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) τα οποία ακολουθούν το πρότυπο (CHAdeMO) καταλήξαμε στην επιλογή του φορτιστή **Terra 51 Charge Station** της εταιρίας ABB για τους εξής λόγους:

#### 14.1ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ Terra 51

Ο φορτιστής Terra 51 συνδέεται με όλα τα είδη ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιούν το πρότυπο CHAdeMO και είναι η ιδανική επιλογή εάν θέλουμε να φορτίσουμε ένα ηλεκτρικό όχημα οποιαδήποτε στιγμή. Ο τυπικός χρόνος φόρτισης του είναι ανάμεσα στα 15' με 30' λεπτά, καθιστώντας τον ιδιαίτερα κατάλληλο για επιχειρηματική, εμπορική και ιδιωτική χρήση. Λόγω της αισθητικής του σχεδιασμού του, όπως και το χαμηλό επίπεδο θορύβου κατά τη διάρκεια της φόρτισης, ο **Terra 51 Charge Station** μπορεί να εγκατασταθεί από διαμερίσματα έως σταθμούς φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων.



Εικόνα 19. Εξωτερική εμφάνιση **Terra 51 Charge Station**

### Κύρια χαρακτηριστικά

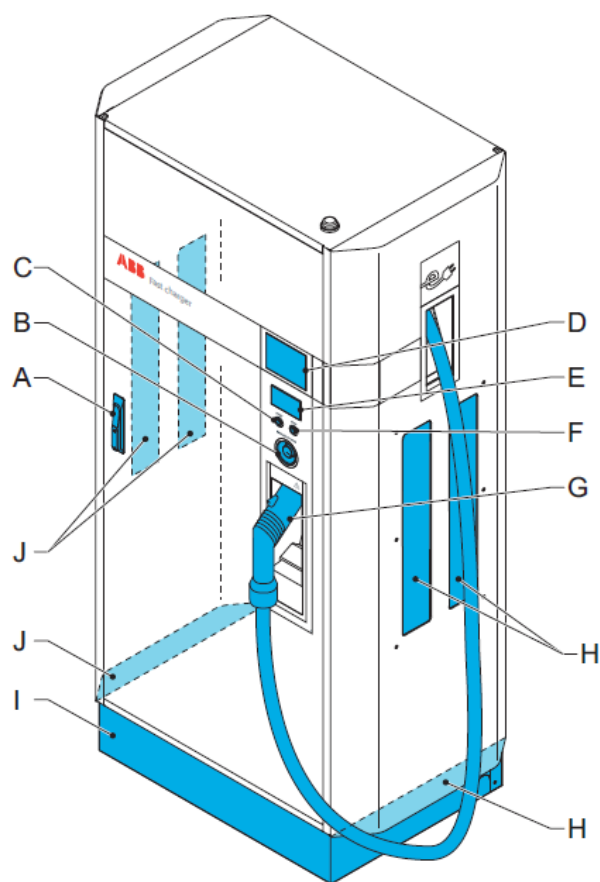
- Δικτυακή σύνδεση
- ανεξάρτητη δρομολόγηση ισχύος
- Γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση
- Κομψή εμφάνιση
- Χαμηλό επίπεδο θορύβου κατά την φόρτιση

### Προαιρετικά χαρακτηριστικά

- Λογισμικό περιορισμού ισχύος
- Galaxy online site management tool
- Point of sale + back office integration
- Μέτρηση KWh φόρτισης
- Επιλογή χαμηλής θερμοκρασίας
- GSM/UMTS συνδεσημότητα

## 14. 2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station

### 1. Εξωτερική όψη του φορτιστή



Εικόνα 20.



**A** Λαβή – κλειδαριά πόρτας

**B** Μπουτόν έκτακτης ανάγκης

**C** Μπουτόν εκκίνησης

**D** Ένδειξη

**E** RFID αναγνώστης κάρτας

**F** Μπουτόν διακοπής λειτουργίας

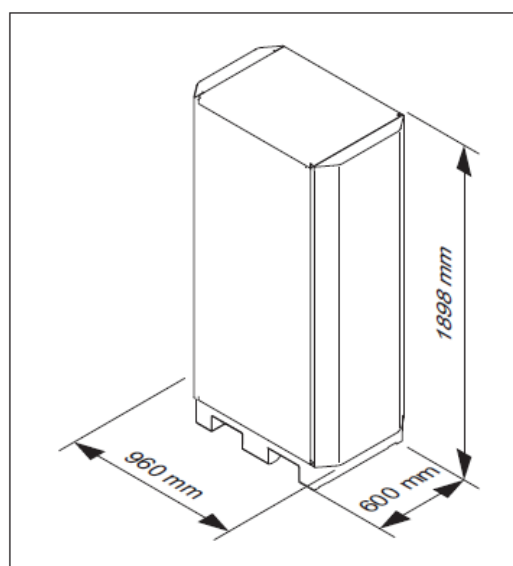
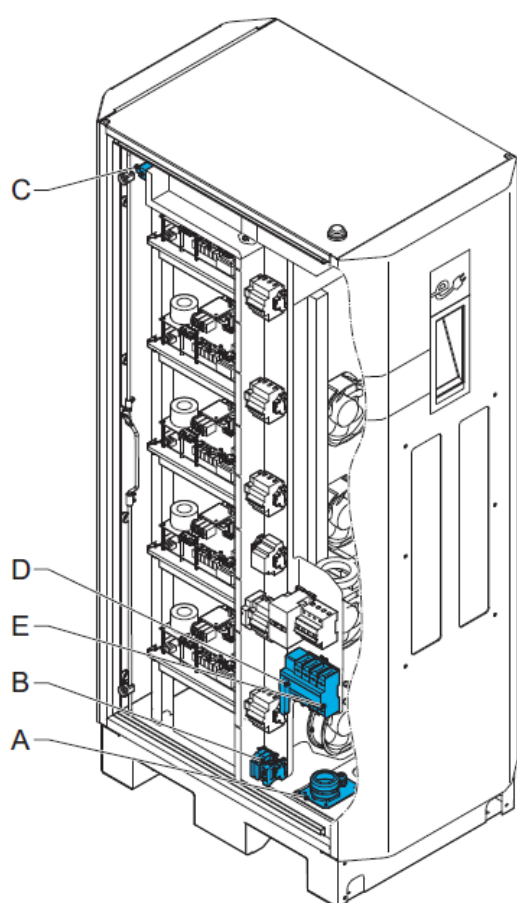
**G** Καλώδιο DC σύνδεσης τύπου CHAdeMO

**H** Είσοδος αέρα

**I** Κάλυψη βάσης

**J** Έξοδος αέρα

## 2. Εσωτερική όψη φορτιστή



Εικόνα 21.

**A** Στυπιοθλήπτης καλωδίου παροχής

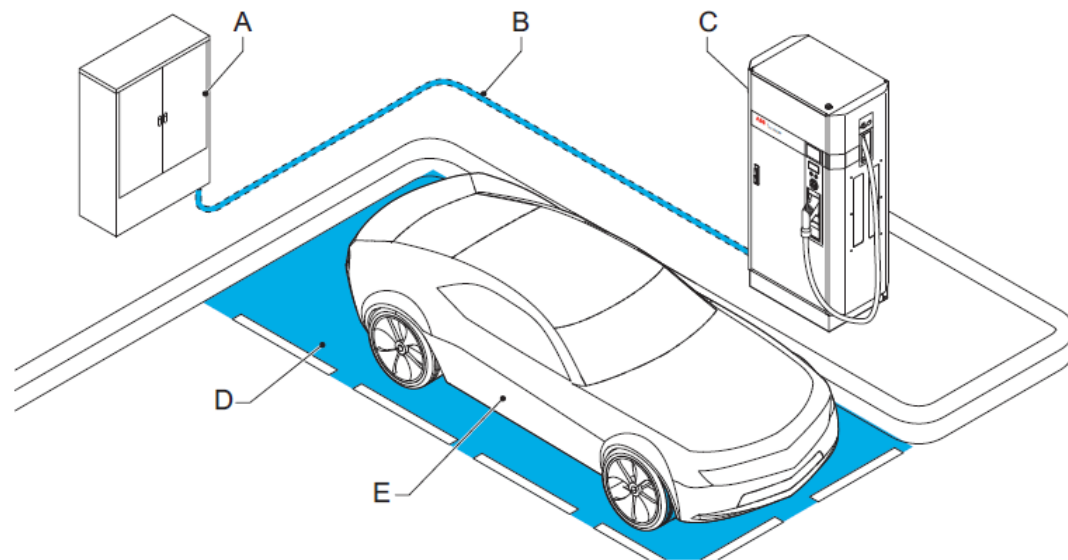
**B** Μπάρα γείωσης

**C** Διακόπτης πόρτας

**D** Γενικός διακόπτης

**Ε** Συνδέσεις ρεύματος

### 3. Συνολική όψη



Εικόνα 22.

**A** Πίνακας διανομής ισχύος συνδεδεμένος με το δίκτυο.

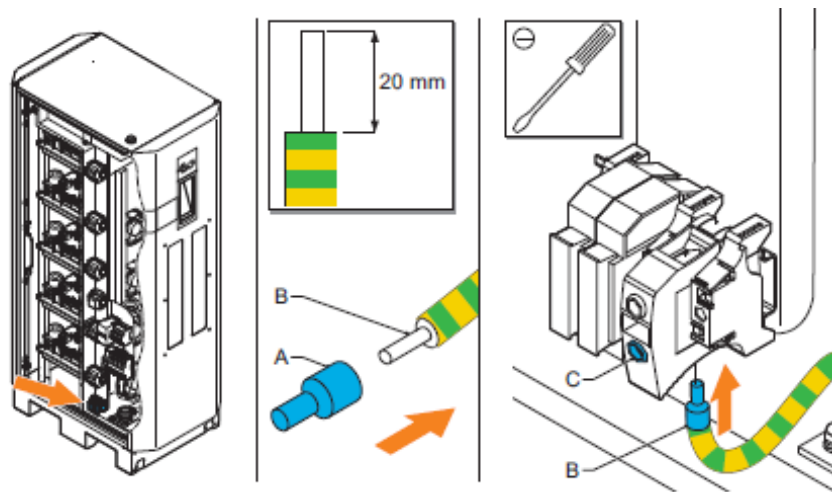
**B** Καλώδιο σύνδεσης

**C** Terra 51 Charge Station

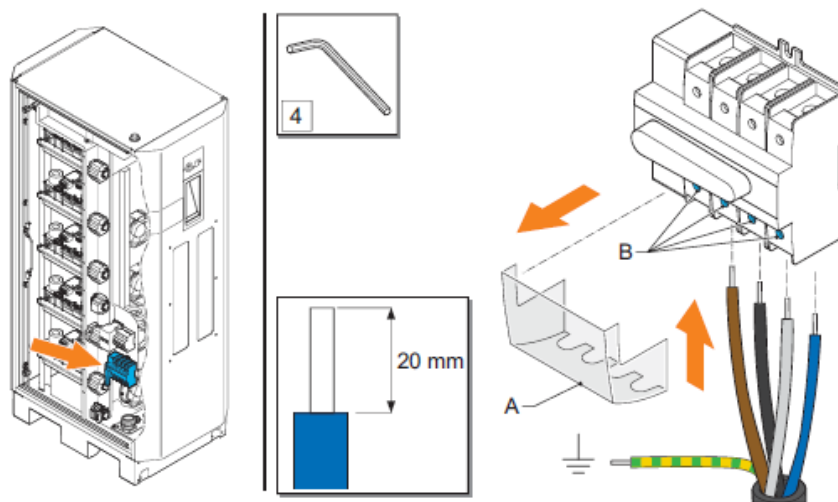
**D** Χώρος στάθμευσης φόρτισης

**E** Ηλεκτρικό όχημα

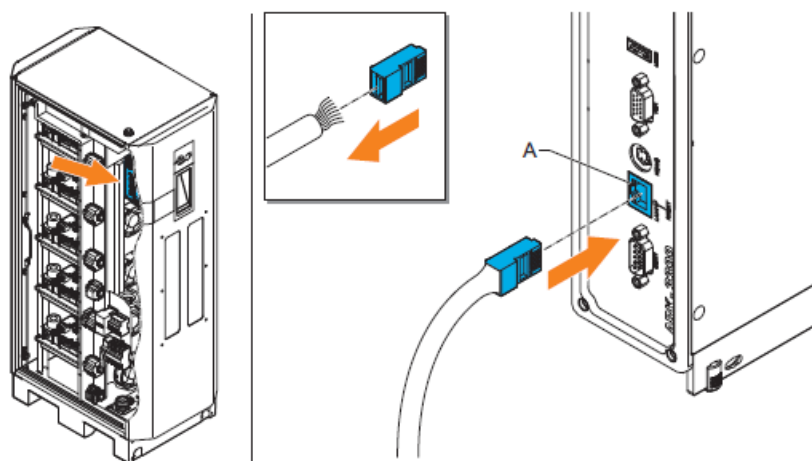
### 14.3. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station



Εικόνα 23. Συνδεσμολογία αγωγού γείωσης



Εικόνα 24. Συνδεσμολογία παροχής ρεύματος



Εικόνα 25. Συνδεσμολογία παροχής δικτύου

**Σημείωση :** Όλες οι απαιτούμενες για την εγκατάσταση εργασίες θα πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τα υπάρχοντα πρότυπα προστασίας και από ειδικευμένο προσωπικό .

#### 14.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Terra 51 Charge Station

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι ονομαστικές τιμές λειτουργίας του φορτιστή.

Πίνακας 9. Ονομαστικές τιμές λειτουργίας του Terra 51 Charge Station

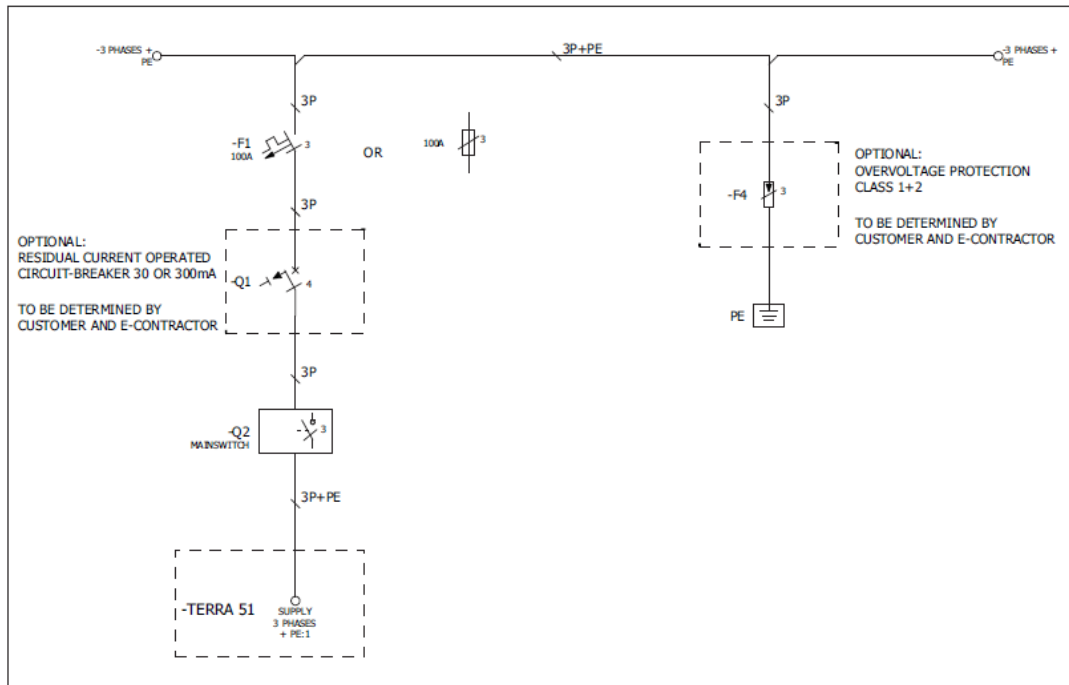
Supply voltage	3 phase, 400 VAC: PE, L1, L2, L3
Maximum power dissipation	60 kVA
Power factor	> 98%
Input over-current protection	Integrated
Maximum input current	100 A
Input voltage range	400 VAC +/- 10%
Standby power consumption	Idle: 100 VA (nominal) Climate control: 1000 VA (max)
Nominal current	80 A
Max current	85 A - 90 A (without LTO) 90 A - 95 A (with LTO)
Earth Leakage Current	DC 1.0 mA AC 30.0 mA (RCD integrated)
AC power connection	70 mm <sup>2</sup> (max)
Efficiency	90% (worst case) 92% (average, while charging 50 kW)
DC plug type	JEVS G105
DC connection standard	CHAdeMO compliant

#### RFID data

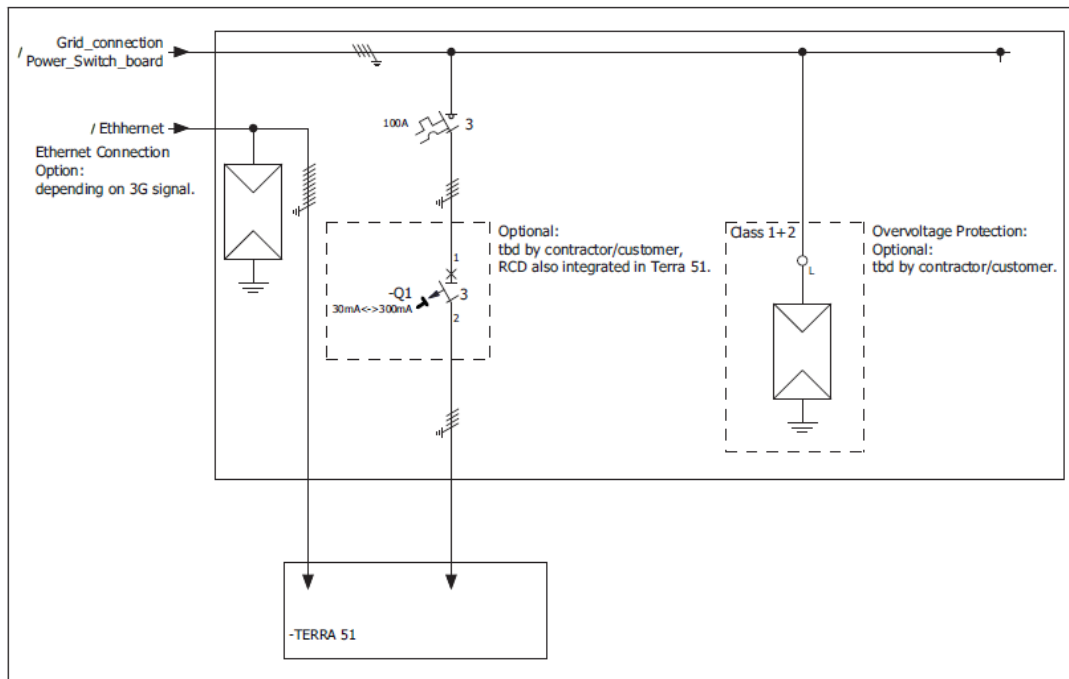
Standard	ISO14443A
Supported Tag-ICs	mifare® Standard mifare® 4k mifare® Pro X mifare® Ultralight mifare® DESFire (Serial no. only) SLE66R35 SLE44R35

## 14.5. ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα διαγράμματα για την ηλεκτρική σύνδεση με ασύρματη και ενσύρματη σύνδεση στο internet φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν. Η διάμετρος του ηλεκτρικού αγωγού (max 70 mm<sup>2</sup>) στα καλώδια γείωσης εξαρτάται από το μήκος, τη μέθοδο της εγκατάστασης, κλπ. Αυτό πρέπει να καθορίζεται από τον ανάδοχο .

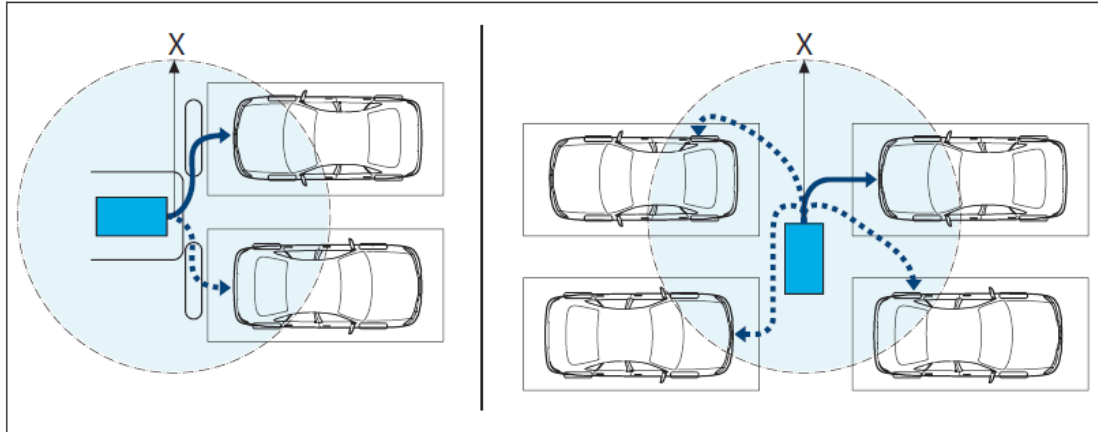


Σχήμα 22. Μονογραμμικό ηλεκτρικής σύνδεσης + ασύρματη σύνδεση δικτύου



Σχήμα 23. Μονογραμμικό ηλεκτρικής σύνδεσης + ενσύρματη σύνδεση δικτύου

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα παρατηρούμε πως κάνοντας χρήση του συγκεκριμένου φορτιστή θα χρειαστούμε μία τριφασική παροχή, χωρίς να προβούμε σε διόρθωση του συντελεστή ισχύος αφού αυτός προσεγγίζει την τιμή της μονάδας. Επίσης είναι σχετικά απλός στην εγκατάσταση και χρήση του καθώς μας δίνει την δυνατότητα φόρτισης του οχήματος μας σε απόσταση έως και τα 2,5m όπως φαίνεται παρακάτω:



*Charger serving two or four places*

X = 2,50 m (standard cable length).

Τέλος παραθέτουμε τα οχήματα που είναι συμβατά με το πρότυπο CHAdeMO και τα χαρακτηριστικά τους



**Nissan LEAF**

Passengers: 5

Weight: 1430kg

Driving range: 228km

(JC08 mode)

Battery: 24kWh

**Mitsubishi Motors i-MiEV**

Passengers: 4

Weight: 1110kg

Driving range: 180km

(Grade 「G」 JC08 mode)

Battery: 16kWh

**Citroen C-ZERO**

Passengers: 4

Weight: 1120kg

Driving range: 160km  
(10-15 mode)

Battery: 16kWh

**Peugeot iON**

Passengers: 4

Weight: 1120kg

Driving range: 160km  
(10-15 mode)

Battery: 16kWh



**Citroen Berlingo**

To be introduced

Weight: 675kg

Driving range:  
170km Battery: 22.5kWh



**Peugeot Partner**

To be introduced

Weight: 675kg

Driving range:  
170km Battery: 22.5kWh



**TOYOTA IQ based EV**

To be introduced



**Micro-vett Fiorino cargo**

Passengers: 2

Weight: 1182kg

Driving range:  
140km Battery: 31.1kWh



**BD Otomotive eTRAFIC  
Panel Van**

Passengers: 3

Weight: 3030kg

Driving range :  
190km Battery: 53kWh



**BD Otomotive eKANGOO  
Passenger**

Passengers: 5

Weight: 1954kg

Driving range:  
110km Battery: 20kWh



**BD Otomotive eDUCATO  
Panel Van**

Passengers: 3

Weight: 3500kg

Driving range:  
160km Battery: 62kWh



**BD Otomotive eFIORINO  
Passenger**

Passengers: 4

Weight: 1700kg

Driving range:  
110km Battery: 20kWh



**SUBARU Plug-in Stella**

Passengers: 4

Weight: 1010kg

Driving range: 90km  
(10-15 mode) Battery:  
9.2kWh



**MAZDA DEMIO EV**

Passengers: 5

Weight: 1180kg

Driving range:  
200km Battery: 20kWh



**Mitsubishi  
Motors MINICAB-MiEV Van**

Passengers: 2/4

Weight: 1090 ~ 1120kg

Driving range: 100/150km  
(JC08 mode) Battery:  
10.5/16.0kWh



**Nissan eNV200**

Passengers: 2

Weight: 1580kg

Driving range:  
200km Battery: 32kWh



**Nissan Infiniti EV Sedan**

To be introduced



**Mitsubishi  
Motors Outlander PHEV**

To be introduced



**Protoscar LAMPO2**

Passengers: 2

Weight: 1580kg

Driving range:  
200km Battery: 32kWh



**Honda Fit**

Passengers: 5

Driving range:  
225km Battery: 20kWh



Εικόνα26. Τελική όψη προσομοίωσης σταθμού φόρτισης



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] XIE, Wei-dong, LUAN, Wei « Modeling and Simulation of Public EV Charging Station with Power Storage System »
- [2] Masaaki Takagi, Yumiko Iwafune, Hiromi Yamamoto, Kenji Yamaji, Kunihiko Okano, Ryoji Hiwatari, Tomohiko Ikeya « Energy Storage of PV Using Batteries of Batteryswitch Stations »
- [3] Yunyan Wang, Jingxin Li, Jiuchun Jiang, Liyong Niu « Management Information System of Charging Station for Electric Vehicle (EV) »
- [4] M. Alonso Abella and F. Chenlo « PHOTOVOLTAIC CHARGING STATION FOR ELECTRICAL VEHICLES », 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion May 11-18,2003 Osaka & Japan
- [5] Luo hanwu, Ruan jiangjun Li fang « Study on the electric vehicles ownership and planning for the construction of charging infrastructure »
- [6] Yuichi Kobayashi, Noboru Kiyama, Hirokazu Aoshima and Masamori Kashiyama « A Route Search Method for Electric Vehicles in Consideration of Range and Locations of Charging Stations », IEEE Intelligent Vehicles Symposium Germany, June 5-9, 2011
- [7] Linni Jian, Guoqing Xu, Honghong Xue and Ming Chang « Intelligent Multi-Mode Energy-Refreshing Station for Electric Vehicles within the Framework of Smart Grid », IEEE China June 2011
- [8] G. Joos and M. de Freige, Jr. , M. Dubois « Design and Simulation of a Fast Charging Station for PHEV/EV Batteries »
- [9] Xiao-Xiao Zhao , Ming-Chao Xia « Research on Protection Scheme for AC Micro-grid with Mobile Power Storage Units »
- [10] D. Aggeler, F. Canales, H. Zelaya - De La Parra, A. Coccia, N. Butcher, and O. Apeldoorn « Ultra-Fast DC-Charge Infrastructures for EV-Mobility and Future Smart Grids »
- [11] Διονύσιος Νέγκας « Τα Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα και ο ανεφοδιασμός τους με Ηλεκτρική Ενέργεια », ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο. - Σεπτέμβριος 2011.
- [12] Απόστολος Β. Μπελόκας «ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΩΣ ΔΙΑΣΠΑΡΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ GAMS », Ε.Μ.Π. Αθήνα Μάρτιος 2011

[13] Βαρβάρα Κ. Ρίζου «Επίδραση φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στα μεγέθη ενός μικροδικτύου με αυξημένη διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας » Ε.Μ.Π 2 Νοεμβρίου 2012

[14] Κ. Καγκαράκη « Φωτοβολταϊκή τεχνολογία » Εκδόσεις Συμμετρία Αθήνα 1987

[15] Ι.Ε. Φραγκιαδάκης « Φωτοβολταϊκά συστήματα » Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη 3<sup>η</sup> έκδοση.