



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

" Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους. Case study: λιμένες Αιγίου, Τριζονίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος"



Φοιτητής:
Καραλής Παναγιώτης
ΑΜ: 48345632

Επιβλέπων
Δρ. Γεώργιος Βόκας
Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Μάρτιος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

Diploma Thesis

«Study for the installation of charging stations for electric / hybrid vehicles in ports and highways. Case study ports of Aigio, Trizonia and Ag. Nikolaou Doridos»



Aigio Port

**Student:
Karalis Panagiotis
Registration Number: 48345632**

**Supervisor
Dr.Vokas Georgios
Professor**

ATHENS-EGALEO, March 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

(Βόκας Γεώργιος), (Καθηγητής)	(Καμινάρης Σταύρος), (Καθηγητής)	(Ιωαννίδης Γεώργιος), (Καθηγητής)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Καραλής Παναγιώτης,
Μάρτιος, 2023**

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καραλής Παναγιώτης του Πέτρου, με αριθμό μητρώου 48345632 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή. »

Ο Δηλών
Καραλής Παναγιώτης



Αφιέρωση

Η Διπλωματική εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στην μητέρα μου Ιωάννα Θεοδοροπούλου, η οποία κατά την διάρκεια συγγραφής της εργασίας ήταν δίπλα μου , στηρίζοντας με την αμέριστη αγάπη της όπως και σε όλες τις προσπάθειες της ζωής μου.

Ευχαριστίες

Φθάνοντας στην ολοκλήρωση αυτής της Διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους οι οποίοι ήταν από την πρώτη στιγμή δίπλα μου σε όλη αυτήν την προσπάθεια.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Βόκα Γεώργιο και τον συνεργάτη του κ.Κορακιανίτη Νικόλαο για το πολύ ενδιαφέρον θέμα της εργασίας που μου προτείναν, αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν σε όλα τα στάδια της εκπόνηση της διπλωματικής μου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, σε όλους τους καθηγητές του τμήματος οι οποίοι μου προσέφεραν πολύτιμες γνώσεις κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία 4M και ιδιαίτερα τον κ.Παπαθανασίου Σπύρο , για την υποστήριξή τους, παρέχοντας μου αφιλοκερδώς από την πρώτη στιγμή το λογισμικό της 4M FINE και 4M ADAPT προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός της μελέτης.

Τέλος ευχαριστώ πολύ όλα τα μέλη της οικογένειας μου για την ενθάρρυνση και στήριξη τους προκειμένου να ολοκληρώσω την διπλωματική μου εργασία.

Περίληψη

Αποτελεί γεγονός η αυξημένη ανάγκη για την καταπολέμηση των φαινομένων που έχουν δημιουργηθεί λόγω των κλιματικών αλλαγών του πλανήτη τα τελευταία χρόνια. Οι αλλαγές αυτές έχουν δυστυχώς επέλθει έχοντας αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον μας λόγω της ρύπανσης που δημιουργεί η παρουσία του ανθρώπου. Το κομμάτι των μεταφορών αποτελεί έναν πολύ μεγάλο ρυπογόνο παράγοντα βλάπτοντας την ατμόσφαιρα με τις εκπομπές των καυσαερίων που εξάγουν τα οχήματα που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Συνεπώς δημιουργείται η ανάγκη για άμεση αντιμετώπιση της ρύπανσης που δημιουργούν τα οχήματα με τις εκπομπές τους. Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε η κατασκευή οχημάτων που δεν χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα έχοντας πολύ μικρό έως μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τα οχήματα αυτά όπως αναφέρονται στην διπλωματική εργασία είναι τα ηλεκτροκίνητα οχήματα τα οποία βρίσκονται αυτήν την στιγμή σε πολύ μεγάλη ανάπτυξη.

Ο στόχος λοιπόν σε αυτήν την διπλωματική εργασία θα είναι η επισήμανση της σημαντικότητας για χρησιμοποίηση οχημάτων με εναλλακτικά καύσιμα αναλύοντας τα σημαντικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τα ηλεκτροκίνητα οχήματα. Αρχικά θα παρουσιαστούν με σαφήνεια οι τεχνολογίες που αφορούν την ηλεκτροκίνηση, τα σημαντικά οφέλη που μπορούν να προσφέρουν τα οχήματα αυτά στους ιδιοκτήτες τους αλλά και να αναδειχθεί η τεράστια συμβολή των Η/Ο, στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του πλανήτη.

Επίσης σε αυτήν την διπλωματική εργασία θα γίνει αναφορά στις υποδομές φόρτισης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, αναφέροντας τα υπάρχοντα πρότυπα και τις τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι υποδομές αλλά και τον τεχνικό ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που θα πρέπει να διαθέτουν.

Στα τελευταία κεφάλαια θα πραγματοποιηθεί μελέτη περίπτωσης για την εγκατάσταση σημείων ανεφοδιασμού ηλεκτρικών οχημάτων στους λιμένες Αιγίου, των Τριζωνίων και του Αγίου Νικολάου, σύμφωνα με τα δεδομένα που υπάρχουν στους λιμένες. Οι φορτιστές που θα επιλεγθούν για την εγκατάσταση των υποδομών στους λιμένες θα προέρχονται από την εταιρεία INERGION.

Τέλος για την υλοποίηση και σχεδιασμού των υποδομών φόρτισης αυτής της μελέτης θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό πρόγραμμα της εταιρείας 4M.

Λέξεις – κλειδιά

Κλιματική Αλλαγή, Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Ηλεκτρική Ενέργεια, Ορυκτά Καύσιμα, Ευρωπαϊκή Επιτροπή -EU Commission, IEA, IEC, SAE, Vehicle-to Grid, V2G, Σταθμοί φόρτισης, ηλεκτροκίνητα / υβριδικά οχήματα, λιμένες, αυτοκινητόδρομοι, Α.Π.Ε., διεσπαρμένη παραγωγή, ενεργειακός συμψηφισμός, μελέτη περίπτωσης, Αίγιο, Άγιος Νικόλας Δωρίδος, Τριζόνια, 4M, INERGION

Abstract

It is a fact of the increased need to combat the phenomena that have been created due to the climate changes of the planet in recent years. These changes have unfortunately come about with negative effects on our environment due to the pollution created by the presence of man. The transport sector is a very large polluting factor damaging the atmosphere with the emissions of exhaust gases emitted by vehicles that use fossil fuels. Therefore, there is a need to immediately deal with the pollution created by vehicles with their emissions. For this reason, it was decided to manufacture vehicles that do not use fossil fuels, having a very small to zero environmental footprint. These vehicles as mentioned in the thesis are electric vehicles which are currently in very high development.

So the goal in this thesis will be to highlight the importance of using alternative fuel vehicles by analyzing the significant benefits that can be derived from electric vehicles. Initially, the technologies related to electromobility will be clearly presented, the important benefits that these vehicles can offer to their owners, and the huge contribution of H/O in dealing with the atmospheric pollution of the planet will be highlighted.

Also in this thesis, reference will be made to the charging infrastructures of electric vehicles, citing the existing standards and technical specifications that the infrastructures must meet, as well as the technical electrical equipment they must have.

In the last chapters, a case study will be carried out for the installation of electric vehicle refueling points in the ports of Aigio, Trizonia and Agios Nikolaos, according to the data available in the ports. The chargers that will be selected for the installation of the infrastructure in the ports will come from the Inergion.

Finally, the software program of the 4M company will be used for the implementation and design of the charging infrastructure of this study.

Keywords

Climate Change, Air Pollution, Environmental impacts, Electricity, Fossil Fuels, European Commission - EU Commission, IEA, IEC, SAE, Vehicle-to Grid ,V2G,Charging stations, electric / hybrid vehicles, ports, highways, A.P.E. , distributed generation, energy offset, case study, Aigio, Agios Nikolaos Doridos, Trizonia, 4M, INERGION

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	12
Κατάλογος Εικόνων.....	13
Κατάλογος Διαγραμμάτων	16
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	17
Σκοπός και στόχοι.....	17
Μεθοδολογία	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Ενέργεια	19
1.1 Ο σπουδαίος ρόλος της ενέργειας στην ζωή του ανθρώπου	19
1.2 Ορισμοί Ενέργειας.....	20
1.3 Πηγές Ενέργειας	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Ηλεκτρική Ενέργεια	23
2.1 Ιστορική Αναδρομή	23
2.2 Ηλεκτρική Ενέργεια	24
2.3 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας	25
2.4 Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας - ΣΗΕ	25
2.5 Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	27
2.6 Πηγες Ενέργειας Σταθμών Παραγωγής.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ηλεκτροκίνηση	30
3.1 Εισαγωγή	30
3.2 Ιστορική Αναδρομή Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων	30
3.3 Τα οφέλη που προσφέρουν τα ηλεκτρικά οχήματα (EV's)	33
3.4 Ορισμός ηλεκτροκίνητων.....	36
3.5 Κατηγορίες Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων	36
3.6 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας (Battery Electric Vehicle -BEV).....	36
3.7 Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicle, HEV).....	37
3.8 Υβριδικά Ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	37
3.9 Ηλεκτρικά οχήματα αυξημένης αυτονομίας (Extended Range Evs – EREV)	38
3.10 Ηλεκτρικά οχήματα Κυψελών Καυσίμου (Fuel-cellElectric Vehicle).....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Τεχνολογία Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	42
4.1 Αρχή Λειτουργίας Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων	42
4.2 Πηγές Ενέργειας Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων	43
4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών.....	44
4.4 Συσσωρευτές Μόλυβδου οξέος /Lead acid	45
4.5 Συσσωρευτές Νικελίου καδμίου / Nickel Cadmium	45
4.6 Συσσωρευτές Νικελίου Υδριδίου Μετάλλου /Nickel-metal-Hydride (NiMH) :.....	46
4.7 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου (lithium ion)	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Διασύνδεση Δικτύου και Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	48
5.1 Αλληλεπίδραση μεταξύ των Η/Ο και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.....	48
5.1.1 Λειτουργία Vehicle to Grid (V2G)	48

5.1.2	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	48
5.2	Είδη Τροφοδότησης Ηλεκτρικών Οχημάτων από Σταθμούς Φόρτισης	49
5.3	Τρόποι Σύνδεσης Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων	49
5.4	Παράμετροι που επηρεάζουν την ταχύτητα φόρτισης Η/Ο.....	50
5.5	Λειτουργία Σταθμών Φόρτισης	51
5.6	Κατηγοριοποίηση Σταθμών Φόρτισης Βάσει του Χώρου Εφαρμογής.....	51
5.7	Κατηγοριοποίηση Φόρτισης Βάσει του Χρόνου Ολοκλήρωσης	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Κανονισμοί και Πρότυπα Υποδομών Φόρτισης Η/Ο		54
6.1	Διεθνή Πρότυπα Ηλεκτροκίνησης	54
6.2	Πρότυπο Φόρτισης IEC 61851	54
6.3	Μέθοδοι Φόρτισης Η/Ο IEC 61851-1 / Modes of Charging IEC 61851-1.....	55
6.4	Επίπεδα φόρτισης των σταθμών.....	58
6.5	Πρότυπα Ρευματοδοτών και Βυσμάτων.....	58
6.6	Πρότυπο IEC 62196.....	59
6.7	Πρότυπο SAE – J1772.....	59
6.8	Πρότυπο Ασύρματης Φόρτισης SAE – J2954	60
6.9	Τύποι Βυσμάτων για παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος AC.....	61
6.10	Τύποι Βυσμάτων για παροχή συνεχούς Ρεύματος DC.....	63
6.11	Βύσμα CHAdeMO (JARI/TEPCO)	63
6.12	Βύσματα CCS1 και CCS2	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : Η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα		66
7.1	Η υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα.....	66
7.2	Κανονιστικές διατάξεις και πρότυπα για εγκατάσταση συστημάτων φόρτισης Η/Ο στην Ελλάδα.....	68
7.3	Εγκατάσταση Σταθμών Φόρτισης Η/Ο σε Λιμένες	69
7.4	Τροφοδότηση Υποδομών Φόρτισης Η/Ο σύμφωνα με τις οδηγίες του ΔΕΔΔΗΕ	70
7.5	Τεχνικές απαιτήσεις ΔΕΔΔΗΕ για την σύνδεση των υποδομών φόρτισης Η/Ο σε δίκτυο Χ. Τ ..	70
7.6	Τεχνικές Οδηγίες ΔΕΔΔΗΕ για την εγκατάσταση των Υποδομών Φόρτισης Η/Ο.....	71
7.7	Τεχνικές απαιτήσεις ΔΕΔΔΗΕ που αφορούν την Γείωση και την Ασφάλεια των υποδομών φόρτισης.....	72
7.8	Διαδικασία ηλεκτροδότησης εγκαταστάσεων υποδομών φόρτισης Η/Ο	73
7.9	Βασικές έννοιες που αφορούν την Ισχύ σε μια Υποδομή Φόρτισης Η/Ο	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : Υποδομές Φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3.....		75
8.1	Τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής υποδομών φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3.....	75
8.2	Παροχή Ηλεκτρικής Εγκατάστασης Σταθμού Φόρτισης Μεθόδου 3	75
8.3	Τεχνικές απαιτήσεις για την προστασία των Υποδομών φόρτισης Μεθόδου 3.....	76
8.4	Ο ρόλος των υλικών προστασίας σε μια υποδομή φόρτισης Μεθόδου 3 και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.....	76
8.5	Τεχνικές απαιτήσεις ρευματοδοτών υποδομών φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : Φορτιστές Ηλεκτρικών Οχημάτων Μελέτης Λιμένων.....		79
9.1	Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων AC Ensto One 3. 6 kW/ Μοντέλο : EVH161-A2RM0	79
9.2	Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων Delta AC Max Plus 11 kW	82
9.3	Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων Delta DC 25 kW Wallbox	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Αιγίου.....		88
10.1	Μελέτη Εγκατάστασης Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Αίγιου	88
10.2	Υπολογισμοί Μελέτης Λιμένα Αίγιου	89
10.2.1	Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Αίγιου	91
10.2.2	Πίνακας Διανομής Β Φορτιστών Λιμένα Αίγιου	99
10.2.3	Πίνακας Διανομής Γ Φορτιστών Λιμένα Αίγιου.....	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Αγίου Νικολάου	113
11.1 Εγκατάσταση Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Αγίου Νικολάου	113
11.1.1 Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Αγίου Νικολάου	115
11.1.2 Πίνακας Διανομής Β Φορτιστών Λιμένα Αγίου Νικολάου	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Τριζωνίων	130
12.1 Εγκατάσταση Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Τριζωνίων	130
12.2.1 Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Τριζωνίων.....	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο : Υλικά Πινάκων Μελέτης Λιμένων	139
13.1 Υλικά Πινάκων Λιμένα Αιγίου Λιμένα Αγίου Νικολάου	139
13.1.2 Πίνακας Διανομής Α : 6 Φορτιστές AC 3,6 kW	139
13.1.2 Πίνακας Διανομής Β : 6 Φορτιστές AC 11 kW.....	146
13.1.3 Πίνακας Διανομής Γ : 2 Φορτιστές DC 25Kw	152
13.2 Υλικά Πινάκων Λιμένα Αιγίου Λιμένα Αγίου Νικολάου	157
13.2.1 Πίνακας Διανομής Α : 3 Φορτιστές AC 3,6 kW	157
13.2.2 Πίνακας Διανομής Β : 3 Φορτιστές AC 11 kW και 1 Φορτιστή DC 25 kW.....	162
13.3 Υλικά Πίνακα Λιμένα Τριζωνίων	163
13.3.1 Πίνακας Διανομής Α : 12 Φορτιστές AC 3,6 kW	163
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές.....	165

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Στόχοι Πωλήσεων έως το 2030	35
Πίνακας 2 : Αυτονομία Ηλεκτρικών Οχημάτων 2022.....	36
Πίνακας 3 : Συνοπτικός Πίνακας Χαρακτηριστικών Μεθόδων Φόρτισης Η/Ο	58
Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά Επίπεδων Φόρτισης σύμφωνα με το Πρότυπο SAE J1772	60
Πίνακας 5: Πίνακας Βυσμάτων που χρησιμοποιούνται αναλόγως την περιοχή και την τάση φόρτισης	65
Πίνακας 6 : Τριφασικές Παροχές δικτύου Χαμηλής Τάσης για την σύνδεση των υποδομών Φόρτισης Η/Ο.....	71
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One	80
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One	80
Πίνακας 9: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One	80
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One	81
Πίνακας 11: Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus	85
Πίνακας 12 : Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus.....	85
Πίνακας 13: Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus	85
Πίνακας 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φορτιστή DC WALLBOX 25 kW	87
Πίνακας 15: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φορτιστή DC WALLBOX 25 kW	87
Πίνακας 16: Μέγιστη Υποστηριζόμενη Ισχύς Φόρτισης AC/DC.....	88
Πίνακας 17 : Πίνακας Φορτιστών Λιμένα Αιγίου	90
Πίνακας 18 : Φορτία Πίνακα Διανομής Α - Λιμένα Αιγίου	91
Πίνακας 19: Γραμμές Πίνακα Διανομής Α - Λιμένα Αιγίου	92
Πίνακας 20 : Κατανομή των φάσεων του πίνακα Α	96
Πίνακας 21: Φορτία Πίνακα Διανομής Α - Λιμένα Τριζωνίων	131
Πίνακας 22 : Κατανομή των φάσεων του πίνακα Α	135

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Ενέργεια.....	19
Εικόνα 2. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	21
Εικόνα 3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	22
Εικόνα 4. Πρώιμοι Σταθμοί Παραγωγής	23
Εικόνα 5. Κίνηση Ηλεκτρονίων σε ένα αγωγό.....	24
Εικόνα 6. Δομή Σ. ΗΕ	25
Εικόνα 7: Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	26
Εικόνα 8 : Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς Ελλάδα 2022 ΑΔΜΗΕ.....	28
Εικόνα 9 : Σταθμοί Παραγωγής Μη Ανανεώσιμων Πηγών	29
Εικόνα 10: Σταθμοί Παραγωγής Α. Π. Ε.	29
Εικόνα 11: Ιστορική Αναδρομή Η/Ο.....	31
Εικόνα 12: Ηλεκτρικά Οχήματα του Ferdinand Porsche και της αυστριακή εταιρείας Lohner-Werke.....	31
Εικόνα 13 : Πρώτα ηλεκτρικά οχήματα μαζικής παραγωγής από την GM και την Toyota	32
Εικόνα 14 : Ηλεκτρικά Οχήματα 2022	36
Εικόνα 15: Υβριδικό Ηλεκτρικό Όχημα HEV	37
Εικόνα 16 : Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο Plug-in Hybrid	38
Εικόνα 17 : Ροή Ισχύος σε ένα Ηλεκτρικό Όχημα Αυξημένης Αυτονομίας (EREV)	38
Εικόνα 18 : Δομή Κυψέλης Καυσίμου	39
Εικόνα 19 : Κατασκευαστικά Στοιχεία Κυψέλης Καυσίμου	40
Εικόνα 20 : Ηλεκτρικό Όχημα Κυψελών Καυσίμου (FCEV)	40
Εικόνα 21: Μέρη Ηλεκτρικού Οχήματος / EV Components.....	42
Εικόνα 22 : Πρώτη μπαταρία βολταϊκού σωρού - Alessandro Volta	43
Εικόνα 23 : Βασική Δομή Μπαταρίας	44
Εικόνα 24 : Μπαταρία Μολύβδου οξέος /Lead acid.....	45
Εικόνα 25 : Μπαταρία Νικελίου καδμίου / Nickel Cadmium.....	45
Εικόνα 26 : Μπαταρία Νικελίου Υδριδίου Μετάλλου /(NiMH)	46
Εικόνα 27 : Μπαταρία Ιόντων λιθίου (lithium ion)	47

Εικόνα 28 : Φόρτιση Οχήματος με Αγωγήμη Σύνδεση	49
Εικόνα 29 : Φόρτιση Οχήματος με Ασύρματη Σύνδεση.....	50
Εικόνα 30 : Σταθμός Φόρτισης Η/Ο	51
Εικόνα 31 : Πρότυπα Σταθμών Φόρτισης Η/Ο	54
Εικόνα 32: Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 1 / Mode 1.....	55
Εικόνα 33 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 2/ Mode 2.....	56
Εικόνα 34 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 3 /Mode 3.....	56
Εικόνα 35 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 4 /Mode 4.....	57
Εικόνα 36 : Δομή Επαγωγικών Επιφανειών Ασύρματης Μεταφοράς Ισχύος.....	61
Εικόνα 37 : Κύκλωμα Ασύρματης Μεταφοράς Ισχύος SAE J2954	61
Εικόνα 38 : Βύσμα Τύπου 1 /Type 1 (SAE J1772)	62
Εικόνα 39 : Βύσμα Τύπου 2 / Type 2.....	62
Εικόνα 40: Βύσμα Τύπου 3 /Type 3.....	63
Εικόνα 41 : Βύσμα CHadEMo	64
Εικόνα 42: Βύσματα Como 1 και Combo 2.....	64
Εικόνα 43: Ταξινομήσεις Καινούργιων Η/Ο για το έτος 2022	66
Εικόνα 44: Ποσοστό συμμετοχής της Ελλάδας στον στόλο οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων στην Ευρώπη	67
Εικόνα 45: Εγκατάσταση Υποδομής φόρτισης σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ.....	72
Εικόνα 46: Φορτιστής Η/Ο - Esto One EVH161-A2RMO	79
Εικόνα 47 : Παρουσίαση Φορτιστή Ensto One	81
Εικόνα 48: Ηλεκτρική σύνδεση φορτιστή Ensto One σε δίκτυο TN.....	82
Εικόνα 49 : Θύρα Ethernet port RJ45 φορτιστή Ensto One	82
Εικόνα 50: Φορτιστής Delta AC MAX Plus / Μοντέλο EVAAE	83
Εικόνα 51: Παρουσίαση των τεχνολογικών δυνατοτήτων του φορτιστή Delta AC Max Plus.....	84
Εικόνα 52: Επικοινωνία - Έλεγχος του φορτιστή μέσω Ίντερνετ -Εφαρμογής.....	84
Εικόνα 53: Σύνδεση του Φορτιστή με το τριφασικό καλώδιο τροφοδοσίας του (L1,L2,L3,N,PE).....	86
Εικόνα 54: Φορτιστής Delta DC 25 kW Wallbox.....	86
Εικόνα 55: Λιμένας Αιγίου.....	89
Εικόνα 56 : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Α.....	98

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζονίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Εικόνα 57: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Α	98
Εικόνα 58: Μονογραμμικό Πίνακα Διανομής Α /Λιμένα Αιγίου	99
Εικόνα 59: : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Β.....	105
Εικόνα 60: : Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Β.....	105
Εικόνα 61: Μονογραμμικό Τριφασικού Πίνακα Διανομής Β μέσω του ADAPT ηλεκτρολογικά της 4Μ	106
Εικόνα 62: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Γ	111
Εικόνα 63: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Β.....	111
Εικόνα 64: Μονογραμμικό Τριφασικού Πίνακα Διανομής Γ μέσω του ADAPT ηλεκτρολογικά της 4Μ.....	112
Εικόνα 65: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Α Λιμένας Αγίου Νικολάου.....	120
Εικόνα 66: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Α Λιμένας Αγίου Νικολάου.....	120
Εικόνα 67: Μονογραμμικό Πίνακα Α Λιμένα Αγίου Νικολάου	121
Εικόνα 68: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Β Λιμένα Αγίου Νικολάου	128
Εικόνα 69: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT /Πίνακας Β Λιμένα Αγίου Νικολάου	128
Εικόνα 70: Μονογραμμικό Σχέδιο Πίνακα Β Λιμένα Αγίου Νικολάου.....	129
Εικόνα 71 : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Τριζονίων Πίνακας Α	136
Εικόνα 72: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Α	137
Εικόνα 73: Μονογραμμικό Πίνακα Διανομής Α /Λιμένα Τριζονίων	138
Εικόνα 74: Εταιρεία Κατασκευής Καλωδίου Nexans	139
Εικόνα 75: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίου J1VV-U3X2,5 mm2.....	139
Εικόνα 76: Συγκεντρωτικοί πίνακες τεχνικών Χαρακτηριστικών Καλωδίου.....	140

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 : Αριθμός Ηλεκτρικών Οχημάτων Παγκοσμίως (Global EV Outlook 2021).....	32
Διάγραμμα 2 : Διαθέσιμα Η/Ο και η Αυτονομία τους Παγκοσμίως (Global EV Outlook 2021)	33
Διάγραμμα 3 : Μείωση Αέριων Θερμοκηπίου με την χρήση Η/Ο έως το 2030	34
Διάγραμμα 4 : Διαθεσιμότητα Ηλεκτρικών Οχημάτων Κυψελών καυσίμου έτος 2021.....	41
Διάγραμμα 5 : Συνολικός Αριθμός Δημοσίων Σταθμών AC και DC Τάσης.....	52
Διάγραμμα 6 : 1. 3 εκατομμύρια Δημόσια σημεία Ταχείας και Αργής Φόρτισης	52
Διάγραμμα 7: Οχήματα Εναλλακτικών Καυσίμων στην Ελλάδα -Υπάρχουσα Κατάσταση	66
Διάγραμμα 8: Διαθέσιμα σημεία Ανεφοδιασμού Η/Ο δημόσιας πρόσβασης (Αργής και Ταχείας Φόρτισης) ..	67
Διάγραμμα 9: Αριθμός σημείων επαναφόρτισης με βάση τον τύπο σύνδεσης.....	68

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Λόγω της αλόγιστης χρήσης των φυσικών ορυκτών πόρων η οποία έχει οδηγήσει δυστυχώς στην εξάντληση τους και κατά συνέπεια στην επιβάρυνση του πλανήτη από τις βλαβερές εκπομπές καυσαερίων η ανθρωπότητα καλείται να αντιμετωπίσει άμεσα σημαντικά προβλήματα που αφορούν τον μέλλον του πλανήτη μας. Τα ζητήματα αυτά αφορούν το σημαντικό κομμάτι της ενεργειακής κρίσης αλλά και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής που έχει επιφέρει με βλαβερές ενέργειες ο άνθρωπος. Ο τομέας των μεταφορών πάντα αποτελούσε ένα σημαντικό πρόβλημα λόγω της εξασφάλισής της απαιτούμενη ενέργειας αλλά και για τον περιορισμό των βλαβερών εκπομπών των οχημάτων. Συνεπώς η ανάγκη για διακοπή ή περιορισμό των ορυκτών καυσίμων στα οχήματα τοποθετεί αυτομάτως την ηλεκτροκίνηση στο ψηλότερο σκαλοπάτι στην κατασκευή νέων οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές λόγω της ανεξαρτητοποίησής τους από συμβατικά καύσιμα επιδρώντας με θετικό τρόπο στην διαχείριση της ενέργειας αξιοποιώντας της Α.Π.Ε. αλλά και σε τομείς όπως η οικονομία και το περιβάλλον. Οπότε η ηλεκτροκίνηση αποτελεί πλέον μια επιτακτική ανάγκη στην προσπάθεια που γίνεται προκειμένου να επέλθει ξανά ο πλανήτη σε ισορροπία.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω η ηλεκτροκίνηση πρόκειται να κυριαρχήσει στον τομέα των μεταφορών τόσο στην ξηρά όσο και στην θάλασσα. Δηλαδή τα επόμενα χρόνια ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων πρόκειται να είναι αρκετά μεγάλος καθώς η τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης δεν βρίσκεται πλέον σε πρώιμα στάδια. Επίσης η Ευρωπαϊκή ένωση λόγω ότι στοχεύει στην **μείωση κατά 100% των εκπομπών CO₂** ανακοίνωσε ότι το 2035 οι κατασκευάστριες εταιρείες δεν θα έχουν το δικαίωμα για παραγωγή οχημάτων που χρησιμοποιούν ως καύσιμα βενζίνη ή diesel. Άρα θα πρέπει να ξεκινήσουν ενέργειες προκειμένου να δημιουργηθούν κατάλληλες υποδομές για τον ανεφοδιασμό των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων με δυνατότητα σύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο θα ευνοηθεί η ανάπτυξη των Η/Ο κάνοντας πιο εύκολη την απόφαση για την αγορά ενός οχήματος με ηλεκτρικό κινητήρα.

Συνεπώς το κύριο αντικείμενο αυτής της εργασίας θα είναι η προβολή των τεχνολογιών της ηλεκτροκίνησης, κατά ποσό συμβάλουν στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και αναφορά στις υποδομές φόρτισης των Η/Ο.

Ο προσδιορισμός του κυρίου θέματος / προβλήματος της εργασίας, με αναφορά στους λόγους για τους οποίους έχει ενδιαφέρον / είναι σημαντικό και επίκαιρο το θέμα.

Σκοπός και στόχοι

Ο αρχικός σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση των ηλεκτρικών οχημάτων έτσι ώστε να παρουσιαστεί αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας τους. Η παρουσίαση των προτύπων και των τεχνικών προδιαγραφών που θα πρέπει να πληρούν οι υποδομές βασιζόμενες στην νομοθεσία που έχει ορίσει η ευρωπαϊκή Ένωση. Ανάλυση των τρόπων φόρτισης των Η/Ο παρουσιάζοντας τα διαθέσιμα βύσματα και συγκρίνοντας τους χρόνους και τα επίπεδα φόρτισης. Τέλος θα πραγματοποιηθεί η μελέτη υλοποιώντας υποθετικά την εγκατάσταση των υποδομών φόρτισης στο λιμένες βασιζόμενοι πάντα στα δεδομένα του κάθε λιμένα και στα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε φορτιστή.

Μεθοδολογία

Για τον σχεδιασμό και υλοποίηση της μελέτης στους λιμένες του Αίγιου, Αγίου Νικολάου και Τριζωνίων αρχικά έγινε η επιλογή των φορτιστών από την εταιρεία Inergion. Στην συνέχεια όλοι οι υπολογισμοί έγιναν ακολουθώντας τα όσα ορίζει ο ΔΕΔΗΕ και το πρότυπο ΕΛΟΤ60364 χρησιμοποιώντας τους καταλλήλους πίνακες για την διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων σε κάθε Λιμένα. Τέλος χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα της 4M ADAPT Ηλεκτρολογικά έγινε ο σχεδιασμός του μονογραμμικού της Ηλεκτρικής εγκαταστάσεις που θα τροφοδοτεί τις υποδομές σε κάθε λιμένα αλλά και η επαλήθευση των αποτελεσμάτων προκειμένου να επιλεγεί ο σωστός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Ενέργεια

1.1 Ο σπουδαίος ρόλος της ενέργειας στην ζωή του ανθρώπου

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με την αξιοποίηση των διάφορων πηγών ενέργειας. Η ενέργεια διαδραμάτισε πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και εξέλιξη του ανθρώπινου είδους. Στην ζωή των ανθρώπων η ενέργεια είχε και εξακολουθεί να έχει θεμελιώδη σημασία καθώς χωρίς αυτήν είναι αδύνατον να παραχθεί έργο, με αποτέλεσμα η ενέργεια να αποτελεί μια βασική ανθρώπινη ανάγκη. Από τα αρχαία χρόνια είναι γνωστό ότι ο ανθρώπινος οργανισμός προκειμένου να επιβιώσει έπρεπε να εξασφαλίσει την τροφή του όπου μέσω αυτής θα παραγόταν η απαραίτητη ενέργεια για επιβίωση. Συνεπώς οι άνθρωποι σε κάθε περίοδο της ιστορίας έπρεπε να βρουν και να χρησιμοποιούν κάποια μορφή ενέργειας προκειμένου να επιβιώσουν.

Οι αναφορές που γίνονται από τη λίθινη εποχή έως τα αρχαία χρόνια παρατηρούμε ότι ο άνθρωπος άρχισε να βρίσκει τρόπους προκειμένου να αξιοποιήσει διάφορες μορφές ενέργειας. Αρχικά ανακαλύπτοντας την φωτιά έμαθε να την χειρίζεται προκειμένου να επιτευχθούν σημαντικές εργασίες όπως φωτισμός και η θέρμανση των σπηλαίων το μαγείρεμά αλλά και χρησιμοποιώντας την για να προστατεύσει τον εαυτό του από τα άγρια ζώα. Με την πάροδο του χρόνου ο άνθρωπος εξερευνώντας άρχισε να ανακαλύπτει αρκετές νέες πηγές ενέργειας βελτιώνοντας το επίπεδο ζωής του όπως για παράδειγμα φθάνοντας στην εποχή αξιοποίησης μορφών ενέργειας όπως ο σίδηρος και ο χαλκός κατάφερε να προχωρήσει στην κατασκευή εργαλείων μέσω αυτών.

Πολύ αργότερα και συγκεκριμένα κατά τον 17ο αιώνα ο άνθρωπος αρχίζει να χρησιμοποιεί πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας τον οποίο θα εξορύσσει. Αργότερα τον 18ο αιώνα θα προχωρήσει στην κατασκευή ατμομηχανής και λίγο πριν τελειώσει ο 19ος αιώνας ο άνθρωπος αρχίζει να χρησιμοποιεί το πετρέλαιο. Η εφεύρεση της ηλεκτρικής ενέργειας δεν θα αργήσει και η ζωή του ανθρώπου θα αλλάξει ριζικά με την πρώτη κατασκευή ηλεκτρικών δικτύων. Η ηλεκτρική ενέργεια όπως θα ασχοληθούμε σε επόμενα κεφάλαια θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή και στις μεταφορές. Παρατηρούμε λοιπόν ότι ο άνθρωπος χάρις την ευφυΐα του, σταδιακά κατάφερε να βελτιώσει την ποιότητα ζωής του στηρίζοντας πάντα τις προσπάθειες του στην αξιοποίηση κάποιας μορφής ενέργειας. Όλες αυτές οι ανακαλύψεις του ανθρώπου μέσω των πηγών ενέργειας συντέλεσαν σημαντικό παράγοντα για την ραγδαία ανάπτυξη των σημερινών τεχνολογιών.

Συνοψίζοντας η ενέργεια αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα για την διατήρηση αλλά και βελτίωση της ζωής του ανθρώπου αποτελώντας αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του. Επίσης η διαθεσιμότητα και η αξιοποίηση των διαφόρων μορφών ενέργειας είναι άρρηκτα συνυφασμένη με τις οικονομίες των κρατών επηρεάζοντας τις παγκόσμιες πολιτικές εξελίξεις.



Εικόνα 1 Ενέργεια

1.2 Ορισμοί Ενέργειας

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει ή εναλλακτικά αποθηκεύει μία ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Ως ενέργεια ορίζεται η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παράγει έργο. Συνεπώς ο όρος ενέργεια χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ποσότητα του «έργου» που επιτελείται. Με άλλα λόγια μπορεί να λεχθεί ότι ενέργεια είναι η ιδιότητα της ύλης που μπορεί να μετατραπεί σε έργο, θερμότητα ή ακτινοβολία. Η ενέργεια μπορεί να διακριθεί σε δυο κατηγορίες, την αποθηκευμένη ενέργεια και την ενέργεια σε μεταβατική κατάσταση.

Η αποθηκευμένη ενέργεια διακρίνεται στις ακόλουθες μορφές :

- **Δυναμική ενέργεια:** Η ενέργεια που οφείλεται στην ύπαρξη κάποιου δυναμικού πεδίου. Πιο συγκεκριμένα η δυνατότητα ενός σώματος, ή συστήματος να παράγει έργο επειδή βρίσκεται μέσα σε κάποιο πεδίο δυνάμεων. Για παράδειγμα η ενέργεια που έχει κάποιο σώμα εξαιτίας της γεωμετρικής διαφοράς(υψομέτρου) αναφορικά με τη στάθμη αναφοράς (πεδίο βαρύτητας).
- **Κινητική ενέργεια:** Ορίζεται η ενέργεια που προέρχεται από την κίνηση της ύλης ή του συστήματος, δηλαδή η ικανότητα ενός σώματος να παράγει έργο όταν κινείται.
- **Πυρηνική ενέργεια:** Ορίζεται η ενέργεια η οποία βρίσκεται και είναι δεσμευμένη στον πυρήνα του ατόμου. Με τις διαδικασίες της σχάσης ή της σύντηξης των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες, πραγματοποιείται απελευθέρωση της πυρηνικής ενέργειας
- **Χημική ενέργεια:** Ορίζεται η ενέργεια που κατέχει η ύλη προερχόμενη από την ατομική δομή της και αποδεσμευόμενη κατά την διάρκεια των χημικών αντιδράσεων. Συνήθως η χημική ενέργεια αποδίδεται ως θερμική ή ηλεκτρική.
- **Ηλεκτρική ενέργεια:** Ορίζεται ως η ενέργεια που συνδέεται με την παρουσία ή την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού ή τάσης στα άκρα ενός αγωγού.

Η ενέργεια σε μεταβατική κατάσταση διακρίνεται στις παρακάτω επί μέρους μορφές :

- **Έργο :** Έργο ορίζεται ως η μεταβιβαζόμενη ενέργεια από ένα σώμα σε ένα άλλο και εμφανίζεται κατά τη δράση κάποιας δύναμης η οποία μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της στο χώρο. Το **έργο W** μιας σταθερής **δύναμης F** ορίζεται ως το γινόμενο της δύναμης **F** (Μονάδα μέτρησης S. I. το Newton) επί τη μετατόπιση **dx** (Μονάδα μέτρησης S. I. το μέτρο /m).

$$W_F = F \cdot dx , \quad \text{Μονάδα μέτρησης του έργου είναι το 1 Joule (1 N}\cdot\text{m)}$$

- **Θερμότητα:** Θερμότητα ορίζεται η μεταβιβαζόμενη ενέργεια χωρίς ταυτόχρονη μεταφορά μάζας από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας.

1.3 Πηγές Ενέργειας

Οι πηγές ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες :

- **Πρωτογενείς πηγές ή μορφές ενέργειας:** αποτελούν πηγές οι οποίες συναντώνται άμεσα στη φύση και δεν έχουν υποστεί καμία μετατροπή ή μεταποίηση όπως για παράδειγμα το ενεργειακό περιεχόμενο του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου.
- **Δευτερογενείς πηγές ή μορφές ενέργειας :** είναι αυτές που λαμβάνονται από τη μετατροπή πρωτογενών πηγών. Είναι δηλαδή το ενεργειακό περιεχόμενο των φορέων ενέργειας, το οποίο προκύπτει από την μετατροπή μορφών πρωτογενούς ή δευτερογενούς ενέργειας (π. χ. το ενεργειακό περιεχόμενο του καύσιμου πετρελαίου (μετά την μετατροπή του από αργό πετρέλαιο σε ένα διυλιστήριο), η ηλεκτρική ενέργεια κ. λπ.)
- **Συμβατικές πηγες ενέργειας :** Πηγές ενέργειας που χαρακτηρίζονται ως συμβατικές πηγές ή μη ανανεώσιμες αποτελούν πηγές η οποίες έχουν δημιουργηθεί πριν πολλά χρόνια μέσω κάποιων φυσικών διεργασιών όπου έπειτα από την χρησιμοποίησή τους δεν δύναται να αναπληρωθούν. Δηλαδή το χρονικό διάστημα προκειμένου να ανανεωθούν είναι πολύ μεγάλο σε βαθμό για τον άνθρωπο. Για την χρησιμοποίησή τους απαιτείται κάποια διαδικασία έτσι ώστε να μπορούν να είναι διαθέσιμες για επεξεργασία. Όπως για παράδειγμα τα ορυκτά καύσιμα για τα οποία απαιτείται πρώτα η διαδικασία της εξόρυξης. Συμβατικές (Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) πηγές ενέργειας αποτελούν οι παρακάτω πηγές:
 - ❖ Πετρέλαιο
 - ❖ Γαϊάνθρακες
 - ❖ Φυσικό αέριο
 - ❖ Πυρηνική Ενέργεια



Εξόρυξη Πετρελαίου



Άνθρακας



Φυσικό Αέριο



Πυρηνική Ενέργεια

Εικόνα 2. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

- **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α. Π. Ε.)**

Πηγές ενέργειας που χαρακτηρίζονται ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν πηγές οι εκμεταλλεύσιμες ενέργειας που προέρχονται από διαδικασίες που υπάρχουν στην φύση. Σε αντίθεση με τις συμβατικές οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι θεωρητικά ανεξάντλητες και λόγω ότι προέρχονται από διεργασίες της φύσης παράγουν ελάχιστους έως καθόλου ρύπους. Συνεπώς οι Α. Π. Ε. αποτελούν καθαρές μορφές ενέργειας με πολύ μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, οι οποίες δεν απαιτούν κάποια ενεργητική επέμβαση για την εκμετάλλευσή τους όπως εξόρυξη ή άντληση. Δυστυχώς όμως το κόστος που απαιτείται για την εκμετάλλευσή τους είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τις συμβατικές πηγές, ωστόσο τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη των τεχνολογιών γύρω από τις Α. Π. Ε έχει μειώσει σημαντικά το κόστος εγκατάστασής τους. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν οι παρακάτω πηγές:

- ❖ **Ηλιακή ενέργεια**
- ❖ **Αιολική ενέργεια**
- ❖ **Γεωθερμική ενέργεια**
- ❖ **Υδροηλεκτρική ενέργεια**
- ❖ **Βιομάζα**



Αιολική Ενέργεια



Ηλιακή Ενέργεια



Γεωθερμία



Βιομάζα



Υδροηλεκτρικά

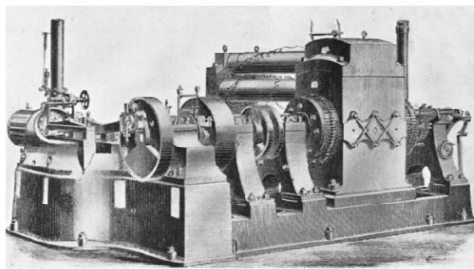
Εικόνα 3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Ηλεκτρική Ενέργεια

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Αποτελεί πραγματικότητα το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη και εξέλιξη της ζωής του ανθρώπου. Πυροδότησε την δεύτερη Βιομηχανική επανάσταση κατά τα τέλη του 19ου αιώνα αντικαθιστώντας άλλες μορφές ενέργειας, αλλάζοντας του τρόπους παραγωγής των βιομηχανιών και συμβάλλοντας τα μέγιστα στην βελτίωση της ποιότητα ζωής εκατομμύριων ανθρώπων. Η αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας έφερε τεράστιες αλλαγές αποτελώντας τον ακρογωνιαίο λίθο για την τεράστια ανάπτυξη σημερινών τεχνολογιών που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής των ανθρώπων. Οι σημαντικότερες εξελίξεις διαδραματίστηκαν τα τελευταία είκοσι χρόνια του 19ου αιώνα.

Πιο συγκριμένα τον Ιανουάριο του 1882, κατασκευάστηκε στο Λονδίνο υπό την επίβλεψη του Τόμας Έντισον ο πρώτος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής στον κόσμο με καύση άνθρακα με το όνομα Edison Electric Light Station. Τον Σεπτέμβριο του 1882 η εφεύρεση του Έντισον εγκαταστάθηκε στη Νέα Υόρκη και συγκεκριμένα στο Μανχάταν προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες της περιοχής σε ηλεκτρικό φωτισμό, αποτελώντας τον πρώτο σταθμός παραγωγής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αργότερα το 1895, στους καταρράκτες του Νιαγάρα κατασκευάστηκε το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Adams ακολουθώντας το σχέδιο του μηχανικού Thomas Evershed. Κατασκευάστηκε λοιπόν ένας υδροηλεκτρικός σταθμός αξιοποιώντας την δύναμη των καταρρακτών αποτελώντας ένα τεράστιο τεχνολογικό επίτευγμα βάζοντας γερά θεμέλια για την παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σταθμός Παραγωγής Edison Electric Light Station



Εργοστάσιο Παραγωγής Adams Power Plant



Καταρράκτες Νιαγάρα Υδροηλεκτρικός Σταθμός

Εικόνα 4. Πρώιμοι Σταθμοί Παραγωγής

Στην Ελλάδα το 1889 αρχίζουν να εμφανίζονται οι πρώτες εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας, όπου με πρωτοβουλία της Γενικής Εταιρείας Εργοληψιών θα κατασκευαστεί στην οδό Αριστείδου η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα Ανάκτορα θα αποτελέσουν το πρώτο φωταγωγημένο κτήριο όπου με τις εγκαταστάσεις ηλεκτρισμού να εξαπλώνονται και να φωτίζουν το ιστορικό κέντρο της Αθήνας. Κατά την ίδια περίοδο στην Θεσσαλονίκη η οποία ήταν ακόμη υπό τουρκική κατοχή, Βέλγικη εταιρεία έπειτα από εντολή των Τουρκικών αρχών, προχώρα στην κατασκευή μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αργότερα το 1896 η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών πούλησε την μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία η οποία ίδρυσε εργοστάσιο στο Νέο Φάληρο με την ισχύ της μονάδας να φτάνει το 1949 τα 43 MVA. Η Γενική Ηλεκτρική Εταιρεία, γνωστή ως Power αποτελούσε μέρος του δημοσίου, ελληνικών τραπεζών και Άγγλων επιχειρηματιών όπου μέσω αυτών σχηματιστήκαν δύο εταιρείες, η Ηλεκτρική Εταιρεία Παραγωγής και η Ηλεκτρική Εταιρεία Διανομής. Οι παραπάνω εταιρίες συγχωνευτήκαν με αποτέλεσμα την δημιουργία της Ηλεκτρικής Εταιρείας Αθηνών-Πειραιώς (ΗΕΑΠ) υπό τον έλεγχο του οίκου Holding Company White Hall Group του Λονδίνου.

Η ίδρυση της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού ή αλλιώς ΔΕΗ, θα πραγματοποιηθεί τον Αύγουστο του 1950 σύμφωνα με το Νόμο 1468/1950, εξαγοράζοντας σταδιακά έως το 1956 όλες τις επιχειρήσεις παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Μέχρι την ίδρυση της ΔΕΗ ιδρυθήκαν περίπου 400 επιχειρήσεις σε πόλεις και κωμοπόλεις όπως της Χαλκίδας (1902), του Πύργου (1903), της Τρίπολης (1904), των Τρικάλων (1906) και άλλων πολλών. Στόχος της ΔΕΗ ήταν η κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδότηση με ισχύ απομακρυσμένων οικισμών της Ελλάδος. Η ΔΕΗ αξιοποίησε τα πλούσια Ελληνικά κοιτάσματα λιγνίτη προχωρώντας σε εξορύξεις και χρησιμοποιώντας τα ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Συγχρόνως προχώρησε στην κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών χάρις την βοήθεια των μεγάλων ποταμών της χώρας μας. Αποτελεί μέχρι και σήμερα τον κυρίαρχο πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας για ιδιώτες και επιχειρήσεις.

2.2 Ηλεκτρική Ενέργεια



Εικόνα 5. Κίνηση Ηλεκτρονίων σε ένα αγωγό

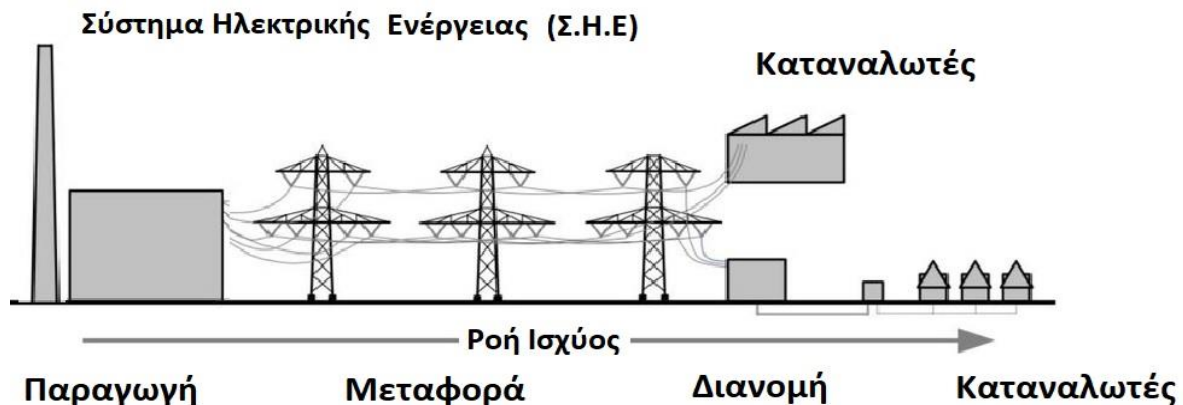
Η ηλεκτρική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία συνδέεται με την παρουσία ή την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων. Πιο συγκεκριμένα η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα και αναφέρεται στην κινητική ενέργεια των κινούμενων ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού. Η ηλεκτρική ενέργεια έχει την δυνατότητα μέσω των ηλεκτρικών κυκλωμάτων να μεταφέρεται από τις ηλεκτρικές πηγές σε διάφορες συσκευές όπου με την σειρά τους την μετατρέπουν σε άλλες μορφές ενέργειας όπως για παράδειγμα σε κινητική ενέργεια κατά την λειτουργία ενός κινητήρα.

Η σημασία της και η αναγκαιότητα της είναι τεράστια στον σύγχρονο κόσμο καθώς ένα πολύ μεγάλο ποσοστό συσκευών και μέσων λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα. Στο πέρασμα του χρόνου έχουν αναπτυχθεί αρκετοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους κυριότερους να είναι η καύση διαφόρων ουσιών (λιγνίτης, πετρέλαιο, κάρβουνο), τα πυρηνικά εργοστάσια, τα ηλιακά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά φράγματα και τα αιολικά πάρκα. Στην Ελλάδα για πολλά χρόνια ο λιγνίτης έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό προκειμένου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

Τα τελευταία χρόνια έπειτα από παρότρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ξεκινήσει σημαντικές προσπάθειες για αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α. Π. Ε.) επενδύοντας σημαντικά κεφάλαια προκειμένου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια με μειωμένο ενεργειακό αποτύπωμα. Όμως λόγω ότι μετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι εφικτή η μακροχρόνια αποθήκευσή της και θα πρέπει να καταναλώνεται ή να αποθηκεύεται με την μετατροπή της σε άλλες μορφές ενέργειας.

Συνεπώς η ανάγκη για άμεση κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας οδήγησε στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης.

2.3 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας



Εικόνα 6. Δομή Σ. ΗΕ

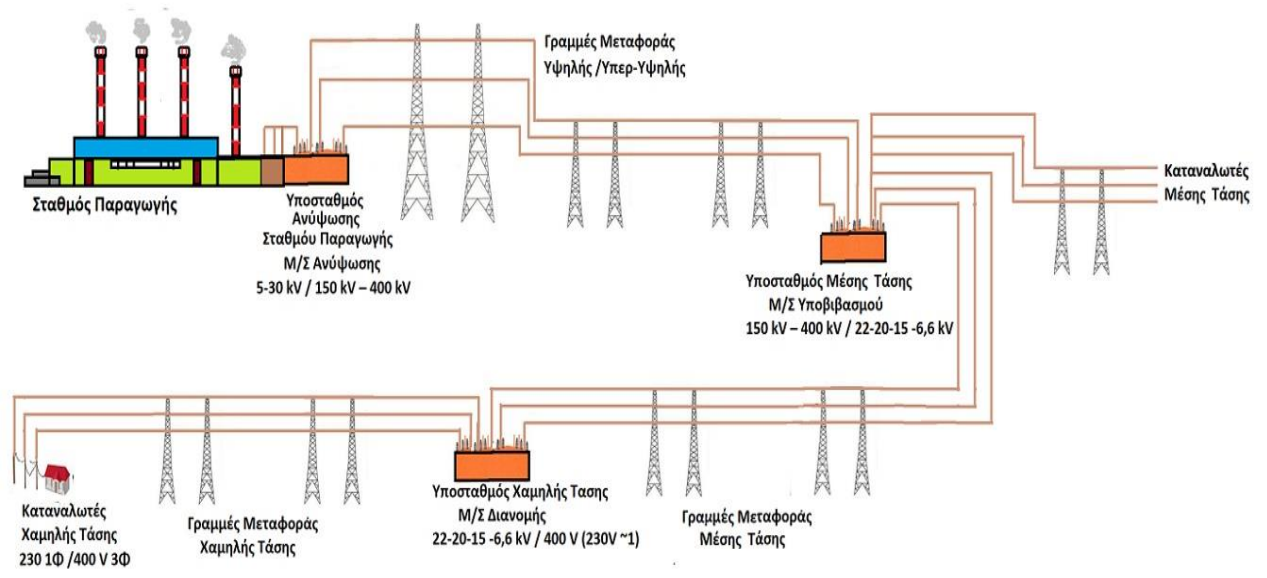
Ο ορισμός ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) είναι το σύστημα των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Τα συστήματα αυτά εμπεριέχουν σταθμούς παραγωγής, υποσταθμούς για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσεως αλλά και γραμμές που μεταφέρουν και κατανέμουν την τάση στους καταναλωτές. Κύριος στόχος ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι να παρέχει σταθερή τάση και σταθερή συχνότητα καλύπτοντας τις απαιτούμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια εξυπηρετώντας διαφορετικούς καταναλωτές και αφήνοντας όσο το δυνατόν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

2.4 Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας - ΣΗΕ

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει την πραγματοποίηση τριών διαφορετικών σταδίων. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής :

- **Η παραγωγή :** Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται διάμεσο των σταθμών παραγωγής. Υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες σταθμών παραγωγής οι οποίες μπορεί να βασίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων όπως άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου εκμεταλλευόμενοι την θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται ή αξιοποιώντας την μηχανική ενέργεια των υδάτινων ροών και υδατοπτώσεων μετατρέποντας την σε ηλεκτρική ενέργεια.
- **Η Μεταφορά :** Διαμέσου των γραμμών μεταφοράς υψηλής και υπερύψηλης τάσεως, η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται σε μεγάλες ποσότητες από τους σταθμούς παραγωγής προς τα κεντρικά σημεία των του δικτύου διανομής.
- **Η Διανομή :** Φθάνοντας η ηλεκτρική ενέργεια διάμεσό των γραμμών μεταφοράς στα σημεία διανομής αφού πρώτα η τάση περάσει από τους υποσταθμούς διανομής δρομολογείται η διανομή της στους καταναλωτές μέσω των γραμμών χαμηλής τάσεως 400/230 V

Στην παρακάτω εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα τρία στάδια που πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να φθάσει η ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές. Επίσης στην παρακάτω εικόνα φαίνονται αναλυτικά οι γραμμές μεταφοράς και οι Μ/Σ υποβιβασμού της τάσης με τις αντίστοιχες τιμές των τάσεων για κάθε καταναλωτή.



Εικόνα 7: Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η διαδικασία που απαιτείται για τη μετατροπή μίας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική ονομάζεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται έπειτα από τη μετατροπή άλλων μορφών ενέργειας δηλαδή πρωτογενών πόρων όπως πετρέλαιο, λιγνίτη, φυσικό αέριο, αιολική ή ηλιακή ενέργεια και εκφράζεται σε κιλοβατώρες (kWh) ή μεγαβατώρες (MWh).

Αναλόγως τους εγχωρίους ενεργειακούς πόρους που διαθέτει κάθε χώρα ακολουθείτε και η αντίστοιχη ενεργειακή κυβερνητική πολιτική. Η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στον καταναλωτή μπορεί να προέρχεται από σταθμούς παραγωγής που χρησιμοποιούν μη ανανεώσιμες συμβατικές πηγές ενέργειας ή Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Από τους σταθμούς παραγωγής η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται σε κοντινούς υποσταθμούς όπου με την βοήθεια μετασχηματισμών ανύψωσης η τάση μετατρέπεται σε υπερύψηλη και υψηλή. Η μετατροπή αυτή γίνεται προκειμένου η τάση να μεταφερθεί δια μέσου των γραμμών μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις τροφοδοτώντας τα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης με όσο τον δυνατόν λιγότερες απώλειες. Η μεταφορά γίνεται σε υψηλή τάση, μέσω του δικτύου υψηλής τάσης (150kV) και υπερύψηλης τάσης (400kV) επιτυγχάνοντας μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και συνεπώς οικονομικότερη λειτουργία.

Οι τάσεις μέχρι 220 kV αποτελούν τη βαθμίδα των υψηλών τάσεων (ΥΤ), από 275 μέχρι και 500 kV, τη βαθμίδα των υπερύψηλών τάσεων (ΥΥΤ) και οι πάνω από 500 kV τη βαθμίδα των εξαιρετικά υψηλών τάσεων (ΕΥΤ). Συνεπώς οι γραμμές μεταφοράς δεν τροφοδοτούν άμεσα με ηλεκτρική ενέργεια τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μέση ή χαμηλή τάση αλλά μεταφέρουν την τάση μέχρι ορισμένα σημεία, τους υποσταθμούς μεταφοράς, όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης.

Οι αγωγοί των γραμμών μεταφοράς είναι συνήθως κατασκευασμένοι από υλικά όπως ο χαλκός και το αλουμίνιο. Υπάρχουν σύνθετοι αγωγοί όπως ο αγωγός ACSR (Aluminum Conductor, Steel Reinforced - αγωγός αλουμινίου ενισχυμένος με χάλυβα) του οποίου το εξωτερικό τμήμα είναι από αλουμίνιο ενώ το εσωτερικό είναι κατασκευασμένο από χάλυβα πυρήνα. Ο σχεδιασμός του αγωγού ACSR έχει στόχο να παρέχει μηχανική αντοχή στον αγωγό και να τον καθιστά ως ένα υψηλής απόδοσης αγωγό που χρησιμοποιείται κυρίως για εναέριες γραμμές ισχύος.

Οι εναέριοι αγωγοί μεταφοράς των υψηλών τάσεων αναρτώνται από τους πυλώνες ή πύργους της γραμμής δια μέσου σειράς μονωτήρων, ο καθένας από τους οποίους αποτελείται από μια αλυσίδα δίσκων από υλικό, όπως πορσελάνη ή ρητίνη. Με την προσθήκη περισσότερων δίσκων στους αλυσοειδείς αυτούς μονωτήρες πραγματοποιείται αύξηση της μόνωσης για την μεταφορά υψηλότερων τάσεων. Ο αέρας που υπάρχει μεταξύ αγωγών και μεταξύ αγωγών και γης στις εναέριες γραμμές αποτελεί το μονωτικό τους υλικό.

Για τον λόγο αυτό οι αγωγοί θα πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένη απόσταση έτσι ώστε να μην πλησιάζουν πολύ μεταξύ τους σε τυχόν ταλαντώσεις από ανέμους προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν διάσπαση της μόνωσης και δημιουργία σπινθήρα. Οι στύλοι ή πυλώνες στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί των εναέριων γραμμών – μεταφοράς είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα ή ξύλο. Για τάσεις άνω των 100 kV χρησιμοποιούνται χ πυλώνες από χάλυβα οι οποίοι καλούνται και πύργοι.

Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το δίκτυο διανομής αναλαμβάνει την διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές αφού πρώτα η τάση περάσει από τους υποσταθμούς διανομής. Πιο συγκεκριμένα όταν η τάση φθάσει μέσω των γραμμών στους υποσταθμούς διανομής η τάση διοχετεύεται σε καταναλωτές μέσης ή χαμηλής τάσης αφού πρώτα υποβιβαστεί μέσω κατάλληλων Μ/Σ στα επιθυμητά μεγέθη. Συνεπώς τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν τις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω των οποίων αυτή φτάνει έως τους καταναλωτές, καθώς και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης, οι οποίοι τις συνδέουν με το σύστημα μεταφοράς. Το σύστημα διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα διανομής μέσης (20kV) και χαμηλής τάσης (220/380V) και τους μετασχηματιστές διανομής με τους οποίους η μέση τάση υποβιβάζεται σε χαμηλή τάση.

2.5 Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας αποτελείται από το Διασυνδεδεμένο Σύστημα του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και των διασυνδεδεμένων με αυτό νησιών. Το σπουδαιότερο ενεργειακό κέντρο παραγωγής για την χώρα μας βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία, από το οποίο μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια δια μέσω τριών γραμμών μεταφοράς διπλού κυκλώματος 400 kV.

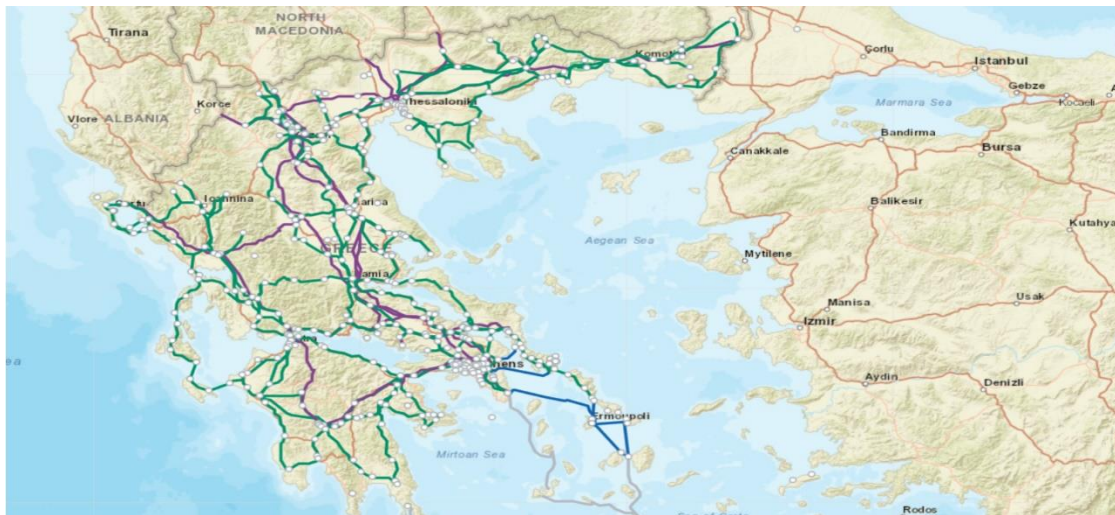
Στο συγκεκριμένο κέντρο παραγωγής παράγεται περίπου το 70% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής της χώρας που στη συνέχεια μεταφέρεται στα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης της Κεντρικής και Νότιας Ελλάδας, που καταναλώνεται περίπου το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς διαθέτει επιπλέον γραμμές των 400 kV καθώς επίσης εναέριες, υπόγειες γραμμές και υποβρύχια καλώδια των 150 kV που συνδέουν την Άνδρο και τα νησιά της Δυτικής Ελλάδας, Κέρκυρα, Λευκάδα, Κεφαλονιά και Ζάκυνθο με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς, καθώς και μία υποβρύχια διασύνδεση της Κέρκυρας με την Ηγουμενίτσα στα 66 kV.

Τα βασικά στοιχεία του Συστήματος Μεταφοράς είναι:

- Εναέριες Γραμμές Μεταφοράς 400kV, 150kV και 66kV
- Υπόγειες και Υποβρύχια Καλωδιακές Γραμμές 150kV και 400kV
- Υποσταθμοί 150/20kV
- Κέντρα Υπερύψηλης Τάσης (ΚΥΤ) 400/150kV

Το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το διασυνδεδεμένο Ευρωπαϊκό Σύστημα υπό το γενικότερο συντονισμό του ENTSO-E. Η παράλληλη λειτουργία του Ελληνικού Συστήματος με το Ευρωπαϊκό επιτυγχάνεται μέσω διασυνδεδετικών γραμμών μεταφοράς (Γ. Μ.), κυρίως 400 kV, με τα Συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας, της Βόρειας Μακεδονίας και της Τουρκίας. Επιπλέον, το Ελληνικό Σύστημα συνδέεται ασύγχρονα (μέσω υποβρυχίου συνδέσμου συνεχούς ρεύματος τάσης 400 kV) με την Ιταλία.



Εικόνα 8 : Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς Ελλάδα 2022 ΑΔΜΗΕ

2.6 Πηγές Ενέργειας Σταθμών Παραγωγής

Μη ανανεώσιμες /συμβατικές πηγές ενέργειας

Οι πηγές ενέργειας οι οποίες δεν έχουν την δυνατότητα να αναπληρώνονται ή αναγεννούνται σε μικρό βαθμό από την φύση έπειτα από μεγάλο χρονικό διάστημα ονομάζονται Μη ανανεώσιμες ή συμβατικές πηγές ενέργειας. Πηγές όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο γνωστά και ως ορυκτά καύσιμα χαρακτηρίζονται ως συμβατικές πηγές ενέργειας και χρησιμοποιούνται ως καύσιμο από τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς.

Σταθμοί Παραγωγής που χρησιμοποιούν Μη ανανεώσιμες συμβατικές πηγές ενέργειας :

- **Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί :** Οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα όπως άνθρακα, λιγνίτη, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και από την καύση τους παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί με τη χρησιμοποίηση ατμοηλεκτρικών, αεριοστρόβιλων και μονάδων εσωτερικής καύσης (εμβολοφόρες νηζελογεννήτριες) παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Στην Ελλάδα ο λιγνίτης έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά λόγω του μικρού λειτουργικού κόστους ανά παραγόμενη kWh.

Συνεπώς οι **Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής** διακρίνονται σε :

1. **Ατμοηλεκτρικούς σταθμούς**
 2. **Ντιζελο-ηλεκτρικούς σταθμούς**
 3. **Αεριοστροβλικούς σταθμούς**
 4. **Σταθμούς συνδυασμένου κύκλου (combined cycle)**
- **Πυρηνικοί σταθμοί :** Οι πυρηνικοί σταθμοί είναι και αυτοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί με τη διαφορά όμως ο λέβητας έχει αντικατασταθεί από ένα πυρηνικό αντιδραστήρα και η παραγωγή ατμού γίνεται χρησιμοποιώντας τη θερμική ενέργεια που εκλύεται από αυτόν. Ο πυρηνικός αντιδραστήρας είναι ένα σύστημα το οποίο περιέχει σχάσιμους πυρήνες το πυρηνικό καύσιμο, σε κατάλληλη γεωμετρική διάταξη και συγκέντρωση και στην οποία μπορεί να επιτευχθεί ελεγχόμενη αλυσωτή αντίδραση σχάσεων. Η θερμότητα από τις πυρηνικές αντιδράσεις μετατρέπει το νερό σε ατμό, το οποίο οδηγείται στις τουρμπίνες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η “καύσιμη ύλη” της πυρηνικής ενέργειας είναι το ουράνιο. Το ουράνιο είναι ένα χημικό στοιχείο το οποίο είναι βαρύ, τοξικό και ραδιενεργό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται από 30% ως 35%.
 - **Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής :** Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς η κινητική και η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη βοήθεια υδροστροβίλων και στη συνέχεια των γεννητριών. Στους σταθμούς αυτούς γίνεται εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας του νερού, η οποία μέσω καταλλήλων διατάξεων (υδροστροβίλος-γεννήτρια) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.



Θερμοηλεκτρικός Σταθμός Παραγωγής



Υδροηλεκτρικός Σταθμός Παραγωγής



Πυρηνικός Σταθμός Παραγωγής

Εικόνα 9 : Σταθμοί Παραγωγής Μη Ανανεώσιμων Πηγών

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν καθαρές μορφές ενέργειας αξιοποιώντας την δύναμη της φύσης και προέρχονται από πηγές ή διαδικασίες που πρακτικά είναι ανεξάντλητες καθώς ανανεώνονται συνεχώς. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβάνουν την ηλιακή ενέργεια, την αιολική ενέργεια, τη γεωθερμική ενέργεια, την βιομάζα και την ενέργεια μικρών υδροηλεκτρικών. Οι πηγές αυτές είναι καθαρές, εκπέμποντας κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ελάχιστους ή μηδαμινούς ρύπους στην ατμόσφαιρα. Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει μέτρα για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κύριος στόχος της ΕΕ έως το 2030 είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ενεργειακής απόδοσης.



Εικόνα 10: Σταθμοί Παραγωγής Α. Π. Ε.

Σταθμοί Παραγωγής που χρησιμοποιούν Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας :

- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί
- Αιολικά πάρκα
- Σταθμοί Βιομάζας
- Σταθμοί μικρών υδροηλεκτρικών
- Σταθμοί με Γεωθερμία
- Ηλιοθερμικά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ηλεκτροκίνηση

3.1 Εισαγωγή

Λόγω της μεγάλης υπερθέρμανση του πλανήτη η οποία οφείλεται δυστυχώς στα αρκετά υψηλά επίπεδα των βλαβερών εκπομπών αερίων από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο η ζωή πολλών οργανισμών όπως και του ανθρώπου βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο. Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Κλιματική Αλλαγή (μεταβολή του παγκοσμίου κλίματος) και να μειωθούν οι βλαβερές εκπομπές αερίων προτάθηκε η αντικατάσταση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα με τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα για την επίτευξη του στόχου των μηδενικών εκπομπών έως το 2050 -Net Zero Emissions 2050 , προτάθηκε η διακοπή χρήσης ορυκτών καυσίμων και η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική ,η ηλιακή ,υδροηλεκτρική ,γεωθερμία και άλλες παρόμοιες μορφές ενέργειας. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται **εξηλεκτρισμός** , με την ενέργεια να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για να επιτευχθεί όλη αυτή η προσπάθεια θα πρέπει να γίνει η αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας σε αρκετούς τομείς όπως στην βιομηχανία ,στα κτίρια και στον τομέα των **μεταφορών**.

Πολύ σημαντικό παράγοντα για την παγκόσμια οικονομία αλλά και για την βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου αποτελούσε ανέκαθεν ο τομέας των **μεταφορών**. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε από περιβαλλοντολόγους μεγάλη επιβάρυνση στο πλανήτη μας , όπου ένα μέρος αυτής οφειλόταν στις βλαβερές εκπομπές αερίων των μέσων μεταφοράς. Επίσης λόγω της εκτεταμένης και αλόγιστης χρήσης ορυκτών καυσίμων δημιουργήθηκε μεγάλος κίνδυνος εξάντλησης διάφορων φυσικών κοιτασμάτων ενέργειας όπως του πετρελαίου. Δημιουργήθηκε λοιπόν η ανάγκη για λήψη διάφορων στρατηγικών και μέτρων για την μείωση ή ακόμα την εξάλειψη των ρύπων που εκπέμπουν τα συμβατικά οχήματα. Συνεπώς ξεκίνησαν σταδιακά να γίνονται εντατικές προσπάθειες για παραγωγή οχημάτων τα οποία δεν θα εξαρτώνται από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα αλλά θα χρησιμοποιούν άλλου είδους καύσιμα όπως ηλεκτρική ενέργεια και υδρογόνο.

Οι σύγχρονες βιομηχανίες οχημάτων εναρμονίζοντας με τα καινούργια πρότυπα ρύπων επενδύουν συνεχώς σε καινούργιες τεχνολογίες που βασίζονται στην ηλεκτροκίνηση, παράγοντας οχήματα με μειωμένες απαιτήσεις σε κατανάλωση καυσίμου με αποτέλεσμα μικρό έως ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το σημαντικότερο έως τώρα μειονέκτημα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων αποτελούσε το υψηλό κόστος των συσσωρευτών, ωστόσο με την εξέλιξη νέων τεχνολογιών το κόστος των μπαταριών μειώθηκε σημαντικά ισχυροποιώντας την θέση της ηλεκτροκίνησης στο τομέα των μεταφορών.

3.2 Ιστορική Αναδρομή Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα δεν αποτελούν ένα τεχνολογικό επίτευγμα των τελευταίων ετών αλλά είχαν κεντρίσει τον ενδιαφέρον αρκετών μηχανικών πριν από πολλά χρόνια και συγκεκριμένα τα ηλεκτροκίνητα οχήματα άρχισαν να κάνουν την εμφάνιση τους στα μέσα του 19ου αιώνα. Ο Ούγγρος ιερέας και φυσικός Άνγος Jedlik ο οποίος πειραματιζόταν με ηλεκτρομαγνητικές περιστρεφόμενες συσκευές, προχώρησε το 1828 στην εφεύρεση ενός πρώιμου ηλεκτροκινήτηρα συνεχούς ρεύματος. Λίγο αργότερα το 1832 χρονολογείται ότι ο Σκωτσέζος εφευρέτης Ρόμπερτ Άντερσον εφηύρε ένα ηλεκτρικό βαγόνι εντείνοντας τα επόμενα χρόνια τις προσπάθειες του γύρω από την κατασκευή του πρώτου ηλεκτροκίνητου οχήματος.

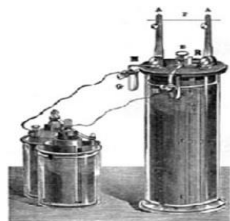
Το 1835 παρουσίασε σε ένα συνέδριο το πρώτο ηλεκτρικό όχημα το οποίο διέθετε μπαταρία μη επαναφορτιζόμενη που χρησιμοποιούσε το πετρέλαιο προκειμένου δοθεί κίνηση στους τροχούς. Η συμβολή του Ρόμπερτ Άντερσον από το 1832 έως και το 1839 για την εφεύρεση του πρώτου ηλεκτρικού οχήματος διαδραμάτισε καθοριστικό ρολό για την μετέπειτα εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης. Συνοδοιπόρος του ήταν ο Αμερικάνος Thomas Davenport σιδηράς στο επάγγελμα όπου το 1834 προχώρησε στην κατασκευή του πρώτου ηλεκτρικού οχήματος κινούμενο σε ράγες από έναν κινητήρα μη επαναφορτιζόμενης μπαταρίας.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Όλα άλλαξαν όμως το 1859 όταν ο Γάλλος φυσικός Gaston Planté ανακαλύπτει τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέος με δυνατότητα επαναφόρτισης τους όπου αργότερα το 1881 χάρις την σημαντική συμβολή του Camille Alphonse Faure ο οποίος βελτίωσε σημαντικά τη σχεδίαση της μπαταρίας μόλυβδου-οξέος με αποτέλεσμα να γνωρίσει μεγάλη επιτυχία στα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Φθάνοντας στο 1890 όπου ο Αμερικάνος William Morrison θα κατασκευάσει το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Το όχημα μπορούσε να μεταφέρει έως 12 επιβάτες και να κινηθεί με μέγιστη ταχύτητα τα 32 χλμ. την ώρα. Διέθετε 24 μπαταρίες με χωρητικότητα 112 αμπερορίων στα 58 Volt, οι οποίες βρίσκονταν κάτω από την σειρά θέσεων του οδηγού με αυτονομία περίπου 80 km.



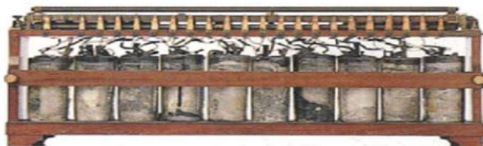
**Gaston Plante
Lead-acid Battery
Inventor**



PLANTÉ BATTERY

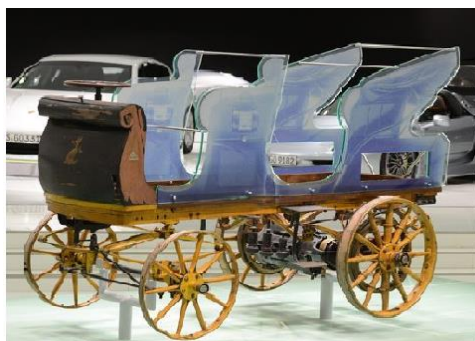


William Morrison 1890



Εικόνα 11: Ιστορική Αναδρομή Η/Ο

Το 1898, το βελγικής κατασκευής αγωνιστικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο “La Jamais Contente” το οποίο είχε 67 άλογα, γίνεται το πρώτο ηλεκτροκίνητο όχημα που ξεπέρασε την ταχύτητα των 100km/h την ώρα. Την ίδια χρονιά ο ιδρυτής της Porsche ο Ferdinand Porsche σχεδίασε το Egger-Lohner C. 2 Phaeton ένα τετραθέσιο όχημα με ισχύ 5 ίππους (3,7 kW) και τελική ταχύτητα 35 χλμ. /ώρα (22 μίλια/ώρα). Λίγο αργότερα το 1900 προχωρεί στην κατασκευή του πρώτου υβριδικού οχήματος σε συνεργασία με την αυστριακή εταιρεία Lohner-Werke. Περίπου την ίδια περίοδο αρχίζουν να αναπτύσσονται τα πρώτα αυτοκίνητα με μηχανή εσωτερικής καύσεως μειώνοντας σημαντικά την δημοτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο σπουδαίος Henry Ford παρουσιάζει το 1908 ένα όχημα με κωδική ονομασία Model T, το οποίο διέθετε μηχανή εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιώντας βενζίνη και αποτελώντας το πρώτο όχημα μαζικής παραγωγής. Αργότερα το 1914 ο Ford μαζί με τον καλό του φίλο Thomas Edison θα προσπαθήσουν μαζί να κατασκευάσουν ένα **φθινό** ηλεκτρικό όχημα βασιζόμενο στο Model T που όμως, δεν προχώρησε ποτέ σε μαζική παραγωγή.



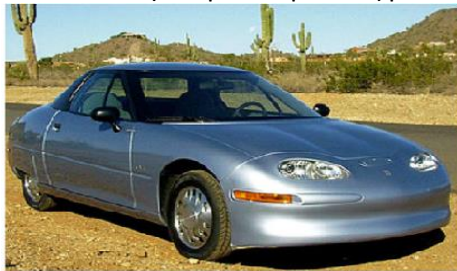
C.2 Phaeton model /Porsche P1



Lohner-Porsche Mixed Hybrid

Εικόνα 12: Ηλεκτρικά Οχήματα του Ferdinand Porsche και της αυστριακής εταιρείας Lohner-Werke

Τα επόμενα χρόνια τα συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσεως θα επικρατήσουν έναντι των ηλεκτρικών λόγω της μεγάλης διαθεσιμότητας των καυσίμων και των περιορισμών που έθεταν η έλλειψη επαρκών δικτύων ηλεκτρισμού και της χωρητικότητας των μπαταριών. Όμως η ηλεκτροκίνηση θα αξιοποιηθεί πολύ στα τρέινα συντελώντας σημαντικά στην μετέπειτα εξέλιξη των κινητήρων ηλεκτρικού ρεύματος μεγάλης ισχύος. Φθάνοντας το 1990 όπου το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους η κυβέρνηση της Καλιφορνίας εκδίδει την εντολή ZEV (Zero Emission Vehicle) για την προώθηση οχημάτων με μηδενικούς ρύπους. Με βάση την εντολή αυτή θα έπρεπε μέχρι το 1998 το 2% των πωλήσεων νέων οχημάτων της πολιτείας να έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων ενώ το ποσοστό αυτό να φθάνει μέχρι το 2003 το 10%. Παρατηρώντας την αναγκαιότητα για καθαρά οχήματα χωρίς εκπομπές μεγάλες εταιρείες όπως η Toyota, η General Motors, η Chrysler, η Honda και πολλές άλλες αρχίζουν να επενδύουν μεγάλα κεφάλαια προκειμένου να κατασκευάσουν ηλεκτρικά οχήματα μαζικής παραγωγής. Συγκεκριμένα η General Motors παρήγαγε από το 1996 έως το 1998 1.117 ηλεκτρικά οχήματα, 800 από τα οποία διατέθηκαν μέσω τριετούς μίσθωσης.



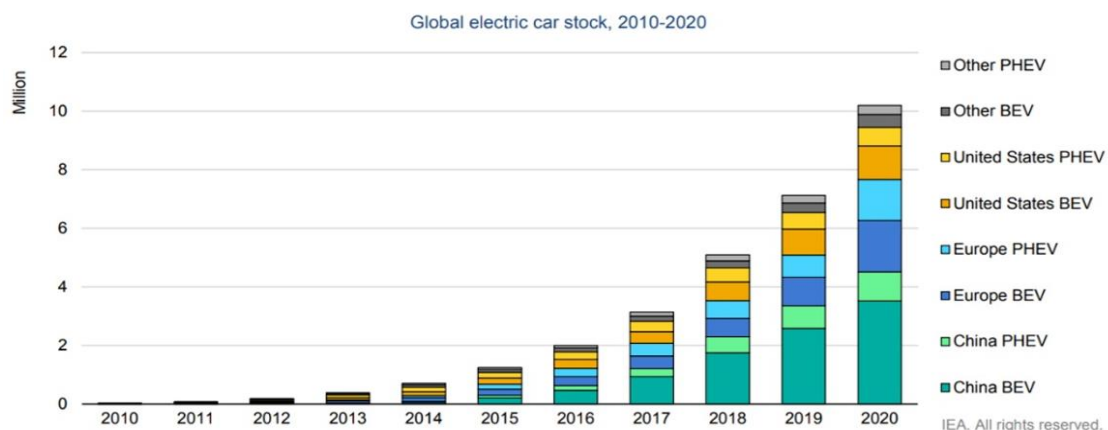
General Motors EV1



Toyota Prius 1997

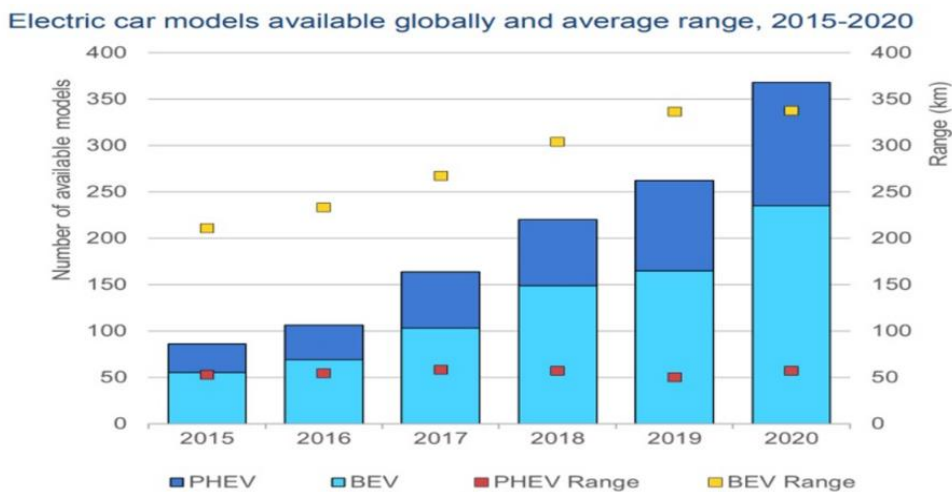
Εικόνα 13 : Πρώτα ηλεκτρικά οχήματα μαζικής παραγωγής από την GM και την Toyota

Φθάνοντας στο σήμερα η εξηλεκτροποίηση των οχημάτων είναι αναγκαία έπειτα από τους στόχους που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή ένωση και από τις διεθνή επιτροπές που είναι υπεύθυνες για τον περιβάλλον προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή που αποτελεί μεγάλη απειλή για τον πλανήτη μας. Η τεχνολογία στο κομμάτι της ηλεκτροκίνησης έχει αναπτυχθεί αρκετά σε σχέση με το παρελθόν και παράλληλα το κόστος των μπαταριών που αποτελούσε ένα από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την κατασκευή ενός οχήματος έχει μειωθεί σημαντικά. Συνεπώς τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται όλο και πιο ανταγωνιστικά απέναντι στα συμβατικά συμβαδίζοντας με τους κανονισμούς των εκπομπών κερδίζοντας συνεχώς τον ενδιαφέρον των αγοραστών. Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε την ραγδαία αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων στο χρονικό διάστημα των τελευταίων 10 ετών (από το 2010 έως 2020), όπου πάνω από 10 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα κυκλοφορούν στους δρόμους παγκοσμίως



Διάγραμμα 1 : Αριθμός Ηλεκτρικών Οχημάτων Παγκοσμίως (Global EV Outlook 2021)

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η διαθεσιμότητα των ηλεκτρικών οχημάτων όλων των τύπων παγκοσμίως και η αυτονομία τους.



Διάγραμμα 2 : Διαθέσιμα Η/Ο και η Αυτονομία τους Παγκοσμίως (Global EV Outlook 2021)

3.3 Τα οφέλη που προσφέρουν τα ηλεκτρικά οχήματα (EV's)

Η ραγδαία ανάπτυξη ηλεκτροκίνησης σηματοδοτήθηκε το 2014 όπου άρχισαν να διατίθενται από διάφορες μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες αρκετά ηλεκτρικά οχήματα. Το ενδιαφέρον για την ηλεκτροκίνηση δυνάμωσε όλο και περισσότερο τα επόμενα έτη με αποτέλεσμα η παραγωγή τους να αυξηθεί και να υπάρξει αρκετά υψηλή ζήτηση από το αγοραστικό κοινό.

Στην Ελληνική αγορά παρατηρούμε ότι η ηλεκτροκίνηση έχει εισβάλει αρκετά δυναμικά στην διεκδίκηση των πωλήσεων νέων οχημάτων. Συνεπώς τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν κάποια πλεονεκτήματα τα οποία συμβάλουν σημαντικά στην επικράτηση τους απέναντι στα υπάρχοντα συμβατικά. Τα δυο μεγαλύτερα πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι το χαμηλό κόστος φόρτισης αλλά και συντήρησης. Παρακάτω ακολουθούν οι σημαντικότεροι λόγοι οι οποίοι καθιστούν την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος συμφέρουσα επιλογή:

- Τα ηλεκτρικά οχήματα παράγουν **ελάχιστους ή μηδενικούς ρύπους** συμβάλλοντας σημαντικά στην προσπάθεια που γίνεται στην μείωση των βλαβερών αέριων του θερμοκηπίου και στην μάχη που δίνεται απέναντι στην κλιματική αλλαγή.
- Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν καλύτερο **συντελεστή θερμικής απόδοσης** σε σχέση με τα οχήματα που διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσεως. Συγκεκριμένα απαιτούν λιγότερη ενέργεια αναπτύσσοντας πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία κατά τη λειτουργία τους, έχοντας συντελεστή θερμικής απόδοσης πάνω από 80 % σε αντίθεση με ένα όχημα με κινητήρα βενζίνης όπου έχει συντελεστή περίπου 40%.
- Έχουν την δυνατότητα να **ανακτούν ενέργεια** μέσω της αναγεννητικής πέδησης (Regenerative Braking) ή μετατρέποντας τα «ρολαρίσματα» σε κατηφόρες (Coasting) σε ηλεκτρική η οποία θα αποθηκευτεί εκ νέου στις μπαταρίες.
- Προσφέρουν **καλύτερη και πιο άμεση επιτάχυνση** καθώς δεν απαιτείται να πραγματοποιηθεί πρώτα ο χρόνος της καύσεως όπως σε ένα όχημα βενζίνης ή πετρελαίου. Επίσης οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούν αποδίδουν πολύ **μεγάλη ροπή** με αποτέλεσμα να υπάρχει διαθέσιμη ισχύ σε μεγάλο φάσμα στροφών.
- Το **κόστος συντήρησης** είναι αρκετά χαμηλό καθώς ένα ηλεκτρικό όχημα είναι πιο απλό και δεν διαθέτει πολλά εξαρτήματα.
- Έχουν **ομαλή και ήσυχη λειτουργία** λόγω ότι ο κινητήρας του ηλεκτρικού οχήματος είναι πολύ πιο ήσυχος σε σχέση με τον κινητήρα του συμβατικού.

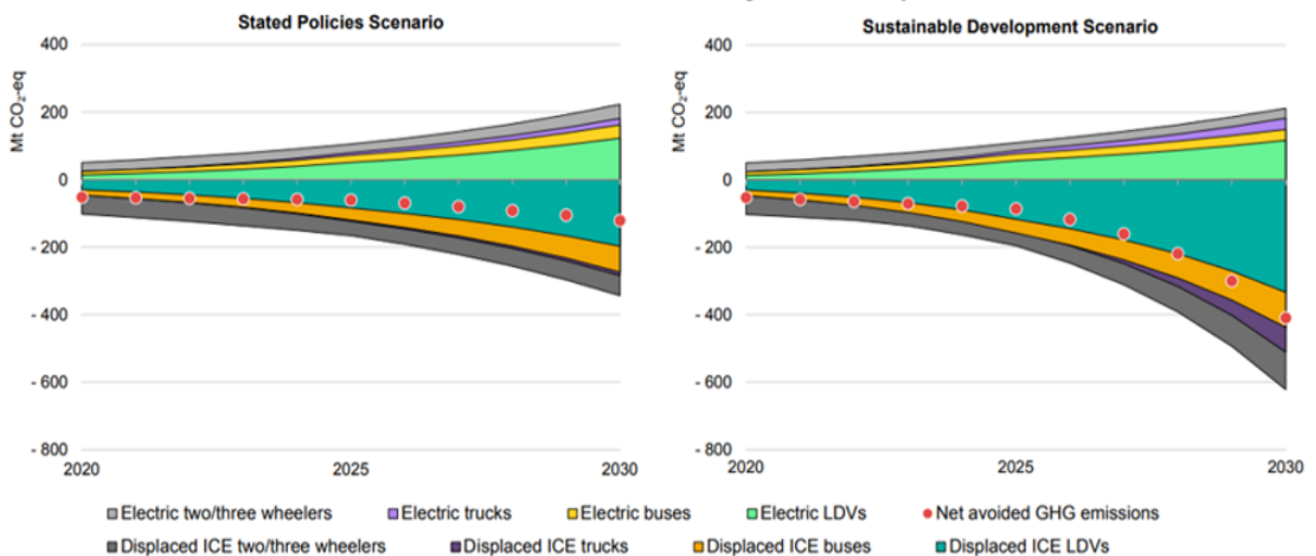
Κάποιες κατασκευάστριες εταιρίες για να αντισταθμίσουν την αθόρυβη λειτουργία του αυτοκίνητου προσθέτουν έναν τεχνητό ήχο οποίος γίνεται αντιληπτός περισσότερο όσο επιταχύνει ο οδηγός. Για παράδειγμα η BMW σε αρκετά μοντέλα της όπως στο νέο BMW i4 για να ενισχύσει το οδηγικό συναίσθημα έχει προσθέσει ένα τεχνητό ήχο στην λειτουργία του κινητήρα σε συνεργασία με τον βραβευμένο μουσικό Hans Zimmer.

Συνοψίζοντας τα ηλεκτροκίνητα έχουν πάρα πολλά πλεονεκτήματα καθιστώντας ιδανική την ανάπτυξη τους. Συνεπώς τα Η/Ο οχήματα μπορούν να θεωρηθούν ως «καθαρά» μεταφορικά μέσα καθώς δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών καυσαερίων. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελούν ένα πολύ σημαντικό σύμμαχο για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και συγκεκριμένα του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρακάτω διακρίνουμε την τεράστια συμβολή της ηλεκτροκίνησης στην προσπάθεια που γίνεται για την μείωση έως εξάλειψη των βλαβερών αέριων που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα και συγκεκριμένα των εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου έχοντας ως πρωταρχικό στόχο έως το 2030 οι εκπομπές αυτές να έχουν φτάσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) με την πάροδο του χρόνου από την χρησιμοποίηση ηλεκτρικών οχημάτων

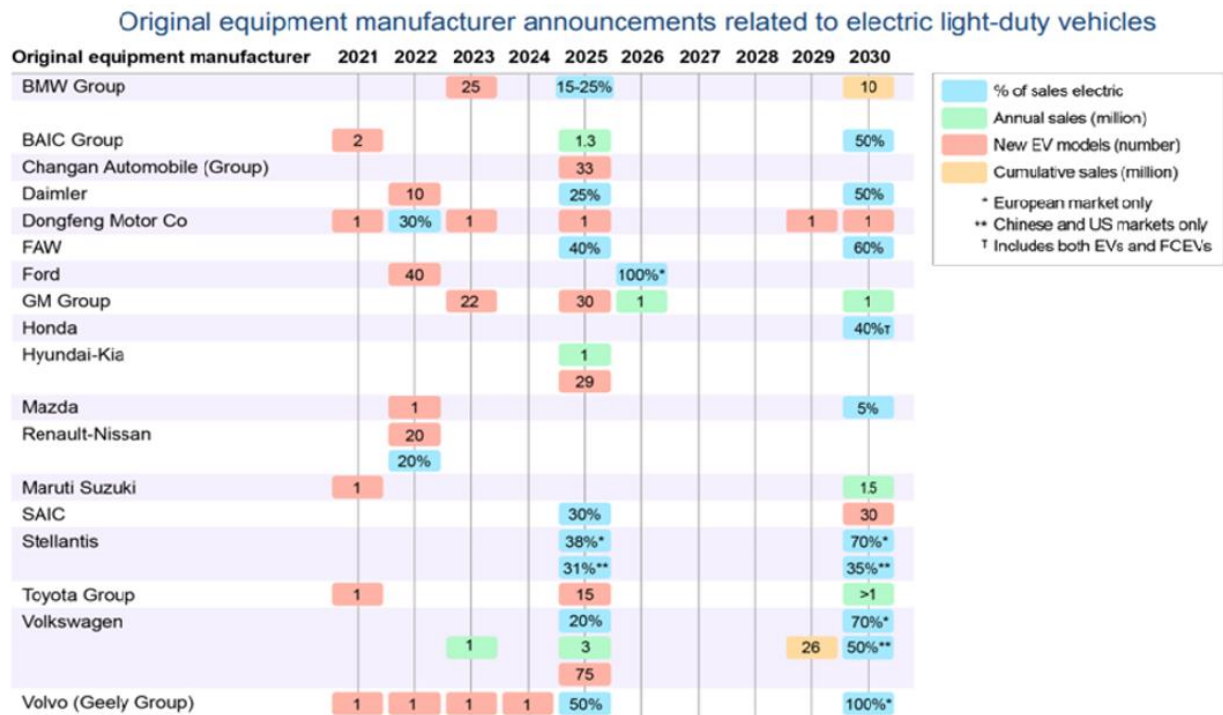
Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global EV fleet by scenario, 2020-2030



Διάγραμμα 3 : Μείωση Αέριων Θερμοκηπίου με την χρήση Η/Ο έως το 2030

Επίσης στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δέσμευση μεγάλων κατασκευαστών στο να αυξήσουν την προσφορά και τις πωλήσεις τους σε ηλεκτρικά οχήματα έως το 2030.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**



Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αυτονομία από κάποια δημοφιλή ηλεκτρικά οχήματα της εποχής μας (έτος 2022) που κυκλοφορούν.

Κατασκευαστής	Μοντέλο	Αυτονομία
BMW	i3	Έως 308 km
Tesla	Model 3	Έως 580 km
Nissan	Leaf	Έως 528 km
Honda	Honda e	Έως 220 km
Hyundai	Kona e	Έως 480 km
Kia	EV6	Έως 528 km

Πίνακας 2 : Αυτονομία Ηλεκτρικών Οχημάτων 2022



Εικόνα 14 : Ηλεκτρικά Οχήματα 2022

3.4 Ορισμός ηλεκτροκίνητων

Τα ηλεκτρικά οχήματα δίτροχα ή τετράτροχα, είναι οχήματα τα οποία προκείμενου να αποκτήσουν κίνηση χρησιμοποιούν εξολοκλήρου ή μερικώς κινητήρες που τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα. Αναλόγως του τύπου του οχήματος οι ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα μέσω των συσσωρευτών κινούν το όχημα ή συνυπάρχουν με έναν συμβατικό κινητήρα εσωτερικής καύσεως. Σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία στην Ελλάδα και συγκεκριμένα με βάση το ΦΕΚ του έτους 2019, ορίζεται ως ηλεκτρικό όχημα στη χώρα μας τα μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία διαθέτουν τουλάχιστον μια εσωτερική ηλεκτρική μηχανή λειτουργώντας ως μετατροπέας ενέργειας, διαθέτοντας σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής εξωτερικής επαναφόρτισης.

3.5 Κατηγορίες Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων

Για όπως οδικές μετακινήσεις τα ηλεκτρικά οχήματα που χρησιμοποιούνται μπορεί να έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την ύπαρξη όπως τουλάχιστον κινητήρα ηλεκτρικού ρεύματος (electric motor) όπως δεν εντάσσονται όλα στην ίδια κατηγορία αλλά διαφέρουν μεταξύ όπως. Πιο συγκεκριμένα τα ηλεκτρικά οχήματα με βάση κάποιων χαρακτηριστικών που αφορούν την λειτουργία όπως, ταξινομούνται αναλόγως σε κατηγορίες. Τα χαρακτηριστικά αυτά που οδηγούν στην διάκριση των οχημάτων μπορεί να αφορούν χαρακτηριστικά που αναφέρονται στον τρόπο με το οποίο γίνεται η τροφοδότηση όπως ηλεκτροκίνητου οχήματος, στα μηχανικά όπως μέρη και όπως τεχνολογίες με τι οποίες έχουν εξοπλιστεί κατά την κατασκευή όπως. Τα ηλεκτρικά οχήματα όπως θα δούμε παρακάτω κατηγοριοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEV), σε Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV), σε Ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο (PHEV), σε ηλεκτρικά οχήματα αυξημένης αυτονομίας (EREV) και σε ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (FCHV)

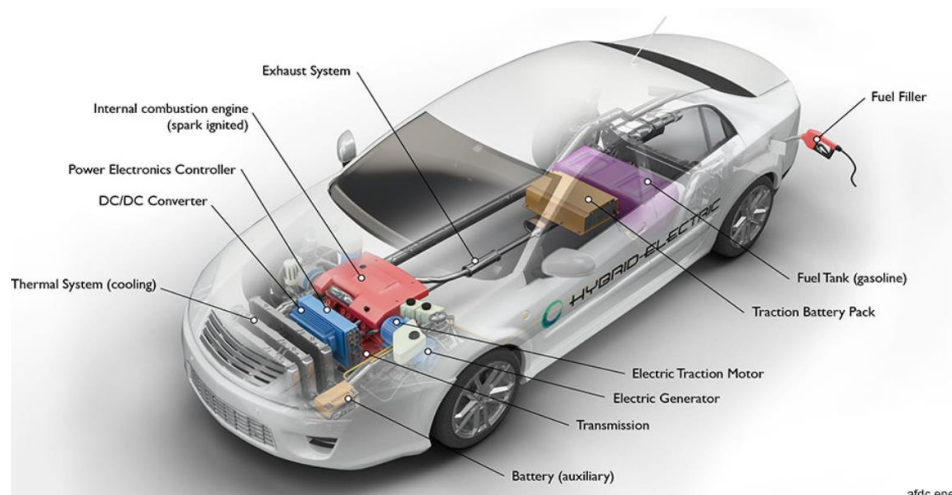
3.6 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας (Battery Electric Vehicle -BEV)

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα μπαταρίας (BEV) λειτουργούν χρησιμοποιώντας ως καύσιμο για την κίνηση στις μόνο ηλεκτρική ενέργεια. Η βασική αρχή λειτουργίας αυτών των οχημάτων είναι η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στις συστοιχίες των συσσωρευτών που είναι εγκαταστημένες στο όχημα διαμέσου φόρτισης από το δίκτυο, προκειμένου να αξιοποιηθεί αργότερα παρέχοντας με ισχύ τον ηλεκτροκινητήρα. Συνεπώς αυτού του τύπου τα οχήματα δεν διαθέτουν μηχανή εσωτερικής καύσεως (ICE) αλλά μόνο ηλεκτροκινητήρα με αποτέλεσμα την μηδενική εκπομπή καυσαερίων.

Η αυτονομία οδήγησης χωρίς ενδιάμεση φόρτιση κυμαίνεται από 150 έως 180 km ενώ μερικά αρκετά ακριβά οχήματα φτάνουν έως 300 km. Συνοψίζοντας τα οχήματα αυτά έχουν αρκετά πλεονεκτήματα απέναντι στα συμβατικά με κινητήρα εσωτερικής καύσης καθώς δεν είναι ρυπογόνα, έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης, ήσυχη και ομαλή λειτουργία, με μόνο μειονέκτημα το υψηλό κόστος αγοράς. Μερικά οχήματα τύπου BEV είναι τα Peugeot e208, Audi e-tron, Nissan leaf, VW ID4, Honda-e, κ. α.

3.7 Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicle, HEV)

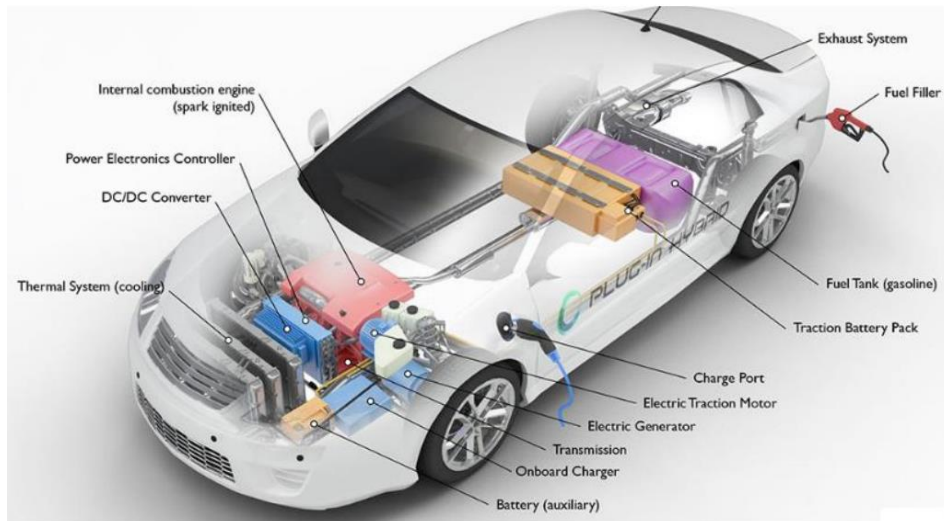
Τα Υβριδικά Οχήματα(HEV) διαθέτουν συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE), πετυχαίνοντας μεγαλύτερη οικονομία καύσιμου και χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου άνθρακα. Τα οχήματα PHEV λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια μέχρι να εξαντληθεί η μπαταρία όπου τότε δίνεται η εντολή να χρησιμοποιηθούν τα διαθέσιμα καύσιμα θέτοντας σε λειτουργία τον κινητήρα εσωτερικής καύσεως. Συνοψίζοντας ο θερμικός κινητήρας χρησιμοποιείται τόσο κατά την οδήγηση όσο και για φόρτιση του οχήματος όταν η μπαταρία είναι άδεια. Στα οχήματα αυτά εφαρμόζονται τεχνολογίες που βελτιώνουν την αποδοτικότητα, όπως η αναγεννητική πέδηση (regenerative braking) φορτίζοντας ταυτόχρονα με την πέδηση και τις μπαταρίες. Πιο συγκεκριμένα ο ηλεκτροκινητήρας κατά την επιβράδυνση του οχήματος λειτουργεί ουσιαστικά αντίστροφα(ηλεκτρικά) όπου αντί να καταναλώνει ενέργεια για να προωθεί το όχημα, ο κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια που φορτίζει τις μπαταρίες. Εκμεταλλεύεται δηλαδή την κινητική ενέργεια που απελευθερώνεται ως θερμότητα στα φρένα, αποθηκεύοντας έτσι την ενέργεια στους συσσωρευτές.



Εικόνα 15: Υβριδικό Ηλεκτρικό Όχημα HEV

3.8 Υβριδικά Ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

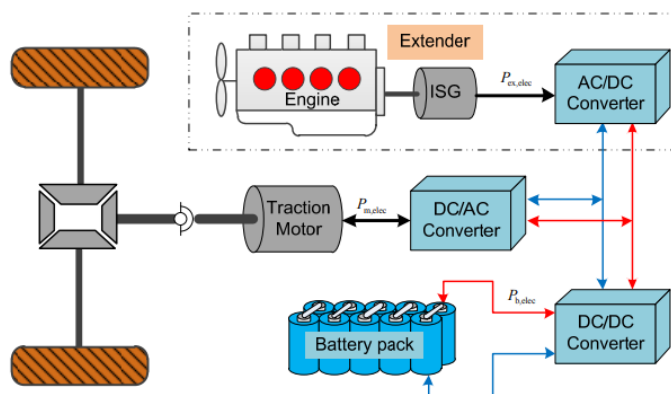
Τα οχήματα Plug-in Hybrid χρησιμοποιούν ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα μπαταρίας που φορτίζεται από εξωτερική πρίζα. Αυτό σημαίνει ότι οι συσσωρευτές που διαθέτει το όχημα μπορούν να επαναφορτιστούν μέσω της σύνδεσης του οχήματος με το ηλεκτρικό δίκτυο και όχι μόνο μέσω του κινητήρα. Δηλαδή ένα Plug-in υβριδικό όχημα λειτουργεί ακριβώς όπως ένα αμιγώς υβριδικό, με εξαίρεση ότι έχει μεγαλύτερη μπαταρία και προσφέρει επιπλέον τη δυνατότητα φόρτισης από εξωτερική πηγή. Τα Plug-in Hybrid οχήματα κινούνται όπως και τα υβριδικά πάντα με ηλεκτρική ισχύ και μόνο σε περίπτωση που αυξημένης απαίτησης σε δύναμη όπως σε μια επιτάχυνση ή σε υψηλές ταχύτητες τότε μπαίνει σε λειτουργία και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης. Τα οχήματα αυτά όπως προαναφέρθηκε έχουν συσσωρευτές μεγαλύτερης χωρητικότητας δίνοντας αυξημένη αυτονομία στο όχημα κάνοντας αποκλειστική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα PHEV είναι πιο αποτελεσματικά από τα HEV αλλά λιγότερο αποδοτικά από τα BEV και με μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.



Εικόνα 16 : Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο Plug-in Hybrid

3.9 Ηλεκτρικά οχήματα αυξημένης αυτονομίας (Extended Range Evs – EREV)

Τα οχήματα τους κατηγορίας τους, τους και τα υβριδικά οχήματα διαθέτουν μηχανή εσωτερικής καύσης σε συνδυασμό με ηλεκτρικό κινητήρα. Ωστόσο, η κίνηση του οχήματος στηρίζεται αποκλειστικά στον ηλεκτρικό κινητήρα μέσω των μπαταριών. Η μοναδική λόγος ύπαρξης του κινητήρα εσωτερικής καύσης, είναι για την φόρτιση, μέσω μιας γεννήτριας, τους κύριας μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος. Η βασική και πλήρης φόρτιση τους μπαταρίας πραγματοποιείται με την διασύνδεση του οχήματος στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσεως σε αυτά τα οχήματα είναι μικρού κυβισμού με μικρό ρεζερβουάρ καυσίμου. Ο μικρός τους σε κυβισμό κινητήρας δεν είναι άμεσα συνδεδεμένος με τους τροχούς και όταν η στάθμη των μπαταριών είναι χαμηλή τότε αναλαμβάνει να κινήσει μια γεννήτρια προκειμένου να φορτιστούν δίνοντας με αυτόν τον τρόπο την δυνατότητα αύξησης τους αυτονομίας οδήγησης (>300km). Τους οι μπαταρίες τους τέτοιου οχήματος ανακτούν χαμένη ενέργεια μέσω του συστήματος αναγεννητικής πέδησης (regenerative braking system). Τα οχήματα EREV προσφέρουν καλύτερη αυτονομία εν συγκρίσει με τα καθαρά ηλεκτρικά οχήματα BEV. Τους λόγω του κινητήρα εσωτερικής καύσεως το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τα αμιγώς ηλεκτρικά.



Εικόνα 17 : Ροή Ισχύος σε ένα Ηλεκτρικό Όχημα Αυξημένης Αυτονομίας (EREV)

3.10 Ηλεκτρικά οχήματα Κυψελών Καυσίμου (Fuel-cellElectric Vehicle)

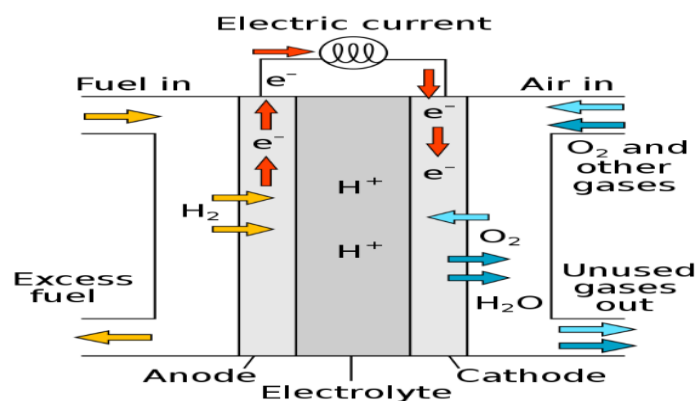
Τα ηλεκτρικά οχήματα αυτής της κατηγορίας διαθέτουν κυψέλες καυσίμου οι οποίες χρησιμοποιούν συνήθως ως κύριο καύσιμο το υδρογόνο αναλαμβάνοντας να μετατρέψουν το χρησιμοποιούμενο καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να τροφοδοτήσουν με ισχύ τον ηλεκτρικό κινητήρα. Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (FCEVs) είναι εξοπλισμένα και με μπαταρίες. Όμως η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον κινητήρα προκύπτει μόνο μέσω των κυψελών καυσίμου σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ηλεκτρικά οχήματα

(BEV, HEV, PHEV, EREV) στα οποία η ενέργεια αντλείται από τις μπαταρίες. Η ενέργεια που προκύπτει ως θερμότητα από το φρενάρισμα του οχήματος αποθηκεύεται στην μπαταρία του FCEV χάρη του συστήματος αναγεννητικής πέδησης (regenerative braking system). Η αποθηκευμένη ενέργεια από την μπαταρία θα αξιοποιηθεί από το όχημα σε περίπτωση την κυψέλη καυσίμου για την παροχή ενέργειας μικρών φορτίων και σε κατά την επιτάχυνση όταν ζητηθεί.

Οι κυψέλες καυσίμου δεν αποτελούν μια καινούρια τεχνολογία καθώς ανακαλυφθήκαν πριν πολλά χρόνια και συγκεκριμένα το 1839 από τον επιστήμονα Robert William Grove. Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν την χημική ενέργεια ενός καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Πιο συγκεκριμένα η αρχή λειτουργίας των κυψελών καυσίμου είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας έπειτα από την ηλεκτροχημική μετατροπή του υδρογόνου και του οξυγόνου σε νερό. Το ρεύμα που θα προκύψει από την ηλεκτροχημική μετατροπή της ενέργειας θα είναι συνεχές.

Η ταξινόμηση των κυψελών καυσίμου πραγματοποιείται αναλόγως τον τύπο του ηλεκτρολύτη τον οποίο χρησιμοποιούν. Το πιο συνηθισμένο είδος κυψέλης καυσίμου αποτελεί η κυψέλη μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (proton exchange membrane). Η κυψέλη διαθέτει δυο ηλεκτρόδια την άνοδο και την κάθοδο, τα οποία διαχωρίζονται μέσω της μεμβράνης ανταλλαγής ιόντων η οποία λειτουργεί ως ηλεκτρολύτης.

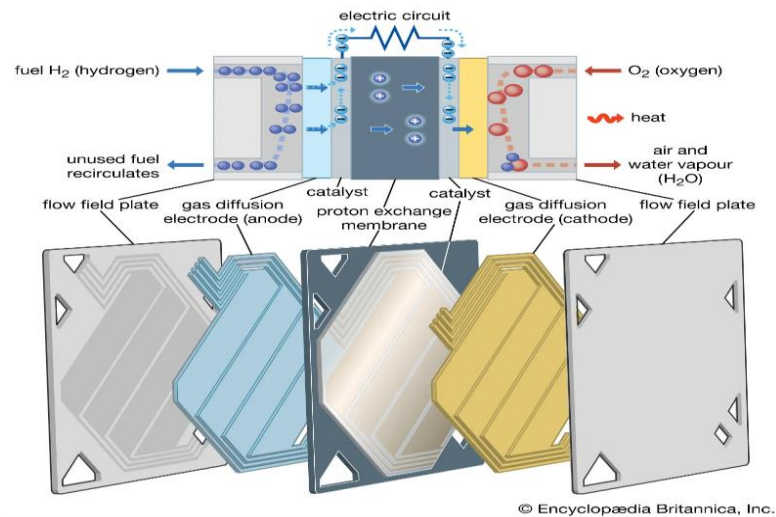
Στο αρνητικό ηλεκτρόδιο της ανόδου εισέρχεται το υδρογόνο το οποίο όταν θα έρθει σε επαφή με τον καταλυτή θα διαχωριστεί σε θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου (H^+) και σε ελεύθερα ηλεκτρόνια (e^-). Μέσω εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος τα ηλεκτρόνια που απελευθερώθηκαν, θα μεταφερθούν προς την πλευρά του θετικού ηλεκτροδίου της καθόδου παράγοντας ηλεκτρισμό, με την μεμβράνη ή ηλεκτρολύτη να μην επιτρέπει την διέλευση των ηλεκτρονίων. Συνεπώς καταλήγουμε ότι για την άνοδο και τον καταλυτή θα πρέπει να επιλέγονται αγώγιμα υλικά. Στην συνέχεια τα ιόντα υδρογόνου H^+ ρέουν προς την πλευρά του ηλεκτροδίου της καθόδου διαπερνώντας την μεμβράνη - ηλεκτρολύτη. Το θετικό ηλεκτρόδιο της καθόδου τροφοδοτείται με οξυγόνο με το οποίο θα ενωθούν τα ιόντα υδρογόνου H^+ με αποτέλεσμα να παραχθεί νερό.



Εικόνα 18 : Δομή Κυψέλης Καυσίμου

Η κατασκευαστική δομή των κυψελών καυσίμου αποτελείται από πολύ λίγα κινούμενα μηχανικά μέρη με αποτέλεσμα να προσφέρουν αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα βασικά μέρη που διέπουν μια κυψέλη καυσίμου είναι :

- Μεμβράνη ανταλλαγής ιόντων (Proton Exchange Membrane) ή Ηλεκτρολύτης (electrolyte).
- Ηλεκτρόδια (electrodes) ή ηλεκτροκαταλύτης.
- Στρώμα διάχυσης αερίων (Gas Diffusion Layers) ή Πορώδες στρώμα (Porous Backing Layer).
- Διπολικές πλάκες (Bipolar Plates) ροής καυσίμου και οξειδωτικής ουσίας.



Εικόνα 19 : Κατασκευαστικά Στοιχεία Κυψέλης Καυσίμου

Κατά την ηλεκτροχημική μετατροπή της ενέργειας σε μια κυψέλη καυσίμου προκύπτουν κάποιες χημικές αντιδράσεις. Κατά την πρώτη μισή αντίδραση στο ηλεκτρόδιο της ανόδου πραγματοποιείται οξείδωση ενώ κατά την δεύτερη μισή αντίδραση δηλαδή στο ηλεκτρόδιο της καθόδου πραγματοποιείται αναγωγή. Ακολουθούν παρακάτω οι χημικές αντιδράσεις της ηλεκτροχημικής μετατροπής μια κυψέλης καυσίμου.

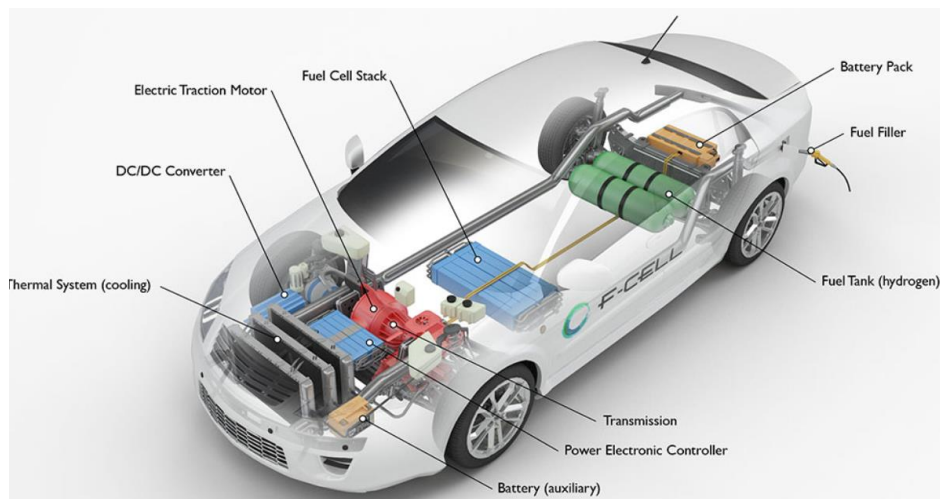
Η χημική αντίδραση που παρουσιάζεται στην άνοδο είναι η **οξείδωση**:



Η χημική αντίδραση που παρουσιάζεται στην κάθοδο είναι η **αναγωγή** :



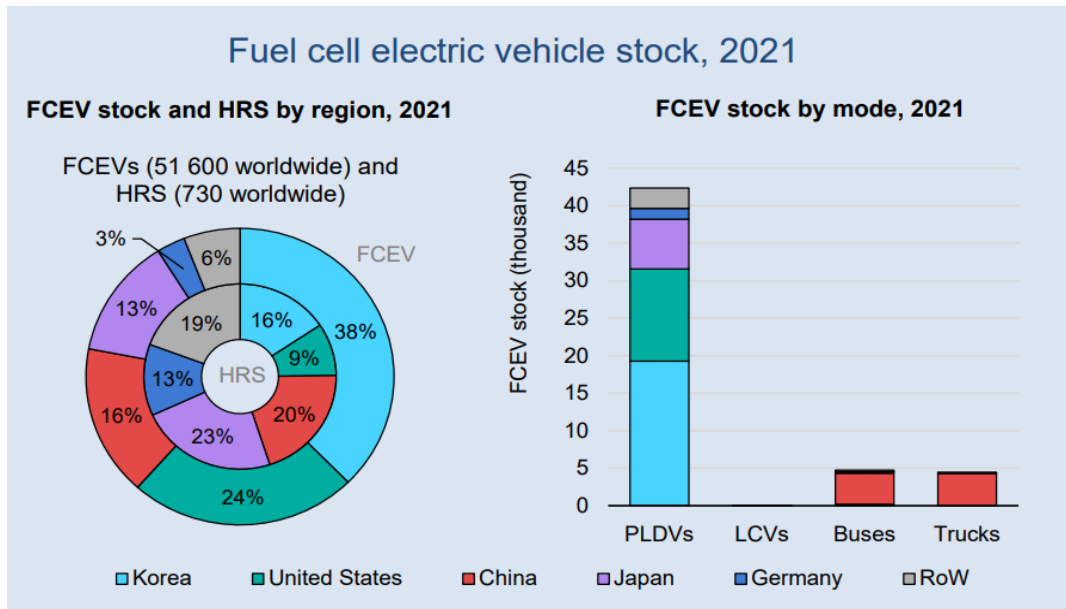
Μια κυψέλη καυσίμου μπορεί να παράγει έως **0.7 Volts** έπειτα από τις παραπάνω αντιδράσεις.



Εικόνα 20 : Ηλεκτρικό Όχημα Κυψελών Καυσίμου (FCEV)

Τα οχήματα κυψελών καυσίμων (FCEVs) που εξοπλίζονται με υδρογόνο εμφανίζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Δεν παράγουν καθόλου βλαβερές εκπομπές καυσαερίων στην ατμόσφαιρα καθώς στο σύστημα εξαγωγής τους εκπέμπουν υδρατμούς και νερό. Το υδρογόνο ως καύσιμο έχει μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα σε σχέση με την βενζίνη και συγκεκριμένα ένα χιλιόγραμμα (1 Kilogram) υδρογόνο σε αέρια μορφή αντιστοιχεί σε 2.8 χιλιόγραμμα βενζίνης (2.8 Kilogram). Ο ανεφοδιασμός τους μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε μόλις 4 λεπτά και η αυτονομία τους να ξεπεράσει τα 400 χιλιόμετρα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η αυτονομία τους δηλαδή η ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί έπειτα από την ηλεκτροχημική μετατροπή του υδρογόνου βασίζεται στην χωρητικότητα της δεξαμενής καυσίμου που διαθέτει το κάθε όχημα.

Τα FCEVs σχέση με τα υπόλοιπα ηλεκτρικά οχήματα εμφανίζουν αυτήν την στιγμή κάποιους περιορισμούς με το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα ανεφοδιασμού από αρκετά σημεία. Δηλαδή δεν έχουν την δυνατότητα όπως τα υπόλοιπα ηλεκτρικά οχήματα να ανεφοδιάζονται με ενέργεια από παντού όπως για παράδειγμα από την πρίζα του σπιτιού όπως συνηθίζεται σε ένα ηλεκτρικό όχημα. Απαιτείται δηλαδή ειδικός σταθμός ανεφοδιασμού υδρογόνου (hydrogen refuelling stations HRS) προκειμένου να ικανοποιούνται κάποιες σημαντικές τεχνικές προδιαγραφές που αφορούν την ασφάλεια, καθώς το υδρογόνο αποτελεί ένα αρκετά εύφλεκτο καύσιμο.. Επίσης το κόστος απόκτησης αλλά και συντήρησης ενός οχήματος κυψέλης υδρογόνου αυτήν την χρονική στιγμή (έτος 2022) είναι αρκετά πιο υψηλό σε σχέση από ένα αμιγώς ηλεκτρικό όχημα.



Διάγραμμα 4 : Διαθεσιμότητα Ηλεκτρικών Οχημάτων Κυψελών καυσίμου έτος 2021

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Τεχνολογία Ηλεκτρικών Οχημάτων

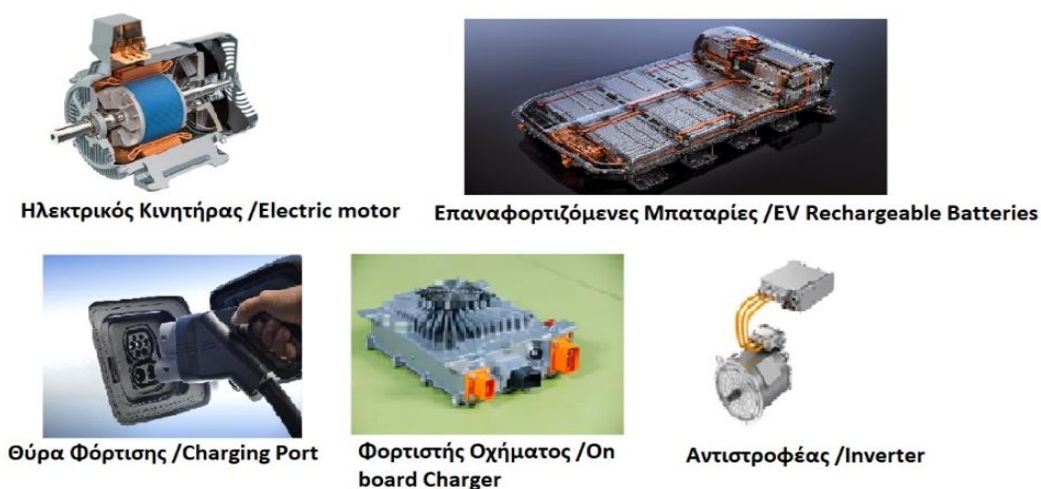
4.1 Αρχή Λειτουργίας Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων

Ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να λειτουργεί μέσω ενός ηλεκτρικού κινητήρα ή σε συνδυασμό με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Στην περίπτωση που είναι εντελώς ηλεκτρικό το όχημα διαθέτει μια μεγάλη συστοιχία συσσωρευτών παρέχοντας έτσι στον κινητήρα ηλεκτρικό ρεύμα και ανακτώντας ενέργεια φορτίζοντας τους συσσωρευτές σε μια πρίζα ή σε έναν σταθμό φόρτισης.

Πιο συγκεκριμένα ο κινητήρας αντλεί την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια από τους συσσωρευτές προκειμένου να κινήσει το όχημα, οι συσσωρευτές όταν εκφορτιστούν εντελώς το όχημα σταμάτα και ξεκινάει ο ανεφοδιασμός τους διαμέσου παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Στην περίπτωση λοιπόν που το όχημα είναι αμιγώς ηλεκτρικό δεν εκπέμπονται ρύποι αφού δεν χρησιμοποιούνται υγρά καύσιμα αξιοποιώντας την ενέργεια των μπαταριών και συνεπώς δεν υπάρχει σύστημα εξάτμισης επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Τα βασικά εξαρτήματα ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι :

- **Ηλεκτροκινητήρας** : Ο ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιώντας το ρεύμα που του παρέχουν οι συσσωρευτές αναλαμβάνει να κινήσει τους τροχούς του οχήματος.
- **Συσσωρευτές -Μπαταρίες** : Οι συσσωρευτές αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να τροφοδοτήσουν τον ηλεκτροκινητήρα που διαθέτει το όχημα. Η φόρτιση τους γίνεται μέσω απλής πρίζας ή μέσω σταθμού φόρτισης.
- **Θύρα φόρτισης**: Από την θύρα φόρτισης πραγματοποιείται η σύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος μέσω ειδικού καλωδίου με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προκειμένου να επιτευχθεί η φόρτιση των μπαταριών.
- **Ενσωματωμένος φορτιστής**: Ο ενσωματωμένος φορτιστής αναλαμβάνει το εισερχόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα από τη θύρα φόρτισης και το μετατρέπει σε συνεχές προκειμένου να φορτιστούν επιτυχώς οι συσσωρευτές.
- **Αναστροφέας ή Μετατροπέας (inverter)** : Ο Αναστροφέας αναλαμβάνει να μετατρέψει το συνεχές ρεύμα (DC) που είναι αποθηκευμένο στις μπαταρίες σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για να τροφοδοτηθεί ξανά με ισχύ ο κινητήρας.

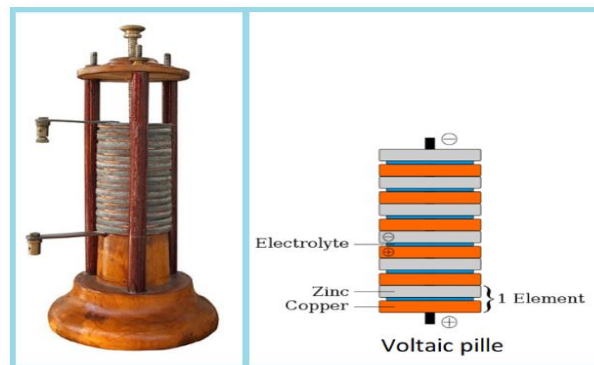


Εικόνα 21: Μέρη Ηλεκτρικού Οχήματος / EV Components

4.2 Πηγές Ενέργειας Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων

Τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν ως κύριες πηγές ενέργειας συστοιχίες μπαταριών. Οι μπαταρίες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά εξαρτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων. Ειδικότερα τα οχήματα που διαθέτουν αποκλειστικά για την κίνηση τους κινητήρα ηλεκτρικού ρεύματος όπως της κατηγορίας BEV, οι μπαταρίες αποτελούν την μοναδική πηγή ενέργειας. Πρωταρχικός ρόλος των συσσωρευτών σε ένα ηλεκτρικό όχημα είναι να παρέχει στον/στους ηλεκτροκινητήρα/ρες για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα ισχύ με την μορφή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ο όρος μπαταρία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό πολυμαθή Βενιαμίν Φραγκικό το 1749 έπειτα από ηλεκτρικά πειράματα που πραγματοποιούσε. Λίγο αργότερα ο Ιταλός φυσικός Alessandro Volta προχώρησε στην κατασκευή της πρώτης ηλεκτροχημικής μπαταρίας περιγράφοντας την ως βολταϊκό σωρό voltaic pile. Η μπαταρία αποτελούνταν από δυο ηλεκτρόδια ψευδάργυρου και χαλκού αντίστοιχα και ενός ηλεκτρολύτη από θειικό οξύ αναμειγμένο με νερό. Τα ηλεκτρόδια σχημάτιζαν ένα σωρό το ένα πάνω στο άλλο έχοντας αναμεσά τους το στρώμα του ηλεκτρολύτη. Ο Volta παρατήρησε ότι όσο αυξανόταν ο αριθμός των βολταϊκών στοιχείων υπήρξε αύξηση της τάσης με αποτέλεσμα να κατασκευάσει μια μπαταρία με όσο το δυνατόν περισσότερα βολταϊκά στοιχεία σε σειρά.

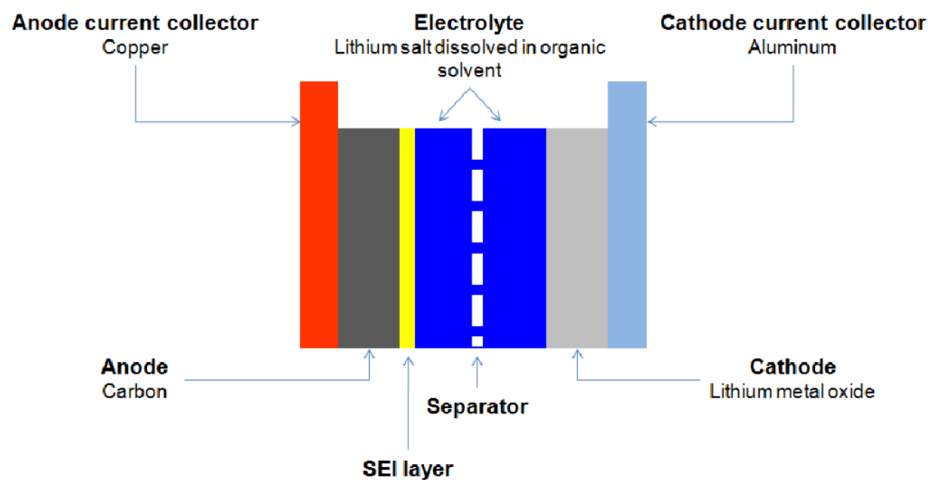


Εικόνα 22 : Πρώτη μπαταρία βολταϊκού σωρού - Alessandro Volta

Η κατασκευαστική δομή μιας μπαταρίας αποτελείται:

- Το θετικό ηλεκτρόδιο της καθόδου ή αλλιώς την θετική πλακά (positive plate)
- Το αρνητικό ηλεκτρόδιο της ανόδου ή αλλιώς την αρνητική πλακά (negative plate)
- Τον ηλεκτρολύτη (γαλβανικό στοιχείο) οποίος βρίσκεται αναμεσά στα δυο ηλεκτρόδια (άνοδος και κάθοδος) και αναλαμβάνει την μεταφορά ιόντων μεταξύ των ηλεκτροδίων. Ο ηλεκτρολύτης κατασκευάζεται από κατάλληλο υλικό έτσι ώστε να μην επιτρέπει την ελεύθερη διέλευση των ηλεκτρονίων μεταξύ των ηλεκτροδίων της ανόδου και καθόδου της μπαταρίας. Το υλικό που κατασκευάζεται βασίζεται στο τύπο της μπαταρίας.
- Τον μονωτή ή διαχωριστή (Separator) όπου τα ιόντα που μεταφέρονται από τον ηλεκτρολύτη περνούν μέσα από αυτόν με τον κύριο ρόλο του να αποτελεί η αποτροπή επαφής των δυο ηλεκτρόδια (Άνοδος – Κάθοδος).

Με βάση την επιλογή των υλικών των ηλεκτροδίων και αναλόγως τον τύπο του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται προκύπτουν διάφοροι τύποι μπαταριών με διαφορετικές ιδιότητες και τάσεις μεταξύ τους. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατασκευαστική δομή μιας μπαταρίας.



Εικόνα 23 : Βασική Δομή Μπαταρίας

Η λειτουργία οποιαδήποτε συσσωρευτή – μπαταρίας βασίζεται στην μετατροπή της χημικής ενέργειας έπειτα από την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων όπως της οξείδωσης και της ανάγωγης σε ηλεκτρική. Συνεπώς η αποθηκευμένη ενέργεια που βρίσκεται σε ένα συσσωρευτή με την μορφή χημικής ενέργειας, όταν συνδεθεί με ένα φορτίο κατανάλωσης μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Το ρεύμα των συσσωρευτών είναι συνεχές DC. Συνεπώς οι συσσωρευτές αποτελούν μια φορητή πηγή ενέργειας για οποιοδήποτε τύπου ηλεκτρικής συσκευής.

Οι επαναφορτιζόμενες ηλεκτρικές μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα (**EVB - Electric Vehicle Battery**) διαφέρουν με τις υπόλοιπες μπαταρίες που κυκλοφορούν (μπαταρίες φωτισμού, εκκίνησης). Έπειτα από εκτεταμένες έρευνες χρόνων η τεχνογνωσία σχετικά με την κατασκευή μπαταριών είναι αρκετά αυξημένη με αποτέλεσμα την ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων την τελευταία δεκαετία. Πολλές κατασκευάστριες εταιρίες οχημάτων παγκοσμίως επενδύουν μεγάλα κεφάλαια στην έρευνα για κατασκευή συσσωρευτών νέου τύπου με βελτιωμένα χαρακτηριστικά μειώνοντας ταυτόχρονα και κόστος παραγωγής τους. Δηλαδή στοχεύουν στην παράγωση συσσωρευτών με σημαντικά ικανή αυτονομία και ισχύ πάντα σε σχέση με τις διαστάσεις και το βάρος τους αλλά και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Συνεπώς οι μπαταρίες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά εξαρτήματα ενός ηλεκτρικού οχήματος καθώς καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό το κόστος κατασκευής και την αυτονομία του.

4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών

Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων αξιολογούνται με βάση κάποιων τεχνικών χαρακτηριστικών. Πιο συγκεκριμένα τα κυρία χαρακτηριστικά της είναι :

- **Ενεργειακή πυκνότητα (Energy Density)** : Ο όρος ενεργειακή πυκνότητα αναφέρεται στο συνολικό ποσό ενέργειας που εμπεριέχεται σε μια μπαταρία συγκρινόμενη πάντα με το βάρος που ζυγίζει. Δηλαδή αποτελεί το αποτέλεσμα μέτρησης της ενέργεια που προσφέρει μια μπαταρία πάντα σε αναλογία με το βάρος της. Το μέγεθος της ενεργειακή πυκνότητα μιας μπαταρίας μετράτε συνήθως σε Βατ – ώρες ανά κιλό (Wh/kg) ή σε Βατ – ώρες ανά λίτρο (Wh /L) όταν μετριέται το βάρος της λίτρα (Ογκομετρική Μέτρηση). Μια μπαταρία με μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα μπορεί να προσφέρει ενέργεια για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα σε σχέση με μια άλλη με χαμηλότερη χωρίς της να καταλαμβάνει περισσότερο χώρο. Η ενεργειακή πυκνότητα που προσμετράτε σε ενέργεια ανά μονάδα μάζας αναφέρεται και ως ειδική ενέργεια.
- **Πυκνότητα Ισχύος (Power Density)** : Ο όρος πυκνότητα ισχύος αναφέρεται στην ποσότητα μεταφέρεται στην έξοδο της συστήματος συνάρτηση του βάρους του. Δηλαδή αφορά την μέτρηση της ενέργειας που μπορεί να προσφέρει μια ηλεκτρική μπαταρία στην έξοδο της. Μια μπαταρία όσο

μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος έχει τόσο περισσότερη θα είναι και η ενέργεια που θα προσφέρει. Συνεπώς ο ορός διαφέρει σε σχέση με τον ορό της ενεργειακής πυκνότητας όπου εκεί περιγραφόταν η ποσότητα ενέργειας συνάρτηση του χρόνου που μπορούσε να προσφέρει μια μπαταρία. Η πυκνότητα ισχύος μετριέται σε Βατ ανά κιλό W/Kg.

4.4 Συσσωρευτές Μολύβδου οξέος /Lead acid

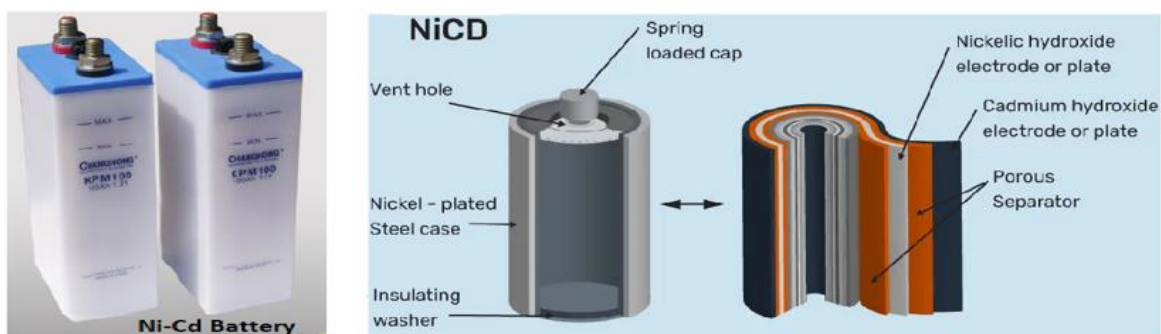
Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι αρκετά διαδεδομένες καθώς αποτελούν μια αρκετά παλιά τεχνολογία συσσωρευτών ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκεκριμένη τεχνολογία εφευρέθηκε το 1859 από τον Γάλλο φυσικό Gaston Planté και εξακολουθεί να εφαρμόζεται μέχρι σήμερα σε οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης αλλά και σε ηλεκτρικά. Παλαιότερα, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μολύβδου-οξέος λόγω της υψηλής διαθεσιμότητας τους και του χαμηλού κόστους τους. Έχουν σχετικά χαμηλό κόστος, μεγάλες απαιτήσεις σε μάζα και σε όγκο με ειδική ενέργεια (30-50Wh/kg). Μια μπαταρία μολύβδου οξέος δεν πρέπει να αποφορτίζεται κάτω από το 50% της χωρητικότητάς της, καθώς μειώνετε η διάρκεια ζωής. Σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος η συγκεκριμένη τεχνολογία συσσωρευτών εμφανίζει μειωμένη απόδοση και ικανότητα αποθήκευσης. Επίσης έχουν περιορισμένη χωρητικότητα, η οποία προσφέρει μικρή αυτονομία και σύντομο χρόνο ζωής με μέσο όρο τα 3 χρόνια.



Εικόνα 24 : Μπαταρία Μολύβδου οξέος /Lead acid

4.5 Συσσωρευτές Νικελίου καδμίου / Nickel Cadmium

Οι μπαταρίες Νικελίου-καδμίου έχουν ελαφρώς υψηλότερη ειδική ενέργεια σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου οξέος (30–80 W·h/kg) και μεγάλη διάρκεια ζωής αφού επιτρέπουν την πλήρη εκφόρτιση τους χωρίς να επηρεάζεται η απόδοσή τους. Η ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών αυτών είναι μικρή (περίπου 55Wh/kg) συγκριτικά με την αντίστοιχη των μπαταριών Ιόντων Λιθίου αλλά μεγαλύτερη σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου οξέος. Αυτός ο τύπος μπαταρίας είναι αρκετά ώριμος και η πιθανότητα του να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι η ίδια με το να χρησιμοποιηθεί μπαταρία μολύβδου οξέος. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι η τοξικότητα του καδμίου και το κόστος εγκατάστασής τους.



Εικόνα 25 : Μπαταρία Νικελίου καδμίου / Nickel Cadmium

Οι συσσωρευτές NiCd διακρίνονται σε τρεις τύπους αναλόγως τον σχεδιασμό και κατασκευή των ηλεκτροδίων τους. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν 3 κύριοι τύποι συσσωρευτών NiCd:

- Συσσωρευτές που διαθέτουν ηλεκτρόδια λεπτών πλακών με θήκες (pocket plate batteries),
- Συσσωρευτές που διαθέτουν ηλεκτρόδια από πλάκες πυροσυσσωματωμένου μετάλλου (sintered plate batteries)
- Συσσωρευτές που διαθέτουν με ηλεκτρόδια από πλάκες με ίνες νικελίου (fiber nickel cadmium batteries – FNC batteries).

Το γαλβανικό στοιχείο, που αποτελεί τη βασική μονάδα ενός συσσωρευτή νικελίου-καδμίου είναι:

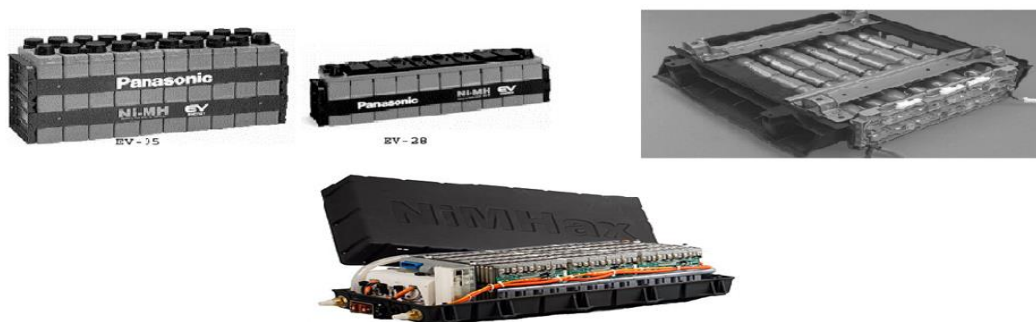


Έχοντας αντιστρεπτό δυναμικό 1,48 V ανά στοιχείο, το οποίο πέφτει απότομα στην τιμή των 1,25 - 1,30 V, με ονομαστική τάση περίπου 1,2 V ανά στοιχείο.

4.6 Συσσωρευτές Νικελίου Υδριδίου Μετάλλου /Nickel-metal-Hydride (NiMH) :

Οι μπαταρίες Νικελίου /Υδριδίου Μετάλλου είναι μια επιπλέον ανάπτυξη των μπαταριών νικελίου καδμίου. Αναπτύχθηκαν κατά την δεκαετία του 1970 έπειτα από ερευνά που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να βρεθεί τρόπος για την αποθήκευση του υδρογόνου χρησιμοποιώντας το ως εναλλακτική πηγή ενέργειας. Η βασική τους διαφορά από τους συσσωρευτές NiCd έγκειται στην χρησιμοποίηση υδρογόνου ως ενεργό υλικό στο αρνητικό ηλεκτρόδιο με αποτέλεσμα την προσρόφηση του στο κράμα μετάλλων σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο υδρίδια (MH).

Σε αντίθεση με τις μπαταρίες νικελίου καδμίου μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη ειδική ενέργεια, μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας δυο φορές περίπου από τους συσσωρευτές μόλυβδου-οξέος και κατά 40% υψηλότερη από των NiCd και αρκετά μεγάλο χρόνος ζωής. Ο κύκλος ζωής είναι πολύ μεγαλύτερος από τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέος. Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιείται κυρίως σε υβριδικά-ηλεκτρικά οχήματα και λιγότερο σε εντελώς ηλεκτρικά (BEV). Το κόστος κατασκευής μπαταριών NiMH είναι χαμηλότερο σε σχέση με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου αλλά με περίπου 40% χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από αυτές. Επίσης οι μπαταρίες NiMH μπορούν να αντέξουν σε δύσκολες καιρικές συνθήκες όπως αυξημένο κρύο και ζεστή. Οι συσσωρευτές αυτού του τύπου δεν περιέχουν κάδμιο με αποτέλεσμα να είναι πιο φιλικό για το περιβάλλον



Εικόνα 26 : Μπαταρία Νικελίου Υδριδίου Μετάλλου /(NiMH)

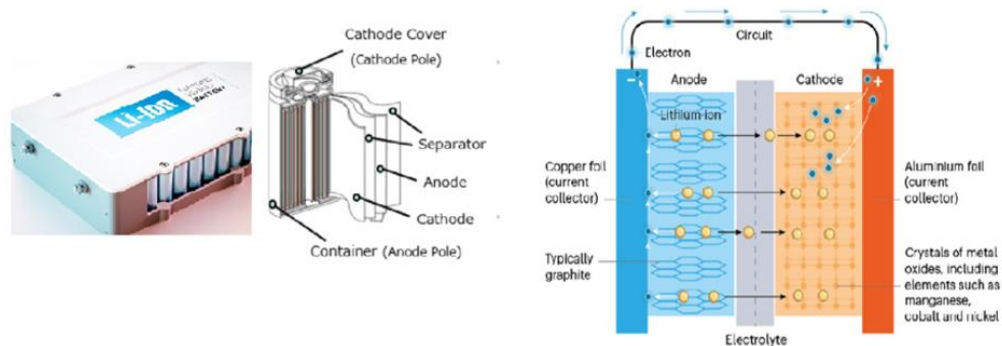
4.7 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου (lithium ion)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90, όπου οι μπαταρίες αυτές άρχισαν να διατίθενται στο εμπόριο για χρήση σε φορητούς υπολογιστές και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης. Η βασική αρχή λειτουργίας των μπαταριών ιόντων λιθίου βασίζεται στην μεταφορά ιόντων λιθίου εσωτερικά από ένα στρώμα, που ονομάζεται άνοδος, σε ένα άλλο, που λέγεται κάθοδος. Πιο συγκεκριμένα οι κυψέλες ιόντων-λιθίου παράγουν ηλεκτρισμό όταν τα ιόντα λιθίου ρέουν από την άνοδο προς την κάθοδο μέσω ενός

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

ηλεκτρολύτη αναγκάζοντας τα ηλεκτρόνια να ρέουν γύρω από ένα εξωτερικό κύκλωμα. Η φόρτιση αντιστρέφει τη διαδικασία. Οι συσσωρευτές αυτής της τεχνολογίας εφαρμόζονται σήμερα ευρέως σε ηλεκτρονικές συσκευές με άριστη αποδοτικότητα. Η εφαρμογή σε ηλεκτρικά οχήματα είναι ιδιαίτερα ελκυστική, αφού διαθέτουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου, προσφέροντας έτσι ιδιαίτερα αυξημένη αυτονομία. Συγκεκριμένα έχουν υψηλή αναλογία ισχύος προς βάρος, υψηλή ενεργειακή απόδοση, καλή απόδοση σε υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή αυτοεκφόρτιση.

Οι συγκεκριμένες μπαταρίες παρουσιάζουν περίπου 2-3 φορές μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα από άλλες τεχνολογίες μπαταριών (300Wh/kg ή 100Wh/kg) έχοντας μεγάλη διάρκεια ζωής με 1000 πλήρους κύκλους λειτουργίας. Υπολογίζεται ότι μια μπαταρία ιόντων λιθίου ενός ηλεκτρικού οχήματος θα διατηρήσει το 90% της αρχικής χωρητικότητάς της μετά από 6 χρόνια. Όμως δεδομένα μελετών δείχνουν ότι η έκθεση των μπαταριών Li-ion σε υψηλές θερμοκρασίες και η χρήση γρήγορης φόρτισης (Fast Charging) προκαλούν πρόωρη γήρανση των μπαταριών. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθιστούν την τεχνολογία αυτή ιδανική για εφαρμογές σε ηλεκτρικά οχήματα, επιτρέποντας μεγαλύτερη αυτονομία οδήγησης συγκριτικά με τη τεχνολογία μόλυβδου-οξέος και άλλες. Παραδείγματα χρήσης μπαταριών Ιόντων Λιθίου σε ηλεκτρικά οχήματα : BMW i3, Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV, κτλ.



Εικόνα 27 : Μπαταρία Ιόντων λιθίου (lithium ion)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Διασύνδεση Δικτύου και Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

5.1 Αλληλεπίδραση μεταξύ των Η/Ο και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

Τα ηλεκτρικά οχήματα αντλώντας ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο πραγματοποιούν τον ανεφοδιασμό των συσσωρευτών τους, δηλαδή την φόρτιση τους (Grid to Vehicle, G2V). Επομένως θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα οχήματα αυτά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελούν για αυτό ένα επιπλέον φορτίο ζήτησης. Όμως γνωρίζοντας ότι ένα πλήρες φορτισμένο ηλεκτροκίνητο όχημα αποτελεί μια σημαντική αποθήκη ενέργειας, το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να επωφεληθεί σημαντικά από ένα τέτοιου είδους όχημα. Πιο συγκεκριμένα η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε να αλλάξει κατεύθυνση δηλαδή να μην πάει από το δίκτυο στο όχημα αλλά από το όχημα στο δίκτυο εξυπηρετώντας τις ανάγκες του όταν τα φορτία που έχουν συνδεθεί σε αυτό είναι αυξημένα. Άρα με αυτόν τον τρόπο τα ηλεκτρικά οχήματα μέσω της αποθηκευμένης ενέργειας των συσσωρευτών τους μπορούν να υποστηρίξουν το δίκτυο μεταφέροντάς του ενέργεια (V2G).

Το δίκτυο θα μπορούσε με αυτόν τον τρόπο να ωφεληθεί σημαντικά λαμβάνοντας την απαραίτητη υποστήριξη σε ενέργεια από τα οχήματα σε περιόδους χαμηλής παραγωγής και αυξημένης ζήτησης φορτίων. Συνεπώς παρατηρούμε την αλληλεπίδραση που μπορεί να υπάρξει αναμεσα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και σε ένα ηλεκτρικό όχημα αλλάζοντας μόνο την κατεύθυνση της ηλεκτρικής ενέργειας.

5.1.1 Λειτουργία Vehicle to Grid (V2G)

Η λειτουργία Vehicle to Grid (V2G) αφορά την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη στους συσσωρευτές των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά την λειτουργία Vehicle to Grid (V2G) δίνεται η δυνατότητα στα Η/Ο να επιστρέψουν πίσω στο δίκτυο την ηλεκτρική ενέργεια που απορρόφησαν κατά την φόρτιση τους. Την δυνατότητα να υποστηρίξουν το δίκτυο με ηλεκτρική ενέργεια έχουν τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEVs) καθώς και τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (Hybrid Plug-in Hybrid).

Τα ηλεκτρικά οχήματα γνωρίζουμε ότι αποτελούν ένα εξτρά φορτίο για το δίκτυο όμως θα μπορούσαν κάτω από προϋποθέσεις να υπάρξουν σημαντικός παράγοντας εξισορρόπησης στην ζήτηση ισχύος. Πιο συγκεκριμένα σε περιόδους όπου η ζήτηση ισχύος είναι αυξημένη, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά το δίκτυο επιστρέφοντας πίσω σε αυτό την ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στις μπαταρίες τους. Δηλαδή με την συγκεκριμένη λειτουργία (V2G), τα ηλεκτρικά οχήματα όταν κριθεί απαραίτητο αναλόγως πάντα τις ανάγκες του δικτύου εκφορτίζουν μεταφέροντας του την διαθέσιμη ισχύ των συσσωρευτών τους. Για την λειτουργία V2G απαιτούνται ειδικές υποδομές προκειμένου το δίκτυο να μπορεί να λάβει επιτυχώς την επιστρεφόμενη ενέργεια από τα οχήματα. Επίσης ένα σύστημα V2G προϋποθέτει την επικοινωνία του ηλεκτρικού οχήματος με το δίκτυο μέσω ειδικών συστημάτων προκειμένου να υπάρξει αμφίδρομη ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας

5.1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Η τεχνολογία Vehicle-to-Grid έχει την δυνατότητα να προσφέρει κάποια πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω σε περιόδους όπου υπάρχει πολύ μεγάλη ζήτηση από τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, τα Η/Ο θα μπορούσαν να βελτιώσουν σημαντικά την ισχύ του δικτύου. Δηλαδή θα μπορούσαν να φορτίσουν όταν η ζήτηση δεν είναι μεγάλη και υπάρχει αρκετή ενέργεια από το δίκτυο και να την επιστρέψουν σε αυτό σε περιπτώσεις όπου υπάρχει χαμηλή παραγωγή ισχύος. Πιο συγκεκριμένα τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η λειτουργία V2G είναι :

- Εξισορροπείται η αυξημένη ζήτησή των φορτίων του δικτύου γνωστή και ως μετατόπιση φορτίου, όπου με την λειτουργία V2G επιλέγεται πότε θα πραγματοποιηθεί η εκφόρτιση των συσσωρευτών των Η/Ο για την κάλυψη των αναγκών και πότε θα γίνει ο ανεφοδιασμός των οχημάτων.
- Συμβάλλοντας σημαντικά στην αποθήκευση ενέργειας συμπληρώνοντας την παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
- Μείωση του κόστους χρήσης, παρέχοντας έλεγχο φόρτισης. Δηλαδή το σύστημα αναλόγως την τιμή του ρεύματος επιλέγει τον ρυθμό φόρτισης, φορτίζοντας το όχημα με γρήγορο ή αργό ρυθμό παρέχοντας του περισσότερο ή λιγότερο ρεύμα.
- Μια υποδομή φόρτισης με σύστημα V2G μπορεί να ρυθμίσει την τάση και την συχνότητα κατά την φόρτιση. Με την ρύθμιση της τάσης επιλέγοντας την γωνιά της φάσης εξισορροπείται η άεργος ισχύς ενώ με την ρύθμιση της συχνότητας ισορροπείται η κατανάλωση και παραγωγή της ενεργού ισχύος.

5.2 Είδη Τροφοδότησης Ηλεκτρικών Οχημάτων από Σταθμούς Φόρτισης

Η φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να γίνει είτε μέσω AC Ρεύμα είτε DC Ρεύμα. Συνεπώς έχουμε τις παρακάτω πιθανές φορτίσεις:

- **Μονοφασική AC φόρτιση:** Συνήθως πραγματοποιείται μέσω συνηθισμένων οικιακών συσκευών και παρέχει επίπεδα ισχύος που είναι σχετικά χαμηλά συγκρινόμενα με τη χωρητικότητα της μπαταρία.
- **Τριφασική AC φόρτιση:** Απαιτεί την πρόσβαση σε τριφασική τροφοδοσία και μπορεί να παρέχει μεγαλύτερα επίπεδα φόρτισης σε σχέση με αυτά της μονοφασικής φόρτισης. Αυτό συμβαίνει επειδή η χρήση των τριών φάσεων αντί για μίας επιτρέπει την μετάδοση περισσότερης ισχύος χωρίς την αύξηση του ρεύματος ή της τάσης.
- **DC φόρτιση:** Απαιτεί έναν ειδικό εξωτερικό φορτιστή ο οποίος θα παρέχει συνεχές ρεύμα στο ηλεκτρικό όχημα. Αυτή η μέθοδος μπορεί να υλοποιηθεί με σκοπό να παρέχει υψηλά επίπεδα φόρτισης σε δημόσιους χώρους.

5.3 Τρόποι Σύνδεσης Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

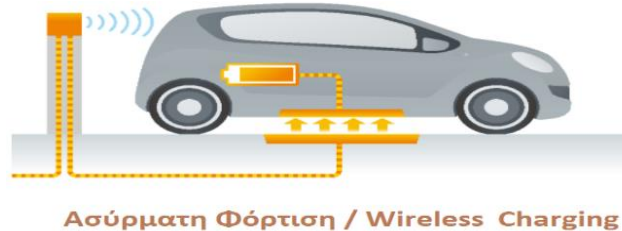
- **Ενσύρματη Φόρτιση :** Η αγωγίμη φόρτιση απαιτεί σύνδεση με επαφή μεταξύ του οχήματος και της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Πιο συγκεκριμένα για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων απαιτείται κατάλληλος ηλεκτρικός εξοπλισμός, δηλαδή καλώδια και βύσματα τα οποία ακολουθούν τα διεθνή πρότυπα για την ηλεκτροκίνηση. Ο έλεγχος της φόρτισης επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος ελέγχου το οποίο βρίσκεται εντός του οχήματος. Αποτελεί το πιο συνηθισμένο τρόπο σύνδεσης για την φόρτιση των οχημάτων καθώς είναι παρόμοιος και απλοϊκός όσο η σύνδεση οποιασδήποτε συσκευής στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Εικόνα 28 : Φόρτιση Οχήματος με Αγωγίμη Σύνδεση

- **Ασύρματη Επαγωγική φόρτιση :** Η επαγωγική φόρτιση γνωστή και ως ασύρματη φόρτιση κατά την οποία η σύνδεση του σταθμού φόρτισης και του οχήματος για τον ανεφοδιασμό του πραγματοποιείται μέσω επαγωγικής σύζευξης και όχι με αγωγούς απευθείας. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στο προς φόρτιση όχημα επιτυγχάνεται μέσω μαγνητικού πεδίου. Δηλαδή μεταφέρεται ισχύ δημιουργώντας μαγνητική σύζευξη μεταξύ ενός πρωτεύοντος τυλίγματος στην μεριά της τροφοδοσίας και ενός δευτερεύοντος τυλίγματος στην μεριά του οχήματος. Επιπλέον, αφού η μπαταρία του οχήματος έχει DC

τάση και μπορεί να φορτίσει μόνο με συνεχές ρεύμα, το εναλλασσόμενο ρεύμα εξόδου του δευτερεύοντος τυλίγματος ανορθώνεται πριν καταλήξει στην μπαταρία. Η ασύρματη φόρτιση εμφανίζει κάποια πλεονεκτήματα έναντι της ενσύρματης, όπως την απουσία καλωδίων για την σύνδεση της υποδομής με το όχημα κάνοντας πιο εύκολη και ξεκούραστη την όλη διαδικασία στον χρήστη. Επίσης λόγω ότι ο χρήστης δεν έρχεται σε επαφή με τους αγωγούς και τον σταθμό φόρτισης εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ασφάλεια σε περίπτωση κάποιας βλάβης μόνωσης. Όμως λόγω κάποιων περιορισμών όπως η πολυπλοκότητα και το υψηλό κόστος μιας εγκατάστασης ασύρματης φόρτισης δεν βοηθούν στην επικράτηση της.



Εικόνα 29 : Φόρτιση Οχήματος με Ασύρματη Σύνδεση

5.4 Παράμετροι που επηρεάζουν την ταχύτητα φόρτισης Η/Ο

Η ταχύτητα φόρτισης των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού οχήματος επηρεάζεται από τέσσερις συγκεκριμένους παράγοντες :

- **Χωρητικότητα μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος:** Όσο μεγαλύτερη είναι η μπαταρία ενός ηλεκτρικού οχήματος, τόσο περισσότερο χρόνο θα χρειαστεί προκειμένου να επιτευχθεί ο ανεφοδιασμός του. Η χωρητικότητα της μπαταρίας μετριέται σε kWh.
- **Μέγιστη υποστηριζόμενη ισχύ φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος:** Πιο συγκεκριμένα, στις φορτίσεις εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), η ισχύς φόρτισης καθορίζεται από τον μετατροπέα (on-board charger) που διαθέτει το αυτοκίνητο και ο οποίος καθορίζει τα Ampere που αυτό θα απορροφήσει. Ο εσωτερικός μετατροπέας (on-board charger) του ηλεκτρικού οχήματος καθορίζει την μέγιστη ισχύ που μπορεί να απορροφήσει κατά την φόρτιση του το όχημα. Συνεπώς για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερος ανεφοδιασμός θα πρέπει η ισχύς φόρτισης του σταθμού να συμβαδίζει με την μέγιστη ισχύ που μπορεί να υποστηρίξει ο μετατροπέας του ηλεκτρικού οχήματος έτσι ώστε το όχημα να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες μιας υποδομής φόρτισης.
- **Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας:** Καθορίζεται από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και από τις εγκατεστημένες καλωδιώσεις. Η παροχή μια υποδομής φόρτισης μπορεί να είναι μονοφασική ή τριφασική, με τις περισσότερες κατοικίες να έχουν ως μέγιστο ρεύμα 25A ή 35A. Ο κεντρικός διακόπτης στον ηλεκτρικό πίνακα εντός της κατοικίας, αναφέρει τις παραπάνω προδιαγραφές.
- **Φορτιστής:** Αναλόγως τον φορτιστή μεταβάλλεται και ο χρόνος φόρτισης. Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να προμηθεύσει ο φορτιστής το όχημα με όριο πάντα την υποστηριζόμενη ισχύ από τον μετατροπέα (on-board charger) καθορίζει και την ταχύτητα φόρτισης.
- **Περιβαλλοντικές Συνθήκες :** Αναλόγως τις συνθήκες περιβάλλοντος που υπάρχουν σε ένα χώρο που στεγάσετε μια υποδομή φόρτισης μπορεί να καθορίσει σημαντικά τον χρόνο φόρτισης ενός οχήματος.

5.5 Λειτουργία Σταθμών Φόρτισης



Εικόνα 30 : Σταθμός Φόρτισης Η/Ο

Σταθμός Φόρτισης ονομάζεται σημείο ανεφοδιασμού ηλεκτρικής ενέργειας για την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος. Πιο συγκεκριμένα ένας σταθμός φόρτισης εξασφαλίζει την ασφαλή σύνδεση μεταξύ του οχήματος και της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να επαναφορτίσουν οι μπαταρίες του. Συμβάλει στην ασφαλή φόρτιση διαθέτοντας αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ φορτιστή και αυτοκινήτου διατηρώντας έτσι το όχημα ασφαλές κατά τη φόρτιση. Εφαρμόζει το κατάλληλο ρεύμα φόρτισης το μέγιστο ρεύμα που συμφωνά πάντα με το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να λάβει το προς φόρτιση όχημα. Επίσης μπορεί να ανιχνεύσει τυχόν σφάλματα αποσυνδέοντας την τροφοδοσία και αποτρέποντας ζημιά στην μπαταρία ή ακόμα χειρότερα, αποτρέποντας μια πυρκαγιά. Οι σταθμοί φόρτισης έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν ταχύτερη φόρτιση σε υψηλότερες τάσεις και ρεύματα από τις οικιακές μονάδες.

5.6 Κατηγοριοποίηση Σταθμών Φόρτισης Βάσει του Χώρου Εφαρμογής

Ο ανεφοδιασμός των συμβατικών οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους-σταθμούς πραγματοποιώντας κάτω από συνθήκες ασφαλείας την τροφοδότησή τους με υγρά καύσιμα. Το ίδιο θα ισχύσει και για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια, προϋποθέτοντας ειδικές υποδομές φόρτισης προκειμένου να πραγματοποιηθεί αποτελεσματική και ασφαλής σύνδεση των οχημάτων με το δίκτυο. Λόγω της μεγάλης έκτασης του δικτύου δύναται η δυνατότητα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης οχημάτων σε αρκετές τοποθεσίες.

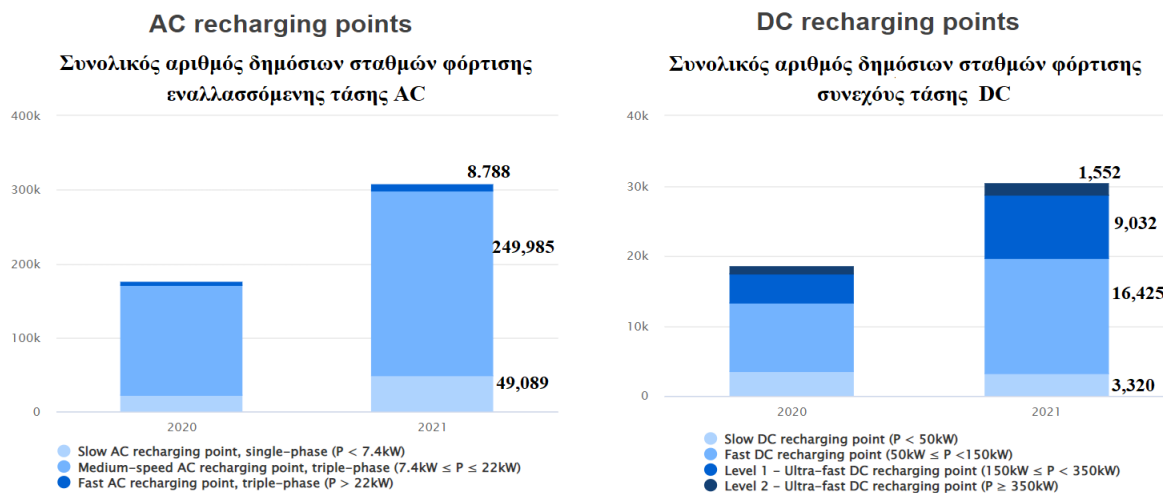
Αναλόγως τον χώρο που εγκαθίσταται ένας σταθμός φόρτισης καθορίζονται αρκετοί παράμετροι για την φόρτιση ενός οχήματος, όπως ο χρόνος παραμονής του, η αυτονομία που μπορεί να προσφέρει ο σταθμός και το τυχόν οικονομικό όφελος που μπορεί να έχει ο ιδιοκτήτης πράγματα τα οποία θα αναλυθούν στην συνέχεια. Συνεπώς οι πιθανές τοποθεσίες που θα μπορούσε να εγκατασταθεί ένας σταθμός φόρτισης κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- 1) **Ιδιωτικοί χώροι φόρτισης με ιδιωτική πρόσβαση:** Αφορά εγκατεστημένους σταθμούς φόρτισης που βρίσκονται σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης όπως μια οικία με δυνατότητα πρόσβασης από τον ιδιοκτήτη ή τους ενοίκους που διαμένουν σε αυτήν. Πρόκειται για εγκατάσταση με χαμηλό κόστος καθώς περιλαμβάνει απλή φόρτιση αφού απαιτείται μόνο κάποια παροχή ρεύματος προϋποθέτοντας όμως την ύπαρξη προστασίας γείωσης.
- 2) **Ιδιωτικοί χώροι φόρτισης με δημόσια πρόσβαση :** Συμπεριλαμβάνονται μεγάλοι χώροι στάθμευσης όπως εμπορικά καταστήματα σουπερμάρκετ και εστιατόρια. Επίσης ιδιωτικοί χώροι εργασίας όπως μεγάλες εταιρίες απασχόλησης αρκετών εργαζομένων προκειμένου να φορτίζονται κατά την διάρκεια της εργασίας τους τα ηλεκτρικά οχήματα τους.
- 3) **Δημόσιοι χώροι φόρτισης με δημόσια πρόσβαση :** Εγκατεστημένοι σταθμοί φόρτισης σε δημόσιους δρόμους εξυπηρετώντας οδηγούς ηλεκτρικών οχημάτων που δεν έχουν την δυνατότητα φόρτισης των οχημάτων τους στην οικία τους. Σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας έχουν αρχίσει να εγκαθίστανται σταθμοί ταχείας φόρτισης προκειμένου να μειωθούν σημαντικά οι χρόνοι φόρτισης ώστε να αυξηθεί η αυτονομία των οχημάτων και είναι εφικτή η μετακίνησή τους σε μεγάλες αποστάσεις.

Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους. Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος

Με βάση τα στοιχεία που δίνονται από την ευρωπαϊκή επιτροπή (European Commission) στο τομέα των μεταφορών υπάρχουν περισσότερα από τριακόσες χιλιάδες (300. 000 publicly accessible recharging points) εγκατεστημένα σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων δημοσίας πρόσβασης, για φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος AC αλλά και φόρτιση με συνεχές ρεύμα DC αργής έως ταχείας (Slow AC/DC- Fast AC/ Fast and Ultra-Fast Dc Recharging point).

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα των εγκατεστημένων δημόσιων σημείων φόρτισης τα οποία αντλούνται από την ευρωπαϊκή επιτροπή (European Commission) στα οποία γίνεται διάκριση ανάλογα με τον τύπο ρεύματος και την ισχύ φόρτισης.

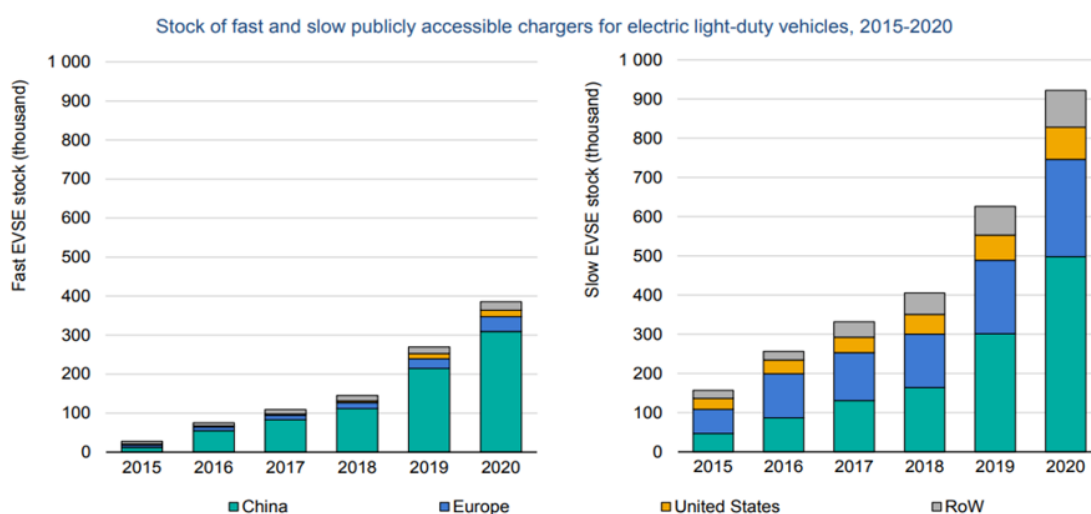


European Commission

European Alternative Fuels Observatory : European Union (EU27)

Διάγραμμα 5 : Συνολικός Αριθμός Δημοσίων Σταθμών AC και DC Τάσης

Τα εγκατεστημένα σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων δημοσίας πρόσβασης φθάνουν τα 1. 3 εκατομμύρια παγκοσμίως έως και το 2020. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται ο αριθμός των εγκατεστημένων φορτιστών ανά τον κόσμο αργής και ταχείας φόρτισης δεδομένα που προέκυψαν από το διεθνή οργανισμό ενέργειας **IEA** (International Energy Agency).



Διάγραμμα 6 : 1. 3 εκατομμύρια Δημόσια σημεία Ταχείας και Αργής Φόρτισης

5.7 Κατηγοριοποίηση Φόρτισης Βάσει του Χρόνου Ολοκλήρωσης

- **Αργή Φόρτιση / Οικιακή Φόρτιση**

Αργή φόρτιση ή φόρτιση κανονικής ισχύος, με μονοφασική παροχή και ονομαστική ισχύ χαμηλότερη από 3.7 kW. Η φόρτιση του οχήματος γίνεται με τον καλώδιο που συνήθως δίνεται μαζί με το όχημα μπορεί να γίνει από μια απλή οικιακή μονοφασική πρίζα (Mode 1), που πρέπει να διαθέτει όμως κάποιες ελάχιστες προδιαγραφές (π. χ. ξεχωριστή γραμμή με δική της ασφάλεια στον πίνακα χαμηλής τάσης) είτε από μια συσκευή φόρτισης με ειδικό βύσμα (Mode 3).. Συνεπώς ο χρόνος φόρτισης χρησιμοποιώντας μια οικιακή πρίζα τύπου Σούκο από μια συνηθισμένη μονοφασική παροχή, είναι αρκετά μεγάλος και μπορεί να ξεπεράσει και τις 8ώρες προκειμένου να φορτιστούν οι μπαταρίες του οχήματος.

- **Ημιταχεία Φόρτιση / Κοινόχρηστη Φόρτιση:**

Κατά την Ημιταχεία Φόρτιση παρέχεται στο προς φόρτιση όχημα μεγαλύτερη ισχύ μέσω ειδικής συσκευής φόρτισης. Οι συσκευές ημιταχείας φόρτισης παρέχουν εναλλασσόμενο ρεύμα με ισχύ από 3,7kw έως 22kw. Τοποθετούνται σε κοινόχρηστα σημεία, όπως σε πεζοδρόμια, οργανωμένους χώρους στάθμευσης, super markets κλπ. Ο χρόνος φόρτισης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος είναι σύντομος καθώς η φόρτιση διαρκεί από 1 έως 5 ώρες αναλόγως την χωρητικότητα των συσσωρευτών. Με την Οδηγία 2014/94 ΕΕ, που ενσωματώθηκε και στο Ελληνικό δίκαιο με το Ν. 4439/2016, καθιερώθηκε ως κοινό Ευρωπαϊκό στάνταρ ρευματοδότη το πρότυπο πρίζας EN62196-2 Τύπου 2 για όλους τους δημόσια προσβάσιμους σταθμούς φόρτισης στις χώρες της ΕΕ. Οποιοσδήποτε φορτιστής βρίσκεται σε ιδιωτικό ή δημόσιο χώρο και έχει δημόσια πρόσβαση απαιτείται να συνδέεται με πλατφόρμα ηλεκτροκίνησης και να διαχειρίζεται τη λειτουργία του ένας πιστοποιημένος και πλήρως χαρακτηρισμένος φορέας ηλεκτροκίνησης ο λεγόμενος ΦΕΥΦΗΟ (Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων).

- **Ταχεία Φόρτιση :**

Οι σταθμοί ταχυφόρτισης παρέχουν είτε συνεχές ρεύμα (DC) έντασης ως 50 kw σήμερα και έως 150 kW πολύ σύντομα, είτε και εναλλασσόμενο (AC) με ισχύ έως 44 kW για οχήματα που διαθέτουν ενσωματωμένο ταχυφορτιστή. Μια επαναφόρτιση σε ποσοστό 85% - 90% της μπαταρίας διαρκεί από 25' έως 45' ανάλογα και με τον τύπο του οχήματος, τη χωρητικότητα των μπαταριών του και την εξωτερική θερμοκρασία. Προϋπόθεση της ταχυφόρτισης είναι η ύπαρξη αντίστοιχης δυνατότητας του οχήματος, ενώ στις περιπτώσεις των ταχυφορτιστών συνεχούς ρεύματος το καλώδιο με το αντίστοιχο βύσμα είναι πάντοτε ενσωματωμένα στο σταθμό ταχυφόρτισης. Υπάρχουν δύο βασικά πρότυπα βύσματος και συστήματος ταχυφόρτισης με συνεχές ρεύμα, το πρότυπο CHAdeMO, το πρότυπο CCS (Combo).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Κανονισμοί και Πρότυπα Υποδομών Φόρτισης Η/Ο

6.1 Διεθνή Πρότυπα Ηλεκτροκίνησης

Λόγω της τεράστιας ανάπτυξης που παρουσιάζει η ηλεκτροκίνηση τα τελευταία χρόνια κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργηθούν κάποια πρότυπα στοχεύοντας στην ασφαλή φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα έχουν αναπτυχθεί σημαντικά πρότυπα τα οποία πρέπει υποχρεωτικά να ακολουθούνται από τους κατασκευαστές και από τους ιδιοκτήτες των οχημάτων. Δηλαδή είναι πρότυπα με βάση τα οποία πραγματοποιείται η σύνδεση των οχημάτων με το ηλεκτρικό δίκτυο προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματικά ο ανεφοδιασμός τους.

Με σημαντικό γνώμονα την γεωγραφική περιοχή και τις αντίστοιχες απαιτήσεις του δικτύου ακολουθούνται τα ανάλογα πρότυπα τα οποία καθορίζουν τις προδιαγραφές φόρτισης των οχημάτων που αφορούν τις μεθόδους φόρτισης, τα καλώδια, τους υποδοχείς φόρτισης αλλά και άλλες σημαντικές παραμέτρους όπως τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και ασφάλειας. Στην Ευρώπη υιοθετούνται κυρίως τα πρότυπα IEC 61851-1 και IEC 62196-1/IEC 62196-2, της «Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής» (IEC – International Electrotechnical Commission), ενώ στις ΗΠΑ ακολουθούνται τα πρότυπα της SAE (Society of Automobile Engineers) και στην Ιαπωνία τα πρότυπα JEVS (Japan Electric Vehicle Standard).

Προτυποποίηση σταθμών φόρτισης κατά IEC, SAE και GB :

Συνεπώς τα πρότυπα που πρέπει να τηρούνται κατά την αλληλεπίδραση μεταξύ σταθμού φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος σε κάθε επίπεδο, είναι τα παρακάτω:

- Καλώδια και Υποδοχείς Φόρτισης - IEC 62196
- Τοπολογίες φόρτισης ενσύρματης/ασύρματης- IEC 61851/61980
- Επικοινωνίες ISO/IEC 15118, IEC 61850, GB/T27930 και SAEJ2931
- Ασφάλεια IEC 62351 και ISO/IEC 15118



Εικόνα 31 : Πρότυπα Σταθμών Φόρτισης Η/Ο

6.2 Πρότυπο Φόρτισης IEC 61851

Το IEC 61851 είναι ένα από τα πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής για ηλεκτρικά οδικά οχήματα και ηλεκτρικά βιομηχανικά φορτηγά και είναι υπό την ευθύνη της Τεχνικής Επιτροπής IEC 69 (TC69).

Το συγκεκριμένο πρότυπο περιλαμβάνει σημαντικές τεχνικές απαιτήσεις που αφορούν τα συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με αγώγιμη επαφή.

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851, η διαδικασία φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος, δηλαδή η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή από το ηλεκτρικό δίκτυο στον συσσωρευτή του οχήματος, διακρίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά της σε τέσσερις κατηγορίες, τις λεγόμενες μεθόδους φόρτισης (charging modes). Το πρότυπο αυτό έχει κυκλοφορήσει σε τρία μέρη έχοντας ως γενικό τίτλο «Σύστημα φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων δια αγωγίμης επαφής». Το πρώτο μέρος του προτύπου περιλαμβάνει τις ορολογίες και προδιαγραφές των υφιστάμενων τρόπων φόρτισης μέσω αγωγίμης σύνδεσης. Το πρότυπο IEC 61851-1 που έχει εκδώσει η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή για το "σύστημα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων" ορίζει τέσσερις μεθόδους λειτουργίας φόρτισης, που αφορούν:

- Τον **τύπο της ισχύος** που προμηθεύεται το EV, δηλαδή εάν η φόρτιση γίνεται από μονοφασική ή τριφασική παροχή (AC, DC, 1φ ή 3φ).
- Το **επίπεδο της τάσης** φόρτισης (Μέγιστη Τάση φόρτισης).
- Την **ύπαρξη ή απουσία γείωσης** και γραμμών ελέγχου για να επιτραπεί ένας μονοδιάστατος ή αμφίδρομος διάλογος μεταξύ του σταθμού φόρτισης και του EV.
- Την παρουσία και την τοποθεσία **συσκευής προστασίας**.

6.3 Μέθοδοι Φόρτισης H/O IEC 61851-1 / Modes of Charging IEC 61851-1

Μέθοδος 1 (Mode 1):

Η **Μέθοδος 1 (Mode 1)** αποτελεί έναν από τους απλούστερους τρόπους φόρτισης επιτρέποντας στον χρήστη την φόρτιση του ηλεκτρικού του οχήματος, αξιοποιώντας απλά ένα κοινό οικιακό ρευματοδότη και το καλώδιο φόρτισης που συνήθως εμπεριέχετε στο όχημα. Πιο συγκεκριμένα το προς φόρτιση ηλεκτρικό όχημα συνδέεται μέσω αγωγίμης επαφής, σε παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος (ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης AC) χρησιμοποιώντας μια κοινή οικιακή ηλεκτρική πρίζα μονής φάσης ή τριών φάσεων κάνοντας χρήση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης προστασίας. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης δεν υπερβαίνει τα **16 A** ανά φάση και τάση **230V/AC** σε μονοφασική ή **400V/ AC** για τριφασική παροχή.

Η ισχύς φόρτισης είναι συνήθως **3,6 kW (μονοφασικό)**. Αποτελεί **αργή** μέθοδο φόρτισης καθώς απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα προκειμένου οι συσσωρευτές του οχήματος να επέλθουν σε κατάσταση πλήρης φόρτισης προϋποθέτοντας την μακρόχρονη παραμονή του οχήματος στο χώρο φόρτισης (Οικία). Περίπου για την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος με την μέθοδο αυτή απαιτούνται περίπου **5-6 ώρες** προκειμένου οι συσσωρευτές του να φθάσουν στο **85%**.

Έχει εφαρμογή περισσότερο σε δίτροχα, τρίκυκλα, και κυρίως σε ελαφρά οχήματα, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν διαθέτει **διατάξεις προστασίας** από υπερένταση και διαρροή προς τη γη, καθώς και από την απουσία **συστήματος ελέγχου της φόρτισης**.



Εικόνα 32: Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 1 / Mode 1

Μέθοδος 2 (Mode 2):

Χρησιμοποιώντας την Μέθοδο 2 (Mode 2) η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος πραγματοποιείται μέσω εναλλασσόμενου ρεύματος AC αλλά απαιτεί διαφορετική υποδομή σε σχέση με την πρώτη μέθοδο. Πιο συγκεκριμένα το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται από μια παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος AC του ηλεκτρικού δικτύου χαμηλής τάσης διαμέσου ενός κοινού ρευματοδότη που συναντάμε σε μια οικία, χρησιμοποιώντας όμως κατάλληλη συσκευή φόρτισης με καλώδιο και βύσμα, η οποία εμπεριέχει αγωγό ελέγχου (control pilot) και διάταξη προστασίας από ηλεκτροπληξία. Δηλαδή μεταξύ του καλώδιο σύνδεσης αυτοκινήτου και ρευματοδότη μεσολαβεί η συσκευή φόρτισης (In-Cable Control and Protective Device–IC-CPD) προσφέροντας την απαραίτητη προστασία(RCD) αλλά και την απαραίτητη επικοινωνία συσκευής- οχήματος συμβάλλοντας στο μέγιστο για την ομαλή φόρτιση του οχήματος.

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης ορίζεται στα 32 A και τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια τάσης είναι 230V/AC 1Φ ή 400V/ AC 3Φ με ισχύς φόρτισης 7. 2kW για μονοφασική παροχή. Οι χρόνοι φόρτισης με αυτήν την μέθοδο είναι ελαφρώς καλύτεροι αλλά και πάλι απαιτεί την στάθμευση του οχήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα προκειμένου να ανεφοδιαστούν με ρεύμα οι συσσωρευτές. Συνοψίζοντας η Μέθοδος 2 (Mode 2) προσφέρει Βραδεία φόρτιση από ρευματοδότη γενικής χρήσεως με διάταξη προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας (RCD) επί του καλωδίου.

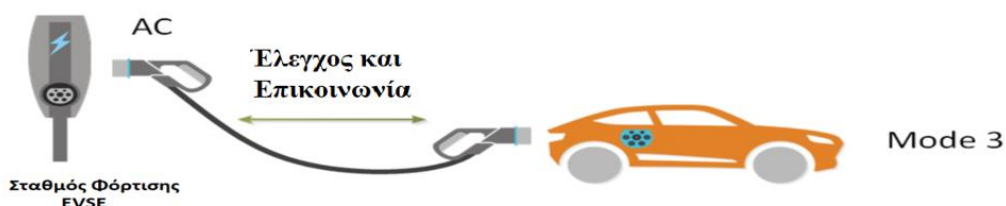


Εικόνα 33 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 2/ Mode 2

Μέθοδος 3 (Mode 3):

Αποτελεί τον ασφαλέστερο και ταχύτερο τρόπο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων προϋποθέτοντας όμως την εγκατάσταση ειδικής συσκευής φόρτισης, η οποία θα είναι σε θέση να παρέχει με ασφάλεια μεγαλύτερη ισχύ κατά την φόρτιση του οχήματος σε σχέση με ένα κοινό οικιακό ρευματοδότη. Πιο συγκεκριμένα η φόρτιση του οχήματος πραγματοποιείται μέσω συσκευής φόρτισης η οποία είναι μόνιμα συνδεδεμένη στο δίκτυο διαθέτοντας κατάλληλο σύστημα ελέγχου και προστασίας τροφοδοτώντας με εναλλασσόμενη τάση το προς φόρτιση όχημα. Δηλαδή το ηλεκτρικό όχημα είναι άμεσα συνδεδεμένο μέσω αγωγίμης επαφής στην παροχή εναλλασσόμενης τάσης AC, με την παροχή να προσφέρει προστασία ενάντια σε τυχόν ηλεκτροπληξία του χρήστη.

Η φόρτιση πραγματοποιείται κάτω από ασφαλές συνθήκες αφού λόγω των ειδικών συστημάτων εποπτείας που διαθέτουν οι συσκευές αυτές εξασφαλίζεται η απαραίτητη επικοινωνία αναμεσα στο όχημα και στο ρευματοδότη για την έγκαιρη διάγνωση σφαλμάτων. Οι συσκευές φόρτισης ή σταθμοί φόρτισης (EVSE) μπορεί να είναι επίτοιχες γνωστές ως Wall box ή επιδαπέδιες. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης ορίζεται στα 63 A ανά φάση, δίνοντας μέγιστη ισχύς φόρτισης έως 14. 5 kW για μονοφασική σύνδεση και μέχρι 44 kW για τριφασική σύνδεση.



Εικόνα 34 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 3 /Mode 3

Συνοψίζοντας η Μέθοδος 3 (Mode 3) προσφέρει από βραδεία έως και ημιταχεία φόρτιση, επιτρέπει ταχύτερες φορτίσεις από Mode 1 και Mode 2 και οι σταθμοί αυτοί είναι εξοπλισμένοι με όλα τα απαραίτητα μέσα προστασίας έχοντας την δυνατότητα να επιτυγχάνουν υψηλή ισχύ φόρτισης μειώνοντας τον χρόνο φόρτισης του οχήματος. Η Μέθοδος 3 χρησιμοποιείται σε οικιακούς αλλά και σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους.

Μέθοδος 4 (Mode 4):

Στη μέθοδο αυτή περιλαμβάνεται η φόρτιση με συνεχές ρεύμα (DC charging) για γρήγορη έως πολύ γρήγορη φόρτιση. Στην Ευρώπη υπάρχουν δύο πρότυπα σύνδεσης, α) το Ευρωπαϊκό Combo 2 ή CCS (Combined Charging System) που έχει επιλεγεί για τους δημόσιους σταθμούς φόρτισης και β) το Ιαπωνικό CHAdeMO, που έχει μέχρι τώρα τη μεγαλύτερη χρήση διεθνώς.

Η συγκεκριμένη Μέθοδος χαρακτηρίζεται από Ταχεία ή Υπερταχεία φόρτιση που πραγματοποιείται από έναν εξωτερικό φορτιστή ο οποίος παρέχει συνεχές (DC) ρεύμα στο προς φόρτιση όχημα. Συγκεκριμένα το εναλλασσόμενο ρεύμα AC από το δίκτυο μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα DC στον εξωτερικό φορτιστή προκειμένου να διοχετευθεί στους συσσωρευτές του οχήματος. Βέβαια υπάρχει και η περίπτωση όπου το ρεύμα από το δίκτυο να είναι κατευθείαν συνεχές DC ρεύμα. Παρατηρούμαι λοιπόν κατά την φόρτιση με την μέθοδο 4 επιτρέπεται η διέλευση συνεχούς DC ρεύματος μεγάλης ισχύος από τη συσκευή φόρτισης προς το συσσωρευτή του οχήματος, παρακάμπτοντας τον μετατροπέα του οχήματος (on-board charger). Για το παραπάνω λόγο είναι δυνατή η φόρτιση του συσσωρευτή του οχήματος με συνεχές ρεύμα (DC) μεγαλύτερης ισχύος, κάνοντας έτσι την φόρτιση κατά αυτό τον τρόπο ταχύτερη. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο φόρτισης έτσι και σε αυτήν εμπεριέχονται οι κατάλληλες διατάξεις προστασίας από υπερφόρτιση και σφαλμάτων διαρροής προς τη γη, καθώς και σύστημα ελέγχου και επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και της συσκευής φόρτισης.

Παρέχονται τάσεις από 400 V μέχρι 600 V φτάνοντας μέγιστο ρεύμα φόρτισης έως τα 400 A, ενώ ισχύς φόρτισης που επιτυγχάνεται συνήθως είναι 50 έως και 150kW. Λόγω των υψηλών αυτών επιπέδων ισχύος υπάρχουν και αυξημένες απαιτήσεις για τις υποδομές εγκατάστασης τέτοιων σταθμών όπως είναι το υψηλό κόστος αυτών των υποδομών φόρτισης φθάνοντας αρκετές δεκάδες χιλιάδες ευρώ. Η Μέθοδος 4 εντοπίζεται κυρίως σε δημόσιες ή εμπορικές εφαρμογές.



Εικόνα 35 : Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος με την Μέθοδο 4 /Mode 4

Συμπεράσματα:

Συνοψίζοντας τις παραπάνω μεθόδους φόρτισης, με βάση τη νομοθεσία ΦΕΚ 50B/2015, η Μέθοδος 3 (Mode 3) και η Μέθοδος 4 (Mode 4), όπως αυτές καθορίζονται από το πρότυπο IEC 61851-1 «Electric Vehicle Conductive Charging System», είναι εκείνες που καθίστανται ως αποδεκτές για τη φόρτιση των συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, που δύνανται να εγκατασταθούν στις υφιστάμενες ή υπό αδειοδότηση εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων (σταθμοί φόρτισης). Τα ηλεκτρικά οχήματα, των οποίων η φόρτιση των συσσωρευτών τους, πραγματοποιείται με εναλλασσόμενο ρεύμα, δηλαδή, χρησιμοποιώντας την Μέθοδο 1 (Mode 1), Μέθοδο 2 (Mode 2) και Μέθοδο 3 (Mode 3), διαθέτουν στο όχημα τον δικό τους εξοπλισμό φόρτισης. Σε αντίθεση με την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με συνεχές ρεύμα, χρησιμοποιώντας δηλαδή τη Μέθοδο 4 (Mode 4), όπου ο εξοπλισμός φόρτισης βρίσκεται στον εξοπλισμό του σταθμού φόρτισης.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων μεθόδων φόρτισης. Για τον υπολογισμό της μέγιστης ισχύος θεωρείται σύνδεση της συσκευής φόρτισης σε δίκτυο ΧΤ 230/400 V, ενώ οι τιμές αυτές αφορούν τη φόρτιση ενός και όχι περισσότερων οχημάτων ταυτόχρονα.

Μέθοδος /Mode	Μέγιστη Ισχύς (kW)	Μέγιστο Ρεύμα (A)	Ενσωματωμένες Διατάξεις Προστασίας και Ελέγχου	Χρόνος Φόρτισης	Χρήση σε Εγκατάσταση
Mode 1	3,7 kW (1Φ) 11 kW (3Φ)	16 A	ΟΧΙ	Αργός	Οικιακή
Mode 2	7,4 kW (1Φ) 22 kW (3Φ)	32 A	ΝΑΙ	Μέτριος	Οικιακή
Mode 3	16 kW (1Φ) 44 kW (3Φ)	70 A (1Φ) 63 A (3Φ)	ΝΑΙ	Μέτριος	Οικιακή , Εμπορική , Δημόσια
Mode 4	50 έως και 150kW	400 A	ΝΑΙ	Ταχύς	Εμπορική , Δημόσια

Πίνακας 3 : Συνοπτικός Πίνακας Χαρακτηριστικών Μεθόδων Φόρτισης Η/Ο

6.4 Επίπεδα φόρτισης των σταθμών

Ενώ όμως στην Ευρώπη χρησιμοποιείται το πρότυπο IEC 62196, το οποίο διαχωρίζει τους τρόπους φόρτισης, ώστε να κατηγοριοποιήσει τον εξοπλισμό φόρτισης, στην Αμερική οι τρόποι φόρτισης, χαρακτηρίζονται ως επίπεδα φόρτισης.

- **Επίπεδο 1 / Level 1 :** Η φόρτιση επιπέδου 1 περιλαμβάνει την σύνδεση ενός ηλεκτρικού οχήματος σε μια κοινή οικιακή πρίζα παρέχοντας τάσεις από 120 V έως 230 V αναλόγως πάντα σε ποια χώρα πραγματοποιείται ο ανεφοδιασμός του οχήματος και ισχύς συνήθως έως 3 kW. Η σύνδεση του οχήματος γίνεται με το ειδικό καλώδιο του κατασκευαστή το οποίο είναι κατάλληλο για αυτό το επίπεδο φόρτισης. Συνεπώς η φόρτιση αυτή προσφέρει χαμηλή ισχύ με αποτέλεσμα το όχημα να έχει πολύ αργό ρυθμό φόρτισης και ο ανεφοδιασμός του να κρατήσει αρκετές ώρες.
- **Επίπεδο 2 / Level 2 :** Για την φόρτιση επιπέδου 2 γίνεται χρήση ενός σταθμού φόρτισης (EVSE) οποίος μπορεί να τοποθετηθεί σε κάποιον τοίχο, στύλο(επιτοίχιος) ή ακόμη μπορεί να στέκεται στο έδαφος(επιδαπέδιες) προσφέροντας γρηγορότερη φόρτιση από το επίπεδο 1. Σε αυτό το επίπεδο παρέχεται μέσω του σταθμού μεγαλύτερη ισχύς φόρτισης και συγκεκριμένα από 3kW έως 22kW μειώνοντας έτσι τον χρόνο ανεφοδιασμού /στάσης του οχήματος.
- **Επίπεδο 3 / Level 3 :** Η φόρτιση επιπέδου 3 η οποία είναι γνωστή και ως ταχεία φόρτιση υποστηρίζοντας περισσότερη ισχύ, παρέχοντας πολύ γρήγορη φόρτιση. Πιο συγκεκριμένα η φόρτιση επιπέδου 3 μπορεί να φορτίσει πολύ άμεσα ένα όχημα προσφέροντας του μεγάλη αυτονομία σε πολύ μικρό χρόνο. Η μέγιστη ισχύς που παρέχεται με τον εξοπλισμό επιπέδου 3/Level 3 φόρτισης είναι ικανή να αναπληρώσει περισσότερο από την μισή χωρητικότητα μπαταριών ενός EV σε λιγότερο από μισή ώρα. Οι σταθμοί φόρτισης επιπέδου 3 μπορούν να παρέχουν στο όχημα DC τάση με μέγιστη ισχύ 150 kW. Συνεπώς το επίπεδο 3 αποτελεί μια πολύ γρήγορη μέθοδο φόρτισης και είναι ιδανική για τοποθεσίες σύντομης στάσης όπως δημοσίους αυτοκινητοδρόμους και πρατήρια καυσίμων για τον άμεσο ανεφοδιασμό των οχημάτων.

6.5 Πρότυπα Ρευματοδοτών και Βυσμάτων

Οι ρευματοδότες και τα βύσματά που χρησιμοποιούνται για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων βασίζονται σε συγκεκριμένα πρότυπα. Τα υπάρχοντα πρότυπα που υιοθετούνται αν τον κόσμο είναι τα εξής :

- Το **πρότυπο IEC 62196** το οποίο εφαρμόζεται στην Ευρώπη, περιλαμβάνει όλες τις τεχνικές προδιαγραφές σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα βύσματα, ρευματοδότες, και τις υποδοχές προκειμένου να πραγματοποιηθεί καταλληλά η φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος. Το συγκεκριμένο πρότυπο χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα (IEC 62196-1, IEC 62196-2, IEC 62196-3).
- Το **πρότυπο “SAE J1772”** “Σύνδεσμος για τη φόρτιση ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών αυτοκινήτων” το οποίο περιλαμβάνει τις προδιαγραφές για τις υποδοχές αλλά και για τα αντίστοιχα βύσματα αγωγίμης φόρτισης οχημάτων και εφαρμόζεται κυρίως στην Β. Αμερική και την Ιαπωνία.

Παρακάτω θα αναλυθούν τα παραπάνω προαναφερθέντα πρότυπα Ρευματοδοτών και Βυσμάτων.

6.6 Πρότυπο IEC 62196

Στην Ευρώπη έχει επικρατήσει το πρότυπο IEC 62196 στο οποίο εμπεριέχονται όλες οι βασικές απαιτήσεις σχετικά με τα βύσματα, τους ρευματοδότες και τις υποδοχές για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων (**AC /DC φορτιση**). Το πρότυπο αυτό στο σύνολο του αναφέρεται στα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούνται για τις υποδοχές και τα καλώδια διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρικών οχημάτων και υποδομών φόρτισης για την περίπτωση της ενσύρματης επαφής, είτε με συνεχές είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα. Όπως προαναφέρθηκε το συγκεκριμένο πρότυπο χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα (IEC 62196-1, IEC 62196-2, IEC 62196-3).

Η πρώτη έκδοση του προτύπου είναι η IEC 62196-1 η οποία δημοσιεύτηκε κατά το έτος 2003 σύμφωνα με την οποία έγινε η τυποποίηση των βυσμάτων και συνδέσμων που χρησιμοποιήθηκαν για τις υποδομές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων περιλαμβάνοντας τεχνικές απαιτήσεις σχετικά με την φόρτιση εναλλασσόμενης και συνεχής τάσεως. Όσον αφορά την εφαρμοζόμενη τάση και το ρεύμα λειτουργίας, το πρότυπο καθορίζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- 690V AC 50Hz – 60Hz, το ονομαστικό ρεύμα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 250A,
- 1500V DC το ονομαστικό ρεύμα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 400A.

Η δεύτερη έκδοση του προτύπου IEC 62196-2 οποία παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2011 αποτέλεσε επέκταση της πρώτης έκδοσης, το οποίο αναφέρεται στις προδιαγραφές και στις διαστάσεις βυσμάτων και συνδέσμων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος ηλεκτρικών οχημάτων με τις μεθόδους φόρτισης 1, 2 και 3, όπως έχουν περιγραφεί στο πρότυπο IEC 61851. Συγκεκριμένα στο πρότυπο αναφέρονται τρεις τύποι βυσμάτων και υποδοχών δηλαδή το βύσμα **Τύπου 1**, **Τύπου 2** και **Τύπου 3**. Η τρίτη έκδοση του προτύπου IEC 62196-3 η οποία δημοσιεύθηκε το 2014, το οποίο περιλαμβάνει τις τεχνικές απαιτήσεις βυσμάτων και υποδοχών για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με συνεχές ρεύμα κατά την μέθοδο φόρτισης 4, όπως για παράδειγμα το βύσμα συνδυασμένης Φόρτισης ή CCS(Combined Charging System). Τα δημοφιλέστερα βύσματα και υποδοχές που εμπεριέχονται στο συγκεκριμένο πρότυπο είναι τα βύσματα **Τύπου 1** και **Τύπου 2** και αφορούν την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με εναλλασσόμενη τάση AC. Αναλόγως τον τύπο του βύσματος υπάρχει και η αντίστοιχη υποδοχή προκειμένου να είναι εφικτή η σύνδεση του σταθμού φόρτισης με το ηλεκτρικό όχημα. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται οι τύπου IEC 62196-2 βύσματα και υποδοχές (Τύπου 2) ως τυποποιημένοι σύνδεσμοι φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα αλλά σε μερικές εφαρμογές και με συνεχές ρεύμα μέχρι 140 A κατά μέγιστο.

6.7 Πρότυπο SAE – J1772

Το 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 και συνεχές ρεύμα (DC). Τα βύσματα τύπου SAE J1772 χρησιμοποιούνται κυρίως στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία και αναφέρονται ως πρίζες/φίς Τύπου 1/Type 1. Οι προδιαγραφές υποδοχής και βύσματος που περιλαμβάνει το πρότυπο SAE J1772 είναι κατάλληλες για τέσσερα επίπεδα φόρτισης και είναι τα εξής:

- 1) Εναλλασσόμενου ρεύματος – Επίπεδο 1: Μονοφασική σύνδεση στα 120 V AC και 12A/16A
- 2) Εναλλασσόμενου ρεύματος – Επίπεδο 2: Μονοφασική σύνδεση στα 208-240 V AC και μέχρι 80 A.
- 3) Συνεχούς Ρεύματος – Επίπεδο 1: Τάση Εξόδου 50 έως 1000 V DC και μέχρι 80 A

4) Συνεχούς Ρεύματος – Επίπεδο 2: Τάση Εξόδου 50 έως 1000 V DC και μέχρι 400 A

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων επιπέδων φόρτισης που ορίζει το πρότυπο SAE J1772.

Τύπος Φόρτισης	Τάση AC (V)	Τύπος Σύνδεσης	Μέγιστο Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ισχύς (W)
Επίπεδο 1 Τάση AC	120 V AC	Μονοφασική Σύνδεση	12 / 16 A	1.44/ 1.92 W
Επίπεδο 2 Τάση AC	208 / 240 V AC	Μονοφασική Σύνδεση	24 / 80 A	5 / 19.2 W
Τύπος Φόρτισης	Τάση Εξόδου DC (V)		Μέγιστο Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ισχύς (W)
Επίπεδο 1 Τάση DC	50 έως 1000 V DC		έως 80 A	έως 80 W
Επίπεδο 2 Τάση DC	50 έως 1000 V DC		έως 400 A	έως 400 W

Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά Επίπεδων Φόρτισης σύμφωνα με το Πρότυπο SAE J1772

6.8 Πρότυπο Ασύρματης Φόρτισης SAE – J2954

Το πρότυπο ασύρματης φόρτισης SAE J2954 εκδόθηκε για πρώτη το έτος 2016 από την SAE International θεσπίζοντας τεχνικές προδιαγραφές οι οποίες θα πρέπει υποχρεωτικά να ακολουθούνται προκειμένου να επιτευχθεί με ασφάλεια η ασύρματη μεταφορά ισχύος (WPT) για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Ακολουθήσαν νέες αναθεωρημένες εκδόσεις του προτύπου με την τελευταία έκδοση να αναθεωρείται στις 26 Αυγούστου του έτους 2022. Το συγκεκριμένο πρότυπο υποστηρίζει την ασύρματη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μόνο από την πλευρά μιας υποδομής προς σε ένα ηλεκτρικό όχημα και όχι από την αντίθετη κατεύθυνση (V2G). Επίσης το πρότυπο δεν έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει την δυναμική φόρτιση(φόρτιση εν κινήσει) και απευθύνεται μόνο στον ανεφοδιασμό ενός ηλεκτρικού οχήματος όταν αυτό βρίσκεται σε στάση. Το πρότυπο SAE J2954 έχει εφαρμογή σε υποδομές οικιακής φόρτισης- ιδιωτικής αλλά και σε δημοσιές υποδομές. Η λογική αυτού του προτύπου είναι να προσφέρει στον χρήστη ενός ηλεκτρικού οχήματος μια πιο εύκολη και αυτοματοποιημένη διαδικασία για την φόρτιση του ηλεκτρικού του οχήματος.

Το πρότυπο ασύρματης μεταφοράς ισχύος SAE J2954 ορίζει τρία επίπεδα ισχύος για ασύρματη φόρτιση βασιζόμενα στα επίπεδα ισχύος του πρότυπο ενσύρματης σύνδεσης J1772. Πιο συγκεκριμένα τα 3 επίπεδα ισχύος του προτύπου SAE J2954 είναι :

- Το επίπεδο WPT 1 με μέγιστη ισχύ φόρτισης 3,7 kW
- Το επίπεδο WPT 2 με μέγιστη ισχύ φόρτισης 7 kW
- Το επίπεδο WPT 3 με μέγιστη ισχύ φόρτισης 11 kW

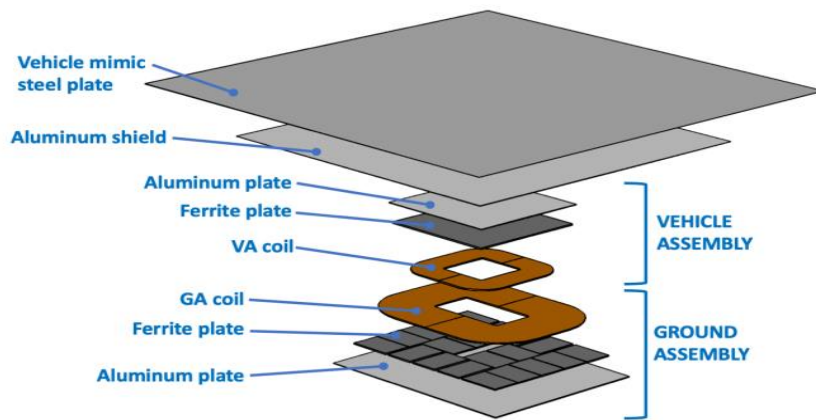
Μια υποδομή φόρτισης που υποστηρίζει ασύρματη μεταφορά ισχύος ακολουθώντας το πρότυπο SAE J2954, περιλαμβάνει δυο τμήματα, το τμήμα του πομπού και το τμήμα του δέκτη.

Από την πλευρά του πομπού η διαδικασία περιγράφεται ως εξής : Η πλευρά του πομπού εμπεριέχει τον σταθμό φόρτισης που συνδέεται με το δίκτυο και την επαγωγική επιφάνεια Ground Assembly (GA). Η επαγωγική επιφάνεια (GA) συνδέεται στο δίκτυο αλαλάζοντας το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές μέσω ενός μετατροπέα που κάνει διόρθωση του συντελεστή ισχύος (Power Factor Converter). Στην συνέχεια ένας DC/AC μετατροπέας αναλαμβάνει να μετατρέψει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο AC με επιθυμητή συχνότητα τα 85 KHz και να τροφοδοτήσει με AC το πηνίο του πομπού με τα αντισταθμιστικά του στοιχεία.

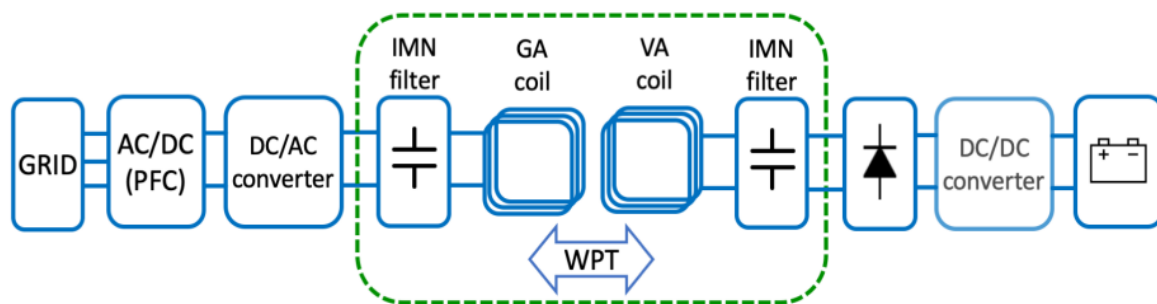
Από την πλευρά του δέκτη η διαδικασία περιγράφεται ως εξής : Από την πλευρά του οχήματος δηλαδή του δέκτη περιλαμβάνεται η επαγωγική επιφάνεια Vehicle Assembly (VA). Το πηνίο δέκτη είναι συνδεδεμένο με την μπαταρία και μια δίοδο ανόρθωσης. Επιπλέον προστίθεται και ένας μετατροπέας DC/DC. Η ισχύς μεταφέρεται μέσω επαγωγής από το πηνίο του πομπού στο πηνίο του δέκτη και τα στοιχεία αντιστάθμισης

του. Αφού πρώτα το εναλλασσόμενο ρεύμα μετατραπεί σε συνεχές ρεύμα τότε καταλήγει στις μπαταρίες του ηλεκτρικού οχήματος.

Στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζεται η κατασκευαστική δομή των δυο επαγωγικών επιφανειών για την ασύρματη μεταφορά ισχύος (WPT) ακολουθώντας το πρότυπο SAE J2954



Εικόνα 36 : Δομή Επαγωγικών Επιφανειών Ασύρματης Μεταφοράς Ισχύος



Εικόνα 37 : Κύκλωμα Ασύρματης Μεταφοράς Ισχύος SAE J2954

6.9 Τύποι Βυσμάτων για παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος AC

Οι σταθμοί φόρτισης εναρμονίζοντας με τα παραπάνω πρότυπα στοχεύουν στον ανεφοδιασμό ηλεκτρικής ενέργειας οποιουδήποτε οχήματος ανεξαρτήτως τρόπου φόρτισης. Αναλόγως του τύπου του εκάστοτε καλωδίου είναι προφανές ότι αλλάζει και η δυνατότητα φόρτισης.

- **Βύσμα τύπου 1 /Type 1**

Το συγκεκριμένο βύσμα υπακούει στις προδιαγραφές του προτύπου SAE J1772 και είναι ένας μονοφασικός σύνδεσμος που εφαρμόζεται ευρέως στις αγορές των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας. Είναι γνωστό ως βύσμα Τύπου 1/Type 1 όπως δηλώνεται στο πρότυπο IEC 62196 αλλά και ως βύσμα Yazaki λόγω του ονόματος του κατασκευαστή του. 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 – Αισθητήρας κίνησης PP (Proximity Pilot)

Επαφή 5 – Πιλότος ελέγχου CP (Control Pilot). Διακόπτης διασύνδεσης, έλεγχος της έναρξης/λήξης της φόρτισης. Επιβεβαίωση της σύνδεσης του οχήματος με την πηγή της ηλεκτρικής παροχής με σκοπό την ακινητοποίησή του για όσο χρόνο υφίσταται αυτή ή σύνδεση.



Εικόνα 38 : Βύσμα Τύπου 1 /Type 1 (SAE J1772)

- **Βύσμα Τύπου 2/Type 2**

Κύριος κατασκευαστής Mennekes (Γερμανία). Ο Τύπος 2 (συχνά αναφέρεται ως mennekes), τον Ιανουάριο του 2013, ο σύνδεσμος IEC 62196 Type 2 επιλέχθηκε από τον την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως επίσημο βύσμα φόρτισης εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Διαθέτει 7 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγώγιμη φόρτιση εναλλασσόμενου 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

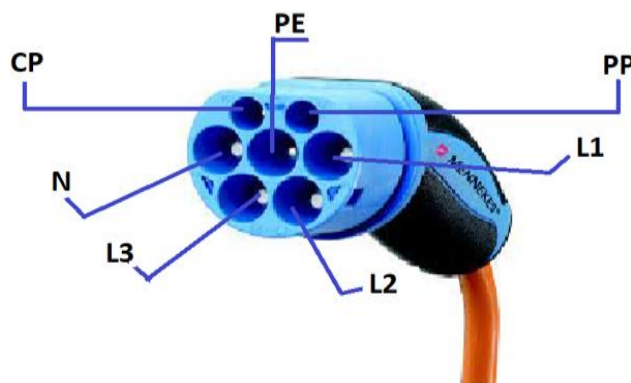
Επαφή 3 - Η τρίτη γραμμή τροφοδοσίας L3

Επαφή 4 - Ο ουδέτερος N

Επαφή 5 - Γείωση (Ground) [47]

Επαφή 6 - Σηματοδοσία επικοινωνίας μεταξύ οχήματος και του συστήματος παροχής 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.



Εικόνα 39 : Βύσμα Τύπου 2 / Type 2

- **Βύσμα Τύπου 3/Type 3**

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 αγώγιμη φόρτιση εναλλασσόμενου 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 οχήματος και του συστήματος παροχής 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.



Εικόνα 40: Βύσμα Τύπου 3 /Type 3

6.10 Τύποι Βυσμάτων για παροχή συνεχούς Ρεύματος DC

Συνολικά, υπάρχουν τρία βύσματα για φόρτιση στο συνεχές ρεύμα. Το CCS 1 που συναντάται κυρίως στην Αμερική. Το CHAdeMO χρησιμοποιείται κυρίως στην Ασία, υπάρχει όμως και στην Ευρώπη. Και το βύσμα CCS 2 (συνδυασμός Type 2 με ακόμα δύο επαφές). Το CCS 2 μάλιστα αναμένεται να κυριαρχήσει τα επόμενα χρόνια, καθώς από το 2014 υπάρχει σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ώστε να αντικαταστήσει πλήρως το CHAdeMO, που ίσχυε μέχρι τώρα σε πολλά οχήματα. Για την ταχεία και Υπερταχεία φόρτιση Mode 4 (DC), δύο ειδών σύνδεσμοι διατίθενται.

- Οι σύνδεσμοι τύπου **CHAdeMO** σχεδιάσθηκαν στην Ιαπωνία και χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο εκεί όσο και στην Αμερική αλλά περιορισμένα και στην Ευρώπη.
- Οι σύνδεσμοι **τύπου 2 και τύπου 2 Combo** σχεδιάσθηκαν στην Ευρώπη και φαίνεται να επικρατούν. Ο σύνδεσμος τύπου 2 Combo βασίζεται μεν στον σύνδεσμο Τύπου 2 αλλά διαθέτει και δύο πρόσθετες επαφές που επιτρέπουν την ταχεία φόρτιση με συνεχές ρεύμα υψηλής έντασης (200 A)

Παρακάτω θα αναλυθούν οι 2 ειδών σύνδεσμοι για την φόρτιση με συνεχές ρεύμα DC.

6.11 Βύσμα CHAdeMO (JARI/TEPCO)

Η εταιρία ηλεκτρικής ισχύος TEPCO στο Τόκυο σε συνεργασία με το ινστιτούτο έρευνας αυτοκινήτων JARI της Ιαπωνίας έχουν αναπτύξει ένα πρότυπο, με την ονομασία TEPCO/JARI, που επιτρέπει DC φόρτιση. Η εταιρία ηλεκτρικής ισχύος TEPCO στο Τόκυο, μαζί με τις εταιρίες Toyota, Nissan, Mitsubishi Motors και Fuji Heavy Industries ίδρυσαν τη συνεργασία CHAdeMO. Υιοθετώντας το πρότυπο TEPCO/JARI, η συνεργασία αυτή προσπαθεί να αυξήσει τον αριθμό των σταθμών που προσφέρουν γρήγορη φόρτιση και να καθιερώσει συγκεκριμένα πρότυπα για τη φόρτιση των οχημάτων. Η ονομασία του προτύπου CHAdeMO αποτελεί μια συντομογραφία του "CHARge de MOve", που ισοδυναμεί με το "move using charge" ή "move by charge" ή "charge 'n' go", μια αναφορά στο γεγονός ότι είναι ένας γρήγορος φορτιστής. Το πρώτο πρωτόκολλο που εκδόθηκε ήταν το CHAdeMO 0.9, το οποίο προσέφερε μέγιστη ισχύ φόρτισης 62,5 kW (125 A × 500 V DC). Η έκδοση 1.0 ακολούθησε το 2012, ενισχύοντας την προστασία του οχήματος, τη συμβατότητα και την αξιοπιστία. Η έκδοση 1.1 (2015) επέτρεψε στο ρεύμα να αλλάζει δυναμικά κατά τη φόρτιση. Η έκδοση 1.2 (2017) αύξησε τη μέγιστη ισχύ στα 200 kW (400 A × 500 V DC). Η CHAdeMO δημοσίευσε το πρωτόκολλό της για «υπερταχεία» φόρτιση 400 kW (400 A × 1 kV) τον Μάιο του 2018 ως CHAdeMO 2.0.

Στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε το 2013 μια πρόταση για την Οδηγία για την Υποδομή Εναλλακτικών Καυσίμων που ορίζει το Combo2 (IEC61296-3, διαμόρφωση FF) ως το ευρωπαϊκό εξουσιοδοτημένο βύσμα για φόρτιση DC υψηλής ισχύος. Ενώ το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε ένα σχέδιο έκθεσης που υποστηρίζει ότι το CHAdeMO θα «μεταβεί έως τον Ιανουάριο του 2019», στο τελικό στάδιο της νομοθετικής διαδικασίας αυτό απορρίφθηκε και η τελική έκδοση (Οδηγία ΕΕ 2014/94/ΕΕ) απλώς επιβάλλει

όλους τους φορτιστές που είναι προσβάσιμοι στο κοινό στην ΕΕ να εξοπλιστεί "τουλάχιστον" με υποδοχές Combo2,



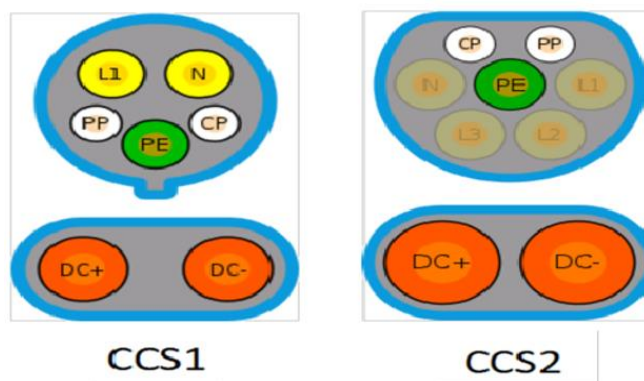
Εικόνα 41 : Βύσμα CHAdeMO

Ο ζευκτής **CHAdeMO** έχει την δυνατότητα παροχής φόρτισης 500V DC και με υψηλή ένταση 125 A. Η φόρτιση πραγματοποιείται σε χρόνο 20-30 λεπτών.

6.12 Βύσματα CCS1 και CCS2

Το σύστημα συνδυασμένης φόρτισης (CCS) είναι ένα πρότυπο για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, το οποίο χρησιμοποιεί τις υποδοχές Combo 1 και Combo 2 για να παρέχει ισχύ έως και 350 kW. Αυτές οι δύο υποδοχές είναι προεκτάσεις των υποδοχών IEC 62196 Type 1 και Type 2, με δύο πρόσθετες επαφές συνεχούς ρεύματος (DC) που επιτρέπουν τη γρήγορη φόρτιση DC υψηλής ισχύος. Από το 2014 η Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτεί την παροχή Type 2 ή Combo 2 στο ευρωπαϊκό δίκτυο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Για το βύσμα οχήματος DC, η υλοποίηση ποικίλλει ελαφρώς μεταξύ Combo 1 και Combo 2. Στην περίπτωση του Combo 1, ο σύνδεσμος περιλαμβάνει τις δύο επαφές του DC (DC+, DC-), ενώ το υπόλοιπο τμήμα του Combo 1 παραμένει ίδιο με το βύσμα τύπου 1/Type1 διατηρώντας τις επαφές AC (L1 & N), τον Αισθητήρα κίνησης PP (Proximity Pilot), Πιλότος ελέγχου CP (Control Pilot) και τον ακροδέκτη της γείωσης. Στην περίπτωση του βύσματος Combo 2 εμπεριέχονται οι δύο επαφές του DC (DC+, DC-) και τρεις ακόμα επαφές, δηλαδή τον ακροδέκτη (Control Pilot), τον Αισθητήρα κίνησης PP και την προστατευτική γείωση. Και στις δύο περιπτώσεις, οι λειτουργίες επικοινωνίας και προστατευτικής γείωσης καλύπτονται από το αρχικό τμήμα Τύπου 1 ή 2 του βύσματος. Οι σύνδεσμοι Τύπου 1 και Τύπου 2 περιγράφονται στο IEC 62196-2, ενώ οι σύνδεσμοι Combo 1 και Combo 2 περιγράφονται στο IEC 62196-3 ως διαμορφώσεις.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα βύσματα Combo 1 και Combo 2 στην οποία διακρίνουμε και τις επαφές τους.



Εικόνα 42: Βύσματα Como 1 και Combo 2

Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα διαχωρίζονται τα διαθέσιμα βύσματα για την φόρτιση των οχημάτων αναλόγως την γεωγραφική περιοχή αλλά και το είδος της τάσης φόρτισης δηλαδή εάν είναι συνδεδεμένη με παροχή εναλλασσόμενης AC ή συνεχούς τάσης DC.

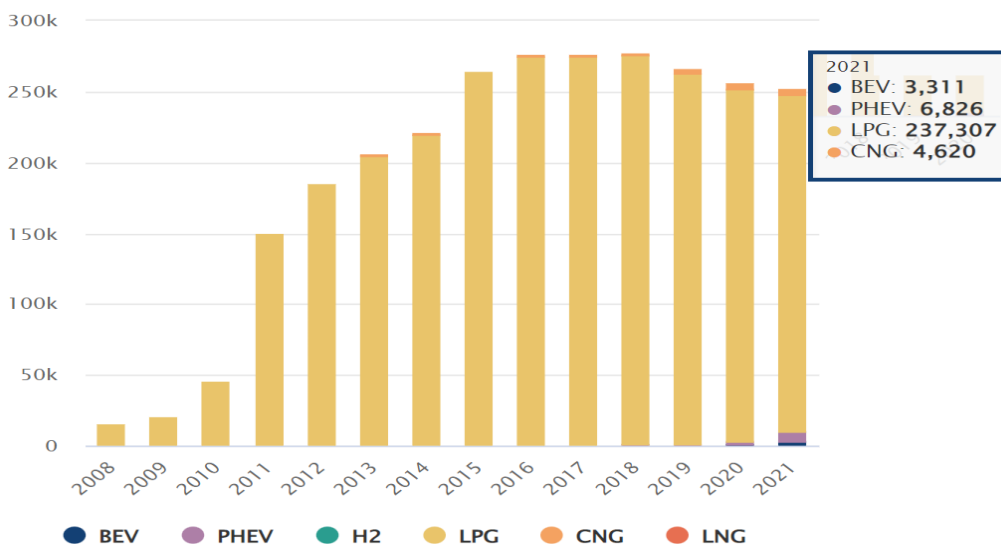
	Αμερική	Ιαπωνία	Ευρωπαϊκή Ένωση	Κίνα	All Markets <i>except EU</i>
AC	 J1772 (Type 1)	 J1772 (Type 1)	 Mennekes (Type 2)	 GB/T	
DC	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T	

Πίνακας 5: Πίνακας Βυσμάτων που χρησιμοποιούνται αναλόγως την περιοχή και την τάση φόρτισης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : Η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα

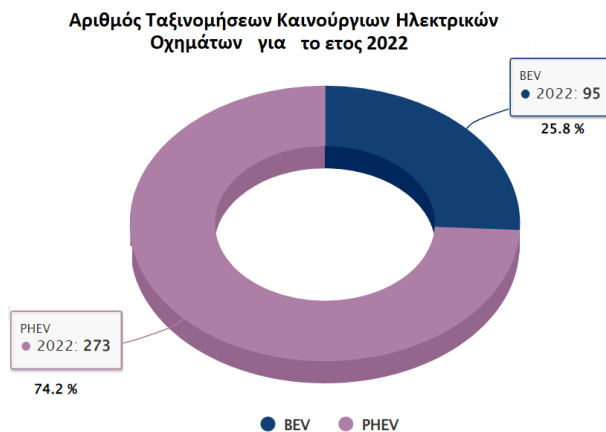
7.1 Η υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σύμφωνα με τα στοιχεία ενός Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission) στον τομέα των μεταφορών υπάρχουν συνολικά, 6. 137. 610 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα μέχρι το έτος 2022. Από το σύνολο αυτό υπάρχουν 252. 064 χιλιάδες επιβατικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η αύξηση των οχημάτων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα τα προηγούμενα έτη έως και το έτος 2021 στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 7: Οχήματα Εναλλακτικών Καυσίμων στην Ελλάδα -Υπάρχουσα Κατάσταση

Για το έτος 2022 ταξινομήθηκαν συνολικά 368 νέα ηλεκτρικά οχήματα από τα οποία τα 273 ήταν υβριδικής τεχνολογίας με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο (Plug-in hybrid) και τα υπόλοιπα 95 ήταν αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicle). Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται το πλήθος των νέων ηλεκτρικών οχημάτων για το έτος 2022.



Εικόνα 43: Ταξινομήσεις Καινούργιων Η/Ο για το έτος 2022

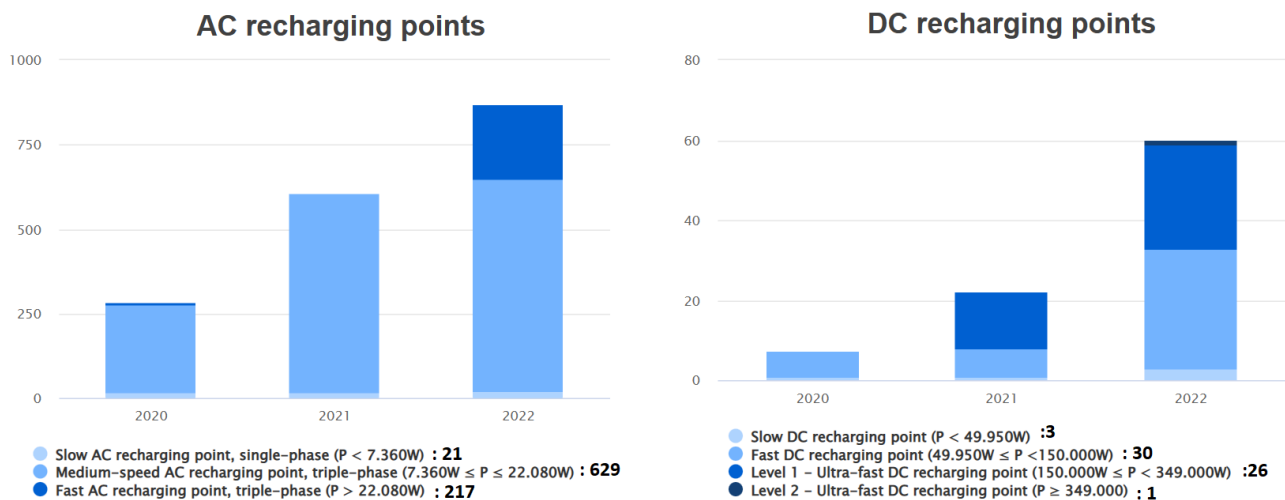
Το σύνολο των οχημάτων στην Ελλάδα που χρησιμοποιούν για την κίνηση ενός εναλλακτικά καύσιμα αντιπροσωπεύει το 4. 11 % ενός εκατό των αντίστοιχων οχημάτων που κυκλοφορούν σε ολόκληρη την Ευρώπη.

**Οχήματα
Εναλλακτικών
Καυσίμων στην
Ευρώπη**



Εικόνα 44: Ποσοστό συμμετοχής της Ελλάδας στον στόλο οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων στην Ευρώπη

Στην Ελλάδα υπάρχουν διαθέσιμα παραπάνω από 600 σημεία δημόσιας πρόσβασης για τον ανεφοδιασμό των Η/Ο. Συγκεκριμένα είναι εγκατεστημένα 629 σημεία φόρτισης AC, με ισχύ φόρτισης που ξεπερνά τα 22 kW και 22 σημεία φόρτισης τάσεως DC με ισχύ φόρτισης έως 350 kW. Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται οι αριθμοί των σημείων φόρτισης AC και DC.



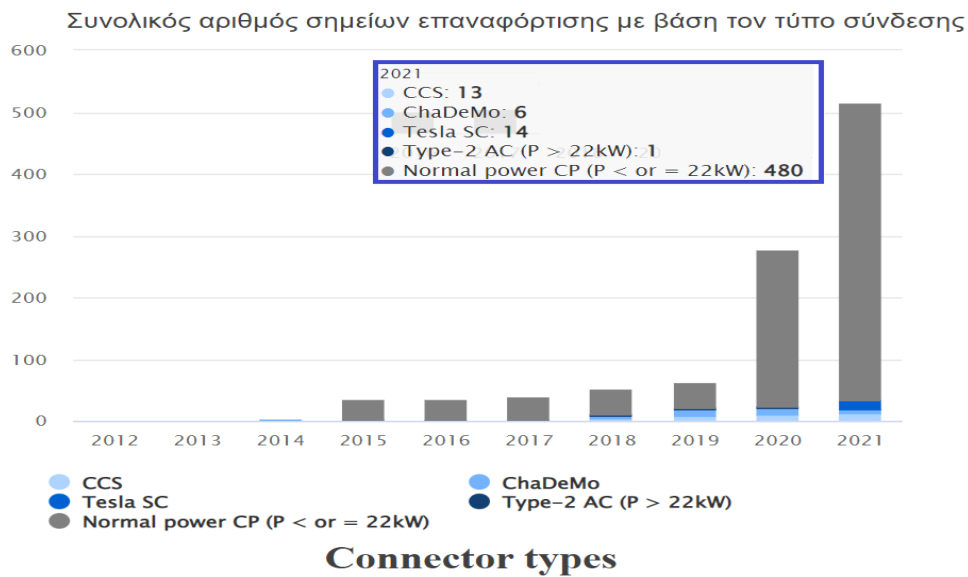
Διάγραμμα 8: Διαθέσιμα σημεία Ανεφοδιασμού Η/Ο δημόσιας πρόσβασης (Αργής και Ταχείας Φόρτισης)

Στόχοι που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Ελλάδα έως 2025 είναι οι ακόλουθοι

- **4000** Σημεία ανεφοδιασμού ηλεκτρικών οχημάτων **EVSE**
- **35** Σημεία ανεφοδιασμού Πεπιεσμένου Φυσικού αερίου **CNG**
- **2** Σημεία ανεφοδιασμού Υγροποιημένου Φυσικού αερίου **LNG**
- **1500** Σημεία ανεφοδιασμού υγραερίου **LPG**

Στην Ελλάδα ενός και σε όλη την Ευρώπη έχει υπερισχύσει ως βασικός σύνδεσμος για την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος με εναλλασσόμενη AC τάση βασιζόμενο στο πρότυπο IEC 62196 που έχει θέσει η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή IEC το βύσμα Τύπου 2 /Type 2. Ενώ για την φόρτιση οχημάτων με συνεχής τάση DC χρησιμοποιείται το βύσμα συνδυασμένης φόρτισης (CCS) με βάση το πρότυπο IEC 62196-3 και κυρίως το CCS2 όπου από το 2014 η Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτεί την παροχή Combo 2 στο ευρωπαϊκό δίκτυο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Με βάση την Ελληνική Νομοθεσία ως **σημείο επαναφόρτισης κανονικής ισχύος** (Normal Power CP) ορίζεται σημείο επαναφόρτισης ηλεκτρικού (ηλεκτροκίνητου) οχήματος, ηλεκτρικής ισχύος έως και 22 kW.

Ακολουθεί το αντίστοιχο γράφημα στο οποίο παρουσιάζονται τα υπάρχοντα βύσματα που χρησιμοποιούνται στα δημοσίως προσβάσιμα σημεία ανεφοδιασμού ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα. Δεδομένα τα οποία προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission).



Διάγραμμα 9: Αριθμός σημείων επαναφόρτισης με βάση τον τύπο σύνδεσης

7.2 Κανονιστικές διατάξεις και πρότυπα για εγκατάσταση συστημάτων φόρτισης Η/Ο στην Ελλάδα

Για την σωστή λειτουργία των υπάρχοντων υποδομών φόρτισης ή αυτών που πρόκειται να εγκατασταθούν στην **Ελλάδα** θα πρέπει να ακολουθούνται και να εφαρμόζονται τα πρότυπα που έχουν νομοθετηθεί από την **Ευρωπαϊκή Επιτροπή** (European Commission). Τα πρότυπα αυτά αφορούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά σχετικά με την λειτουργία φόρτισης μιας υποδομής εμπεριέχοντας και τα επιμέρους εξαρτήματα που την αποτελούν. Πιο συγκεκριμένα τα πρότυπα τα οποία έχουν εφαρμογή στην Ελλάδα, έχοντας μάλιστα θεσμική ισχύ και περιλαμβάνονται στο **ΦΕΚ με αριθ. 2040 Β** είναι :

- Το πρότυπο **IEC 61851-1** σύμφωνα με το οποίο ορίζονται τέσσερις προτιμώμενοι τρόποι φόρτισης. Αυτές είναι οι **Μέθοδος 1, Μέθοδος 2, Μέθοδος 3 και Μέθοδος 4**. Οι πρώτοι τρεις αφορούν **AC φόρτιση** ενώ ο τέταρτος τρόπος αφορά **DC φόρτιση**.
- Τα πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC) τα οποία είναι τα **62196-1, 62196-2, 62196-3** και περιλαμβάνουν τις προδιαγραφές σχετικά με τον τύπο των **βυσμάτων και ρευματοδοτών** αναλόγως της συμβατότητας του οχήματος προκειμένου να επιτευχθεί η ασφαλής σύνδεση του σταθμού φόρτισης με το ηλεκτρικό όχημα.
- Οι συσκευές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει υποχρεωτικά να διαθέτουν **πιστοποίηση CE**.
- Στους σταθμούς φόρτισης οι **μετρητές των ρευματοδοτών** θα πρέπει να ικανοποιούν τις τεχνικές απαιτήσεις που πιστοποιεί η Διεθνής οδηγία των οργάνων μέτρησης **2014/32/ΕΚ (MID)** όπως επισημαίνεται στο άρθρο 4 του ΦΕΚ με αριθμό 2040 Β.
- Σε κάθε περίπτωση σε οποιαδήποτε υποδομή φόρτισης προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση της ηλεκτρολογικής διάταξης και των συσκευών φόρτισης της υποδομής θα πρέπει να **ακολουθείται ο κανονισμός** που ισχύει από τον ΕΛΟΤ για τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα δηλαδή **το πρότυπο 60364**.

Στους υφιστάμενους σταθμούς φόρτισης αλλά και σε αυτούς που πρόκειται να εγκατασταθούν οι μέθοδοι φόρτισης που επιβάλλεται να ακολουθηθούν βασιζόμενοι πάντα στα τα παραπάνω πρότυπα και όπως έχει ορισθεί στο **Άρθρο 4 της παραγράφου 3 του ΦΕΚ με αριθ. 2040 Β**, προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο ανεφοδιασμός των ηλεκτρικών οχημάτων είναι οι εξής :

- Η **Μέθοδος Φόρτισης 3 ή Mode 3** η οποία αποτελεί την αποδεκτή μέθοδο για τον ανεφοδιασμό ενός ηλεκτρικού οχήματος χρησιμοποιώντας κατά την φόρτιση **εναλλασσόμενη τάση AC**.
- Για την φόρτιση ενός οχήματος με **συνεχή τάση DC** ορίζεται η **Μέθοδος 4 ή Mode 4** ως αποδεκτή μέθοδο.

Οι παραπάνω αποδεκτοί μέθοδοι λειτουργίας των υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα περιγράφονται αναλυτικά στο **πρότυπο IEC 61851-1**. Επιπρόσθετα εκτεταμένη αναφορά έχει πραγματοποιηθεί στο **Κεφάλαιο 5** της Διπλωματικής Εργασίας.

Με βάση το πρότυπο **IEC 62196** που περιλαμβάνει τις γενικές απαιτήσεις για την σύνδεση των Η/Ο, και συγκεκριμένα ορίζει τον κατάλληλο τύπο των **βυσμάτων και ρευματοδοτών** αναλόγως την μέθοδο φόρτισης που χρησιμοποιείται. Συνεπώς για κάθε διαφορετική λειτουργία φόρτισης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και το αντίστοιχο κατάλληλο βύσμα. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται παρακάτω τα **θεσμικά** ορισθέντα **αποδεκτά βύσματα και ακροδέκτες** για την μέθοδο φόρτισης που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση.

- Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται για την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος η Μέθοδος 3 ή οποία αφορά **AC φόρτιση**, ως αποδεκτός σύνδεσμος ορίζεται ο **Τύπου 2 ή Type 2** και περιγράφεται στο πρότυπο **62196-2**.
- Στην περίπτωση που για την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος χρησιμοποιείται **DC φόρτιση**, ως αποδεκτός σύνδεσμος ορίζεται ο **Τύπου 3 ή Type 3 “CCS 2 ή Combo 2”** και περιγράφεται στο πρότυπο **62196-3**.

7.3 Εγκατάσταση Σταθμών Φόρτισης Η/Ο σε Λιμένες

Για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης Η/Ο σε χώρους στάσης και στάθμευσης επιβατικών αυτοκινήτων εντός λιμενικής ζώνης ή/και εντός τουριστικών λιμένων (μαρίνες) σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019 – ΦΕΚ 2040/Β/4-6-2019, στην οποία καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης Η/Ο σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία ισχύουν τα παρακάτω :

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 5 του άρθρου 6 για την έγκριση εγκατάστασης σημείων φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων που πληρούν στις τεχνικές προδιαγραφές του Άρθρου 4, σε χώρους όπου δίνεται η δυνατότητα στάσης και στάθμευσης επιβατικών οχημάτων σε λιμένες ή (μαρίνες), θα πρέπει υποβάλλονται στην αρμόδια οικεία Περιφερειακή Υπηρεσία Μεταφορών και Επικοινωνιών, πλέον των δικαιολογητικών που προβλέπονται στην κοινή υπουργική απόφαση αριθμό. 60821/5404/ 30-12-2011 (Β' 1/2012) και τα εξής:

- Δικαιολογητικά (α) και (β) στις παρ. 5 του άρθρου 6 (ΦΕΚ 2040 Β)
 - α) Σχέδιο κάτοψης, σε τέσσερα (4) αντίγραφα, υπογεγραμμένο από τον αρμόδιο μηχανικό, κατάλληλης κλίμακας ανάλογα με το μέγεθος στις εγκατάστασης, στο οποίο πρέπει να εμφανίζονται τόσο οι λουπές κτιριακές και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του χώρου στάσης και στάθμευσης επιβατικών αυτοκινήτων εντός λιμενικής ζώνης ή εντός τουριστικών λιμένων (μαρίνες) όσο και οι θέσεις τοποθέτησης των συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, προκειμένου να εξασφαλίζεται η αρμονική και ασφαλής χωροταξική συνύπαρξη στις και ταυτόχρονα η καλή και συνδυασμένη λειτουργία στις,
 - β) τα δικαιολογητικά (β), (γ) και (δ) στις παρ. 2 του παρόντος άρθρου. (Άρθρο 6)

Δηλαδή τα :

β) Δήλωση Συμμόρφωσης ΕΕ του κατασκευαστή στις συσκευές φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων σύμφωνα με το άρθρο 15 στις κοινής υπουργικής απόφασης αριθμό. 51157/ΔΤΒΝ1129/17-5-2016 «Προσαρμογή στις ελληνικής νομοθεσίας στην Οδηγία 2014/35/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου στις 26^{ης} Φεβρουαρίου 2014 για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τη διαθεσιμότητα στην αγορά ηλεκτρολογικού υλικού που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί εντός ορισμένων ορίων τάσης» (Β' 1425).

Γ) Υπεύθυνη δήλωση Αδειούχου Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη, Έκθεση Παράδοσης Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης και Πρωτόκολλο Ελέγχου Ηλεκτρικής Εγκατάστασης Καταλληλότητας κατά ΕΛΟΤ HD 3 84, σύμφωνα με στις διατάξεις στις υπουργικής απόφασης αριθμό. Φ. 50/503/168/19-3-2011 (Β' 844), στις ισχύει, στις περιπτώσεις νέων ή υφιστάμενων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Δ) Αποδεικτικό κοινοποίησης στη ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ του φωτοαντιγράφου του δικαιολογητικού (γ).

7.4 Τροφοδότηση Υποδομών Φόρτισης Η/Ο σύμφωνα με τις οδηγίες του ΔΕΔΔΗΕ

Η τροφοδότηση μιας υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά δυο διαφορετικές περιπτώσεις. Η πρώτη περίπτωση προκειμένου μια υποδομή φόρτισης να λάβει ηλεκτρική ενέργεια είναι η άμεση τροφοδότηση της από το δίκτυο **μέσω νέας παροχής Χαμηλής ή Μέσης Τάσεως**. Ενώ η δεύτερη περίπτωση αντιστοιχεί στην εγκατάσταση της υποδομής φόρτισης σε μια **υφιστάμενη ηλεκτροδοτούμενη εγκατάσταση** διατηρώντας την υπάρχουσα ισχύ της παροχής του Δικτύου ή αυξάνοντας την εάν κριθεί απαραίτητο.

Πιο συγκεκριμένα μια νέα παροχή Χαμηλής Τάσεως μπορεί να υποστηρίξει μια υποδομή φόρτισης παρέχοντας την με ρεύμα, με την βασική προϋπόθεση ότι θα έχει ως όριο για **μέγιστη ισχύ φόρτισης την τιμή των 135 kVA**. Εάν ζητείται από την υποδομή φόρτισης, μεγαλύτερη ισχύ πέρα του ορίου των 135 kVA, τότε η υποδομή θα πρέπει να τροφοδοτηθεί από παροχή Μέσης Τάσης. Επίσης δύναται η δυνατότητα σύνδεσης της υποδομής στον ζυγό της Χαμηλής Τάσης του υπάρχοντος μετασχηματιστή ή να συνδεθεί σε καινούργιο μετασχηματιστή ο οποίος θα διενεργεί την μετάβαση από Μέση Τάση σε Χαμηλή Τάση.

7.5 Τεχνικές απαιτήσεις ΔΕΔΔΗΕ για την σύνδεση των υποδομών φόρτισης Η/Ο σε δίκτυο Χ. Τ

Η σύνδεση των Υποδομών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων με το δίκτυο οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε δημόσιους χώρους θα πρέπει να πραγματοποιείται **αποκλειστικά υπογείως**. Πιο συγκεκριμένα η τροφοδότηση μιας υποδομής φόρτισης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας Χαμηλής Τάσεως μπορεί να πραγματοποιηθεί με **δυο τρόπους**.

- Ο πρώτος τρόπος αφορά την η τροφοδότηση της υποδομής φόρτισης μέσω καλωδίου το οποίο θα είναι της και το δίκτυο που προέρχεται **τοποθετημένο υπογείως**.
- Ο δεύτερος τρόπος αφορά την τροφοδότηση της υποδομής μέσω **υπογείου καλωδίου** το οποίο θα προέρχεται από τον **κοντινό στύλο της εναέριου δικτύου**.

Σε κάθε υποδομή φόρτισης θα πρέπει υποχρεωτικά η **ενέργεια που καταναλώνεται να μετράτε**. Αυτό προϋποθέτει την εγκατάσταση της **εσωτερικού μετρητή** προκειμένου να καταγράφεται το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται. Πιο συγκεκριμένα η καταμέτρηση της ενέργειας κατανάλωσης μια υποδομής είναι αποκλειστική **υποχρέωση του καταναλωτή της**. Για την μέτρηση της θα πρέπει ο ιδιοκτήτης της υποδομής φόρτισης να έχει διαμορφώσει την ηλεκτρική εγκατάσταση του μη τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να **διαχωρίζεται** από την **συνολική κατανάλωση** η ποσότητα ενέργειας που δαπανείται από την υποδομή φόρτισης. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί η **άρτια λειτουργία** και η άμεση **επικοινωνία** ανάμεσα στον **εσωτερικό μετρητή** και του **συστήματος τηλεμετρίας**. Συνεπώς λόγω ότι ο ΔΕΔΔΗΕ δεν έχει την δυνατότητα για να προβεί της απαραίτητες επεμβάσεις και ελέγχους ο **καταναλωτής οφείλει** να προχωρήσει της

παραπάνω ενέργειες. Της οι παραπάνω υποχρεώσεις θεωρούνται δεσμευτικές της την πλευρά του καταναλωτή έπειτα από την συγκατάθεση του με την **σύμβαση σύνδεσης**.

Για δημόσιους χώρους και για παροχές με ισχύ έως **55 kVA ή Νο4 του ΔΕΔΔΗΕ** θα πρέπει να υπάρχει ο **αναγκαίος χώρος** εντός του **ερμαρίου** μιας υποδομής προκειμένου ένα εγκατασταθεί η διάταξη του **μετρητή** και να εξασφαλίζεται η **εύκολη πρόσβαση** όταν χρειάζεται από της υπάλληλους του ΔΕΔΔΗΕ. Δύναται η δυνατότητα για κοινοχρήστους χώρους και για παροχές έως 55 kVA να τοποθετηθεί ένα **ξεχωριστό ερμάριο** το οποίο θα εμπεριέχει τον **μετρητή σύνδεσης στο δίκτυο**, χωρίς να δυσχεραίνεται η μετακίνηση των πεζών. Συνοψίζοντας και της δυο περιπτώσεις απαιτείται για την εγκατάσταση της διάταξης του μετρητή η σύμφωνη έγκριση από πλευράς ΔΕΔΔΗΕ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των **τριφασικών παροχών** για την σύνδεση των υποδομών φόρτισης στο **δίκτυο Χαμηλής Τάσης**. Αναλόγως το **μέγεθος της παροχής** που θα επιλεγεί θα καθοριστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης.

Είδος Παροχής	Τριφασική		
	Νο 2	Νο 3	Νο 4
Μέγεθος Παροχής	Νο 2	Νο 3	Νο 4
Συμφωνημένη Ισχύς (kVA)	25 kVA	35 kVA	55 kVA
Ασφάλεια Μετρητή Μικροαυτόματου τύπου	40 A	63 A	100 A
Χαρακτηριστική Καμπύλη Ασφάλειας Μετρητή Μικροαυτόματου τύπου	C	C	C
Καλώδιο Παροχής ΔΕΔΔΗΕ	Συγκεντρικό 4Χ6mm² Cu	Συγκεντρικό 4Χ16mm² Cu	Συγκεντρικό 4Χ25mm² Cu
Ασφάλεια Πίνακα Υποδομής Επαναφόρτισης ΗΟ Μικροαυτόματου τύπου	35 A	50 A	80 A
Καλώδιο Πίνακα Υποδομής-Μετρητή ΔΕΔΔΗΕ	Εύκαμπτο 5Χ10mm² Cu	Εύκαμπτο 5Χ16mm² Cu	Εύκαμπτο 4Χ25mm² +1Χ16mm² Cu

Πίνακας 6 : Τριφασικές Παροχές δικτύου Χαμηλής Τάσης για την σύνδεση των υποδομών Φόρτισης Η/Ο

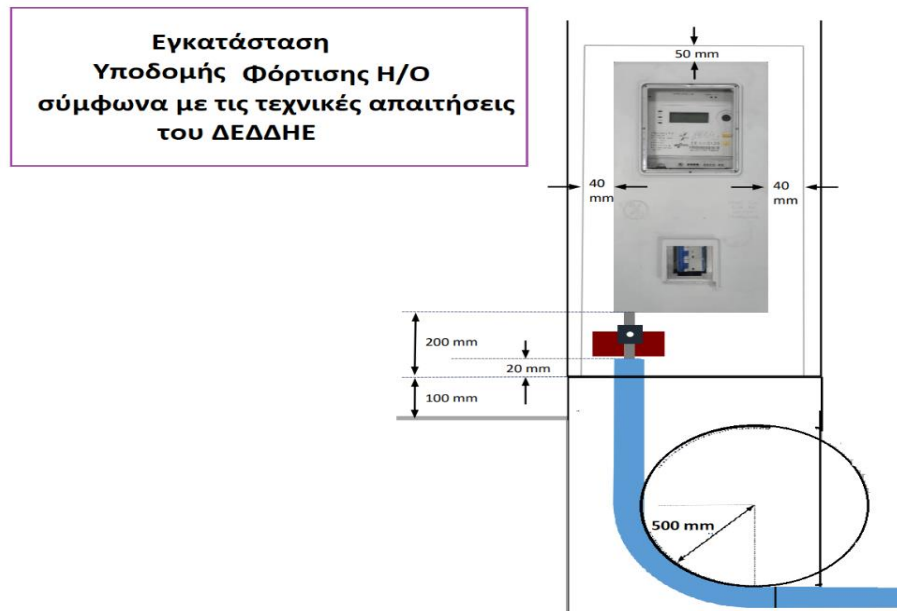
7.6 Τεχνικές Οδηγίες ΔΕΔΔΗΕ για την εγκατάσταση των Υποδομών Φόρτισης Η/Ο

Οι υποδομές φόρτισης για την εγκατάσταση τους θα πρέπει να χρησιμοποιούν **επιδαπέδιες βάσεις** οι οποίες θα κατασκευάζονται από **ισχυρά θεμέλια σκυροδέματος**. Το καλώδιο παροχής θα περνάει μέσα από ένα διαμορφώσιμο **σωλήνα U-PVC** φθάνοντας μέχρι την βάση της υποδομής φόρτισης και η τοποθέτηση του θα γίνεται από τον ΔΕΔΔΗΕ. Για τον αγωγό της γείωσης θα χρησιμοποιείται **ξεχωριστός σωλήνας** ο οποίος θα εμπεριέχεται πάλι στο εσωτερικό της βάσης. Ο σωλήνας μέσα από τον οποίο θα οδεύει το καλώδιο παροχής θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες διαστάσεις. Οι οποίες θα είναι :

- Η διάμετρος του σωλήνα θα είναι κατά ελάχιστο 50 mm και το πάχος του σωλήνα θα είναι κατά ελάχιστο 3 mm.
- Θα πρέπει ο σωλήνας να προεξέχει από την πάνω πλευρά της βάσης κατά ελάχιστο 20 mm προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν φθορές στο καλώδιο παροχής και η ακτίνα καμπυλότητας του σωλήνα θα πρέπει είναι κατά ελάχιστο 500 mm προκειμένου το καλώδιο παροχής να οδηγηθεί μέσα στο σωλήνα με ευκολία και ασφάλεια.
- Το βάθος της αναμονής του σωλήνα θα τοποθετείται οριζοντίως σε βάθος 600mm από το πεζοδρόμιο.
- Από την βάση θεμελίωσης η αναμονή του σωλήνα θα πρέπει να εξέχει κατά ελάχιστο 200 mm και θα πρέπει να είναι κατάλληλα κλεισμένη προς την πλευρά του καλωδίου παροχής.

- Έπειτα από την τελική διαμόρφωση του επιθυμητού επιπέδου του πεζοδρομίου προκειμένου να διαμορφωθεί καταλλήλως αυξάνοντας την μηχανική του αντοχή έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν πλημύρες ή τυχόν ισχυρές κρούσεις (ατύχημα οχήματος), η βάση της υποδομής θα πρέπει να απέχει από το τελικό επίπεδο του πεζοδρομίου κατά ελάχιστο 100 mm.

Τέλος ο ΔΕΔΔΗΕ είναι σε θέση **απορρίψει κάποια συγκεκριμένη θέση** που πρόκειται να εγκατασταθεί μια υποδομής φόρτισης εάν συντρέχουν λόγοι οι οποίοι κλονίζουν την **ασφάλεια της υποδομής**. Για παράδειγμα εάν σε μια τοποθεσία παρατηρείται η συχνή συγκέντρωση υδάτων εξαιτίας μιας βροχοπτώσης ή λόγω θαλάσσιων αναταραχών η εγκατάσταση μιας υποδομής φόρτισης σε αυτό το μέρος κρίνεται ακατάλληλη.



Εικόνα 45: Εγκατάσταση Υποδομής φόρτισης σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ

7.7 Τεχνικές απαιτήσεις ΔΕΔΔΗΕ που αφορούν την Γείωση και την Ασφάλεια των υποδομών φόρτισης

Οποιαδήποτε υποδομή φόρτισης προκειμένου να συνδεθεί σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει πρώτα να έχει προηγηθεί κατάλληλος **σχεδιασμός και μελέτη** προκειμένου να ικανοποιούνται κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές και απαιτήσεις. Πιο συγκεκριμένα η σύνδεση των υποδομών θα πρέπει να διενεργείται έπειτα από την **τήρηση των τεχνικών απαιτήσεων** που ορίζονται από το πρότυπο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που νομοθετείται στην Ελλάδα δηλαδή το πρότυπο **ΕΛΟΤ 60364**. Επιπρόσθετα θα πρέπει να ακολουθούνται τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί στην Ευρώπη αλλά και από τις Διεθνείς επιτροπές όπως αναφέρεται και στο **άρθρο 27 του νομού υπ' αριθμό 4710**.

Προκειμένου μια ηλεκτρική εγκατάσταση Χαμηλής Τάσης στην οποία συνδέεται μια υποδομή φόρτισης να χαρακτηριστεί **ασφαλής εγκατάσταση** θα πρέπει να υπάρξει από **ηλεκτρολόγο εγκαταστάτη**, εκτεταμένος έλεγχος πραγματοποιώντας αρκετές δοκιμές και μετρήσεις. Εφόσον πραγματοποιηθούν οι παραπάνω απαραίτητες ενέργειες και η εγκατάσταση λειτουργεί με βάση τις τεχνικές απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, υποβάλλεται στον Διαχειριστή Δικτύου η Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτη όπως ορίζεται και από το **ΦΕΚ 4654/Β/08. 10. 2021**.

Τα **υποχρεωτικά έγγραφα** που καλείται να προσκομίσει ο επιβλέπων μηχανικός για μια ηλεκτρική εγκατάσταση Χαμηλής τάσης, σύμφωνα με το άρθρο 2 της υπουργικής απόφασης του ΦΕΚ Β' 844/16. 5. 2011 είναι :

- Υπεύθυνη δήλωση για την τήρηση των κανονισμών της ηλεκτρικής εγκατάστασης,
- Περιγραφή των τεχνικών που εφαρμόστηκαν στην εγκατάσταση

- Τα απαραίτητα σχέδια του κτιρίου της ηλεκτρικής εγκατάστασης όπως την κάτοψη και την τομή του
- Τέλος το τοπογραφικό σχέδιο και την συνδεσμολογία της ηλεκτρική εγκατάστασης

Οι υποδομές φόρτισης Η/Ο θα πρέπει διαμορφώνονται καταλλήλως με σκοπό να δύναται η δυνατότητα εγκατάστασης τους σε δίκτυο προστασίας **άμεσης γείωσης TT** αλλά και σε δίκτυο που χρησιμοποιεί σύστημα προστασίας **ουδετέρωσης TN-C-S**. Πολύ σημαντική ενέργεια η οποία θα πρέπει να εκτελείται στην εγκατάσταση μια υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, είναι να έχει εφαρμοστεί καταλλήλα **γείωση σε όλα τα μεταλλικά μέρη της**. Η διατομή του **αγωγού γείωσης** θα ισούται με την διατομή των αγωγών των φάσεων με εξαίρεση όταν χρησιμοποιείται **παροχή Νο4**. Η **ελάχιστη διατομή** του αγωγού γείωσης εάν αυτός οδεύει **εντός εδάφους** θα πρέπει να είναι **25mm²** κατά ελάχιστο. Ο αγωγός γείωσης θα περνάει μέσα από έναν **σωλήνα** ο οποίος θα έχει διαστάσεις, διάμετρο τουλάχιστον 25mm και πάχος ελάχιστο 3mm, και θα είναι **ξεχωριστός** από εκείνον του καλωδίου παροχής.

Κατά την εγκατάσταση μιας υποδομής φόρτισης θα τοποθετείται στο κάτω μέρος της πριν από την διάταξη προστασίας της και εντός του μετρητή ΔΕΔΔΗΕ μια **μπάρα γείωσης**. Σε αυτήν θα πραγματοποιείται η σύνδεση του αγωγού γείωσης, το σύνολο των αγώγιμων μερών της υποδομής τα οποία **δεν διαθέτουν προστασία**. Επίσης θα συνδέονται αλλά **δυσ σημεία** από τα οποία το πρώτο θα περιλαμβάνει το σημείο της **μόνιμης σύνδεσης** του καλωδίου παροχής ΔΕΔΔΗΕ, ενώ το δεύτερο θα αποτελεί **σημείο προστασίας** αφού σε αυτό θα συνδέεται η **γείωση προστασίας** προφυλάσσοντας έτσι τους υπάλληλους του ΔΕΔΔΗΕ σε τυχόν εργασίες.

Τα **μέσα προστασίας** μιας υποδομής φόρτισης θα πρέπει να **συνεργάζονται** με τα **μέσα της ασφαλιστικής διάταξης** που περιλαμβάνει η παροχή. Λόγω ότι είναι πιθανόν να χρειαστεί οι υπάλληλοι του ΔΕΔΔΗΕ να έρθουν σε **άμεση επαφή** με την εγκατάσταση και συγκεκριμένα να υπάρξει πρόσβαση τους στον χώρο του ερμαρίου σύνδεσης θα πρέπει με να εξασφαλιστεί η **ασφάλεια τους**. Δηλαδή δεν θα πρέπει έρθουν σε επαφή με εξοπλισμό ο οποίος θα έχει **τάση μεγαλύτερη των 50 V** καθώς στην περίπτωση που υπάρχουν **ενεργοί αγωγοί** χωρίς μόνωση προστασίας θα ήταν πολύ επικίνδυνο για την ζωή τους. Συνεπώς η αντίσταση της γείωσης θα πρέπει να λειτουργεί με τέτοιο τρόπο στην εγκατάσταση έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι η τάση που μπορεί να έρθει κάποιος σε επαφή **να μην ξεπερνάει την τιμή των 50 Volt**. Άρα συνεπάγεται ότι η **τιμή της αντίστασης γείωσης** διαμορφώνεται με βάση την συνθήκη του **μέγιστου ορίου** των 50 Volt της τάσεως επαφής.

7.8 Διαδικασία ηλεκτροδότησης εγκαταστάσεων υποδομών φόρτισης Η/Ο

Όταν πρόκειται να εγκατασταθεί μια υποδομή φόρτισης σε υπάρχοντες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κρίνεται απαραίτητο η **γνωστοποίηση της υποδομής στον Διαχειριστή Δικτύου** έπειτα από την συμπλήρωση του ειδικού εντύπου το οποίο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του Διαχειριστή. Το έντυπο **διαφοροποιείται** αναλόγως του επιπέδου τάσεως της παροχής δηλαδή εάν πρόκειται για σύνδεση παροχής Χαμηλής ή Μέσης Τάσης. Μέσω της ειδικής εφαρμογής του **ΔΕΔΔΗΕ** μπορεί πολύ εύκολα κάποιος να προχωρήσει στην υποβολή του εντύπου. Ο σύνδεσμος της εφαρμογής του ΔΕΔΔΗΕ για την δήλωση του εντύπου είναι ο ακολούθως <https://apps.deddie.gr/ccrWebapp/newccticket.html>.

Με βάση την τοποθεσία που πρόκειται να εγκατασταθεί η υποδομή φόρτισης, το ειδικό έντυπο σύνδεσης θα πρέπει να υποβάλλεται στην αρμόδια έδρα της αντίστοιχης περιοχής του ΔΕΔΔΗΕ. Έπειτα από την δημοσιοποίηση του **νομού 4710/2020** και με βάση το άρθρο 27, η υποβολή του συγκεκριμένου εντύπου κρίνεται υποχρεωτική.

7.9 Βασικές έννοιες που αφορούν την Ισχύ σε μια Υποδομή Φόρτισης Η/Ο

Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση που πρόκειται να συνδεθεί μια υποδομή φόρτισης πολύ σημαντικές έννοιες αποτελούν η **Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς** και η **Συνολική Μέγιστη Ισχύς ζήτησης** της Υποδομής Φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα:

- **Συνολικής εγκατεστημένη ισχύς :** Στα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας υποδομής φόρτισης αναγράφεται η **ονομαστική τιμή της ισχύος** που μπορεί να υποστηρίξει η υποδομή. Η ονομαστική τιμή ισχύος συνήθως αναφέρεται στα εγχειρίδια του κατασκευαστή ή βρίσκεται ως **αναγραφόμενη ένδειξη** σε κάποιο ειδικό ταμπελάκι επάνω στους σταθμούς φόρτισης. Αρά η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αφορά την **μέγιστη ισχύ** που θεωρητικά μπορεί να **υποστηρίξει** μια υποδομή φόρτισης.
- **Συνολικής Μέγιστη Ισχύς Ζήτησης :** Αναλόγως την δυνατότητα που έχει μια υποδομή φόρτισης να **απορροφά ισχύ** από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται και η συνολική μέγιστη ισχύς. Δηλαδή η συνολική μέγιστη ισχύς ορίζεται ως η μέγιστη ισχύ **που ζητείται** από την υποδομή προκειμένου να **εξυπηρετηθούν οι ανάγκες** σε ενέργεια αναλόγως το πλήθος των προς φόρτιση οχημάτων.

Συμπεράσματα:

Προκειμένου να γίνουν πιο κατανοητά τα παραπάνω θα περιγράψουμε παρακάτω ένα παράδειγμα με σκοπό την εξήγηση και την διάκριση των δυο παραπάνω εννοιών. Συνοψίζοντας εάν σε μια εγκατάσταση πραγματοποιηθεί η σύνδεση 2 υποδομών φόρτισης με ισχύ φόρτισης 11 kW η καθεμιά, η **συνολική ισχύ της εγκατάστασης** θα είναι 22 kW. Εάν όμως οι δυο αυτές υποδομές δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ταυτοχρόνως ο **συντελεστής ταυτοχρονισμού** θα έχει την τιμή 0.5.

Συνεπώς εάν πολλαπλασιάσουμε την συνολική ισχύ της εγκατάστασης έχοντας ως τιμή τα 22 kW με τον συντελεστή ταυτοχρονισμού θα έχουμε ως **συνολικής μέγιστη ισχύς ζήτησης** την τιμή 11 kW με αποτέλεσμα να μην γίνεται **υπέρβαση** της συνολικής ισχύς της εγκατάστασης των 22 kW.

Δηλαδή :

Συνολ. Ισχύς Εγκατ. (22 kW) × Συντελεστ. Ταυτοχρ. (0.5) = Συνολ. Μέγισ. Ισχύς 11 kW

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : Υποδομές Φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3

8.1 Τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής υποδομών φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3

- Ο σταθμός φόρτισης θα πρέπει να στηρίζεται σε **επιδαπέδιες βάσεις** χρησιμοποιώντας **βάση θεμελίωσης**.
- Η τροφοδότηση του σταθμού θα πραγματοποιείται από το δίκτυο μέσω **παροχής τριών φάσεων** (3Φασική) εναλλασσόμενης τάσης **AC** με τιμή **230/400 Volt**.
- Με βάση τα όσα αναφέρονται στο **ΦΕΚ με αριθμό 50 Β όπως 15/1/2015** στο οποίο καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης, η μέθοδος φόρτισης 3 ή Mode 3 η οποία αφορά φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος ορίζεται ως **αποδεκτή μέθοδος** φόρτισης όπως ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου, σύμφωνα πάντα με το πρότυπο IEC 61851-1.
- Η επικοινωνία μεταξύ του σταθμού φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος θα πρέπει να εξασφαλίζεται ακολουθώντας τα όσα προβλέπει το πρότυπο IEC 61851.
- Ο σταθμός φόρτισης που υποστηρίζει τη μέθοδο φόρτισης 3 θα πρέπει να διαθέτει πρωτόκολλο επικοινωνίας OCPP¹ (Open Charging Protocol) 1. 6.
- Στον σταθμό φόρτισης θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση όπως καταλλήλου συστήματος ελέγχου ασφάλειας λόγω πιθανής παραβίασης του εξωτερικού περιβλήματος του σταθμού. Το σύστημα ασφάλειας μέσω του δικτύου επικοινωνίας OCPP 1. 6 που διαθέτει ο σταθμός θα ενημερώνει για τυχόν παραβίαση το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του σταθμού.
- Θα πρέπει ο σταθμός φόρτισης να διαθέτει προστασία ενάντια σε πιθανές επιθέσεις βανδαλισμού.
- Ο σταθμός φόρτισης Μεθόδου 3 θα πρέπει να παρέχει σε όλα τα σημεία του εξοπλισμού προστασία ενάντια στο νερό χρησιμοποιώντας μάλιστα και κάποιο σύστημα ανίχνευσης υγρασίας.
- Θα πρέπει ο σταθμός να εξοπλίζεται με κάποιο σύστημα το οποίο θα ανιχνεύει τυχόν ύπαρξη κλίσης του διακόπτοντας μάλιστα την τροφοδότηση των οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια εάν υπάρξει κλίση.
- Ο βαθμός προστασίας του σταθμού για τοποθέτηση του σε εξωτερικό χώρο θα πρέπει να είναι IP54 όπως ορίζεται και στο πρότυπο IEC² 60529.
- Ο σταθμός θα πρέπει ενάντια σε εξωτερικές μηχανικές κρούσεις να διαθέτει βαθμό προστασίας τουλάχιστον IK10.

8.2 Παροχή Ηλεκτρικής Εγκατάστασης Σταθμού Φόρτισης Μεθόδου 3

Η τροφοδότηση του σταθμού φόρτισης θα πραγματοποιείται από παροχή ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσεως του ΔΕΔΔΗΕ με μέγεθος παροχής Νο4 και μέγιστη Ισχύ τα 55 kVA. Το συγκεντρωτικό καλώδιο παροχής που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί θα έχει ως διαστάσεις 4x25mm², θα είναι κατασκευασμένο από χαλκό Cu και η τοποθέτηση του θα πραγματοποιείται από τον ΔΕΔΔΗΕ. Το καλώδιο παροχής θα οδεύετε στο έσω τμήμα του σταθμού υπογείως χρησιμοποιώντας καταλληλά εξαρτήματα της ειδικούς στυπιοθλίπτες προκειμένου να διασφαλιστεί η στεγανότητα του εξοπλισμού της εγκατάστασης.

¹ Open Charging Protocol

² International Electrotechnical Committee

8.3 Τεχνικές απαιτήσεις για την προστασία των Υποδομών φόρτισης Μεθόδου 3

Οι σταθμοί φόρτισης Μεθόδου 3 θα πρέπει διαμορφώνονται καταλλήλως με σκοπό να δύναται η δυνατότητα εγκατάστασης της σε δίκτυο προστασίας άμεσης γείωσης TT αλλά και σε δίκτυο που χρησιμοποιεί σύστημα προστασίας ουδετέρωσης TN-C-S. Οι συγκεκριμένοι σταθμοί φόρτισης προκειμένου να θα πραγματοποιείται η σύνδεση του καλωδίου παροχής θα πρέπει να διαθέτουν τριπολικό μικροαυτόματο διακόπτη τύπου ράγας στον. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μικροαυτόματου διακόπτη για την σύνδεση του καλωδίου παροχής.

Χαρακτηριστικά Τριπολικού Μικροαυτόματου Διακόπτη για την σύνδεση του καλωδίου παροχής :

- Ονομαστικό ρεύμα 100 A
- Βραχυκύκλωμα διακοπής 10 kA κατά πρότυπο EN 60898-1
- Χαρακτηριστική καμπύλη απόζευξης C, προστατεύοντας τα καλώδια από υπερεντάσεις
- Επίπεδο ρύπανσης 3 κατά το πρότυπο IEC 60947

Για την σύνδεση της εξόδου του μετρητή που εγκαθίσταται από τον ΔΕΔΔΗΕ, οι σταθμοί φόρτισης μεθόδου 3 θα πρέπει να εξοπλίζονται με τετραπολικό μικροαυτόματο διακόπτη του οποίου τα χαρακτηριστικά ακολουθούν παρακάτω.

Χαρακτηριστικά Τετραπολικού Μικροαυτόματου Διακόπτη για την σύνδεση του της εξόδου του μετρητή ΔΕΔΔΗΕ:

- Ονομαστικό ρεύμα 80 A
- Βραχυκύκλωμα διακοπής 10 kA κατά πρότυπο EN 60898-1
- Χαρακτηριστική καμπύλη απόζευξης C, προστατεύοντας τα καλώδια από υπερεντάσεις
- Επίπεδο ρύπανσης 3 κατά το πρότυπο IEC 60947

8.4 Ο ρόλος των υλικών προστασίας σε μια υποδομή φόρτισης Μεθόδου 3 και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της

Ο σταθμός φόρτισης Μεθόδου 3 θα πρέπει να διαθέτει τα καταλληλά υλικά προστασίας προκειμένου να επιτευχθούν κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικές λειτουργίες που πρέπει να προσφέρουν τα υλικά προστασίας.

- Τα υλικά προστασίας θα πρέπει να παρέχουν προστασία σε πιθανή υπερένταση της εγκατάστασης προστατεύοντας τον εξοπλισμό του σταθμού της τον ελεγκτή και τα ηλεκτρονικά που διαθέτει. Δηλαδή χρησιμοποιώντας μικροαυτόματους χαρακτηριστικής καμπύλης C κατά IEC 60898-1 και επιπέδου ρύπανσης 3 κατά το πρότυπο IEC 60947.
- Θα πρέπει να παρέχεται προστασία σε περίπτωση διαφορικού ρεύματος στον εξοπλισμό του σταθμού της τον ελεγκτή και τα ηλεκτρονικά που διαθέτει.
- Σε περίπτωση υπερέντασης θα πρέπει να παρέχεται προστασία σε κάθε ρευματοδότη του σταθμού της τον ελεγκτή και τα ηλεκτρονικά που διαθέτει, χρησιμοποιώντας μικροαυτόματο χαρακτηριστικής καμπύλης C κατά IEC 60898-1 ονομαστικού ρεύματος 40 A, 10kA και επιπέδου ρύπανσης 3 κατά το πρότυπο IEC 60947.
- Δυναμικά ρυθμιζόμενη μεταβλητή προστασία έναντι υπερέντασης, η οποία θα πραγματοποιείται από τον σταθμό φόρτισης βασισμένη στο ονομαστικό ρεύμα που μπορεί να υποστηρίξει το καλώδιο φόρτισης.

- Της ρευματοδότες του σταθμού φόρτισης θα πρέπει να εγκαθίσταται ρελέ διαρροής ρεύματος ή αλλιώς διάταξη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) με τα εξής χαρακτηριστικά :
 - 1) Τετραπολικός
 - 2) Ονομαστικό ρεύμα 40 A
 - 3) Ικανότητα διακοπής 10 kA
 - 4) Ονομαστικό ρεύμα διαρροής έως 30mA
 - 5) Προστασίας τύπου A ή τύπου B

Εάν το ρελέ διαρροής ρεύματος ΔΔΡ που χρησιμοποιείται από τον σταθμό είναι τύπου A προσφέροντας προστασία σε συνεχές ρεύματα διαρροής, θα πρέπει μέσω καταλλήλου εξοπλισμού να διακόπτεται η παροχή ρεύματος σε περίπτωση ανίχνευσης σφάλματος συνεχούς ρεύματος μεγαλύτερο από 6 mA.

- Κάθε ρευματοδότης του σταθμού φόρτισης θα πρέπει να ενεργοποιείται μέσω κανονικά ανοιχτής βοηθητικής επαφής (N. O) τετραπολικού ηλεκτρονόμου, ικανοποιώντας της προδιαγραφές που εμπεριέχονται στο πρότυπο 61851-1. Επίσης οι ηλεκτρονόμοι που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να υποστηρίζουν έως 100. 000 ανοιγο-κλεισίματα και να ανήκουν τουλάχιστον στην κατηγορία CC2.
- Τέλος θα πρέπει να πραγματοποιείται αυτόματη επαναφορά ρεύματος της ρευματοδότες έπειτα από την ενεργοποίηση προστασίας της λόγω υπερέντασης ή στην περίπτωση που ανιχνευθεί ρεύμα διαρροής. Συνιστάται προκειμένου να εξασφαλισθεί η ασφάλεια της εγκατάστασης η αυτόματη επαναφορά να μην πραγματοποιείται εάν το καλώδιο φόρτισης έχει συνδεθεί στο σταθμό ή δεν έχει κλείσει το κάλυμμα κάποιου ρευματοδότη.

8.5 Τεχνικές απαιτήσεις ρευματοδοτών υποδομών φόρτισης Η/Ο Μεθόδου 3

Ο σταθμός φόρτισης που υποστηρίζει την **μέθοδο φόρτισης 3** θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος με **δυο ρευματοδότες τριφασικής παροχής Τύπου 2 ή Type 2** των οποίων οι προδιαγραφές συμπεριλαμβάνονται στο πρότυπο **IEC 62196-2** και όπως ορίζεται στην οδηγία του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου για την ανάπτυξη υποδομών χρησιμοποιώντας εναλλακτικά καύσιμα (**2014/94/ΕΕ**). Στο πρότυπο **62196** αναφέρονται οι **προτεινόμενες διαστάσεις** για τους ρευματοδότες ενός σταθμού φόρτισης μεθόδου 3 με τις οποίες πρέπει να **συμφωνούν** οι αντίστοιχοι ρευματοδότες που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση. Εάν στον σταθμό εντοπίζονται ρευματοδότες που **δεν ανήκουν** στην κατηγορία τύπου 2, αυτοί θα πρέπει να βρίσκονται στον σταθμό **απενεργοποιημένοι**.

Κάθε ρευματοδότης **αναλόγως των αριθμών των φάσεων** της παροχής που τον τροφοδοτούν θα έχει και την αντίστοιχη ισχύ. Συγκεκριμένα για μονοφασική παροχή η ονομαστική ισχύς κάθε ρευματοδότη ορίζεται στα **7 kVA**, ενώ για τριφασική παροχή η ονομαστική ισχύς κάθε ρευματοδότη ορίζεται **22 kVA**. Για κάθε ρευματοδότη το μέγιστο ρεύμα για κάθε φάση ορίζεται στα **32 A**. Θα πρέπει ο σταθμός φόρτισης να έχει την δυνατότητα να παρέχει **ταυτόχρονα με ισχύ** δυο οχήματα ισχύος 22 kW ή 7kW αναλόγως τις απαιτήσεις σε ισχύ που έχει κάθε όχημα. Η ταυτόχρονη σύνδεση και τροφοδότηση δυο οχημάτων προκειμένου να γίνεται με **ασφάλεια** θα πρέπει να **τηρούνται όσα ορίζονται στα υπάρχοντα πρότυπα**.

Σε περίπτωση που τα οχήματα τροφοδοτούνται κατά την φόρτιση από μονοφασική παροχή ο σταθμός φόρτισης θα πρέπει να έχει την **δυνατότητα επιλογής της φάσης** από την οποία οι ρευματοδότες θα υποστηριχτούν με ισχύ. Στην περίπτωση **ταυτόχρονης μονοφασικής φόρτισης ισχύος 7 kW** δυο οχημάτων χρησιμοποιώντας τον ίδιο φορτιστή, θα πρέπει ο σταθμός να έχει την δυνατότητα να τροφοδοτεί από **ξεχωριστή φάση** τους δυο ρευματοδότες.

Πολύ βασικό είναι ο σταθμός φόρτισης να μην επιτρέπει σε καμία περίπτωση κατά την διάρκεια που διενεργείται η φόρτιση κάποιου οχήματος να **απομακρυνθεί το καλώδιο φόρτισης**. Αυτό επιτυγχάνεται από τον σταθμό χρησιμοποιώντας ένα **σύστημα κλειδώματος** το οποίο γίνεται μηχανικά στον ρευματοδότη

*Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος*

απομάκρυνση του καλωδίου κατά την φόρτιση θα είναι δυνατόν να γίνει μόνο εάν ο χρήστης επέμβει προκειμένου να τερματιστεί η φόρτιση ή σε περίπτωση που διακοπεί το ρεύμα.

Τέλος προκειμένου ο σταθμός να μην κινδυνεύει να βανδαλιστεί χωρίς να χρησιμοποιηθούν ειδικά εργαλεία, ο ρευματοδότης θα πρέπει να τοποθετείται πίσω από το **κάλυμμα προστασίας-κλείστρο** και θα ανοίγει έπειτα από την διαδικασία έγκυρης ταυτοποίησης του χρήστη. Επίσης θα πρέπει χρησιμοποιούνται ρευματοδότες με **επαργυρωμένες επαφές**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : Φορτιστές Ηλεκτρικών Οχημάτων Μελέτης Λιμένων

Στην διπλωματική αυτή θα πραγματοποιηθεί μελέτη για την εγκατάσταση σημείων επαναφόρτισης Η/Ο στους λιμένες Αιγίου, Αγίου Νικολάου και των Τριζωνίων. Οι φορτιστές που θα χρησιμοποιηθούν στην μελέτη αυτή διατίθενται στην αγορά από την εταιρεία INERGION Α. Ε. <http://www.inergion.com/?no-redirect=true> και κατασκευάζονται από τις εταιρείες ηλεκτρικών φορτιστών ENSTO και DELTA. Παρακάτω θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι φορτιστές που θα χρησιμοποιηθούν με τα πλήρη χαρακτηριστικά τους.

9.1 Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων AC Ensto One 3.6 kW/ Μοντέλο : EVH161-A2RM0

Ο φορτιστής Ensto One 3.6 kW επιλέχθηκε με βάση την ισχύ του, για την κάλυψη των αναγκών κυρίως δίτροχων οχημάτων όπως ηλεκτρικές μοτοσυκλέτες, σκούτερ και ηλεκτρικά πατίνια. Ο συγκεκριμένος φορτιστής υποστηρίζει AC φόρτιση Mode 3 ο οποίος σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία ορίζεται ως ενδεδειγμένος και προτεινόμενος τρόπος φόρτισης, με υποστηριζόμενο βύσμα φόρτισης Τυπου2/ Type 2. Συνεπώς για την φόρτιση των δίκυκλων – δίτροχων οχημάτων θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιος αναπτήρας που να μετατρέπει το βύσμα Type 2 σε βύσμα για Σούκο – schuko. Θα παρουσιαστεί παρακάτω ο φορτιστής μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τα οποία είναι διαθέσιμα από την εταιρεία INERGION <http://www.inergion.com/?no-redirect=true> αλλά και από τον κατασκευαστή του ENSTO <https://www.ensto.com/>.

Φορτιστής Ensto One / Μοντέλο : EVH161-A2RM0 <http://www.inergion.com/electromobility/products/ensto-one-apartment-ev-charger>

<https://www.ensto.com/building-systems/products/electric-vehicle-charging/home-charging/ensto-one/evh161-a2rm0-eopxxx/>



- Ονομαστικό Ρεύμα: 1 x 16 A
- Ισχύς : 3.6 kW
- Τάση Λειτουργίας : 230 V AC (1Φ - 1Phase)
- Συχνότητα Λειτουργίας AC 50Hz
- IP Class: IP54
- IK Class: IK10
- Τταυτοποίηση του χρήστη με κάρτα RFID/NFC: ✓
- Μετρητής ενέργειας: ✓

Εικόνα 46: Φορτιστής Η/Ο - Esto One EVH161-A2RM0

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα τεχνικά στοιχεία του φορτιστή όπως δίνονται από τον κατασκευαστή.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Electrical Connections	EVH161-ACRM0	EVH321-ACRM0	EVH161-A2RM0 EVH161-ASRM0	EVH321-A2RM0 EVH321-ASRM0	EVH161-A2RMD
Nominal supply voltage	1-ph, 230 VAC				
Nominal frequency	AC 50 Hz				
Charging current max.	1x16 A	1x32 A	1x16 A	1x32 A	1x16 A
Charging power max.	3600 W	7400 W	3600 W	7400 W	3600 W
Supply connections and terminals	L, N, PE Cu 2.5-10 mm ² L and N tightening torque: 2 - 2.4 Nm / PE tightening torque: 2.5 - 3.0 Nm				

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One

Design and Mechanics	EVH161-ACRM0	EVH321-ACRM0	EVH161-A2RM0 EVH163-A2RM0 EVH161-ASRM0 EVH163-ASRM0	EVH321-A2RM0 EVH323-A2RM0 EVH321-ASRM0 EVH323-ASRM0	EVH161-A2RMD
Material	Polycarbonate				
Color	Frame: RAL7021 dark grey Cover: Silver				
Installation box	Mechanical hatch lock				
Weight	5 ... 8 kg				
Ingress Protection	IP 54				
Impact Resistance	IK10				
Operating temperature	-40 °C ... +50 °C MID kWh meter: Below -25 °C the exact kWh measurement or correct reading of the display cannot be guaranteed. This will not affect the operation of the charger.				
Mounting	Wall / Ground				

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One

User Interface	EVH161-ACRM0	EVH321-ACRM0	EVH161-A2RM0 EVH163-A2RM0 EVH161-ASRM0 EVH163-ASRM0	EVH321-A2RM0 EVH323-A2RM0 EVH321-ASRM0 EVH323-ASRM0	EVH161-A2RMD
Connection to vehicle	Fixed cable, length 5m		Mode3, Type 2 socket *		Mode3, Type 2 socket *
Charging status indication	4-color LED: Green = Ready / Blue = Charging / Red = Error / Yellow = Internal maintenance				
Use access	Free access RFID (ISO/IEC 14443A, ISO/IEC 15693) Mobile application				
Current measurement	MID class kWh meter				

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One

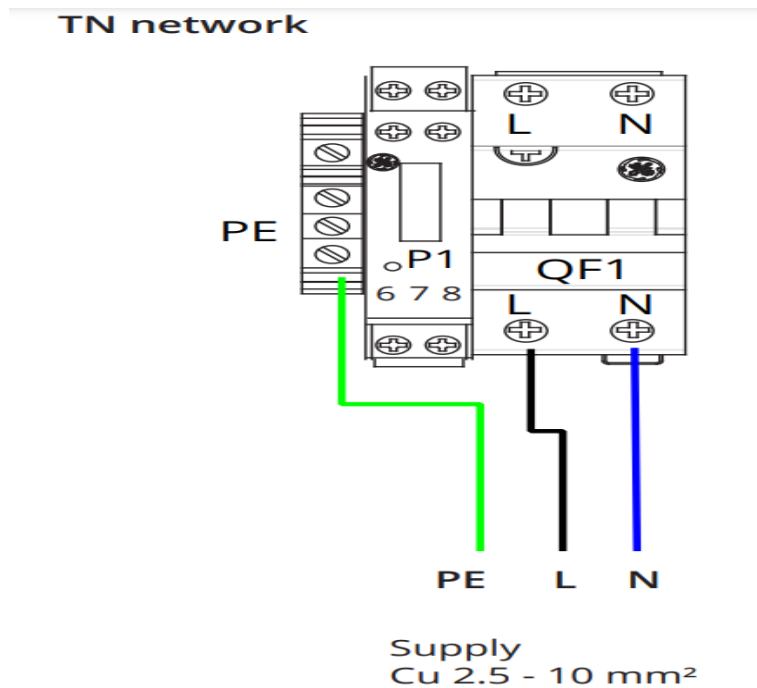
Control and Communication	EVH161-ACRM0	EVH321-ACRM0	EVH161-A2RM0 EVH163-A2RM0 EVH161-ASRM0 EVH163-ASRM0	EVH321-A2RM0 EVH323-A2RM0 EVH321-ASRM0 EVH323-ASRM0	EVH161-A2RMD
Operation mode	Standalone / Online				
Wireless	Bluetooth				
Wired	Ethernet				
Charging control system	"Simplified control pilot" functionality, specified in EN IEC 61851-1:2019, Annex A.2.3 is not supported. ZEReady 1.2b and EVReady 1.4b are not supported.				

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικών Φορτιστή Ensto One



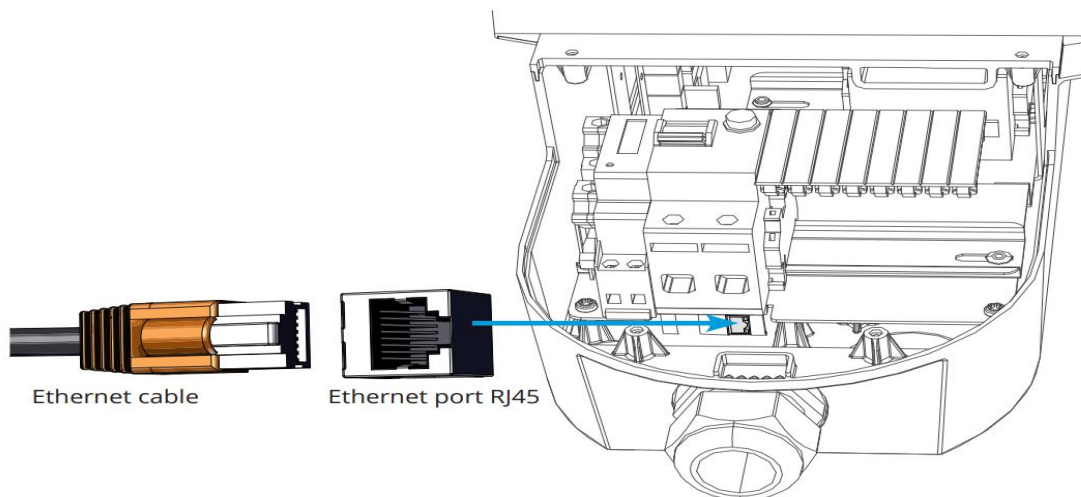
Εικόνα 47 : Παρουσίαση Φορτιστή Ensto One

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ηλεκτρική σύνδεση η οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί σε δίκτυο TN όπως ορίζει ο κατασκευαστής (ENSTO) του μοντέλου. Επίσης πολύ σημαντικό είναι να δοθεί προσοχή στο δίκτυο σύνδεσης καθώς ο κατασκευαστής ορίζει ως προτεινόμενο δίκτυο το TN και δεν συνιστά την σύνδεση σε δίκτυο IT.



Εικόνα 48: Ηλεκτρική σύνδεση φορτιστή Ensto One σε δίκτυο TN

Ο συγκεκριμένος φορτιστής διαθέτει δυνατότητα επικοινωνίας μέσω σύνδεσης δεδομένων(Data Connection) θύρας Ethernet. Ακολουθεί παρακάτω εικόνα στην οποία διακρίνουμε την θύρα Ethernet για την υποδοχή του καλωδίου.



Εικόνα 49 : Θύρα Ethernet port RJ45 φορτιστή Ensto One

9.2 Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων Delta AC Max Plus 11 kW

Ο φορτιστής Delta AC Max Plus 11 kW επιλέχθηκε με βάση την ισχύ του, για την κάλυψη των αναγκών των τετράτροχων οχημάτων κυρίως επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων τύπων BEV, HEV, PHEV. Ο συγκεκριμένος φορτιστής είναι τριφασικής σύνδεσης υποστηρίζοντας AC φόρτιση Mode 3 όπου σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία ορίζεται ως ενδεδειγμένος και προτεινόμενος τρόπος φόρτισης, με υποστηριζόμενο βύσμα φόρτισης Τυπου2/ Type 2. Θα παρουσιαστεί παρακάτω ο φορτιστής μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τα οποία είναι διαθέσιμα από την εταιρεία INERGIION <http://www.inergion.com/?no-redirect=true> αλλά και από τον κατασκευαστή του Delta <https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/ALL/>.

Φορτιστής Delta AC MAX Plus / Μοντέλο EVAAE -

<http://www.inergion.com/electromobility/products/delta-ac-max-plus>
<https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/4863/>

- Ισχύς: 11kW
- Ονομαστικό Ρεύμα Φόρτισης: 1x32A | 3x16A | 3x32A
- Τάση Λειτουργίας: 230 V
- IP Class: IP55
- IK Class: IK09
- Διαστάσεις: 218x371x167 mm
- Βάρος: 3. 8 kg
- Εγγύηση Προϊόντος: 2 Χρόνια
- Ταυτοποίηση του χρήστη με κάρτα RFID/NFC: ✓ Smart and Premium edition
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας: OCPP 1. 6J | Smart and Premium edition
- ISO 15118: V2G & V2X | Smart and Premium edition
- Μετρητής ενέργειας: ✓ Premium edition



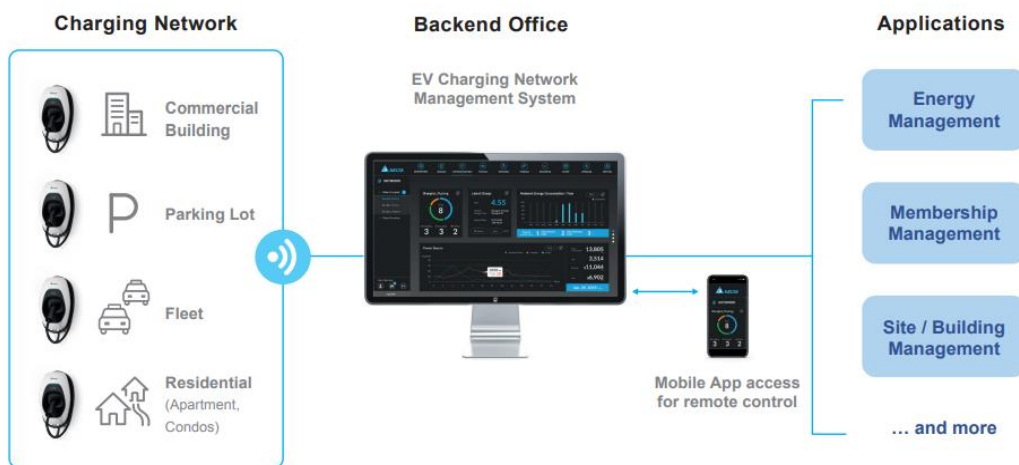
Εικόνα 50: Φορτιστής Delta AC MAX Plus / Μοντέλο EVAAE

Feature Highlights



Εικόνα 51: Παρουσίαση των τεχνολογικών δυνατοτήτων του φορτιστή Delta AC Max Plus

Application Scenario



Εικόνα 52: Επικοινωνία - Έλεγχος του φορτιστή μέσω Ίντερνετ -Εφαρμογής

Ακολουθούν παρακάτω οι πίνακες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φορτιστή Delta AC Max Plus 11 kW.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Part Number	EVAAE-	
Power	Single Phase	Three Phase
Input / Output Rating	230 Vac, 32 A (maximum), 50 Hz	400 Vac, 32 A (maximum), 50 Hz
Wire	L, N and PE, hardwired with terminal block	L1, L2, L3, N and PE, hardwired with terminal block
Standby Power *	< 2.6 W	
Max. Output Power	7.4 kW	11 kW, 22 kW
Charging Interface *	(1) IEC 62196-2 Type 1 or Type 2 tethered plug, 5 m cable (2) IEC 62196-2 Type 2 Socket (3) IEC 62196-2 Type 2 Socket with shutter	
Protection		
Internal RCD	AC 30 mA, DC 6 mA	
Electrical Protection	Over current, Under voltage, Over voltage, Over temperature, Surge protection, Short circuit, Ground fault	
Upstream Breaker	In accordance with local regulations	
Cold-Load Pickup	Randomized delay before charge resume after power failure	
Automatic Recovery	Automatically resume charging after a minor fault. No user intervention required	
Environment		
Operating Temperature	-30 °C to +50 °C (-22 °F to +122 °F), > 50 °C current de-rating	
Storage Temperature	-40 °C to +80 °C (-40 °F to +176 °F)	
Humidity	< 95% relative humidity, non-condensing	
Altitude	Up to 4,000 m (13,000 ft.)	

Πίνακας 11: Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus

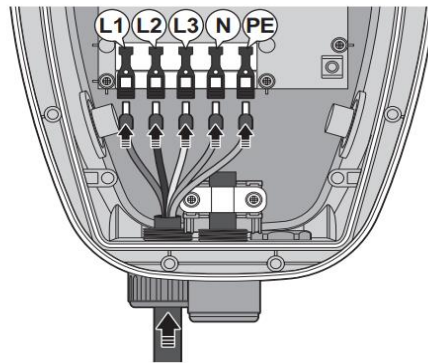
Mechanical Design	
Ingress Protection	IP55
Enclosure Protection	IK08 according to IEC 62262
Cooling	Natural cooling
Charging cable length	5m
Dimension (W x H x D)	218 x 371 x 167 mm (8.6 x 14.6 x 6.6 inch) excluding charging cable, mounting plate and cable holder
Weight	3.8 kg (8.3 lbs), without package
Regulation	
Certificate / Compliance	CE, IEC 61851-1, IEC 62196-2
Installation	
Accessory	Stand (optional)

Πίνακας 12 : Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus

Version	Basic	Smart	Premium
User Interface & Control			
Display	LED bar, 4 colors	LED bar, 4 colors	LED bar, 4 colors
Switch	Key switch	-	-
Charger Configuration	Maximum charging current selected by hardware DIP switch		
User Authentication	-	ISO/IEC 14443 RFID card reader ISO 15118 Plug & Charge	ISO/IEC 14443 RFID card reader ISO 15118 Plug & Charge
Communication			
Network Interface	-	Bluetooth, Ethernet, WLAN or Cellular	Bluetooth, Ethernet, Cellular
Charging Protocol	-	OCPP 1.5S, OCPP 1.6J, upgradable to OCPP2.0	OCPP 1.5S, OCPP 1.6J, upgradable to OCPP2.0
Metering			
Meter	-	meter IC	MID meter*

Πίνακας 13: Τεχνικών Χαρακτηριστικών φορτιστή Delta AC Max Plus

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο τρόπος σύνδεσης του φορτιστή με το τριφασικό καλώδιο τροφοδοσίας του (L1,L2,L3,N,PE).



Εικόνα 53: Σύνδεση του Φορτιστή με το τριφασικό καλώδιο τροφοδοσίας του (L1,L2,L3,N,PE).

9.3 Φορτιστής Ηλεκτρικών Οχημάτων Delta DC 25 kW Wallbox

Ο φορτιστής Delta DC 25 kW Wallbox επιλέχθηκε με βάση την ισχύ του, για την κάλυψη των αναγκών των τετράτροχων οχημάτων κυρίως επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων τύπων BEV,HEV,PHEV, προκειμένου ο ανεφοδιασμός τους να γίνει σε μικρό χρονικό διάστημα. Ο συγκεκριμένος φορτιστής είναι τριφασικής σύνδεσης υποστηρίζοντας DC φόρτιση, έχοντας διπλή θύρα φόρτισης για βύσματα τύπου CCS και CHAdeMO. Θα παρουσιαστεί παρακάτω ο φορτιστής μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τα οποία είναι διαθέσιμα από την εταιρεία INERGIION <http://www.inergion.com/?no-redirect=true> αλλά και από τον κατασκευαστή του Delta <https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/ALL/>.

Φορτιστής Delta DC 25 kW Wallbox / Μοντέλο : EVDE25



Εικόνα 54: Φορτιστής Delta DC 25 kW Wallbox

- Ισχύς: 25kW
- Ονομαστικό Ρεύμα Φόρτισης: 62A max
- Τάση Λειτουργίας: 230 V
- IP Class: IP55
- IK Class: IK10
- Διαστάσεις: 430x680x230 mm
- Βάρος: 45 kg
- Εγγύηση Προϊόντος: 2 Χρόνια
- Ταυτοποίηση με κάρτα RFID/NFC: ✓
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας: OCPP 1. 6J
- ISO 15118: V2G & V2X
- Μετρητής ενέργειας: ✓

<http://www.inergion.com/electromobility/products/delta-dc-25kw-wallbox>

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Part Number	EVDE25-
Power Input	
Input Rating	380-415 Vac; 50 / 60 Hz; Three-phase / L1, L2, L3, N, PE; 50A max 230 Vac; 50 / 60 Hz; Three-phase / /L1, L2, L3, PE; 90A max
Grid Type	Support TN, TT and IT power grid.
Power Factor	> 0.98
Current THD	Compliant with IEC 61000-3-12
Efficiency	94% at nominal output power
Stand-by Consumption	< 20 W
Power Output	
DC Output #1	IEC CCS DC Level 2, 50-500 Vdc, 60A max., 25kW max.
DC Output #2	CHAdeMO, 50-500 Vdc, 60A max., 25 kW max.
Protection	
Protection	Over current, Under voltage, Over voltage, Surge protection, Short circuit, Over temperature, Ground fault

Πίνακας 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φορτιστή DC WALLBOX 25 kW

User Interface & Control	
Display	2.7" OLED screen
Support Language	English, French, German, Spanish (other languages available upon request)
Push Buttons	Multi-functional buttons (LED light: Orange, Blue) / Emergency stop button (Red)
User Authentication	ISO/IEC 14443 Type A/B RFID
Communication	
Connectivity	OCPP 1.5S, 1.6J
Network Interface	Ethernet, Cellular
Environment	
Operating Temperature	-30°C to +50°C (-22°F to +122°F)
Storage Temperature	-40°C to +85°C (-40°F to +185°F)
Humidity	< 95% relative humidity, non-condensing
Altitude	Up to 2,000 m (6,500 ft.)
Mechanical Design	
Ingress Protection	IP55
Enclosure Protection	IK10
Cooling	Forced air
Charging Cable Length	4 m (13 ft.) (standard) / 7 m (23 ft.) (optional for IEC CCS DC)
Dimension (W x H x D) / Weight	680 x 430 x 230 mm (27 x 17 x 9 inch) / 53kg (117lb), including 2 charging plug and cable
Mounting	Wall mount, or optional stand
Regulation	
Certificate	CE
Compliance	CHAdeMO, IEC 61851-1, IEC 61851-23

Πίνακας 15: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φορτιστή DC WALLBOX 25 kW

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Αιγίου

10.1 Μελέτη Εγκατάστασης Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Αίγιου

Στο λιμάνι του Αιγίου πρόκειται να πραγματοποιηθεί μελέτη περίπτωσης προκειμένου να εγκατασταθούν σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Για την μελέτη της εγκατάστασης των σημείων φόρτισης ως αρχικό σενάριο θεωρείται η τοποθέτηση 14 συνολικών φορτιστών στον λιμένα. Από τους οποίους οι 8 φορτιστές θα αφορούν τετράτροχα οχήματα και οι υπόλοιποι 6 φορτιστές θα αφορούν δίτροχα οχήματα και ηλεκτρικά πατίνια. Η μελέτη θα συμπεριλαμβάνει φορτιστές αργής και ταχείας φόρτισης προκειμένου να ικανοποιούνται όλες οι ανάγκες των οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα θα εγκατασταθούν 6 φορτιστές AC με ισχύ 3,6 kW (εξυπηρετώντας κυρίως τα δίτροχα οχήματα, σκούτερ, ηλεκτρ. πατίνια κ. α.), 6 φορτιστές AC με ισχύ 11 kW και τέλος 2 φορτιστές ταχείας φόρτισης συνεχούς ρεύματος DC με ισχύ 25 kW.

Η επιλογή των φορτιστών εναλλασσόμενου ρεύματος AC, έγινε με κύριο γνώμονα τον ενσωματωμένο φορτιστή (On Board Charger -OBC) που διαθέτουν τα περισσότερα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα που κατασκευάζονται αυτήν την χρονική περίοδο (2021-2022). Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων (90%) διαθέτουν ενσωματωμένο φορτιστή με μέγιστη υποστηριζόμενη ισχύ 11 kW για AC φόρτιση. Συνεπώς η επιλογή φορτιστών Η/Ο, για AC φόρτιση με μεγαλύτερη ισχύ από αυτήν των 11 kW θα ήταν εσφαλμένη καθώς δεν θα μπορούσε να αξιοποιηθεί από τον ενσωματωμένο φορτιστή των οχημάτων.

Μάρκα -Μοντέλο	Ηλεκτρική Αυτονομία σε km	Μέγιστη Υποστηριζόμενη Ισχύς Φόρτισης AC (kW)	Μέγιστη Υποστηριζόμενη Ισχύς Φόρτισης DC (kW)
BMW i4 edrive 40	494 εως 590	11	205
BMW iX xdrive 40	395 έως 422	11	150
BMW i3 120 Ah	έως 235	11	49
BMW 330 e (PHEV)	έως 62	3.7	–
Hyundai Kona e (136ps -39 kw)	έως 435	11	100
KIA EV6	484 έως 528	11	180 έως 240
Peugeot e-208	340 έως 478	7.3	100
Honda e	εως 220	6.6	50 έως 100
Audi Q4 40 e-tron	έως 425	11	135

Πίνακας 16: Μέγιστη Υποστηριζόμενη Ισχύς Φόρτισης AC/DC

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τα περισσότερα ηλεκτρικά τετράτροχα οχήματα έχουν ενσωματωμένο φορτιστή (**On Board Charger – OBC**) με μέγιστη υποστηριζόμενη ισχύ φόρτισης τα **11 kW** για **AC φόρτιση**.

Οι φορτιστές που πρόκειται να εγκατασταθούν στον λιμένα του Αιγίου διατίθενται στην αγορά από την εταιρεία INERGION A. E. και κατασκευάζονται από τις εταιρείες ηλεκτρικών φορτιστών ENSTO και DELTA. Τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 10^ο). Πιο συγκεκριμένα στον λιμένα Αιγίου θα χρησιμοποιηθούν

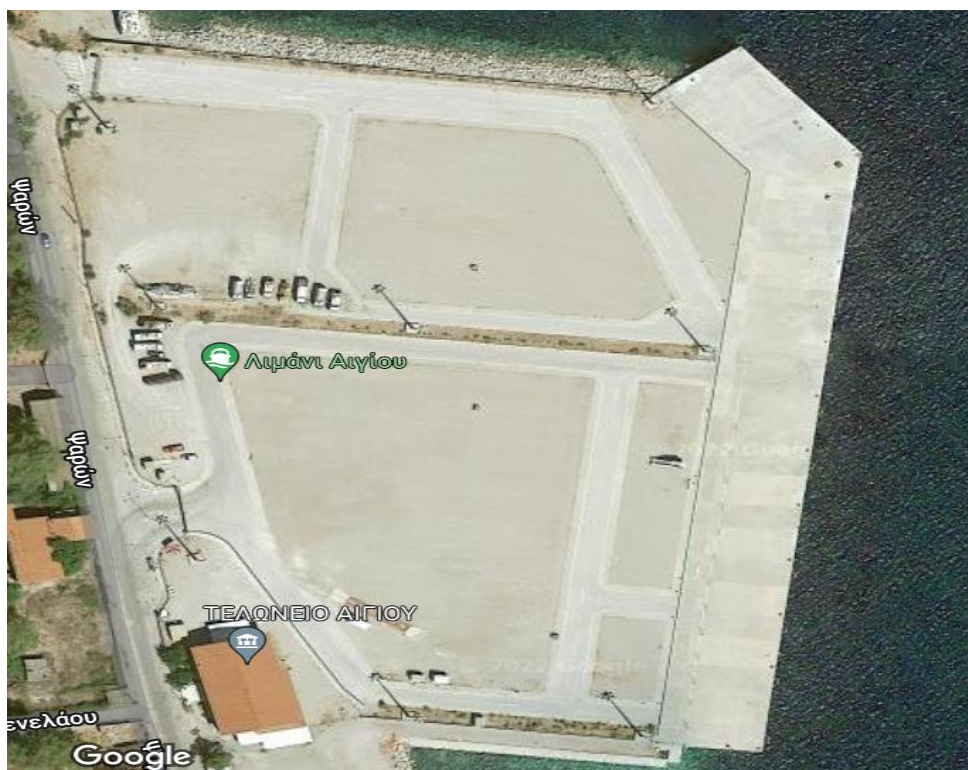
- 6 Φορτιστές Ensto One 3,6 kW,
- 6 Φορτιστές Delta AC Max plus 11 kW,
- 2 Φορτιστές Delta DC 25 kW Walbox

10.2 Υπολογισμοί Μελέτης Λιμένα Αίγιου

Όπως προαναφέρθηκε στο παραπάνω υπό- κεφάλαιο, στον λιμένα του Αιγίου πρόκειται να εγκατασταθούν συνολικά 14 φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Για την εγκατάσταση των φορτιστών θα πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψη τα μεγέθη των υφιστάμενων παροχών ηλεκτρικής ενέργειας του λιμένα. Σύμφωνα με τον Λιμεναρχείο Αιγίου οι διαθέσιμες παροχές για την τροφοδότηση των υποδομών φόρτισης Η/Ο είναι οι εξής:

- Στον παλιό λιμένα του Αιγίου υπάρχουν μια παροχή **Μ. Τ. με ισχύ 630 kVA** και 2 παροχές **Χ. Τ. , με ισχύ 35 kVA (No3)**.
- Στον νέο λιμένα του Αιγίου υπάρχει μια παροχή **Μ. Τ με ισχύ 400 kVA**.

Ακολουθεί παρακάτω μια φωτογραφία που απεικονίζει τον λιμένα του Αιγίου, η οποία αντλήθηκε από τον δορυφόρο της εφαρμογής της Google Maps.



Εικόνα 55: Λιμένας Αιγίου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το πλήθος, η ισχύς και το είδος σύνδεσης(1φασική ή 3φασική) των φορτιστών που πρόκειται να εγκατασταθούν στον λιμένα.

Φορτιστές Λιμένα Αιγίου					
Φορτιστές AC Τάσης				Φορτιστές DC Τάσης	
Μονοφασικοί Φορτιστές		Τριφασικοί Φορτιστές		Τριφασικοί Φορτιστές	
Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή (kW)	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή(kW)	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή(kW)
6	3,6 kW	6	11 kW	2	25
Συνολική Ισχύς Φορτιστών (kW)					137,6 kW

Πίνακας 17 : Πίνακας Φορτιστών Λιμένα Αιγίου

Υπολογισμός Συνολικής Ζητούμενης Ισχύς των Υποδομών Φόρτισης του Λιμένα :

$3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 25 \text{ kW} + 25 \text{ kW} = 137,6 \text{ kW}.$

Η τροφοδότηση της υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στον λιμένα του Αγίου Νικολάου θα πραγματοποιηθεί μέσω της υφιστάμενης παροχής μέσης Τάσης της ΔΕΗ.

Τα σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων θα χωριστούν σε διαφορετικές θέσεις και θα τροφοδοτούνται από διαφορετικούς πίνακες διανομής. Συνεπώς για την τροφοδότηση των υποδομών φόρτισης θα δημιουργηθούν τρεις πίνακες διανομής (Α,Β,Γ). Οι πίνακες διανομής που θα δημιουργηθούν ακολουθούν παρακάτω:

- Ο **πίνακας διανομής Α** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 6 φορτιστές AC ισχύος 3,6 kW, ο κάθε ένας ξεχωριστά.
- Ο **πίνακας διανομής Β** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 6 φορτιστές AC ισχύος 11 kW, ο κάθε ένας ξεχωριστά.
- Ο **πίνακας διανομής Γ** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 2 φορτιστές DC ισχύος 25 kW, ο κάθε ένας ξεχωριστά.

Ακολουθεί παρακάτω συνοπτικός πίνακας με το σύνολο των φορτίων, που θα συμπεριλαμβάνονται σε κάθε πίνακα διανομής της εγκατάστασης.

Πίνακας Διανομής Α		Πίνακας Διανομής Β		Πίνακας Διανομής Γ	
Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή
6	3,6 kW	6	11 kW	2	25 kW

10.2.1 Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Αιγίου

Ο πίνακας διανομής Α είναι τριφασικής σύνδεσης και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά έξι φορτιστές AC με ισχύς 3,6 kW ο καθένας. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $6 \times 3,6 \text{ kW} = 21,6 \text{ kW}$.

α/α	Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
1	Φορτιστής AC	3600 W
2	Φορτιστής AC	3600 W
3	Φορτιστής AC	3600 W
4	Φορτιστής AC	3600 W
5	Φορτιστής AC	3600 W
6	Φορτιστής AC	3600 W
Σύνολο		21600 W

Πίνακας 18 : Φορτία Πίνακα Διανομής Α - Λιμένα Αιγίου

Ο συνολικός **συντελεστής ισχύος** (Power Factor) της εγκατάστασης 6 φορτιστών AC ($6 \times 3,6 \text{ kW}$) θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Ο **συντελεστής ταυτοχρονισμού** της εγκατάστασης, ο οποίος δηλώνει το ποσοστό (από 0 έως 100 %) των φορτίων της εγκατάστασης τα οποία πρόκειται να λειτουργήσουν ταυτοχρόνως..

Για τον σωστό καθορισμό της τιμής του συντελεστή θα πρέπει να υπάρξει κατάλληλο **χρονοδιάγραμμα λειτουργίας των φορτίων** της υποδομής φόρτισης. Δυστυχώς όμως δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί λόγω αρκετών αστάθμητων παραγόντων.

Λόγω του προφίλ του φορτίου η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση **δυσμενές σεναρίου όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και θα επιλεγθεί συντελεστής ταυτοχρονισμού $g=1$.**

Ο **συντελεστής εφεδρείας** αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς.**

Με βάση των παραπάνω δεδομένων θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής των 6 φορτιστών AC 3,6 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{21600}{1} = 21600 \text{ VA} = 21,6 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 21,6 \times 1 \times 1,1 = 23,8 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής A / Φορτιστών AC 3,6 kW :

Ο πίνακας διανομής θα αναλάβει την τροφοδότηση 6 Φορτιστών AC με ισχύ 3,6 kW, με ανεξάρτητη μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας ο κάθε ένας. Η τροφοδότηση των φορτίων κάθε γραμμής θα γίνει μέσω του τριφασικού πίνακα διανομής A. Σε κάθε φάση (L1,L2,L3) του πίνακα A θα συνδεθούν δυο γραμμές τροφοδοσίας φορτιστών. Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής A θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή A1	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
2	Γραμμή A2	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
3	Γραμμή A3	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
4	Γραμμή A4	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
5	Γραμμή A5	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
6	Γραμμή A6	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W

Πίνακας 19: Γραμμές Πίνακα Διανομής A - Λιμένα Αιγίου

Υπολογισμός Γραμμής A1 : Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3,6 kW

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή μονοφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = 15,65A$$

Σημείωση : σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή , το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 16 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής A, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου **ΕΛΟΤ 60364**, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής A πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
- Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

- Θερμοκρασία εδάφους : 25⁰ C
- Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
- Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)

Συνεπώς λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τα παραπάνω στοιχεία η κατάλληλη επιλογή της διατομής των καλωδίων θα πραγματοποιηθεί μέσω της παρακάτω διαδικασίας :

- Αρχικά από τον πίνακα **B.52.1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 2, στην στήλη 3 ο πίνακας **B.52.1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.2** **στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.2** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52.1** κατηγορία **Δ1** **στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70⁰ C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30⁰ C στον αέρα και 20⁰ C στο έδαφος, επιλέγετε αρχικά διατομή καλώδιο **S=1,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **22 A**.
- Λόγω ότι η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20⁰ βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B.52.15** και **B.52.16**.
- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι **6** θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B.52.19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 1,5 mm².

Αναλόγως το πλήθος των κυκλωμάτων και την απόσταση των καλωδίων (α) μεταξύ τους επιλέγεται ο αντίστοιχος συντελεστής διόρθωσης.

*Απόσταση α

Πολυπολικά καλώδια



Μονοπολικά καλώδια



Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 6** κυκλωμάτων και έχοντας μηδενική απόσταση μεταξύ τους προκύπτει από τον πίνακα **B.52.19** ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,60**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα B.52.2 ήταν S=1,5mm² με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα I=22 A. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης 0,60 του πίνακα B. 52. 19 προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 22 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 13,2 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση είναι μικρότερο από το ρεύμα του φορτιστή δηλαδή :

$$I_{\Delta} = 13,2 \text{ A} < I_{\Phi} = 16 \text{ A.}$$

Άρα η διατομή καλωδίου $S=1,5 \text{ mm}^2$ **δεν είναι η κατάλληλη** και θα πρέπει να γίνουν δοκιμές με μεγαλύτερη διατομή προκειμένου να προκύψει μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο με 16 A.

Η αμέσως μεγαλύτερη διατομή που επιλέγεται από τον πίνακα B.52.2 είναι η $S=2,5 \text{ mm}^2$ με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα $I=29 \text{ A}$. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$ με τον συντελεστή διόρθωσης 0,60 του πίνακα B. 52. 19 προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 29 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 17,4 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα καθώς είναι μεγαλύτερο των 16 A δηλαδή:

$$I_{\Delta} = 17,4 \text{ A} > I_{\Phi} = 16 \text{ A.}$$

Άρα η κατάλληλη διατομή καλωδίου για τοποθέτηση στο έδαφος και τροφοδότηση 6 κυκλωμάτων όπως προκύπτει από τους πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364 είναι $S=2,5 \text{ mm}^2$.

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**.

Για **μονοφασικά φορτία ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης είναι:**

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s}$$

ρ : ειδική αντίσταση όπου $\rho = 0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ για χαλκό Cu και $\rho = 0,0294 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

L : το μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού)

ΔU : πτώση τάσης σε Volts

$\cos \varphi$: συντελεστής ισχύος

s : διατομή καλωδίου

Για μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας επιτρέπεται **4%** της τάσης παροχής. Άρα η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι :

$$\Delta U = 230 \times 4 / 100 = 9,2 \text{ V}$$

Η **πτώση τάσης κάθε μονοφασικής γραμμής διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$** που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 3,6 kW θα είναι :

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = 2 \cdot \frac{0,0176 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 1}{2,5} = 3,379 < 9,2 \text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, $\rho_{\text{Cu}} = 0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού), $L = 15 \text{ m}$
- Ρεύμα Φορτίου $I = 16 \text{ A}$
- συντελεστής ισχύος $\cos \varphi = 1$
- διατομή καλωδίου $s = 2,5 \text{ mm}^2$

Συνεπώς, λόγω ότι η πτώση τάσης $\Delta U = 3,379 < 9,2$ είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή $S=2,5 \text{ mm}^2$ που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή AC 3,6 kW.

• Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής μονοφασικού φορτιστή AC ισχύος 3,6 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Όπου I_B : είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος

I_Z : είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής

I_n : είναι το ονομαστικό ρεύμα της διάταξης προστασίας

Στην περίπτωση της γραμμής A1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 16 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 29 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 20 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B=16 \text{ A} \leq I_n=20 \text{ A} \leq I_Z=29 \text{ A}$.

Επίσης η τροφοδότηση φορτίων με ισχύ **μεγαλύτερη από 1,5 kW** θα πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα διακλάδωσης όπου στην περίπτωση μονοφασικής σύνδεσης απαιτείται **διπολικός διακόπτης** στην αναχώρηση του πίνακα προκειμένου να διακόπτεται ταυτόχρονα η φάση και ο ουδέτερος(μονοφασική σύνδεση).

Ο διακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και χειρισμό της γραμμής θα είναι διπολικός, 2 X 32 A.

Οπότε η γραμμή A1 διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 20 A χαρακτηριστικής B και ο χειρισμός της θα γίνεται από διπολικό διακόπτη με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 32 A, διακόπτοντας φάση και ουδέτερο.

Εφόσον τα υπόλοιπα φορτία που πρόκειται να τροφοδοτήσει ο πίνακας διανομής φορτιστών AC 3,6 kW έχουν ίδια ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=16 \text{ A}$) με το φορτίο της γραμμής A1, θα ισχύουν **ακριβώς τα ίδια και για τις υπόλοιπες γραμμές**. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα μεγεθών συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών με τα μέσα προστασίας τους για την τροφοδότηση τους.

Άρα για την τροφοδότηση των 6 γραμμών υποδομών φόρτισης από τον πίνακα διανομής A απαιτείται ο παρακάτω ηλεκτρολογικός εξοπλισμός :

Γραμμές Τροφοδοσίας Φορτιστών AC 3,6 kW	Π. 52-K3 και Π. 52-E3 (ΕΛΟΤ 60364)		
	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
Γραμμή A1	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A2	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A3	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A4	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A5	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A6	S=2. 5 mm ²	20	2 x 32A (L, N)

• Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Α

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Α έπειτα από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού $g = 1$ και συντελεστή εφεδρείας 10 %, είναι $S = 23,76$ kVA.

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 21,6 \times 1 \times 1,1 = 23,76 \text{ kVA}$$

Το συνολικό ρεύμα του πίνακα διανομής θα είναι:

$$I_{Aολ} = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3} + I_{A4} + I_{A5} + I_{A6} = 16 + 16 + 16 + 16 + 16 + 16 = 96 \text{ A}$$

Άρα $I_{Aολ} = 96 \text{ A}$

Για τον υπολογισμό της γενικής ασφάλειας και του γενικού διακόπτη θα πρέπει να χωρίσουμε τις γραμμές τροφοδοσίας σε κάθε μια φάση της τριφασικής γραμμής του πίνακα διανομής. Τα κυκλώματα ($6 \times 3,6$ kW) που θα συνδεθούν στον τριφασικό **πίνακα διανομής Α** θα πρέπει να μοιραστούν σε κάθε μια από τις τρεις φάσεις του (L1,L2,L3). Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να επιτευχθεί **ίση κατανομή** των ρευμάτων των φορτίων ανά φάση του πίνακα. Συνεπώς ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει σε κάθε μια από τις φάσεις του τα φορτία των γραμμών. Ακολουθεί παρακάτω πίνακας με τον διαμοιρασμό των φορτίων σε κάθε φάση του 3Φ πίνακα Α.

Η ιδανική κατανομή θα ήταν η εξής :

Φάσεις Τριφασικού Πίνακα Διανομής Α	ΓΡΑΜΜΕΣ		ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΑΣΗΣ (A)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥ ΦΑΣΗΣ (W)
	№	I (A)		
Φάση L1	A1	16	32	7200
	A2	16		
Φάση L2	A3	16	32	7200
	A4	16		
Φάση L3	A5	16	32	7200
	A6	16		
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Α =				21600

Πίνακας 20 : Κατανομή των φάσεων του πίνακα Α

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S=23,76$ kVA υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{V} = \frac{23760 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 34,29 \text{ A}$$

Επιλέγεται καλώδιο, διατομής 5x10mm²

Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι L= 35 m.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 34,29 \cdot 35 \cdot 1}{10} = 3,65 V < 16 V$$

Η πτώση τάσης που προκύπτει για διατομή καλωδίου S= 10 mm² είναι αποδεκτή.

Το υλικό προστασίας το οποίο θα πρέπει υποχρεωτικά να περιέχει κάθε ηλεκτρολογικός πίνακας σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 είναι :

- Ο γενικός διακόπτης
- Η γενική ασφάλεια
- Ο διακόπτης διαρροής Ρεύματος (RCD)
- Η ενδεικτική λυχνία λειτουργίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα , θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής A 3P 40 A
- Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής A : Αυτόματη Ασφάλεια 3X35A
- Διακόπτης Διαφυγής Έντασης, Τετραπολικός Δ.Δ.Ε, 4 X 40 A
- Μικροαυτόματη Ασφάλεια ,για την προστασία κάθε γραμμής φορτιστών 1 X20 A
- Ραγοδιακόπτης 2X 32 A , για τον χειρισμό κάθε γραμμής φορτιστών

Μονογραμμικό διάγραμμα πίνακα Διανομής A και Επαλήθευση υπολογισμών μέσω λογισμικού προγράμματος της 4M.

Για την σχεδίαση του μονογραμμικού σχεδίου του πίνακα αλλά και για την επαλήθευση των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της εταιρείας 4M. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα της 4M δεν παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις των αποτελεσμάτων. Στην παρακάτω εικόνα του φύλλου υπολογισμού του προγράμματος διακρίνονται τα επιτρεπτά ρεύματα και η διατομή των γραμμών του πίνακα διανομής A.

Το πρόγραμμα έχει ορίσει ως **μέγιστη ασφάλεια προστασίας 16 A** ενώ υπολογίστηκε 20 A. Το σφάλμα προκύπτει από το γεγονός ότι το πρόγραμμα υπολογίζει ως ρεύμα κάθε γραμμής 15,6 A διότι οι υπολογισμοί γίνονται βάση της εξίσωσης της ισχύος $P = U \times I \times \cos \varphi$. Επομένως ισχύει η συνθήκη για τον υπολογισμό της ασφάλειας $15,6 \leq I_n \leq 29$ και για αυτό υπολογίζεται 16A ασφάλεια από το πρόγραμμα. Θεωρεί δηλαδή ότι η επιλογή ασφάλειας ρεύματος 16 A είναι αρκετή για την προστασία της γραμμής. Ακολουθεί παρακάτω εικόνα στην οποία φαίνονται οι υπολογισμοί που έγιναν μέσω του προγράμματος ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιπρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιπρ. Ρεύμα (Α).	Μέγιστη Ασφάλεια (Α)	Ρεύμα Γραμμής (Α)
1	A.Π	35	21.60	Πίνακας	1.000	J1VV-R	10		39.00	1.000	39.00	35	34.43
2	A.1	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
3	A.2	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
4	A.3	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
5	A.4	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
6	A.5	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
7	A.6	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U	2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
8													

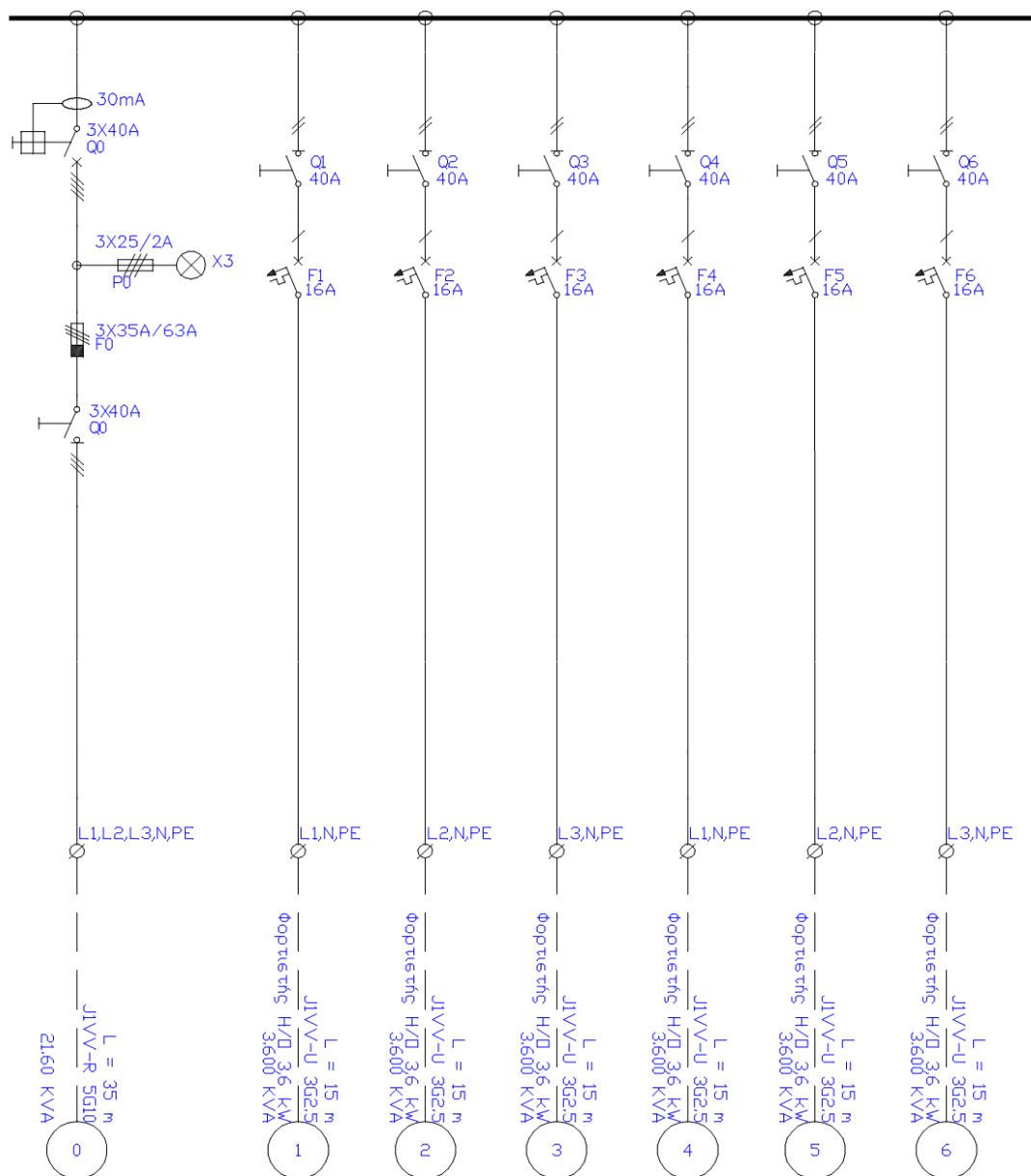
Εικόνα 56 : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Α

Παρατηρείται επίσης για τον ίδιο λόγο μικρή διαφορά στο αποτέλεσμα της πτώση τάσης, καθώς είχε υπολογιστεί με ρεύμα γραμμής 16 Α στα 3,65 V ενώ το πρόγραμμα υπολογισμού του ADAPT, υπολογίζει με ρεύμα 15,65 Α πτώση τάσης 3,354 V.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πτ. Τάσης (%)	Πώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (Α)
1	A.Π	35	21.60	6	Πίνακας	1.000		123	4.000		3	10	35
2	A.1	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		1	4.000	3.354	1	2.5	16
3	A.2	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		2	4.000	3.354	1	2.5	16
4	A.3	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		3	4.000	3.354	1	2.5	16
5	A.4	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		1	4.000	3.354	1	2.5	16
6	A.5	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		2	4.000	3.354	1	2.5	16
7	A.6	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		3	4.000	3.354	1	2.5	16
8													
9													
10													
11													

Εικόνα 57: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Α

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα διανομής Α, το οποίο προέκυψε κάνοντας χρήση του προγράμματος ADAPT - Ηλεκτρολογικά της 4M.



Εικόνα 58: Μονογραμμικό Πίνακα Διανομής Α /Λιμένα Αιγίου

10.2.2 Πίνακας Διανομής Β Φορτιστών Λιμένα Αίγιου

Ο πίνακας διανομής Β είναι τριφασικής σύνδεσης (3 Phase) και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά έξι φορτιστές AC με ισχύς 11 kW ο καθένας. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $6 \times 11 \text{ kW} = 66 \text{ kW}$.

Ο συνολικός συντελεστής ισχύος (Power Factor) της εγκατάστασης 6 φορτιστών AC ($6 \times 11\text{kW}$) θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Ο συντελεστής ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης θα οριστεί όπως προηγουμένως $g=1$, λόγω του προφίλ του φορτίου, όπου η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση δυσμενές σεναρίου όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και θα επιλεγθεί συντελεστής ταυτοχρονισμού $g=1$.

Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
Φορτιστής AC	11000 W
Φορτιστής AC	11000 W
Φορτιστής AC	11000 W
Φορτιστής AC	11000 W
Φορτιστής AC	11000 W
Φορτιστής AC	11000 W
Σύνολο	66000 W

Ο **συντελεστής εφεδρείας** αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς**.

Με βάση των παραπάνω δεδομένων θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής των 6 φορτιστών AC 11 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{66000}{1} = 66000 \text{ VA} = 66000 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 66000 \times 1 \times 1,1 = 72600 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής Β/6 Φορτιστών AC 11 kW :

Ο πίνακας διανομής Β θα αναλάβει την τροφοδότηση 6 Φορτιστών AC με ισχύ φορτιστή 11 kW , με ανεξάρτητη τριφασική γραμμή τροφοδοσίας ο κάθε ένας. Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής Β θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή Β1	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
2	Γραμμή Β2	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
3	Γραμμή Β3	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
4	Γραμμή Β4	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
5	Γραμμή Β5	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
6	Γραμμή Β6	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W

Υπολογισμός Γραμμής B1 : Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11 kW

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή τριφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή θα είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = 16 \text{ A}$$

Σημείωση : σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή , το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 16 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής B, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής A πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25⁰ C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52.1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 3, στην στήλη 3 ο πίνακας **B.52.1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.4 στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.4** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52. 1** κατηγορία **Δ1 στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70⁰ C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30⁰ C στον αέρα και 20⁰ C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S= 1. 5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **18 A**.
- Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20⁰ βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B. 52.15** και **B.52. 16**.
- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι **6** θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B. 52. 19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 1,5 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 6** κυκλωμάτων και έχοντας **μηδενική απόσταση μεταξύ τους** (σε επαφή) προκύπτει από τον πίνακα B. 52. 19 ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,60**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα **B.52.4** ήταν **S=1,5mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=18 A**. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης **0,60** του πίνακα **B.52.19** προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 18 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 10,8 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση είναι μικρότερο από το ρεύμα του φορτιστή δηλαδή **I_Δ =10,8 A < I_Φ =16 A**. Άρα η διατομή καλωδίου **S=1,5 mm²** **δεν είναι η κατάλληλη** και θα πρέπει να γίνουν δοκιμές με μεγαλύτερη διατομή προκειμένου να προκύψει μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο με 16 A.

Η αμέσως μεγαλύτερη διατομή που επιλέγεται από τον πίνακα **B.52.4** είναι η **S=2,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=24 A**. Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία με προηγουμένως η τιμή του ρεύματος που θα προκύψει θα είναι:

$$I_{\Delta}=24 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 14,4 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που προέκυψε έπειτα από την διόρθωση είναι μικρότερο από το ρεύμα του φορτιστή δηλαδή **I_Δ=14,4 A < I_Φ=16 A**.

Συνεπώς θα ακολουθηθεί ξανά η ίδια διαδικασία επιλέγοντας νέα διατομή S=4 mm² με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα I=30 A. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta}=30 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 18 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που προέκυψε **ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα** καθώς είναι μεγαλύτερο των 16 A δηλαδή:

$$I_{\Delta}=18 \text{ A} > I_{\Phi}=16 \text{ A}.$$

Άρα η κατάλληλη διατομή κάθε καλωδίου προκύπτει : **S=4 mm²**

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**.

Για τριφασικά φορτία ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s}$$

ρ : ειδική αντίσταση όπου ρ= 0,0176 Ω *mm²/m για χαλκό Cu και ρ=0,0294 Ω *mm²/m

L : το μήκος του αγωγού (απόσταση φορτίου)

ΔU : πτώση τάσης σε Volts

cosφ : συντελεστής ισχύος

s : διατομή καλωδίου

Για τριφασική γραμμή τροφοδοσίας επιτρέπεται **4%** της τάσης παροχής. Άρα η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι :

$$\Delta U = 400 \times 4 / 100 = 16 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης κάθε τριφασικής γραμμής διατομής S=4mm² που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 11 kW θα είναι :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 1}{4} = 1,83 \text{ V} < 16 \text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, **ρ_{cu} = 0,0176 Ω *mm²/m**
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτίου), **L =15 m**
- Ρεύμα Φορτίου **I = 32 A**
- συντελεστής ισχύος **cosφ =1**
- διατομή καλωδίου **s=4 mm²**

Συνεπώς λόγω ότι η πτώση τάσης ΔU= 1,83 < 16 είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή S=4 mm² που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή AC 11 kW.

Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής μονοφασικού φορτιστή AC ισχύος 11 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Όπου I_B : είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος

I_Z : είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής

I_n : είναι το ονομαστικό ρεύμα της διάταξης προστασίας

Στην περίπτωση της γραμμής B1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 16 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 30 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγθεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 20 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B=16 \text{ A} \leq I_n=20 \text{ A} \leq I_Z=30 \text{ A}$.

Επίσης η τροφοδότηση φορτίων με ισχύ **μεγαλύτερη** από **1,5 kW** θα πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα διακλάδωσης όπου στην περίπτωση τριφασικής σύνδεσης απαιτείται **τετραπολικός διακόπτης** στην αναχώρηση του πίνακα προκειμένου να διακόπτονται ταυτόχρονα οι τρεις φάσεις και ο ουδέτερος(τριφασική σύνδεση). Συνεπώς ο διακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και χειρισμό της γραμμής θα είναι τετραπολικός με ονομαστική τιμή ρεύματος $4 \times 32 \text{ A}$.

Οπότε η γραμμή B1 διατομής $S=4 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 20 A χαρακτηριστικής B και ο χειρισμός της θα γίνεται από τετραπολικό διακόπτη με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 32 A, διακόπτοντας τους τρεις αγωγούς των φάσεων και τον ουδέτερο. Εφόσον τα υπόλοιπα φορτία που πρόκειται να τροφοδοτήσει ο πίνακας διανομής B φορτιστών AC 11 kW έχουν ίδια ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=16 \text{ A}$) με το φορτίο της γραμμής B1, θα ισχύουν ακριβώς τα ίδια και για τις υπόλοιπες γραμμές. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα μεγεθών συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών με τα μέσα προστασίας τους για την τροφοδότηση τους από τον πίνακα.

Άρα για τις γραμμές του πίνακα διανομής B θα χρησιμοποιήσουμε :

Γραμμές Τροφοδοσίας Φορτιστών AC 3,7kW	Π. 52-K3 και Π. 52-E3 (ΕΛΟΤ 60364)		
	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
Γραμμή B1	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή B2	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή B3	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή B4	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή B5	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή B6	$S=4 \text{ mm}^2$	16	4 x 25 A (L1,L2,L3, N)

Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Β

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Β έπειτα από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε είναι $S = 66 \text{ kVA}$.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{66000}{1} = 66000 \text{ VA} = 66 \text{ kVA}$$

Χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού $g = 1$ και συντελεστή εφεδρείας 10 %, θα προκύψει:

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 66 \times 1 \times 1,1 = 72,6 \text{ kVA}$$

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S = 72,6 \text{ kVA}$ υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{V} = \frac{62440 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 90,12 \text{ A}$$

Επιλέγεται καλώδιο, διατομής $3 \times 50 + 25 + 25 \text{ mm}^2$.

Έλεγχος Πτώσης Τάσης καλωδίου Παροχής Πίνακα Διανομής Φορτιστών AC 11 kW

Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι $L = 35 \text{ m}$.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 90,12 \cdot 35 \cdot 1}{50} = 1,92 < 16 \text{ V}$$

Η τιμή της πτώσης τάσης είναι αποδεκτή.

Το υλικό προστασίας το οποίο θα πρέπει υποχρεωτικά να περιέχει κάθε ηλεκτρολογικός πίνακας σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 είναι :

- Ο γενικός διακόπτης
- Η γενική ασφάλεια
- Ο διακόπτης διαρροής Ρεύματος (RCD)
- Η ενδεικτική λυχνία λειτουργίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής Β : 3Χ125 Α
- Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής Β : Αυτόματη Ασφάλεια 3Χ125Α
- Διακόπτης Διαφυγής Έντασης, Τετραπολικός Δ.Δ.Ε: 4 Χ 125 Α
- Μικροαυτόματη Ασφάλεια για την προστασία κάθε γραμμής φορτιστών 3 Χ20 Α
- Ραγοδιακόπτης 4Χ32 Α για τον έλεγχο και χειρισμό κάθε γραμμής φορτιστών

Φύλλο υπολογισμού διατομής και μέσων προστασίας γραμμών μέσω του **ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M**.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιρ. Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
1	B.Π	35	66.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R	70		125.0	1.000	125.0	125	105.2
2	B.1	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94
3	B.2	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94
4	B.3	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94
5	B.4	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94
6	B.5	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94
7	B.6	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	4		30.00	0.600	18.00	16	15.94

Εικόνα 59: : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένες Αιγίου Πίνακας Β

Το πρόγραμμα επιλεγεί για την προστασία των γραμμών ασφάλεια 16 A διότι ορίζει ως ρεύμα του φορτίου τα 15,87 A. Αυτό συμβαίνει λόγω ότι υπολογίζει το ρεύμα του φορτιστή με βάση την παρακάτω εξίσωση :

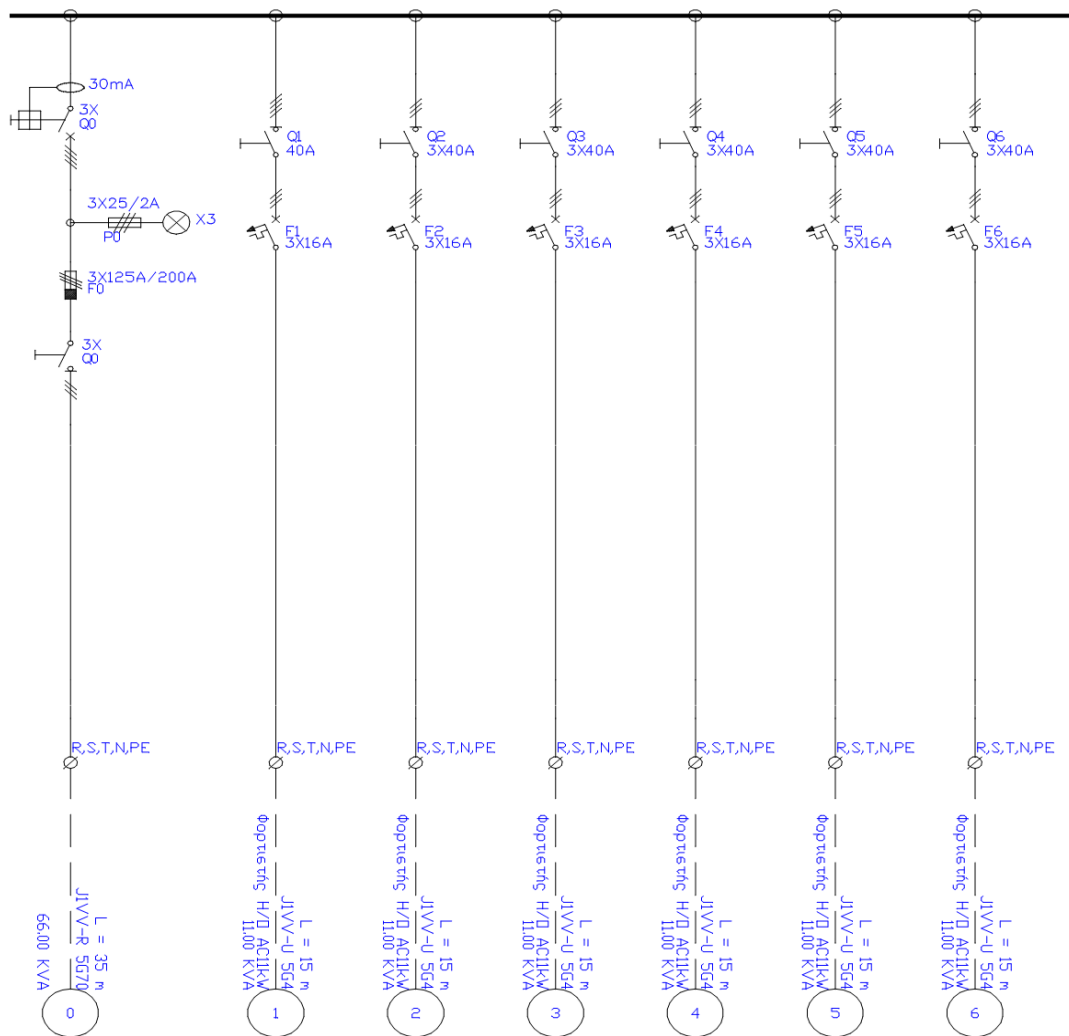
$$I = \frac{P}{V} = \frac{11000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 15,88 \text{ A}$$

Συνεπώς εκεί οφείλεται η διαφορετική τιμή της ασφάλειας που επιλέχθηκε πιο πάνω. Επίσης παρατηρείται μια πολύ μικρή απόκλιση στην τιμή της πτώσης τάσης όπου το πρόγραμμα υπολόγισε 1.851 ενώ αρχικά είχε υπολογιστεί 1,92.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πτ. Τάσης (%)	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
1	B.Π	35	66.00	6	Πίνακας	1.000		123	4.000	3		70	125
2	B.1	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
3	B.2	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
4	B.3	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
5	B.4	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
6	B.5	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
7	B.6	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1		123	4.000	1.851	3	4	16
8													

Εικόνα 60: : Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένες Αιγίου Πίνακας Β

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα διανομής A, το οποίο προέκυψε κάνοντας χρήση του προγράμματος ADAPT - Ηλεκτρολογικά της 4M.



Εικόνα 61: Μονογραμμικό Τριφασικού Πίνακα Διανομής Β μέσω του ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M

10.2.3 Πίνακας Διανομής Γ Φορτιστών Λιμένα Αίγιου

Ο πίνακας διανομής Γ είναι τριφασικής σύνδεσης και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά δύο φορτιστές DC με ισχύς 25 kW ο καθένας. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $2 \times 25 \text{ kW} = 50 \text{ kW}$.

Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
Φορτιστής DC	25000
Φορτιστής DC	25000
Σύνολο	50000

Ο συνολικός συντελεστής ισχύος (Power Factor) της εγκατάστασης 2 φορτιστών DC ($2 \times 25 \text{ kW}$) θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Ο συντελεστής ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης θα οριστεί όπως προηγουμένως $g=1$, λόγω του προφίλ του φορτίου, όπου η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Καραλής Παναγιώτης

ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση δυσμενές σεναρίου όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και θα επιλεγθεί συντελεστής ταυτοχρονισμού $g=1$.

Ο συντελεστής εφεδρείας αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς**

Με βάση των παραπάνω δεδομένων θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής Γ των 2 φορτιστών DC 25 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{50000}{1} = 50000 \text{ VA} = 50 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 50 \times 1 \times 1,1 = 55 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής Γ Φορτιστών DC 25 kW:

Ο πίνακας διανομής Γ θα αναλάβει την τροφοδότηση 2 Φορτιστών DC με ισχύ 25 kW με ανεξάρτητη τριφασική γραμμή τροφοδοσίας ο κάθε ένας. Η τροφοδότηση των φορτίων κάθε γραμμής θα γίνει τριφασικά μέσω του πίνακα διανομής Γ. Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής Β θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή Γ1	Τριφασικός Φορτιστής DC Ισχύος 25000 W
2	Γραμμή Γ2	Τριφασικός Φορτιστής DC Ισχύος 25000 W

Υπολογισμός Γραμμής Γ1 : Τριφασικός Φορτιστής DC Ισχύος 25 kW

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή τριφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = 50 \text{ A}$$

Σημείωση : σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή , το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 50 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής Α, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής Α πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25° C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52. 1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 3, στην στήλη 3 ο πίνακας **B.52.1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.4** **στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.4** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52. 1** κατηγορία **Δ1** **στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70° C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30° C στον αέρα και 20° C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S= 10 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **50 A**. Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20° βαθμούς Κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B. 52. 15** και **B. 52. 16**.
- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι **2** θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B.52.19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 10 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 2** κυκλωμάτων και έχοντας **μηδενική απόσταση μεταξύ τους** (σε επαφή) προκύπτει από τον πίνακα B.52.19 ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,85**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα **B.52.4** ήταν **S=10 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=50 A**. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης 0,85 του πίνακα **B.52.19** προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 50 \times 0,85 \Rightarrow I_{\Delta} = 42,5 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση είναι μικρότερο από το ρεύμα του φορτιστή δηλαδή **I_Δ =40,5 A < I_Φ =50 A**. Άρα η διατομή καλωδίου **S=10 mm²** **δεν είναι η κατάλληλη** και θα πρέπει να γίνουν δοκιμές με μεγαλύτερη διατομή προκειμένου να προκύψει μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο με 50 A.

Η αμέσως μεγαλύτερη διατομή που επιλέγεται από τον πίνακα **B.52.4** είναι η **S=16 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=64 A**. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία η τιμή του ρεύματος που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 64 \times 0,85 \Rightarrow I_{\Delta} = 54,4 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση **ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα** καθώς είναι μεγαλύτερο των 50 A δηλαδή:

$$I_{\Delta} = 54,4 \text{ A} > I_{\Phi} = 50 \text{ A}$$

Άρα η κατάλληλη διατομή κάθε καλωδίου που προκύπτει έπειτα από τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν παραπάνω είναι **S=2,5 mm²**. Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος πτώσης τάσης.

Τα επιτρεπόμενα όρια πτώσης τάσης μιας τριφασικής γραμμής που διαρρέεται από ρεύμα είναι :

Για τριφασική γραμμή τροφοδοσίας επιτρέπεται **4%** της τάσης παροχής. Άρα η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι :

$$\Delta U = 400 \times 4 / 100 = 16 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης κάθε τριφασικής γραμμής διατομής $S=16 \text{ mm}^2$ που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 25 kW θα είναι :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 50 \cdot 15 \cdot 1}{16} = 1,43 \text{ V} < 16 \text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, $\rho_{\text{Cu}} = 0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού), $L = 15 \text{ m}$
- Ρεύμα Φορτίου $I = 50 \text{ A}$
- συντελεστής ισχύος $\cos \varphi = 1$
- διατομή καλωδίου $s = 16 \text{ mm}^2$

Συνεπώς λόγω ότι η πτώση τάσης $\Delta U = 1,43 < 16$ είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή $S=16 \text{ mm}^2$ που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή DC 25 kW.

Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής τριφασικού φορτιστή DC ισχύος 25 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Όπου I_B : είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος

I_Z : είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής

I_n : είναι το ονομαστικό ρεύμα της διάταξης προστασίας

Στην περίπτωση της γραμμής Γ1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 50 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 64 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 63 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B = 50 \text{ A} \leq I_n = 63 \text{ A} \leq I_Z = 64 \text{ A}$.

Επίσης η τροφοδότηση φορτίων με ισχύ **μεγαλύτερη από 1,5 kW** θα πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα διακλάδωσης όπου στην περίπτωση τριφασικής σύνδεσης απαιτείται **τετραπολικός διακόπτης** στην αναχώρηση του πίνακα προκειμένου να διακόπτεται ταυτόχρονα οι 3 φάσεις και ο ουδέτερος.

Ο διακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και χειρισμό της γραμμής θα είναι τετραπολικός 4 X 63 A.

Οπότε η γραμμή Γ1 διατομής $S=16 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 63 A χαρακτηριστικής B και ο χειρισμός της θα γίνεται από τετραπολικό διακόπτη με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 63 A.

Εφόσον τα υπόλοιπα φορτία που πρόκειται να τροφοδοτήσει ο πίνακας διανομής Γ, έχουν **ιδιά ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=50 \text{ A}$)** με το φορτίο της γραμμής Γ1, θα ισχύουν **ακριβώς τα ίδια και για τις υπόλοιπες γραμμές**. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα μεγεθών συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών με τα μέσα προστασίας τους για την τροφοδότηση τους.

Άρα στον πίνακα θα χρησιμοποιήσουμε :

Γραμμές Τροφοδοσίας Φορτιστών DC 25 kW	Π. 52-K3 και Π. 52- E3 (ΕΛΟΤ 60364)		
	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
Γραμμή Γ1	S=16 mm ²	3 X 50 A	4 x 63 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή Γ2	S=16 mm ²	3 X 50 A	4 x 63 A (L1,L2,L3, N)

Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Γ

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Γ έπεται από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού g= 1 και συντελεστή εφεδρείας 10 %, είναι S= 55 kVA.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{55000}{1} = 55000 \text{ VA} = 55 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοχρ, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 55 \times 1 \times 1,1 = 55 \text{ kVA}$$

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ S=55 kVA υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{V} = \frac{55000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 79,38 \text{ A}$$

Επιλέγεται καλώδιο, διατομής S= 3 x 25 +16+16 mm².

Έλεγχος Πτώσης Τάσης καλωδίου Παροχής Πίνακα Διανομής Γ Φορτιστών DC 25 kW

Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι L= 35 m.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 79,38 \cdot 35 \cdot 1}{25} = 3,387 < 16 \text{ V}$$

Η τιμή της πτώση τάσης είναι αποδεκτή.

Επιλογή Διατάξεων Προστασίας Πίνακα Διανομής Φορτιστών DC 25 kW :

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, δηλαδή για εγκατάσταση με ισχύ S=55 kVA, διατομή καλωδίου S=25 mm², ρεύμα μόνιμης φόρτισης 79,38 A θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής Β, 3 X 100 A
- Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής 3 X 80 A χαρακτηριστικής καμπύλης C
- Διακόπτης Διαφυγής Έντασης τετραπολικός 4 X 100 A τύπου A

Φύλλο υπολογισμού διατομής και μέσω προστασίας γραμμών μέσω του **ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M.**

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιρ. Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
1	Γ.Π	35	50.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R	25		82.00	1.000	82.00	80	79.71
2	Γ.1	15	25	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1	J1VV-U	16		64.00	0.850	54.40	50	36.23
3	Γ.2	15	25	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1	J1VV-U	16		64.00	0.850	54.40	50	36.23
4													
5													
6													

Εικόνα 62: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Γ

Το πρόγραμμα υπολογίζει ως ρεύμα γραμμών 36.23 A ενώ το ρεύμα του φορτιστή που θα χρησιμοποιηθεί είναι 50 A. Αυτό συμβαίνει λόγω ότι υπολογίζει το ρεύμα του φορτιστή με βάση την παρακάτω εξίσωση :

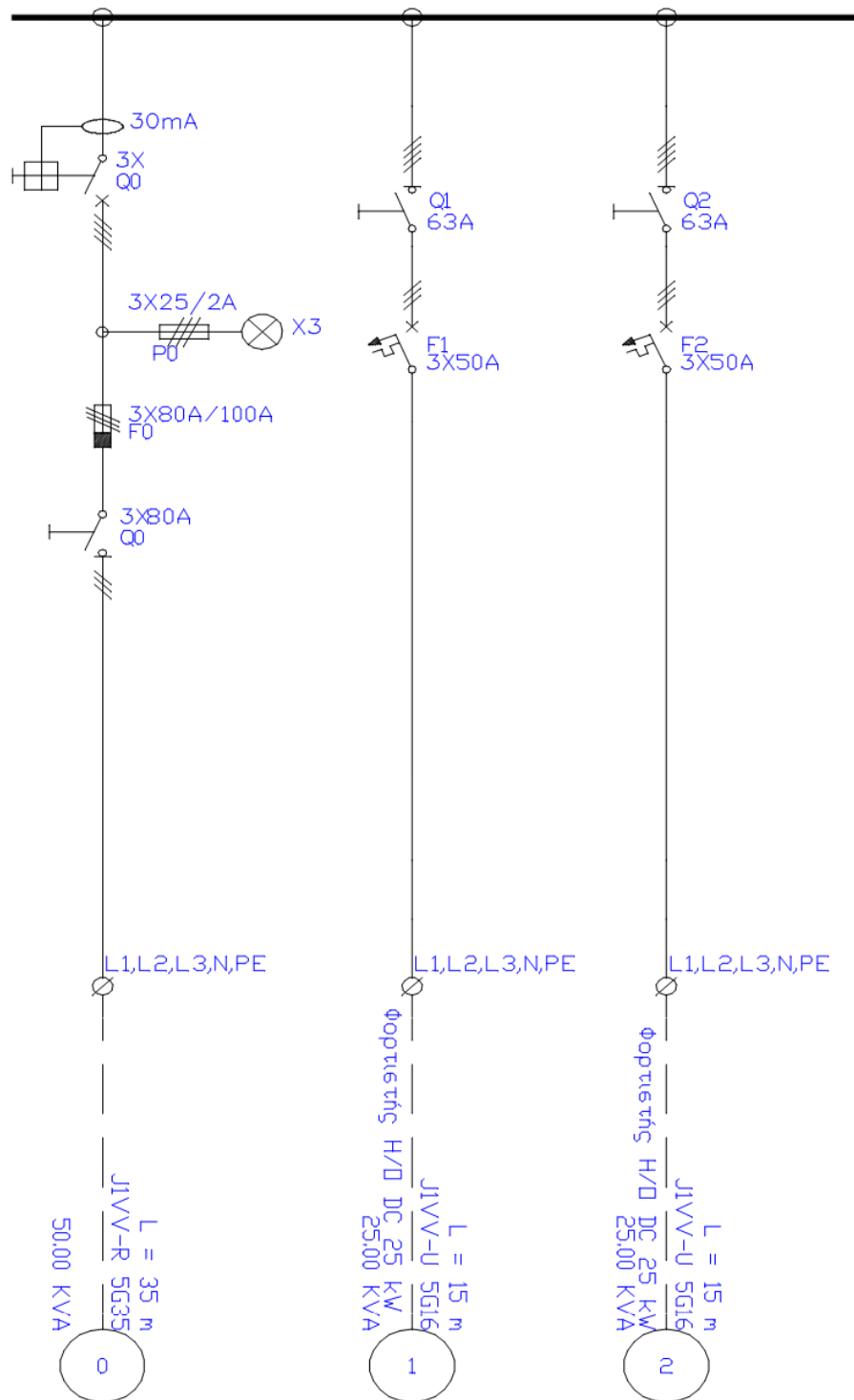
$$I = \frac{P}{V} = \frac{25000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 36,23 \text{ A}$$

Επίσης παρατηρείται μια πολύ μικρή απόκλιση στην τιμή της πτώσης τάσης όπου το πρόγραμμα υπολόγισε 1,052 ενώ αρχικά είχε υπολογιστεί 1,43 και οφείλεται στο διαφορετική θεώρηση του ρεύματος κάθε φορτιστή.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πτ. Τάσης (%)	Πώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
1	Γ.Π	35	50.00	6	Πίνακας	1.000		123	4.000	3		25	80
2	Γ.1	15	25	62	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1		123	4.000	1.052	3	16	50
3	Γ.2	15	25	62	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1		123	4.000	1.052	3	16	50
4													

Εικόνα 63: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένας Αιγίου Πίνακας Β

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα διανομής Α, το οποίο προέκυψε κάνοντας χρήση του προγράμματος ADAPT - Ηλεκτρολογικά της 4Μ.



Εικόνα 64: Μονογραμμικό Τριφασικού Πίνακα Διανομής Γ μέσω του ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M

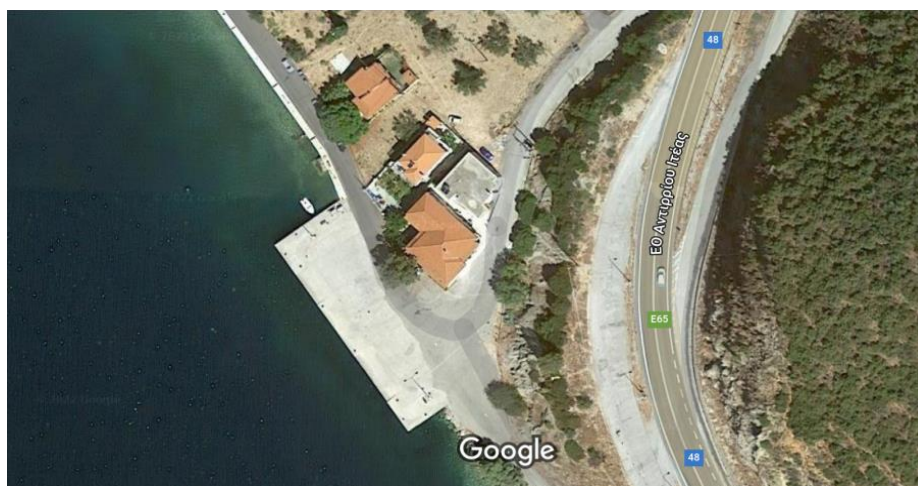
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Αγίου Νικολάου

11.1 Εγκατάσταση Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Αγίου Νικολάου

Στο λιμάνι του Αγίου Νικολάου πρόκειται να πραγματοποιηθεί μελέτη περίπτωσης προκειμένου να εγκατασταθούν σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Για την μελέτη της εγκατάστασης των σημείων φόρτισης ως αρχικό σενάριο θεωρείται η τοποθέτηση 7 συνολικών φορτιστών στον λιμένα. Από τους οποίους οι 4 φορτιστές θα αφορούν τετράτροχα οχήματα και οι υπόλοιποι 3 φορτιστές θα αφορούν δίτροχα οχήματα και ηλεκτρικά πατίνια. Η μελέτη θα συμπεριλαμβάνει φορτιστές αργής και ταχείας φόρτισης προκειμένου να ικανοποιούνται όλες οι ανάγκες των οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα θα εγκατασταθούν 3 φορτιστές AC με ισχύ 3,6 kW (εξυπηρετώντας κυρίως τα δίτροχα οχήματα, σκούτερ, ηλεκτρ. πατίνια κ. α.), 3 φορτιστές AC με ισχύ 11 kW και τέλος 1 φορτιστής ταχείας φόρτισης συνεχούς ρεύματος DC με ισχύ 25 kW.

Φορτιστές Λιμάνι Αγίου Νικολάου					
Φορτιστές AC Τάσης				Φορτιστές DC Τάσης	
Μονοφασικοί Φορτιστές		Τριφασικοί Φορτιστές		Τριφασικοί Φορτιστές	
Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή (kW)	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή(kW)	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή(kW)
3	3,6 kW	3	11 kW	1	25
Συνολική Ισχύς Φορτιστών (kW)					68,8 kW

Ακολουθεί παρακάτω μια φωτογραφία που απεικονίζει τον λιμένα του Αιγίου Νικολάου, η οποία αντλήθηκε από τον δορυφόρο της εφαρμογής της Google Maps.



Υπολογισμός Συνολικής Ζητούμενης Ισχύος των Υποδομών Φόρτισης του Λιμένα :

$3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 3,6 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 25 \text{ kW} = 68,8 \text{ kW}$.

Η τροφοδότηση της υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στον λιμένα του Αγίου Νικολάου θα πραγματοποιηθεί μέσω της υφιστάμενης παροχής μέσης Τάσης της ΔΕΗ.

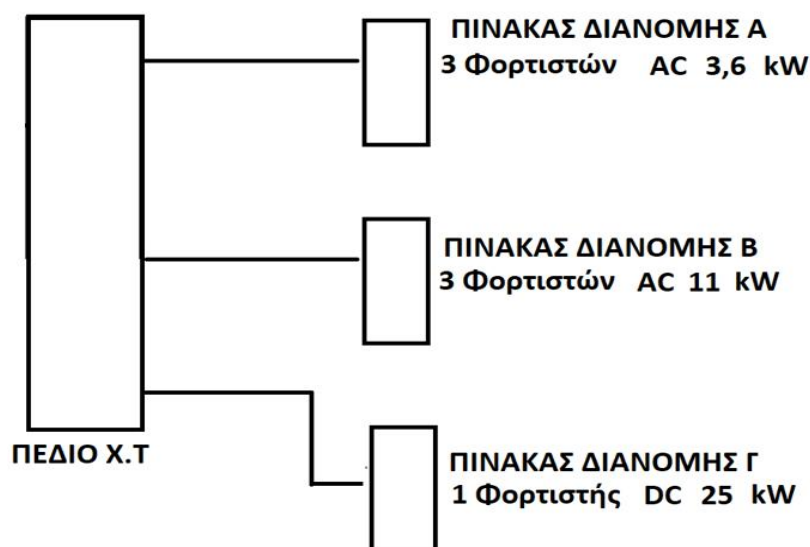
Τα σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων θα χωριστούν σε διαφορετικές θέσεις και θα τροφοδοτούνται από διαφορετικούς πίνακες διανομής. Συνεπώς για την τροφοδότηση των υποδομών φόρτισης θα δημιουργηθούν τρεις πίνακες διανομής (Α,Β,Γ). Οι πίνακες διανομής που θα δημιουργηθούν ακολουθούν παρακάτω:

- Ο **πίνακας διανομής Α** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 3 φορτιστές AC ισχύος 3,6 kW ο κάθε ένας ξεχωριστά.
- Ο **πίνακας διανομής Β** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 3 φορτιστές AC ισχύος 11 kW ο κάθε ένας ξεχωριστά.
- Ο **πίνακας διανομής Γ** θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 1 φορτιστή DC ισχύος 25 kW.

Ακολουθεί παρακάτω συνοπτικός πίνακας με το σύνολο των φορτίων που θα συμπεριλαμβάνονται σε κάθε πίνακα διανομής της εγκατάστασης.

Πίνακας Διανομής Α		Πίνακας Διανομής Β		Πίνακας Διανομής Γ	
Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή	Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς κάθε φορτιστή
3	3,6 kW	3	11 kW	1	25 kW

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι πίνακες διανομής που θα τροφοδοτούν της υποδομές φόρτισης που πρόκειται να εγκατασταθούν στον λιμένα.



11.1.1 Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Αγίου Νικολάου

Ο πίνακας διανομής Α είναι τριφασικής σύνδεσης και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά τρεις φορτιστές AC με ισχύ 3,6 kW ο καθένας. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $3 \times 3,6 \text{ kW} = 10,8 \text{ kW}$.

α/α	Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
1	Φορτιστής AC	3600 W
2	Φορτιστής AC	3600 W
3	Φορτιστής AC	3600 W

Ο συνολικός **συντελεστής ισχύος** (Power Factor) της εγκατάστασης 3 φορτιστών AC ($3 \times 3,6 \text{ kW}$) θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Ο **συντελεστής ταυτοχρονισμού** της εγκατάστασης θα έχει την τιμή $g=1$. Λόγω του προφίλ του φορτίου, η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη, άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση **δυσμενές σεναρίου** όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια, επιλέγουμε **συντελεστή ταυτοχρονισμού $g=1$** .

Ο **συντελεστής εφεδρείας** αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς**.

Με βάση των παραπάνω δεδομένων ,θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής των 3 φορτιστών AC 3,6 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{10800}{1} = 10800 \text{ VA} = 10,8 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοχρ, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 10,8 \times 1 \times 1,1 = 11,88 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής Α / 3 Φορτιστών AC 3,6 kW :

Ο πίνακας διανομής θα αναλάβει την τροφοδότηση 3 Φορτιστών AC με ισχύ 3,6 kW , με ανεξάρτητη μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας ο κάθε ένας. Η τροφοδότηση των φορτίων κάθε γραμμής θα γίνει μέσω του τριφασικού πίνακα διανομής. Σε κάθε φάση (L1,L2,L3) του τριφασικού πίνακα Α θα συνδεθεί μια γραμμή τροφοδοσίας (1 φορτιστής). Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής Α θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή A1	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
2	Γραμμή A2	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
3	Γραμμή A3	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W

Υπολογισμός Γραμμής A1 : Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3,6 kW

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή μονοφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = \frac{3600 \text{ W}}{230 \text{ V}} 15,65 \text{ A}$$

Σημείωση : Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή , το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 16 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής A, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής A πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25⁰ C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52.1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 2, στην στήλη 3 ο πίνακας **B. 52. 1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.2 στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.2** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52. 1** κατηγορία **Δ1 στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70⁰ C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30⁰ C στον αέρα και 20⁰ C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S=1,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **22 A**.
- Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20⁰ βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B. 52. 15** και **B. 52. 16**.
- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι 6 θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B. 52. 19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 1,5 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με

βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 3** κυκλωμάτων και έχοντας μηδενική απόσταση μεταξύ τους προκύπτει από τον πίνακα Β. 52. 19 ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,75**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα **B.52.2** ήταν **S=1,5mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=22 A**. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης 0,75 του πίνακα **B.52.19** προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 22 \times 0,75 \Rightarrow I_{\Delta} = 16,5 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την **διόρθωση ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή** σε ρεύμα καθώς είναι μεγαλύτερο των 16 A δηλαδή $I_{\Delta} = 16,5 \text{ A} > I_{\Phi} = 16 \text{ A}$.

Σημείωση : Όμως σύμφωνα με το τεχνικό εγχειρίδιο εγκατάστασης του φορτιστή ο κατασκευαστής **ορίζει ως ελάχιστη διατομή S=2,5mm²** για την τροφοδοσία του φορτιστή. Συνεπώς θα πρέπει να επιλέξουμε από τον πίνακα Β.52.2 την αμέσως επομένη διατομή η οποία είναι τα **2,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα τα 29 A.

Άρα η κατάλληλη διατομή κάθε καλωδίου προκύπτει : **S=2,5 mm²**.

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**.

➤ **Για μονοφασικά φορτία ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης είναι:**

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s}$$

ρ : ειδική αντίσταση όπου $\rho = 0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ για χαλκό Cu και $\rho = 0,0294 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

L : το μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού)

ΔU : πτώση τάσης σε Volts

cosφ : συντελεστής ισχύος

s : διατομή καλωδίου

Για μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας επιτρέπεται **4%** της τάσης παροχής. Άρα η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι :

$$\Delta U = 230 \times 4 / 100 = 9,2 \text{ V}$$

Η **πτώση τάσης** κάθε **μονοφασικής γραμμής διατομής S=2,5mm²**, που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 3,6 kW θα είναι :

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = 2 \cdot \frac{0,0176 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 1}{2,5} = 3,379 < 9,2 \text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, $\rho_{\text{Cu}} = 0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού), **L = 15 m**
- Ρεύμα Φορτιού **I = 16A**
- συντελεστής ισχύος **cosφ = 1**
- διατομή καλωδίου **s = 2,5 mm²**

Συνεπώς λόγω ότι η πτώση τάσης $\Delta U = 3,379 < 9,2$ είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή **S=2,5 mm²** που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή AC 3,6 kW.

Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής μονοφασικού φορτιστή AC ισχύος 3,6 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Όπου I_B : είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος

I_Z : είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής

I_n : είναι το ονομαστικό ρεύμα της διάταξης προστασίας

Στην περίπτωση της γραμμής Α1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 16 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 29 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 20 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B=16 \text{ A} \leq I_n=20 \text{ A} \leq I_Z=29 \text{ A}$.

Επίσης η τροφοδότηση φορτιών με ισχύ **μεγαλύτερη από 1,5 kW** θα πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα διακλάδωσης όπου στην περίπτωση μονοφασικής σύνδεσης απαιτείται **διπολικός διακόπτης** στην αναχώρηση του πίνακα προκειμένου να διακόπτεται ταυτόχρονα η φάση και ο ουδέτερος(μονοφασική σύνδεση).

Σύμφωνα με το ρεύμα του φορτιστή το οποίο ορίζεται στα 16 A ο διακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και χειρισμό της γραμμής θα είναι διπολικός ο οποίος θα διακόπτει φάση και ουδέτερο. Άρα θα επιλεγεί διπολικός διακόπτης 2 X 32 A. Οπότε η γραμμή Α1 διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 20 A χαρακτηριστικής Β και ο χειρισμός της θα γίνεται από διπολικό διακόπτη με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 32 A, διακόπτοντας φάση και ουδέτερο.

Εφόσον τα υπόλοιπα φορτία που πρόκειται να τροφοδοτήσει ο πίνακας διανομής φορτιστών AC 3,6 kW έχουν ίδια ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=16 \text{ A}$) με το φορτίο της γραμμής Α1, θα ισχύουν **ακριβώς τα ίδια και για τις υπόλοιπες γραμμές**. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα μεγεθών συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών με τα μέσα προστασίας τους για την τροφοδότηση τους.

Άρα για την τροφοδότηση των 3 γραμμών υποδομών φόρτισης από τον πίνακα διανομής Α απαιτείται ο παρακάτω ηλεκτρολογικός εξοπλισμός :

Γραμμές Τροφοδοσίας Φορτιστών AC 3,6 kW	Π. 52-K3 και Π. 52-E3 (ΕΛΟΤ 60364)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²)		
Γραμμή Α1	$S=2.5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32 A (L, N)
Γραμμή Α2	$S=2.5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32 A (L, N)
Γραμμή Α3	$S=2.5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32 A (L, N)

Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Α

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Α έπειτα από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού $g = 1$ και συντελεστή εφεδρείας 10 %, είναι $S = 11,88$ kVA.

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 10,8 \times 1 \times 1,1 = 11,88 \text{ kVA}$$

Το συνολικό ρεύμα του πίνακα διανομής θα είναι:

$$I_{Aολ} = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3} + I_{A4} + I_{A5} + I_{A6} = 16 + 16 + 16 = 48 \text{ A}$$

Άρα $I_{Aολ} = 48 \text{ A}$

Για τον υπολογισμό της γενικής ασφάλειας και του γενικού διακόπτη θα πρέπει να χωρίσουμε τις γραμμές τροφοδοσίας σε κάθε μια φάση της τριφασικής γραμμής του πίνακα διανομής. Τα κυκλώματα (3 x3,6 kW) που θα συνδεθούν στον τριφασικό **πίνακα διανομής Α** θα πρέπει να μοιραστούν σε κάθε μια από τις τρεις φάσεις του (L1,L2,L3). Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να επιτευχθεί **ίση κατανομή** των ρευμάτων των φορτίων ανά φάση του πίνακα. Συνεπώς ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει σε κάθε μια από τις φάσεις του τα φορτία των γραμμών. Ακολουθεί παρακάτω πίνακας με τον διαμοιρασμό των φορτίων σε κάθε φάση του 3Φ πίνακα Α.

Η ιδανική κατανομή θα είναι η εξής :

Φάσεις Τριφασικού Πίνακα Διανομής Α	ΓΡΑΜΜΕΣ		ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥ
	№	I (A)	ΦΑΣΗΣ (A)	ΦΑΣΗΣ (W)
Φάση L1	A1	16	16	3600
Φάση L2	A2	16	16	3600
Φάση L3	A3	16	16	3600
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Α =				10800

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S=11,88$ kVA υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{V} = \frac{11880VA}{\sqrt{3} \times 400 V} = 17,15 \text{ A}$$

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S=11,88$ kVA επιλέγεται καλώδιο παροχής διατομής $S = 5 \times 6 \text{ mm}^2$. Θα πρέπει να γίνει έλεγχος διατομής του καλωδίου από το πεδίο Χ. Τ. έως τον πίνακα διανομής. Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι $L = 35 \text{ m}$.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 17,15 \cdot 35 \cdot 1}{6} = 3,05 V < 16 V$$

Η πτώση τάσης που προκύπτει για διατομή καλωδίου $S = 6 \text{ mm}^2$ είναι αποδεκτή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής Α, 3 Χ 40Α
- Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής Β, 3 x25 Α χαρακτηριστικής καμπύλης Β
- Διακόπτης Διαφυγής Έντασης τετραπολικός 4 Χ 40 Α τύπου AC

Φύλλο υπολογισμού διατομής και μέσων προστασίας γραμμών μέσω του ADAPT ηλεκτρολογικά της 4Μ.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πρ. Τάσης (%)	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
1	A.Π	10.80	6	Πίνακας	1.000		123	4.000		3		4	20
2	A.1	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	1	4.000	3.354	1		2.5	16
3	A.2	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	2	4.000	3.354	1		2.5	16
4	A.3	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	3	4.000	3.354	1		2.5	16
5													

Εικόνα 65: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Α Λιμένες Αγίου Νικολάου

Το πρόγραμμα επιλεγεί ως μέγιστη ασφάλεια για τη προστασία των γραμμών τα 16 Α, ενώ κανονικά λόγω του ρεύματος του φορτιστή θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια 20 Α. Το σφάλμα αυτό προκύπτει στο γεγονός ότι το πρόγραμμα υπολογίζει ως ρεύμα γραμμών 15,65 Α με το ρεύμα του φορτιστή που θα χρησιμοποιηθεί να ορίζεται είναι 16 Α. Αυτό συμβαίνει λόγω ότι υπολογίζει το ρεύμα του φορτιστή με βάση την παρακάτω εξίσωση :

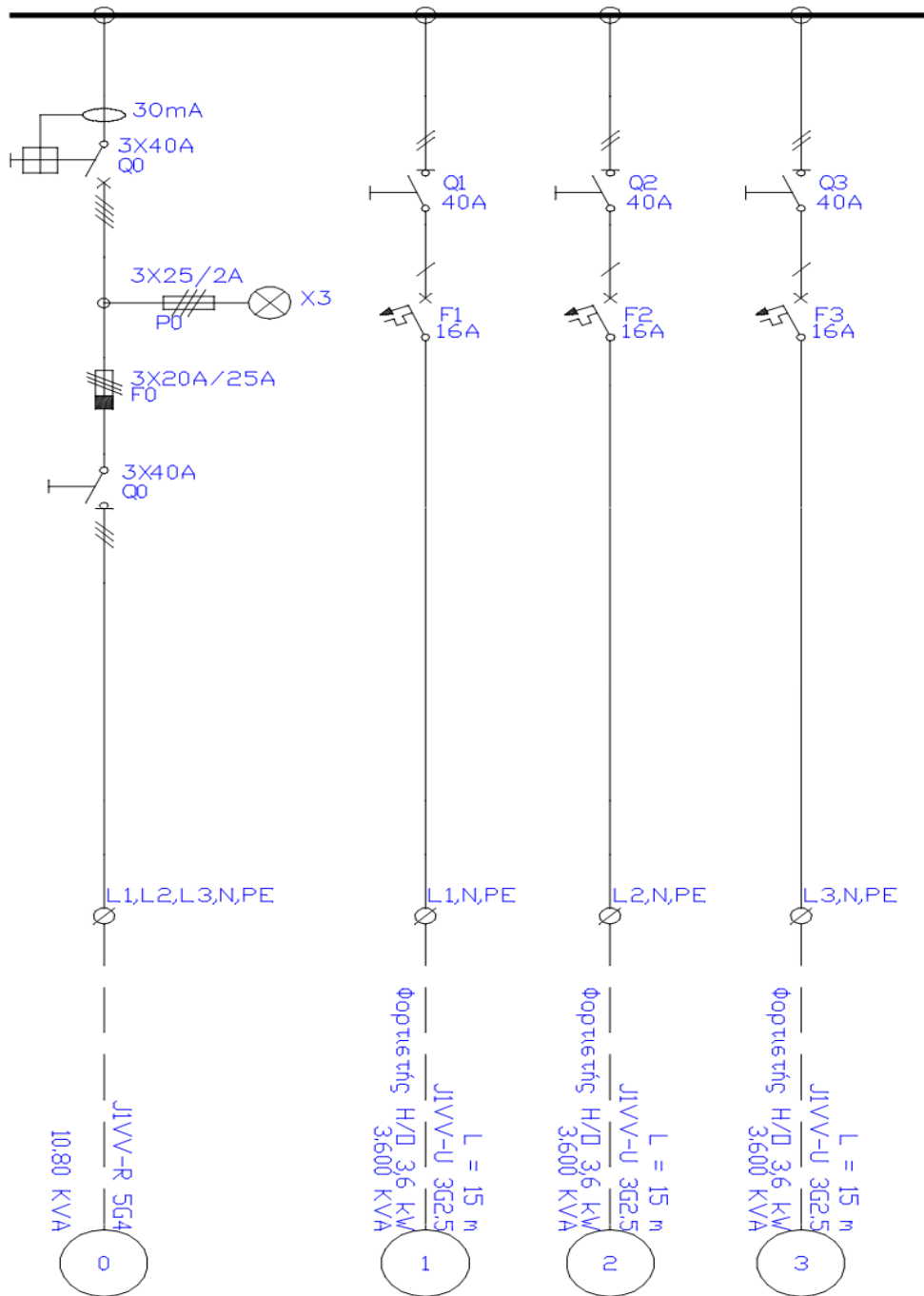
$$I = \frac{P}{V} = \frac{3600 W}{230 V} = 15,65 A$$

Επίσης παρατηρείται μια πολύ μικρή απόκλιση στην τιμή της πτώσης τάσης όπου το πρόγραμμα υπολόγισε 3,354 ενώ αρχικά είχε υπολογιστεί 3,379 και οφείλεται στο διαφορετικό ρεύμα φορτίου.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιρ. Ρεύμα (Α)	Μέγιστη Ασφάλεια (Α)	Ρεύμα Γραμμής (Α)
1	A.Π	10.80	Πίνακας	1.000	J1VV-R		4		23.00	0.964	22.17	20	15.65
2	A.1	15	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.750	21.75	16	15.65
3	A.2	15	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.750	21.75	16	15.65
4	A.3	15	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.750	21.75	16	15.65
5													

Εικόνα 66: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Α Λιμένες Αγίου Νικολάου

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα.



Εικόνα 67: Μονογραμμικό Πίνακα Α Λιμένα Αγίου Νικολάου

11.1.2 Πίνακας Διανομής Β Φορτιστών Λιμένα Αγίου Νικολάου

Ο πίνακας διανομής Α είναι τριφασικής σύνδεσης και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά τρεις φορτιστές AC με ισχύ 11 kW ο καθένας και έναν ταχυφορτιστή DC 25 kW. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $(3 \times 11\text{kW}) + 25 \text{ kW} = 58 \text{ kW}$.

α/α	Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
1	Φορτιστής AC	11000 W
2	Φορτιστής AC	11000 W
3	Φορτιστής AC	11000 W
4	Φορτιστής DC	25000 W

Ο συνολικός **συντελεστής ισχύος** (Power Factor) της εγκατάστασης 3 φορτιστών AC (3 x 3,6 kW) θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Λόγω του προφίλ του φορτίου, η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη, άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση **δυσμενές σεναρίου** όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια, **επιλέγουμε συντελεστή ταυτοχρονισμού $g=1$** .

Ο **συντελεστής εφεδρείας** αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς**.

Με βάση των παραπάνω δεδομένων θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής των 3 φορτιστών AC 3,6 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{58000}{1} = 58000 \text{ VA} = 58 \text{ kVA}$$

$$S (\text{ταυτοchr, εφεδρείας}) = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 58 \times 1 \times 1,1 = 63,8 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής Β / 3 Φορτιστών AC 11 kW :

Ο πίνακας διανομής θα αναλάβει την τροφοδότηση 3 Φορτιστών AC με ισχύ 11 kW, με ανεξάρτητη τριφασική γραμμή τροφοδοσίας ο κάθε ένας και έναν φορτιστή DC με ισχύ 25 kW με ανεξάρτητη τριφασική γραμμή τροφοδοσίας. Οι 3 φορτιστές AC 11 kW έχουν μεταξύ τους ίδιο ονομαστικό ρεύμα, $I=16 \text{ A}$ ενώ ο φορτιστής DC ισχύος 25 kW έχει ονομαστικό ρεύμα, $I= 50 \text{ A}$. Η τροφοδότηση των φορτίων κάθε γραμμής θα γίνει μέσω του τριφασικού πίνακα διανομής Β. Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής Β θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή B1	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
2	Γραμμή B2	Τριφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
3	Γραμμή B3	Τριφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11000 W
4	Γραμμή B4	Τριφασικός Φορτιστής DC Ισχύος 25000 W

- **Υπολογισμοί Γραμμής B1 : Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 11 kW**

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή τριφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = 15,88A$$

Σημείωση : Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (**Datasheet**) του κατασκευαστή , το **ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 16 A.**

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής A, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής A πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25^o C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52.1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 3, στην στήλη 3 ο πίνακας **B. 52.1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.4 στήλη 7**. Από τον πίνακα **B.52. 4** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B. 52. 1** κατηγορία **Δ1 στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70^o C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30^o C στον αέρα και 20^o C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S=1,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **18 A**.
- Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20^o βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B.52.15** και **B.52.16**. Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι **4** θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B.52.19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 1,5 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 4** κυκλωμάτων και έχοντας μηδενική απόσταση μεταξύ τους προκύπτει από τον πίνακα B.52.19 ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,70**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγθεί αρχικώς από τον πίνακα B.52.2 ήταν $S=1,5\text{mm}^2$ με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα $I=18\text{ A}$. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης 0,70 του πίνακα B.52.19 προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta}=18 \times 0,70 \Rightarrow I_{\Delta} = 12,6\text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση δεν ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα καθώς είναι μικρότερο των 16 A δηλαδή $I_{\Delta}=12,6\text{ A} < I_{\Phi}=16\text{ A}$. Η αμέσως επόμενη διατομή από τον πίνακα B.52.4 είναι 2.5mm^2 με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 24 A . Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta}=24 \times 0,70 \Rightarrow I_{\Delta} = 16,8\text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα καθώς είναι μεγαλύτερο των 16 A δηλαδή $I_{\Delta}=16,8\text{ A} > I_{\Phi}=16\text{ A}$. Άρα η κατάλληλη διατομή κάθε καλωδίου για τις γραμμές από B1 έως B3 προκύπτει : $S=2,5\text{ mm}^2$.

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**.

Η πτώση τάσης κάθε τριφασικής γραμμής(από B1 έως B3) διατομής $S=2,5\text{ mm}^2$ που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 11 kW θα είναι :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 1}{2,5} = 2,926\text{ V} < 16\text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, $\rho_{\text{Cu}} = 0,0176\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού), $L = 15\text{ m}$
- Ρεύμα Φορτίου $I = 16\text{ A}$
- συντελεστής ισχύος $\cos\phi = 1$
- διατομή καλωδίου $s=2,5\text{ mm}^2$

Συνεπώς λόγω ότι η πτώση τάσης $\Delta U= 2,93 < 16$ είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή $S=2,5\text{ mm}^2$ που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή DC 11 kW.

Μέσα προστασίας της γραμμής τριφασικού φορτιστή AC ισχύος 11 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Στην περίπτωση της γραμμής B1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 16\text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 24\text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγθεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 20 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B=16\text{ A} \leq I_n=20\text{ A} \leq I_Z=24\text{ A}$.

Η γραμμή B1 διατομής $S=2,5\text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 20 A χαρακτηριστικής B και θα τροφοδοτηθείτε από τετραπολικό διακόπτη 4 x 32 A διακόπτοντας τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο. Οι γραμμές B2 και B3 αποτελούν φορτία με ίδια ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=16\text{ A}$) με το φορτίο της γραμμής B1. Συνεπώς για τις γραμμές αυτές θα ισχύουν **ακριβώς οι ίδιοι υπολογισμοί της γραμμής B1**.

- **Υπολογισμοί Γραμμής B4 : Μονοφασικός Φορτιστής DC Ισχύος 25 kW**

Η γραμμή B4 **διαφέρει** από τις άλλες γραμμές καθώς τροφοδοτεί φορτίο με ισχύ 25 kW και συνεπώς θα πρέπει να γίνουν νέοι υπολογισμοί.

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή B4 τριφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή θα είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = \frac{25000 \text{ W}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 36,08 \text{ A}$$

Σημείωση : Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή, το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 50 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής A, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής A πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25^o C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52. 1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 3, στην στήλη 3 ο πίνακας **B.52. 1** μας στέλνει στον πίνακα **B.52.4 στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.4** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52. 1** κατηγορία **Δ1 στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70^o C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30^o C στον αέρα και 20^o C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S=10 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **50 A**. Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20^o βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B. 52. 15** και **B. 52. 16**.
- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι 4 θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B.52.19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 10 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 4** κυκλωμάτων και έχοντας μηδενική απόσταση μεταξύ τους προκύπτει από τον πίνακα **B. 52. 19** ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,70**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα **B.52.2** ήταν **S=10 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=50 A**. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης 0,70 του πίνακα **B. 52. 19** προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 50 \times 0,70 \Rightarrow I_{\Delta} = 35 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση **δεν ικανοποιεί την απαίτηση** του φορτιστή σε ρεύμα καθώς είναι μικρότερο των 50 A δηλαδή **I_Δ=35 A < I_Φ=50 A**. Η αμέσως επόμενη διατομή

που επιλέγεται από τον πίνακα Β.52.4 είναι 16 mm^2 με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 64 A . Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 64 \times 0,70 \Rightarrow I_{\Delta} = 44,8 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση δεν ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα καθώς είναι μικρότερο των 50 A δηλαδή $I_{\Delta} = 44,8 \text{ A} < I_{\Phi} = 50 \text{ A}$. Η αμέσως επόμενη διατομή που επιλέγεται από τον πίνακα Β.52.4 είναι 25 mm^2 με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 82 A . Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 82 \times 0,70 \Rightarrow I_{\Delta} = 57,4 \text{ A}$$

Το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση **ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή** σε ρεύμα καθώς είναι μεγαλύτερο των 50 A δηλαδή $I_{\Delta} = 57,4 \text{ A} > I_{\Phi} = 50 \text{ A}$. Άρα η κατάλληλη διατομή καλωδίου της γραμμής Β4 προκύπτει : **S=25 mm²**.

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**. Η πτώση τάσης της τριφασικής **γραμμής Β4**, διατομής $S = 25 \text{ mm}^2$ που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή DC ισχύος 25 kW θα είναι :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 50 \cdot 15 \cdot 1}{25} = 0,914 \text{ V} < 16 \text{ V}$$

Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής Β4 3Φασικού φορτιστή DC ισχύος 25 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

Στην περίπτωση της γραμμής Β4, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 50 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_z = 82 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 50 A . Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 63 A , ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B = 50 \text{ A} \leq I_n = 63 \text{ A} \leq I_z = 82 \text{ A}$. Η γραμμή Β4 διατομής $S = 25 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 63 A χαρακτηριστικής C και θα τροφοδοτηθείτε από διακόπτη με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα $4 \times 63 \text{ A}$ διακόπτοντας τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο. Άρα για την τροφοδότηση των 4 γραμμών υποδομών φόρτισης από τον πίνακα διανομής Β απαιτείται ο παρακάτω ηλεκτρολογικός εξοπλισμός :

Γραμμές Τροφοδοσίας Πίνακα Β	Π. 52-K3 και Π. 52-E3 (ΕΛΟΤ 60364)		
	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
Γραμμή Β1	S=2,5 mm ²	20	4 x 32 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή Β2	S=2,5 mm ²	20	4 x 32 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή Β3	S=2,5 mm ²	20	4 x 32 A (L1,L2,L3, N)
Γραμμή Β4	S=25 mm ²	63	4 x 63 A (L1,L2,L3, N)

Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Β

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Β στον λιμένα του Αγίου Νικολάου έπειτα από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού $g = 1$ και συντελεστή εφεδρείας 10 %, είναι $S = 63,8 \text{ kVA}$.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{58000}{1} = 58000 \text{ VA} = 58 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 58 \times 1 \times 1,1 = 63,8 \text{ kVA}$$

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S = 63,8 \text{ kVA}$ υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{V} = \frac{63800 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 92,1 \text{ A}$$

Επιλέγεται καλώδιο, διατομής $S = 3 \times 50 + 25 + 25 \text{ mm}^2$.

Έλεγχος Πτώσης Τάσης καλωδίου Παροχής Πίνακα Διανομής Β Φορτιστών (Λιμένα Αιγίου Νικολάου)

Θα πρέπει να γίνει έλεγχος διατομής του καλωδίου από το πεδίο Χ. Τ. έως τον πίνακα διανομής. Για τον λόγο αυτό θα υπολογίσουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι $L = 35 \text{ m}$.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 92,1 \cdot 35 \cdot 1}{50} = 1,965 < 16 \text{ V}$$

Η τιμή της πτώσης τάσης είναι αποδεκτή.

Επιλογή Διατάξεων Προστασίας Πίνακα Διανομής Β (3 Φορτιστές AC 11 kW / 1 φορτιστής DC 25 kW) :

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, δηλαδή για εγκατάσταση με ισχύ $S = 63,8 \text{ kVA}$, διατομή καλωδίου $S = 50 \text{ mm}^2$, ρεύμα μόνιμης φόρτισης 92,1 A θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής Β, 3 X 125 A
- Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής 3 X 100 A χαρακτηριστικής καμπύλης Β
- Διακόπτης Διαφυγής Έντασης τετραπολικός 4 X 125 A τύπου AC

Φύλλο υπολογισμού διατομής και μέσω προστασίας γραμμών μέσω του **ADAPT ηλεκτρολογικά της 4M**.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιρ. Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
1	B.Π	58.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		50		116.0	1.000	116.0	100	84.06
2	B.1	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	2.5		24.00	0.700	16.80	16	15.94
3	B.2	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	2.5		24.00	0.700	16.80	16	15.94
4	B.3	15	11	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	J1VV-U	2.5		24.00	0.700	16.80	16	15.94
5	B.4	15	25	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1	J1VV-U	25		82.00	0.700	57.40	50	36.23

Εικόνα 68: Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT /Πίνακας Β Λιμένα Αγίου Νικολάου

Το πρόγραμμα επιλεγεί για την προστασία των γραμμών B1, B2 και B4 ασφάλεια 16 A και για την γραμμή B4 50 A. Οι διαφορετικές τιμές των ρευμάτων στις γραμμές προκύπτουν λόγω ότι το πρόγραμμα υπολογίζει το ρεύμα του κάθε φορτιστή με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

Για φορτιστή AC Delta Max 11 kW (Γραμμές B1 έως B3) το ονομαστικό ρεύμα είναι :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{11000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 15,88 \text{ A}$$

Για φορτιστή DC Delta 25 kW Walbox (Γραμμή B4) το ονομαστικό ρεύμα είναι :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{25000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 36,084 \text{ A}$$

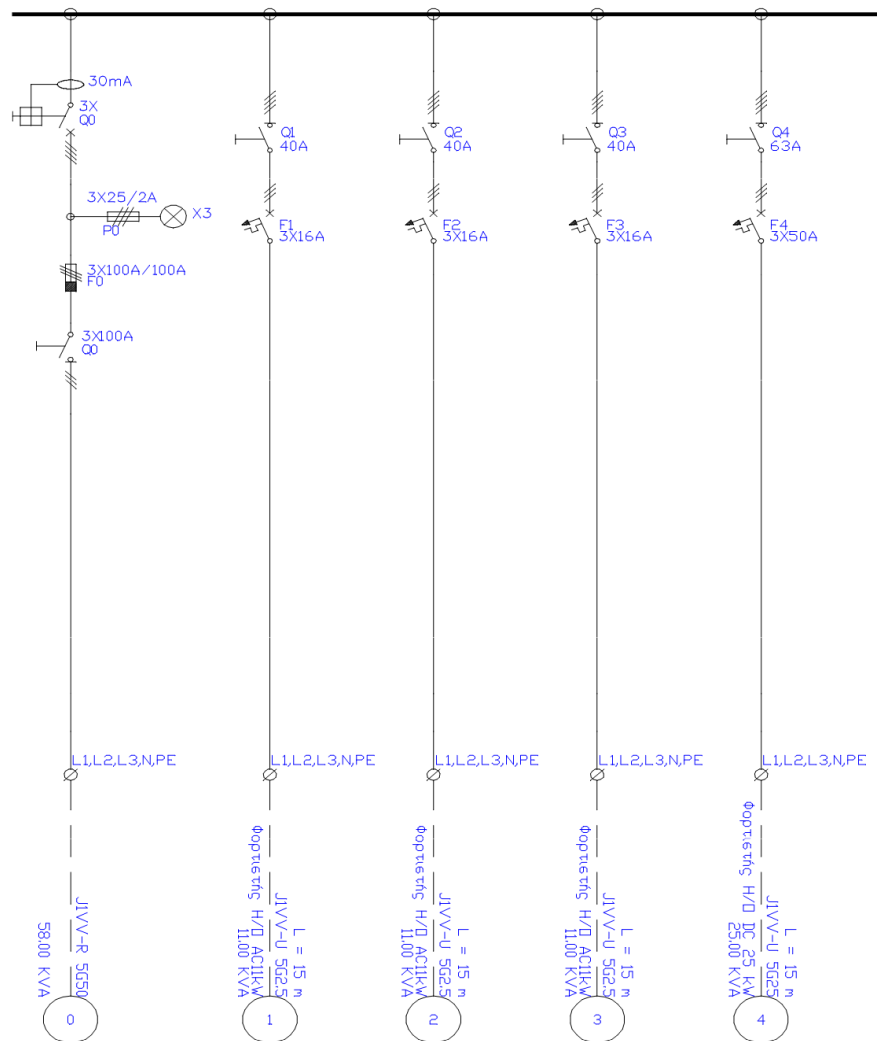
Συνεπώς εκεί οφείλεται η διαφορετική τιμή της ασφάλειας που επιλέχθηκε πιο πάνω. Επίσης για τον ίδιο λόγο παρατηρείται μια πολύ μικρή απόκλιση στην τιμή της πτώσης τάσης των γραμμών. Πιο συγκεκριμένα το πρόγραμμα υπολόγισε πτώση τάσης για τις γραμμές B1,B2,B3 2,962 V (είχε υπολογιστεί 2,926 V) και για την γραμμή B4 υπολόγισε 0,673 V (είχε υπολογιστεί 0,914 V).

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πτ. Τάσης (%)	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
1	B.Π	58.00	6	Πίνακας	1.000		123	4.000		3		50	100
2	B.1	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	123	4.000	2.962	3		2.5	16
3	B.2	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	123	4.000	2.962	3		2.5	16
4	B.3	15	11	61	Φορτιστής Η/Ο AC11kW	1	123	4.000	2.962	3		2.5	16
5	B.4	15	25	62	Φορτιστής Η/Ο DC 25 kW	1	123	4.000	0.673	3		25	50
6													

Εικόνα 69: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT /Πίνακας Β Λιμένα Αγίου Νικολάου

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό του πίνακα διανομής Β, 4 Φορτιστών που πρόκειται να εγκατασταθούν στον λιμένα του Αγίου Νικολάου.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**



Εικόνα 70: Μονογραμμικό Σχέδιο Πίνακα Β Λιμένα Αγίου Νικολάου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο : Υποδομές Φόρτισης Λιμένα Τριζωνίων

12.1 Εγκατάσταση Υποδομών Φόρτισης Λιμένα Τριζωνίων

Στο λιμάνι των Τριζωνίων πρόκειται να πραγματοποιηθεί μελέτη περίπτωσης προκειμένου να εγκατασταθούν σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Για την μελέτη της εγκατάστασης των σημείων φόρτισης ως αρχικό σενάριο θεωρείται η τοποθέτηση 12 συνολικών φορτιστών στον λιμένα. Οι φορτιστές θα αφορούν δίτροχα οχήματα και ηλεκτρικά πατίνια. Η μελέτη θα συμπεριλαμβάνει 12 φορτιστές AC μονοφασικής σύνδεσης με ισχύ 3,6 kW (εξυπηρετώντας κυρίως τα δίτροχα οχήματα, σκούτερ, ηλεκτρ. πατίνια κ. α.).

Φορτιστές Λιμένα Τριζωνίων	
Φορτιστές AC Τάσης	
Μονοφασικοί Φορτιστές	
Πλήθος Φορτιστών	Ισχύς ανά Φορτιστή (kW)
6	3,6 kW
Συνολική Ισχύς Φορτιστών (kW)	
21,6 kW	

Ακολουθεί παρακάτω μια φωτογραφία που απεικονίζει τον λιμένα των Τριζωνίων, η οποία αντλήθηκε από τον δορυφόρο της εφαρμογής Google Maps.



Τα σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων θα χωριστούν σε διαφορετικές θέσεις και θα τροφοδοτούνται από έναν πίνακα διανομής. Συνεπώς για την τροφοδότηση των υποδομών φόρτισης θα δημιουργηθεί ένας **πίνακας διανομής Α** ο οποίος θα αναλάβει να τροφοδοτήσει 6 φορτιστές AC ισχύος 3,6 kW ο κάθε ένας ξεχωριστά.

12.2.1 Πίνακας Διανομής Α Φορτιστών Λιμένα Τριζωνίων

Ο πίνακας διανομής Α είναι τριφασικής σύνδεσης και πρόκειται να τροφοδοτήσει συνολικά 6 φορτιστές AC με ισχύ 3,6 kW, ο καθένας. Συνεπώς η συνολική ισχύς που απαιτείται αρχικά από τον συγκεκριμένο πίνακα διανομής είναι $6 \times 3,6 \text{ kW} = 21,6 \text{ kW}$.

α/α	Φορτία	Ενεργός Ισχύς (W)
1	Φορτιστής AC	3600 W
2	Φορτιστής AC	3600 W
3	Φορτιστής AC	3600 W
4	Φορτιστής AC	3600 W
5	Φορτιστής AC	3600 W
6	Φορτιστής AC	3600 W

Πίνακας 21: Φορτία Πίνακα Διανομής Α - Λιμένα Τριζωνίων

Ο συνολικός **συντελεστής ισχύος** (Power Factor) της εγκατάστασης 6 φορτιστών AC / $3 \times 3,6 \text{ kW}$ θα ισούται με 1, δηλαδή $\cos\phi=1$.

Λόγω του προφίλ του φορτίου, η ζήτηση μπορεί να είναι ταυτόχρονη, άρα είναι πιθανόν να λειτουργούν όλα τα φορτία ταυτόχρονα. Συνεπώς στην περίπτωση δυσμενές σεναρίου όλα τα φορτία θα λειτουργούν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια, επιλέγουμε συντελεστή ταυτοχρονισμού $g=1$.

Ο **συντελεστής εφεδρείας** αποτελεί σημαντική παράμετρο για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς. Συνεπώς θα οριστεί ως συντελεστής εφεδρείας το ποσοστό **10 % επί της εγκαταστημένης ισχύς**.

Με βάση των παραπάνω δεδομένων θα υπολογιστεί η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς που πρόκειται να ζητηθεί από τον πίνακα διανομής των 12 φορτιστών AC 3,6 kW έκαστος.

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{21600}{1} = 21600 \text{ VA} = 21,6 \text{ kVA}$$

$$S \text{ (ταυτοchr, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 21,6 \times 1 \times 1,1 = 23,76 \text{ kVA}$$

Υπολογισμός Διατομών και μέσων Προστασίας των Γραμμών του Πίνακα Διανομής Α / 12 Φορτιστών AC 3,6 kW :

Ο πίνακας διανομής θα αναλάβει την τροφοδότηση 6 Φορτιστών AC με ισχύ 3,6 kW ο κάθε ένας, με ανεξάρτητη μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας. Σε κάθε φάση (L1,L2,L3) του τριφασικού πίνακα Α, θα συνδεθούν 2 φορτιστές. Για την σωστή επιλογή της διατομής των γραμμών και των μέσων προστασίας τους θα πρέπει να γίνουν κατάλληλοι υπολογισμοί ακολουθώντας όσα ορίζονται στο νέο πρότυπο του ΕΛΟΤ 60364.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας διανομής Α του λιμένα των Τριζωνίων θα εμπεριέχει τις παρακάτω γραμμές τροφοδοσίας :

α/α	Ονομασία Γραμμής	Στοιχεία που περιλαμβάνει η κάθε γραμμή
1	Γραμμή Α1	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
2	Γραμμή Α2	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
3	Γραμμή Α3	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
4	Γραμμή Α4	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
5	Γραμμή Α5	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W
6	Γραμμή Α6	Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3600 W

Υπολογισμός Γραμμής Α1 : Μονοφασικός Φορτιστής AC Ισχύος 3,6 kW

Ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει την γραμμή μονοφασικά λαμβάνοντας υπόψη ότι το ρεύμα της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον φορτιστή θα είναι :

$$I_{\text{φορτιστή}} = \frac{P}{V} = \frac{3600 \text{ W}}{230} = 15,65 \text{ A}$$

Σημείωση: Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο τεχνικό φυλλάδιο (Datasheet) του κατασκευαστή, το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή είναι 16 A.

Για τον καθορισμό της διατομής των καλωδίων των γραμμών, που θα χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των φορτιστών του πίνακα διανομής Α, θα χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364, με βάση τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- Η τοποθέτηση κάθε γραμμής του πίνακα διανομής Α πρόκειται να γίνει στο έδαφος μέσα σε σωλήνα ή σε κανάλι – κοινός σωλήνας και για τις 6 γραμμές – σε επαφή μεταξύ τους (μηδενική απόσταση)
 - Υλικό αγωγών καλωδίων : χαλκός
 - Θερμοκρασία εδάφους : 25⁰ C
 - Ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους : 2,5 K. m/W
 - Μόνωση καλωδίων : θερμοπλαστική μόνωση(PVC)
- Αρχικά από τον πίνακα **B.52.1** για πρότυπη μέθοδο εγκατάστασης πολυπολικού καλωδίου σε σωλήνα ή σε κανάλι μέσα στο έδαφος βλέπουμε στην **στήλη 2** του πίνακα το γράμμα και αριθμό **Δ1**. Στην συνέχεια για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση(PVC) και πλήθος φορτιζόμενων αγωγών 2, στην στήλη 3 ο πίνακας **B.52.1** μας στέλνει στον πίνακα **B. 52. 2 στήλη 7**.
- Από τον πίνακα **B.52.2** για μέθοδο εγκατάστασης του Πίνακα **B.52.1** κατηγορία **Δ1 στήλη 7** για καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό θερμοκρασία αγωγού 70⁰ C θερμοκρασία περιβάλλοντος 30⁰ C στον αέρα και 20⁰ C στο έδαφος, επιλέγεται αρχικά διατομή καλώδιο **S=1,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **22 A**. Η θερμοκρασία του εδάφους θεωρείται ότι είναι 20⁰ βαθμούς κελσίου και η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους δεν είναι διαφορετική από 2,5 K. m/W. Συνεπώς δεν απαιτούνται διορθώσεις από τους πίνακες **B.52.15** και **B.52.16**.

- Στην συνέχεια λόγω ότι θα τοποθετηθούν στο έδαφος **περισσότερα από ένα κυκλώματα** και στην περίπτωση μας ο αριθμός των κυκλωμάτων είναι 6 θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές διόρθωσης του πίνακα **B.52. 19** προκειμένου να γίνει διόρθωση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του καλωδίου διατομής 1,5 mm². Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση στο έδαφος με βάθος εγκατάστασης 0,70 m, θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K. m/W, με **πλήθος 6** κυκλωμάτων και έχοντας μηδενική απόσταση μεταξύ τους προκύπτει από τον πίνακα B. 52. 19 ο συντελεστής μείωσης με τιμή **0,60**.

Η διατομή καλωδίου που είχε επιλεγεί αρχικώς από τον πίνακα **B.52.2** ήταν **S=1,5mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **I=22 A**. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της αρχικής διατομής με τον συντελεστή διόρθωσης **0,60** του πίνακα **B.52.19** προκύπτει η καινούργια επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος που θα διαρρέει το καλώδιο. Η τιμή που θα προκύψει είναι:

$$I_{\Delta} = 22 \times 0,45 \Rightarrow I_{\Delta} = 13,2 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση **δεν ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα** καθώς είναι μικρότερο των 16 A δηλαδή **I_Δ = 13,2 A < I_Φ = 16 A**. Η αμέσως επόμενη διατομή που θα επιλεγεί είναι **2,5 mm²**. Οπότε θα προκύψει :

$$I_{\Delta} = 29 \times 0,60 \Rightarrow I_{\Delta} = 17,04 \text{ A}$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα που θα προκύψει έπειτα από την διόρθωση **ικανοποιεί την απαίτηση του φορτιστή σε ρεύμα** καθώς είναι μεγαλύτερο των 16 A δηλαδή **I_Δ = 17,04 A > I_Φ = 16 A**. Συνεπώς η κατάλληλη διατομή κάθε καλωδίου προκύπτει **S=2,5 mm²**.

Για τον σωστό υπολογισμό της διατομής της γραμμής θα πρέπει να πραγματοποιηθεί **έλεγχος πτώσης τάσης**.

- **Για μονοφασικά φορτία ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης είναι:**

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s}$$

ρ : ειδική αντίσταση όπου ρ= 0,0176 Ω *mm²/m για χαλκό Cu και ρ=0,0294 Ω *mm²/m

L : το μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού)

ΔU : πτώση τάσης σε Volts

cosφ : συντελεστής ισχύος

s : διατομή καλωδίου

Για μονοφασική γραμμή τροφοδοσίας επιτρέπεται **4%** της τάσης παροχής. Άρα η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι : $\Delta U = 230 \times 4 / 100 = 9,2 \text{ V}$

Η **πτώση τάσης** κάθε **μονοφασικής γραμμής διατομής S= 4 mm²** που θα τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα φορτιστή ισχύος 3,6 kW θα είναι :

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = 2 \cdot \frac{0,0176 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 1}{2,5} = 3,379 < 9,2 \text{ V}$$

Όπου:

- ειδική αντίσταση χαλκού Cu, **ρ_{cu} = 0,0176 Ω *mm²/m**
- Μήκος του αγωγού (απόσταση φορτιού), **L = 15 m**
- Ρεύμα Φορτίου **I = 16A**
- συντελεστής ισχύος **cosφ = 1**
- διατομή καλωδίου **s=2,5 mm²**

Συνεπώς λόγω ότι η πτώση τάσης $\Delta U = 3,379 < 9,2$ είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου **4%** της τάσης παροχής, η διατομή S=4 mm² που επιλέχθηκε είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ενός φορτιστή AC 3,6 kW.

Υπολογισμός μέσων προστασίας της γραμμής μονοφασικού φορτιστή AC ισχύος 3,6 kW:

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 η επιλογή της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερφόρτισης, θα πρέπει να γίνεται ικανοποιώντας την παρακάτω συνθήκη:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Όπου I_B : είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος

I_Z : είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής

I_n : είναι το ονομαστικό ρεύμα της διάταξης προστασίας

Στην περίπτωση της γραμμής A1, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος είναι $I_B = 16 \text{ A}$ και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής είναι $I_Z = 29 \text{ A}$. Άρα θα πρέπει να επιλεγεί ασφάλεια μεγαλύτερη από 16 A. Οπότε επιλέγεται ασφάλεια με τιμή ρεύματος 20 A, ικανοποιώντας την συνθήκη $I_B=16 \text{ A} \leq I_n=20 \text{ A} \leq I_Z=29 \text{ A}$.

Επίσης η τροφοδότηση φορτίων με ισχύ **μεγαλύτερη από 1,5 kW** θα πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα διακλάδωσης όπου στην περίπτωση μονοφασικής σύνδεσης απαιτείται **διπολικός διακόπτης** στην αναχώρηση του πίνακα προκειμένου να διακόπτεται ταυτόχρονα η φάση και ο ουδέτερος (μονοφασική σύνδεση). Σύμφωνα με το ρεύμα του φορτιστή το οποίο ορίζεται στα 16 A ο διακόπτης που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και χειρισμό της γραμμής θα είναι διπολικός 2 X 32 A.

Οπότε η γραμμή A1 διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$ θα προστατεύεται από **μικροαυτόματη ασφάλεια έντασης 20 A** χαρακτηριστικής B και ο χειρισμός της θα γίνεται από **διπολικό διακόπτη** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 32 A, διακόπτοντας φάση και ουδέτερο.

Εφόσον τα υπόλοιπα φορτία που πρόκειται να τροφοδοτήσει ο πίνακας διανομής φορτιστών AC 3,6 kW έχουν ίδια ισχύ και ίδιο ονομαστικό ρεύμα ($I=16 \text{ A}$) με το φορτίο της γραμμής A1, θα ισχύουν **ακριβώς τα ίδια και για τις υπόλοιπες γραμμές**. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα μεγεθών συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών με τα μέσα προστασίας τους για την τροφοδότηση τους.

Άρα για την τροφοδότηση των 6 γραμμών υποδομών φόρτισης από τον πίνακα διανομής A απαιτείται ο παρακάτω ηλεκτρολογικός εξοπλισμός :

Λιμένας Τριζωνίων Πίνακας Διανομής A	Από Πίνακες Προτύπου ΕΛΟΤ 60364		
Γραμμές Τροφοδοσίας Φορτιστών AC 3,6 kW	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm^2)	ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
Γραμμή A1	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A2	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A3	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A4	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A5	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)
Γραμμή A6	$S=2,5 \text{ mm}^2$	20	2 x 32A (L, N)

Τροφοδότηση Πίνακα Διανομής Α

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του πίνακα διανομής Α έπειτα από υπολογισμό που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού $g=1$ και συντελεστή εφεδρείας 10 %, είναι $S=23,76$ kVA.

$$S \text{ (ταυτοχρ, εφεδρείας)} = S \times g \times \text{εφεδρεία} = 21,6 \times 1 \times 1,1 = 23,76 \text{ kVA}$$

Το συνολικό ρεύμα του πίνακα διανομής θα είναι:

$$I_{A0\lambda} = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3} + I_{A4} + I_{A5} + I_{A6} = 16 + 16 + 16 + 16 + 16 + 16 = 96 \text{ A}$$

Άρα $I_{A0\lambda} = 96 \text{ A}$

Για τον υπολογισμό της γενικής ασφάλειας και του γενικού διακόπτη θα πρέπει να χωρίσουμε τις γραμμές τροφοδοσίας σε κάθε μια φάση της τριφασικής γραμμής του πίνακα διανομής. Τα κυκλώματα ($6 \times 3,6$ kW) που θα συνδεθούν στον τριφασικό **πίνακα διανομής Α** θα πρέπει να μοιραστούν σε κάθε μια από τις τρεις φάσεις του (L1,L2,L3). Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να επιτευχθεί **ίση κατανομή** των ρευμάτων των φορτίων ανά φάση του πίνακα. Συνεπώς ο τριφασικός πίνακας διανομής θα τροφοδοτήσει σε κάθε μια από τις φάσεις του τα φορτία των γραμμών. Ακολουθεί παρακάτω πίνακας με τον διαμοιρασμό των φορτίων σε κάθε φάση του 3Φ πίνακα Α.

Η ιδανική κατανομή θα ήταν η εξής :

Φάσεις Τριφασικού Πίνακα Διανομής Α	ΓΡΑΜΜΕΣ		ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΑΣΗΣ (A)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥ ΦΑΣΗΣ (W)
	№	I (A)		
Φάση L1	A1	16	32	7200
	A2	16		
Φάση L2	A3	16	32	7200
	A4	16		
Φάση L3	A5	16	32	7200
	A6	16		
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Α =				21600

Πίνακας 22 : Κατανομή των φάσεων του πίνακα Α

Για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση για ισχύ $S=23,76$ kVA υπολογίζουμε το ρεύμα μόνιμης φόρτισης πεδίου Χ. Τ. – πίνακα διανομής.

$$I_{\text{μόνιμο}} = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{23760 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 34,29 \text{ A}$$

Επιλέγεται καλώδιο, διατομής $5 \times 10 \text{ mm}^2$

Έλεγχος πτώσης τάσης καλωδίου μεταξύ πεδίου Χ. Τ. και πίνακα διανομής, με το μήκος του καλωδίου να είναι L= 35 m.

Άρα :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0176 \cdot 34,29 \cdot 35 \cdot 1}{10} = 3,65 V < 16 V$$

Η πτώση τάσης που προκύπτει για διατομή καλωδίου S= 10 mm² είναι αποδεκτή.

Το υλικό προστασίας το οποίο θα πρέπει υποχρεωτικά να περιέχει κάθε ηλεκτρολογικός πίνακας σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 είναι :

- Ο γενικός διακόπτης
- Η γενική ασφάλεια
- Ο διακόπτης διαρροής Ρεύματος (RCD)
- Η ενδεικτική λυχνία λειτουργίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, θα προκύψουν τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

Γενικός διακόπτης πίνακα Διανομής Α 3P 40 A

Γενική ασφάλεια πίνακα Διανομής Α : Αυτόματη Ασφάλεια 3Χ35A

Διακόπτης Διαφυγής Έντασης, Τετραπολικός Δ. Δ. Ε, 4 Χ 40 A

Μικροαυτόματη Ασφάλεια για την προστασία κάθε γραμμής φορτιστών 1 Χ20 A

Ραγοδιακόπτης 2Χ 32 A (για κάθε γραμμή φορτιστών)

Μονογραμμικό διάγραμμα πίνακα Διανομής Α και Επαλήθευση υπολογισμών μέσω λογισμικού προγράμματος της 4M.

Για την σχεδίαση του μονογραμμικού σχεδίου του πίνακα αλλά και για την επαλήθευση των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της εταιρείας 4M. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα της 4M δεν παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις των αποτελεσμάτων. Στην παρακάτω εικόνα του φύλλου υπολογισμού του προγράμματος διακρίνονται τα επιτρεπτά ρεύματα και η διατομή των γραμμών του πίνακα διανομής Α.

	Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιρ. Ρεύμα (Α)	Μέγιστη Ασφάλεια (Α)	Ρεύμα Γραμμής (Α)
1	A.Π	35	21.60	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	1.000	39.00	35	34.43
2	A.1	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
3	A.2	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
4	A.3	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
5	A.4	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
6	A.5	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
7	A.6	15	3.6	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1	J1VV-U		2.5		29.00	0.600	17.40	16	15.65
8														

Εικόνα 71 : Φύλλο Υπολογισμού 1 ADAPT / Λιμένες Τριζονίων Πίνακας Α

- Το πρόγραμμα ADAPT υπολόγισε για κάθε γραμμή τροφοδοσίας **διατομή καλωδίου S=2,5 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **17,4 A** καλωδίου.
- Το πρόγραμμα ADAPT έπειτα από τον καθορισμό του πλήθους των κυκλωμάτων (πλήθος 6) για μέθοδο εγκατάστασης **Δ1**(τοποθέτηση έδαφος σε σωλήνα ή κανάλι) με **μηδενική απόσταση (σε επαφή)** υπολόγισε **συντελεστή διόρθωσης 0,60** από τον πίνακα **B.52.19** του προτύπου **ΕΛΟΤ 60364**.
- Το πρόγραμμα ADAPT υπολόγισε με βάση την ισχύ του φορτιστή 3,6 kW υπολόγισε **ως ρεύμα γραμμής 15,65 A** (1Φ Σύνδεση).
- Χρησιμοποιώντας τον συντελεστή μείωσης **0,60** από τον πίνακα B.52.19 του ΕΛΟΤ 60364 και πολλαπλασιάζοντας τον με το επιτρεπόμενο ρεύμα Κ. Σ. **29 A** (S=2,5mm²) υπολόγισε επιτρεπόμενο ρεύμα 17,4 A.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών που προέκυψαν παραπάνω χρησιμοποιώντας τους πίνακες του προτύπου ΕΛΟΤ 60364 **δεν αποκλίνουν** από τα αποτελέσματα του προγράμματος ADAPT ηλεκτρολογικά της 4Μ. Όμως στο φύλλο υπολογισμού του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρούνται κάποιες διαφοροποιήσεις όσων αφορά την επιλογή των ασφαλειών των γραμμών. Το πρόγραμμα επιλέγει για την προστασία των γραμμών Α1 έως Α6 ασφάλεια 16 Α λόγω ότι **υπολογίζει διαφορετικό ρεύμα γραμμής**. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζει **μικρότερο ρεύμα** από το ονομαστικό ρεύμα του φορτιστή $I_{nom} = 16 \text{ A}$ όπως δίνεται στο τεχνικό φυλλάδιο του κατασκευαστή (Datasheet). Συνεπώς οι διαφορετικές τιμές των ρευμάτων στις γραμμές προκύπτουν λόγω ότι το πρόγραμμα υπολογίζει το ρεύμα του κάθε φορτιστή με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

Για κάθε φορτιστή Ensto One AC 3,6 kW (Γραμμές Α1 έως Α12) το ονομαστικό ρεύμα είναι :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3600 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 15,65 \text{ A}$$

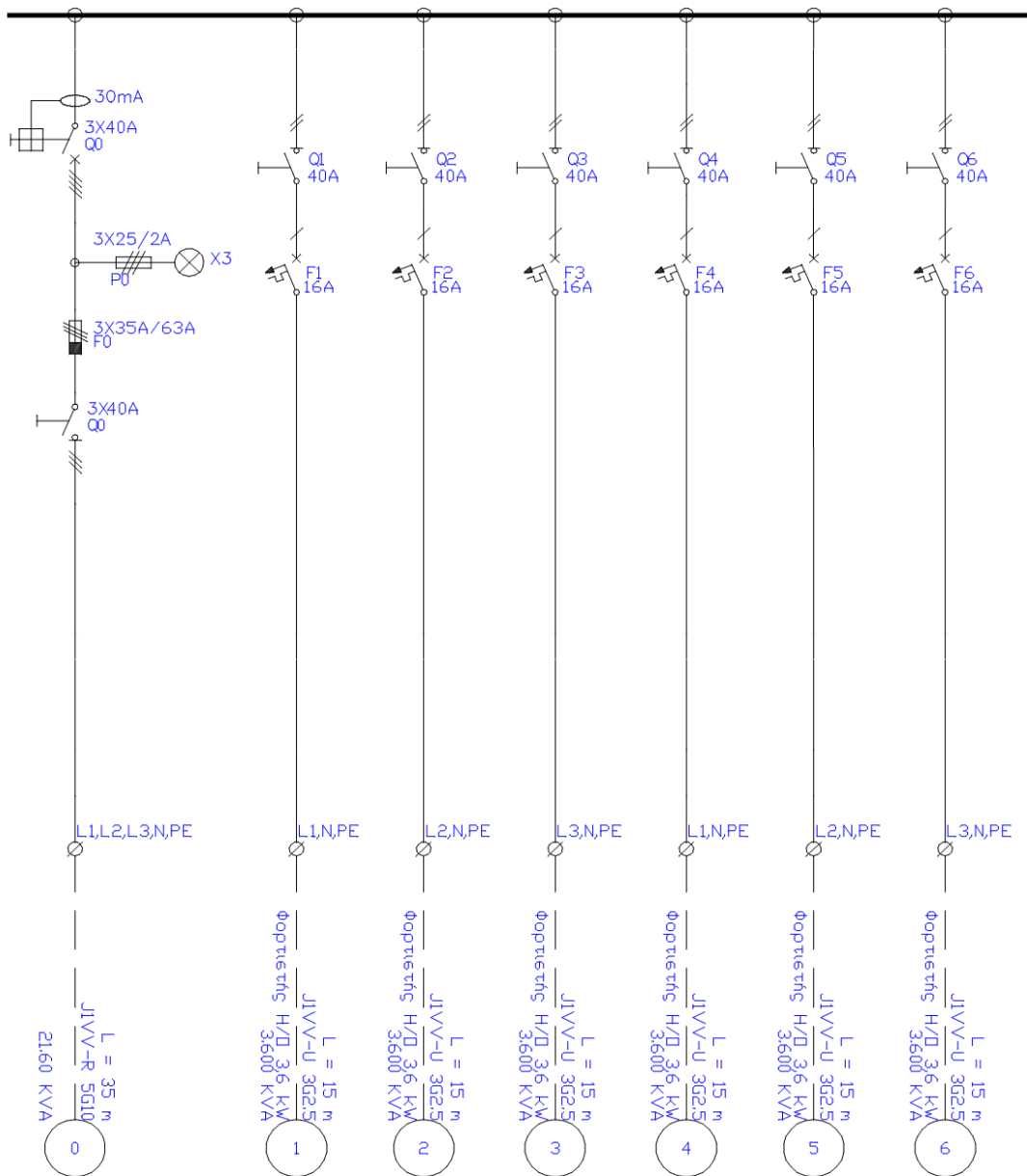
Συνεπώς εκεί οφείλεται η διαφορετική τιμή της ασφάλειας που επιλέχθηκε πιο πάνω δηλαδή για την ασφάλιση κάθε γραμμής διατομής $S = 2,5 \text{ mm}^2$ επιλέγεται τελικώς ασφάλεια 20 Α. Επίσης για τον ίδιο λόγο (**διαφορετικό ρεύμα γραμμής**) παρατηρείται μια πολύ μικρή απόκλιση στην τιμή της πτώσης τάσης των γραμμών ,καθώς είχε υπολογιστεί με ρεύμα γραμμής 16 Α στα 3,379 V ενώ το πρόγραμμα υπολογισμού του ADAPT, υπολογίζει με ρεύμα 15,65 Α πτώση τάσης 3,354 V.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Είδος Φορτίου	CosΦ	Επιθ. Φάση	Φάση	Μέγιστη Πι. Τάσης (%)	Πώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
1	Α.Π	35	21.60	6	Πίνακας	1.000		123	4.000		3	10	35
2	A.1	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		1	4.000	3.354	1	2.5	16
3	A.2	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		2	4.000	3.354	1	2.5	16
4	A.3	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		3	4.000	3.354	1	2.5	16
5	A.4	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		1	4.000	3.354	1	2.5	16
6	A.5	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		2	4.000	3.354	1	2.5	16
7	A.6	15	3.6	60	Φορτιστής Η/Ο 3,6 kW	1		3	4.000	3.354	1	2.5	16
8													
9													
10													
11													

Εικόνα 72: Φύλλο Υπολογισμού 2 ADAPT / Λιμένες Αιγίου Πίνακας Α

Ακολουθεί παρακάτω το μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα διανομής Α, το οποίο προέκυψε κάνοντας χρήση του προγράμματος ADAPT - Ηλεκτρολογικά της 4Μ.

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**



Εικόνα 73: Μονογραμμικό Πίνακα Διανομής Α /Λιμένα Τριζωνίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο : Υλικά Πινάκων Μελέτης Λιμένων

13.1 Υλικά Πινάκων Λιμένα Αιγίου Λιμένα Αγίου Νικολάου

13.1.2 Πίνακας Διανομής Α : 6 Φορτιστές AC 3,6 kW

Για τον Πίνακα Διανομής Α του λιμένα Αιγίου θα χρειαστούν τα παρακάτω καλώδια και ραγό-υλικά :

- 6 Μονοπολικές Μικροαυτόματες Ασφάλειες 1P 20 A
- 6 Διπολικοί Διακόπτες 2 X 32 A
- 1 Γενικός Διακόπτης 1 X40 A
- 1 Γενική Ασφάλεια 1X35 A
- 1 Διακόπτης Διαρροής Ρεύματος 2 X40 A
- 6 Καλώδια Διατομής S=2,5 mm² για τις γραμμές των φορτίων του πίνακα / Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων J1VV-U3X2,5 mm²
- Πίνακας Διανομής Επίτοιχος

Ακολουθούν παρακάτω τα υλικά που θα επιλεγθούν μαζί τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και την κοστολόγησή τους.

Καλώδιο γραμμής κάθε Φορτιστή (Γραμμές Α1 έως Α6) : Καλώδιο ισχύος 0,6/1kV NYY J1VV-U3X2,5mm² σε μαύρο χρώμα, με μόνωση και μανδύα από PVC, για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.



Nexans

Υπεύθυνος
Πωλήσεις Ελληνικής Αγοράς
Τηλέφωνο: +30 211 120 7720
sales.hellas@nexans.com

E1VV-U, E1VV-R, E1VV-S
CU/PVC/PVC, type NYY

Καλώδιο ισχύος για σταθερές εγκαταστάσεις. Ονομαστικής τάσης 600/1000 V.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Καλώδιο μονοπολικό ή πολυπολικό με χάλκινους μονόκλωνους ή πολύκλωνους αγωγούς, μόνωση και μανδύα από PVC

Χρήση
σταθερές εγκαταστάσεις σε υγρούς ή ξηρούς χώρους, στον αέρα ή στο έδαφος



ΠΡΟΤΥΠΑ
Διεθνές IEC 60502-1
Εθνικό ELOT 843

Εικόνα 74: Εταιρεία Κατασκευής Καλωδίου Nexans

Μόνωσης πυρήνα	PVC	Ταυτοποίηση πυρήνα	Χρώμα
Χρώμα μανδύα	Μαύρο	Σχήμα αγωγού	Στρογγυλό
Υλικό Αγωγού	Cu, γυμνά	Υλικό εξωτερικού περιβλήματος	PVC
Κατηγορία αγωγού	Κλάσης 1 = στερεοί	Ονομαστική διατομή αγωγού	2,5mm ²
Ονομαστική τάση U	1kV	Με γείωση	NAI
Θερμοκρασία σε κίνηση	5-70°C	Θερμοκρασία σε εγκατάσταση	70°C
Ονομαστική τάση U0	0,6kV	Αριθμός πυρήνων	3
Εξωτερική διάμετρος	12,2mm	Τύπος καλωδίου	NYY J1VV-U

Εικόνα 75: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίου J1VV-U3X2,5 mm²

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος : https://static.kafkas.gr/Uploads/Pdfs/191559/NYY3G2,5_555012304_01_Z03.PDF

Κατάστημα Πώλησης Καφκάς : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/kalodia/exot-egkat/nyy-j1vv-u-j1vv-r-j1vv-s/nyy-chalkou/kalodio-0-6-1kv-nyy-j1vv-u3x2-5mm-mavro_191559/

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		Τριπολικό									
Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά		Χαλκός	Διατομή Αγωγού [mm ²]	Τύπος αγωγού ή	Ονομαστική εξωτερική διάμετρος [mm]	Βάρος (π ερίπου) [kg/km]	Μέγιστη ωμική αντίσταση σε DC, 20° C [Ohm/km]	Επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος στο έδαφος [A]	Επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος στον αέρα [A]	Πτώση τάσης, 3 φάσεις [V/A.km]	
Υλικό Αγωγού											
Μόνωση		PVC	1,5	U	11,0	159	12,1	27	18	20,1	
Εξωτερικός μανδύας			2,5	U	12,0	202	7,41	35	25	12,2	
Χρώμα μανδύα		Μαύρο	4	U	14,0	288	4,61	45	35	7,6	
Χωρίς μολύβι		Ναι	5	R	15,0	367	3,08	56	45	5,2	
Ηλεκτρολογικά Χαρακτηριστικά			10	R	17,0	552	1,83	75	58	3,1	
Ονομαστική τάση U ₀ /U		0.6/1 kV	10	R	17,0	557	1,83	75	58	3,1	
Μηχανικά Χαρακτηριστικά			16	R	20,0	776	1,15	98	80	1,98	
Ευκαμψία καλωδίου		Συμπαγής	16	R	20,0	785	1,15	98	80	1,98	
Μηχανική αντίσταση σε κρούση		Καλή	25	R	23,0	1152	0,727	130	103	1,28	
Χαρακτηριστικά Χρήσης			35	S	22,0	1250	0,524	150	125	0,95	
Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού		70 °C	50	S	26,0	1640	0,387	180	155	0,72	
Μέγιστη θερμοκρασία βραχυκυκλώματος		160 °C	70	S	29,0	2262	0,268	225	195	0,52	
Αντίσταση στις καιρικές συνθήκες		Πολύ καλή	95	S	33,0	3089	0,193	270	240	0,4	
			120	S	36,0	3833	0,153	310	280	0,33	
			150	S	39,0	4692	0,124	345	320	0,28	
			135	S	44,0	5837	0,099	390	360	0,23	
			240	S	49,0	7618	0,075	455	425	0,2	

Χωρίς μολύβι Ναι

Ονομαστική τάση U₀/U 0.6/1 kV

Ευκαμψία καλωδίου Συμπαγής

Μηχανική αντίσταση σε κρούση Καλή

Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού 70 °C

Αντίσταση στις καιρικές συνθήκες Πολύ καλή

Βραδύσυστα Ναι

Version v2.3 Δημιουργημένο 10/7/2012 - <http://www.nexans.gr> Σελίδα 1 / 5

Όλα τα γραφήματα, σχέδια, κοδώς και οι αριθμητικές τιμές βαρών, μεγεθών και διαστάσεων, που περιέχονται στα τεχνικά και εμπορικά έγγραφα της Nexans δίδονται μόνο για πληροφόρηση και μπορεί να μεταβληθούν χωρίς προειδοποίηση.

Εικόνα 76: Συγκεντρωτικοί πίνακες τεχνικών Χαρακτηριστικών Καλωδίου

Ακολουθούν παρακάτω τα ηλεκτρολογικά υλικά του πίνακα του πίνακα.

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ Hager MBN120 B 6KA 1X20A

MBN120



MBN120



Σχεδιασμός

Αριθμός προστατευμένων πόλων	1
Αριθμός πόλων	1 P
Πόλοι	1 P
Καμπύλη	B

Λειτουργίες

Με διακοπή ουδετέρου	όχι
----------------------	-----

Συνδεσιμότητα

Ευθυγράμμιση των άνω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ικανότητα βραχυκυκλώματος	6 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας U _e	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα	20 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	6 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ονομ. ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος σε 230V AC	6 kA
Ικανότητα διακοπής σε 230V NF EN 60947-2	6 kA

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα I _n	2,79 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα I _n	2,79 W

Αντοχή

Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	4000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	20000

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...70 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Κλάση περιορισμού I ² t	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-25...80 °C

Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ασφάλεια Hager MBN120) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/6ka/mbn120/90767.htm?PPF_IN=20+A&PPF_DECLENCH=B&PPF_NBREPOLE=1+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ασφάλεια Hager MBN120) : https://www.hager.gr/files/download/0/514398_1/0/MBN120_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-20a-25a/hager-mikroaftomatos-1p-20a-6ka-415v-tyrou-b_193215/

Τιμή Προϊόντος : 3,91 € / τμχ.

Διπολικός Ραγοδιακόπτης Hager STB232 2P 32A ΕΝΔΕΙΞΗ LED

SBT232



Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	3 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	1,5 W

Αντοχή

Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 25000 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 25000 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	200000

Εξοπλισμός

Ποσότητα επαφών NO	2
--------------------	---

Πρότυπα

-	IEC 60947-3, IEC/EN 60669-2, IEC/EN 60669-4
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / Θερμοκρασίας μεταφοράς	-40...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ραγοδιακόπτης Hager STB232) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbt232/24286.htm?PPF_IN=32+A&PPF_NBREPOLE=2+P

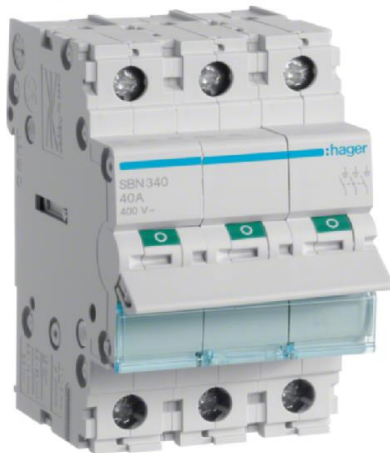
Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ραγοδιακόπτης Hager STB232) : https://www.hager.gr/files/download/0/6595_1/0/SBT232_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-32a/hager-diakoptis-ragas-2p-32a-250v_193689/

Τιμή Προϊόντος : 7,93 € / τμχ.

Γενικός Παραδιακόπτης Hager SBN340 3P 40A

SBN340



Σχεδιασμός

Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδέτερου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	40 A
Αποδεδειγμένο ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	40 A
Ονομαστικό ρεύμα	40 A
Ονομαστικό ρεύμα αντοχής βραχέως χρόνου 1s Icw	0,6 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περίβλημα	40 A
Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	40 A
Αποδεδειγμένο ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	40 A

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	3,3 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	1,1 W

Αντοχή

Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	60000

Συνθήκες σύνδεσης

Διατομή σύνδεσης για εύκαμπτο καλώδιο	2,5 / 16mm ²
Διατομή σύνδεσης για δύσκαμπτο καλώδιο:	2,5 / 25mm ²
Θέση σφιγτήρα κλωβού	Στη γραμμή
Είδος σύνδεσης	με βίδα

Εξοπλισμός

Ποσότητα επαφών NO	3
--------------------	---

Πρότυπα

-	IEC 60947-3, IEC/EN 60669-2, IEC/EN 60669-4
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / Θερμοκρασίας μεταφοράς	-40...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Παραδιακόπτης Hager SBN340) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn340/29460.htm?PPF_IN=40+A&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Παραδιακόπτης Hager SBN340) : https://www.hager.gr/files/download/0/6808_1/0/SBN340_Data_Sheet.pdf

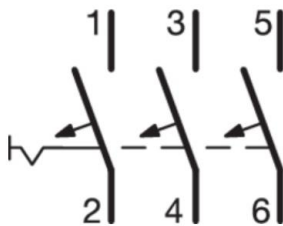
Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-40a-45a/hager-diakoptis-ragas-3p-40a-400v_193697/

Τιμή Προϊόντος : 13,05 € / τμχ.

Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN340 Β 6ΚΑ 3Χ40Α



MBN340



Σχεδιασμός

Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	B

Λειτουργίες

Με διακοπή ουδετέρου	όχι
----------------------	-----

Συνδεαισότητα

Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ικανότητα βραχυκυκλώματος	6 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα	40 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	6 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή κατωφλίου της DC μαγνητικής λειτουργίας	4 / 7 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας DC	1,13 / 1,45 In
Ικανότητα βραχυκυκλώματος για 1P στα 400V (EN 60947-2)	3 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος στα 400V 50Hz	6 kA
Μέγιστη ικανότητα διακοπής Icu κάτω από 400V (IEC/EN 60947-2)	10 kA

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	16,9 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	6 W

Αντοχή

Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	4000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	20000

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...70 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Κλάση περιορισμού I _p t	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-25...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ασφάλεια Hager MBN340) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/6ka/mbn340/91781.htm?PPF_IN=40+A&PPF_DECLENCH=B&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ασφάλεια Hager MBN340) : https://www.hager.gr/files/download/0/539141_1/0/MBN340_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-32a-40a/hager-mikroaftomatos-3p-40a-6ka-415v-tyrou-b_193233/

Τιμή Προϊόντος : 18,84 € / τμχ.

Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDA440H

CDA440H



ΡΕΛΕ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΤΥΠΟΥ A 30mA 4X40A

Σχεδιασμός

Θέση ουδετέρου	Δεξιά
Αριθμός πόλων	4 P
Τρόπος στερέωσης	Συμμετρική ράγα DIN

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Όνομαστική τάση λειτουργίας Ue	230 / 400 V
Συχνότητα	50 Hz

Τάση

Όνομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Όνομαστικό ρεύμα διαρροής	30 mA
Όνομαστικό ρεύμα	40 A
Αντοχή σε υπέρταση (κυματομοφή 8/20μS)	0,25 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	1,5 kA
Όνομαστικό ρεύμα βραχυκυκλώματος σύμφωνα με EN 61008-1 (In conditional)	6 kA

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	6,5 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	2,3 W

Απόζευξη

Προστασία από ψευδείς ενεργοποιήσεις	όχι
Καθυστέρηση απόζευξης βραχέως χρόνου	όχι

Αντοχή

Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	2000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	4000

Πρότυπα

-	EN 61008-1
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
Τύπος διαφορικής προστασίας	A

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...40 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-55...70 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ρελέ Διαρροής Ρεύματος Hager CDA440H) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ac-a-b-a-restart/cda440h/25340.htm?PPF_IN=40+A&PPF_IDN=30+mA&PPF_NBREPOLE=4+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ρελέ Διαρροής Ρεύματος Hager CDA440H) : https://www.hager.gr/files/download/0/6438_1/0/CDA440H_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/diacoptes-diarrois/diacoptes-diarrois-4ch40a/hager-diakoptis-diarrois-4p-40a-0-03a-a_193570/

Τιμή Προϊόντος : 78,73 € / τμχ.

Πίνακας Διανομής Α / Λιμένας Αιγίου			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN340 3P 40A	1	13,05 €	13,05 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN340 B 6KA 3X40A	1	18,84 €	18,84 €
Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDA440H	1	78,73 €	78,73 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN120 B 6KA 1X20A	6	3,91 €	23,46
Διπολικός Ραγοδιακόπτης Hager STB232 2P 32A ΕΝΔΕΙΞΗ LED	6	7,93 €	47,58€
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό Κόστος Υλικών Πίνακα			259,32 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3X4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3X4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2. 5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,51 ανά μέτρο	22,65 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων			135,9 €

13.1.2 Πίνακας Διανομής Β : 6 Φορτιστές AC 11 kW

Για τον Πίνακα Διανομής Α του λιμένα Αιγίου θα χρειαστούν τα παρακάτω καλώδια και ραγό-υλικά :

- 1 Γενικός Διακόπτης 3 X 125 A
- 1 Γενική Ασφάλεια 3 X 125 A
- 6 Μικροαυτόματες Ασφάλειες, 3P 20 A
- 6 Διακόπτες 2 X 32 A
- 1 Διακόπτης Διαρροής Ρεύματος 4 X 125A
- 6 Καλώδια Διατομής S=4 mm² για τις γραμμές των φορτίων του πίνακα / Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων J1VV-U3X4 mm²
- Παροχικό καλώδιο διατομής S=10 mm² / Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων 0,6/1kV NYU J1VV-R 5X10mm²
- Πίνακας Διανομής Επίτοιχος

Ακολουθούν παρακάτω τα υλικά που θα επιλεγθούν μαζί τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και την κοστολόγησή τους.

Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN399 3P 125 A

SBN399



Σχεδιασμός	
Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδετέρου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Όνομαστική τάση λειτουργίας U _e	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz
Τάση	
Όνομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Όνομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	125 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	125 A
Όνομαστικό ρεύμα	125 A
Όνομαστικό ρεύμα αντοχής βραχέως χρόνου 1s I _{cw}	1,5 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περιβλήμα	125 A
Όνομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	125 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	125 A
Ισχύς	
Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα I _n	24 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα I _n	8 W
Αντοχή	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 2500 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 2500 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	40000
Πρότυπα	
-	IEC 60947-3
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Συνθήκες χρήσης	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-40...80 °C

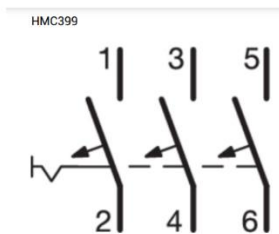
Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn399/28497.htm?PPF_IN=125+A&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος : https://www.hager.gr/files/download/0/6812_1/0/SBN399_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/filektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-125a/hager-diakoptis-ragas-3p-125a-400v_193701/

Τιμή Προϊόντος : 28,91 € / τμχ.

Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC399 3X125 A



Σχεδιασμός	
Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	C
Λειτουργίες	
Με διακοπή ουδέτερου	όχι
Συνδεσιμότητα	
Ευθυγράμμιση των άνω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά
Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	15 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	415 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz
Τάση	
Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Ονομαστικό ρεύμα	125 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	7,5 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ονομαστικό ρεύμα στους 40°C σύμφωνα με IEC 60947	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 45°C σύμφωνα με IEC 60947	122 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 50°C σύμφωνα με IEC 60947	119 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 55°C σύμφωνα με IEC 60947	115,7 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 60°C σύμφωνα με IEC 60947	112 A
Ισχύς	
Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	34,93 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	12 W
Αντοχή	
Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	4000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	20000
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Συνθήκες χρήσης	
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ασφάλεια Hager HMC399) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/15ka/hmc399/30375.htm?PPF_IN=125+A&PPF_DECLENCH=C&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ασφάλεια Hager HMC399) : https://www.hager.gr/files/download/0/6355_1/0/HMC399_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-80a-100a-125a/hager-mikroaftomatos-3p-125a-15ka-typou-c_193383/

Τιμή Προϊόντος : 105,99 € / τμχ.

Διακόπτης διαρροής Ρεύματος Hager CDC690 AC 30mA 4X125A



ΠΕΛΕ ΔΙΑΡΡΟΗΣ AC 30mA 4X125A

Σχεδιασμός	
Θέση ουδετέρου	Δεξιά
Αριθμός πόλων	4 P
Πόλοι	3P+N
Τρόπος στερέωσης	Συμμετρική ράγα DIN
Συνδεσιμότητα	
Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Κόρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	240 / 415 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50 Hz
Τάση	
Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Μέγιστη τάση λειτουργίας	456 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Ονομαστικό ρεύμα διαρροής	30 mA
Ονομαστικό ρεύμα	125 A
Αντοχή σε υπέρταση (κυματισμένη 8/20μS)	0,25 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	1250 A
Ονομαστικό ρεύμα βραχυκυκλώματος σύμφωνα με EN 61008-1 (in conditional)	10 kA
Ηλεκτρικό ρεύμα / θερμοκρασία	
Ονομαστικό ρεύμα στους -25°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -20°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 15°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -10°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -5°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 0°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 5°C	125 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 10°C	125 A
Πρότυπα	
-	EN 61008-1, IEC 61008-1
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Τύπος διαφορικής προστασίας	AC
Συνθήκες χρήσης	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...40 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-55...70 °C

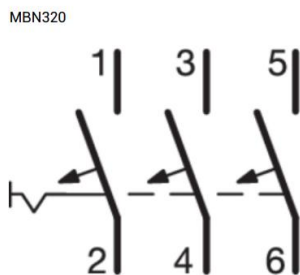
Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ac-a-b-a-restart/cdc690/91716.htm?PPF_IN=125+A&PPF_IDN=30+mA

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/539572_1/0/CDC690_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.protonpower.gr/rele-diafycis-ac-30ma-4p-125a?skr_prm=WylwZTjJMGZkZi1kODY5LTQ1NWMT0GE5ZC0wMTc3MGMzNzYxNjgiLDE2Njg0NDEExNzg4OTQseyJhcHBfdHlwZSI6IndlYiIsImNwIjojZiIsInRhZ3MiOiIifV0

Τιμή Προϊόντος : 252 € / τμχ.

Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN320 B 6KA 3X20A



Σχεδιασμός

Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	B

Λειτουργίες

Με διακοπή ουδέτερου	όχι
----------------------	-----

Συνδεσιμότητα

Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ικανότητα βραχυκυκλώματος	6 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας U_e	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα	20 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	6 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 I _n
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή κατωφλίου της DC μαγνητικής λειτουργίας	4 / 7 I _n
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας DC	1,13 / 1,45 I _n
Ικανότητα βραχυκυκλώματος για 1P στα 400V (EN 60947-2)	3 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος στα 400V 50Hz	6 kA
Μέγιστη ικανότητα διακοπής I _{cu} κάτω από 400V (IEC/EN 60947-2)	10 kA

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...70 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Κλάση περιορισμού I ² t	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-25...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ac-a-b-a-restart/cdc690/91716.htm?PPF_IN=125+A&PPF_IDN=30+mA

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/539572_1/0/CDC690_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-20a-25a/hager-mikroaftomatos-3p-20a-6ka-415v-tyrou-b_193230/

Τιμή Προϊόντος : 16,11 €/ τμχ.

Ραγοδιακόπτης Hager SBN432 4P 32A

SBN432



Σχεδιασμός

Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδέτερου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	4 P
Πόλοι	4 P

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ονομαστική τάση λειτουργίας U_e	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	32 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	32 A
Ονομαστικό ρεύμα	32 A
Ονομαστικό ρεύμα αντοχής βραχέως χρόνου 1s I _{cw}	0,48 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περίβλημα	32 A
Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	32 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	32 A

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα I _n	6 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα I _n	1,5 W

Αντοχή

Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 25000 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 25000 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	200000

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-40...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn432/25290.htm?PPF_IN=32+A&PPF_NBREPOLE=4+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/6821_1/0/SBN432_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-32a/hager-diakoptyis-ragas-4p-32a-400v_193703/

Τιμή Προϊόντος : 13,48 €/ τμχ.

Συνολικό κόστος πίνακα Διανομής Β

Πίνακας Διανομής Β / Λιμένας Αιγίου			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN399 4P 125 A	1	28,91 €	28,91 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC339 C 3X125 A	1	105,99 €	105,99 €
Διακόπτης διαρροής Ρεύματος Hager CDC690 AC 30mA 4X125A	1	252 €	252 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN320 B 6KA 3X20A	6	16,11 €	96,66 €
Ραγοδιακόπτης Hager SBN432 4P 32A	6	13,48 €	80,88 €
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό Κόστος Υλικών Πίνακα			642,10 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Καλώδιο NYV J1VVU 5X4mm ²	15 μέτρα / m	3,63 ανά μέτρο	54,45 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων	326,70 €		

13.1.3 Πίνακας Διανομής Γ : 2 Φορτιστές DC 25Kw

Όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς της μελέτης για τον πίνακα Γ του λιμένα του Αιγίου απαιτούνται τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός Διακόπτης Τριπολικός 3P, 3X80 A
- Γενική Ασφάλεια Πίνακα 3P, 3X80 A
- Διακόπτης Διαρροής Ρεύματος 4P, 4X80 A
- Αυτόματη Ασφάλεια για την προστασία κάθε γραμμής, 1X63 A
- Ραγοδιακόπτης για τον έλεγχο κάθε γραμμής του πίνακα, 3X63 A
- Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων (NYY (J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S), πέντε πόλων για κάθε γραμμή με διατομή S=16 mm².

Παρουσιάζονται παρακάτω τα υλικά του πίνακα :

Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN380 3P 80 A



Σχεδιασμός	
Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδέτερου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz
Τάση	
Ονομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	80 A
Αποδεδειγμένο ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	80 A
Ονομαστικό ρεύμα	80 A
Ονομαστικό ρεύμα αντοχής βραχείας διάρκειας 1s Icw	0,96 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περίβλημα	80 A
Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	80 A
Αποδεδειγμένο ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	80 A
Ισχύς	
Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	8,1 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	2,7 W
Αντοχή	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 2500 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 2500 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	40000
Πρότυπα	
-	IEC 60947-3
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Συνθήκες χρήσης	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / Θερμοκρασία μεταφοράς	-40...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn380/29699.htm?PPF_IN=80+A&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/6810_1/0/SBN380_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-80a/hager-diakoptis-ragas-3p-80a-400v_193699/

Τιμή Προϊόντος : 20,54 €/ τμχ

Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC380



Σχεδιασμός	
Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	C
Λειτουργίες	
Με διακοπή ουδέτερου	όχι
Συνδεσιμότητα	
Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	15 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	415 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz
Τάση	
Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Ονομαστικό ρεύμα	80 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	7,5 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ονομαστικό ρεύμα στους -10°C σύμφωνα με IEC 60947	112 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -15°C σύμφωνα με IEC 60947	115 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -20°C σύμφωνα με IEC 60947	118 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -25°C σύμφωνα με IEC 60947	122 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -5°C σύμφωνα με IEC 60947	109 A
Πρότυπα	
-	EN 60898-1, IEC 60947-2
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Συνθήκες χρήσης	
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/15ka/hmc380/27740.htm?PPF_IN=80+A&PPF_DECLENCH=C&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/6353_1/0/HMC380_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-80a-100a-125a/hager-mikroaftomatos-3p-80a-15ka-tyrou-c_193381/

Τιμή Προϊόντος : 88,26 €/ τμχ

Ρελέ Διαρροής Hager 80A Τετραπολικό 30mA CDA680D



Σχεδιασμός	
Θέση ουδετέρου	Δεξιά
Αριθμός πόλων	4 P
Πόλοι	3P+N
Τρόπος στερέωσης	Συμμετρική ράγα DIN
Συνδεσιμότητα	
Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50 Hz
Τάση	
Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Μέγιστη τάση λειτουργίας	440 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V
Ηλεκτρικό ρεύμα	
Ονομαστικό ρεύμα διαρροής	30 mA
Ονομαστικό ρεύμα	80 A
Αντοχή σε υπέρταση (κυματομοφή 8/20μS)	3 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	1250 A
Ονομαστικό ρεύμα βραχυκυκλώματος σύμφωνα με EN 61008-1 (In conditional)	10 kA
Ηλεκτρικό ρεύμα / θερμοκρασία	
Ονομαστικό ρεύμα στους -25°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -20°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 15°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -10°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους -5°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 0°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 5°C	80 A
Ονομαστικό ρεύμα στους 10°C	80 A
Πρότυπα	
-	EN 61008-1
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά
Ασφάλεια	
Δείκτης προστασίας IP	IP20
Τύπος διαφορικής προστασίας	A
Συνθήκες χρήσης	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...70 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-55...70 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ac-a-b-a-restart/cda680d/91613.htm?PPF_IN=80+A&PPF_IDN=30+mA&PPF_NBREPOLE=4+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/539519_1/0/CDA680D_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.protonpower.gr/rele-diafycis-a-30ma-4p-80a?skr_prm=WylwZTJjMGZkZi1kODY5LTQ1NWMTc3MGMzNzYxNjgiLDE2Njg0NDQzODg2MTcseyJhcHBfdHlwZSI6IndiYiIsImNwIjojZiIsInRhZ3MiOiIlfV0

Τιμή Προϊόντος : 172,59 €/ τμχ

Μικροαυτόματος Διακόπτης Hager SBN463 4P 63 A



Σχεδιασμός

Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδέτερου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	4 P
Πόλοι	4 P

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Όνομαστική τάση λειτουργίας U_e	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Όνομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Όνομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	63 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	63 A
Όνομαστικό ρεύμα	63 A
Όνομαστικό ρεύμα αντοχής βραχέως χρόνου 1s I_{cw}	0,945 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περιβλήμα	63 A
Όνομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	63 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	63 A

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα I_n	9,2 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα I_n	2,3 W

Αντοχή

Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	60000

Πρότυπα

-	IEC 60947-3, IEC/EN 60669-2, IEC/EN 60669-4
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-40...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn463/25291.htm?PPF_IN=63+A&PPF_NBREPOLE=4+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/6823_1/0/SBN463_Data_Sheet.pdf

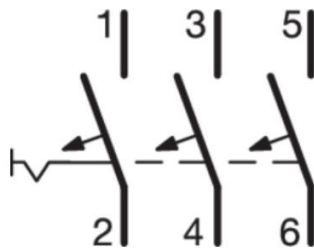
Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-63a/hager-diakoptis-ragas-4p-63a-400v_193706/

Τιμή Προϊόντος : 25,21 €/ τμχ

Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN363



MBN363



Σχεδιασμός

Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	B

Λειτουργίες

Με διακοπή ουδετέρου	όχι
----------------------	-----

Συνδεσιμότητα

Ευθυγράμμιση των άνω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω τερματικών	Ευθυγραμμισμένα τερματικά

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ικανότητα βραχυκυκλώματος	6 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα	63 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	6 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή κατωφλίου της DC μαγνητικής λειτουργίας	4 / 7 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας DC	1,13 / 1,45 In
Ικανότητα βραχυκυκλώματος για 1P στα 400V (EN 60947-2)	3 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος στα 400V 50Hz	6 kA
Μέγιστη ικανότητα διακοπής Icu κάτω από 400V (IEC/EN 60947-2)	10 kA

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	18,3 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	6,4 W

Αντοχή

Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	4000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	20000

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος: https://www.hager.gr/e-catalogue/e/6ka/mbn363/91724.htm?PPF_IN=63+A&PPF_DECLENCH=B&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος: https://www.hager.gr/files/download/0/539143_1/0/MBN363_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-50a-63a/hager-mikroaftomatos-3p-b63a-6ka-230-400v_193235/

Τιμή Προϊόντος : 29,95 €/ τμχ

Συνολικό κόστος πίνακα Διανομής Γ

Πίνακας Διανομής Γ / Λιμένας Αιγίου			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN380 3P 80 A	1	20,54 €	20,54 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC380	1	88,26 €	88,26 €
Ρελέ Διαρροής Hager 80A Τετραπολικό 30mA CDA680D	1	172,59 €	172,59 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN363	2	29,95 €	59,90 €
Μικροαυτόματος Διακόπτης Hager SBN463 4P 63 A	2	25,21 €	50,42 €
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό Κόστος Υλικών Πίνακα			469,37 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο NYV J1VV-R 5X16mm ²	15 μέτρα / m	12,47 ανά μέτρο	187,05 €
Καλώδιο NYV J1VV-R 5X16mm ²	15 μέτρα / m	12,47 ανά μέτρο	187,05 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων	374,10 €		

13.2 Υλικά Πινάκων Λιμένα Αιγίου Λιμένα Αγίου Νικολάου

13.2.1 Πίνακας Διανομής Α : 3 Φορτιστές AC 3,6 kW

Όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς της μελέτης για τον πίνακα Α του λιμένα του Αγίου Νικολάου απαιτούνται τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός Διακόπτης Τριπολικός 3P, 3X40 A

**Μελέτη εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων / υβριδικών οχημάτων σε λιμένες και αυτοκινητοδρόμους.
Case study: Λιμένες Αιγίου, Τριζωνίων και Αγ. Νικολάου Δωρίδος**

- Γενική Ασφάλεια Πίνακα 3P, 3X32 A
- Διακόπτης Διαρροής Ρεύματος 4P, 4X40 A
- Αυτόματη Ασφάλεια για την προστασία κάθε γραμμής, 1X20 A
- Ραγοδιακόπτης για τον έλεγχο κάθε γραμμής του πίνακα, 2X32 A
- Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων (NYY (J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S), τριών πόλων για κάθε γραμμή με διατομή S=2,5mm².

Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN340 3P 40A

SBN340



Σχεδιασμός

Τύπος εντολής	Διακόπτης
Θέση ουδετέρου	Χωρίς ουδέτερο
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	400 V
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	440 V
Τύπος τάσης εισόδου I	AC
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	6000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία B	40 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία A	40 A
Ονομαστικό ρεύμα	40 A
Ονομαστικό ρεύμα αντοχής βραχέως χρόνου 1s Icw	0,6 kA
Θερμικό ρεύμα έξω από το περίβλημα	40 A
Ονομαστικό ρεύμα σε AC21 κατηγορία A	40 A
Αποδεκτό ονομαστικό ρεύμα σε AC22 κατηγορία B	40 A

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα In	3,3 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα In	1,1 W

Αντοχή

Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC21 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Ηλεκτρική αντοχή σε ονομαστικό φορτίο σε AC22 σε 5000 κύκλους λειτουργίας	
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	60000

Συνθήκες σύνδεσης

Διατομή σύνδεσης για εύκαμπτο καλώδιο	2,5 / 16mm ²
Διατομή σύνδεσης για δύσκαμπτο καλώδιο:	2,5 / 25mm ²
Θέση σφιγτήρα κλωβού	Στη γραμμή
Είδος σύνδεσης	με βίδα

Εξοπλισμός

Ποσότητα επαφών NO	3
--------------------	---

Πρότυπα

-	IEC 60947-3, IEC/EN 60669-2, IEC/EN 60669-4
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-20..50 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-40..80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ραγοδιακόπτης Hager SBN340) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/e/sbn340/29460.htm?PPF_IN=40+A&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ραγοδιακόπτης Hager SBN340) : https://www.hager.gr/files/download/0/6808_1/0/SBN340_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/cheirismos/ragodiakoptes/ragodiakoptes-40a-45a/hager-diakoptis-ragas-3p-40a-400v_193697/

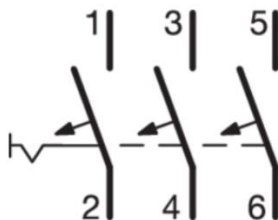
Τιμή Προϊόντος : 13,05 € / τμχ.

Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN332 B 6KA 3X32A

MBN332



MBN332



Σχεδιασμός

Αριθμός προστατευμένων πόλων	3
Αριθμός πόλων	3 P
Πόλοι	3 P
Καμπύλη	B

Λειτουργίες

Με διακοπή ουδέτερου	όχι
----------------------	-----

Συνδεασιμότητα

Ευθυγράμμιση των άνω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά
Ευθυγράμμιση των κάτω θερματικών	Ευθυγραμμισμένα θερματικά

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ικανότητα βραχυκυκλώματος	6 kA
Ονομαστική τάση λειτουργίας Ue	230 / 400 V
Είδος τάσης τροφοδοσίας	AC
Συχνότητα	50/60 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα	32 A
Ικανότητα βραχυκυκλώματος κατά EN60898	6 kA
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας AC	1,13 / 1,45 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή κατωφλίου της DC μαγνητικής λειτουργίας	4 / 7 In
Ελάχιστη / μέγιστη τιμή της θερμικής λειτουργίας DC	1,13 / 1,45 In
Ικανότητα βραχυκυκλώματος για 1P στα 400V (EN 60947-2)	3 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος στα 400V 50Hz	6 kA
Μέγιστη ικανότητα διακοπής Icu κάτω από 400V (IEC/EN 60947-2)	10 kA

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
-----------------------	------

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...70 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Κλάση περιορισμού I ² t	3
Υψόμετρο	2000 m
Προστασία από υγρασία	Για όλα τα κλίματα
Αποθήκευση / Θερμοκρασίας μεταφοράς	-25...80 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος https://www.hager.gr/e-catalogue/e/6ka/mbn332/91723.htm?PPF_IN=32+A&PPF_DECLENCH=B&PPF_NBREPOLE=3+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ραγοδιακόπτης Hager SBN340) : https://www.hager.gr/files/download/0/539140_1/0/MBN332_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/mikroaftomatoi-asfaleia-asfalia-asfaleia-microaftomatos/microaftomatoi-32a-40a/hager-mikroaftomatos-3p-32a-6ka-415v-tyrou-b_193232/

Τιμή Προϊόντος : 16,67 € / τμχ.

Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDA440H

CDA440H



ΡΕΛΕ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΤΥΠΟΥ A 30mA 4X40A

Σχεδιασμός

Θέση ουδετέρου	Δεξιά
Αριθμός πόλων	4 P
Τρόπος στερέωσης	Συμμετρική ράγα DIN

Κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Ονομαστική τάση λειτουργίας U_e	230 / 400 V
Συχνότητα	50 Hz

Τάση

Ονομαστική τάση μόνωσης	500 V
Αντοχή σε κρουστική υπέρταση	4000 V

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα διαρροής	30 mA
Ονομαστικό ρεύμα	40 A
Αντοχή σε υπέρταση (κυματομοφή 8/20μS)	0,25 kA
Ικανότητα βραχυκυκλώματος	1,5 kA
Ονομαστικό ρεύμα βραχυκυκλώματος σύμφωνα με EN 61008-1 (In conditional)	6 kA

Ισχύς

Συνολική απώλεια ισχύος σε ονομαστικό ρεύμα I_n	6,5 W
Απώλεια ισχύος ανά πόλο σε ονομαστικό ρεύμα I_n	2,3 W

Απόζευξη

Προστασία από ψευδείς ενεργοποιήσεις	όχι
Καθυστερήση απόζευξης βραχέως χρόνου	όχι

Αντοχή

Διάρκεια ζωής προϊόντος, ηλεκτρική αντοχή σε κύκλους λειτουργίας	2000
Αριθμός μηχανικών χειρισμών	4000

Πρότυπα

-	EN 61008-1
Ευρωπαϊκή οδηγία WEEE	Το αφορά

Ασφάλεια

Δείκτης προστασίας IP	IP20
Τύπος διαφορικής προστασίας	A

Συνθήκες χρήσης

Θερμοκρασία λειτουργίας	-25...40 °C
Βαθμός ρύπανσης σύμφωνα με IEC 60664 / IEC 60947-2	2
Υψόμετρο	2000 m
Αποθήκευση / θερμοκρασίας μεταφοράς	-55...70 °C

Ηλεκτρονικός Σύνδεσμος Προϊόντος (Ρελέ Διαρροής Ρεύματος Hager CDA440H) : https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ac-a-b-a-restart/cda440h/25340.htm?PPF_IN=40+A&PPF_IDN=30+mA&PPF_NBREPOLE=4+P

Τεχνικό Έντυπο Προϊόντος (Ρελέ Διαρροής Ρεύματος Hager CDA440H) : https://www.hager.gr/files/download/0/6438_1/0/CDA440H_Data_Sheet.pdf

Κατάστημα Πώλησης ΚΑΦΚΑΣ : <https://www.kafkas.gr/ilektrologiko-yliko/iliko-ragas/prostasia/diacoptes-diarrois/diacoptes-diarrois-4ch40a/hager-diakoptis-diarrois-4p-40a-0-03a-193570/>

Τιμή Προϊόντος : 78,73 € / τμχ.

Ακολουθούν παρακάτω το κόστος και τα υλικά του Πίνακα :

Πίνακας Διανομής Α / Λιμένας Αγίου Νικολάου			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN340 3P 40A	1	13,05 €	13,05 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια MBN332 B 6KA 3X32A	1	16,67 €	16,67 €
Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDA440H	1	78,73 €	78,73 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN120 B 6KA 1X20A	3	3,91 €	11,73 €
Διπολικός Ραγοδιακόπτης Hager STB232 2P 32A ENΔΕΙΞΗ LED	3	7,93 €	23,79 €
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό Κόστος Υλικών Πίνακα			221,03 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2,5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,42 ανά μέτρο	21,3 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2,5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,42 ανά μέτρο	21,3 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G2,5) 3X2,5mm ²	15 μέτρα / m	1,42 ανά μέτρο	21,3 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων	63,90 €		

13.2.2 Πίνακας Διανομής Β : 3 Φορτιστές AC 11 kW και 1 Φορτιστή DC 25 kW

Όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς της μελέτης για τον πίνακα Β του λιμένα του Αγίου Νικολάου απαιτούνται τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN390 3P 100A
- Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC390
- Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDC684H
- Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN320 B 6KA 3X20A
- Ραγοδιακόπτης Hager SBN432 4P 32A
- Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN363 3X63 A
- Ραγοδιακόπτης Hager SBN463
- Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων (NYY (J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S), πέντε πόλων για τις γραμμές B1 έως B3 διατομής $S=2,5 \text{ mm}^2$ μήκος 15 μέτρα.
- Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων (NYY (J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S), πέντε πόλων για την γραμμή B4, διατομής $S=25 \text{ mm}^2$ μήκος 15 μέτρα.

Ακολουθούν παρακάτω τα υλικά του Πίνακα Διανομής Β μαζί με την κοστολόγησή τους για τον λιμένα του Αγίου Νικολάου :

Πίνακας Διανομής Β / Λιμένας Αγίου Νικολάου			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN390 3P 100A	1	23,79 €	23,79 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC390	1	94,89 €	94,89 €
Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDC684H	1	226,52 €	226,52 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN320 B 6KA 3X20A	3	16,11 €	48,33 €
Ραγοδιακόπτης Hager SBN432 4P 32A	3	13,48 €	23,79 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN363 3X63 A	1	43,91 €	43,91 €
Ραγοδιακόπτης Hager SBN463	1	36,96 €	36,96 €
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό Κόστος Υλικών Πίνακα			575,85 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο J1VV-U (NYY5G2. 5) 5X2,5mm ²	15 μέτρα / m	2,39 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY5G2. 5) 5X2,5mm ²	15 μέτρα / m	2,39 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY5G2. 5) 5X2,5mm ²	15 μέτρα / m	2,39 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο NYY J1VV-R 5X25mm ²	15 μέτρα / m	19,52 ανά μέτρο	292,8 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων	400 €		

13.3 Υλικά Πίνακα Λιμένα Τριζονίων

13.3.1 Πίνακας Διανομής Α : 12 Φορτιστές AC 3,6 kW

Όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς της μελέτης για τον πίνακα Α του λιμένα των Τριζονίων απαιτούνται τα παρακάτω ηλεκτρολογικά υλικά :

- Γενικός Διακόπτης Τριπολικός 3P, 3X80 A
- Γενική Ασφάλεια Πίνακα 3P, 3X80 A
- Διακόπτης Διαρροής Ρεύματος 4P, 4X80 A
- Αυτόματη Ασφάλεια για την προστασία κάθε γραμμής, 1X20 A
- Ραγοδιακόπτης για τον έλεγχο κάθε γραμμής του πίνακα, 2X32 A
- Καλώδιο Εξωτερικών Εγκαταστάσεων (NYY (J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S), τριών πόλων για κάθε γραμμή με διατομή S=4mm².

Ακολουθούν παρακάτω τα υλικά του Πίνακα Διανομής Α μαζί με την κοστολόγησή τους για τον λιμένα των Τριζονίων :

Πίνακας Διανομής Α / Λιμένας Τριζονίων			
Υλικά Ράγας	Πλήθος	Τιμή ανά τεμάχιο	Σύνολο σε ευρώ
Γενικός Ραγοδιακόπτης Hager SBN380 3P 80A	1	30,12 €	30,12 €
Γενική Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager HMC380 3X80 A	1	129,41 €	129,41 €
Ρελέ Διαρροής Ρεύματος (RCD) Hager CDC680H 4X80 A	1	188,71 €	188,71 €
Μικροαυτόματη Ασφάλεια Hager MBN120 B 6KA 1X20A	12	3,91 €	46,92 €
Ραγοδιακόπτης Hager SBN232 2P 32A	12	7,93 €	95,16 €
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Hager Volta	1	77,66 €	77,66 €
Συνολικό κόστος Πίνακα			567,98 €

Κόστος Καλωδίων			
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Καλώδιο J1VV-U (NYY3G4) 3Χ4mm ²	15 μέτρα / m	2,38 ανά μέτρο	35,7 €
Συνολικό Κόστος Καλωδίων	428,40 €		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. International Energy Agency : <https://www.iea.org/>
2. The Global EV Outlook 2022 : [Global EV Outlook 2022 – Analysis - IEA](#)
3. Global EV Data Explorer : <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>
4. New registrations of electric vehicles in Europe : <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
5. Alternative fuels in Europe : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/>
6. European Alternative Fuels Observatory _Greece : <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/greece>
7. Electric vehicles in Europe / EEA Report | No 20/2016 : <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>
8. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report - EEA Report No 13/2018 : <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>
9. Transport and environment report 2021Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand : <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021>
10. Reducing greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles in Europe : <https://www.eea.europa.eu/publications/co2-emissions-of-new-heavy>
11. Electric Vehicle (EV) : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle
12. Fuel cell Vehicle : https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell_vehicle
13. U. S Department of Energy : <https://www.energy.gov/>
14. Alternative Fuels Data Center : <https://afdc.energy.gov/fuels/electricity.html>
15. <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
16. https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html
17. https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_stations.html
18. <https://www.fueleconomy.gov/feg/fuelcell.shtml>
19. <http://www.sarrisg.gr/n/index.php>
20. Νόμος 4710, ΦΕΚ 142Α 23. 07. 2020 : <<Πρωώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις>> http://www.sarrisg.gr/n/userfiles/downloads/2020/FEK_142A_23072020_nomos4710_HLEKTROKINISH.pdf
21. ΦΕΚ με αριθ. 2040 Β, της 04. 06. 2019, ΚΥΑ 42863/438 : http://www.sarrisg.gr/n/userfiles/downloads/2019/FEK_2040B_04_06_2019_theseis_fortisis.pdf

22. ΦΕΚ με αριθ. 50 Β της 15. 01. 2015 : <http://www.sarrisg.gr/n/userfiles/downloads/2015/FEK%2050B%202015%20stathmoi%20fortisis.pdf>
23. Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) : <https://www.deddie.gr/>
24. Ο ρόλος του ΔΕΔΔΗΕ στο ρυθμιστικό πλαίσιο των ηλεκτρικών οχημάτων, ΔΕΔΔΗΕ, Σεπτέμβριος 2014 : <https://deddie.gr/Documents2/parousiasi/%CE%B7%CE%BB%20%CE%BF%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C.pdf>
25. Σύνδεση Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων στο Δίκτυο : <https://deddie.gr/media/9820/e%CF%81%CF%89%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7.pdf>
26. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ 3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ -ΔΕΔΔΗΕ : <https://ecopress.gr/wp-content/uploads/%CE%94%CE%94-%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%98%CE%9C%CE%9F%CE%99-%CE%A6%CE%9F%CE%A1%CE%A4%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%A5-3-%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D-%CE%9F%CE%A7%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%A9%CE%9D.pdf>
27. Ενημερωτικό Σημείωμα για την Εγκατάσταση Μετρητικής Διάταξης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων στην Εσωτερική Εγκατάσταση Καταναλωτή -ΔΕΔΔΗΕ : <https://deddie.gr/media/18089/enimerotiko-simeiotoma-egkatastasi-metritikis-diataxis-new-format.pdf>
28. Εγκατάσταση Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων ΔΕΔΔΗΕ : <https://deddie.gr/el/upiresies/sundesime-to-diktuo/egkatastasi-ypodomon-epanafortisis-ilektrokiniton-oximaton/>
29. Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) : <https://www.admie.gr/>
30. Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς : <https://www.admie.gr/systema/perigrافي/hartis-grammon>
31. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle
32. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
33. https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_International
34. https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
35. <https://www.sae.org/standards>
36. https://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/
37. https://www.sae.org/standards/content/j2954_202208/
38. Πρότυπο IEC 62196 : https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196
39. <https://webstore.iec.ch/publication/59922>

40. Πρότυπο IEC 61851 : https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61851
41. <https://webstore.iec.ch/publication/33644>
42. Πρότυπο CHademo : <https://www.chademo.com/>
43. Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 : <http://1epal-serron.ser.sch.gr/yliko/elothd384.pdf>
44. Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 60364 : <https://www.tisoft.com/el/support/help/electricaldesign/standards/elot-60364>
45. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ – ΕΛ. ΙΝ. Η. Ο. / Τα Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα και ο ανεφοδιασμός τους με Ηλεκτρική Ενέργεια, ΕΛ. ΙΝ. Η. Ο. , Διονύσιος Νέγκας Πρόεδρος ΕΛ. ΙΝ. Η. Ο. , Σεπτέμβριος 2011 : <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2017/11/%CE%91%CE%BD%CE%B5%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-EV.pdf>
46. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ «Τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/49680/%CE%A4%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%8D%CE%BB%CE%B7%CF%82%20-%20%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%A4%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C.pdf?sequence=1>
47. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ «Ανάλυση μοντέλου ενεργειακής διαχείρισης στόλου ηλεκτρικών οχημάτων σύμφωνα με την ελαστικότητα που προσφέρουν οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων» Πάσχου Δροσιάς
48. ANALYSIS OF BATTERIES FOR ELECTRIC VEHICLES AND THEIR CALCULATIONS : [\(PDF\) ANALYSIS OF BATTERIES FOR ELECTRIC VEHICLES AND THEIR CALCULATIONS \(researchgate.net\)](#)
49. Dr. K. V. Vidyanandan, Senior Member, IEEE. Batteries for Electric Vehicles : [\(PDF\) Batteries for Electric Vehicles \(researchgate.net\)](#)
50. Kwo Young, Caisheng Wang, Le Yi Wang, and Kai Strunz. Electric Vehicle Battery Technologies Chapter 2 : https://www.researchgate.net/publication/284840581_Electric_Vehicle_Battery_Technologies.
51. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review: [Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review - ScienceDirect](#).
52. Battery electric vehicles and fuel cell electric vehicles, an analysis of alternative powertrains as a mean to decarbonise the transport sector : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138822006749>.
53. Electric vehicle battery : [Electric vehicle battery - Wikipedia](#)
54. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: “Διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών κινήτρων και άλλων παραγόντων των χρηστών στην αποδοχή των χρηστών “ Μπόη Γεωργία : [Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: Διερεύνηση της επιρροής των οικονομικών κινήτρων και άλλων παραγόντων στην αποδοχή των χρηστών \(uniwa.gr\)](#).

55. «Επισκόπηση των τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης» Δρ. Γιώργος Αγερίδης Μηχανολόγος Μηχανικός : <https://www.iene.eu/articlefiles/ageridis.pdf>.
56. Τρέχουσες Τεχνολογίες Ηλεκτρικών Οχημάτων και Θεσμικό Πλαίσιο στην Ελλάδα» Δρ Γιώργος Αγερίδης : http://www.sealab.gr/download/attachments/15566620/09_elinio_ageridis.pdf?version=1&modificationDate=1426213927000.
57. Βουρνάς Κ. & Κονταξής Γ. (2010). Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αθήνα: ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ
58. Σημειώσεις Μαθήματος « Οικονομικός Σχεδιασμός και Λειτουργία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας » ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών : https://eclass.uniwa.gr/modules/contact/index.php?course_id=3843
59. Σημειώσεις μαθήματος «Αποθήκευση Ενέργειας», Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών : <https://eclass.uniwa.gr/courses/EEE271/>
60. ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ, Διονύσιος Νέγκας, Ημερίδα ΙΔΕΕΑ, 16 Νοεμβρίου 2017: <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2017/11/%CE%97%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B1-%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9-%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%89%CE%BD-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%89%CE%BD.pdf>
61. Εργαστήριο Ανανεώσιμων πηγών Ι, Τμήμα Ηλεκτρολόγων, Σχολή Μηχανικών ΠΑΔΑ /Άσκηση 8 «Χαρακτηριστική καμπύλη I-V Κυψέλης Καυσίμου και προσομοίωση στο MATLAB -Simulink.
62. «Multi-objective energy management strategy for fuel cell hybrid electric vehicle based on stochastic model predictive control » : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019057822002075>
63. Μεταπτυχιακή εργασία Ευφροσύνη Ζώτου Διπλ/χος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών «ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ» : https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/43746/EV-Final_%20.pdf?sequence=2
64. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΒΕΛΙΤΣΙΚΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΠΑΡΟΣ – ΤΣΑΦΟΣ ΔΗΜΗΣΡΙΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΛΕΞΙΑΔΗΣ ΜΗΝΑΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ Α. Ρ. Θ. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΣΕΡΠΕΜΒΙΟΣ 2010 V2G: Τα ηλεκτρικά οχήματα στην αγορά ενέργειας : https://ikee.lib.auth.gr/record/290719/files/V2G_%CE%92%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%A4%CE%A3%CE%99%CE%9A%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3_%CE%9A%CE%91%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A3.pdf?version=1
65. <https://www.hager.gr/>
66. <https://www.hager.gr/e/77169.htm>