



ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ»

“MASTER OF SCIENCE IN DESIGN AND MANUFACTURING OF SPORTS
VEHICLE SYSTEMS”

«Ανάλυση συστημάτων κινητήρα ηλεκτρικών οχημάτων, ανάλυση κόστους χρήσης συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και τεχνοοικονομική σύγκριση με συμβατικά οχήματα.»

Διπλωματική Εργασία

Που υποβλήθηκε στο Γενικό Τμήμα του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Σχεδίαση και Κατασκευή Συστημάτων Αγωνιστικών Οχημάτων

ΗΛΙΑΣ ΡΟΥΣΣΕΤΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Α. Φατσής

ΨΑΧΝΑ 2025

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γενικό Τμήμα

Ηλίας Ρουσσέτης

© 2025 – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

- Το σύνολο της εργασίας και πιο συγκεκριμένα της ανάλυση κόστους χρήσης συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και της τεχνοοικονομικής σύγκρισης με συμβατικά οχήματα αποτελεί πρωτότυπο έργο, παραχθέν από τον Ηλία Ρουσσέτη και δεν παραβιάζει δικαιώματα τρίτων καθ' οιονδήποτε τρόπο.
- Υλικό που περιέχεται στην εργασία, το οποίο δεν έχει παραχθεί από τον ίδιο, είναι ευδιάκριτο και αναφέρεται ρητώς εντός του κειμένου της εργασίας ως προϊόν εργασίας τρίτου, σημειώνοντας με παρομοίως σαφή τρόπο τα στοιχεία ταυτοποίησης του, ενώ παράλληλα βεβαιώνεται πως στην περίπτωση χρήσης αυτούσιων γραφικών αναπαραστάσεων, εικόνων, γραφημάτων, κλπ, ο συγγραφέας έχει λάβει τη χωρίς περιορισμούς άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων για τη συμπερίληψη και επακόλουθη δημοσίευση του υλικού αυτού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο Γενικό Τμήμα κατά τα έτη 2023 -2024.

Η ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την πολύτιμη υποστήριξη του καθηγητή μου, Καθηγητή του Γενικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α., κ. Αντωνίου Φατσή. Του εκφράζω ένα βαθύ ευχαριστώ για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καλό μου φίλο και συμφοιτητή Χρήστο Γερακούδη για την άριστη συνεργασία που είχαμε, τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσε, την προθυμία και την βοήθεια του, για την συνεχή συμπαράσταση και την όμορφη επικοινωνία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μας σπουδών.

Τέλος, να ευχαριστήσω πολύ τους γονείς και τα αδέρφια μου, οι οποίοι πάντα με στήριζαν και με προέτρεπαν και στους οποίους οφείλω τις σπουδές μου και φυσικά τον αξιαγάπητο υιό μου, ο οποίος στερήθηκε πολύτιμες στιγμές από εμένα και για τον οποίο επιθυμώ να γίνομαι πάντα καλύτερος και να αποτελώ παράδειγμα προς μίμηση.

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2025

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	6
1.1 Σκοπός & Στόχοι	6
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	7
1.3 Συμπεράσματα	8
Κεφάλαιο 2 – Ιστορική Αναδρομή	10
2.1 Σύνοψη ανασκόπησης	10
2.2 Τα πρώτα βήματα τον 19 ^ο αιώνα	10
2.3 Πρόσφατα χρόνια	11
Κεφάλαιο 3 – Τα πρότυπα Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure	13
Κεφάλαιο 4 –Συσσωρευτές (Μπαταρίες)	15
4.1 Σημάνσεις μπαταριών	15
4.2 Μπαταρία Μολύβδου – Ασβεστίου	17
4.3 Μπαταρία μολύβδου - οξέος ονομάζεται Enhanced Flooded Battery (EFB)	18
4.4 Μπαταρία AGM	18
4.5 Μπαταρία Ιόντων Λιθίου	21
4.5.1 Μπαταρία Ιόντων -Λιθίου, Δομή και Λειτουργία	23
4.6 Μπαταρία με 2 μονάδες στοιχείων	25
4.6.1 Μονή μονάδα στοιχείων	27
4.7 Η μπαταρία υψηλής τάσης SP09	32
4.8 Σύστημα Ψύξης	39
4.9 Διάγραμμα συνδεσμολογίας	45
4.9.1 Σύνδεση υψηλής τάσης	45
4.9.2 Χαλασμένες μπαταρίες υψηλής τάσης	46
4.9.3 Ανακύκλωση μπαταριών υψηλής τάσης	47
Κεφάλαιο 5 – Φόρτιση	50
5.1 Μονοφασική λειτουργία φόρτισης	54
5.2 Τριφασική λειτουργία φόρτισης	54
5.3 Λειτουργία φόρτισης DC έως 50kw	55
5.4 Κατάσταση φόρτισης	58
5.5 Τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης	61
5.6 Συνδέσεις χαμηλής τάσης	62
5.7 Συνδέσεις υψηλής τάσης	62

5.8 Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 3,7 kW AC.....	67
5.9 Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 11 kW AC.....	68
5.10 Η φόρτιση CHAdeMO	69
Κεφάλαιο 6 –Ηλεκτροκινητήρας.....	73
6.1 Δομή ηλεκτροκινητήρα	75
6.1.1 Τεχνολογία πέμπτης γενιάς	80
6.2 Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα	91
6.3 Συνδέσεις Χαμηλής Τάσης	93
6.4 Συνδέσεις Υψηλής Τάσης.....	96
Κεφάλαιο 7 – Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού	103
Κεφάλαιο 8 - Η ηχητική προστασία πεζών	107
8.1 Γενιές Συστήματος Ηχητικής προστασίας Πεζών (Vehicle Sound Generator).....	107
Κεφάλαιο 9 – Οικονομοτεχνική Μελέτη.....	109
9.1 Εισαγωγή.....	109
9.2 Ισχύς & Κατανάλωση.....	111
9.3 Κόστος χρήσης και συντήρησης.....	111
Βιβλιογραφία	120

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Σκοπός & Στόχοι

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ασχολείται με την ανάλυση των συστημάτων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και θα εκπονηθεί οικονομοτεχνική μελέτη για την ανάλυση του κόστους χρήσης και συντήρησης αυτών.

Σκοπός είναι η κατανόηση των συστημάτων των σύγχρονων ηλεκτρικών αυτοκινήτων από τους αναγνώστες αυτές της εργασίας με λεπτομέρειες και η μελέτη αυτών έτσι ώστε να κατανοήσουμε και να συμπεράνουμε κατά πόσο είναι συμφέρουσα η χρήση και η συντήρηση ενός τέτοιου οχήματος σε σχέση με τα «συμβατικά» οχήματα που γνωρίζαμε μέχρι σήμερα.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πλέον είναι συνώνυμα με τη βιώσιμη κινητικότητα, αντιπροσωπεύουν την άνεση και την απόλαυση και μέσω αυτών απολαμβάνεις, λόγω της φύσης των ηλεκτρικών κινητήρων, άμεσα διαθέσιμη ροπή, καθόλου κραδασμούς και αθόρυβο εσωτερικό στο όχημα.

Τα τελευταία χρόνια πολλές εταιρείες εξελίσσουν ηλεκτρικούς κινητήρες, τους οποίους τοποθετούν στα οχήματα τους. Όσο περνάν τα χρόνια αυξάνεται η απόδοση αυτών, η αυτονομία τους και γενικά τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα γίνονται όλο και καλύτερα με αποτέλεσμα η σύγκριση με αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικές καύσης να είναι αναπόφευκτη.

Στην παρούσα εργασία έχουμε ως στόχο, εκτός της κατανόησης μέσω ανάλυσης των συστημάτων ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος, να επιτύχουμε μία αναλυτική σύγκριση αυτών και εκ του αποτελέσματος της μελέτης να κρίνουμε κατά πόσο είναι συμφέρον ή και όχι, η χρήση ενός αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε σχέση με ενός με κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Έγινε μακροπρόθεσμη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων για την μέτρηση κατανάλωσης ενέργειας, με σκοπό την καλύτερη εξαγωγή συμπερασμάτων. Κατά την χρήση αυτή καταγράφηκαν εκτός της κατανάλωσης ενέργειας και τα κόστη για την συντήρηση και όχι μόνο ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

1. **Εισαγωγή.**

Παρουσιάζεται συνοπτικά η γενική ιδέα της εργασίας και τα τμήματα που την αποτελούν συμπεριλαμβανομένων των στόχων της εργασίας, της διάρθρωσης της και των τελικών συμπερασμάτων.

2. **Ιστορική Αναδρομή.**

Παρουσιάζεται η εξέλιξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ιστορικά, από την αρχική ιδέα μέχρι και σήμερα.

3. **Τα πρότυπα Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure.**

Παρουσιάζονται τα πρότυπα και οι μέθοδοι μέτρησης εκπομπής καυσαερίων των πιο πρόσφατων προδιαγραφών Euro 6c.

4. **Συσσωρευτές (Μπαταρίες).**

Παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι μπαταριών με τα χαρακτηριστικά τους.

5. **Φόρτιση.**

Παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τρόποι φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και τα χαρακτηριστικά τους.

6. **Ηλεκτροκινητήρας.**

Παρουσιάζεται ο κινητήρας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με τα αναλυτικά χαρακτηριστικά του και οι διαφορετικού τύποι συνδέσεων.

7. **Ο ηλεκτρικός συμπίεσής κλιματιστικού.**

Παρουσιάζεται αναλυτικά ο ηλεκτρικό συμπίεσής του κλιματιστικού ο οποίος διαφέρει από τον μηχανικό των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης.

8. **Η ηχητική προστασία πεζών.**

Παρουσιάζεται το σύστημα προστασίας για τους πεζούς εξαιτίας της σχεδόν αθόρυβης λειτουργίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

9. **Οικονομοτεχνική Μελέτη.**

Σύγκριση σε βάθος τετραετίας του κόστους χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων με βενζινοκίνητα νέας και παλιάς τεχνολογίας, πετρελαιοκίνητα και υβριδικά αυτοκίνητα.

1.3 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα βγαίνουν από την εκπόνηση της οικονομοτεχνικής μελέτης. Υπολογίσαμε κόστος κτήσης οχήματος και χρήσης για 4 έτη. Επίσης, στη σύγκριση συμπεριλήφθηκε όχημα παλαιάς τεχνολογίας, το οποίο όμως είναι και καταλυτικό και άμεσου ψεκασμού για να μη διαφέρει από τα σημερινά οχήματα, παρά μόνο στο μηχανολογικό τμήμα εξέλιξης, ίδια τεχνολογία δηλαδή αλλά παλαιότερης έκδοσης.

Τα προς σύγκριση οχήματα ανήκουν σχετικά στην ίδια κατηγορία, οικογενειακά οχήματα, αλλά απευθύνονται σε διαφορετικό αγοραστικό κοινό. Τα τέλη κυκλοφορίας είναι μηδενικά για τα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα λόγω του μειωμένου CO₂ βάσει των τωρινών δεδομένων και απαιτήσεων του ελληνικού κράτους. Στο κόστος ασφάλισης συμπεριλαμβάνεται ετήσια προσαύξηση ποσοστού 2%. Η κρατική επιδότηση 30% σύμφωνα με το πρόγραμμα «κινούμε ηλεκτρικά 2» αντιστοιχεί σε 3348€ για την ηλεκτρική BMW ix1 eDrive20 BEV. Συμπεριλαμβάνεται μια αντικατάσταση εμπρόσθιων φρένων σε αυτό το διάστημα, η οποία είναι υπολογίσιμου κόστους και βάσει των 15.000χλμ που θέσαμε ως βάση, είναι δεδομένη ότι θα πραγματοποιηθεί. Το συνολικό κόστος κατανάλωσης καυσίμου βρίσκει στην οικονομικότερη θέση μεταξύ των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης το πετρελαιοκίνητο Peugeot 3008 1.5 Blue HDi και δεύτερο το ήπια υβριδικό Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid. Για τα άλλα δύο βενζινοκίνητα οχήματα το κόστος ανεβαίνει αισθητά και σχεδόν διπλασιάζεται. Στο συνολικό κόστος χρήσης, στην πρώτη θέση και με πολύ μεγάλη διαφορά, είναι η αμιγώς ηλεκτρική BMW ix1 eDrive20 BEV, η οποία είναι και η οικονομικότερη στο κόστος κατανάλωσης ενέργειας όπως ήταν αναμενόμενο, ακόμα και εάν υπολογίσουμε ότι η φόρτιση του πραγματοποιείται αποκλειστικά σε ΣΕΑ A/C πάλι αποτελεί την οικονομικότερη επιλογή.

Συνεπώς, όσον αφορά την επιλογή, αποκλειστικά με γνώμονα το κόστος χρήσης, η πρώτη επιλογή είναι καθαρά για την ηλεκτρική BMW ix1 eDrive20 BEV. Από την οικονομοτεχνική μελέτη αλλά και κάνοντας έρευνα στο διαδίκτυο, αντιλαμβανόμαστε ότι οι καταναλώσεις των ηλεκτρικών οχημάτων πλεονεκτούν αισθητά έναντι των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης, έστω κι αν αυτοί είναι ήπια υβριδικοί. Η μελέτη αφορά τα τέσσερα πρώτα χρόνια κυκλοφορίας, αποκλειστικά καινούριων οχημάτων, με εξαίρεση την παλαιότερης τεχνολογίας BMW 3.16i, η οποία όπως προαναφέραμε συμπεριλήφθηκε απλά ως μέτρο σύγκρισης με τα παλιότερα έτη παρόμοιας τεχνολογίας όμως. Υπάρχει πιθανότητα η μελέτη σε βάθος χρόνου να αλλάξει τα παραπάνω δεδομένα και να δώσει διαφορετικά αποτελέσματα, αφού ο χρόνος θα βγάλει στην επιφάνεια επιπλέον κόστη που αφορούν τόσο τις βλάβες λόγω παλαιότητας, κυρίως για την αμιγώς ηλεκτρική BMW που πιθανόν να χρειαστεί αντικατάσταση μπαταριών των οποίων το κόστος είναι υπέρογκο με τα σημερινά δεδομένα. Επίσης, θα αποτελέσουν παρελθόν συνθήκες όπως η εργοστασιακή εγγύηση καλής λειτουργίας και το δωρεάν service inclusive που υπάρχει κυρίως από την BMW.

Η προσωπική μου επιλογή βάσει των αποτελεσμάτων είναι προφανώς η αμιγώς ηλεκτρική BMW. Το συνολικό κόστος είναι αισθητά μικρότερο, οι απαραίτητες εγκαταστάσεις για φορτίσεις σε όλο τον ελλαδικό χώρο και όχι μόνο, έχουν γίνει και πλέον μπορείς να ταξιδέψεις παντού. Ειδικότερα για επαγγελματίες ή κρατικές υπηρεσίες όπως ο Δήμος που εργάζομαι, αποτελούν την ιδανικότερη λύση για ηλεκτρικά οχήματα τα οποία κινούνται κυρίως εντός πόλεων, διανύοντας καθημερινά χιλιόμετρα λιγότερα της μέγιστης αυτονομίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Από την άλλη, για μια οικογένεια η οποία δεν αλλάζει τακτικά αυτοκίνητο, ίσως να ήταν καλύτερη η επιλογή του ήπια υβριδικού μοντέλου οχήματος. Δεδομένου ότι υπάρχει η υποβοήθηση της κίνησης ηλεκτρικά και εξοικονομεί αρκετό καύσιμο, δεδομένου ότι δεν έχουμε αντιμετωπίσει ακόμη προβλήματα στα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα, έτσι ώστε να γνωρίζουμε μελλοντικές παθογένειες τους και δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αρκετά εξειδικευμένα συνεργεία ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ίσως να ήταν αυτή η ιδανικότερη επιλογή.

Κεφάλαιο 2 – Ιστορική Αναδρομή

2.1 Σύντομη ανασκόπηση.

Η ιδέα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων γεννήθηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα πολύ πριν τους κινητήρες εσωτερικής καύσης που κυριαρχούν ακόμη και σήμερα. Οι εφευρέτες της εποχής κατάφεραν να φτιάξουν πρωτότυπα αυτοκινούμενα οχήματα που έμοιαζαν με τις γνωστές άμαξες της εποχής με χρήση ηλεκτρικών κινητήρων. Μπαίνοντας στον 20^ο αιώνα η διάδοση τους έγινε σχετικά γρήγορα, καθώς τα οχήματα αυτά κέρδιζαν δημοτικότητα και οι συνθήκες της εποχής εκείνης τα καθιστούσαν ιδανικά για μετακινήσεις. Ήταν εύχρηστα και καθαρά αφού δεν υπήρχε ανάγκη ζώου για την μετακίνησή τους. Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα όμως και φτάνοντας περίπου στα μισά του η τεχνολογία των κινητήρων εσωτερικής καύσης εξελίχθηκε, η αυτονομία τους υπερίσχυσε της αυτονομίας των ηλεκτρικών κινητήρων, η ανάγκη για μετακινήσεις αυξήθηκε και μαζί με αυτή και το οδικό δίκτυο και η ευκολία ανεφοδιασμού τους σε συνδυασμό με τα τότε φαινομενικά ανεξάντλητα ορυκτά καύσιμα οδήγησε τα οχήματα ηλεκτρικών κινητήρων σε μία ταχύτατη φθίνουσα πορεία.

2.2 Τα πρώτα βήματα τον 19^ο αιώνα.

Η εφεύρεση των πρώτων ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανήκει σε πολλούς επιστήμονες και εφευρέτες των αρχών του 1800. Την αρχή έκανε ο Ούγγρος Άνγος Jedlik το 1828, όταν κατάφερε να κατασκευάσει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με την εφεύρεση ενός πρώιμου ηλεκτροκινητήρα. Λίγα χρόνια αργότερα μεταξύ του 1832 και του 1839, ο Robert Anderson από την Σκωτία κατάφερε να κατασκευάσει ηλεκτροκίνητη άμαξα, που λειτουργούσε με μπαταρίες αλλά αυτές δεν μπορούσαν να επαναφορτιστούν. Το 1834, ο Αμερικάνος Thomas Davenport σιδηρουργός στο επάγγελμα, κατασκεύασε κάτι παρόμοιο η οποία όμως κινούνταν σε μια κλειστή κυκλική γραμμή που ηλεκτροδοτούνταν. Το επόμενο έτος 1835, ο Ολλανδός καθηγητής Sibrandus Stratingh μαζί με τον Γερμανό βοηθό του Christopher Becker κατασκεύασαν και αυτοί ένα μικρό ηλεκτρικό αυτοκίνητο που λειτουργούσε με μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.

Σχεδόν μισό αιώνα μετά στα τέλη του 1881, ο Γάλλος Gustave Trouné παρουσίασε επίσης ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Διεθνή Έκθεση Ηλεκτρισμού στο Παρίσι. Ο Thomas Parker το 1884 κατασκεύασε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Αγγλία, το οποίο χρησιμοποιούσε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες δικού του σχεδίου. Ο Γερμανός εφευρέτης Andreas Flocken το 1888, σχεδίασε το Flocken Electro Wagen το οποίο ίσως και να μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα, υπήρχαν περίπου 30.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα και με την άνεση και την ευκολία στη χρήση που προσέφεραν σε σχέση με τα τότε αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικής καύσης ήταν δημοφιλέστερα από τα αυτοκίνητα με θερμικούς κινητήρες.



Εικόνα 1: Πρότυπο ηλεκτρικό αυτοκίνητο από τον Thomas Parker

Πηγή: <https://www.electricvehiclesnews.com>

Το 1897, στις Η.Π.Α. και στην Αγγλία τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα χρησιμοποιούνταν κυρίως ως ταξί. Τα «Walter Bersey's electric cabs» ήταν τα πρώτα αυτοκινούμενα οχήματα στο Λονδίνο και με τον καιρό αντικαθιστούσαν τα ιππήλατα ταξί. Στην Νέα Υόρκη γίνονταν το ίδιο. Η εταιρία Electric Storage Battery Company of Philadelphia χρηματοδότησε το ερευνητικό πρόγραμμα Electrobat II με 13 ηλεκτρικά ταξί τύπου άμαξας. Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα οι Anderson, Anthony Electric, Bailey Electric, Baker, Columbia, Detroit Electric, Edison και άλλοι ήταν οι κυριότεροι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Όπως προανέφερα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήταν αθόρυβα και δεν χρειάζοντουσαν αλλαγές ταχυτήτων σε σχέση με αυτά με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η εξέλιξη όμως των κινητήρων εσωτερικής καύσης τον 20^ο αιώνα με τους πιο γρήγορους χρόνους ανεφοδιασμού σε σχέση με τη φόρτιση των μπαταριών και το χαμηλότερο κόστος παραγωγής τους, άρχισαν να τα κάνουν πιο δημοφιλή.

Το ρεκόρ ταχύτητας το κατείχαν έξι ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Το La Jamais Contente ήταν ένα από αυτά τα έξι, είχε μπροστινό μέρος σε σχήμα πυραύλου και τον Απρίλιο του 1899 με οδηγό τον Βέλγο Camille Jenatzy, έσπασε για πρώτη φορά το φράγμα των 100 km/h, φτάνοντας την ταχύτητα των 105,88 km/h.

2.3 Πρόσφατα χρόνια.

Η μόλυνση του περιβάλλοντος και κυρίως της ατμόσφαιρας στις αρχές της δεκαετίας του 1990 υποχρέωσε τους περιβαλλοντικούς οργανισμούς και τις αυτοκινητοβιομηχανίες να κατασκευάσουν οχήματα με μηδενικούς ρύπους. Η ανάπτυξη ηλεκτρικών μοντέλων συμπεριλαμβανομένων των Chrysler TEVan, Ford Ranger EV pickup truck, GM EV1, S10 EV pickup, Honda EV Plus hatchback, Nissan Altra EV miniwagon και Toyota RAV4 EV ήταν η απάντηση των κατασκευαστών.

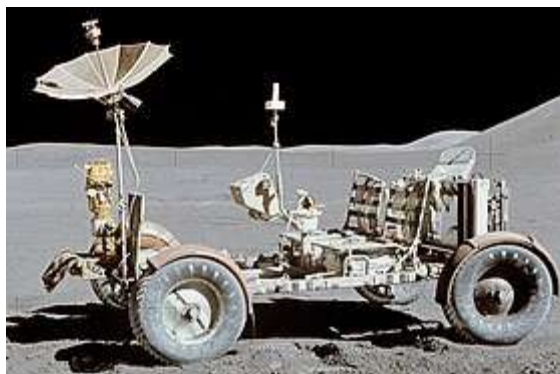


Εικόνα 2: Το General Motors EV1
Πηγή: <https://www.flickr.com/photos>

Λίγο αργότερα ιδρύθηκε η γνωστή πλέον σε όλους Tesla Motors η οποία ξεκίνησε να εργάζεται σε ένα ηλεκτρικό πρωτότυπο μοντέλο που χρησιμοποιούσε μπαταρίες ιόντων λιθίου και είχε αυτονομία 320 χιλιομέτρων ανά φόρτιση με τις πρώτες παραδόσεις να γίνονται το 2008 με ονομασία Tesla Roadster.

Μέχρι το 2018 οι πωλήσεις της ανωτέρω εταιρίας είχαν ξεπεράσει τις 360.000 αυτοκίνητα με το μοντέλο Tesla Model 3 ενώ ένα χρόνο πριν το 2018 η συνεργασία των Nissan Mitsubishi & Renault είχαν ξεπεράσει το μισό εκατομμύριο πωλήσεις.

Χώρες όπως η Νορβηγία, η Δανία, η Κίνα, η Ινδία, η Γερμανία, η Γαλλία και η Μεγάλη Βρετανία έχουν θέσει στόχους να σταματήσουν τις πωλήσεις αυτοκινήτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης μέχρι το 2025, 2030, 2030, 2030, 2040, 2040 και 2040-2050 αντίστοιχα.



Εικόνα 3: Το Λούναρ Ρόβερ της NASA στη Σελήνη, κινούνταν με μπαταρίες.
Πηγή: <https://www.nasa.gov>

Κεφάλαιο 3 – Τα πρότυπα Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure

Με την καθιέρωση των προδιαγραφών εκπομπής καυσαερίων EURO 6c, οι εκπομπές καυσαερίων και η κατανάλωση καυσίμου για τα επιβατικά οχήματα με βενζινοκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα θα προσδιορίζονται με μια νέα μέθοδο δοκιμής. Η νέα μέθοδος δοκιμής WLTP (**W**orldwide **H**armonized **L**ight - **D**uty **V**ehicles **T**est **P**rocedure) εκδόθηκε από τον νομοθέτη για καλύτερη προστασία των καταναλωτών. Η νέα μέθοδος δοκιμής σκοπό έχει να διασφαλίζει ότι οι αναφερόμενες τιμές CO₂ είναι διαφανείς και ρεαλιστικότερες σε σχέση με έως τώρα: Θα είναι σαφώς πιο κοντά στις ρεαλιστικές τιμές κατανάλωσης.

Η νέα μέθοδος δοκιμής WLTP προβλέπεται από τη νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και σε ορισμένες άλλες χώρες, όπως είναι η Ινδία και η Ιαπωνία:

- 1) Από τον Σεπτέμβριο του 2017: Για όλες τις νέες εγκρίσεις τύπου
- 2) Από τον Σεπτέμβριο του 2018: Για όλα τα οχήματα.

Ο κύκλος οδήγησης καθαυτός λαμβάνει τα αρχικά WLTC (Worldwide Harmonized Light - Duty Vehicles Test Cycle). Σε αντίθεση με τον NEFZ, ο WLTC είναι σαφώς πιο δυναμικός, καθώς περιλαμβάνει πολύ περισσότερες διαδικασίες επιτάχυνσης και φρεναρίσματος σε σχέση με τον προηγούμενο. Μια σύγκριση των σημαντικότερων παραμέτρων δοκιμής και των δύο μεθόδων μέτρησης θα βρείτε στον επόμενο πίνακα:

Θερμοκρασία εκκίνησης	20 – 30 °C	14 °C (δοκιμή χαμηλής θερμοκρασίας)
Διάρκεια κύκλου	20 λεπτά	30 λεπτά
Ποσοστό με το όχημα ακινητοποιημένο		
Μήκος κύκλου		
Ταχύτητα μέτρια		
Μέγιστη ταχύτητα		
Ισχύς μετάδοσης κίνησης μέτρια		

Μέγιστη ισχύς μετάδοσης κίνησης		
---------------------------------	--	--

Πίνακας 1: Πηγή: Inland Transport Committee (ITC) of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)

Εκτός από το προφίλ οδήγησης καθαυτό, με το WLTP ενιαιοποιήθηκε και η διαδικασία μέτρησης διεθνώς και προσαρμόστηκε στη σύγχρονη τεχνολογία των οχημάτων. Εδώ λαμβάνονται μετὰξὺ ἄλλων υπόψη οι εξής συνθήκες:

- 1) Διαδικασίες αλλαγής ταχυτήτων (σχέσεων)
- 2) Συνολικό βάρος οχήματος
- 3) Ποιότητα καυσίμου
- 4) Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- 5) Επιλογή ελαστικών
- 6) Πίεση ελαστικών.

Για πρώτη φορά λαμβάνεται εδώ υπόψη και η επίδραση προαιρετικών εξοπλισμών στο βάρος, στην αεροδυναμική και στις ανάγκες του ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος (ρεύμα ηρεμίας).

Επιπλέον, ο νομοθέτης προδιαγράφει ότι οι κατασκευαστές πρέπει να αναφέρουν μια μέγιστη τιμή ανά όχημα, τη λεγόμενη τιμή "Worst - Case". Αυτή η μέγιστη εφάπαξ τιμή προσδιορίζεται καθώς οι κατασκευαστές ελέγχουν ανά συνδυασμό κινητήρα και κιβωτίου ταχυτήτων το όχημα με πλήρη εξοπλισμό. Αυτό αντιστοιχεί στο ανώτατο όριο, το οποίο μπορεί να σημειώσει ένα μοντέλο στη μέθοδο δοκιμής.

Από τον Σεπτέμβριο του 2017 άρχισε η χρήση της νέας μεθόδου δοκιμής WLTP ως διαδικασία μέτρησης για όλες τις νέες εγκρίσεις τύπου. Από τον Σεπτέμβριο του 2018 είναι υποχρεωτική για όλα τα οχήματα. Σε αυτή τη μεταβατική περίοδο, ορισμένα οχήματα θα δοκιμάζονται σύμφωνα με τον NEFZ ενώ άλλα ήδη με τον WLTP. Η αναφορά των τιμών κατανάλωσης και CO₂ θα γίνεται σε αυτή τη φάση ωστόσο αποκλειστικά στη μορφή NEFZ. Ο νομοθέτης προδιαγράφει για αυτό το χρονικό διάστημα ότι σε οχήματα, τα οποία έχουν δοκιμαστεί ήδη σύμφωνα με τον WLTP, θα πραγματοποιείται αναγωγή στις τιμές NEFZ. Για αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκπόνησε μια διαδικασία συσχετισμού (διαδικασία αμοιβαιότητας), η οποία είναι δεσμευτική για όλους τους κατασκευαστές εξίσου.

Ο νομοθέτης έχει καθορίσει ότι από τον Σεπτέμβριο του 2018, για τις αγορές WLTP επιτρέπεται να παράγονται μόνο οχήματα με έγκριση τύπου WLTP. Το πότε θα αρχίσει η ανακοίνωση των τιμών WLTP, εξαρτάται από την εκάστοτε νομοθεσία της κάθε χώρας: Στη Γερμανία για παράδειγμα, η ανακοίνωση αρχίζει ήδη τον Σεπτέμβριο του 2018, στην Ολλανδία μόλις τον Ιανουάριο του 2019. Από αυτό το χρονικό σημείο και μετά θα αυξάνονται ξανά οι αναφερόμενες τιμές κατανάλωσης και CO₂ που ανακοινώνονται.

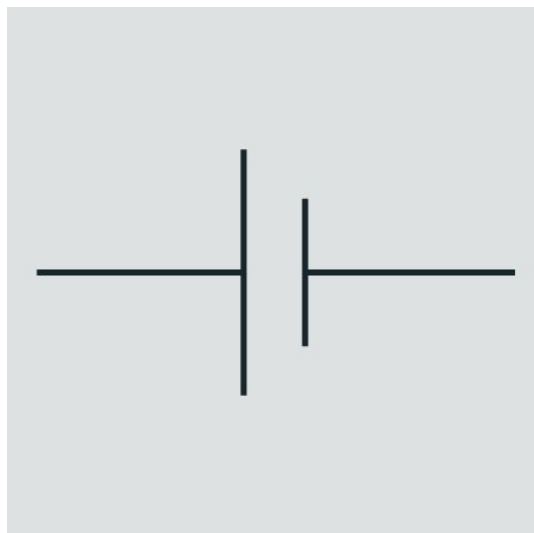
Κεφάλαιο 4 –Συσσωρευτές (Μπαταρίες)

Ένας συσσωρευτής είναι μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Η μπαταρία είναι ένας χημικός συσσωρευτής για την αποθήκευση της ενέργειας που παράγει ο εναλλακτήρας.

Η μπαταρία χρησιμοποιείται στα περισσότερα οχήματα ως μπαταρία εκκίνησης και χρησιμοποιείται κυρίως για την εκκίνηση των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Η μπαταρία εκκίνησης μπορεί να αποδώσει βραχυπρόθεσμα ρεύμα υψηλής έντασης.

Η μπαταρία πρέπει να μπορεί να τροφοδοτεί για περιορισμένο χρονικό διάστημα, και με σβηστό τον κινητήρα, σημαντικά εξαρτήματα του ηλεκτρικού κυκλώματος του οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια.

Επιπλέον η μπαταρία του οχήματος αντισταθμίζει αιχμές τάσης στην τάση ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος για τη διαφύλαξη ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.



Εικόνα 4: Συμβολισμός Μπαταρίας σε ηλεκτρολογικό σχέδιο
Πηγή: Bosch GmbH

Η μπαταρία του οχήματος αποτελείται από πολλά στοιχεία που είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Τα στοιχεία είναι οι ελάχιστες μονάδες σε μία μπαταρία. Τα στοιχεία αποτελούνται κυρίως από θετικά και αρνητικά ηλεκτρόδια, τους διαχωριστές και τα εξαρτήματα, που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση. Κάθε στοιχείο παρέχει τάση περίπου 2 V. Για την τάση των 12 V συνδέονται 6 στοιχεία σε σειρά.

4.1 Σημάνσεις μπαταριών

Οι στάνταρ μπαταρίες στα περισσότερα οχήματα αποτελούν μπαταρίες μολύβδου - ασβεστίου. Σε οχήματα με υψηλή κατανάλωση ρεύματος τοποθετούνται μπαταρίες AGM.

Οι τύποι των μπαταριών διακρίνονται με τις εξής σημάνσεις:

- 1) Ονομαστική τάση
- 2) Χωρητικότητα
- 3) Ρεύμα ελέγχου ψύχους.

Για παράδειγμα, οι παρακάτω αριθμοί:

12 V 70 Ah 760 A

12 V	70 Ah	760 A
Ονομαστική τάση	Ονομαστική χωρητικότητα	Ρεύμα ελέγχου ψύχους

Η ονομαστική τάση είναι το γινόμενο από την τυποποιημένη τάση στοιχείου των περίπου 2 V επί το πλήθος των υπαρχόντων στοιχείων.

Παράδειγμα: 6 στοιχεία με εκάστοτε 2 V τάση στοιχείου δίνουν μία ονομαστική τάση 12 V.

Η χωρητικότητα είναι η ποσότητα ηλεκτρισμού σε αμπερώρια. Αυτή η ποσότητα ηλεκτρισμού πρέπει να μπορεί να ληφθεί με ρεύμα εκφόρτισης σε 20 h έως την καθορισμένη τελική τάση εκφόρτισης των 10,5 V (σε $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Παράδειγμα: $70\text{ Ah}/20\text{ h} = 3,5\text{ A}$ ρεύμα εκφόρτισης.

Το ρεύμα ελέγχου ψύχους είναι μία ένταση ρεύματος εκφόρτισης που έχει αντιστοιχιστεί στον τύπο της μπαταρίας, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε θερμοκρασία ηλεκτρολύτη -18°C για διάρκεια 30 δευτερόλεπτα, χωρίς να σημειωθεί τάση κάτω από την καθορισμένη τελική τάση ρεύματος εκφόρτισης των τουλάχιστον 1,25 V ανά στοιχείο.

Όλες οι μπαταρίες υπόκεινται σε φυσική φθορά λόγω της φυσιολογικής διαδικασίας γήρανσης. Μέσω των χημικών διαδικασιών στην μπαταρία, που αποτελούνται από τους κύκλους φόρτισης με φόρτιση και εκφόρτιση της μπαταρίας, διαμορφώνονται επικαθίσεις στην μπαταρία, οι οποίες εμποδίζουν την μπαταρία να διατηρεί την πλήρη χωρητικότητά της. Η μόνιμη αυτοεκφόρτιση από καταναλωτές που λειτουργούν με ακινητοποιημένο όχημα ή η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας αποτελούν έναν επιπλέον παράγοντα που επιδρά στην γήρανση της μπαταρίας. Λόγω υψηλών ή πολύ υψηλών απαιτήσεων (βαθιά εκφόρτιση), η φθορά μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Θερμοκρασίες αποθήκευσης πάνω από 35°C επιταχύνουν την αυτοεκφόρτιση της μπαταρίας.

4.2 Μπαταρία Μολύβδου – Ασβεστίου

Οι μπαταρίες μολύβδου - ασβεστίου διαφέρουν από τις συνήθεις, παλαιότερες μπαταρίες ως προς τη χρήση του ασβεστίου αντί του αντιμόνιου (Sb51) ως πρόσθετο υλικό κράματος. Σε συνδυασμό με ένα αυξημένο απόθεμα ηλεκτρολύτη καταργείται ο μέχρι σήμερα συνήθης έλεγχος του αποθέματος ηλεκτρολύτη και η συμπλήρωση απιονισμένου νερού. Αυτή η τεχνολογία μπαταρίας παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- 2) Δεν υπάρχουν απαιτήσεις συντήρησης: Η μπαταρία είναι σφραγισμένη στεγανά, με εξαίρεση το άνοιγμα αερισμού.
- 3) Αυτή η μπαταρία διατίθεται για τεχνικούς λόγους μόνο πλήρης με ηλεκτρολύτη και έτοιμη για τοποθέτηση και χρήση.
- 4) Υδρόμετρο (MagicEye) ως ένδειξη κατάστασης φόρτισης και στάθμης οξέος.

Με το υδρόμετρο μπορεί να διαβαστεί η εκάστοτε κατάσταση φόρτισης του στοιχείου της μπαταρίας. Στο υδρόμετρο εμφανίζονται οι εξής καταστάσεις φόρτισης:

Χρώμα	Κατάσταση	Μέτρο
Πράσινο	Μπαταρία επαρκώς φορτισμένη	—
Μαύρο	Μπαταρία ανεπαρκώς φορτισμένη	Φόρτιση μπαταρίας
Ανοιχτό κίτρινο	Στάθμη οξέος πολύ χαμηλή	Αντικατάσταση μπαταρίας



Εικόνα 5: 1) Κάλυμμα σφράγισης, 2) Υδρόμετρο, 3) Λαβή μεταφοράς, 4) Θετικός πόλος της μπαταρίας, 5) Περίβλημα μπαταρίας, 6) Λωρίδα κάτω πλευράς για τη στερέωση της μπαταρίας, 7) Λωρίδα κάτω πλευράς για τη στερέωση της μπαταρίας, 8) Αρνητικός πόλος της μπαταρίας. Πηγή: Bosch GmbH

Το χρώμα του υδρόμετρου δείχνει μόνο την κατάσταση του στοιχείου, στο οποίο έχει τοποθετηθεί το υδρόμετρο, όχι την κατάσταση των λοιπών στοιχείων.

Εάν η στάθμη οξέος στην μπαταρία είναι πολύ χαμηλή, η μπαταρία πρέπει να αντικατασταθεί.

Οι μπαταρίες μολύβδου - ασβεστίου δεν επιτρέπεται να υποστούν πλήρη εκφόρτιση. Ακόμη και σε μικρό αριθμό περιπτώσεων πλήρους εκφόρτισης της μπαταρίας, η μπαταρία καταστρέφεται, καθώς στη συνέχεια δεν μπορεί πλέον να απορροφήσει ρεύμα φόρτισης. Αυτό το φαινόμενο είναι επίσης γνωστό ως "φαινόμενο έλλειψης αντιμόνιου".

Σε αποθηκευμένες μπαταρίες, το χρώμα του υδρόμετρου ενδέχεται μετά από επαναφόρτιση να παραμείνει μαύρο, παρόλο που η μπαταρία διαθέτει τιμή τάσης ηρεμίας τουλάχιστον 12,7 V. Η αιτία για αυτό είναι ένα στρώμα οξέος μέσα στην μπαταρία. Οι μπαταρίες αυτές είναι πλήρως φορτισμένες και εντάξει. Για την αντιμετώπιση αυτού του στρώματος οξέος, η μπαταρία πρέπει να αναποδογυριστεί μία φορά αργά.

4.3 Μπαταρία μολύβδου - οξέος ονομάζεται Enhanced Flooded Battery (EFB)

Μια μπαταρία EF διαθέτει σε σύγκριση με μια συνήθη μπαταρία μολύβδου - οξέος διπλή αντοχή σε κύκλους εκφόρτισης / φόρτισης και συνεπώς αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή για οχήματα με λειτουργία Auto Start/Stop. Επιπρόσθετα, μια μπαταρία EF είναι ελαφρύτερη και πιο ανθεκτική στη θερμοκρασία από μια μπαταρία AGM.

Η μπαταρία EF μπορεί να αναγνωριστεί από το λευκό περίβλημα και το μαύρο καπάκι με ένδειξη MagicEye.

Η μπαταρία EF διαθέτει ένα πλέγμα από πολυεστέρα στα θετικά ηλεκτρόδια. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η σταθερότητα των πλακών μέσα στην μπαταρία και συνεπώς παρατείνεται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

4.4 Μπαταρία AGM

Λόγω της συνεχώς αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας των σύγχρονων ηλεκτρικών κυκλωμάτων των οχημάτων, χρειάζονται όλο και πιο αποδοτικές μπαταρίες.

Οι μπαταρίες AGM ή VRLA παρουσιάζουν με το ίδιο μέγεθος μπαταρίας τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Μεγαλύτερη χωρητικότητα
- 2) Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- 3) Περισσότερη ασφάλεια εκκίνησης σε χαμηλές θερμοκρασίες

- 4) Ασφαλή εκκίνηση κινητήρων με υψηλές ανάγκες ρεύματος
- 5) Καμία διαρροή οξέος

Οι μπαταρίες αυτές μπορούν να αναγνωριστούν από το μαύρο περίβλημα και την απουσία υδρόμετρου "Magic Eye".

Οι μπαταρίες AGM τοποθετούνται σε μοντέλα με ηλεκτρικούς καταναλωτές που έχουν υψηλές απαιτήσεις ενέργειας. Η συνεχώς αυξανόμενη απαίτηση ενέργειας των σύγχρονων ηλεκτρικών κυκλωμάτων των οχημάτων συνεπάγεται τη χρήση όλο και πιο αποδοτικών μπαταριών. Σε ένα σύγχρονο όχημα της ανώτερης κατηγορίας λειτουργούν σήμερα ήδη 100 σεβρό-κινητήρες, οι οποίοι πρέπει να τροφοδοτηθούν με ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτούς προστίθενται επίσης στοιχεία ασφάλειας, περιβάλλοντος και άνεσης, τα οποία μετατρέπονται όλο και πιο συχνά σε βασικά πρότυπα, όπως π.χ. τα εξής:

- 1) Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS)
- 2) Δυναμικός έλεγχος ευστάθειας
- 3) Electronic Power Steering (EPS)
- 4) Θερμαινόμενος καταλύτης
- 5) Ηλεκτρονικό σύστημα ρύθμισης ανάρτησης
- 6) Σύστημα κλιματισμού
- 7) Σύστημα πλοήγησης

Ως βασικός εξοπλισμός τοποθετείται η μπαταρία AGM επίσης σε οχήματα με πακέτο μέτρων CO₂ (σε αυτά ανήκουν π.χ. η έξυπνη ρύθμιση γεννήτριας ή η λειτουργία Auto Start/Stop).

Γενικά μπορούν όλες οι μπαταρίες μολύβδου - ασβεστίου να αντικατασταθούν με μπαταρίες AGM, εάν οι προϋποθέσεις τοποθέτησης αντιστοιχούν στις προδιαγραφές για τις μπαταρίες AGM.

Σε αντίθεση με τις μπαταρίες μολύβδου - ασβεστίου, στις μπαταρίες με τεχνολογία υαλονημάτων, το θεικό οξύ δεν βρίσκεται ελεύθερο μέσα στο περίβλημα της μπαταρίας.

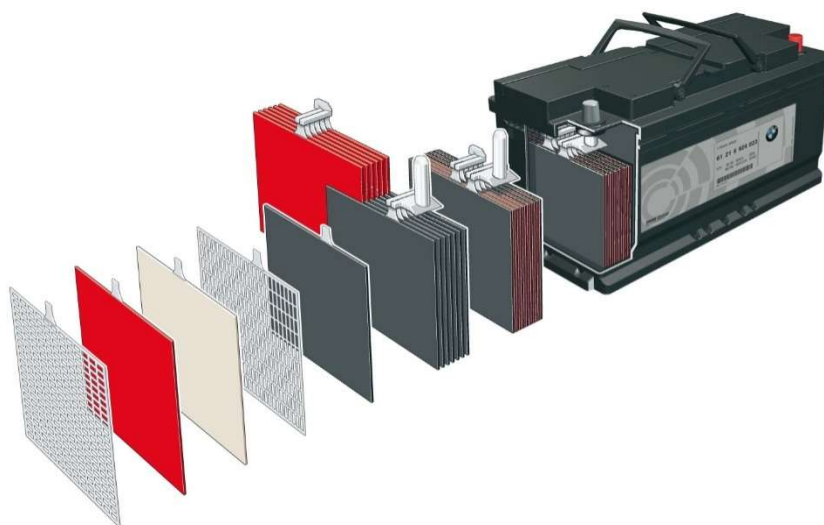
Το θεικό οξύ είναι αντί αυτού δεσμευμένο σε ποσοστό 100 % στα στρώματα υαλονημάτων (διαχωριστές). Έτσι, σε περίπτωση πρόκλησης ζημιάς στο περίβλημα της μπαταρίας δεν εξέρχεται οξύ μπαταρίας. Επιπρόσθετα, η μπαταρία AGM είναι σφραγισμένη αεροστεγώς. Αυτό είναι εφικτό διότι τα αέρια μετατρέπονται λόγω της διαπερατότητας των διαχωριστών και πάλι σε νερό.

Η μπαταρία AGM, που σε σχέση με τη συνήθη μπαταρία μολύβδου - ασβεστίου είναι ακριβότερη και ελαφρώς πιο βαριά, παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής

- 2) Περισσότερη ασφάλεια εκκίνησης σε χαμηλές θερμοκρασίες
- 3) Ασφαλής εκκίνηση κινητήρων με υψηλές ανάγκες ρεύματος εκκίνησης, όπως είναι π.χ. οι πετρελαιοκινητήρες υψηλής απόδοσης
- 4) 100 % χωρίς απαιτήσεις συντήρησης
- 5) Μειωμένος κίνδυνος σε περίπτωση ατυχήματος (μειωμένος κίνδυνος για το περιβάλλον)

Οι μπαταρίες AGM δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση να ανοιχθούν, διότι λόγω της εισχώρησης οξυγόνου από τον αέρα πραγματοποιείται απώλεια της χημικής ισορροπίας της μπαταρίας και συνεπώς επίσης απώλεια της ικανότητας λειτουργίας τους.



Εικόνα 6: 1) Μπλοκ πλακών, 2) Αρνητικό σετ πλακών, 3) Θετικό σετ πλακών, 4) Αρνητική πλάκα, 5) Αρνητικό πλέγμα, 6) Θετική πλάκα με διαχωριστή μικρο-υαλοϋφάσματος, 7) Θετική πλάκα, 8) Θετικό πλέγμα. Πηγή: BMW AG

Η μπαταρία AGM διαφέρει από τη συνήθη μπαταρία μολύβδου - ασβεστίου ως προς τα εξής:

- 1) Οι μεγαλύτερες πλάκες επιτρέπουν την κατά 25 % υψηλότερη πυκνότητα ισχύος.
- 2) Διαχωριστές από στρώμα υαλονημάτων - Μέσω αυτών επιτυγχάνεται έως και 3 φορές υψηλότερη αντοχή σε κύκλους εκφόρτισης / φόρτισης. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η ικανότητα κρύας εκκίνησης, η λήψη ρεύματος και η διάρκεια ζωής.
- 3) Αεροστεγώς σφραγισμένο περίβλημα με βαλβίδα υπερπίεσης - Τα πόματα των στοιχείων είναι κολλημένα και δεν μπορούν να ανοιχθούν.
- 4) Οξύ μπαταρίας δεσμευμένο στο στρώμα υαλονημάτων - Το οξύ μπαταρίας δεν βρίσκεται πλέον ελεύθερο μέσα στο περίβλημα, αλλά είναι

δεσμευμένο σε ποσοστό 100 % στο στρώμα υαλονημάτων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αυξημένη ασφάλεια από τυχόν εκροή και συνεπώς μείωση του κινδύνου για το περιβάλλον.

Η μπαταρία AGM διαφέρει από τις συνήθεις μπαταρίες ως προς τη συμπεριφορά διατήρησης των συστατικών της κατά τη φόρτιση.

Κατά τη φόρτιση των μπαταριών οχημάτων απελευθερώνονται μέσω της ηλεκτρόλυσης τα δύο αέρια οξυγόνο και υδρογόνο. Τα δύο αυτά αέρια δεν είναι τοξικά.

- 1) Σε μια συνήθη, υγρή μπαταρία μολύβδου - ασβεστίου, τα δύο αέρια υδρογόνο και οξυγόνο απελευθερώνονται στο περιβάλλον.
- 2) Σε μια μπαταρία AGM, τα δύο αυτά αέρια μετατρέπονται και πάλι σε νερό: Το οξυγόνο, που δημιουργείται κατά τη φόρτιση στο θετικό ηλεκτρόδιο, μεταφέρεται μέσω του διαπερατού στρώματος υαλονημάτων στο αρνητικό ηλεκτρόδιο. Στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, το οξυγόνο αντιδρά με τα ιόντα υδρογόνου που υπάρχουν στον ηλεκτρολύτη και σχηματίζει νερό (κύκλος οξυγόνου). Με αυτόν τον τρόπο δεν διαφεύγουν αέρια και δεν χάνεται ο ηλεκτρολύτης.

Σε περίπτωση ιδιαίτερα έντονης δημιουργίας αερίων, δηλαδή σε εξαιρετικά υψηλή αύξηση της πίεσης (20 έως 200 mbar), η βαλβίδα υπερπίεσης επιτρέπει τη διαφυγή αερίου χωρίς την εισχώρηση οξυγόνου από τον αέρα. Έτσι προκύπτει και η ονομασία VRLA (ValveRegulatedLeadAcid). Η ονομασία αυτή μεταφράζεται ως: Μόλυβδος - οξύ με ρύθμιση μέσω βαλβίδας.

Η κατάσταση φόρτισης SoC (State of Charge) της μπαταρίας ορίζεται μέσω της διαφοράς της εισερχόμενης και της εξερχόμενης ποσότητας φόρτισης. Στη μονάδα ελέγχου κινητήρα υπολογίζεται σε κάθε επανεκκίνηση του κινητήρα η τρέχουσα τιμή της κατάστασης φόρτισης SoC.

Σε κάθε επανεκκίνηση του κινητήρα μετριέται η τάση ακροδέκτη μπαταρίας και το ρεύμα εκκίνησης της μίζας από τον έξυπνο αισθητήρα μπαταρίας. Το ρεύμα εκκίνησης που μετριέται κατά τη φάση εκκίνησης και η πτώση τάσης χρησιμοποιούνται από τη μονάδα ελέγχου κινητήρα για τον υπολογισμό της γενικής κατάστασης της μπαταρίας - SoH (State of Health).

4.5 Μπαταρία Ιόντων Λιθίου

Με τη χρήση μιας μπαταρίας εκκίνησης ιόντων λιθίου προκύπτουν τα εξής πλεονεκτήματα, τα οποία είναι καθοριστικά για τη χρήση αυτής της τεχνολογίας:

- 1) Εξοικονόμηση βάρους:
Με την τοποθέτηση της μπαταρίας εκκίνησης ιόντων - λιθίου ήταν δυνατή η μείωση του βάρους της μπαταρίας εκκίνησης κατά περίπου. 13 kg. Έτσι, η μπαταρία εκκίνησης ιόντων - λιθίου ζυγίζει μόνο 13,5 kg σε αντίθεση με τη συμβατική μπαταρία AGM 90 Ah που ζυγίζει περίπου. 26,5 kg.
- 2) Εξοικονόμηση CO₂:
Εξοικονόμηση CO₂ μπορεί να επιτευχθεί με την υψηλότερη διαθεσιμότητα του αυτόματου συστήματος Start/Stop κινητήρα MSA. Σε μια συμβατική μπαταρία εκκίνησης μολύβδου - οξέων, η ικανότητα ανάκτησης ενέργειας μέσω της έξυπνης ρύθμισης γεννήτριας IGR δεν είναι τόσο υψηλή όπως σε μια μπαταρία ιόντων λιθίου. Η μπαταρία εκκίνησης ιόντων - λιθίου μπορεί να απορροφήσει για τη φόρτιση σημαντικά υψηλότερα ρεύματα και πολύ πιο σύντομα σε σύγκριση με την μπαταρία εκκίνησης μολύβδου - οξέων. Αυτό την καθιστά ιδανική για τη χρήση σε οχήματα με έξυπνη ρύθμιση γεννήτριας IGR.
- 3) Διάρκεια κύκλων φόρτισης - εκφόρτισης:
Ο αριθμός των διαθέσιμων πλήρων κύκλων λειτουργίας σε μια μπαταρία εκκίνησης ιόντων λιθίου είναι πολύ υψηλότερος (περίπου 14 φορές) από μια συνηθισμένη μπαταρία μολύβδου - οξέος. Για αυτό, η μπαταρία εκκίνησης ιόντων - λιθίου αποτελεί την ιδανική εναλλακτική για εφαρμογή του αυτόματου συστήματος Start/Stop κινητήρα MSA σε συνδυασμό με την έξυπνη ρύθμιση γεννήτριας IGR. Από αυτό προκύπτει επίσης μια αυξημένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, σε σχέση με τη συμβατική μπαταρία μολύβδου - οξέος.
- 4) Δεν απαιτεί συντήρηση:
Χωρίς ανάγκες συντήρησης, καθώς δεν απαιτείται συντήρηση με την έννοια της συμπλήρωσης αποσταγμένου νερού (δεν ισχύει σε μπαταρίες AGM).
- 5) Ιδανικές συνθήκες τάσης:
Μέσω της χρήσης στοιχείων λιθίου - φωσφορικού σιδήρου (LiFePO₄), που έχουν ονομαστική τάση ανά στοιχείο 3,3 Volt, μπόρεσε να επιτευχθεί μια ονομαστική τάση της μπαταρίας εκκίνησης ιόντων - λιθίου 13,2 Volt με μόνο 4 στοιχεία.
- 6) Πολύ υψηλή εγγενής ασφάλεια:
Τα στοιχεία λιθίου φωσφορικού σιδήρου (LiFePO₄) έχουν γενικά μικρότερο δυναμικό κινδύνου σε σχέση με άλλους συσσωρευτές που βασίζονται στο λίθιο.

Ονομασία	Μπαταρία μολύβδου - οξέος / μπαταρία AGM	Μπαταρία ιόντων - λιθίου
Ονομαστική τάση		

Τάση στοιχείων	2 V	3,3 V
Ονομαστική χωρητικότητα	90 Ah	69 Ah
Αριθμός στοιχείων	6	4
Βάρος	26,5 kg	13,5 kg
Εφικτοί κύκλοι φόρτισης	περίπου 350	περίπου 2.000
Τάση σύνδεσης φόρτισης ιδανική / μέγιστη	14,2 V / 16 V	14,4 V / ανάλογα με τη θερμοκρασία
Αποφόρτιση	Χωρίς προστασία πλήρους εκφόρτισης / πρόκληση ζημιάς στην μπαταρία	Προστασία πλήρους εκφόρτισης στα 8 V
Σύστημα αισθητήρων μπαταρίας	Έξυπνος αισθητήρας μπαταρίας	Ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης μπαταρίας BUE στην μπαταρία
Περίπουίβλημα (DIN)	LN5	LN5
Εξαέρωση	Στάνταρ κέλυφος DIN με αγωγό εξαέρωσης	Στάνταρ κέλυφος DIN με επιμηκυμένο αγωγό εξαέρωσης (18,5 mm)

Πίνακας 2: Πηγή: Bosch GmbH

4.5.1 Μπαταρία Ιόντων -Λιθίου, Δομή και Λειτουργία

Στο κέλυφος της μπαταρίας, εκτός από τα 4 στοιχεία υπάρχει και ένα ηλεκτρονικό σύστημα και ένας διακόπτης απομόνωσης μπαταρίας (2 ρελέ). Η λειτουργία του ενσωματωμένου ηλεκτρονικού συστήματος, του λεγόμενου ηλεκτρονικού συστήματος επιτήρησης μπαταρίας BUE, είναι η ακόλουθη:

- 1) Επικοινωνία μέσω διαύλου LIN με τα ηλεκτρονικά κινητήρα
- 2) Διάγνωση
- 3) Λειτουργία αφύπνισης μέσω του διαύλου LIN
- 4) Επιτήρηση ρεύματος των μεμονωμένων στοιχείων και της μπαταρίας
- 5) Επιτήρηση ρεύματος ηρεμίας
- 6) Επιτήρηση τάσης των μεμονωμένων στοιχείων και της μπαταρίας
- 7) Προσαρμογή τάσης στοιχείων με λειτουργία μετρητή μέσω παθητικού συστήματος (αντίσταση)
- 8) Επιτήρηση ικανότητας εκκίνησης

- 9) Επιτήρηση θερμοκρασίας με μοντέλο θερμοκρασίας που προκύπτει από αυτή
- 10) Επιτήρηση εσωτερικής αντίστασης
- 11) Επιτήρηση κατάστασης φόρτισης
- 12) Επιτήρηση κατάστασης μπαταρίας
- 13) Επιτήρηση χωρητικότητας μπαταρίας
- 14) Μνήμη δεδομένων για πληροφορίες μπαταρίας
- 15) Ενεργοποίηση του διακόπτη απομόνωσης μπαταρίας σε περίπτωση σφάλματος.

Ενέργειες σε περίπτωση Σφάλματος

Αιτία	Επιπτώσεις	Ενέργειες
Υπερφόρτιση	Ο διακόπτης μπαταρίας ανοίγει	1) Αφαιρέστε την πηγή τάσης Ο διακόπτης μπαταρίας ξανακλείνει μετά από την πτώση τάσης
Βαθιά εκφόρτιση (1 στοιχείο μπαταρίας κάτω από 2 Volt για περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα)	Ο διακόπτης μπαταρίας ανοίγει	1) Σύνδεση φορτιστή / εκκίνηση κινητήρα με καλώδια Ο διακόπτης απομόνωσης μπαταρίας κλείνει πάλι μετά την αναγνώριση τάσης.
Εξαέρωση (βλάβη στοιχείου, κατάχρηση)	1) Δημιουργία καπνού 2) Προσοχή, κίνδυνος εγκαύματος Προσοχή, αέρια επιβλαβή για την υγεία	1) Απομακρύνετε τυχόν άτομα από την περιοχή κινδύνου. Φροντίστε για φρέσκο αέρα. 2) Αντικατάσταση μπαταρίας Αντικατάσταση εύκαμπτου σωλήνα απαέρωσης
Εξωτερικές επιδράσεις	Ζημιές του κελύφους, ενδεχομένως μηχανική ζημιά στοιχείου ή ζημιά εσωτερικών εξαρτημάτων.	Αντικαταστήστε την μπαταρία και απορρίψτε τη σωστά.

Εξαέρωση με πηγή ανάφλεξης επάνω από 500 βαθμούς Κελσίου	1) Το αέριο αναφλέγεται σε αντίστοιχη συγκέντρωση και σε συνδυασμό με πηγή ανάφλεξης 2) Προσοχή, κίνδυνος εγκαύματος Προσοχή, αέρια επιβλαβή για την υγεία	1) Απομακρύνετε τυχόν άτομα από την περιοχή κινδύνου. Φροντίστε για φρέσκο αέρα. 2) Ειδοποίηση της πυροσβεστικής 3) Σβήσιμο με κοινό πυροσβεστήρα εμπορίου 4) Ενδεχομένως αντικατάσταση της μπαταρίας Ενδεχομένως αντικατάσταση του εύκαμπτου σωλήνα απαέρωσης
--	--	--

Πίνακας 3: Πηγή: Bosch GmbH

Αν η τάση ενός στοιχείου μπαταρίας πέσει κάτω από τα 2 Volt και ανοίξει ο διακόπτης απομόνωσης μπαταρίας, αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό από το γεγονός ότι το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος δεν έχει τάση. Για αυτό δεν είναι πλέον διαθέσιμες ηλεκτρικές λειτουργίες. Σε αυτή την περίπτωση δεν θα πρέπει να αντικαθίσταται αμέσως η μπαταρία ως πρώτο μέτρο. Συνήθως αρκεί μια επαναφόρτιση της μπαταρίας. Μόλις το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης μπαταρίας αναγνωρίσει μια τάση πάνω από 10 Volt για ένα διάστημα μεταξύ 2 και 18 δευτερολέπτων, το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης μπαταρίας ανοίγει πάλι τον διακόπτη απομόνωσης μπαταρίας. Το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος τροφοδοτείται πάλι με τάση. Όλες οι ηλεκτρικές λειτουργίες είναι πάλι διαθέσιμες. Στη συνέχεια φορτίζεται πάλι η μπαταρία.

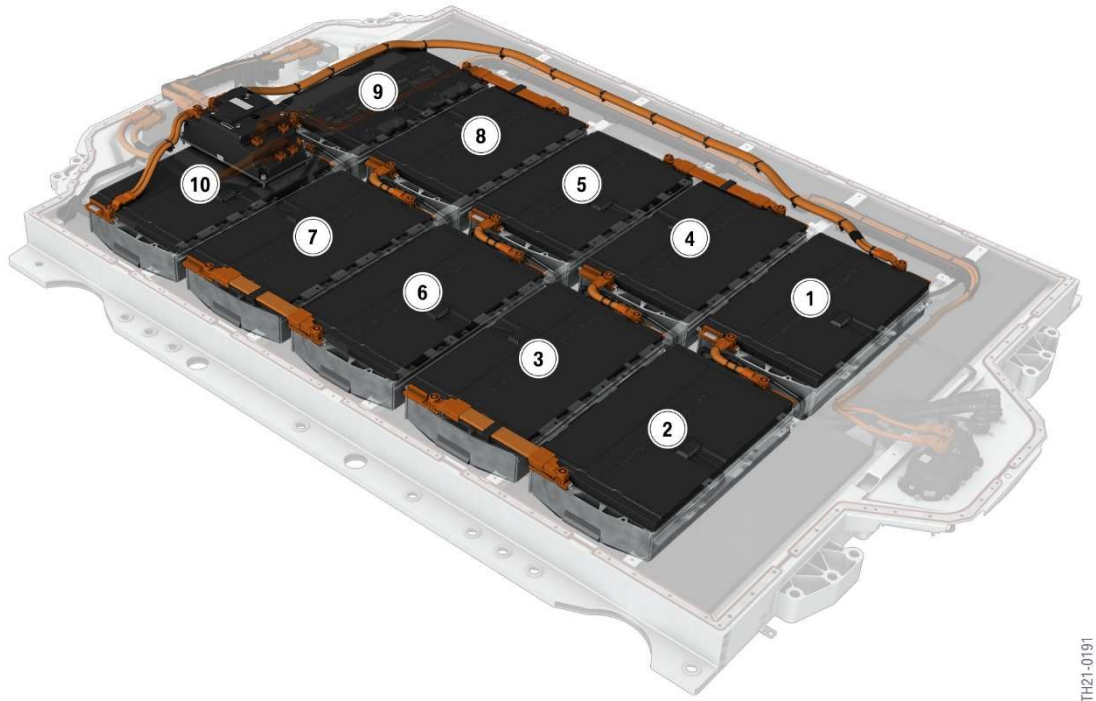
4.6 Μπαταρία με 2 μονάδες στοιχείων

Η Μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης αποτελείται από αρκετές μονάδες στοιχείων, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω αγωγών υψηλής τάσης. Οι μονάδες στοιχείων με τη σειρά τους αποτελούνται από 8-44 στοιχεία μπαταρίας, ανάλογα με τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, ενώ οι διπλές μονάδες στοιχείων αποτελούνται από έως 72 στοιχεία μπαταρίας. Η σύνδεση των στοιχείων μπαταρίας πραγματοποιείται μέσω του εσωτερικού συστήματος επαφών στοιχείων. Ανάλογα με τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, η σύνδεση είναι σειριακή ή εν μέρει παράλληλη.

Ανάλογα με τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης και τον διαθέσιμο χώρο τοποθέτησης συνδυάζονται 2 (μεμονωμένες) μονάδες στοιχείων σε μία διπλή μονάδα στοιχείων.

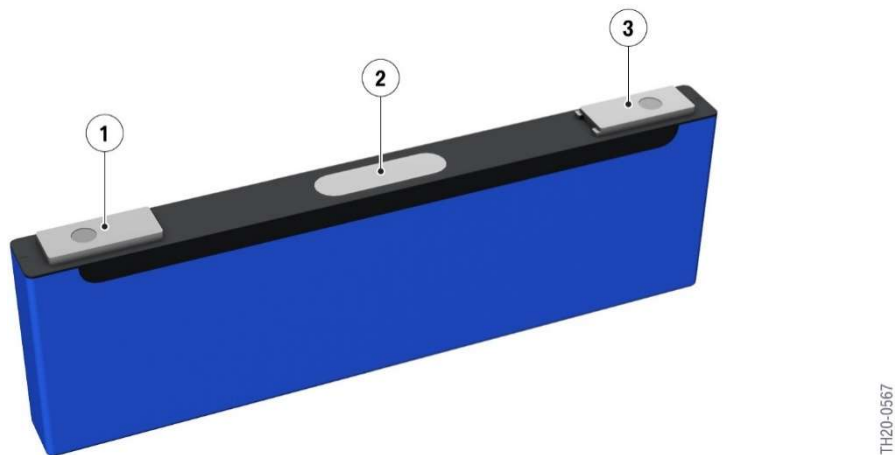
Η παρακολούθηση των στοιχείων μπαταρίας πραγματοποιείται μέσω του αντίστοιχου ή ενός κεντρικού Ηλεκτρονικού συστήμα επιτήρησης στοιχείων CSC.

Η σειρά των μονάδων στοιχείων είναι καθορισμένη και παίζει σημαντικό ρόλο για την επιδιόρθωση της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης.



Εικόνα 7: Μονάδα στοιχείων 1/10. Πηγή: BMW AG

Τα στοιχεία μπαταρίας που χρησιμοποιούνται στην μπαταρία υψηλής τάσης ανήκουν στην κατηγορία των στοιχείων ιόντων λιθίου (τύπος στοιχείου μπαταρίας συνδυασμός NiMnCo/ LiMnO). Το υλικό ανόδου (θετικό ηλεκτρόδιο) των στοιχείων ιόντων λιθίου είναι βασικά ένα οξείδιο λιθίου μετάλλου. Η ονομασία συνδυασμός NiMnCo/ LiMnO παραπέμπει στα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στον συγκεκριμένο τύπο στοιχείου μπαταρίας. Πρόκειται αφενός για ένα μίγμα από νικέλιο, μαγγάνιο και κοβάλτιο και αφετέρου για ένα μίγμα από οξείδιο λιθίου-μαγγανίου.



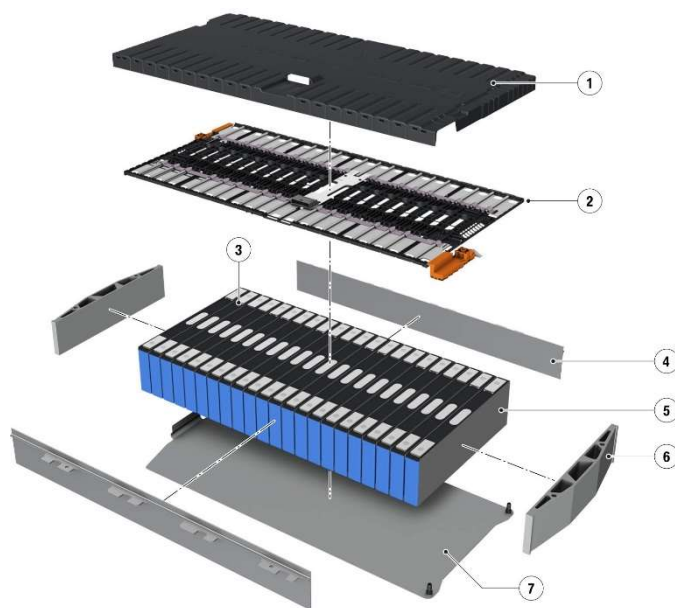
Εικόνα 8: 1) Αρνητικός πόλος του στοιχείου μπαταρίας, 2) Προδιαγραφόμενο σημείο θραύσης εξαέρωσης στοιχείου μπαταρίας, 3) Θετικός πόλος του στοιχείου μπαταρίας. Πηγή: BMW AG

Με την επιλογή του υλικού ανόδου ήταν εφικτή η βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης (υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και μεγάλος αριθμός κύκλων). Ως υλικό για την κάθοδο χρησιμοποιείται, ως συνήθως, ο γραφίτης, στον οποίο εισχωρούν τα ιόντα λιθίου κατά την εκφόρτιση. Συνολικά προκύπτει από τα χρησιμοποιούμενα υλικά στα στοιχεία μπαταρίας μια ονομαστική τάση περίπου 3,6 V. Το μεγαλύτερο μέρος του ηλεκτρολύτη είναι δεσμευμένο σε στερεό θετικό υλικό ηλεκτροδίων, κυρίως οξείδιο Λασιθίου-νικελίου-μαγγανίου-κοβαλτίου και σε στερεό αρνητικό υλικό ηλεκτροδίων, κυρίως γραφίτη.

4.6.1 Μονή μονάδα στοιχείων

Ως μονάδα στοιχείων νοείται η ένωση περισσότερων στοιχείων μπαταρίας σε μία ενιαία μονάδα. Στο εξάρτημα υψηλής τάσης μονάδα στοιχείων ανήκουν επίσης:

- 1) το σύστημα επαφής στοιχείων
- 2) το κάλυμμα του συστήματος επαφών στοιχείων
- 3) τα στοιχεία σύνδεσης
- 4) ο εναλλάκτης θερμότητας μονάδας στοιχείων.



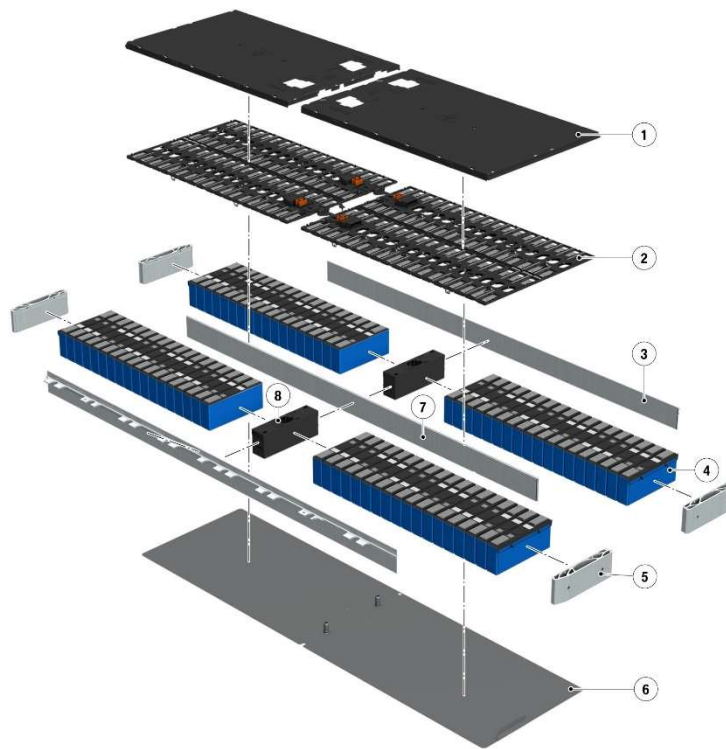
Εικόνα 9: 1) Κάλυμμα συστήματος επαφών στοιχείων, 2) Σύστημα επαφών στοιχείων, 3) Στοιχείο μπαταρίας ιόντων λιθίου, 4) Έλασμα αγκυρίου έλξης, 5) Μεμβράνη μόνωσης, 6) Πλάκα πίεσης, 7) Εναλλάκτης θερμότητας μονάδας στοιχείων. Πηγή: BMW AG

Ταυτόχρονα, το σύστημα επαφών στοιχείων δημιουργεί αφενός τη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων μπαταρίας και αφετέρου αποτελεί τη θύρα σύνδεσης για Ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων CSC (Cell Supervision Circuit).

Ανάλογα με τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, οι εναλλάκτες θερμότητας μονάδας στοιχείων μπορούν να είναι ενσωματωμένοι στη μονάδα στοιχείων. Κάθε μονάδα στοιχείων διαθέτει διάφορους αισθητήρες θερμοκρασίας (NTC) για την εξακρίβωση των θερμοκρασιών των στοιχείων μπαταρίας.

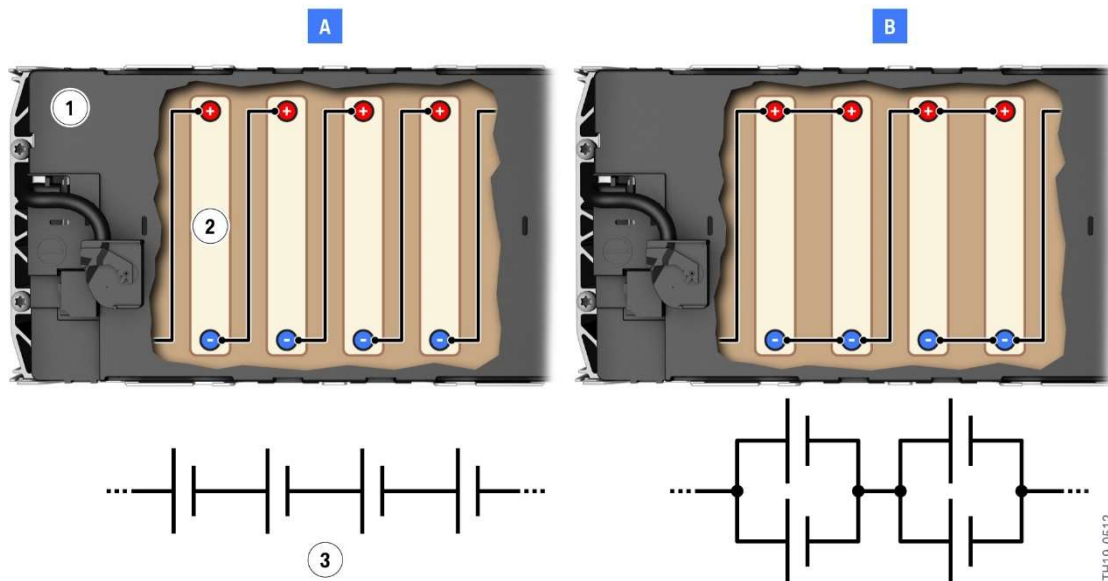
Ο χώρος ανάμεσα στα στοιχεία μπαταρίας μπορεί να εξοπλιστεί με θερμικές ασπίδες. Αυτές αποσκοπούν στην επιβράδυνση της υπερβολικής μεταφοράς θερμότητας από ένα στοιχείο μπαταρίας στο(α) παρακείμενο(α) στοιχείο(α) μπαταρίας.

Οι διπλές μονάδες στοιχείων διαθέτουν περισσότερες από 2 συνδέσεις υψηλής τάσης. Στις διπλές μονάδες στοιχείων οι εκάστοτε μονάδες στοιχείων είναι τοποθετημένες κατακόρυφα ή οριζόντια στο εσωτερικό.



Εικόνα 10: 1) Κάλυμμα του συστήματος επαφών στοιχείων, 2) Σύστημα επαφών στοιχείων ZKS, 3) Έλασμα αγκυρίου έλξης, 4) Στοιχεία μπαταρίας, 5) Πλάκα πίεσης, 6) Εναλλάκτης θερμότητας μονάδας στοιχείων, 7) Έλασμα αγκυρίου έλξης, 8) Ενδιάμεση πλάκα πίεσης. Πηγή: BMW AG

Οι δύο μονάδες στοιχείων μοιράζονται στους πάτους τους έναν εναλλάκτη θερμότητας μονάδων στοιχείων, ο οποίος είναι επίσης κατακόρυφα ή οριζόντια εγκαταστημένος. Ανάλογα με τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης και τον συνακόλουθο σκοπό χρήσης της, η τάση και η χωρητικότητα μιας μονάδας στοιχείων μπορεί να επηρεαστεί από την εσωτερική συνδεσμολογία των στοιχείων μπαταρίας. Έτσι δημιουργούνται πολλές παραλλαγές μονάδων στοιχείων, οι οποίες δεν διαφέρουν υποχρεωτικά μεταξύ τους με βάση το σχήμα, τις διαστάσεις και τις συνδέσεις. Συγκεκριμένα, ένας σαφής χαρακτηρισμός στην ονομασία υποδηλώνει τον τρόπο συνδεσμολογίας των στοιχείων μπαταρίας στη μονάδα στοιχείων. Υποδειγματική μονάδα στοιχείων 8s2p. Ο αριθμός που προηγείται του p σηματοδοτεί τον αριθμό των στοιχείων μπαταρίας που είναι συνδεδεμένα παράλληλα σχηματίζοντας έτσι ένα μπλοκ στοιχείων. Ο αριθμός που προηγείται του s σηματοδοτεί τον αριθμό των μπλοκ στοιχείων που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά. Τα μπλοκ στοιχείων σχηματίζουν ένα κύκλωμα σε σειρά.



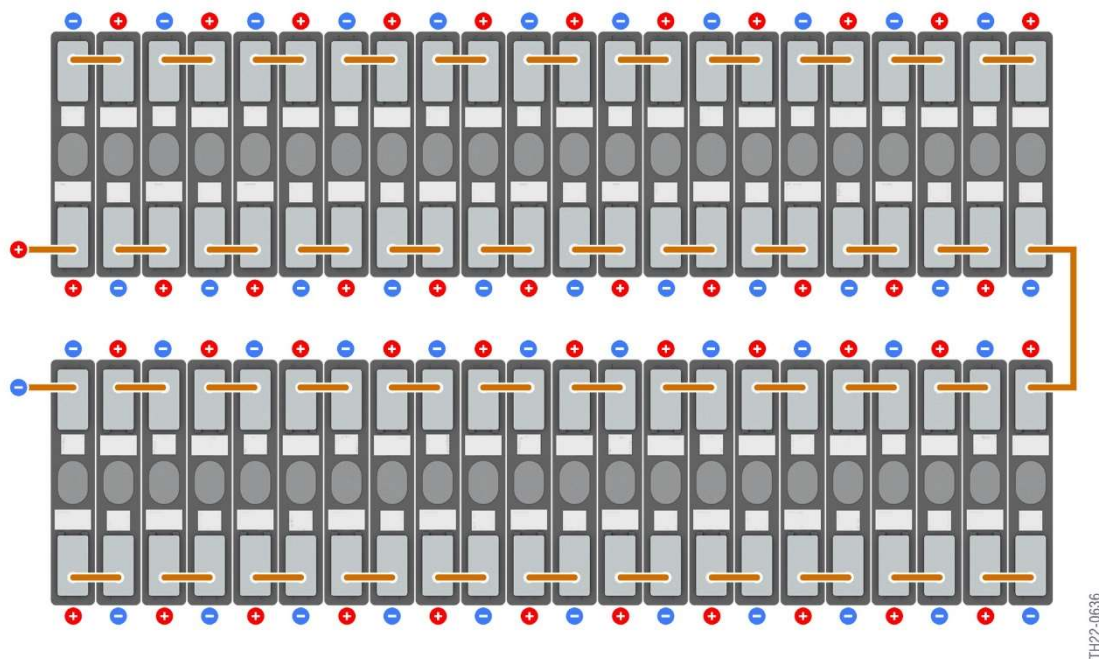
Εικόνα 11: Α) Συνδεσμολογία μιας μονάδας στοιχείων 34 Ah, Β) Συνδεσμολογία μιας μονάδας στοιχείων 68 Ah, 1) Μονάδα στοιχείων, 2) Στοιχείο μπαταρίας, 3) Ισοδύναμο κύκλωμα. Πηγή: BMW AG

Στο παράδειγμα της μονάδας στοιχείων 8s2p υπάρχουν συνεπώς 8 σε σειρά συνδεδεμένα μπλοκ στοιχείων που αποτελούνται έκαστο από 2 παράλληλα συνδεδεμένα στοιχεία μπαταρίας. Συνεπώς, για αυτήν την παραλλαγή μονάδας στοιχείων χρειάζονται συνολικά 16 στοιχεία μπαταρίας.

Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μονάδες στοιχείων:

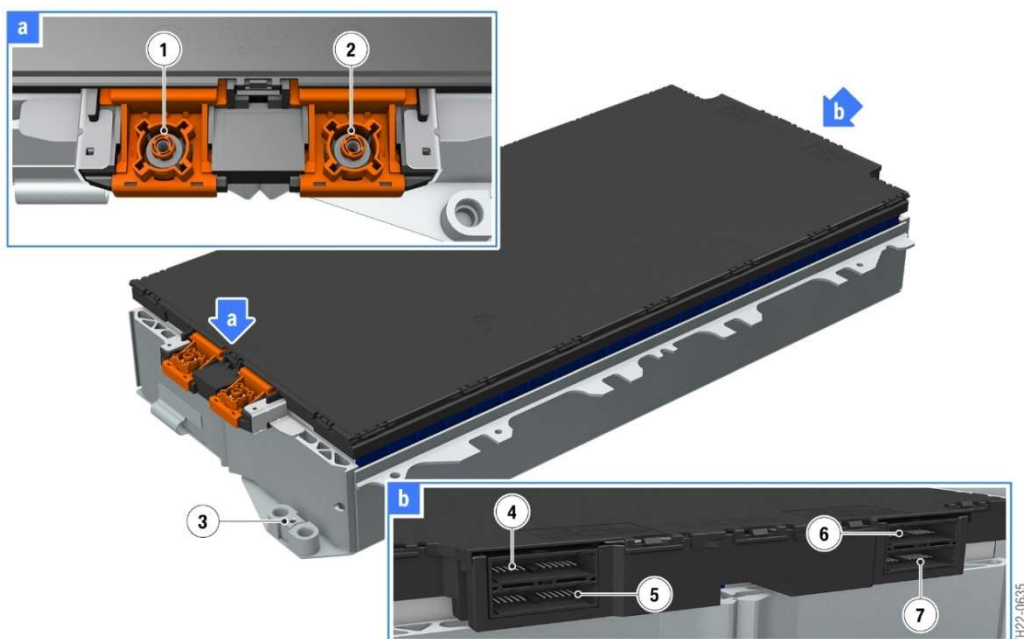
- 1) Μονάδες στοιχείων 1p
- 2) Μονάδες στοιχείων 2p
- 3) Μονάδες στοιχείων 3p
- 4) Μονάδες στοιχείων 4p
- 5) Μονάδες στοιχείων 5p.

Οι μονάδες στοιχείων με την κατάληξη ονομασίας **1p** δεν περιλαμβάνουν παράλληλη σύνδεση μεταξύ επιμέρους στοιχείων μπαταρίας. Όλα τα στοιχεία μπαταρίας είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Τα στοιχεία μπαταρίας εντός των μονάδων στοιχείων σχηματίζουν έτσι ένα απλό κύκλωμα σε σειρά, με το οποίο οι μονάδες στοιχείων μπορούν να προσαρμόζονται εύκολα στο διαθέσιμο χώρο τοποθέτησης. Σε αυτήν την έκδοση μονάδας στοιχείων υπάρχουν 44 στοιχεία μπαταρίας συνδεδεμένα σειριακά. Στην περίπτωση αυτή, τα στοιχεία μπαταρίας είναι πάντοτε περιστραμμένα μεταξύ τους κατά 180°. Έτσι προκύπτει ότι οι θετικοί και οι αρνητικοί πόλοι είναι πάντοτε διατεταγμένοι εναλλάξ. Με το σύστημα επαφών στοιχείων συνδέονται τότε οι θετικοί και οι αρνητικοί πόλοι μεταξύ τους κατά τρόπον που να προκύπτει μια ζεύξη εν σειρά των 44 στοιχείων μπαταρίας.



Εικόνα 12: Ζεύξη εν σειρά των 44 στοιχείων μπαταρίας. Πηγή: BMW AG

Ανάμεσα στα μεμονωμένα στοιχεία μπαταρίας τοποθετούνται θερμικές ασπίδες ως μέτρο ασφαλείας. Η μονάδα στοιχείων 44s1p διαθέτει μια θετική σύνδεση υψηλής τάσης και μια αρνητική σύνδεση υψηλής τάσης. Και οι δύο διαθέτουν μηχανική κωδικοποίηση. Το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων συνδέεται μέσω 4 φις στην απέναντι πλευρά απευθείας με το σύστημα επαφών στοιχείων.



Εικόνα 13: 1) Σύνδεση υψηλής τάσης θετικού ρεύματος, 2) Σύνδεση υψηλής τάσης αρνητικού ρεύματος, 3) Σύνδεση σωλήνα ψυκτικού, 4) Σύνδεση φις σύνδεσης 1 με το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων (μαύρο φις), 5) Σύνδεση φις σύνδεσης 2 με το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων (πράσινο φις), 6) Σύνδεση φις σύνδεσης 3 με το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων

(μαύρο φως), 7) Σύνδεση φως σύνδεσης 4 με το ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων (πράσινο φως). Πηγή: BMW AG

Μια μονάδα στοιχείων 44s1p έχει βάρος περίπου 41,4 kg και συνεπώς τις παρακάτω διαστάσεις: Μήκος 689 mm x πλάτος 361 mm x ύψος 108 mm. Η ονομαστική τάση μιας μονάδας στοιχείων 44s1p ανέρχεται σε περίπου 159,3 V. Η χωρητικότητα των επιμέρους στοιχείων μπαταρίας είναι 51 Ah και η διαθέσιμη ενέργεια είναι 185 Wh.

4.7 Η μπαταρία υψηλής τάσης SP09

Η κύρια λειτουργία της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης είναι η πρόσληψη ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης, η αποθήκευσή της και όταν χρειαστεί η επαναδιάθεση της, επίσης η μετατροπή της σε χημική ενέργεια. Επιπρόσθετα αναλαμβάνει σημαντικές εργασίες, οι οποίες συμβάλλουν στην ασφάλεια του συστήματος υψηλής τάσης, όπως π.χ. η επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης. Μέσω της Ανάκτηση ενέργειας πέδησης ανάκτησης ενέργειας καθώς και μέσω του εξωτερικού δικτύου ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να φορτίζεται η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης.

Τα στοιχεία της συγκεκριμένης μπαταρίας παρέχονται από την κορεατική εταιρεία Samsung. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε τους 10 πρώτους κατασκευαστές για το έτος 2022.

Θέση	Εταιρεία	Ποσοστό	Χώρα
#1	CATL	34%	China
#2	LG Energy Solution	14%	Korea
#3	BYD	12%	China
#4	Panasonic	10%	Japan
#5	SK On	7%	Korea
#6	Samsung SDI	5%	Korea
#7	CALB	4%	China
#8	Guoxuan	3%	China
#9	Sunwoda	2%	China
#10	SVOLT	1%	China

Πίνακας 4: Πήγη: <https://elements.visualcapitalist.com/the-top-10-ev-battery-manufacturers-in-2022/>

Εκεί οι μονάδες στοιχείων δομούνται από τα στοιχεία μπαταρίας και συναρμολογούνται μαζί με τα άλλα εξαρτήματα για να σχηματίσουν ολόκληρες (elements.visualcapitalist.com) μονάδες μπαταρίας υψηλής τάσης. Κατασκευαστής της

μονάδας ελέγχου SME και των ηλεκτρονικών συστημάτων επιτήρησης στοιχείων είναι η εταιρεία Preh.

Τα στοιχεία μπαταρίας που τοποθετούνται στην μπαταρία υψηλής τάσης SP09 ανήκουν στην ομάδα των στοιχείων ιόντων λιθίου (τύπος στοιχείου NMCo-/LMO-Blend). Το υλικό ανόδου (θετικό ηλεκτρόδιο) των στοιχείων ιόντων λιθίου είναι βασικά ένα οξείδιο λιθίου μετάλλου. Η ονομασία NMCo-/LMO-Blend παραπέμπει στα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σε αυτό τον τύπο στοιχείου. Πρόκειται αφενός για ένα μίγμα από νικέλιο, μαγγάνιο και κοβάλτιο και αφετέρου για ένα οξείδιο λιθίου μαγγανίου.

Με την επιλογή του υλικού της ανόδου ήταν δυνατό να βελτιστοποιηθούν οι ιδιότητες της μπαταρίας υψηλής τάσης για τη χρήση σε ένα ηλεκτρικό όχημα (υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, μεγάλο πλήθος κύκλων φόρτισης - εκφόρτισης). Ως υλικό για την κάθοδο χρησιμοποιείται – ως συνήθως – γραφίτης, στον οποίο συσσωρεύονται τα ιόντα λιθίου κατά την εκφόρτιση. Συνολικά προκύπτει από τα χρησιμοποιούμενα υλικά στα στοιχεία μπαταρίας μια ονομαστική τάση **3,66 V**. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται τα τεχνικά στοιχεία της μπαταρίας:

Τάση	292,8 V (ονομαστική τάση) Ελάχ. 225 V – Μέγ. 327,6 (περιοχή τάσης)
Στοιχεία μπαταρίας	80 στοιχεία μπαταρίας σε σειρά (από 3,66 V και 26 Ah)
Μέγ. αποθηκευόμενη ποσότητα ενέργειας	7,8 kWh
Μέγ. χρήσιμη ποσότητα ενέργειας	5,8 kWh
Μέγ. ισχύς (αποφόρτιση)	65 kW (σύντομα) 45 kW (συνεχώς)
Μέγιστη ισχύς (φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα)	3,7 kW
Συνολικό βάρος	88,1 kg
Διαστάσεις	769 mm x 827 mm x 319 mm
Σύστημα ψύξης	Ψυκτικό μέσο R134a

Πίνακας 5: Πηγή: BMW AG

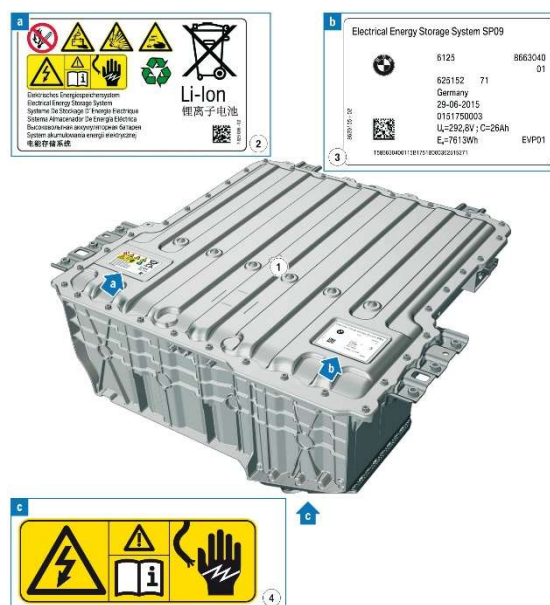
Η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης συνδέεται με τη βοήθεια τεσσάρων συγκρατητήρων και παξιμαδιών με το αμάξωμα του οχήματος. Με αυτό τον τρόπο στηρίζονται στο

αμάξωμα η δύναμη του βάρους καθώς και οι δυνάμεις επιτάχυνσης που προκύπτουν κατά την οδήγηση. Τα παξιμάδια στερέωσης δεν είναι άμεσα προσβάσιμα από τον χώρο αποσκευών, για το λύσιμο των βιδών χρειάζεται προηγουμένως να αποσυναρμολογηθούν αρκετές επενδύσεις.



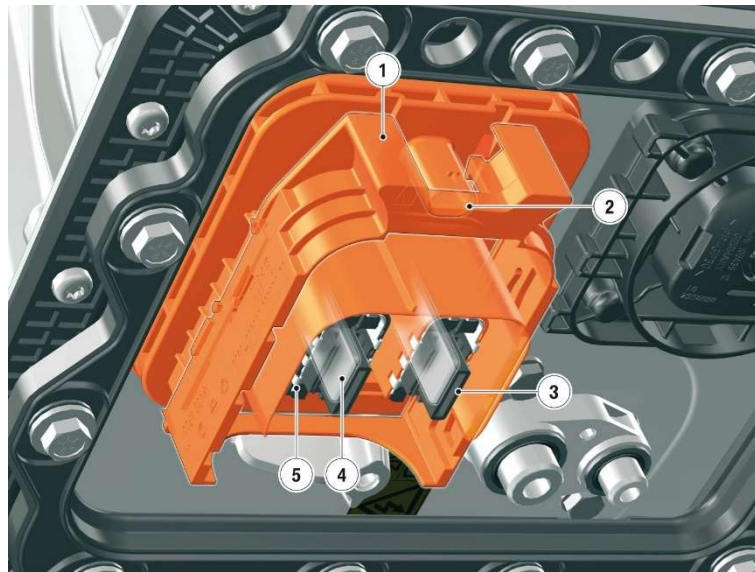
Εικόνα 14: Απεικόνιση μπαταρίας υψηλής τάσης κάτω από τον χώρο αποσκευών. Πηγή: BMW AG

Στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης έχουν τοποθετηθεί 3 πινακίδες: 1 πινακίδα τύπου με τα τεχνικά στοιχεία και 2 προειδοποιητικές πινακίδες.



Εικόνα 15: 1) Επάνω τμήμα κελύφους της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, 2) Προειδοποιητική πινακίδα μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, 3) Πινακίδα τύπου με τεχνικά στοιχεία, 4) Προειδοποιητική πινακίδα εξαρτήματος υψηλής τάσης. Πηγή: BMW AG

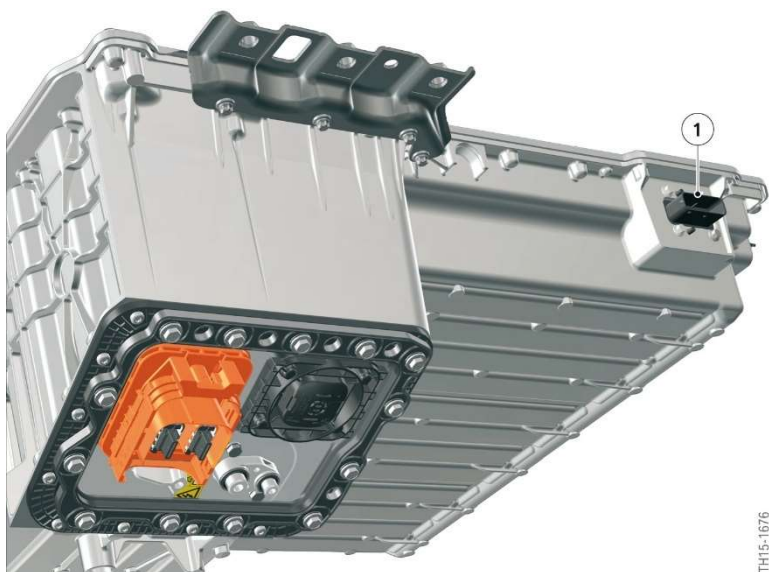
Στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης υπάρχει μια διπολική σύνδεση υψηλής τάσης (Costal), με την οποία η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης συνδέεται με το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης. Η σύνδεση υψηλής τάσης μπορεί – όπως όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης – να αντικατασταθεί ως ξεχωριστό δομικό εξάρτημα. Τα ηλεκτρικά καλώδια (υψηλή τάση και θύρα σύνδεσης προς το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12 V) καθώς και οι σωλήνες ψυκτικού μπορούν να αποσυνδεθούν, χωρίς να χρειάζεται να αφαιρεθεί η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης.



Εικόνα 16: Μηχανικός ολισθητήρας, 2) Υποδοχή με σύνδεση για τη γέφυρα στο ηλεκτρικό κύκλωμα της επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης, 3) Προστασία επαφής, 4) Επαφή για θωράκιση. Πηγή: BMW AG

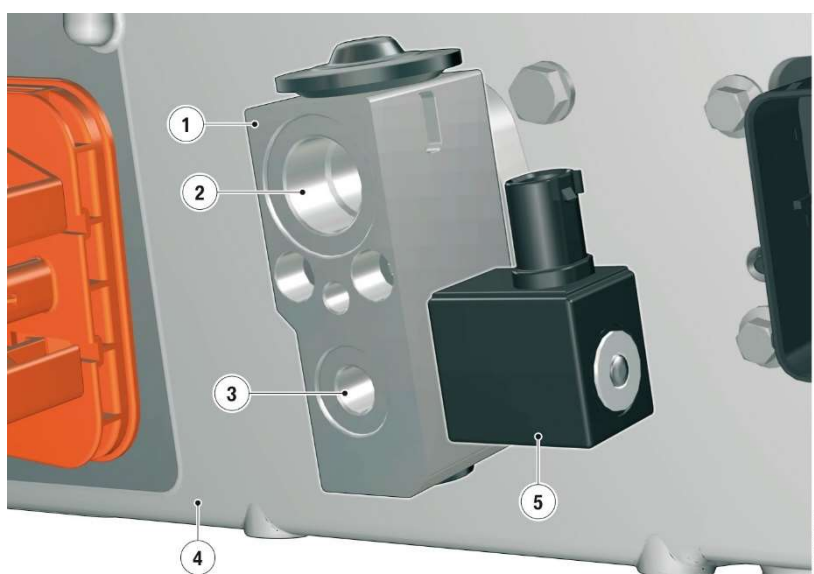
Στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης βρίσκεται μια θύρα σύνδεσης προς το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12 V με τις ακόλουθες συνδέσεις:

- 1) Τροφοδοσία τάσης της μονάδας ελέγχου SME με ακροδέκτη 30 και ακροδέκτη 31
- 2) Ακροδέκτης 30C σήμα Crash για τροφοδοσία τάσης της ηλεκτρομηχανικής επαφής ζεύξης
- 3) Αγωγός αφύπνισης από τη Front Electronic Module
- 4) Είσοδος και έξοδος του καλωδίου για την επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης
- 5) Έξοδος (+12 V και γείωση) για την ενεργοποίηση της συνδυαστικής βαλβίδας διακοπής και εκτόνωσης
- 6) PT-CAN2.



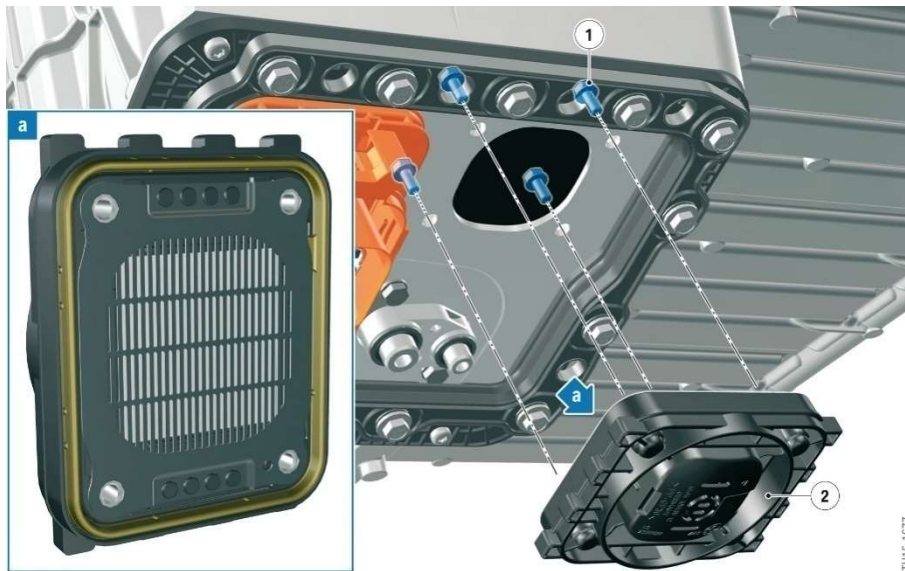
Εικόνα 17: 1) Θύρα σύνδεσης προς το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12volt. Πηγή: BMW AG

Είναι απαραίτητο, ένα σύστημα ψύξης για τη μπαταρία υψηλής τάσης. Για τον σκοπό αυτό η μπαταρία, είναι συνδεδεμένη στο κύκλωμα ψυκτικού του συστήματος κλιματισμού. Για να μπορεί η ψύξη να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ανάγκες, υπάρχει στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης μια ηλεκτρικά ενεργοποιήσιμη, συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής.



Εικόνα 18: 1) Συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, 2) Σύνδεση για σωλήνα αναρρόφησης ψυκτικού μέσου, 3) Σύνδεση για σωλήνα πίεσης ψυκτικού μέσου, 4) Κάτω τμήμα περιβλήματος της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, 5) Ηλεκτρική σύνδεση για συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής. Πηγή: BMW AG

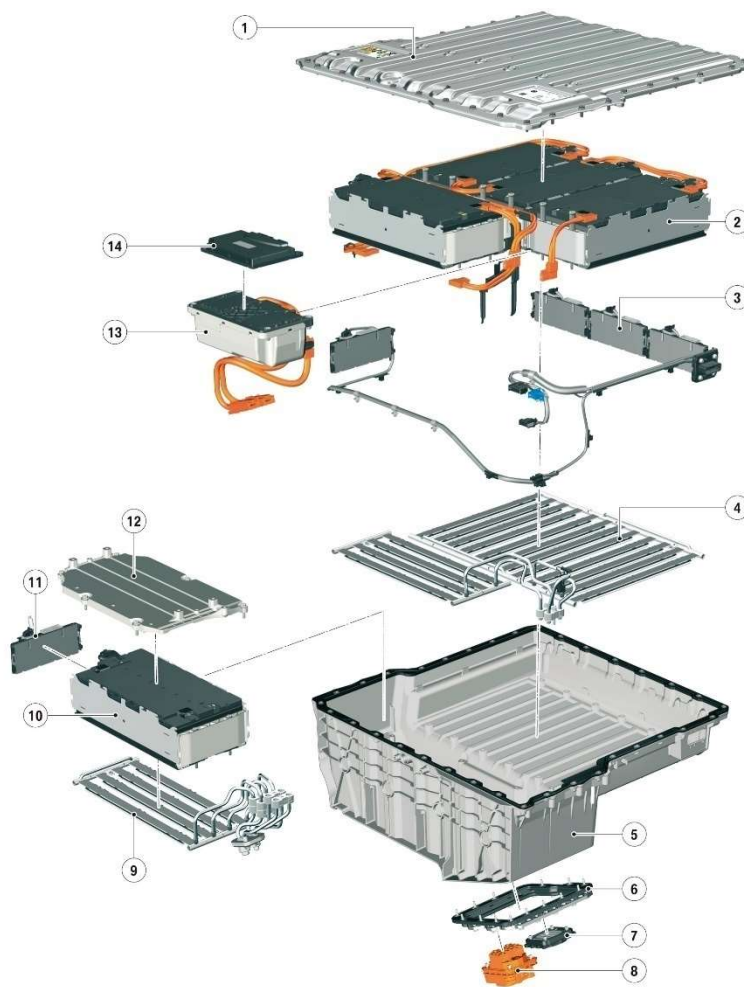
Η συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής είναι σφιχτά συνδεδεμένη με τη μονάδα ελέγχου SME και ενεργοποιείται απευθείας από αυτή. Σε κατάσταση εκτός τάσης η βαλβίδα είναι κλειστή, δηλαδή δεν ρέει ψυκτικό μέσο στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Η βαλβίδα διαθέτει αποκλειστικά και μόνο τις θέσεις "κλειστό" και "ανοικτό". Η ποσότητα του ψυκτικού μέσου που εισρέει ρυθμίζεται θερμικά. Η μονάδα εξαέρωσης βρίσκεται στο επάνω τμήμα του περιβλήματος.



Εικόνα 19: Βίδες, 2) Μονάδα εξαέρωσης. Πηγή: BMW AG

Η μπαταρία υψηλής τάσης SP09 αποτελείται από τα εξής κύρια εξαρτήματα:

- 1) Μονάδες στοιχείων με τα στοιχεία καθαυτά
- 2) Ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων
- 3) Κουτί ασφαλείας S-Box
- 4) Μονάδα ελέγχου ηλεκτρονικών διαχείρισης συσσωρευτή SME
- 5) Εναλλάκτης θερμότητας θέρμανσης τριών τμημάτων
- 6) Πλεξούδες καλωδίων
- 7) Συνδέσεις (ηλεκτρικά, ψυκτικό μέσο, απαερίωση)
- 8) Τμήματα κελύφους και στερέωσης.



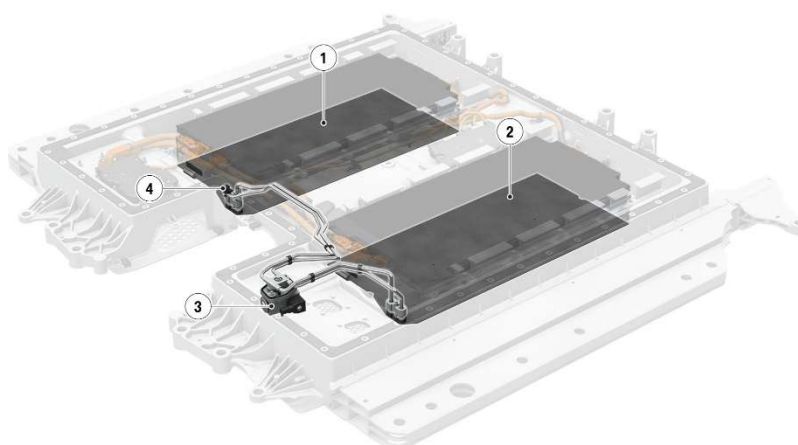
Εικόνα 20: 1) Καπάκι, 2) Επάνω μονάδες στοιχείων, 3) Ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων επάνω μονάδες, 4) Εναλλάκτης θερμότητας-επάνω μέρος, 5) Κέλυφος, 6)Τσιμούχα, 7) Μονάδα εξαέρωσης, 8) Φις υψηλής τάσης, 9) Κάτω μέρος εναλλάκτη θερμότητας, 10) Κάτω μονάδα στοιχείων, 11)Ηλεκτρονικό σύστημα επιτήρησης στοιχείων κάτω μονάδας, 12)Πλαίσιο στήριξης για την πάνω μονάδα στοιχείων, 13)Κουτί ασφαλείας, 14)Ηλεκτρονικά διαχείρισης συσσωρευτή. Πηγή: BMW AG

Στα μηχανικά εξαρτήματα της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης ανήκουν τα εξής:

- 1) Το καπάκι και το κάτω τμήμα περιβλήματος
- 2) Η τσιμούχα ανάμεσα στο καπάκι και στο κάτω τμήμα περιβλήματος
- 3) Οι επάνω και ο κάτω εναλλάκτης θερμότητας
- 4) Η μονάδα εξαέρωσης,
- 5) Συνδετική ενίσχυση μονάδων στοιχείων
- 6) Συγκρατητήρας για τα SME και το κουτί ασφαλείας.

4.8 Σύστημα Ψύξης

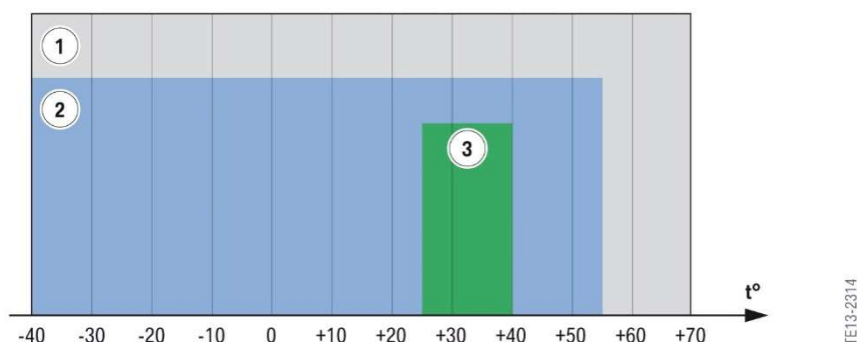
Η ιδανική περιοχή θερμοκρασίας των στοιχείων μπαταρίας αναφορικά με τη διάρκεια ζωής και την ικανότητα ισχύος βρίσκεται μεταξύ $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όταν η θερμοκρασία των στοιχείων μπαταρίας βρίσκεται συνεχώς σημαντικά έξω από αυτήν την περιοχή με ταυτόχρονα υψηλή ισχύ απόδοσης, αυτό επηρεάζει αρνητικά τη διάρκεια ζωής των στοιχείων μπαταρίας. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το φαινόμενο και να διασφαλιστεί μια μέγιστη ικανότητα ισχύος σε όλες τις εξωτερικές θερμοκρασίες, η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης διαθέτει ψύξη που λειτουργεί αυτόματα. Για τον σκοπό αυτό όλοι οι μονάδες μπαταρίας υψηλής τάσης είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα ψυκτικού μέσου του κλιματισμού.



TH22-0630

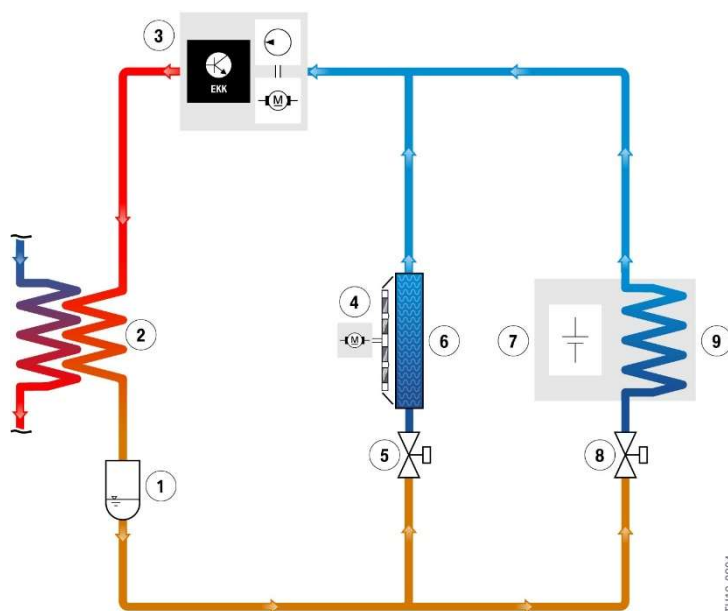
Εικόνα 21: 1) Εναλλάκτης θερμότητας μονάδας στοιχείων 2, 2) Εναλλάκτης θερμότητας μονάδας στοιχείων 1, 3) Συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, 4) Αισθητήρας θερμοκρασίας σωλήνα ψυκτικού μέσου. Πηγή: BMW AG

Για να μεγιστοποιηθεί η διάρκεια ζωής της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης και να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή απόδοση, η μπαταρία αυτή λειτουργεί σε μια καθορισμένη περιοχή θερμοκρασίας. Κατά κανόνα, η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης είναι έτοιμη για λειτουργία σε μια περιοχή από $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (πραγματική θερμοκρασία στοιχείων μπαταρίας). Η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης είναι ένα αδρανές σύστημα σχετικά με τη συμπεριφορά θερμοκρασίας. Δηλ. διαρκεί περισσότερες ώρες μέχρι τα στοιχεία μπαταρίας να πάρουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Μια σύντομη παραμονή σε εξαιρετικά θερμές ή ψυχρές συνθήκες δεν σημαίνει ότι οι τα στοιχεία της μπαταρίας έχουν αποκτήσει ήδη αυτή τη θερμοκρασία.



Εικόνα 22: 1) Γενική περιοχή θερμοκρασίας (περιοχή αποθήκευσης), 2) Περιοχή εργασίας της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, 3) Βέλτιστη περιοχή εργασίας της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης. Πηγή: BMW AG

Η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης ψύχεται απευθείας από το ψυκτικό μέσο R1234yf ή R134a (ανάλογα με την αγορά). Το κύκλωμα ψυκτικού μέσου του κλιματισμού αποτελείται για τον σκοπό αυτό από 2 παράλληλους κλάδους. Έναν για την ψύξη του χώρου επιβατών και έναν για την ψύξη της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης. Για κάθε κλάδο υπάρχει μια συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, ώστε να μπορούν να ελεγχθούν οι λειτουργίες κλιματισμού ανεξάρτητα μεταξύ τους. Τα ηλεκτρονικά διαχείρισης συσσωρευτή SME μπορούν εφαρμόζοντας μια τάση να ενεργοποιήσουν και να ανοίξουν τη συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης.

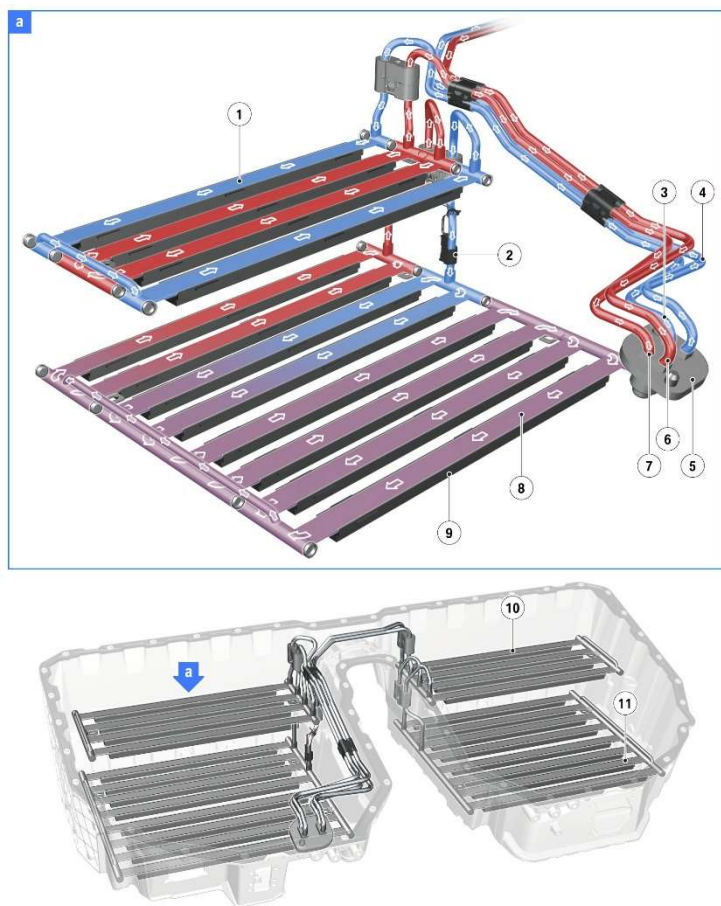


Εικόνα 23: 1) Δοχείο αφύγρανσης, 2) Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κλιματισμού (εναλλάκτης θερμότητας ψυκτικού υγρού - ψυκτικού μέσου), 3) Ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού ΕΚΚ, 4) Ανεμιστήρας χώρου επιβατών, 5) Συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής χώρου επιβατών, 6) Εξατμιστής χώρου επιβατών, 7) Μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, 8) Συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής για τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, 9) Εναλλάκτης θερμότητας. Πηγή: BMW AG

Με αυτό τον τρόπο το ψυκτικό μέσο μπορεί να ρέει στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, όπου διαστέλλεται, εξατμίζεται και απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον. Η ψύξη του χώρου επιβατών πραγματοποιείται επίσης σύμφωνα με τις ανάγκες. Η συνδυασμένη βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής πριν τον εξατμιστή μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί ηλεκτρικά από τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ΕΜΕ ή μια άλλη μονάδα ελέγχου.

Με τον ψεκασμό του ρευστού ψυκτικού μέσου στον εναλλάκτη θερμότητας το ψυκτικό μέσο εξατμίζεται. Το εξατμιζόμενο ψυκτικό μέσο απορροφά με αυτό τον τρόπο τον ατμοσφαιρικό αέρα και τον ψύχει. Στο τέλος ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού ΕΚΚ συμπιέζει το αερίωδες ψυκτικό μέσο κλιματισμού σε μια υψηλότερη τιμή πίεσης. Στη συνέχεια η θερμική ενέργεια εκπέμπεται μέσω του εναλλάκτη θερμότητας στο ψυκτικό υγρό και το ψυκτικό μέσο επιστρέφει και πάλι στην υγρή φυσική κατάσταση.

Στο εσωτερικό της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης ρέει το ψυκτικό μέσο μέσω σωλήνων και καναλιών ψύξης από αλουμίνιο. Το ψυκτικό μέσο που εισέρχεται μέσω του σωλήνα εισόδου κατανέμεται μετά από τη σύνδεση στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης στους εναλλάκτες θερμότητας. Το ψυκτικό μέσο που εισρέει από τον αγωγό παροχής κατανέμεται στους εναλλάκτες θερμότητας και απορροφά θερμότητα από τις μονάδες στοιχείων κατά τη διαδρομή του μέσα από τα κανάλια ψύξης. Στο τέλος, οι εναλλάκτες θερμότητας οδηγούνται και πάλι σε έναν κοινό αγωγό επιστροφής. Αυτός ο κοινός σωλήνας επιστροφής επιστρέφει το εξατμισμένο ψυκτικό μέσο στη σύνδεση της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης. Στον αγωγό παροχής ενός εναλλάκτη θερμότητας είναι τοποθετημένος ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, το σήμα του οποίου χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας ψύξης. Διαβάζεται απευθείας από τη μονάδα ελέγχου SME. Ανάλογα με τη δομή και τη γεωμετρία, χρησιμοποιούνται στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης πολλοί εναλλάκτες θερμότητας, εν μέρει σε διάφορα επίπεδα.

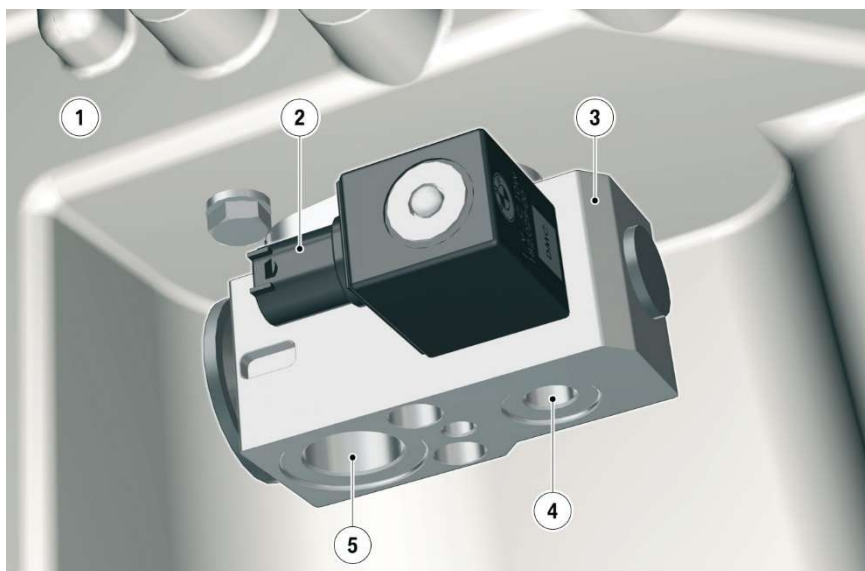


Εικόνα 24: Εναλλάκτης θερμότητας (αριστερά επάνω, κοιτάζοντας προς την κανονική κατεύθυνση κίνησης του οχήματος), 2) Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου, 3) Γραμμή τροφοδοσίας βαθμίδα πίεσης εναλλάκτη θερμότητας αριστερά (κοιτάζοντας προς την κανονική κατεύθυνση κίνησης του οχήματος), 4) Γραμμή τροφοδοσίας βαθμίδα πίεσης εναλλάκτη θερμότητας δεξιά, 5) Φλάντζα σύνδεσης για συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, 6) Αγωγός επιστροφής πλευράς εισαγωγής εναλλάκτη θερμότητας δεξιά, 7) Αγωγός επιστροφής πλευράς εισαγωγής εναλλάκτη θερμότητας αριστερά, 8) Εναλλάκτης θερμότητας (αριστερά κάτω), 9) Ελασματοειδής ράγα, 10) Εναλλάκτης θερμότητας (δεξιά επάνω), 11) Εναλλάκτης θερμότητας (αριστερά επάνω). Πηγή: BMW AG

Η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου δεν υπολογίζεται απευθείας. Αντίθετα, ο αισθητήρας θερμοκρασίας τοποθετείται σε ένα τμήμα του σωλήνα ψυκτικού στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Βάσει της θερμοκρασίας του σωλήνα ψυκτικού μπορεί να προσδιοριστεί η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου που εισρέει και η με αυτό τον τρόπο η διαθέσιμη ψυκτική ισχύς. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου είναι σφικτά συνδεδεμένος με τη μονάδα ελέγχου SME, στην οποία αξιολογείται το σήμα.

Η συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής μειώνει μέσω μιας στένωσης της διατομής ροής την πίεση του ψυκτικού μέσου και προκαλεί έτσι την εξάτμιση του ψυκτικού μέσου. Με αυτό τον τρόπο, απορροφάτε θερμότητα από το περιβάλλον και ψύχονται οι μονάδες στοιχείων. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα κλειδώματος του

κυκλώματος ψυκτικού, έτσι ώστε να μην εισρέει καθόλου ψυκτικό μέσο στον εναλλάκτη θερμότητας. Η συνδυασμένη βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής ελέγχεται ανάλογα με την υβριδική γενιά μέσω απευθείας καλωδίωσης από τη μονάδα ελέγχου SME ή την Combined Charging Unit CCU.



Εικόνα 25: 1) Κάτω τμήμα περιβλήματος της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, 2) Ηλεκτρική σύνδεση για συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, 3) Συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής, 4) Σύνδεση για σωλήνα πίεσης ψυκτικού μέσου, 5) Σύνδεση για σωλήνα αναρρόφησης ψυκτικού μέσου. Πηγή: BMW AG

Η ηλεκτρική ενεργοποίηση γνωρίζει 2 καταστάσεις: Μια τάση ενεργοποίησης 0 V σημαίνει ότι η βαλβίδα παραμένει κλειστή. Μια τάση ενεργοποίησης 12 V ανοίγει τη βαλβίδα. Όπως είναι γνωστό από τις συμβατικές βαλβίδες εκτόνωσης στα συστήματα κλιματισμού, αυτή η βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής ρυθμίζει αυτόματα τον βαθμό ανοίγματός της θερμικά, δηλαδή ανάλογα με τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου.

Από τις λειτουργίες του συστήματος ψύξης προκύπτουν 2 καταστάσεις λειτουργίας:

- 1) Ψύξη OFF
- 2) Ψύξη ON.

Οι καταστάσεις λειτουργίας χρησιμοποιούνται κυρίως ανάλογα με τις θερμοκρασίες των στοιχείων, την εξωτερική θερμοκρασία και την ισχύ, που λαμβάνεται από τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης ή διοχετεύεται σε αυτήν. Τα SME αποφασίζουν ανάλογα με τα μεγέθη εισόδου, ποιος τρόπος λειτουργίας είναι απαραίτητος. Η κατάσταση λειτουργίας Ψύξη OFF ρυθμίζεται, όταν οι θερμοκρασίες στοιχείων μπαταρίας βρίσκονται ήδη στην ιδανική περιοχή ή πιο κάτω. Αυτό συμβαίνει συνήθως, όταν το όχημα κινείται σε μέτριες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και με χαμηλή ηλεκτρική ισχύ. Η κατάσταση λειτουργίας

ψύξη OFF είναι ιδιαίτερα αποδοτική, καθώς δεν χρειάζεται πρόσθετη ενέργεια για την ψύξη της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης.

Τα συμμετέχοντα εξαρτήματα λειτουργούν εδώ ως εξής:

- 1) Ο ηλεκτρικός συμπίεσής κλιματισμού δεν βρίσκεται σε λειτουργία ή λειτουργεί με μειωμένη ισχύ, όταν ο χώρος επιβατών πρέπει να ψυχθεί.
- 2) Η συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης είναι κλειστή.

Εάν τα στοιχεία μπαταρίας σημειώσουν θερμοκρασίες γύρω στους περ. 30 °C, ξεκινά ήδη η ψύξη της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης. Η μονάδα ελέγχου SME αποστέλλει με 2 προτεραιότητες ένα αίτημα ανάγκης ψύξης στη μονάδα ελέγχου ΙΗΚΑ. Ο αυτόματος κλιματισμός αποφασίζει τότε, αν θα ψύχεται ο χώρος επιβατών, η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης ή και τα δύο. Όταν υπάρχει απαίτηση ανάγκης ψύξης με χαμηλή προτεραιότητα μέσω των SME και υψηλή ανάγκη ψύξης στον χώρο επιβατών, η απαίτηση ανάγκης ψύξης του αυτόματου κλιματισμού μπορεί να απορριφθεί. Σε περίπτωση αιτήματος ψύξης από τα SME με υψηλή προτεραιότητα ψύχεται ωστόσο πάντα η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Για την ψύξη, το ΙΗΚΑ διοχετεύει από τη διαχείριση ισχύος υψηλής τάσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα στο EME ή το CCU ηλεκτρική ισχύ για τον ηλεκτρικό συμπίεστή κλιματισμού.

Τα εξαρτήματα συμπεριφέρονται στην κατάσταση λειτουργίας ψύξη ως εξής:

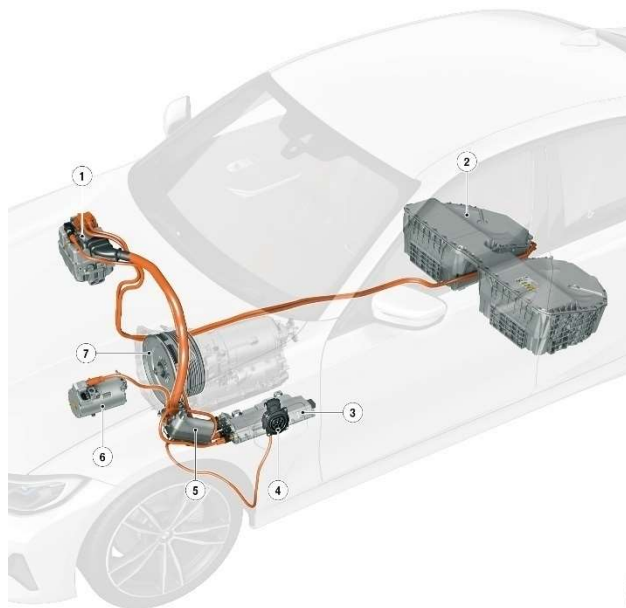
- 1) Η μονάδα ελέγχου ηλεκτρονικών διαχείρισης συσσωρευτή (SME) αναφέρει ανάγκη ψύξης.
- 2) Μετά την απελευθέρωση από τον αυτόματο κλιματισμό, η μονάδα ελέγχου SME ή CCU ενεργοποιεί τη συνδυαστική βαλβίδα εκτόνωσης και διακοπής στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Έτσι ανοίγει αυτή η βαλβίδα και το ψυκτικό μέσο ρέει μέσα στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης.
- 3) Ο ηλεκτρικός συμπίεσής κλιματισμού βρίσκεται σε λειτουργία.

Μέσω της πτώσης πίεσης μετά τη βαλβίδα εκτόνωσης εξατμίζεται το ψυκτικό μέσο στους σωλήνες και στα κανάλια ψύξης της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης. Σε αυτή τη διαδικασία, το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμική ενέργεια από τις μονάδες στοιχείων ή τα στοιχεία της μπαταρίας και τα ψύχει. Το εξατμισμένο ψυκτικό μέσο εξέρχεται στη συνέχεια από τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης, συμπυκνώνεται από τον ηλεκτρικό συμπίεστή κλιματισμού και υγροποιείται στον υδρόψυκτο συμπυκνωτή κλιματισμού. Παρά το ότι για αυτή τη διαδικασία απαιτείται ενέργεια από το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης, είναι τεράστιας σημασίας. Μόνο έτσι μπορεί να διασφαλιστεί μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλος βαθμός απόδοσης των στοιχείων της μπαταρίας. Εάν η θερμοκρασία των στοιχείων της μπαταρίας είναι καθαρά κάτω από την ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας των 20 °C, η αποδοτικότητά τους θα είναι προσωρινά

περιορισμένη και η ενεργειακή απόδοση και οικονομία της μετατροπής της ενέργειας όχι η ιδανική. Εδώ πρόκειται για ένα αναπόφευκτο, χημικό φαινόμενο των μπαταριών ιόντων λιθίου.

4.9 Διάγραμμα συνδεσμολογίας

Η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης διαθέτει εκτός από τη σύνδεση υψηλής τάσης και μια θύρα σύνδεσης προς το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12 V. Επιπλέον, οι μονάδες ελέγχου που είναι ενσωματωμένες στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης τροφοδοτούνται με τάση, σήματα διαύλου, αισθητήρων και επιτήρησης.



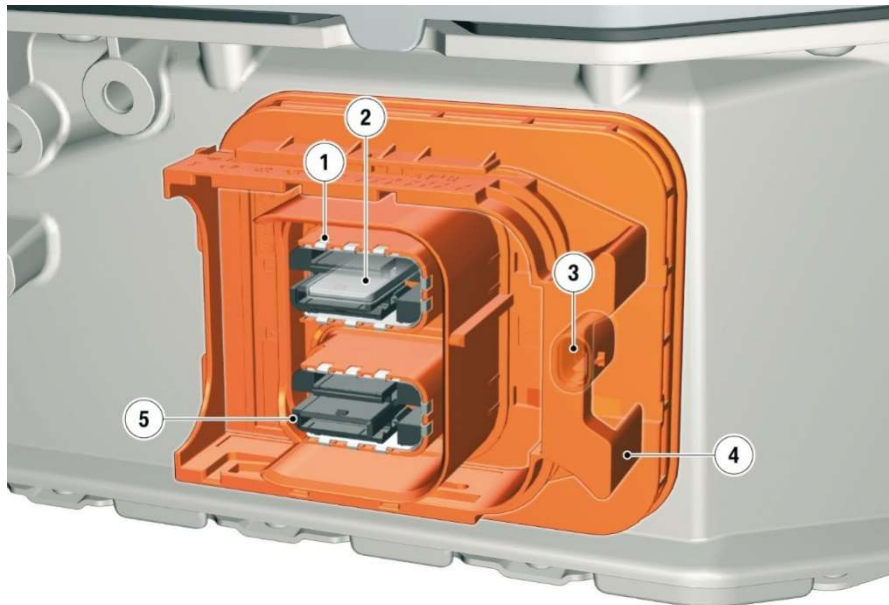
Εικόνα 26: 1) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME, 2) Μπαταρία υψηλής τάσης, 3) Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης KLE, 4) Υποδοχή φόρτισης υψηλής τάσης, 5) Ηλεκτρική θέρμανση EH, 6) Ηλεκτρικός συμπίεστης κλιματισμού EKK, 7) Ηλεκτροκινητήρας EM. Πηγή: BMW AG

4.9.1 Σύνδεση υψηλής τάσης

Στη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης υπάρχουν μία ή περισσότερες συνδέσεις υψηλής τάσης, με τις οποίες η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης συνδέεται με το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης.

Γύρω από τις δύο ηλεκτρικές επαφές των αγωγών υψηλής τάσης υπάρχει από μία επαφή για θωράκιση. Με αυτόν τον τρόπο συνεχίζεται η θωράκιση του αγωγού υψηλής τάσης (μία θωράκιση ανά αγωγό) μέχρι το περίβλημα της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης.

- 1) Η θωράκιση είναι απαραίτητη για την αυτόματη επιτήρηση μόνωσης.
- 2) Η θωράκιση συμβάλλει στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα EMV.



Εικόνα 27: 1)Επαφή για θωράκιση, 2) Επαφή για καλώδιο υψηλής τάσης, 3) Υποδοχή με σύνδεση για τη γέφυρα στο ηλεκτρικό κύκλωμα της επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης, 4) Μηχανικός ολισθητήρας, 5) Προστασία επαφής. Πηγή: BMW AG

Η σύνδεση υψηλής τάσης παρέχει επίσης προστασία από την επαφή με εξαρτήματα υπό τάση. Η σύνδεση υψηλής τάσης της μπαταρίας μπορεί, όπως και όλα τα υπόλοιπα επιμέρους εξαρτήματα της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, να αντικατασταθεί ως ξεχωριστό εξάρτημα. Προϋποθέσεις για αυτό είναι η χρήση εξειδικευμένων συνεργατών σέρβις καθώς και η ακριβής τήρηση των οδηγιών επισκευής.

Ανάλογα με τη γενιά μπαταρίας υψηλής τάσης διαφοροποιούνται οι συνδέσεις υψηλής τάσης.

4.9.2 Χαλασμένες μπαταρίες υψηλής τάσης

Μία μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης θεωρείται ότι έχει υποστεί ζημιά, εάν παρουσιάζει:

- 1) Εμφανή καμένα σημεία
- 2) Αισθητή ανάπτυξη θερμότητας
- 3) Διαρροή καπνού
- 4) Παραμόρφωση ή ρωγμές στην εξωτερική επένδυση.

Οι μονάδες μπαταρίας υψηλής τάσης που έχουν υποστεί ζημιά πρέπει να αποθηκεύονται προσωρινά σε υπαίθριο χώρο και σε δοχείο με ειδική σήμανση για τουλάχιστον 48 ώρες, πριν απορριφθούν οριστικά.

Η θέση αποθήκευσης πρέπει να έχει απόσταση τουλάχιστον 5 m από κτίρια, οχήματα ή άλλα εύφλεκτα υλικά, όπως για παράδειγμα οι κάδοι απορριμμάτων. Οι μονάδες μπαταρίας υψηλής τάσης, που παρουσιάζουν εξωτερικές ζημιές, πρέπει να

αποθηκεύονται σε λεκάνη ανθεκτική σε οξέα και επαρκούς μεγέθους, για να αποφευχθεί η εισχώρηση υπερχειλισμένου ηλεκτρολύτη στο έδαφος. Επίσης πρέπει να αποτρέπεται η ανεξέλεγκτη απορροή του νερού πυρόσβεσης.

4.9.3 Ανακύκλωση μπαταριών υψηλής τάσης

Οι απαρχές της ανακύκλωσης μπαταριών στοιχείων ιόντων λιθίου βρίσκονται στην ανακύκλωση στοιχείων μπαταριών γενικής καταναλωτικής χρήσης και οι περισσότερες από τις επιτυχημένες εξειδικευμένες επιχειρήσεις απόρριψης βιομηχανικών στοιχείων μπαταριών προέρχονται από αυτό το περιβάλλον. Εδώ βρίσκεται και η αιτία για τον χαμηλό αριθμό εξειδικευμένων επιχειρήσεων απόρριψης βιομηχανικών στοιχείων μπαταριών, καθώς οι επενδύσεις σε νέες εγκαταστάσεις έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος και ο χρόνος που απαιτείται για την αποσυναρμολόγηση των βιομηχανικών στοιχείων μπαταριών στο μέγεθος που είναι αναγκαίο για τις υπάρχουσες διαδικασίες είναι πολύ υψηλός. Η αποσυναρμολόγηση των βιομηχανικών στοιχείων μπαταριών προϋποθέτει επίσης την αντίστοιχη κατάρτιση των συνεργατών. Προς το παρόν υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός εξειδικευμένων επιχειρήσεων απόσυρσης παγκοσμίως, οι οποίες μπορούν να ανακυκλώσουν βιομηχανικές μπαταρίες και μπαταρίες οχημάτων. Αυτές βρίσκονται κυρίως στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική και σε τμήματα της Ασίας. Αιτία για αυτό είναι η ιστορική εξέλιξη λόγω των νομικών συνθηκών στις εκάστοτε χώρες. Σε πολλές χώρες εκπονήθηκαν και εκπονούνται αυτή τη στιγμή νέες νομοθεσίες (π.χ. Βραζιλία, Κίνα, Μεξικό κ.λπ.) για την ανακύκλωση των στοιχείων μπαταρίας. Έτσι υπάρχει π.χ. στην Κίνα ήδη ένας μεγάλος αριθμός προμηθευτών. Επίσης παρουσιάζονται νέες τεχνολογίες, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης ολόκληρης ή επιμέρους τμημάτων της διαδικασίας ανακύκλωσης σε κινητές μονάδες. Αυτό σημαίνει ότι στο μέλλον δεν θα πηγαίνουμε τις μπαταρίες στις εγκαταστάσεις, αλλά τις εγκαταστάσεις στις αποθηκευμένες μπαταρίες. Ταυτόχρονα αυξάνεται επίσης συνεχώς η ζήτηση για δευτερεύοντα υλικά από τις μπαταρίες και συνεπώς ο τομέας της απόρριψης αποκτά πλέον όλο και μεγαλύτερο οικονομικό ενδιαφέρον.

Επαρχιακό δίκτυο	Εταιρεία	Μέθοδος
Βέλγιο B	UMICORE	Υδρομεταλλουργικά και πυρομεταλλουργικά
Κίνα CN	BRUNP	Υδρομεταλλουργικά και πυρομεταλλουργικά
Γερμανία D	ACCUREC	Μηχ. διαδικασία στοιχείων και υδρο-πυρομεταλλουργικά
Γαλλία F	RECUPYL	Μηχ. διαδικασία στοιχείων και υδρομεταλλουργικά

Καναδάς CA	XstrataNiederlande N	Ενσωματωμένη στη μεταλλουργία Co, Ni
Κορέα KR	SungEel	
Ολλανδία NL	Xstrata	Ενσωματωμένη στη μεταλλουργία Co, Ni
Σουηδία S	UMICORE	Υδρομεταλλουργικά και πυρομεταλλουργικά
Ελβετία CH	BATREC	Μηχ. διαδικασία στοιχείων
Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής USA	ToxCo	Υδρομεταλλουργικά
Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής USA	INMETCO	Πυρομεταλλουργικά

Πίνακας 6: Πηγή: Bosch GmbH, Hitachi, Ltd

Γενικά μπορούμε να διαχωρίσουμε μεταξύ 2 διαδικασιών, που χρησιμοποιούνται για την ανακύκλωση των μπαταριών, των μονάδων και των στοιχείων ιόντων λιθίου. Οι περισσότερες εξειδικευμένες επιχειρήσεις απόρριψης εφαρμόζουν μεικτές μορφές αυτών των δύο μεθόδων για να μπορούν να ικανοποιούν τα ζητούμενα ποσοστά. Αφενός μεν χρησιμοποιείται η επονομαζόμενη υδρομεταλλουργική μέθοδος, η οποία είναι μια χημική μέθοδος. Η εξαγωγή των υλικών γίνεται εδώ μέσω οξέων, αλκαλικών διαλυμάτων, οργανικών διαλυμάτων και/ή βακτηρίων. Αφετέρου εφαρμόζεται η πυρομεταλλουργική μέθοδος, θερμική περαιτέρω επεξεργασία. Σε αυτή τη μέθοδο τήκονται με τη χρήση θερμοκρασίας οι μπαταρίες, οι μονάδες ή τα στοιχεία μπαταρίας και διαχωρίζονται τα μέταλλα. Τα οργανικά υλικά χάνονται σε αυτή τη μέθοδο, καίγονται.

Οι μονάδες στοιχείων που έχουν υποστεί ζημιά ή είναι ελαττωματικές μπορούν να αποσταλούν μέσω οδικής κυκλοφορίας ADR (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road) σύμφωνα με την Πολυμερή συμφωνία 259. Η πολυμερής συμφωνία έχει υπογραφεί μέχρι στιγμής από τις χώρες Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Γαλλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Κάτω Χώρες, Νορβηγία, Πορτογαλία, Σουηδία, Ελβετία, Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Για τον σκοπό αυτό πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- 1) Προσθέστε στα τεμάχια αποστολής την επιγραφή «Χαλασμένες/ελαττωματικές μπαταρίες ιόντων λιθίου» ή «Χαλασμένες/ελαττωματικές μπαταρίες λιθίου-μετάλλου».

- 2) Συσκευάστε τα στοιχεία μπαταρίας και τις μπαταρίες σύμφωνα με τις οδηγίες συσκευασίας P908 ή LP904.
- 3) Στο δελτίο μεταφοράς πρέπει να περιλαμβάνεται η σημείωση "Η μεταφορά συμφωνήθηκε σύμφωνα με τους όρους της ενότητας 1.5.1 του ADR (M259)".
- 4) Κάθε μεταφορά πρέπει να δηλώνεται στην αρμόδια υπηρεσία της εκάστοτε αγοράς (δεν απαιτείται η χορήγηση άδειας). Στην αγορά της Γερμανίας αρμόδια είναι για παράδειγμα η υπηρεσία BAM, Ομοσπονδιακό ινστιτούτο ερευνών και δοκιμών στον τομέα των υλικών.
- 5) Τα στοιχεία μπαταρίας και οι μπαταρίες που υπό κανονικές συνθήκες μεταφοράς ενδέχεται να οδηγήσουν σε ταχεία αποσύνθεση, επικίνδυνη αντίδραση, πρόκληση φλόγας, επικίνδυνη έκλυση θερμότητας ή επικίνδυνη έκλυση δηλητηριωδών, ερεθιστικών ή εύφλεκτων αερίων ή ατμών, επιτρέπεται να μεταφέρονται μόνο υπό τους όρους που έχουν καθοριστεί από τις αρμόδιες αρχές.

Κεφάλαιο 5 – Φόρτιση

Για τη φόρτιση χρειάζονται εξαρτήματα και εντός του οχήματος και εκτός του οχήματος. Στο όχημα χρειάζεται μία υποδοχή φόρτισης και ένα σύστημα ηλεκτρονικών ισχύος για τη μετατροπή τάσης. Εκτός του οχήματος χρειάζεται εκτός του δικτύου εναλλασσόμενης τάσης και του καλωδίου φόρτισης μία ακόμη συσκευή, που εκτελεί λειτουργίες προστασίας και ελέγχου. Η φόρτιση μπορεί να γίνεται με εναλλασσόμενο και αναλόγως του εξοπλισμού και με συνεχές ρεύμα. Με την πρώτη αναβάθμιση μπαταρίας στις 94 Ah διατέθηκε μια περαιτέρω παραλλαγή της φόρτισης AC. Με την πολυφασική φόρτιση AC διατίθεται τώρα αναλόγως της υποδομής η δυνατότητα φόρτισης της μπαταρίας με έως και 11 kWh. Αυτές οι λειτουργίες φόρτισης υιοθετούνται και για την μπαταρία υψηλής τάσης 120 Ah.



Εικόνα 28: A) Φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος στάνταρ 2,4kw, B) Φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος μονοφασική ή πολυφασική 3,7-11kw, C) Φόρτιση με συνεχές ρεύμα CHAdeMO 50kw Ιαπωνία, D) Φόρτιση με συνεχές ρεύμα COMBO 50kw (Ταχυφόρτιση). Πηγή: BMW AG

Ανάλογα με την έκδοση χώρας και στην υποδομή υπάρχουν διάφορες δυνατότητες φόρτισης. Μαζί με τις 3 ειδικές για κάθε όχημα παραλλαγές χώρας EU, CH, US/JP προκύπτουν συνολικά 18 διαφορετικά καλώδια φόρτισης με τα οποία καλύπτονται παγκοσμίως οι συνολικές ανάγκες. Ο Electrical Vehicle Supply Equipment EVSE είναι ίδιος σε όλες τις παραλλαγές. Για την προστασία των πριζών δικτύου μετριέται στον ρευματολήπτη η θερμοκρασία και στις δύο φάσεις. Αν η θερμοκρασία υπερβεί μια καθορισμένη τιμή, μειώνεται η λήψη ρεύματος από τον EVSE. Η μέγιστα επιτρεπόμενη λήψη ρεύματος είναι τα 10 A.

Πίνακας 7: Πηγή: BMW AG

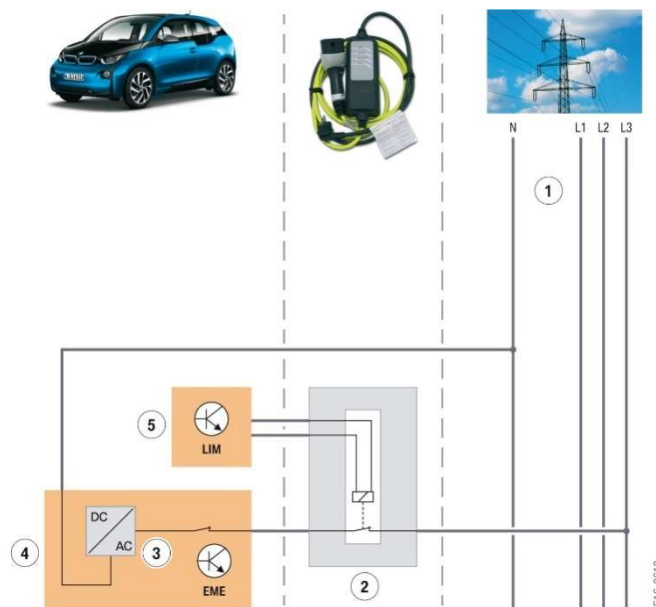
Εφικτή μονάδα φόρτισης	Τυπικό καλώδιο φόρτισης	Wallbox	Wallbox	DC-Charger
Παραλλαγή	Πρότυπο	Προαιρετικός εξοπλισμός ταχυφόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος	Προαιρετικός εξοπλισμός ταχυφόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος πολυφασική	Προαιρετικός εξοπλισμός ταχυφόρτιση συνεχούς ρεύματος
Μέγιστη ισχύς φόρτισης	2,4 kW	7,4 kW	22 kW wallbox 11 kW όχημα	50 kW
Φάσεις	1 φάσεων	1 φάσεων	3 φάσεων	3 φάσεων

Αν ο πελάτης δεν παραγγείλει άλλη επιλογή φόρτισης, τότε το όχημα εξοπλίζεται με τη στάνταρ λειτουργία φόρτισης. Εδώ υπάρχει στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ένας μετατροπέας AC/DC με μέγιστη ισχύ 3,7 kW. Το παραδιδόμενο στάνταρ καλώδιο φόρτισης μπορεί αναλόγως της υποδομής να μεταδίδει έως και 2,4 kW ισχύ φόρτισης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα.



Εικόνα 29: Καλώδιο φόρτισης κατάλληλο για όλους τους τύπους φόρτισης, Πηγή: BMW AG

Από τον Μάρτιο του 2017 χρησιμοποιήθηκε παγκοσμίως ένα εντελώς νέας εξέλιξης καλώδιο φόρτισης σε όλες τις παραλλαγές. Η νέα εξέλιξη έγινε αναγκαία, καθώς στα μέσα του έτους τέθηκε σε ισχύ ένα νέο διεθνές πρότυπο για τα καλώδια φόρτισης και για αυτό υπήρξε αναγκαία η προσαρμογή των καλωδίων φόρτισης.



Εικόνα 30: 1)Δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος της υποδομής, 2)Καλώδιο φόρτισης με EVSE, 3)Μετατροπέας AC/DC, 4)Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 5)Μονάδα διεπαφής φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Η ισχύς είναι η ικανότητα πραγματοποίησης μιας εργασίας εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Η ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται από το γινόμενο της τάσης U , μετρημένης σε Volt, και της έντασης ρεύματος I , μετρημένης σε Αμπέρ.

$$P = U \cdot I$$

Η μονάδα της ηλεκτρικής ισχύος είναι το Watt W.

Παραδειγματική εικόνα: Μια πρίζα παρέχει τάση 230 Volt. Όταν η ένταση του ρεύματος είναι 10 Αμπέρ, το όχημα μπορεί να φορτιστεί με περίπου 2300 Watt ή 2,3 Kilowatt ($P = 230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2300 \text{ W} = 2,3 \text{ kW}$).

Εάν η συγκεκριμένη ηλεκτρική ισχύς δεν είναι διαθέσιμη μόνο σε μία φάση, αλλά σε 3 φάσεις, μπορεί στον ίδιο χρόνο να ληφθεί τριπλάσια ισχύς ($P = 230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} \cdot 3 = 6900 \text{ W} = 6,9 \text{ kW}$).

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης είναι η διαθέσιμη περιεκτικότητα ενέργειας, η οποία δηλώνεται σε κιλοβατώρα kWh. Η περιεκτικότητα ενέργειας παρέχει πληροφορίες για το πόση ηλεκτρική

εργασία W μπορεί να πραγματοποιήσει η αποθηκευμένη ενέργεια της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης εντός ενός χρονικού διαστήματος.

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Για το γινόμενο του ρεύματος και της τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλεκτρική ισχύς P . Συνεπώς προκύπτει το εξής:

$$W = P \cdot t$$

Παραδειγματική εικόνα: Εάν από τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης έχει ληφθεί ισχύς 10 kW εντός χρονικού διαστήματος 3,5 h, τότε η ενέργειά της πραγματοποιεί ηλεκτρική εργασία 35 kWh ($W = 10 \text{ kW} \cdot 3,5 \text{ h} = 35 \text{ kWh}$). Ή αντιστρόφως, μπορεί για παράδειγμα μια μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης με περιεκτικότητα ενέργειας 35 kWh να παράσχει μια ηλεκτρική ισχύ 10 kW για 3,5 h.

Εάν είναι γνωστή η χωρητικότητα C και την ονομαστική τάση U της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης, μπορεί επίσης βάσει αυτών των στοιχείων να υπολογίσει την περιεκτικότητα ενέργειάς της.

$$W = C \cdot U$$

Παραδειγματική εικόνα: Ένα ηλεκτρικό όχημα διαθέτει χωρητικότητα μπαταρίας C 100 αμπερωρίων (Ah). Σε ονομαστική τάση 350 V, η περιεκτικότητα ενέργειας της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης ανέρχεται σε 35 kWh ($W = 100 \text{ Ah} \cdot 350 \text{ V} = 35 \text{ kWh}$).

Η περιεκτικότητα ενέργειας δηλώνεται συχνά με 2 τιμές: μικτά και καθαρά. Η **μικτή περιεκτικότητα ενέργειας** περιγράφει την πραγματική αποθηκευμένη ποσότητα ενέργειας. Στα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα δεν αξιοποιείται η συνολική περιεκτικότητα ενέργειας, αλλά μια κάπως μικρότερη αναλογία, η επονομαζόμενη **καθαρή περιεκτικότητα ενέργειας**.

Ταυτόχρονα, η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης δεν εκφορτίζεται και δεν φορτίζεται ποτέ πλήρως, έτσι ώστε να καταστεί εφικτή μια σαφώς υψηλότερη ισχύς μπαταρίας σε όλη τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Η διάρκεια φόρτισης εξαρτάται κυρίως από την καθαρή περιεκτικότητα ενέργειας της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης και από την παρεχόμενη σε αυτήν ισχύ φόρτισης.

Παραδειγματική εικόνα: Ένας σταθμός φόρτισης διαθέτει, σε τάση 230 V, 3-φασικό ρεύμα 16 A. Έτσι προκύπτει μια πιθανή ισχύς φόρτισης 11 kW ($P = 230 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} \cdot 3 = 11 \text{ kW}$).

Συνεπώς, για μια καθαρή περιεκτικότητα ενέργειας 30 kWh προκύπτει διάρκεια φόρτισης 2,7 h ($t = W_{\text{καθαρά}} : P = 30 \text{ kWh} : 11 \text{ kW} = 2,7 \text{ h}$).

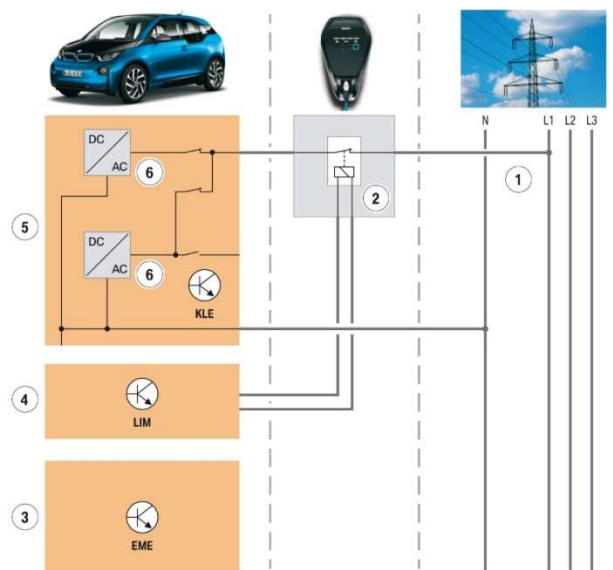
Η φόρτιση με υψηλές τιμές ισχύος ή/και υψηλές εντάσεις ρεύματος θέτει υψηλές απαιτήσεις για όλα τα συμμετέχοντα εξαρτήματα – ξεκινώντας με τον σταθμό φόρτισης, τους αγωγούς υψηλής τάσης και τα εξαρτήματα υψηλής τάσης, μέχρι τα επιμέρους στοιχεία μπαταρίας. Συνεπώς, η μέγιστη ισχύς φόρτισης ή/και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης επιτυγχάνονται μόνο σε άριστες συνθήκες πλαισίου.

Οι παρακάτω παράγοντες και συνθήκες ενδέχεται να μειώσουν σημαντικά το ρεύμα φόρτισης και συνεπώς να αυξήσουν τη διάρκεια φόρτισης:

- 1) Το μέγιστο διαθέσιμο ρεύμα φόρτισης του σταθμού φόρτισης
- 2) Η κατάσταση φόρτισης της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης
- 3) Η θερμοκρασία της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης
- 4) Ο κλιματισμός εσωτερικού χώρου οχήματος κατά την ώρα αναχώρησης
- 5) Η κατάσταση γήρανσης της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης
- 6) Ο αριθμός των διαδικασιών φόρτισης DC.

5.1 Μονοφασική λειτουργία φόρτισης

Για τη φόρτιση AC με 7,4 kW χρειάζονται τα ίδια εξαρτήματα όπως στη φόρτιση AC με 3,7 kW. Για την πρόσθετη ισχύ φόρτισης 3,7 kW τοποθετείται εκτός από το νέο καλώδιο φόρτισης ένα νέο περαιτέρω εξάρτημα — τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης.



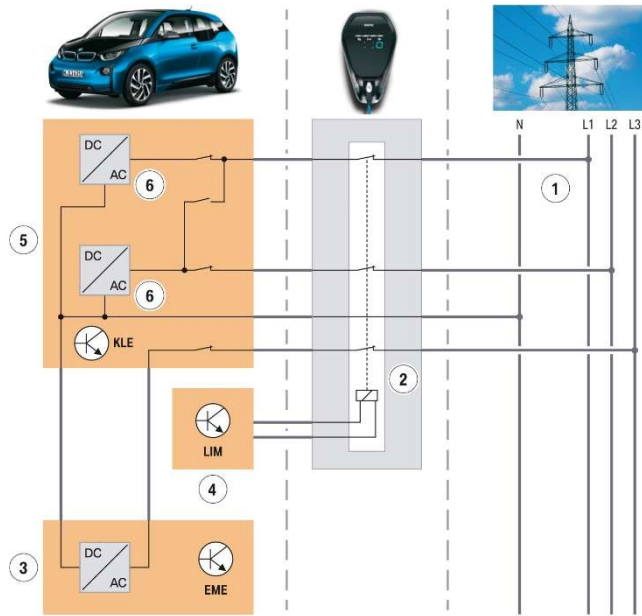
Εικόνα 31: 1)Δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος της υποδομής, 2)Wallbox, 3)Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 4)Μονάδα διεπαφής φόρτισης, 5)Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 6)Μετατροπείς AC/DC. Πηγή: BMW AG

5.2 Τριφασική λειτουργία φόρτισης

Με το λανσάρισμα της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης 94 Ah δημιουργήθηκε μια περαιτέρω δυνατότητα φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα (φόρτιση AC). Για να μην

αυξάνονται οι χρόνοι φόρτισης, καθιερώθηκε η 3φασική φόρτιση με έως και 11 kW. Αυτό είναι διαθέσιμο μόνο στις αγορές B1/B6 (Ευρώπη). Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φόρτιση AC 11 kW, απαιτείται μια ιδιαίτερη υποδομή.

- 1) 3φασική διαθεσιμότητα δικτύου 3 επί 16 A/230 V
- 2) Ειδικό wallbox
- 3) Ειδική υποδομή οχήματος ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης και ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα με 3 μετατροπείς AC/DC με από 3,7 kW.



Εικόνα 32: 1)Δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος της υποδομής, 2)Wallbox, 3)Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 4)Μονάδα διεπαφής φόρτισης, 5)Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 6)Μετατροπέας AC/DC. Πηγή: BMW AG

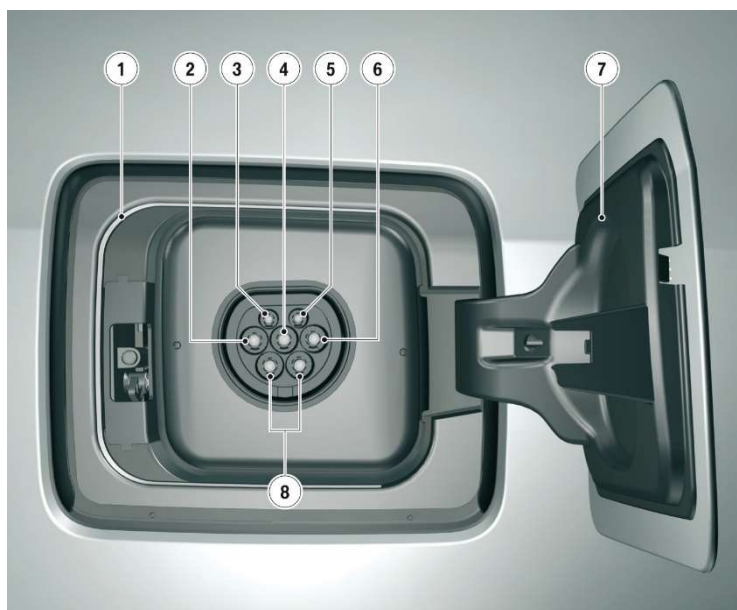
Για να είναι εφικτή η χρήση της 3φασικής φόρτισης AC, πρέπει να παραγγελθεί ο προαιρετικός εξοπλισμός SA 4U6. Ο προαιρετικός εξοπλισμός SA 4U6 περιλαμβάνει ομοίως τα νέα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Πρόσθετα υπάρχουν τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα με ενσωματωμένο μετατροπέα AC/DC. Συνεπώς διατίθενται συνολικά τρεις μετατροπείς AC/DC με εκάστοτε 3,7 kW που αντιστοιχούν σε συνολική ισχύ περ. 11 kW. Ως οικιακή σύνδεση πρέπει να υπάρχει υποδομή με 11 kW ισχύ σύνδεσης. Κατά τη φόρτιση κατανέμεται η 3φασική ισχύς φόρτισης στους δύο μετατροπείς AC/DC στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης καθώς και στον μετατροπέα AC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα.

5.3 Λειτουργία φόρτισης DC έως 50kw

Αν το όχημα διαθέτει τον προαιρετικό εξοπλισμό SA 4U7, είναι εφικτή η φόρτιση DC με έως 50 kW. Για αυτό υπάρχει στο όχημα ένα ειδικό φως φόρτισης και τα ηλεκτρονικά

άνετης φόρτισης είναι εξοπλισμένα με δύο ξεχωριστούς επαφείς για τη φόρτιση με συνεχές ρεύμα.

Η υποδοχή φόρτισης συνήθως βρίσκεται ακριβώς στο σημείο, στο οποίο στα συμβατικά αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης βρίσκεται το στόμιο πλήρωσης καυσίμου. Με τον ίδιο τρόπο, που σε ένα συμβατικό όχημα πρέπει να ανοίξει το πορτάκι τάπας ρεζερβουάρ, πρέπει να ανοίξει το κάλυμμα υποδοχής φόρτισης. Με το πάτημα του καλύμματος υποδοχής φόρτισης, ενεργοποιείται το πλήκτρο απασφάλισης και έτσι απασφαλίζει το κάλυμμα υποδοχής φόρτισης. Η υποδοχή φόρτισης καθαυτή προστατεύεται στη συνέχεια με ένα περαιτέρω καπάκι από την υγρασία και τη ρύπανση. Η υποδοχή φόρτισης πληροί στη συνέχεια την κατηγορία προστασίας IP5K5.

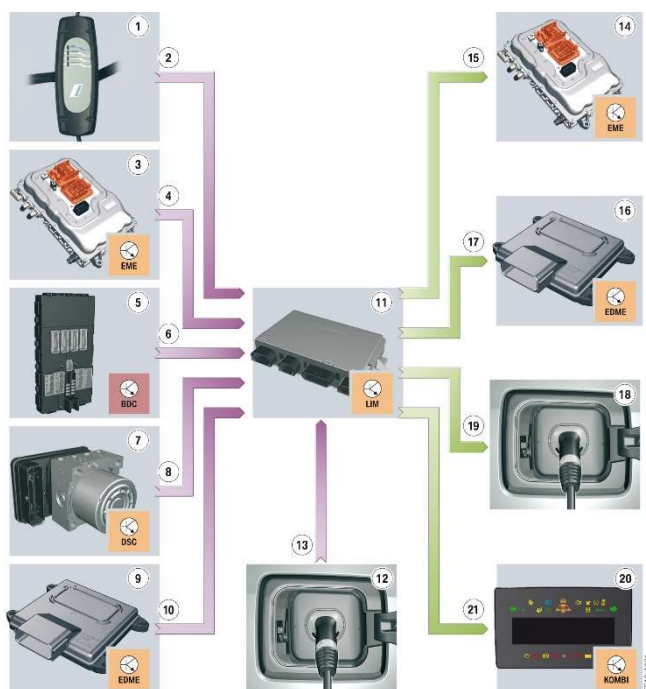


Εικόνα 33: 1) Φωτισμός αναζήτησης, 2) Σύνδεση για φάση L1, 3) Σύνδεση για καλώδιο αναγνώρισης φως φόρτισης, 4) Σύνδεση για αγωγό γείωσης ασφαλείας PE, 5) Σύνδεση για καλώδιο Pilot, 6) Σύνδεση για ουδέτερο αγωγό N, 7) Καπάκι φόρτισης, 8) Συνδέσεις χωρίς λειτουργία. Πηγή: BMW AG

Τα καλώδια υψηλής τάσης της υποδοχής φόρτισης συνδέονται με τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα. Η φάση L1 και ο ουδέτερος αγωγός N έχουν σχεδιαστεί ως θωρακισμένο καλώδιο υψηλής τάσης και τερματίζουν με ένα επίπεδο φως υψηλής τάσης στη σύνδεση εναλλασσόμενου ρεύματος των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα. Ο αγωγός Pilot και ο αγωγός Proximity αποτελούν απλά καλώδια σήματος. Αυτά τα καλώδια σήματος είναι επίσης θωρακισμένα και τερματίζουν σε ένα φως στη μονάδα interface φόρτισης μονάδα διεπαφής φόρτισης. Ο αγωγός γείωσης ασφαλείας συνδέεται πολύ κοντά στην υποδοχή φόρτισης ηλεκτρικά με τη γείωση οχήματος. Με αυτό τον τρόπο γειώνεται η γείωση του οχήματος. Το φως φόρτισης ασφαλίζεται ηλεκτρικά στην υποδοχή φόρτισης. Η ηλεκτρική ασφάλιση παραμένει ενεργή, όσο υπάρχει ροή ρεύματος φόρτισης. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η δημιουργία ηλεκτρικού τόξου κατά την αποσύνδεση του καλωδίου φόρτισης υπό φορτίο (ενώ δηλαδή ρέει ρεύμα). Γύρω από την

υποδοχή φόρτισης στο όχημα υπάρχει ένας αγωγός οπτικών ινών σχήματος C. Με τη βοήθειά του είναι δυνατή η απεικόνιση της κατάστασης για τη φόρτιση. Ο φωτισμός του αγωγού οπτικών ινών γίνεται με δύο LED που ελέγχονται από τη μονάδα διεπαφής φόρτισης. Η υποδοχή φόρτισης στο όχημα επιτρέπεται να αντικαθίσταται μόνο από κοινού με το καλώδιο υψηλής τάσης ως ένα ενιαίο σύνολο.

Η μονάδα interface φόρτισης καθιστά εφικτή την επικοινωνία μεταξύ του οχήματος και του σταθμού φόρτισης.



Εικόνα 34: 1) Electric vehicle supply equipment, 2) Πληροφορίες δικτύου (εναλλασσόμενο ρεύμα, διαθέσιμη ένταση κτλ.), 3) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 4) Ζητούμενη ισχύς φόρτισης, τάσης φόρτισης και ένταση ρεύματος φόρτισης, 5) Body domain controller BDC, 6) Κατάσταση ακροδέκτη, 7) Δυναμικός έλεγχος ευστάθειας, 8) Ταχύτητα οχήματος, 9) Ηλεκτρικά ψηφιακά ηλεκτροκινητήρα, 10) Κατάσταση του μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων, 11) Μονάδα interface φόρτισης, 12) Υποδοχή φόρτισης στο όχημα, 13) Κατάσταση καπακιού υποδοχής φόρτισης και φως φόρτισης, 14) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 15) Πραγματική τιμή της ρυθμισμένης ισχύος φόρτισης, τάσης φόρτισης και έντασης ρεύματος φόρτισης, έγκριση λειτουργίας φόρτισης, 16) Ηλεκτρικά ψηφιακά ηλεκτροκινητήρα, 17) Ένδειξη σύνδεσης καλωδίου φόρτισης, 18) Υποδοχή φόρτισης, 19) Ενεργοποίηση led, 20) Πίνακας οργάνων, 21) Σήματα για την ένδειξη πληροφοριών φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Οι κύριες λειτουργίες της μονάδας interface φόρτισης είναι οι εξής:

- 1) Επικοινωνία με EVSE μέσω των αγωγών ελέγχου και αναγνώρισης φως φόρτισης
- 2) Συντονισμός της διαδικασίας φόρτισης

- 3) Ενεργοποίηση των LED για ένδειξη της κατάστασης φόρτισης
- 4) Ενεργοποίηση του μοτέρ για την ασφάλιση του καπακιού υποδοχής φόρτισης
- 5) Ενεργοποίηση του μοτέρ για την ασφάλιση του φις φόρτισης.

5.4 Κατάσταση φόρτισης

Ο φωτισμός αναζήτησης της υποδοχής φόρτισης χρησιμεύει στον οδηγό ως βοήθεια προσανατολισμού κατά τη σύνδεση και αποσύνδεση του φις φόρτισης.



Εικόνα 35: Απεικόνιση λευκού LED σε λειτουργία. Διαδικασία ανοίγματος θύρας φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Οι δύο LED ανάβουν σε λευκό χρώμα μόλις ανοίξει το πορτάκι φόρτισης. Ο φωτισμός αναζήτησης παραμένει ενεργοποιημένος, όσο είναι ενεργά τα συστήματα διαύλου. Μόλις αναγνωριστεί ότι ένα φις φόρτισης έχει συνδεθεί σωστά, απενεργοποιείται ο φωτισμός αναζήτησης και εμφανίζεται η κατάσταση αρχικοποίησης. Η αρχικοποίηση ξεκινά αμέσως μετά από τη σωστή σύνδεση του φις φόρτισης. Η φάση αρχικοποίησης διαρκεί έως και 10 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 36: Απεικόνιση πορτοκαλί LED σε λειτουργία. Διαδικασία σωστής σύνδεσης φης φόρτισης.
Πηγή: BMW AG

Κατά τη διαδικασία αυτή, τα LED αναβοσβήνουν σε πορτοκαλί χρώμα με συχνότητα 1 Hz. Μετά την επιτυχή αρχικοποίηση μπορεί να ξεκινήσει η φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης.

Φόρτιση ενεργή: Η τρέχουσα ενεργή διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας υψηλής τάσης υποδεικνύεται με το αναβόσβημα των LED σε μπλε χρώμα. Η συχνότητα αναβοσβήματος είναι περ. 0,7 Hz.



Εικόνα 37: Απεικόνιση μπλε LED σε λειτουργία. Διαδικασία φόρτισης σε εξέλιξη. Πηγή: BMW AG

Παύση φόρτισης: Παύση φόρτισης ή ετοιμότητα φόρτισης υφίσταται, όταν έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία η φάση αρχικοποίησης και η έναρξη φόρτισης πρόκειται να πραγματοποιηθεί στο μέλλον (π. χ.: φόρτιση από ένα πιο οικονομικό χρονικό σημείο και

μετά). Η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας υψηλής τάσης "Φορτίστηκε πλήρως" σηματοδοτείται με το συνεχές άναμμα των LED σε πράσινο χρώμα.



Εικόνα 38: Απεικόνιση πράσινου LED σε λειτουργία. Λήξη φόρτισης, Φόρτιση πλήρης. Πηγή: BMW AG

Εάν κατά τη διαδικασία φόρτισης εμφανιστούν σφάλματα, τότε αυτή η κατάσταση υποδεικνύεται με το αναβόσβημα των LED σε κόκκινο χρώμα. Τα LED αναβοσβήνουν σε αυτήν την περίπτωση τρεις φορές με συχνότητα περ. 0,5 Hz και παύση περ. 0,8 δευτερολέπτων μεταξύ των ομάδων των 3 επαναλήψεων.



Εικόνα 39: Απεικόνιση κόκκινου LED σε λειτουργία. Σφάλμα φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Οι LED για αυτές τις ενδείξεις ενεργοποιούνται μετά τη σύνδεση του φισ φόρτισης ή μετά το ξεκλείδωμα/κλείδωμα του οχήματος για 12 δευτερόλεπτα. Αν στη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος ξεκλειδωθεί/κλειδωθεί ξανά το όχημα, αυξάνεται η διάρκεια ένδειξης κατά 12 περαιτέρω δευτερόλεπτα.

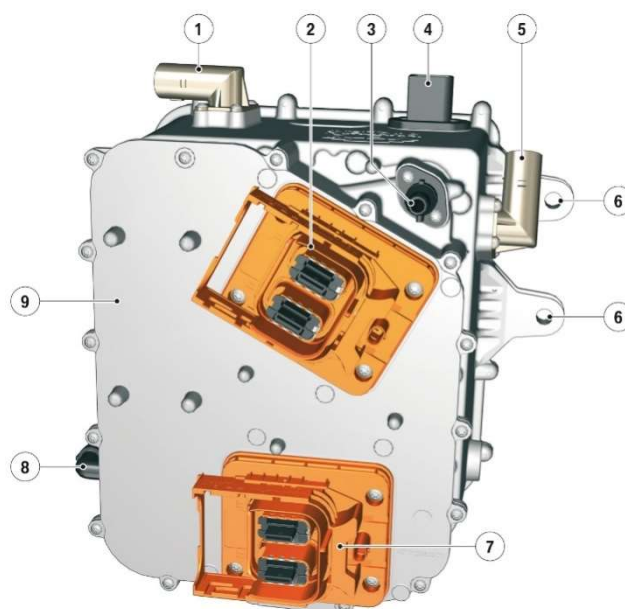
5.5 Τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης

Βασική αποστολή των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης κατά τη φόρτιση AC είναι η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε μια συνεχή τάση. Ένα κύκλωμα ανορθωτή αποτελείται από δύο μονάδες στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης επιτελεί αυτή τη λειτουργία. Αυτές οι μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος ελέγχονται από έναν ξεχωριστό εγκέφαλο, που έχει το ίδιο όνομα όπως η συνολική μονάδα: Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης.

Παρόλο που τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης λειτουργούν με πολύ υψηλό συντελεστή απόδοσης εμφανώς πάνω από το 90 %, απαιτείται ενεργή ψύξη σε πλήρη ισχύ απόδοσης. Για αυτόν τον λόγο είναι ενσωματωμένος στο κύκλωμα ψυκτικού υγρού του συστήματος ηλεκτροκίνησης.

Εκτός από τη μετατροπή τάσης και τη διάθεση της ενέργειας, τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης αναλαμβάνουν και τις λειτουργίες ασφαλείας που προστατεύουν τον πελάτη και τον υπάλληλο του σέρβις από τους κινδύνους του ηλεκτρισμού. Παρόλα αυτά ισχύει: Οι συνδέσεις στο ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Συνδέσεις χαμηλής τάσης
- 2) Συνδέσεις υψηλής τάσης
- 3) Σύνδεση για καλώδιο αντιστάθμισης δυναμικού
- 4) Συνδέσεις για σωλήνες υγρού ψύξης.



Εικόνα 40: 1) Καλώδιο υψηλής τάσης (AC) από την υποδοχή φόρτισης, 2) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 3) Αγωγός ψυκτικού υγρού (παροχή), 4) Καλώδια χαμηλής τάσης, 5) Καλώδιο υψηλής τάσης (AC) από τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 6) Στερέωση ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης (επαφή αντιστάθμισης δυναμικού), 7)

Στερέωση ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης (επαφή αντιστάθμισης δυναμικού), 8) Αγωγός ψυκτικού υγρού (επιστροφή), 9) Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Πηγή: BMW AG

5.6 Συνδέσεις χαμηλής τάσης

Το πολυπολικό φως χαμηλής τάσης στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης συνοψίζει τα ακόλουθα καλώδια και τα σήματα:

- 1) Τροφοδοσία τάσης για τον εγκέφαλο ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης
- 2) Τροφοδοσία τάσης μέσω του ακροδέκτη (γρήγορη απενεργοποίηση σε περίπτωση ατυχήματος)
- 3) Σύστημα διαύλου PT-CAN
- 4) Αγωγοί αφύπνισης προς τον εγκέφαλο BDC και προς τον εγκέφαλο EDME
- 5) Καλώδιο ελέγχου από τη μονάδα μονάδα διεπαφής φόρτισης, με το οποίο απελευθερώνεται η διαδικασία φόρτισης
- 6) Είσοδοι και έξοδοι του ηλεκτρικού κυκλώματος της επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης.

Μέσω του συστήματος διαύλου PT-CAN λαμβάνει ο εγκέφαλος το αίτημα και τα σήματα ελέγχου για τη φόρτιση. Επιπρόσθετα υπάρχει ένας αγωγός, ο οποίος συνδέεται απευθείας από τη μονάδα διεπαφής φόρτισης μέχρι τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Μόνο αν η μονάδα διεπαφής φόρτισης εγκρίνει μέσω ενός σήματος σε αυτό το καλώδιο τη διαδικασία φόρτισης, ξεκινούν τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης τη μετατροπή τάσης και συνεπώς τη διαδικασία φόρτισης.

Και τα φως υψηλής τάσης των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης είναι ενσωματωμένα στο ηλεκτρικό κύκλωμα της επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης. Μέσω της σύνδεσης χαμηλής τάσης προσάγεται το σήμα ελέγχου στην επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης και προωθείται στα περαιτέρω εξαρτήματα υψηλής τάσης. Ο εγκέφαλος επιτηρεί το σήμα ελέγχου και διακόπτει τη διαδικασία φόρτισης, αν το σήμα δεν βρίσκεται στην καθορισμένη περιοχή.

5.7 Συνδέσεις υψηλής τάσης

Στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης υπάρχουν τρεις συνδέσεις υψηλής τάσης για την επαφή των καλωδίων υψηλής τάσης με την υποδοχή φόρτισης (1 x) και με τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα (2 x). Αν το όχημα είναι εξοπλισμένο με Range Extender, τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης έχουν μια περαιτέρω σύνδεση υψηλής τάσης για την επαφή των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρων Range Extender. Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα.

Σύνδεση προς εξάρτημα ...	Πλήθος των επαφών, είδος τάσης, θωράκιση	Είδος της σύνδεσης	Προστασία επαφής
Υποδοχή φόρτισης	• 1 φασική (φάση L1 και ουδέτερος αγωγός N) • Εναλλασσόμενη τάση • 1 θωράκιση και για τα δύο καλώδια	Στρογγυλό φως	- Οι επαφές υψηλής τάσης δεν επιτρέπεται να αγγίζονται με τα δάχτυλα - Επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης
Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα	Καλώδιο από τον μετατροπέα AC/DC των ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα • 2 πόλων • Συνεχής τάση • 1 θωράκιση ανά καλώδιο Καλώδιο από τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα • 1 φασική (φάση L1 και ουδέτερος αγωγός N) • Εναλλασσόμενη τάση • 1 θωράκιση ανά καλώδιο	Επίπεδο φως υψηλής τάσης με μηχανικό μηχανισμό ασφάλισης Στρογγυλό φως	- Κάλυμμα πάνω από τα γλωσσίδια επαφής - Επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης - Οι επαφές υψηλής τάσης δεν επιτρέπεται να αγγίζονται με τα δάχτυλα

Ηλεκτρονικά ηλεκτρικών μηχανών Range Extender	• 2 πόλων • Συνεχής τάση • 1 θωράκιση ανά καλώδιο	Επίπεδο φως υψηλής τάσης με μηχανικό μηχανισμό ασφάλισης	- Κάλυμμα πάνω από τα γλωσσίδια επαφής - Επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης
--	---	--	---

Πίνακας 8: Πηγή: BMW AG

Όπως σε όλα τα εξαρτήματα υψηλής τάσης πρέπει και το περίβλημα των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης να είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένο με τη γείωση του οχήματος. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να λειτουργήσει σύμφωνα με τις προδιαγραφές η αυτόματη επιτήρηση της αντίστασης μόνωσης. Στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης προστίθεται επίσης το ότι ο αγωγός προστασίας του δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος στην υποδοχή φόρτισης είναι επίσης συνδεδεμένος με τη γείωση. Ο αγωγός προστασίας και το περίβλημα των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό, έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί τυχόν σφάλμα μόνωσης στην πλευρά εναλλασσόμενης τάσης των μετατροπέων AC/DC. Το περίβλημα των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης συνδέεται για αυτό τον σκοπό με τέσσερις βίδες με τη μονάδα Drive.

Το "Combined Charging System" ή εν συντομία φόρτιση Combo είναι ένα σύστημα φόρτισης για ηλεκτρικά και Plug-in υβριδικά οχήματα και υποστηρίζει και τη φόρτιση AC (εναλλασσόμενο ρεύμα) και τη φόρτιση DC (συνεχές ρεύμα). Γίνεται διάκριση ανάμεσα στις συνδέσεις του τύπου 1 για την αγορά των ΗΠΑ και του τύπου 2 για την ευρωπαϊκή αγορά. Και στις δύο παραλλαγές, οι επαφές για τη σύνδεση DC είναι ίδιες. Χάρη στις επαφές DC με μεγαλύτερη διαστασιολόγηση σε σύγκριση με τη φόρτιση AC είναι εφικτά ρεύματα έως και 200 A, κι έτσι μπορεί να υλοποιηθεί μια γρήγορη φόρτιση για παράδειγμα καθοδόν.

Συνήθως παρέχονται, αναλόγως της ισχύος φόρτισης AC δύο εκδόσεις της φόρτισης Combo:

- 1) Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 3,7 kW AC
- 2) Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 7,4 kW AC
- 3) Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 11 kW AC.

Η υποδοχή φόρτισης στο όχημα για τη φόρτιση Combo (τύπος 1 και τύπος 2) περιλαμβάνει τις ήδη περιγραφόμενες υποδοχές για τη φόρτιση AC (τύπος 1 και τύπος 2) και την υποδοχή για τη φόρτιση DC. Το πλεονέκτημα αυτής της υποδοχής φόρτισης είναι ότι ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιεί και έναν σταθμό φόρτισης AC και έναν

σταθμό φόρτισης DC για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης. Δεν είναι εφικτή η ταυτόχρονη φόρτιση AC και η φόρτιση DC.

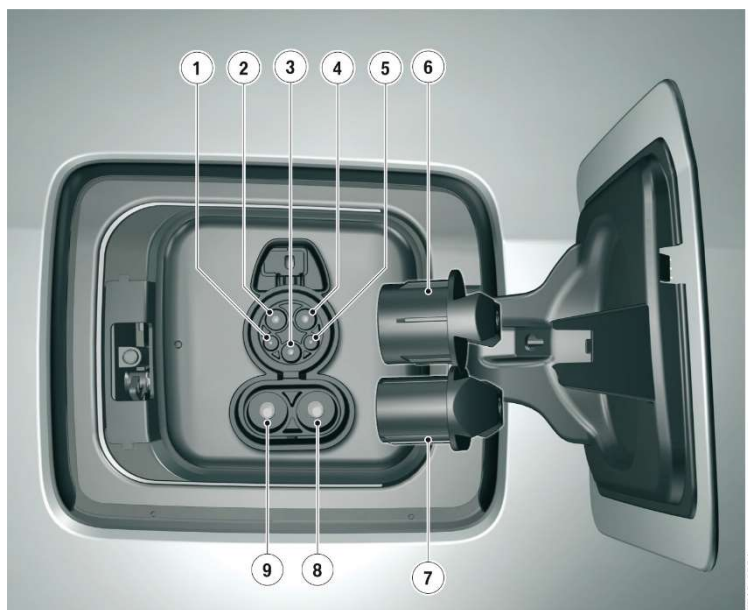


Εικόνα 41: 1) Σύνδεση για καλώδιο Pilot, 2) Σύνδεση για καλώδιο αναγνώρισης φως φόρτισης, 3) Σύνδεση για αγωγό γείωσης ασφαλείας PE, 4) Σύνδεση για θετικό αγωγό DC, 5) Σύνδεση για αρνητικό αγωγό DC. Πηγή: BMW AG



Εικόνα 42: 1) Σύνδεση για φάση L1, 2) Σύνδεση για καλώδιο αναγνώρισης φως φόρτισης, 3) Σύνδεση για αγωγό γείωσης ασφαλείας PE, 4) Σύνδεση για καλώδιο Pilot, 5) Σύνδεση για ουδέτερο αγωγό N, 6)

Σύνδεση για ουδέτερο αγωγό N, 7) Σύνδεση για αρνητικό αγωγό DC, 8) Σύνδεση για θετικό αγωγό DC, 9) Σύνδεση μη κατειλημμένη. Πηγή: BMW AG



Εικόνα 43: 1) Σύνδεση για καλώδιο αναγνώρισης φως φόρτισης, 2) Σύνδεση για φάση L1, 3) Σύνδεση για αγωγό γείωσης ασφαλείας PE, 4) Σύνδεση για ουδέτερο αγωγό N, 5) Σύνδεση για καλώδιο Pilot, 6) Προστατευτικό κάλυμμα για υποδοχή φόρτιση AC, 7) Προστατευτικό κάλυμμα για υποδοχή φόρτιση DC 8) Σύνδεση για αρνητικό αγωγό DC, 9) Σύνδεση για θετικό αγωγό DC. Πηγή: BMW AG

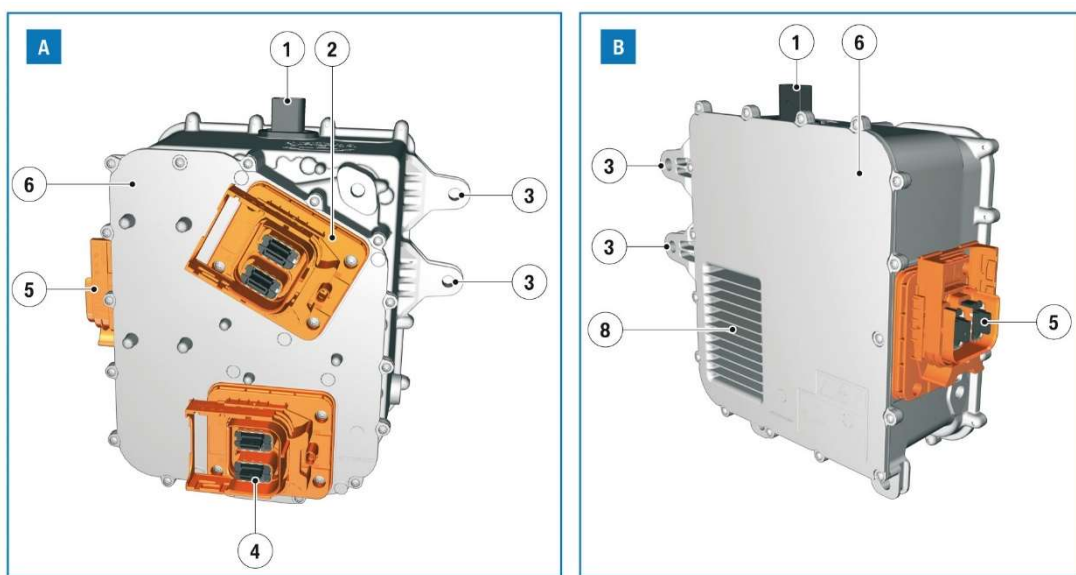
Και στη φόρτιση Combo αναλαμβάνει η μονάδα διεπαφής φόρτισης την επικοινωνία ανάμεσα στο όχημα και τον σταθμό φόρτισης. Μέσω του αγωγού ελέγχου και αναγνώρισης φως φόρτισης γίνεται εφικτή η επικοινωνία ανάμεσα στο όχημα και τον σταθμό φόρτισης και ελέγχεται στοχευμένα η διαδικασία φόρτισης. Με τη βοήθεια του αγωγού αναγνώρισης φως φόρτισης αναγνωρίζεται η σωστή επαφή του καλωδίου φόρτισης στο όχημα και μετριέται η μέγιστη ικανότητα επιβάρυνσης ρεύματος του καλωδίου φόρτισης μέσω της μονάδα διεπαφής φόρτισης με τη βοήθεια της αντίστασης στο καλώδιο φόρτισης. Η διαχείριση ισχύος υψηλής τάσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα στέλνει μέσω του PT-CAN το αίτημα για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης στη μονάδα διεπαφής φόρτισης. Η μονάδα διεπαφής φόρτισης ασφαλίζει το σωστά συνδεδεμένο καλώδιο φόρτισης και ξεκινά την επικοινωνία με τον σταθμό φόρτισης μέσω του αγωγού ελέγχου. Εδώ ανταλλάσσονται οι πληροφορίες για τις ανάγκες φόρτισης, τις δυνατότητες φόρτισης και την απουσία σφαλμάτων. Μόνο μετά από την επιτυχή έναρξη επικοινωνίας τίθεται η τάση φόρτισης στη φάση L1 ή στο θετικό και αρνητικό καλώδιο DC. Αυτό αυξάνει επιπλέον την προστασία του πελάτη και των τεχνικών από τους κινδύνους του ηλεκτρισμού. Η μονάδα διεπαφής φόρτισης αποστέλλει στη συνέχεια ένα σήμα για την "Έγκριση φόρτισης" για τη φόρτιση AC μέσω του ξεχωριστού καλωδίου προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα και τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Για τη φόρτιση DC, η μονάδα διεπαφής φόρτισης κλείνει τους δύο επαφείς στα

ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης και επιτρέπει έτσι τη μεταγωγή της συνεχούς τάσης από τον σταθμό φόρτισης DC προς την μπαταρία υψηλής τάσης. Η μονάδα διεπαφής φόρτισης δοκιμάζει μετά από κάθε ολοκληρωμένη διαδικασία φόρτισης DC τους επαφείς DC με τέτοιο τρόπο, ώστε να αναγνωρίζεται ένα κόλλημα επαφείας (ο επαφέας δεν μπορεί να ανοίξει τις επαφές). Τυχόν κόλλημα επαφείας (μονό ή διπλό) αναγνωρίζεται από τη μονάδα διεπαφής φόρτισης και αποστέλλεται στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ως κωδικός βλάβης. Εάν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης δεν αναγνωριστεί από τη μονάδα διεπαφής φόρτισης έγκυρο πιλοτικό σήμα, η μονάδα διεπαφής φόρτισης πρέπει εντός 200 ms να ανοίξει τους επαφείς DC. Η συνεχής τάση που παρέχεται στην υποδοχή φόρτισης υψηλής τάσης μετριέται από τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Η τιμή μέτρησης μεταδίδεται στη συνέχεια ως αναλογικό σήμα στη μονάδα διεπαφής φόρτισης. Η μονάδα διεπαφής φόρτισης αποστέλλει στη συνέχεια την υπολογισμένη τιμή μέσω του διαύλου PT-CAN σε άλλες μονάδες ελέγχου. Αν είναι εκφορτισμένη η μπαταρία υψηλής τάσης και η μπαταρία 12 V, ξεκινά αυτόματα κατά τη σύνδεση του καλωδίου φόρτισης η φόρτιση έκτακτης ανάγκης της μπαταρίας 12 V. Καθώς και οι δύο μπαταρίες είναι εκφορτισμένες, δεν πραγματοποιείται και καμία τροφοδοσία τάσης του ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος 12 V και η μονάδα διεπαφής φόρτισης σε αυτή την περίπτωση είναι αρχικά εκτός λειτουργίας. Για να μπορεί να ξεκινήσει η μονάδα διεπαφής φόρτισης μια επικοινωνία με τον σταθμό φόρτισης και συνεπώς να ξεκινήσει και τη διαδικασία φόρτισης, απαιτείται μια ιδιαίτερη τροφοδοσία τάσης της μονάδας διεπαφής φόρτισης. Η τροφοδοσία τάσης για τη μονάδα διεπαφής φόρτισης γίνεται σε αυτή την περίπτωση μέσω του αγωγού ελέγχου. Η ενέργεια που λαμβάνεται από τον αγωγό ελέγχου είναι τόσο χαμηλή, ώστε η αξιολόγηση τάσης που πραγματοποιεί ο EVSE να μην επηρεάζεται αρνητικά. Για να αναγνωριστεί η κατάσταση φόρτισης ανάγκης, αξιολογείται η τιμή τάσης του ακροδέκτη. Το κύκλωμα αξιολόγησης βρίσκεται στη μονάδα διεπαφής φόρτισης. Αν η τιμή τάσης του ακροδέκτη είναι κάτω από τα 6 V και ο αγωγός ελέγχου έχει συνδεθεί σωστά, το κύκλωμα αξιολόγησης συμπεραίνει τιμή τάσης στον αγωγό ελέγχου 6 V. Αυτή η τιμή τάσης αντιστοιχεί στο μήνυμα προς τον σταθμό φόρτισης, ότι το όχημα είναι έτοιμο για φόρτιση. Στον σταθμό φόρτισης ανατίθεται έτσι να ασκήσει την τάση δικτύου.

5.8 Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 3,7 kW AC

Η αποστολή των ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης στην έκδοση φόρτισης Combo με ισχύ φόρτισης AC με 3,7 kW είναι η επαφή όλων των συνδέσεων υψηλής τάσης και η φύλαξη των δύο επαφών DC. Σε αυτή την περίπτωση, η ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης δεν έχει κύκλωμα ανορθωτή για τη μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε μια συνεχή τάση. Η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή τάση πραγματοποιείται στον σταθμό φόρτισης. Έτσι μπορεί να αξιοποιείται η πλήρης ισχύς του δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος (και οι τρεις φάσεις). Εάν πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης, η μονάδα διεπαφής φόρτισης ενεργοποιεί τους δύο επαφείς

στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Ο σταθμός φόρτισης διαθέτει στη συνέχεια στην έξοδο τη συνεχή τάση για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης. Μέσω της υποδοχής φόρτισης και των καλωδίων υψηλής τάσης φθάνει η συνεχής τάση στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Η συνεχής τάση οδηγείται μέσω των καλωδίων υψηλής τάσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα και στη συνέχεια εν τέλει στην μπαταρία υψηλής τάσης. Τα καλώδια υψηλής τάσης και οι επαφές έχουν διαμορφωθεί για ηλεκτρική ισχύ 50 kW. Καθώς στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης δεν υπάρχει κύκλωμα ανορθωτή για τη μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή τάση, δημιουργείται στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης λιγότερη απαγόμενη θερμότητα. Συνεπώς δεν απαιτείται ψύξη των ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης μέσω του κυκλώματος ψυκτικού υγρού.

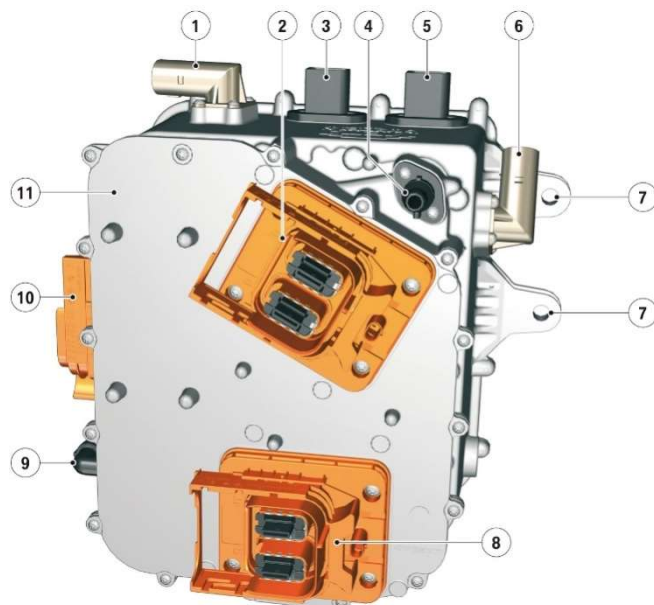


Εικόνα 44: Α) Μπροστινή όψη, Β) Πίσω όψη, 1) Καλώδια χαμηλής τάσης (φίς σήματος) καλώδιο υψηλής τάσης (AC) από την υποδοχή φόρτισης, 2) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 3) Στερέωση ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης (επαφή αντιστάθμισης δυναμικού), 4) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) από τα Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 5) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) από την υποδοχή φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 6) Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 7) Στερέωση ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης (επαφή αντιστάθμισης δυναμικού), 8) Ανοίγματα αερισμού. Πηγή: BMW AG

5.9 Φόρτιση Combo με ισχύ φόρτισης 11 kW AC.

Στην έκδοση φόρτισης Combo με ισχύ φόρτισης AC 7,4 kW μπορούν τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης να μετατρέπουν τη μονοφασική εναλλασσόμενη τάση του σταθμού φόρτισης AC σε συνεχή τάση αλλά και να περνούν τη συνεχή τάση του σταθμού φόρτισης DC προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα και την μπαταρία υψηλής τάσης με τη βοήθεια των επαφών DC. Η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης στη συνεχή τάση που είναι αναγκαία για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης γίνεται μέσω του μετατροπέα AC/DC με μέγιστη ισχύ 3,7 kW. Μαζί με τον μετατροπέα AC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, που διαθέτει ομοίως μια ισχύ εξόδου 3,7 kW, είναι

εφικτή η φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης μέσω του μονοφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος με 7,4 kW.



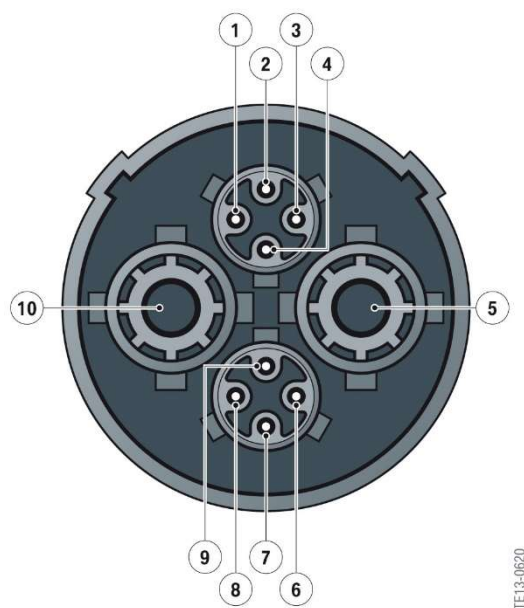
Εικόνα 45: 1) Καλώδιο υψηλής τάσης (AC) από την υποδοχή φόρτισης, 2) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 3) Καλώδια χαμηλής τάσης (για τη μεταγωγή των επαφών), 4) Αγωγός ψυκτικού υγρού (παροχή), 5) Καλώδια χαμηλής τάσης (φίς σήματος), 6) Καλώδιο υψηλής τάσης (AC) από τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 7) Στερέωση ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης (επαφή αντιστάθμισης δυναμικού), 8) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) από τα Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 9) Αγωγός ψυκτικού υγρού (επιστροφή), 10) Καλώδιο υψηλής τάσης (DC) από την υποδοχή φόρτισης προς τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 11) Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Σε πλήρη ισχύ απόδοσης του μετατροπέα AC/DC απαιτείται ενεργή ψύξη. Για αυτό, αυτά τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης είναι ενσωματωμένα στο κύκλωμα ψυκτικού υγρού της ηλεκτροκίνησης.

5.10 Η φόρτιση CHAdeMO

Η φόρτιση CHAdeMO είναι η εμπορική επωνυμία μιας παραλλαγής υποδοχής φόρτισης, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως στα ασιατικά μοντέλα οχημάτων για τη φόρτιση με συνεχές ρεύμα. CHAdeMO είναι το ακρωνύμιο των λέξεων CHArge de MOve, που προέρχεται από την πρόταση "Charge for moving".

Αυτό το πρότυπο φόρτισης επιτρέπει μόνο τη φόρτιση με συνεχές ρεύμα. Για τον σκοπό αυτόν, το φίς φόρτισης CHAdeMO διαθέτει, εκτός των 2 επαφών ισχύος, έναν αγωγό προστασίας (PE) και 7 επαφές, μέσω των οποίων μπορούν να επικοινωνούν το όχημα και η διάταξη φόρτισης.



Εικόνα 46: 1) Δυναμικό αναφοράς για επιτήρηση μόνωσης, 2) Τροφοδοσία τάσης επαφής DC 1 στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 3) Μη κατειλημμένη θέση, 4) Έγκριση φόρτισης, 5) Αρνητικό καλώδιο DC, 6) Θετικός αγωγός DC, 7) Proximity, 8) CAN High, 9) CAN Low, 10) Τροφοδοσία τάσης επαφής DC 2 στα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης. Πηγή: BMW AG

Στα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα υπάρχουν διάφορες δυνατότητες φόρτισης ανάλογα με τη διάταξη φόρτισης, στην οποία είναι συνδεδεμένο το όχημα. Γενικά ισχύουν τα εξής: Όσο ψηλότερη είναι η ισχύς φόρτισης, τόσο ταχύτερα ολοκληρώνεται η πλήρης φόρτιση της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης.

Η ισχύς φόρτισης και συνεπώς επίσης η διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης εξαρτώνται όμως από πολλούς παράγοντες:

- 1) Τρόπος λειτουργίας φόρτισης
- 2) Κατάσταση της μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης (κατάσταση φόρτισης, θερμοκρασία, κατάσταση γήρανσης)
- 3) Ισχύς των ηλεκτρονικών ισχύος (ανορθωτής) στο όχημα
- 4) Απώλειες φόρτισης
- 5) Διαθέσιμη ισχύς του σταθμού φόρτισης / της διάταξης φόρτισης
- 6) Σχεδιασμός του καλωδίου φόρτισης (1-φασικό / 3-φασικό)
- 7) Ρυθμίσεις στο όχημα.

Σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγηση της διάταξης φόρτισης, της ισχύος φόρτισης και του χρόνου φόρτισης είναι το ότι "ο πιο αδύναμος κρίκος" σε αυτήν την αλυσίδα καθορίζει την ισχύ φόρτισης.

Παράδειγμα 1: Εάν το όχημα μπορεί να ανορθώσει έως μέγιστο 11 kW εναλλασσόμενου ρεύματος, η μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης φορτίζεται επίσης μόνο με αυτήν την ισχύ φόρτισης, ακόμη και εάν το Wallbox μπορεί να παρέχει 22 kW.

Παράδειγμα 2: Εάν το Wallbox είναι συνδεδεμένο σε μια παλαιά κτιριακή εγκατάσταση που διαθέτει μόνο 1 φάση, το όχημα μπορεί επίσης να φορτιστεί μόνο 1-φασικά, ακόμη και εάν το Wallbox ή το όχημα διαθέτουν δυνατότητα 3-φασικής φόρτισης.

Οι διατάξεις φόρτισης δημιουργούν τη σύνδεση με το δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος και καλύπτουν τις απαιτήσεις ασφαλείας κατά τη φόρτιση του οχήματος.

Επιπρόσθετα δημιουργείται μέσω του επονομαζόμενου αγωγού Pilot μια σύνδεση επικοινωνίας με το όχημα. Έτσι γίνεται εφικτή η ασφαλής εκκίνηση της διαδικασίας φόρτισης και η ανταλλαγή παραμέτρων φόρτισης (π.χ. μέγιστη ένταση ρεύματος) μεταξύ του οχήματος και της διάταξης φόρτισης.

Το τυπικό καλώδιο φόρτισης (ονομάζεται επίσης καλώδιο φόρτισης Mode 2) είναι μια κινητή διάταξη φόρτισης και επιτρέπει τη φόρτιση σε συνήθεις οικιακές πρίζες (τρόπος λειτουργίας φόρτισης 2). Ανάλογα με την έκδοση χώρας, χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα φις. Ο όγκος και το βάρος είναι χαμηλά και ολόκληρο το καλώδιο φόρτισης μπορεί εύκολα να αποθηκευτεί στο όχημα.

Οι διατάξεις επικοινωνίας και προστασίας φιλοξενούνται για λόγους εξοικονόμησης χώρου μέσα στο In-Cable-Control-Box ICCB.

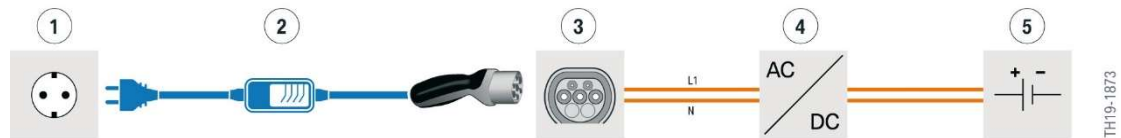


Εικόνα 47: 1) Ρευματολήπτης, 2) In-Cable-Control-Box (ICCB), 3) Φις φόρτισης, 4) Ένδειξη LED (πράσινο) για τη διαθεσιμότητα της τροφοδοσίας ρεύματος, 5) Ένδειξη LED (μπλε) για τη φόρτιση, 6) Ένδειξη LED (κίτρινο) για υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες, 7) Ένδειξη LED (κόκκινο) για σφάλμα κατά τη φόρτιση. Πηγή: BMW AG

Λόγω του ότι για τη σύνδεση στο δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιείται μια κοινή οικιακή πρίζα, η μέγιστη ένταση ρεύματος για τη φόρτιση υπόκειται στους αντίστοιχους περιορισμούς. Με το τρέχον τυπικό καλώδιο φόρτισης γίνεται εφικτή η

μονοφασική φόρτιση με ένταση έως 10 A ή ισχύ φόρτισης έως 2,3 kW. Για την προστασία του τυπικού καλωδίου φόρτισης παρακολουθείται η θερμοκρασία στο In-Cable-Control-Box ICCB και στον ρευματολήπτη. Εάν η θερμοκρασία υπερβεί μια καθορισμένη τιμή, η λήψη ρεύματος από το ICCB μειώνεται ή διακόπτεται προσωρινά.

Η ακόλουθη γραφική παράσταση παρουσιάζει με απλοποιημένο τρόπο τα σχετικά εξαρτήματα συστήματος για τη φόρτιση με το τυπικό καλώδιο φόρτισης.



Εικόνα 48: 1) Συνήθης οικιακή πρίζα, 2) Τυπικό καλώδιο φόρτισης με ICCB, 3) Υποδοχή φόρτισης στο όχημα, 4) Μετατροπέας AC/DC, 5) Μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Πηγή: BMW AG

Κεφάλαιο 6 –Ηλεκτροκινητήρας

Σε ένα κλασικό επιβατικό αυτοκίνητο χρησιμοποιείται ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης για την παραγωγή της ροπής κίνησης. Στο ηλεκτρικό όχημα αυτήν την εργασία την αναλαμβάνει ένας ηλεκτροκινητήρας. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται ως τώρα είναι μια σύγχρονη μηχανή με εσωτερικό ρότορα. Μέσω διαφορετικών ρευμάτων ελέγχου και προσαρμογών λογισμικού μπορεί να επιτυγχάνεται η ροπή στρέψης και ισχύς. Με συγκρίσιμη ισχύ, ο ηλεκτροκινητήρας είναι σαφώς μικρότερος από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Επίσης όσον αφορά στο βάρος, ο ηλεκτροκινητήρας διαθέτει πλεονεκτήματα σε σχέση με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ενώ ένας θερμικός κινητήρας ζυγίζει περίπου 160 kg, ενώ ένας αντίστοιχος ηλεκτροκινητήρας ζυγίζει μόλις περίπου 50 kg. Συνεπώς καθίσταται εφικτή η στερέωση του ηλεκτροκινητήρα απευθείας στη μονάδα πίσω άξονα. Ο ηλεκτροκινητήρας διαθέτει, σε αντίθεση με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, μια ζώνη αριθμού στροφών που υπερβαίνει τις 11.000 σ.α.λ. Συγκεκριμένα, η μέγιστη ροπή στρέψης των 250 Nm παρέχεται ήδη από την πρώτη περιστροφή. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως κινητήρας, αλλά και ως εναλλακτήρας. Η ηλεκτρική ενέργεια που ανακτάται από την κινητική ενέργεια του οχήματος μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης κατά την οδήγηση (ανάκτηση ενέργειας πέδησης). Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μια σύγχρονη μηχανή. Η βασική δομή και η αρχή λειτουργίας του αντιστοιχούν σε αυτές ενός σύγχρονου κινητήρα μόνιμης διέγερσης με εσωτερικό δρομέα. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε τεχνικά χαρακτηριστικά για τον κινητήρα της BMW i01.

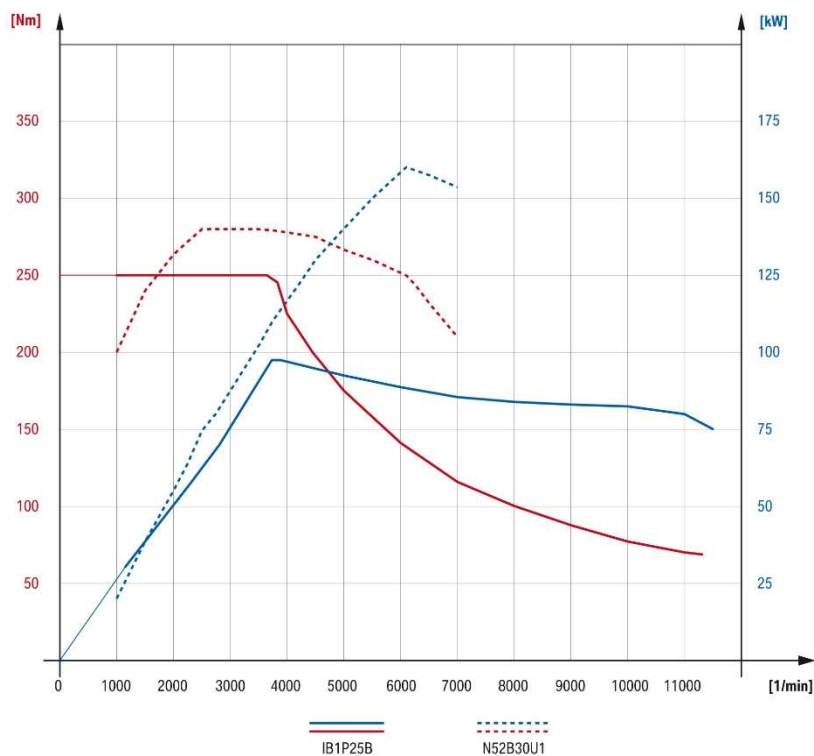
Ονομαστική τάση	360 V	
Ονομαστικό ρεύμα	400 A	Ωφέλιμη τιμή
Μέγιστη ισχύς αιχμής	125 kW/135 kW	Για μέγιστη διάρκεια 30 s
Μέγιστη συνεχής ισχύς	Περ. 75 kW	Συνεχώς
Μέγιστη ροπή στρέψης	250 Nm	Στην περιοχή αριθμού στροφών 0 – 5.000 σ.α.λ.
Μέγιστος αριθμός στροφών	περ. 11.400 σ.α.λ.	
Βάρος	περ. 49 kg	

Η μέγιστη ισχύς μπορεί να διατεθεί μόνο για μέγιστη διάρκεια 30 δευτερολέπτων. Διαφορετικά, θα μπορούσε να προκληθεί ζημιά στα εξαρτήματα του συστήματος μετάδοσης κίνησης λόγω υπερθέρμανσης, γεγονός που δεν αφορά μόνο τον ηλεκτροκινητήρα, αλλά επίσης την μπαταρία υψηλής τάσης και τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα. Η μέγιστη ισχύς ισχύει για τη λειτουργία κινητήρα. Θεωρητικά θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί και στη λειτουργία γεννήτριας κατά την ανάκτηση ενέργειας πέδησης. Πρακτικά χρησιμοποιείται όμως στη λειτουργία γεννήτριας μόνο ένα μικρό επιμέρους τμήμα αυτής της μέγιστης τιμής. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η ροπή πέδησης στον πίσω άξονα, για να μην επηρεάζεται η σταθερότητα του οχήματος από την ανάκτηση ενέργειας πέδησης.

Το απεικονιζόμενο διάγραμμα ισχύος και ροπής στρέψης δεν αποτελεί το διάγραμμα πλήρους φορτίου. Αντί αυτού, η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε χαμηλότερη τάση λειτουργίας, όπως αυτή που εμφανίζεται για παράδειγμα σε μερικούς μόνο φορτισμένη μπαταρία υψηλής τάσης. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα του ηλεκτροκινητήρα είναι εντυπωσιακά και δεν χρειάζεται να αποφεύγεται η σύγκριση με ανάλογης απόδοσης κινητήρα εσωτερικής καύσης. Οι ακόλουθες ιδιότητες είναι χαρακτηριστικές για τον ηλεκτροκινητήρα:

- 1) Η μέγιστη ροπή στρέψης των 250 Nm είναι διαθέσιμη ήδη από τον μηδενικό αριθμό στροφών του κινητήρα μέχρι και τη μεσαία περιοχή αριθμού στροφών. Για τον λόγο αυτό, το σύστημα μετάδοσης κίνησης στο ηλεκτρικό όχημα δεν χρειάζεται συμπλέκτη. Εκτός από τη συγκεκριμένη τεχνική ιδιαιτερότητα, από το γεγονός αυτό προκύπτει επίσης ένα πλεονέκτημα δεδομένου ότι παρουσιάζει μια εντυπωσιακή ικανότητα επιτάχυνσης από στάση,
- 2) Στην υψηλή περιοχή αριθμού στροφών, η μέγιστη ροπή στρέψης μειώνεται και πάλι. Συνεχίζει όμως να επαρκεί και σε αυτήν την περιοχή ταχύτητας κίνησης για την πραγματοποίηση δυναμικών προσπεράσεων σε επαρχιακούς δρόμους.
- 3) Από την εξέλιξη της μέγιστης ροπής στρέψης μπορεί να εξαχθεί η εξέλιξη της μέγιστης ισχύος: Στην περιοχή αριθμού στροφών, στην οποία παρέχεται διαρκώς η μέγιστη ροπή στρέψης, η μέγιστη ισχύς αυξάνεται γραμμικά μέχρι τη μέγιστη τιμή της. Παρά τη μειούμενη μέγιστη ροπή στρέψης σε υψηλότερους αριθμούς στροφών, η μέγιστη ισχύς ελαττώνεται μόνο ελαφρώς μέχρι τον μέγιστο αριθμό στροφών.
- 4) Η ωφέλιμη περιοχή αριθμού στροφών του ηλεκτροκινητήρα ανέρχεται από 0 έως περίπου 11.400 σ.α.λ. Λόγω αυτής της σχεδόν διπλάσιας σε μέγεθος περιοχής αριθμού στροφών σε σύγκριση με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, δεν εξοπλίζεται με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων και παρόλα αυτά επιτυγχάνει την αρκετά υψηλή μέγιστη ταχύτητα των 150 km/h.

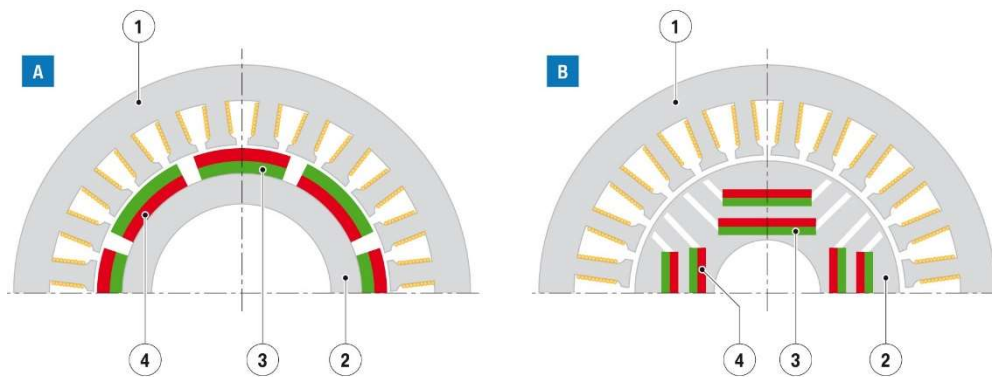
Στο παρακάτω διάγραμμα ισχύος και ροπής βλέπουμε συγκριτικά τον ηλεκτροκινητήρα (συνεχόμενες γραμμές) και τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (διακεκομμένες γραμμές).



Εικόνα 49: Συνεχόμενες γραμμές – Ηλεκτροκινητήρας, Διακεκομμένες γραμμές – Κινητήρας εσωτερικής καύσης. Μπλε χρώμα – Ισχύς, Κόκκινο χρώμα – Ροπή. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

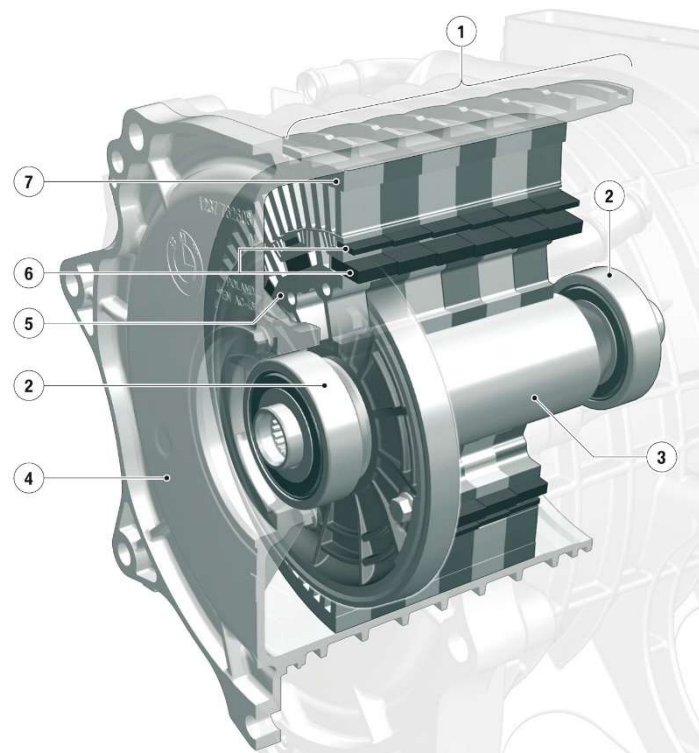
6.1 Δομή ηλεκτροκινητήρα

Ο δρομέας (ρότορας) βρίσκεται εσωτερικά και διαθέτει μόνιμους μαγνήτες. Ο στάτης (στάτορας) έχει δακτυλιοειδές σχήμα και βρίσκεται εξωτερικά γύρω από τον δρομέα. Αποτελείται από τις 3-φασικές περιελίξεις, που είναι τοποθετημένες στις εγχοπές του στάτορα. Όταν υπάρχει 3-φασική εναλλασσόμενη τάση στις περιελίξεις του στάτορα, παράγει ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο (στη λειτουργία κινητήρα) "συμπαράσύρει" τους μαγνήτες στον δρομέα.



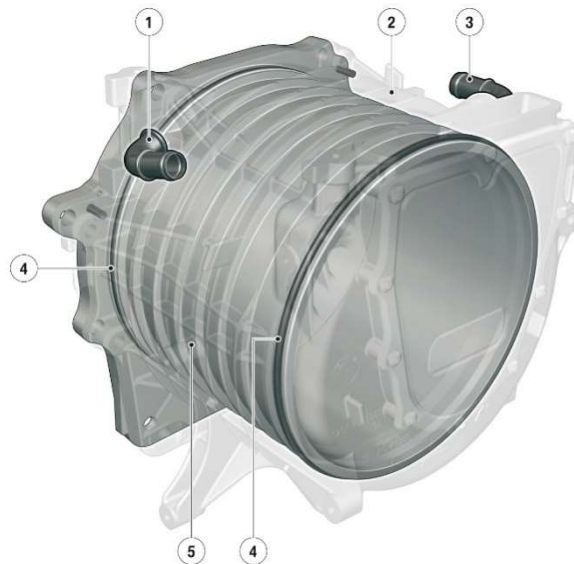
Εικόνα 50: Α)Αριθμός σειράς, Β)Ονομασία, 1)Στάτορας, 2)Πακέτο λαμαρινών ρότορα, 3)Νότιος πόλος μόνιμου μαγνήτη, 4)Βόρειος πόλος μόνιμου μαγνήτη. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

Για τη βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών τροποποιήθηκε και βελτιστοποιήθηκε κυρίως η δομή του ρότορα. Ο ρότορας έχει μία νέα διάταξη των μονίμων μαγνητών και ένα πακέτο λαμαρινών, το οποίο επηρεάζει θετικά την εξέλιξη των μαγνητικών γραμμών πεδίου. Έτσι αφενός μεν βελτιώνεται η ροπή στρέψης. Αφετέρου η συνέπεια είναι χαμηλότερες εντάσεις ρεύματος στις περιελίξεις του στάτορα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης σε σχέση με έναν συμβατικό σύγχρονο κινητήρα.



Εικόνα 51: 1)Κανάλια ψύξης, 2)Σφαιρικό ρουλεμάν, 3)Άξονας μετάδοσης κίνησης, 4)Εσωτερικό περίβλημα, 5)Πακέτο ελασμάτων στον ρότορα, 6)Μόνιμοι μαγνήτες στον ρότορα, 7)Πακέτα ελασμάτων στάτορα. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

Από τον στάτορα παρουσιάζεται στη γραφική παράσταση μόνο το μέρος χωρίς περιέλιξη. Ο ρότορας αποτελείται από έναν βελτιστοποιημένου βάρους φορέα στο εσωτερικό τμήμα, ένα πακέτο ελασμάτων και μόνιμους μαγνήτες που είναι διατεταγμένοι σε δύο στρώσεις. Έτσι αυξάνεται η ροπή στρέψης που παράγεται από τον ηλεκτροκινητήρα. Ο ρότορας είναι στερεωμένος στον άξονα μετάδοσης κίνησης. Τα 6 ζεύγη πόλων εξασφαλίζουν μια καλή ισορροπία μεταξύ της λογικής πολυπλοκότητας της δομής και της κατά το δυνατόν σταθερής εξέλιξης της ροπής στρέψης ανά περιστροφή. Ο ηλεκτροκινητήρας δεν διαθέτει κανενός είδους πλήρωση λαδιού. Λιπαίνονται μόνο τα δύο σφαιρικά ρουλεμάν και αυτά διαθέτουν πλήρωση γράσου. Η ψύξη του ηλεκτροκινητήρα πραγματοποιείται με τη βοήθεια υγρού ψύξης, το οποίο οδηγείται από την έξοδο των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα στον ηλεκτροκινητήρα. Στον ηλεκτροκινητήρα, το υγρό ψύξης ρέει μέσα από ένα σπειροειδές κανάλι ψύξης, το οποίο είναι τοποθετημένο στην εξωτερική πλευρά. Δύο δακτύλιοι «όρινγκ» στα άκρα του περιβλήματος στεγανοποιούν το κανάλι ψύξης. Το εσωτερικό του ηλεκτροκινητήρα είναι λοιπόν εντελώς «στεγνό».

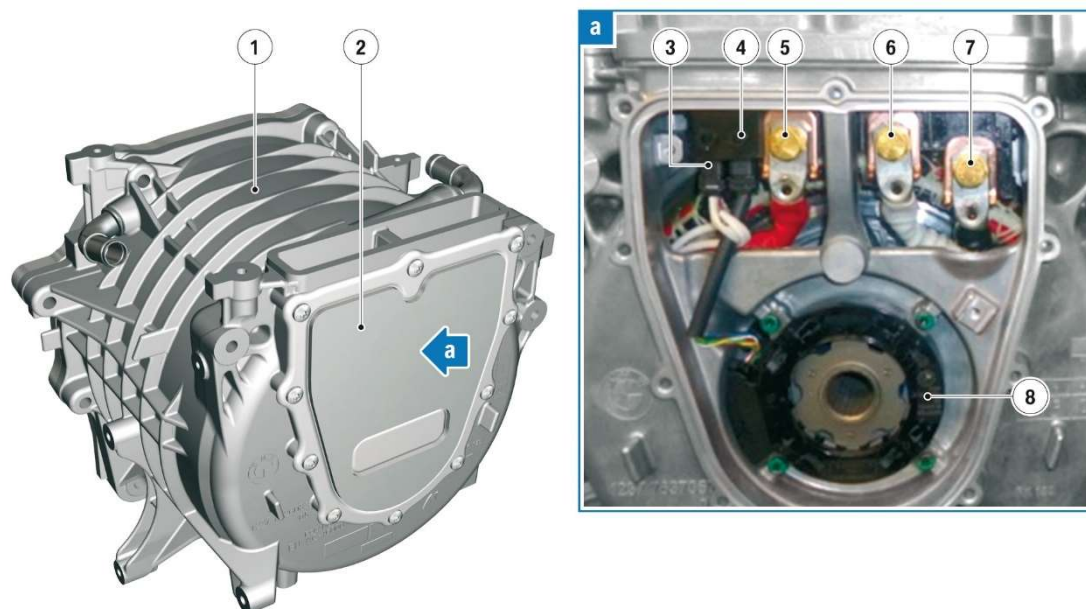


Εικόνα 52: 1)Είσοδος ψυκτικού υγρού, 2)Εξωτερικό περίβλημα, 3)Έξοδος ψυκτικού, 4)Δακτύλιος, 5)Κανάλι ψύξης. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

Ο ηλεκτροκινητήρας έχει διαμορφωθεί για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Το υγρό ψύξης μπορεί στην είσοδο (παροχή) να φτάσει σε θερμοκρασίες έως και 70 °C. Και παρόλο που ο ηλεκτροκινητήρας παρουσιάζει κατά τη μετατροπή ενέργειας λιγότερες απώλειες από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, το περίβλημά του μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασίες έως και 100 °C.

Για να αποφευχθεί η πρόκληση ζημιάς στα εξαρτήματα λόγω πολύ υψηλής θερμοκρασίας, υπάρχουν δύο αισθητήρες θερμοκρασίας στον ηλεκτροκινητήρα. Και οι δύο αισθητήρες θερμοκρασίας βρίσκονται στις περιελίξεις του στάτορα. Η θερμοκρασία

του ρότορα δεν μετριέται απευθείας, αλλά μπορεί να εξακριβωθεί από τις τιμές μέτρησης των αισθητήρων θερμοκρασίας στον στάτορα. Και οι δύο αισθητήρες θερμοκρασίας αποτελούν εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία αντιστάσεις τύπου NTC. Τα σήματά τους διαβάζονται και αξιολογούνται από τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα.

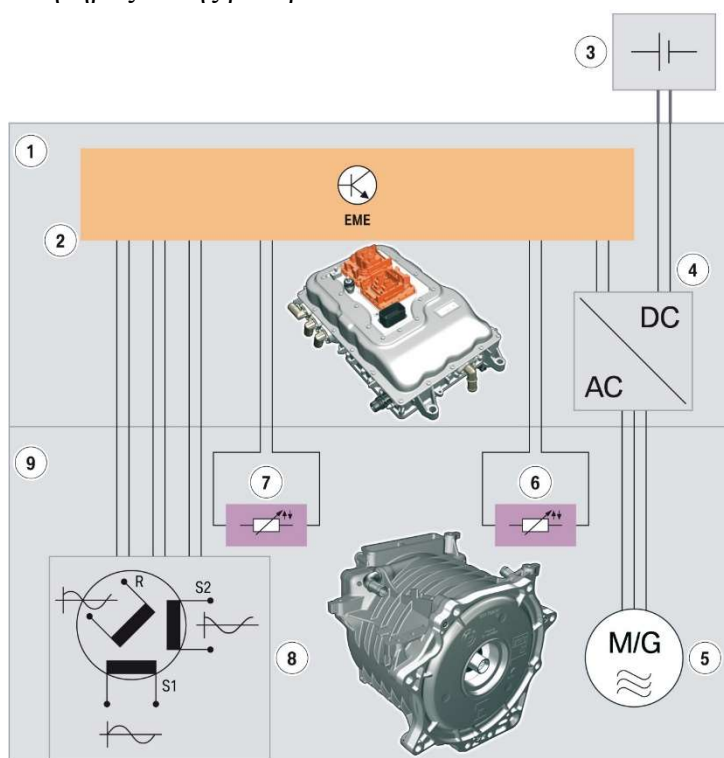


Εικόνα 53: 1)Εξωτερικό περίβλημα, 2)Καπάκι περιβλήματος, 3)Σύνδεση για τον αισθητήρα θέσης ρότορα, 4)Αισθητήρας θερμοκρασίας στον στάτορα, 5)Σύνδεση υψηλής τάσης U, 6)Σύνδεση υψηλής τάσης W, 7)Σύνδεση υψηλής τάσης V, 8)Αισθητήρας θέσης ρότορα. Πηγή: BMW AG

Για να μπορούν να υπολογίζονται και να παράγονται σωστά από τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα οι τάσεις για τις περιελίξεις στον στάτορα αναφορικά με το πλάτος και τη σχέση φάσης, πρέπει να είναι γνωστή η ακριβής ρύθμιση γωνίας του ρότορα. Για αυτό τον λόγο υπάρχει ένας αισθητήρας θέσης ρότορα στο άκρο του άξονα μετάδοσης κίνησης που κοιτά αντίθετα από το κιβώτιο ταχυτήτων. Ο αισθητήρας θέσης ρότορα είναι στερεωμένος στον στάτορα του ηλεκτροκινητήρα και λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή του δότη γωνίας. Στον αισθητήρα θέσης ρότορα υπάρχουν τρία πηνία. Σε ένα από τα πηνία τροφοδοτείται μια καθορισμένη εναλλασσόμενη τάση. Τα άλλα δύο πηνία είναι μετατοπισμένα κατά εκάστοτε 90° . Οι τάσεις που επάγονται σε αυτά τα πηνία δίνουν πληροφόρηση για τη θέση γωνίας του ρότορα. Ο αισθητήρας θέσης ρότορα τοποθετείται από τον κατασκευαστή του ηλεκτροκινητήρα με τον αντίστοιχο προσανατολισμό, έτσι ώστε να είναι κατά κανόνα ήδη σωστά βαθμονομημένος. Η ακριβής ρύθμιση του αισθητήρα θέσης ρότορα πραγματοποιείται κατά το στάδιο της κατασκευής, αφού ο ηλεκτροκινητήρας συνδεθεί με τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα. Οι τιμές ρύθμισης αποθηκεύονται στη μονάδα ελέγχου των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα.

Υπάρχει μια θύρα σύνδεσης υψηλής τάσης και μια θύρα σύνδεσης χαμηλής τάσης. Η θύρα σύνδεσης υψηλής τάσης αποτελείται από τις τρεις φάσεις. Ένας μετατροπέας DC/AC διπλής κατεύθυνσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα παράγει μια εναλλασσόμενη τάση τριών φάσεων, η οποία μεταδίδεται στις περιελίξεις στον στάτορα του ηλεκτροκινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται ο ηλεκτροκινητήρας και καθορίζεται ο τρόπος λειτουργίας του ως κινητήρας ή ως γεννήτρια. Οι ηλεκτρικοί αγωγοί ή/και οι ηλεκτρικές συνδέσεις στερεώνονται βιδωτά και καλύπτονται από ένα καπάκι.

- 1) Αισθητήρες θερμοκρασίας περιέλιξης στάτορα (2x)
- 2) Αισθητήρας θερμοκρασίας ρότορα (σε ένα έδρανο)
- 3) Αισθητήρας θέσης ρότορα.



Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα μετρούν την ηλεκτρική αντίσταση των δύο αισθητήρων θερμοκρασίας, που αποτελούν αντιστάσεις αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας (NTC), και εξακριβώνουν έτσι τις θερμοκρασίες στα δύο αυτά σημεία του

ηλεκτροκινητήρα. Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα παράγουν επίσης μια εναλλασσόμενη τάση για τον αισθητήρα θέσης ρότορα και αξιολογούν τα σήματα αυτού του αισθητήρα (δύο επαγωγικές εναλλασσόμενες τάσεις). Η ηλεκτρική σύνδεση αποτελείται από μια σύνδεση φις, η οποία είναι κρυμμένη κάτω από το ίδιο καπάκι με τη σύνδεση υψηλής τάσης.

6.1.1 Τεχνολογία πέμπτης γενιάς

Η τεχνολογία της πέμπτης γενιάς περιλαμβάνει μια ηλεκτρική μονάδα κίνησης, στην οποία ο ηλεκτροκινητήρας, τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ενσωματωμένα σε ένα κεντρικό περίβλημα. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται κατασκευαστικός χώρος και μειώνεται σημαντικά το βάρος της τεχνολογίας μετάδοσης κίνησης σε σχέση με την παρεχόμενη ισχύ. Η πυκνότητα ισχύος σε σχέση με τον προηγούμενο ηλεκτροκινητήρα έχει βελτιωθεί κατά περίπου 30%.



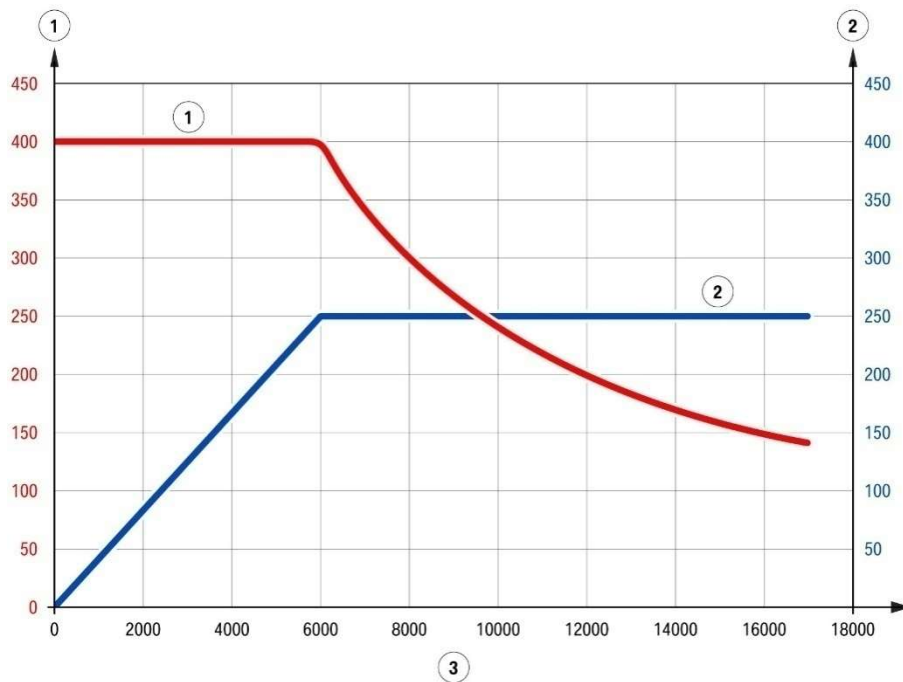
Εικόνα 55: 1) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME (απεικόνιση χωρίς καπάκι περιβλήματος), 2) Εξαερωτήρας, 3) Ηλεκτρική μονάδα μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων, 4) Μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων (μίας βαθμίδας) με διαφορικό, 5) Μονάδα λαδιού. Πηγή: BMW AG

Στο καπάκι του κιβωτίου ταχυτήτων είναι τοποθετημένος ένας εξαερωτήρας. Αυτός χρησιμοποιείται για την αντιστάθμιση πίεσης στην ηλεκτρική μονάδα κίνησης, σε περίπτωση υποπίεσης ή υπερπίεσης.

Τεχνικά Στοιχεία	
Γενιά	5.0
Ονομασία	220LR
Ανώτατη ισχύς (βραχυπρόθεσμα)	210 kW (286 PS)
Ανώτατη ροπή στρέψης (βραχυπρόθεσμα)	400 Nm
Μέγιστη ταχύτητα κίνησης	180 km/h
Αριθμός στροφών	17000 σ.α.λ.
Ηλεκτροκινητήρας	Σύγχρονη μηχανή εξωτερικής διέγερσης
Συντελεστής απόδοσης	93 %
Λειτουργία	Ως κινητήρας, ως γεννήτρια
Βάρος	116 kg
Είδος λαδιού	Shell EF6 → Λάδι κιβωτίου ταχυτήτων eFluid (83 22 5 A1D 718)
Υγρό ψύξης	HT-12 (προδιαγραφή BMW LC-18)
Αντλία λαδιού	Ηλεκτρικά
Μηχανισμός κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων	Ηλεκτρικά

Πίνακας 9: Πηγή: BMW AG

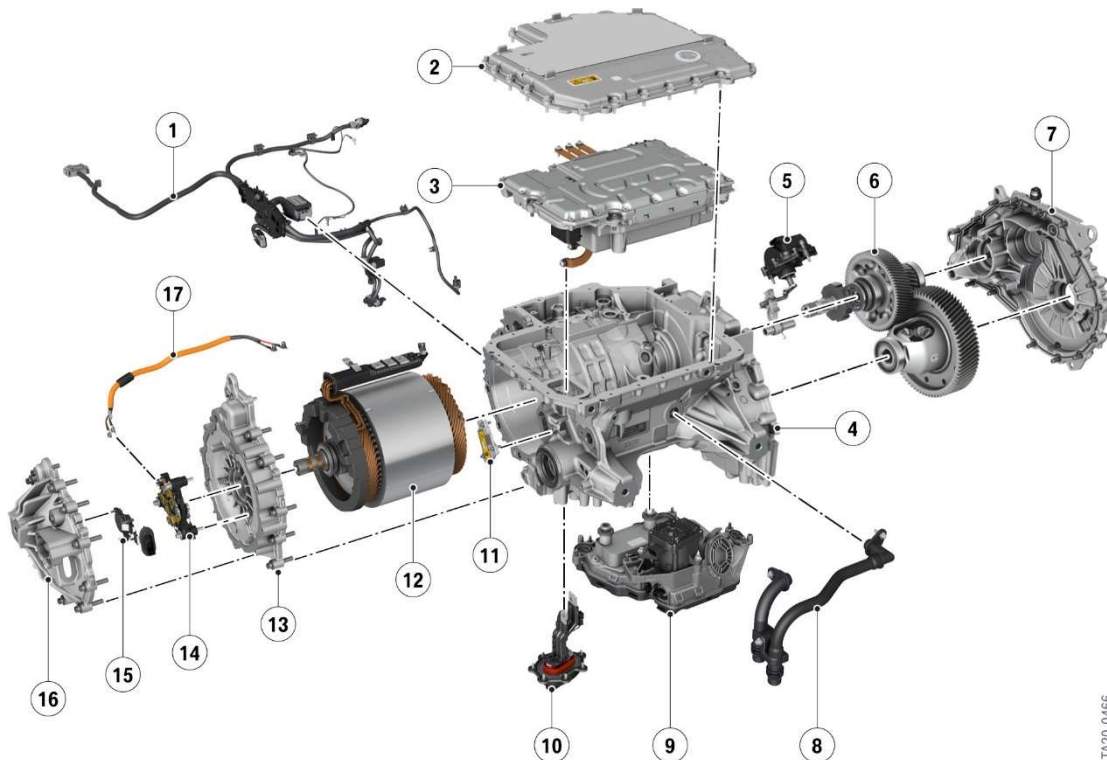
Η ροπή στρέψης της ηλεκτρικής μονάδας κίνησης 220LR μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε λειτουργία κινητήρα για την κίνηση του πίσω άξονα όσο και σε λειτουργία γεννήτριας για την επιβράδυνση (ανάκτηση ενέργειας). Η παρακάτω γραφική παράσταση δείχνει την εξέλιξη του αριθμού στροφών και της ροπής στρέψης κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση.



Εικόνα 56: 1) Ροπή κίνησης (λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα ως κινητήρα), 2) Ροπή πέδησης (λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα ως γεννήτρια), 3) Αριθμός στροφών ηλεκτροκινητήρα. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

Η ηλεκτρική μονάδα κίνησης αποτελείται από τα εξής βασικά επιμέρους εξαρτήματα:

- 1) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ΕΜΕ
- 2) Ηλεκτροκινητήρας, σύγχρονη μηχανή εξωτερικής διέγερσης
- 3) Κιβώτιο ταχυτήτων
- 4) Μονάδα λαδιού
- 5) Μονάδα μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων.



Εικόνα 57: 1) Πλεξούδα καλωδίων χαμηλής τάσης, 2) Καπάκι περιβλήματος, 3) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME, 4) Περίβλημα κινητήρα, 5) Μονάδα μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων, 6) Κιβώτιο ταχυτήτων (μίας σχέσης), 7) Καπάκι περιβλήματος κιβωτίου ταχυτήτων, 8) Αγωγός υγρού ψύξης, 9) Μονάδα λαδιού, 10) Σύνδεση υψηλής τάσης, 11) Καπάκι περιβλήματος (βιδωτή σύνδεση φινις υψηλής τάσης / EME), 12) Ηλεκτροκινητήρας (σύγχρονη μηχανή εξωτερικής διέγερσης), 13) Κάλυμμα εδράνου, 14) Μονάδα ψηκτρών, 15) Αισθητήρας θέσης ρότορα, 16) Καπάκι περιβλήματος, 17) Καλώδιο διεγέρτη. Πηγή: BMW AG

Μια ιδιαιτερότητα του χρησιμοποιούμενου ηλεκτροκινητήρα είναι ο τρόπος κατασκευής του, που επιτρέπει τη μη χρήση σπάνιων γαιών (σκόανδιο, ύττριο, λανθάνιο).

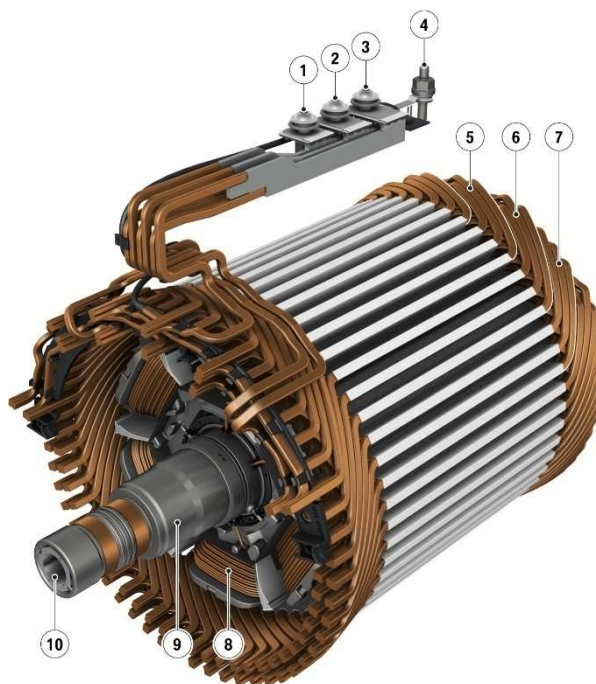
Η σύγχρονη μηχανή με διέγερση ρεύματος περιλαμβάνει έναν περιστρεφόμενο ρότορα και ένα σταθερό στάτορα. Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας επιτηρεί τη θερμοκρασία της περιελίξεις του στάτορα. Καθώς το μαγνητικό πεδίο του ρότορα δημιουργείται μέσω ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μέσα από πολλά πηνία, δεν απαιτείται η χρήση σπάνιων γαιών, π.χ. για μόνιμους μαγνήτες, σε αυτή την αρχή λειτουργίας.

Ο στάτορας και ο ρότορας διαθέτουν τον παρακάτω αριθμό περιελίξεων σε έναν 3-φασικό και αντίστοιχα 6-φασικό κινητήρα:

Ηλεκτρική μονάδα κίνησης	3-φασικός	6-φασικός
Περιελίξεις στάτορα	6 (έκαστη 2 φορές U, V, W)	12 (έκαστη 2 φορές U1, U2, V1, V2, W1, W2)
Περιελίξεις ρότορα	6 περιελίξεις	

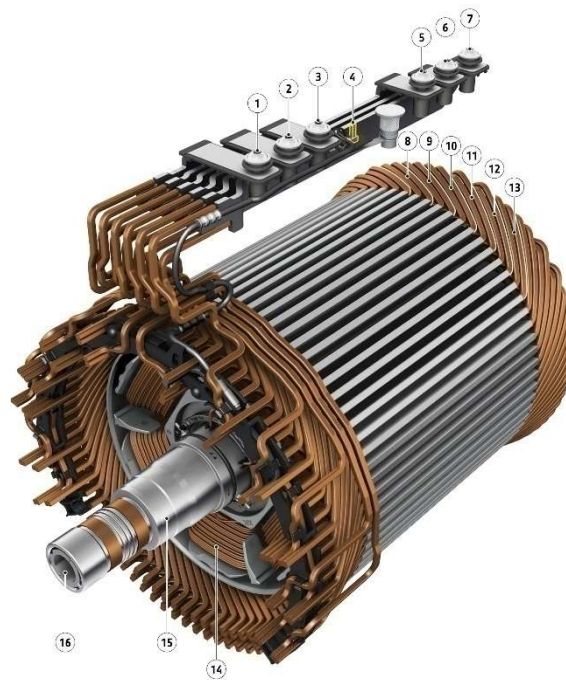
Πίνακας 10: Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνουμε έναν 3-φασικό ηλεκτροκινητήρα :



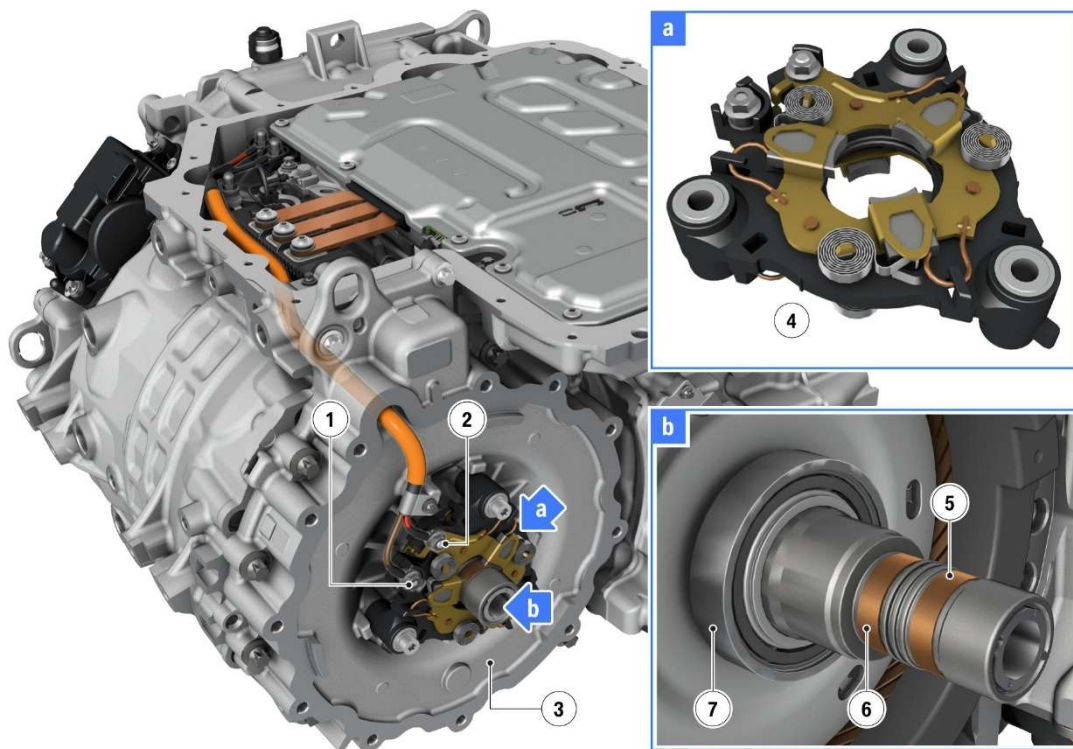
Εικόνα 58: 1)Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος στάτορας φάση U, 2) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος στάτορας φάση V, 3) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος στάτορας φάση W, 4) Σύνδεση αισθητήρα θερμοκρασίας περιελίξεις ρεύματος, 5) Περιελίξεις φάση U (συνολικά 2), 6) Περιελίξεις φάση W (συνολικά 2), 7) Περιελίξεις φάση V (συνολικά 2), 8) Περιελίξεις ρότορα (συνολικά 6), 9) Άξονας ρότορα, 10) Μόνιμος μαγνήτης για αισθητήρα θέσης ρότορα. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνουμε έναν 6-φασικό ηλεκτροκινητήρα:



Εικόνα 59: 1) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση U1, 2) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση V1, 3) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση W1, 4) Σύνδεση αισθητήρα θερμοκρασίας περιελίξεις ρεύματος, 5) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση U2, 6) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση V2, 7) Ράγα ηλεκτρικού ρεύματος, στάτορας, φάση W2, 8) Περιελίξεις φάσης U1 (συνολικά 2), 9) Περιελίξεις φάσης W1 (συνολικά 2), 10) Περιελίξεις φάσης V1 (συνολικά 2), 11) Περιελίξεις φάσης U2 (συνολικά 2), 12) Περιελίξεις φάσης W2 (συνολικά 2), 13) Περιελίξεις φάσης V2 (συνολικά 2), 14) Περιελίξεις ρότορα (συνολικά 6), 15) Άξονας ρότορα, 16) Μόνιμος μαγνήτης για αισθητήρα θέσης ρότορα. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

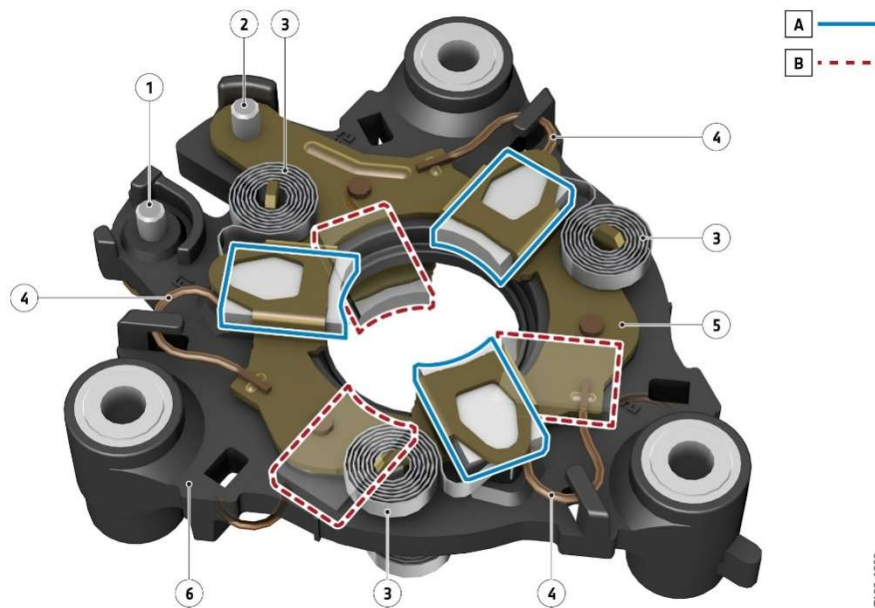
Καθώς οι περιελίξεις του ρότορα στην διάρκεια της λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα εκτίθενται σε μόνιμη περιστροφή, δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν με ένα βιδωτό ή κουμπωτό καλώδιο με ρεύμα. Για αυτό, η σύγχρονη μηχανή με διέγερση ρεύματος διαθέτει μια μονάδα ψηκτρών. Μέσω του καλωδίου διεγέρτη (καλώδιο υψηλής τάσης) μεταφέρεται η αντίστοιχη υψηλή τάση από τον μετατροπέα DC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME στη μονάδα ψηκτρών. Ο καλώδιο διεγέρτη βιδώνεται σταθερά στα δύο άκρα. Καθώς το καλώδιο διεγέρτη βρίσκεται στο εσωτερικό της ηλεκτρικής μονάδας κίνησης, δεν χρειάζεται προστασία επαφής. Όπως και άλλα καλώδια υψηλής τάσης, το καλώδιο διεγέρτη διαθέτει θωράκιση για επιτήρηση μόνωσης καθώς και για θωράκιση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.



Εικόνα 60: 1) Καλώδιο διεγέρτη σύνδεση υψηλής τάσης αρνητικό (στη μονάδα ψηκτρών), 2) Καλώδιο διεγέρτη σύνδεση υψηλής τάσης θετικό (στη μονάδα ψηκτρών), 3) Περίβλημα ηλεκτροκινητήρα, 4) Μονάδα ψηκτρών, 5) Δακτυλίδι ολίσθησης θετικό, 6) Δακτυλίδι ολίσθησης αρνητικό, 7) Έδρανο Β (έδρανο του ηλεκτροκινητήρα στην πλευρά εδράνων μονάδας ψηκτρών). Πηγή: BMW AG

Διάφορες εκδόσεις προδιαγραφών μπορεί να διαθέτουν μια μαύρη επένδυση καλωδίων γύρω από το καλώδιο διεγέρτη, για να το προστατεύουν από ζημιές. Αυτό μπορεί να περιορίσει την ορατότητα στην πορτοκαλί μόνωση του καλωδίου διεγέρτη (χρησιμοποιεί στη σήμανση εξαρτημάτων υψηλής τάσης και καλωδίων). Καθώς η μεταφερόμενη υψηλή τάση είναι σε όλες τις παραλλαγές πάνω από 60 V (DC), πρόκειται ωστόσο πάντα για ένα καλώδιο υψηλής τάσης.

Η μονάδα ψηκτρών διαθέτει συνολικά 3 θετικές και 3 αρνητικές ψήκτρες. Αυτές πιέζονται με μια καθορισμένη δύναμη μέσω των στοιχείων ελατηρίου στον άξονα ρότορα. Έτσι διαμορφώνεται μια αγωγίμη σύνδεση προς τις περιελίξεις του ρότορα.

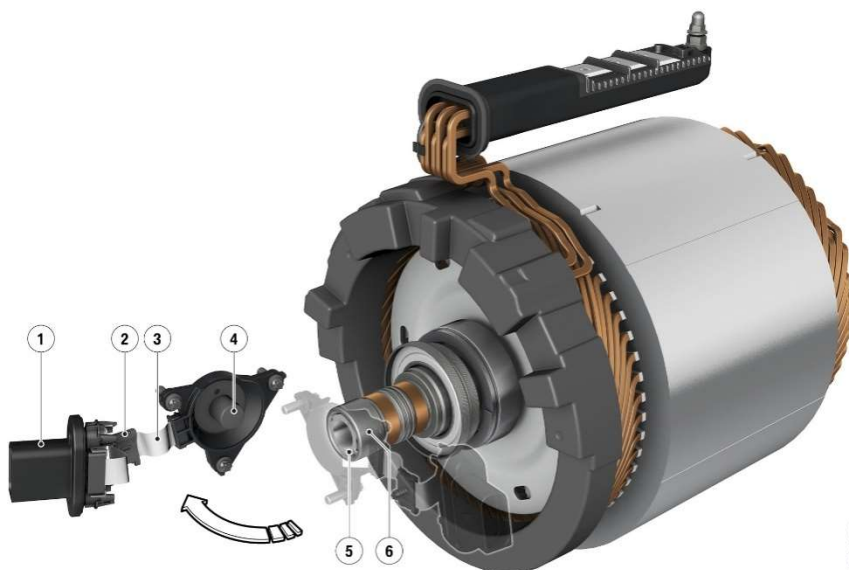


Εικόνα 61: Α) Αρνητικές ψήκτρες, Β) Θετικές ψήκτρες, 1) Σύνδεση υψηλής τάσης θετικό (μετατροπέας DC/DC), 2) Σύνδεση υψηλής τάσης αρνητικό (μετατροπέας DC/DC), 3) Στοιχεία ελατηρίου (για τη προφόρτιση των ψηκτρών), 4) Αγωγός σύνδεσης, 5) Τμήμα λαμαρίνας, 6) Πλάκα φορέα. Πηγή: BMW AG

Αυτή η αρχή λειτουργίας προϋποθέτει χαμηλή φθορά των ψηκτρών, για αυτό η μονάδα ψηκτρών δεν απαιτεί συντήρηση και είναι διαμορφωμένη για όλη τη διάρκεια ζωής του οχήματος. Με αντίστοιχα μέτρα στεγανοποίησης στο καλώδιο διεγέρτη αποτρέπεται η μεταφορά του τρίμματος που δημιουργείται από τον χώρο μονάδας ψηκτρών στον χώρο Inverter των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα EME.

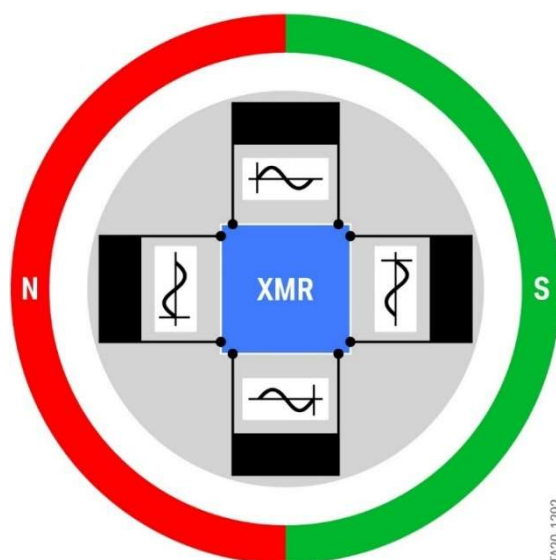
Ο αισθητήρας θέσης του ρότορα προσδιορίζει τη θέση ρότορα 0 - 360°. Την ακριβή τιμή θέσης ρότορα μεταδίδει ο αισθητήρας θέσης ρότορα στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME. Έτσι αυτό μπορεί να τροφοδοτεί με ρεύμα τις περιελίξεις του στάτορα και του ρότορα σωστά. Εδώ, ο αισθητήρας που διακρίνεται για την αρχή λειτουργίας μαγνήτη/αντίστασης (φαινόμενο XMR) χαρακτηρίζεται για πολύ υψηλή ακρίβεια μέτρησης σε ταυτόχρονη αντοχή στη θερμοκρασία. Η θέση ρότορα προσδιορίζεται και προωθείται στις ακόλουθες καταστάσεις λειτουργίας:

- 1) Σε ακινησία
- 2) Κατά την προσθιοπορεία
- 3) Κατά την οπισθοπορεία.



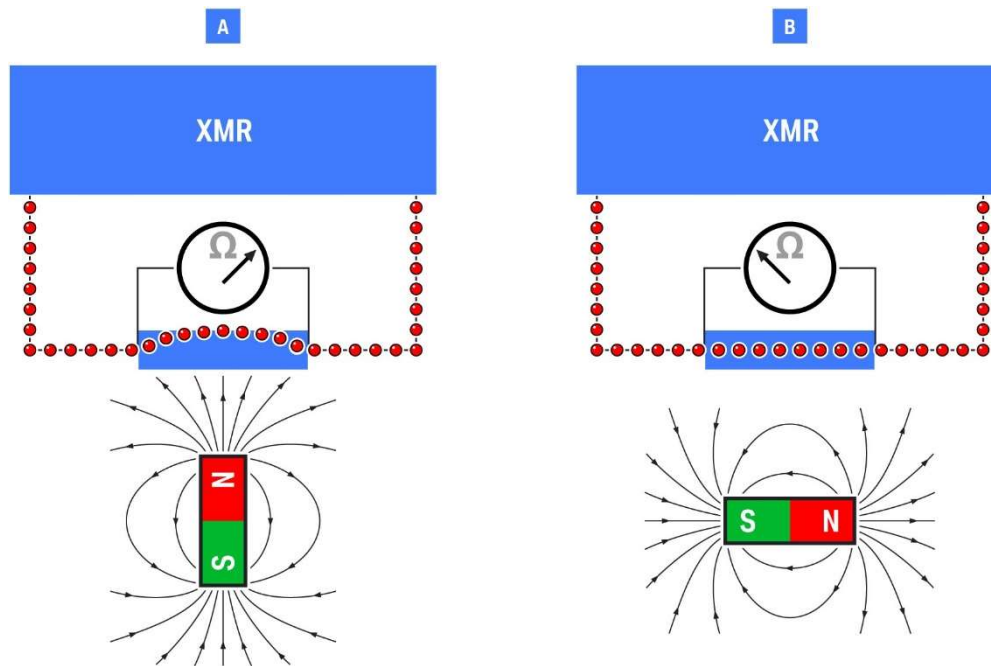
Εικόνα 62: 1) Ηλεκτρική σύνδεση φισ, 2) Στήριγμα, 3) Επίπεδη ταινία, 4) Στοιχείο αισθητήρα, 5) Μόνιμος μαγνήτης, 6) Άξονας ρότορα. Πηγή: BMW AG

Εδώ και πάνω από 150 έτη είναι γνωστό ότι τα εξωτερικά μαγνητικά πεδία μπορεί να επηρεάσουν την αντίσταση αγωγών. Οι αισθητήρες γωνίας βάσει τεχνολογίας αισθητήρα μαγνήτη/αντίστασης (αισθητήρες XMR) είναι μια αποδοτική εναλλακτική των αισθητήρων Hall. Κατά κανόνα, οι αισθητήρες XMR αναγνωρίζουν τον προσανατολισμό ενός υπάρχοντος μαγνητικού πεδίου. Αυτό γίνεται με μετρήσεις της γωνίας ημιτόνου και συνημιτόνου που βασίζονται σε αντίσταση. Οι αισθητήρες AMR και GMR λειτουργούν ως εξαρτώμενη από μαγνητικό πεδίο αντίσταση και συνοψίζονται στον γενικό όρο αισθητήρες XMR. Οι υψηλής ενσωμάτωσης αισθητήρες AMR και GMR διαθέτουν ένα τσιπ με ηλεκτρονική μονάδα ενισχυτή και αξιολόγησης.



Εικόνα 63: N) Μόνιμος μαγνήτης βόρειος πόλος, S) Μόνιμος μαγνήτης νότιος πόλος, XMR) Μαγνητικός αισθητήρας αντίστασης. Πηγή: BMW AG

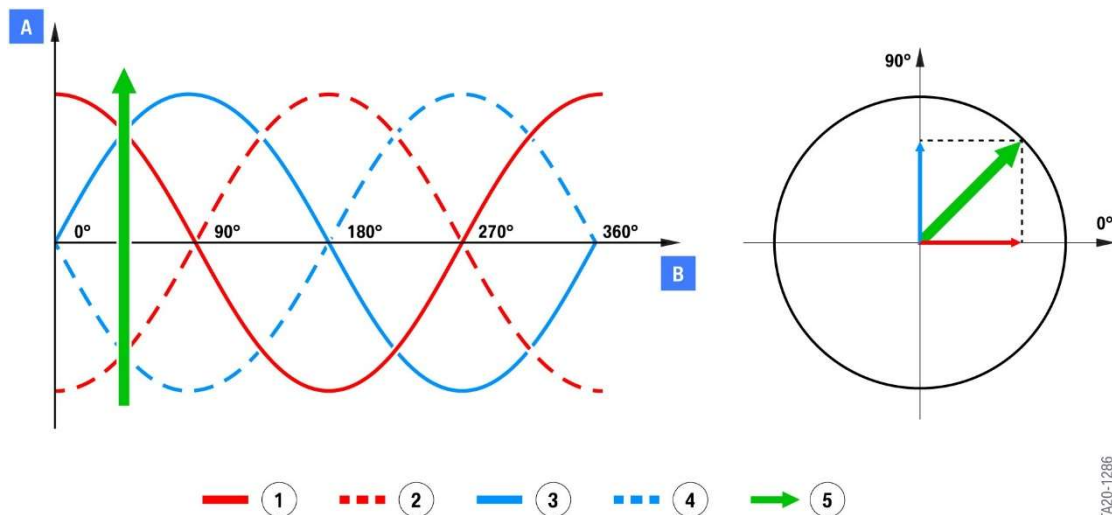
Στο παρακάτω σχήμα διακρίνουμε την αρχή λειτουργίας του αισθητήρα XMR:



TA20-1291

Εικόνα 64: A) Υψηλή τιμή αντίστασης, B) Χαμηλή τιμή αντίστασης. Πηγή: BMW AG

Με τον αισθητήρα GMR γίνεται εφικτή η καταγραφή μιας γωνίας άνω των 360°. Ο αισθητήρας AMR έχει σαφώς υψηλότερη ακρίβεια, ωστόσο μπορεί να καταγράφει μόνο γωνίες 0 - 180°. Αυτό οφείλεται στο ότι μπορεί να καταγράφει μόνο την ένταση του μαγνητικού πεδίου, όχι όμως την κατεύθυνση. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνεται ο Αισθητήρας GMR.



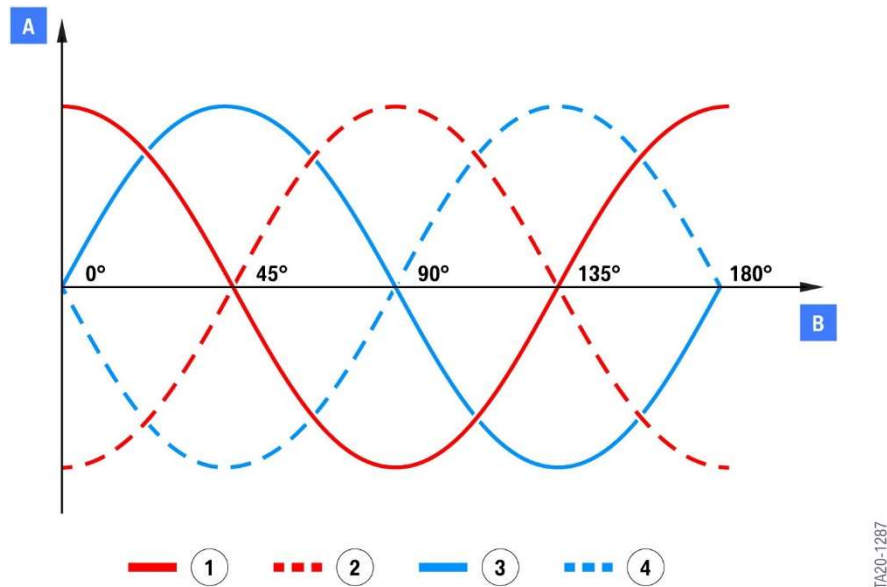
TA20-1286

Εικόνα 65: A) Τάση σε Volt, B) Γωνία σε μοίρες, 1) GMR COS P, 2) GMR COS N, 3) GMR SIN P, 4) GMR SIN N 5) Έκδοση σήματος σε 45°. Πηγή: BMW AG

Η πραγματική τιμή γωνίας 180° που απεικονίζεται μέσω της σχέσης των σημάτων x και y, μπορεί να υπολογίζεται μέσω μιας μαθηματικής συνάρτησης.

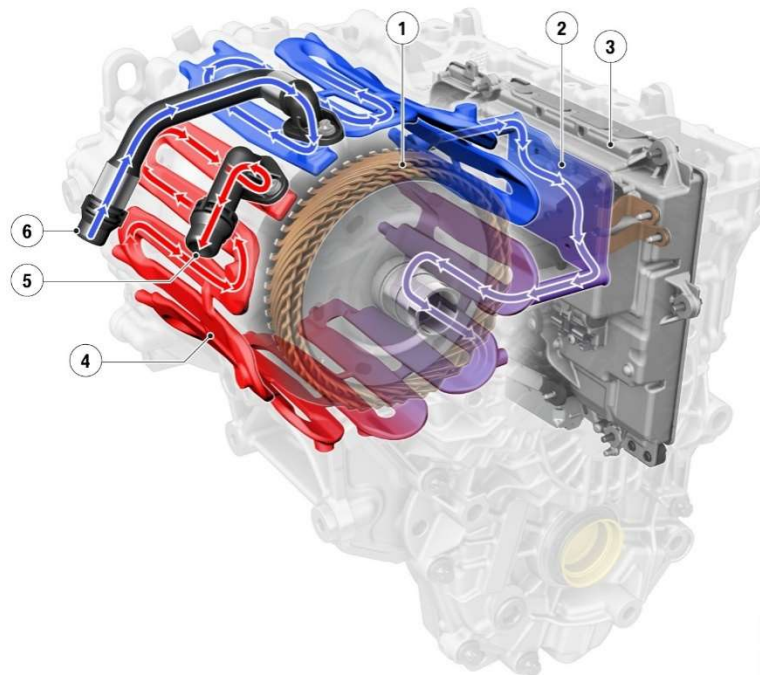
Στον συνδυασμό των δύο σημάτων αισθητήρα είναι εφικτή μια καταγραφή γωνιών μεταξύ $0 - 360^\circ$ με πολύ υψηλή ακρίβεια.

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνεται ο Αισθητήρας AMR.



Εικόνα 66: A) Τάση σε Volt, B) Γωνία σε μοίρες, 1) AMR COS P, 2) AMR COS N, 3) AMR SIN P, 4) AMR SIN N. Πηγή: BMW AG

Η ηλεκτρική μονάδα κίνησης της τελευταίας γενιάς ψύχεται μέσω ψυκτικού υγρού από το κύκλωμα υγρού ψύξης των εξαρτημάτων φόρτισης και συστήματος κίνησης. Εδώ διαφέρει το κύκλωμα υγρού ψύξης εντός της ηλεκτρικής μονάδας κίνησης κυρίως μέσω της χρήσης μιας μονάδας λαδιού και συνεπώς της χρήσης ενός εναλλάκτη θερμότητας υγρού ψύξης - λαδιού (παραλλαγές με και χωρίς μονάδα λαδιού). Αυτό εξαρτάται από την απαιτούμενη ανάγκη ψύξης του ηλεκτροκινητήρα.



Εικόνα 67: 1) Στάτορας, 2) Κανάλι ψύξης για ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME, 3) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα EME, 4) Κανάλι ψύξης για περίβλημα ηλεκτροκινητήρα, 5) Επιστροφή υγρού ψύξης, 6) Παροχή υγρού ψύξης. Πηγή: BMW AG

Το ψυκτικό υγρό ρέει από την παροχή ψυκτικού υγρού μέσω των καναλιών του περιβλήματος ηλεκτροκινητήρα για να ψύξει τα εξαρτήματα του ηλεκτροκινητήρα. Σε αυτό το κύκλωμα διαρρέονται ομοίως τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα για την ψύξη των ηλεκτρονικών ισχύος. Μέσω της επιστροφής ψυκτικού υγρού το ψυκτικό υγρό επιστρέφει στο κύκλωμα υγρού ψύξης.

6.2 Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα

Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα χρησιμοποιούνται κυρίως ως ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου για τον ηλεκτροκινητήρα. Αναλαμβάνουν την εργασία μετατροπής της συνεχούς τάσης από την μπαταρία υψηλής τάσης (έως και περ. 400 V DC) σε μια τριφασική εναλλασσόμενη τάση (έως και περ. 360 V AC) για την ενεργοποίηση του ηλεκτροκινητήρα σε λειτουργία κινητήρα. Αντίστροφα, όταν ο ηλεκτροκινητήρας πρέπει να λειτουργήσει ως γεννήτρια, τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα μετατρέπουν την τριφασική εναλλασσόμενη τάση του ηλεκτροκινητήρα σε συνεχή τάση και μπορούν έτσι να φορτίσουν την μπαταρία υψηλής τάσης. Αυτό πραγματοποιείται κατά την ανάκτηση ενέργειας πέδησης. Για αυτούς τους δύο τρόπους λειτουργίας χρειάζεται ένας διπλής κατεύθυνσης μετατροπέας DC/AC, που μπορεί να λειτουργήσει και ως μετατροπέας και ως ανορθωτής.

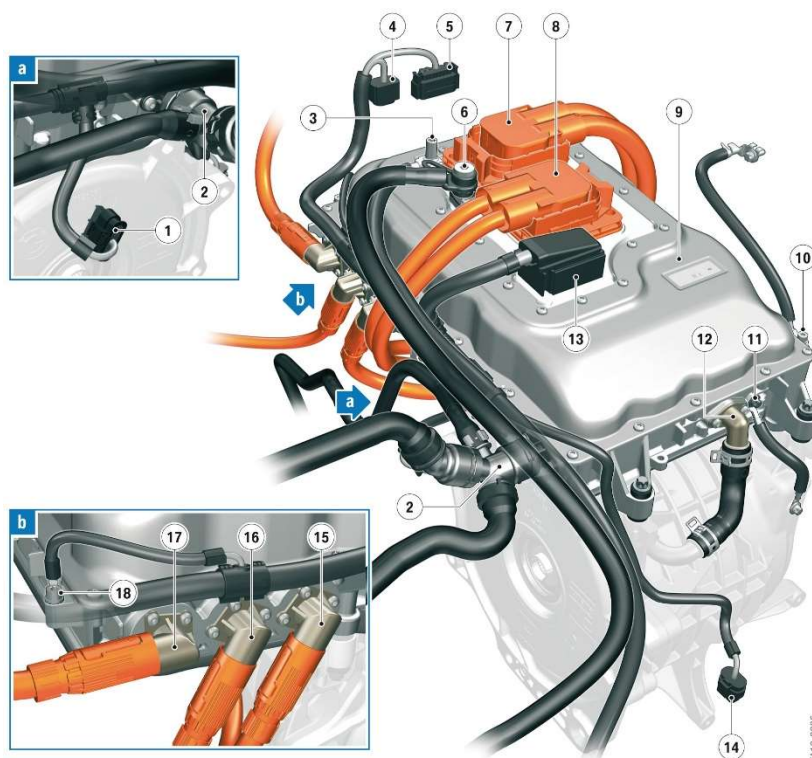


Εικόνα 68: Μετατροπέας διπλής κατεύθυνσης DC/AC, που μπορεί να λειτουργήσει και ως μετατροπέας και ως ανορθωτής. Πηγή: BMW AG

Μέσω του επίσης ενσωματωμένου στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα μετατροπέα DC/DC διασφαλίζεται η τροφοδοσία τάσης του ηλεκτρικού κυκλώματος 12 V. Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα περιλαμβάνουν ακόμη μία μονάδα ελέγχου, η οποία φέρει το ίδιο όνομα και με τη συντομογραφία "EME".

Οι συνδέσεις στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- 1) Συνδέσεις χαμηλής τάσης
- 2) Συνδέσεις υψηλής τάσης
- 3) Συνδέσεις για καλώδια αντιστάθμισης δυναμικού
- 4) Συνδέσεις για σωλήνες ψυκτικού υγρού.

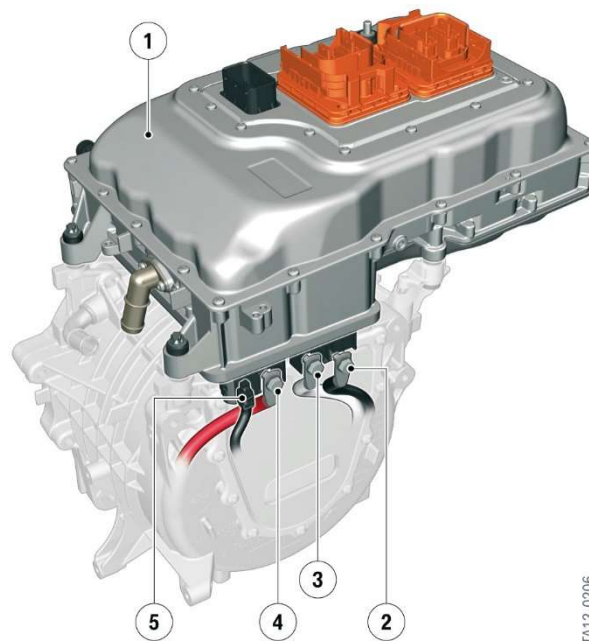


Εικόνα 69: 1) Τροφοδοσία τάσης, 2) Αγωγός ψυκτικού, 3) Έξοδος μετατροπέα DC/DC -12V, 4) Φις χαμηλής τάσης, 5) Φις χαμηλής τάσης, 6) Έξοδος μετατροπέα DC/DC +12V, 7) Αγωγός υψηλής τάσης DC προς την μπαταρία υψηλής τάσης, 8) Αγωγός υψηλής τάσης προς τα range Extender, 9) Κέλυφος ηλεκτρονικών κινητήρα, 10) Σύνδεση για καλώδιο αντιστάθμισης δυναμικού, 11) Σύνδεση για καλώδιο αντιστάθμισης δυναμικού, 12) Αγωγός ψυκτικού, 13) Φις χαμηλής τάσης (σήμα), 14) Φις χαμηλής τάσης, 15) Αγωγός υψηλής τάσης προς ηλεκτρικό συμπιεστή κλιματισμού, 16) Αγωγός υψηλής τάσης προς ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης, 17) Αγωγός υψηλής τάσης για την φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα, 18) Σύνδεση γείωσης. Πηγή: BMW AG

6.3 Συνδέσεις Χαμηλής Τάσης

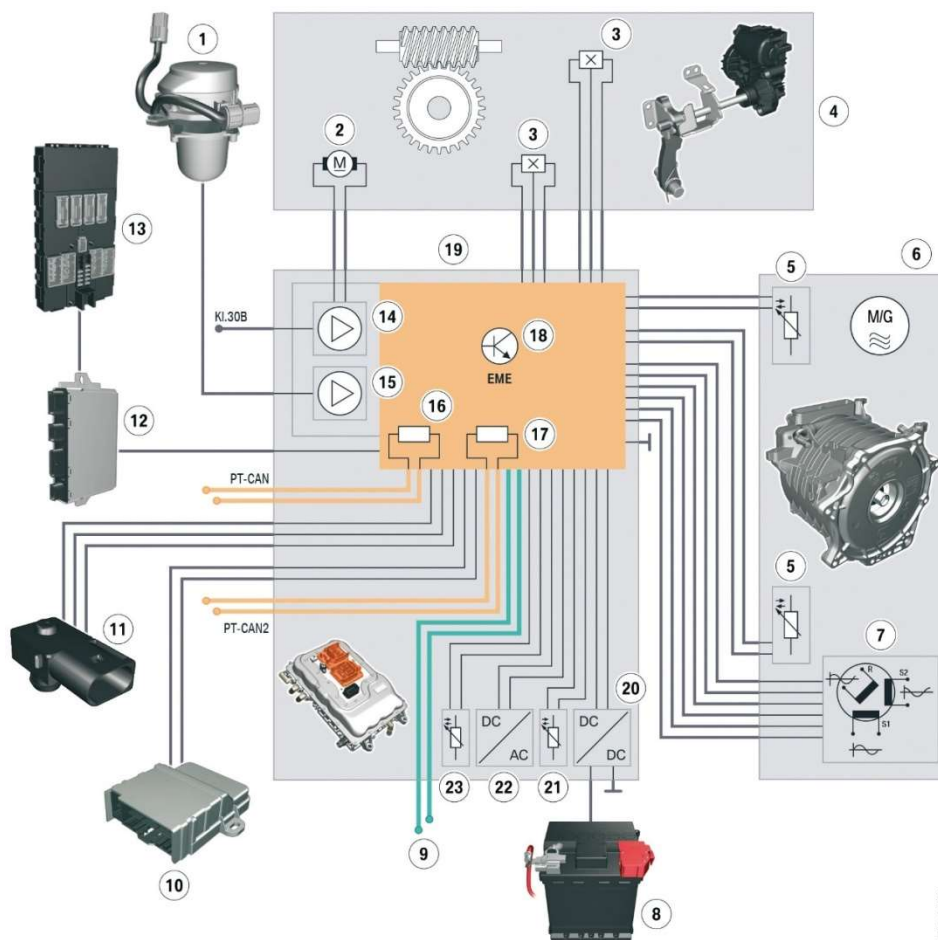
- 1) Στο ορατό από την εξωτερική πλευρά πολύ-πολικό φις χαμηλής τάσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα έχουν συμπεριληφθεί τα εξής καλώδια και σήματα:
- 2) Τροφοδοσία τάσης για τη μονάδα ελέγχου ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα (EME)
- 3) Ακροδέκτης από τον ακροδέκτη ασφάλειας της μπαταρίας (αξιολογείται από τη μονάδα ελέγχου EME για την αναγνώριση τυχόν ατυχήματος)
- 4) Σύστημα διαύλου PT-CAN (στη μονάδα ελέγχου EME υπάρχει μια τερματική αντίσταση 120 Ω για τον διάυλο PT-CAN)
- 5) Αγωγός αφύπνισης
- 6) Καλώδιο ελέγχου προς τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, για την έγκριση της διαδικασίας φόρτισης

- 7) Είσοδος και έξοδος του ηλεκτρικού κυκλώματος της επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης (η μονάδα ελέγχου EME αξιολογεί το σήμα και ξεκινά, σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού κυκλώματος, την απενεργοποίηση του συστήματος υψηλής τάσης)
- 8) Ηλεκτρομηχανικός μηχανισμός κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων: Τροφοδοσία τάσης και σήμα των αισθητήρων θέσης, τροφοδοσία τάσης του ηλεκτρομαγνήτη και του ηλεκτρικού μοτέρ
- 9) Αισθητήρας υποπίεσης φρένων (τροφοδοσία και αξιολόγηση μιας εξαρτώμενης από την πίεση αντίστασης)
- 10) Τροφοδοσία τάσης της ηλεκτρικής αντλίας κενού.



Εικόνα 70: 1) Ηλεκτρονικά κινητήρα, 2) Βιδωτή σύνδεση υψηλής τάσης περιέλιξης στάτη 1, 3) Βιδωτή σύνδεση υψηλής τάσης περιέλιξης στάτη 2, 4) Βιδωτή σύνδεση υψηλής τάσης περιέλιξης στάτη 3, 5) Φις χαμηλής τάσης. Πηγή: BMW AG

Αυτά τα καλώδια και τα σήματα έχουν αναλογικά χαμηλές εντάσεις ρεύματος. Μέσω δύο ξεχωριστών συνδέσεων χαμηλής τάσης και καλωδίων με μεγάλη διατομή συνδέονται τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα με το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12V. Μέσω αυτής της σύνδεσης τροφοδοτεί ο μετατροπέας DC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα ολόκληρο το ηλεκτρικό κύκλωμα 12 V με ενέργεια. Η επαφή αυτών των δύο καλωδίων με τα ηλεκτρονικά ηλεκτρικών μηχανών δεν πραγματοποιείται μέσω μιας σύνδεσης φις αλλά μέσω μιας βιδωτής σύνδεσης. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνουμε τις συνδέσεις χαμηλής τάσης των ηλεκτρονικών του ηλεκτροκινητήρα:



TE13-0372

Εικόνα 71:

- 1) Ηλεκτρική αντλία υποπίεσης,
 - 2) Ηλεκτρικό μοτέρ για τον μηχανισμό κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων,
 - 3) Αισθητήρες θέσης (Hall),
 - 4) Μονάδα μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων,
 - 5) Αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου NTC,
 - 6) Ηλεκτροκινητήρας,
 - 7) Αισθητήρας θέσης ρότορα,
 - 8) Μπαταρία 12 volt,
 - 9) Καλώδια σήματος επιτήρησης επαφών υψηλής τάσης,
 - 10) Μονάδα ασφάλειας σύγκρουσης,
 - 11) Body domain controller,
 - 12) Αισθητήρας υποπίεσης φρένων,
 - 13) Τελική βαθμίδα για ενεργοποίηση της μονάδας μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων,
 - 14) Τελική βαθμίδα για ενεργοποίηση της ηλεκτρικής αντλίας κενού,
 - 15) Τερματική αντίσταση για τον δίαυλο PT-CAN,
 - 16) Τερματική αντίσταση για τον δίαυλο PT-CAN 2,
 - 17) Μονάδα ελέγχου ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα,
 - 18) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα,
 - 19) Μετατροπέας DC/DC,
 - 20) Αισθητήρας θερμοκρασίας NTC στον μετατροπέα DC/DC,
 - 21) Διπλής κατεύθυνσης μετατροπέας DC/AC,
 - 22) Αισθητήρας θερμοκρασίας NTC στον μετατροπέα DC/AC,
- Πηγή: BMW AG

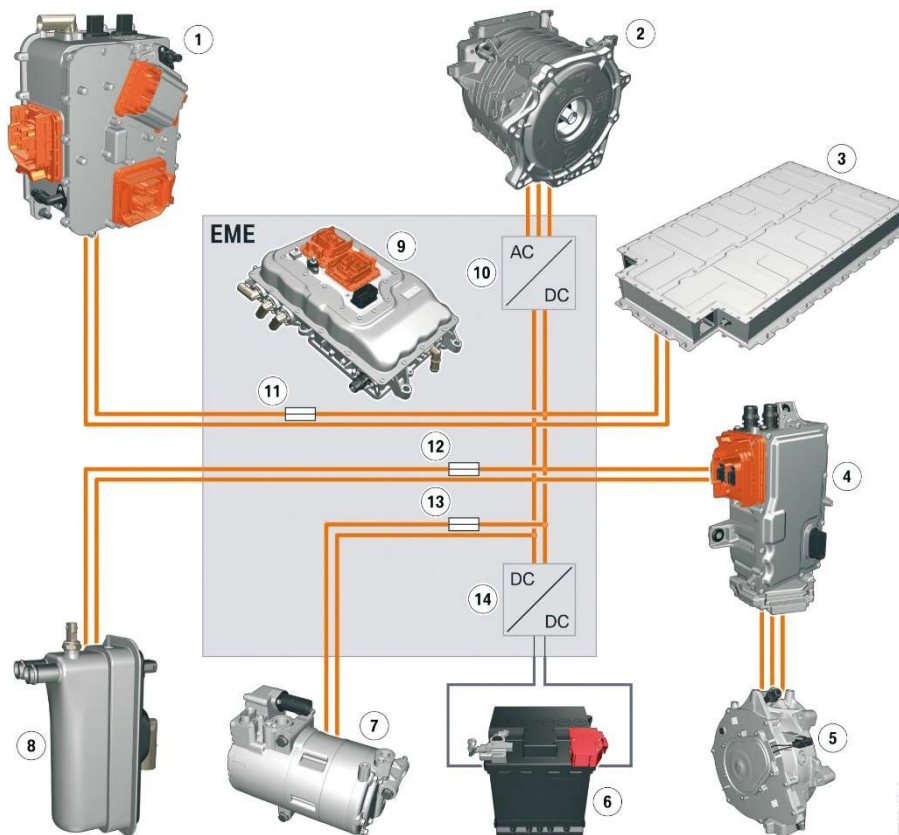
6.4 Συνδέσεις Υψηλής Τάσης

Στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα υπάρχουν συνολικά πέντε συνδέσεις υψηλής τάσης για την επαφή των αγωγών με τα υπόλοιπα εξαρτήματα υψηλής τάσης:

Σύνδεση προς εξάρτημα ...	Πλήθος των επαφών, είδος τάσης, θωράκιση	Είδος της σύνδεσης	Προστασία επαφής
Ηλεκτροκινητήρας	- 3 φάσεων - Εναλλασσόμενη τάση - 1 θωράκιση και για τα 3 καλώδια	Ράγες τροφοδοσίας ρεύματος βιδωμένες με τους αγωγούς του ηλεκτροκινητήρα	Μηχανική με καπάκι στον ηλεκτροκινητήρα
Μπαταρία υψηλής τάσης	- 2 πόλων - Συνεχής τάση - 1 θωράκιση ανά καλώδιο	Επίπεδο φις υψηλής τάσης με μηχανικό μηχανισμό ασφάλισης	- Κάλυμμα επάνω από τα γλωσσίδια επαφής - Επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης
Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης	- 2 πόλων - Συνεχής τάση - 1 θωράκιση ανά καλώδιο	Επίπεδο φις υψηλής τάσης με μηχανικό μηχανισμό ασφάλισης	- Κάλυμμα επάνω από τα γλωσσίδια επαφής - Επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης
Ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού	- 2 πόλων - Συνεχής τάση - 1 θωράκιση και για τα δύο καλώδια	Στρογγυλό φις υψηλής τάσης	Κάλυμμα πάνω από τις επαφές (προστασία επαφής)
Ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης	- 2 πόλων - Συνεχής τάση - 1 θωράκιση και για τα δύο καλώδια	Στρογγυλό φις υψηλής τάσης	Κάλυμμα πάνω από τις επαφές (προστασία επαφής)

Πίνακας 11: Πηγή: BMWAG

Και στο παρακάτω σχήμα :



Εικόνα 72: 1) Ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 2) Ηλεκτροκινητήρας, 3) Μπαταρία υψηλής τάσης, 4) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα Range Extender, 5) Ηλεκτρική μηχανή Range Extender, 6) Μπαταρία 12 volt, 7) Ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού, 8) Ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης, 9) Ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 10) Μετατροπέας DC/AC διπλής κατεύθυνσης στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 11) Ασφάλεια υπερβολικού ρεύματος στον αγωγό τροφοδοσίας προς τα ηλεκτρονικά άνετης φόρτισης, 12) Ασφάλεια υπερβολικού ρεύματος στον αγωγό τροφοδοσίας προς το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης, 13) Ασφάλεια υπερβολικού ρεύματος στον αγωγό τροφοδοσίας προς τον ηλεκτρικό συμπιεστή κλιματισμού, 14) Μετατροπέας DC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα. Πηγή: BMW AG

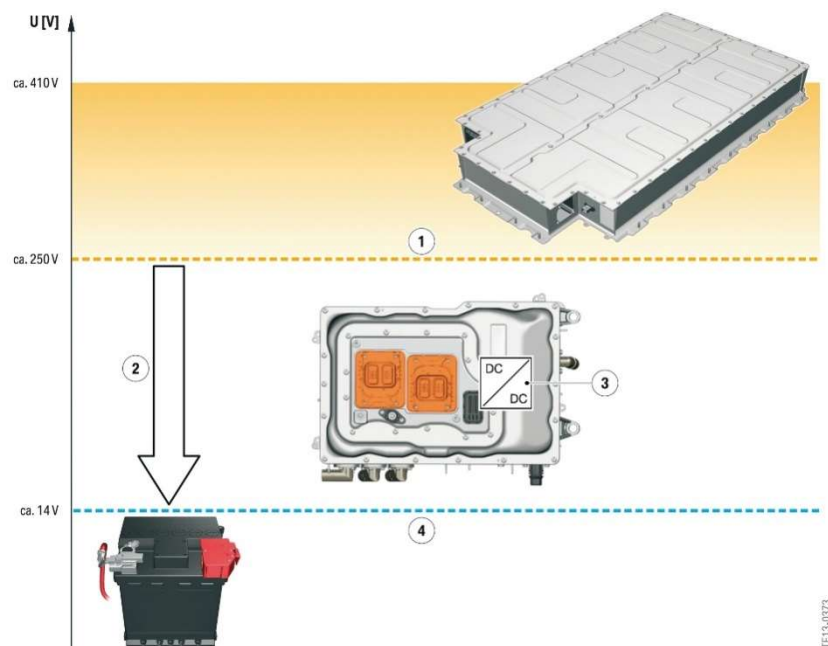
Τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα αποτελούνται εσωτερικά από τρία επιμέρους εξαρτήματα: Τον μετατροπέα DC/AC διπλής κατεύθυνσης, τον μετατροπέα AC/DC μονής κατεύθυνσης, τον μετατροπέα DC/DC και τη μονάδα ελέγχου των ηλεκτρονικών EME. Αναπόσπαστο τμήμα των κυκλωμάτων ηλεκτρονικών ισχύος είναι επίσης οι πυκνωτές ενδιάμεσου κυκλώματος, για την εξομάλυνση της τάσης και το φιλτράρισμα των τμημάτων υψηλής συχνότητας.

Με τη βοήθεια των κατονομαζόμενων επιμέρους εξαρτημάτων, εκτελούν τις εξής λειτουργίες:

- 1) Έλεγχος των εσωτερικών επιμέρους εξαρτημάτων από τη μονάδα ελέγχου EME
- 2) Τροφοδοσία του ηλεκτρικού κυκλώματος 12 V μέσω του μετατροπέα DC/DC
- 3) Ρύθμιση του ηλεκτροκινητήρα (αριθμός στροφών, ροπή στρέψης) με τη βοήθεια του μετατροπέα DC/AC
- 4) Διαχείριση ισχύος υψηλής τάσης
- 5) Επαφή του ηλεκτροκινητήρα μέσω ράγας ηλεκτρικού ρεύματος
- 6) Επαφή της μπαταρίας υψηλής τάσης
- 7) Φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης σε λειτουργία εν στάσει
- 8) Επαφή των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης
- 9) Επαφή του ηλεκτρικού συμπιεστή κλιματισμού
- 10) Επαφή του ηλεκτρικού συστήματος θέρμανσης
- 11) Επαφή των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα Range Extender
- 12) Επικοινωνία με άλλες μονάδες ελέγχου, ιδιαίτερα με τα EDME
- 13) Ψύξη των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα
- 14) Αξιολόγηση των αισθητήρων του ηλεκτρομηχανικού μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων
- 15) Ενεργοποίηση του ηλεκτρομηχανικού μηχανισμού κλειδώματος κιβωτίου ταχυτήτων
- 16) Ενεργοποίηση της ηλεκτρικής αντλίας κενού
- 17) Ενεργητική και παθητική εκφόρτιση των πυκνωτών ενδιάμεσου κυκλώματος σε τάσεις κάτω από 60 V
- 18) Ενεργή αξιολόγηση του σήματος για την επιτήρηση επαφών υψηλής τάσης (Interlock υψηλής τάσης)
- 19) Αυτοέλεγχος και διαγνωστικές λειτουργίες.

Ο μετατροπέας DC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα της I01 μπορεί από τεχνικής πλευράς να εκτελεί τους εξής τρόπους λειτουργίας:

- 1) Standby (ακόμη και σε περίπτωση σφάλματος εξαρτήματος ή βραχυκύκλωμα, απενεργοποίηση ηλεκτρονικών ισχύος)
- 2) Καθοδική μετατροπή ("λειτουργία Buck") (ροή ενέργειας προς την πλευρά χαμηλής τάσης. Ο μετατροπέας ρυθμίζει την τάση στην πλευρά χαμηλής τάσης)
- 3) Εκφόρτιση του ενδιάμεσου κυκλώματος υψηλής τάσης (σφάλμα Interlock, ατύχημα, αίτημα από Master).



Εικόνα 73: 1) Επίπεδο τάσης του ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος υψηλής τάσης 250volt έως 410 volt, 2) Μετατροπή προς τα κάτω, 3) Μετατροπέας DC/DC στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα, 4) Επίπεδο τάσης του ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος χαμηλής τάσης 14 volt. Πηγή: BMW AG

Ο μετατροπέας DC/DC βρίσκεται στον τρόπο λειτουργίας "Standby" (αναμονής), όταν τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα είναι εκτός λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει όταν η μονάδα ελέγχου EME δεν τροφοδοτείται με τάση, π.χ. εξαιτίας της κατάστασης των ακροδεκτών. Ακόμη όμως και εάν υπάρχει σφάλμα, η μονάδα ελέγχου EME αποστέλλει εντολή για λειτουργία του μετατροπέα DC/DC σε τρόπο λειτουργίας "Αναμονής". Σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας δεν πραγματοποιείται καμία μετάδοση ενέργειας μεταξύ των δύο ηλεκτρικών κυκλωμάτων του οχήματος και αυτά παραμένουν γαλβανικά απομονωμένα μεταξύ τους. Ο τρόπος λειτουργίας "Καθοδικής μετατροπής", που ονομάζεται επίσης "Buck - Mode", αποτελεί τον κανονικό τρόπο λειτουργίας σε ενεργό σύστημα υψηλής τάσης. Ο μετατροπέας DC/DC μεταφέρει στη συνέχεια ηλεκτρική ενέργεια από το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης στο ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12 V και αναλαμβάνει τη λειτουργία ενός εναλλακτήρα σε ένα συμβατικό όχημα. Για αυτό τον σκοπό, ο μετατροπέας DC/DC πρέπει να μειώσει τη μεταβαλλόμενη τάση από το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης στην τάση στο ηλεκτρικό κύκλωμα του οχήματος χαμηλής τάσης. Η τάση στο ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης εξαρτάται π.χ. από την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας υψηλής τάσης (περ. 260 V έως περ. 390 V). Η τάση στο ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος χαμηλής τάσης ρυθμίζει το μετατροπέα DC/DC κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη φόρτιση της μπαταρίας 12 V και να διατίθεται, ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης και τη θερμοκρασία της μπαταρίας, μια τάση περ. 14 V. Η μονάδα ελέγχου EME επικοινωνεί για αυτόν τον σκοπό με τη μονάδα ελέγχου EDME, στην οποία εκτελούνται οι εργασίες διαχείρισης ισχύος 12 V. Έτσι προκύπτει η προδιαγραφή ονομαστικής τιμής για την τάση, την οποία πρέπει να ρυθμίσει ο μετατροπέας DC/DC στο ηλεκτρικό κύκλωμα

οχήματος χαμηλής τάσης. Η συνεχής ισχύς εξόδου του μετατροπέα DC/DC είναι 2500 W.

Η τεχνολογία του μετατροπέα DC/DC θα επέτρεπε κανονικά επίσης τον τρόπο λειτουργίας "Ανοδική μετατροπή" ("λειτουργία Boost"). Έτσι δεν είναι εφικτή η φόρτιση της μπαταρίας υψηλής τάσης με τη βοήθεια ενέργειας από το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος 12 V. Ο τελευταίος τρόπος λειτουργίας του μετατροπέα DC/DC πραγματοποιείται στον (κανονικό ή γρήγορο) τερματισμό λειτουργίας του συστήματος υψηλής τάσης. Κατά τον τερματισμό λειτουργίας του συστήματος υψηλής τάσης, το σύστημα πρέπει εντός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος να εκφορτιστεί μέχρι το επίπεδο μιας ακίνδυνης τάσης μικρότερης των 60 V. Ο μετατροπέας DC/DC διαθέτει για αυτόν τον σκοπό ένα κύκλωμα εκφόρτισης για τους πυκνωτές ενδιάμεσου κυκλώματος. Καταρχάς προσπαθεί να μεταφέρει την ενέργεια, που είναι αποθηκευμένη στους πυκνωτές ενδιάμεσου κυκλώματος, στο ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος χαμηλής τάσης. Αν αυτό δεν επιφέρει τη μείωση της τάσης όσο γρήγορα απαιτείται, η εκφόρτιση πραγματοποιείται μέσω μίας αντίστασης που συνδέεται ενεργά για αυτό. Με αυτόν τον τρόπο, το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης αποφορτίζεται σε λιγότερο από 5 s. Για λόγους ασφαλείας υπάρχει επίσης μια μόνιμα παράλληλα συνδεδεμένη αντίσταση, η οποία ονομάζεται αντίσταση εκφόρτισης. Με αυτή, είναι δυνατή η αξιόπιστη εκφόρτιση του ηλεκτρικού κυκλώματος οχήματος υψηλής τάσης, ακόμη κι όταν τα πρώτα δύο μέτρα εκφόρτισης δεν λειτουργούν εξαιτίας σφάλματος. Η χρονική διάρκεια για την εκφόρτιση σε τάση κάτω από τα 60 V είναι στην περίπτωση αυτή μεγαλύτερη και διαρκεί το μέγιστο έως 120 s. Η θερμοκρασία του μετατροπέα DC/DC μετριέται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα θερμοκρασίας και επιτηρείται από τη μονάδα ελέγχου EME. Εάν η θερμοκρασία, παρά την ψύξη με ψυκτικό υγρό, υπερβεί την επιτρεπόμενη περιοχή, η μονάδα ελέγχου EME μειώνει την ισχύ του μετατροπέα DC/DC για την προστασία των εξαρτημάτων. Τα ηλεκτρονικά ισχύος για την ενεργοποίηση του ηλεκτροκινητήρα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από τον διπλής κατεύθυνσης μετατροπέα DC/AC. Πρόκειται για έναν μετατροπέα παλμού με μία 2-πολική σύνδεση συνεχούς τάσης και μία 3-φασική σύνδεση εναλλασσόμενης τάσης. Αυτός ο μετατροπέας DC/AC μπορεί να λειτουργήσει ως μετατροπέας και διοχετεύει ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια από την μπαταρία υψηλής τάσης προς τον ηλεκτροκινητήρα, όταν αυτός πρέπει να λειτουργήσει ως κινητήρας. Ωστόσο μπορεί να λειτουργήσει και ως ανορθωτής, μεταφέροντας ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια από τον ηλεκτροκινητήρα προς την μπαταρία υψηλής τάσης. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας χρησιμοποιείται κατά την ανάκτηση ενέργειας πέδησης, κατά την οποία ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως εναλλακτήρας παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Ο τρόπος λειτουργίας του μετατροπέα DC/AC καθορίζεται από τη μονάδα ελέγχου EME. Η μονάδα ελέγχου EME λαμβάνει για τον σκοπό αυτό ως καθοριστικό μέγεθος εισόδου την προδιαγραφή ονομαστικής τιμής από τη μονάδα ελέγχου EDME, σχετικά με το ποια ροπή στρέψης (ποσότητα και πρόσημο) πρέπει να τροφοδοτήσει ο ηλεκτροκινητήρας. Από αυτή την ονομαστική τιμή και την τρέχουσα κατάσταση λειτουργίας του

ηλεκτροκινητήρα (αριθμός στροφών και ροπή στρέψης) καθορίζει η μονάδα ελέγχου EME τον τρόπο λειτουργίας του μετατροπέα DC/AC καθώς και το πλάτος και τη συχνότητα των τάσεων φάσης για τον ηλεκτροκινητήρα. Σύμφωνα με αυτές τις προδιαγραφές ενεργοποιούνται χρονισμένα οι ημιαγωγοί ισχύος του μετατροπέα DC/AC.

Εκτός από τον μετατροπέα DC/AC, τα ηλεκτρονικά ισχύος διαθέτουν αισθητήρες ρεύματος και στις τρεις φάσεις στην πλευρά εναλλασσόμενης τάσης του μετατροπέα DC/AC. Με τη βοήθεια των σημάτων των αισθητήρων ρεύματος, η μονάδα ελέγχου EME επιτηρεί την ηλεκτρική ισχύ, που μετατρέπεται στα ηλεκτρονικά ισχύος και στον ηλεκτροκινητήρα καθώς και τη ροπή στρέψης που παράγεται από τον ηλεκτροκινητήρα. Μέσω των σημάτων των αισθητήρων ηλεκτρικού ρεύματος και του αισθητήρα θέσης ρότορα στον ηλεκτροκινητήρα, κλείνει επίσης το κύκλωμα ρύθμισης των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα.

Τα στοιχεία ισχύος των ηλεκτρονικών ηλεκτροκινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα έχουν εναρμονιστεί μεταξύ τους κατά την εξέλιξη του συστήματος. Έτσι, τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα μπορούν να παρέχουν συνεχώς μια ηλεκτρική ισχύ 75 kW και βραχυπρόθεσμα μια μέγιστη ισχύ 125 kW. Για να αποφευχθεί τυχόν υπερφόρτωση των ηλεκτρονικών ισχύος, υπάρχει επίσης ένας ακόμη αισθητήρας θερμοκρασίας στον μετατροπέα DC/AC. Αν βάσει αυτού του σήματος αναγνωριστεί πολύ υψηλή θερμοκρασία στον ημιαγωγό ισχύος, η μονάδα ελέγχου EME μειώνει για προστασία των ηλεκτρονικών ισχύος την ισχύ, η οποία αποδίδεται προς τον ηλεκτροκινητήρα. Από ένα επίπεδο μείωσης ισχύος και επάνω, το οποίο γίνεται εμφανώς αισθητό από τον πελάτη, ο οδηγός πληροφορείται σχετικά με τη βοήθεια ενός μηνύματος Check - Control. Την ίδια αντίδραση σε σφάλμα (μείωση ισχύος) και το ίδιο μήνυμα Check - Control λαμβάνει ο πελάτης, όταν η θερμοκρασία του ηλεκτροκινητήρα υπερβαίνει την επιτρεπόμενη περιοχή.

Η διαχείριση ισχύος για το ηλεκτρικό κύκλωμα οχήματος υψηλής τάσης περιλαμβάνει δύο υπολειτουργίες: μία για την οδήγηση και μία για τη λειτουργία φόρτισης. Κατά την οδήγηση, οι ροές ενέργειας προσανατολίζονται από την μπαταρία υψηλής τάσης προς τους καταναλωτές υψηλής τάσης. Για αυτό εκτελούνται τα εξής βήματα υπολογισμού από τα EME και επαναλαμβάνονται συνεχώς:

- 1) Εξακρίβωση της διαθέσιμης ισχύος από την μπαταρία υψηλής τάσης (παροχή σήματος: SME)
- 2) Εξακρίβωση της απαιτούμενης ισχύος από το σύστημα ηλεκτροκίνησης (πηγή σήματος: EDME)
- 3) Κλήση της ζητούμενης ισχύος για τον κλιματισμό (ηλεκτρική θέρμανση, ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού, αυτόματο σύστημα θέρμανσης/κλιματισμού - IHKA)
- 4) Απόφαση για την κατανομή της ηλεκτρικής ισχύος και ενημέρωση των μονάδων ελέγχου των καταναλωτών.

Κατά τη λειτουργία φόρτισης, η διαχείριση ισχύος υψηλής τάσης επιτελεί διαφορετική εργασία: ελέγχει τη ροή ενέργειας από την εξωτερική πλευρά του οχήματος μέσω των EME ή/και των ηλεκτρονικών άνετης φόρτισης KLE προς την μπαταρία υψηλής τάσης και εάν απαιτείται προς το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης EH ή τον ηλεκτρικό συμπίεστη κλιματισμού EKK. Η διαδικασία που επαναλαμβάνεται συνεχώς στα EME αποτελείται από τα εξής μεμονωμένα βήματα:

- 1) Κλήση της διαθέσιμης ισχύος που προέρχεται έξω από το όχημα (πηγή σήματος: LIM)
- 2) Εξακρίβωση της ισχύος, την οποία μπορεί να απορροφήσει η μπαταρία υψηλής τάσης (SME)
- 3) Εξακρίβωση της ισχύος, η οποία είναι αναγκαία για τον κλιματισμό (IHKA/IHKR)
- 4) Απαίτηση της απαιτούμενης ισχύος από τα ηλεκτρονικά EME/KLE
- 5) Ενημέρωση των παραληπτών μπαταρία υψηλής τάσης (μονάδα ελέγχου SME) και σύστημα κλιματισμού (μονάδα ελέγχου IHKA) αναφορικά με τη διαθέσιμη επιμέρους ισχύ.

Η ισχύς που παρέχεται από εξωτερική πηγή δεν είναι απεριόριστη, αλλά καθορίζεται από το ηλεκτρικό δίκτυο και τα EME/KLE. Για αυτό τον λόγο πρέπει πρώτα να εξακριβωθεί η διαθέσιμη ισχύς, πριν να μπορέσει να κατανεμηθεί. Η μπαταρία υψηλής τάσης μπορεί π.χ., ανάλογα με την κατάσταση φόρτισής της, να απορροφήσει συγκεκριμένη ισχύ και για αυτόν τον λόγο απαιτείται επίσης πρώτα η εξακρίβωση αυτής της τιμής. Ανάλογα με τη θερμοκρασία της μπαταρίας υψηλής τάσης ή εξαιτίας ενός αιτήματος κλιματισμού από τον οδηγό χρειάζεται και το σύστημα κλιματισμού ηλεκτρική ισχύ, το μέγεθος της οποίας αποτελεί το τρίτο σημαντικότερο σήμα εισόδου για τη διαχείριση ισχύος υψηλής τάσης κατά τη λειτουργία φόρτισης. Με αυτές τις πληροφορίες ελέγχεται η έξω από το όχημα προερχόμενη, ζητούμενη ισχύς και κατανέμεται προς τους καταναλωτές. Δεν τροφοδοτείται μόνο ο ηλεκτροκινητήρας από τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα με τάση. Και οι καταναλωτές υψηλής τάσης "Ηλεκτρικός συμπίεστης κλιματισμού" και "Ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης" λαμβάνουν από τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα την τροφοδοσία τάσης τους σε επίπεδο υψηλής τάσης. Ωστόσο, για τον σκοπό αυτό δεν έχει υλοποιηθεί κάποια πολύπλοκη λειτουργία ελέγχου στα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα. Αντί αυτού, τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα λειτουργούν ως ένας απλός διανομέας της συνεχούς υψηλής τάσης, που παρέχεται από την μπαταρία υψηλής τάσης. Για την προστασία έναντι υπερφόρτωσης του αγωγού υψηλής τάσης προς τους δύο καταναλωτές υψηλής τάσης σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, τα ηλεκτρονικά ηλεκτροκινητήρα διαθέτουν από μία ασφάλεια υψηλής τάσης για τον ηλεκτρικό συμπίεστη κλιματισμού και για το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης αντίστοιχα. Και οι δύο ασφάλειες υψηλής τάσης έχουν ονομαστική ένταση ρεύματος 40 A.

Κεφάλαιο 7 – Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού

Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού ΕΚΚ αντικαθιστά στα οχήματα υψηλής τάσης τον μηχανικά κινούμενο συμπιεστή κλιματισμού. Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού ΕΚΚ τροφοδοτείται με συνεχή υψηλή τάση από το Σύστημα υψηλής τάσης.

Όταν γίνεται λόγος για τον ηλεκτρικό συμπιεστή κλιματισμού, εννοείται ολόκληρο το εξάρτημα. Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού αποτελείται από τα εξής επιμέρους εξαρτήματα:

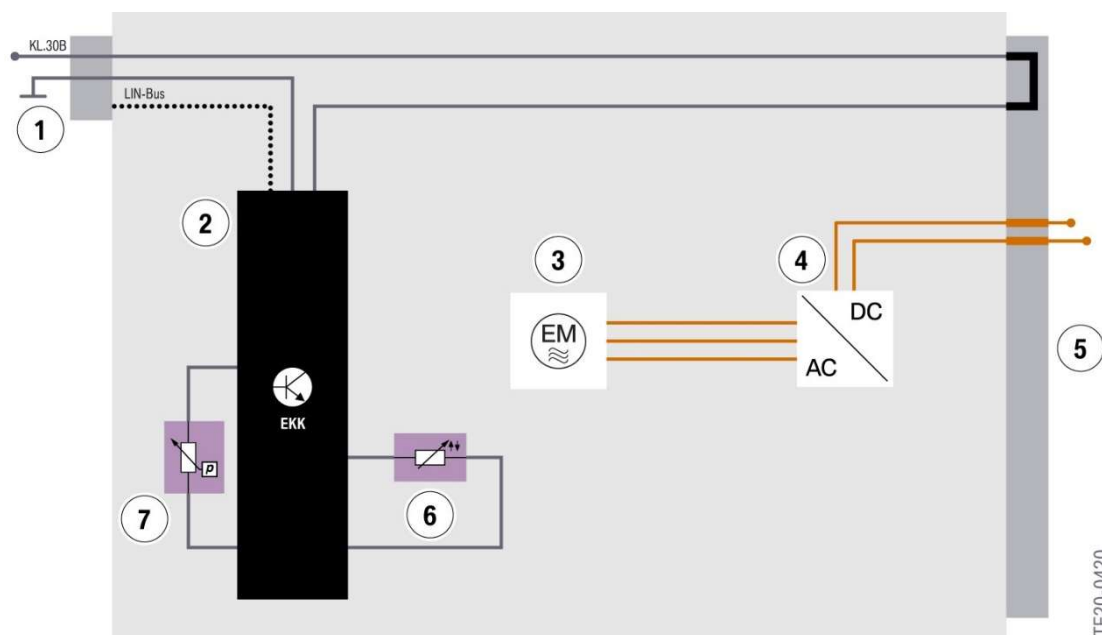
- 1) Κέλυφος
- 2) Μονάδα ελέγχου ΕΚΚ
- 3) Σύγχρονο μοτέρ τριφασικού ρεύματος
- 4) Μετατροπέας εναλλασσόμενου ρεύματος
- 5) Συμπιεστής συστήματος κλιματισμού.



Εικόνα 74: Ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού. Πηγή: Suzuki Motor Corporation

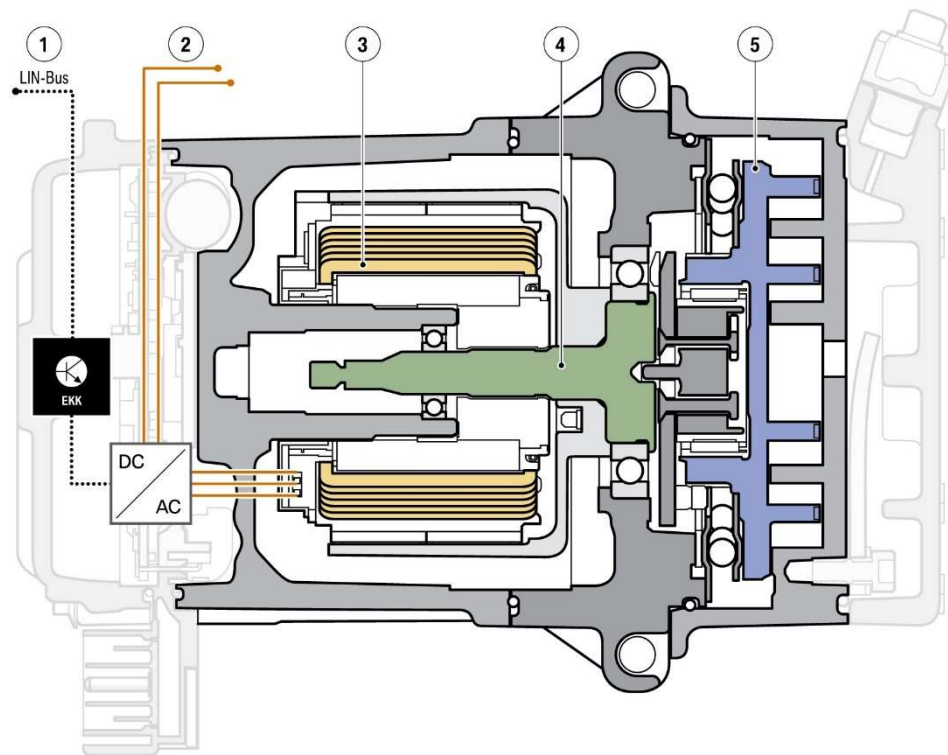
Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού λειτουργεί, ως προς τη βασική αρχή, όπως ένας συνήθης μηχανικός συμπιεστής κλιματισμού. Η αποστολή του συμπιεστή είναι η συμπίεση του ψυκτικού μέσου κλιματισμού. Η διαφορά σε σχέση με τον μηχανικό συμπιεστή κλιματισμού έγκειται στον τρόπο κίνησης. Ο ΕΚΚ δεν διαθέτει τροχαλία ιμάντα, αλλά κινείται ηλεκτρικά (υψηλή τάση). Η μονάδα ελέγχου ΕΚΚ ελέγχει τον αριθμό στροφών του μοτέρ τριφασικού ρεύματος στον συμπιεστή κλιματισμού σε συνάρτηση με τις απαιτήσεις του ΙΗΚΑ και αποστέλλει την κατάσταση λειτουργίας στο

ΙΗΚΑ. Ο εγκέφαλος ΕΚΚ επικοινωνεί με τον αυτόματο κλιματισμό μέσω του διαύλου LIN. Το σύστημα ΙΗΚΑ είναι η μονάδα ελέγχου Master για τον ΕΚΚ.



Εικόνα 75: 1) Φις χαμηλής τάσης, 2) Μονάδα ελέγχου ηλεκτρικού συμπιεστή, 3) Μοτέρ τριφασικού ρεύματος, 4) Μετατροπέας μονής κατεύθυνσης, 5) Σύνδεση υψηλής τάσης, 6) Αισθητήρας θερμοκρασίας, 7) Αισθητήρας πίεσης. Πηγή: BMW AG

Ως σύστημα κίνησης για τον ηλεκτρικό συμπιεστή κλιματισμού χρησιμοποιείται ένα σύγχρονο μοτέρ τριφασικού ρεύματος. Η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από τη μονάδα μπαταρίας υψηλής τάσης. Το τριφασικό ρεύμα που απαιτείται για τη λειτουργία του ηλεκτρικού συμπιεστή κλιματισμού μετατρέπεται με τη βοήθεια ενός μετατροπέα εναλλασσόμενου ρεύματος (μετατροπέας DC/AC) μέσα στον ηλεκτρικό συμπιεστή κλιματισμού. Το σύγχρονο μοτέρ τριφασικού ρεύματος λειτουργεί εντός μιας περιοχής αριθμού στροφών μεταξύ 860 και 8600 στροφών ανά λεπτό και μπορεί να ρυθμιστεί αδιαβάθμητα. Κατά τη διαδικασία αυτή καταναλώνει μια ηλεκτρική ισχύ έως και 4,5 kW. Η μέγιστη ισχύς απαιτείται π.χ. σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, σε υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες, σε υψηλές θερμοκρασίες της Μονάδας μπαταρίας υψηλής τάσης και σε χαμηλή ροή της μονάδας ψύξης.



TE20-0423

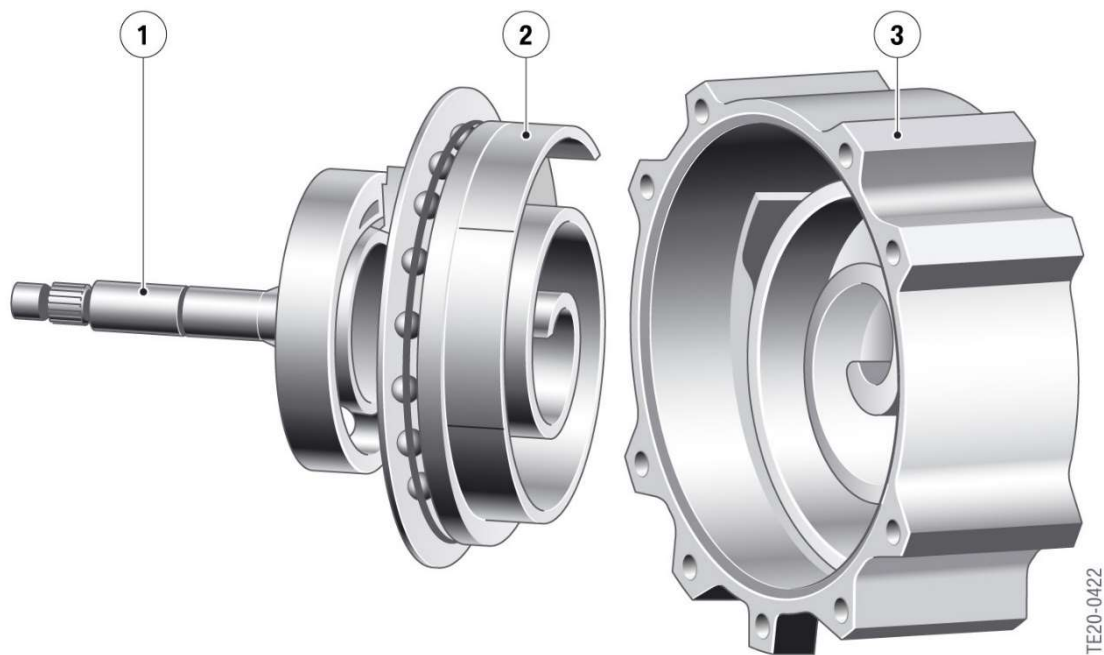
Εικόνα 76: 1) Δίαυλος Lin, 2) Τροφοδοσία υψηλής τάσης, 3) Σύγχρονο μοτέρ τριφασικού ρεύματος, 4) Άξονας μετάδοσης κίνησης, 5) Εξωτερική σταθερή σπείρα. Πηγή: BMW AG

Ο μετατροπέας εναλλασσόμενου ρεύματος (μετατροπέας DC/AC) μετατρέπει τη συνεχή τάση στην τριφασική εναλλασσόμενη τάση, η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του σύγχρονου μοτέρ τριφασικού ρεύματος. Η μονάδα ελέγχου EKK και ο μετατροπέας DC/AC έχουν ενσωματωθεί στο κέλυφος αλουμινίου ολόκληρου του ηλεκτρικού συμπίεστη ψυκτικού μέσου και ψύχονται από το διερχόμενο ψυκτικό μέσο κλιματισμού που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση. Εάν η θερμοκρασία του μετατροπέα DC/AC υπερβεί τους 125 °C, η τροφοδοσία υψηλής τάσης διακόπτεται μέσω της μονάδας ελέγχου EKK. Μέσω της εφαρμογής διαφόρων μέτρων, όπως π.χ. η αύξηση του αριθμού στροφών για την εσωτερική ψύξη, επιχειρείται αρχικά ο περιορισμός της θερμοκρασίας σε χαμηλότερα επίπεδα. Η επιτήρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται από τη μονάδα ελέγχου EKK. Μόλις η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 112 °C, ο EKK επανενεργοποιείται. Η τάση τροφοδοσίας για τον EKK βρίσκεται εντός μιας περιοχής τάσης περ. 200 V έως 410 V. Επάνω και κάτω από αυτήν την περιοχή τάσης, μειώνεται η ισχύς ή/και απενεργοποιείται ο EKK.

Για τη συμπίεση του ψυκτικού μέσου κλιματισμού χρησιμοποιείται ο ελικοειδής συμπίεστης (ονομάζεται επίσης συμπίεστης Scroll). Ο εσωτερικός δίσκος με σπειροειδές προφίλ κινείται μέσω ενός άξονα από το σύγχρονο μοτέρ τριφασικού ρεύματος και περιστρέφεται έκκεντρα. Το ψυκτικό μέσο κλιματισμού σε αέρια κατάσταση, με χαμηλή θερμοκρασία και χαμηλή πίεση, αναρροφάται μέσα από τα 2 ανοίγματα στον σταθερό

εξωτερικό δίσκο με σπειροειδές προφίλ και ταυτόχρονα συμπιέζεται και θερμαίνεται από την κίνηση των δύο δίσκων με σπειροειδές προφίλ.

Μετά από 3 περιστροφές, το αναρροφημένο ψυκτικό μέσο κλιματισμού έχει πλέον συμπιεστεί και θερμανθεί και μπορεί να διαφύγει σε αέρια κατάσταση μέσα από ένα κεντρικό άνοιγμα στον εξωτερικό δίσκο. Από αυτό το σημείο, το ψυκτικό μέσο κλιματισμού οδηγείται σε αέρια κατάσταση με υψηλή θερμοκρασία και υψηλή πίεση μέσω ενός διαχωριστή λαδιού στη σύνδεση του συμπιεστή συστήματος κλιματισμού προς την κατεύθυνση του συμπυκνωτή κλιματισμού. Ο ηλεκτρικός συμπιεστής κλιματισμού λειτουργεί με μέγιστη ταχύτητα 8600 στροφές ανά λεπτό και παράγει ταυτόχρονα μια μέγιστη πίεση λειτουργίας περ. 30 bar.

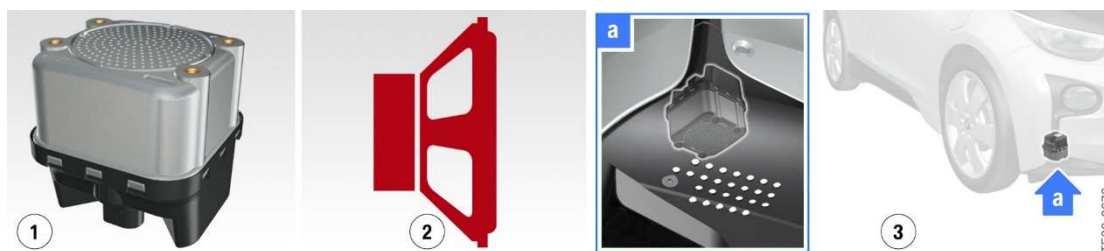


Εικόνα 77: 1) Άξονας μετάδοσης κίνησης, 2) Εσωτερική κινούμενη σπείρα, 3) Εξωτερική κινούμενη σπείρα. Πηγή: BMW AG

Κεφάλαιο 8 - Η ηχητική προστασία πεζών

Από την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων πραγματοποιήθηκαν αρκετές δημόσιες συζητήσεις σχετικά με το εάν τα σχεδόν αθόρυβα οχήματα γίνονται αντιληπτά στη δημόσια οδική κυκλοφορία. Αυτός ο νέος τρόπος μετακίνησης μειώνει μεν την ηχορύπανση, αλλά συνοδεύεται επίσης από κινδύνους για τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου.

Ο ήχος ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης αποτελεί ένα σταθερό μέγεθος στην οδική κυκλοφορία. Αντίθετα, ένα ηλεκτρικό όχημα κινείται μέχρι την ταχύτητα των 25 σχεδόν αθόρυβα.



Εικόνα 78: 1) Ηχητική προστασία πεζών, 2) Σύμβολο για την ενεργή προστασία πεζών, a) Θέση τοποθέτησης, 3) Θέση τοποθέτησης ηχητικής προστασίας πεζών. Πηγή: BMW AG

Καθώς μέσω της ακοής καλύπτεται το περιβάλλον κατά 360 μοίρες, ο σαφής ήχος ενός οχήματος αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την ασφάλεια στην οδική κυκλοφορία. Για αυτόν τον λόγο, το χαρακτηριστικό αυτό έχει οριστεί και νομοθετικά με τη θέσπιση συγκεκριμένων προδιαγραφών για τα εμπονομαζόμενα «Quiet Cars» (αγγλ. για «αθόρυβα οχήματα»). Για τον σκοπό αυτό παράγεται ένας αντίστοιχος προειδοποιητικός θόρυβος για την ενεργή προστασία των πεζών από το Vehicle Sound Generator.

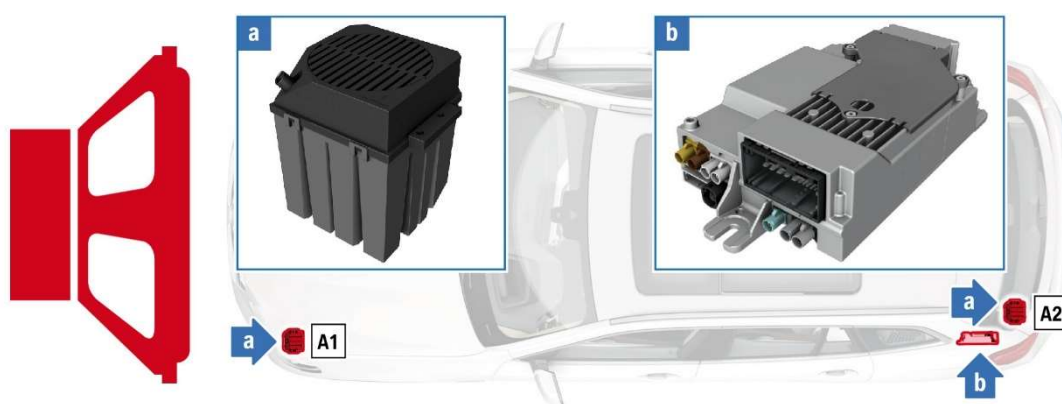
8.1 Γενιές Συστήματος Ηχητικής προστασίας Πεζών (Vehicle Sound Generator)

Αρχίζοντας με την πρώτη γενιά του Vehicle Sound Generator (VSG 1.0) το 2013. Κατόπιν αυτού ακολούθησαν αυστηρότεροι νόμοι το 2016, οι οποίοι είχαν σημαντικές συνέπειες για την υποχρεωτική εγκατάσταση του VSG σε πολλές αγορές. Από τον Ιούλιο του 2019 και μετά, το Vehicle Sound Generator για τα υβριδικά (PHEV) και τα ηλεκτρικά οχήματα έκδοσης Ευρώπης προβλέπεται από τη νομοθεσία. Η προσαρμογή της έντασης και της χροιάς του ήχου είναι εφικτή μέσω προγραμματισμού. Έτσι μπορούν να πραγματοποιηθούν τυχόν ειδικές προσαρμογές χώρας ή μεταγενέστερες αλλαγές.

Η αναπαραγωγή ήχου μειώνεται μετά τα περ. 30 km/h αργά, παράλληλα με την αύξηση της ταχύτητας. Από τα 50 km/h και επάνω, η αναπαραγωγή ήχου απενεργοποιείται **εντελώς**. Ο λόγος για αυτό είναι ότι από την ταχύτητα των 50 km/h και επάνω υπερिशύουν οι αεροδυναμικοί θόρυβοι και οι θόρυβοι κύλισης των ελαστικών. Η μονάδα ελέγχου παραμένει όμως ενεργή κατά τη διακοπή της αναπαραγωγής ήχου, έτσι ώστε να είναι ανά πάσα στιγμή εφικτή η εκ νέου έναρξη της αναπαραγωγής ήχου, σε περίπτωση

μείωσης της ταχύτητας. Σε οχήματα με τον προαιρετικό εξοπλισμό SA "Range Extender", η αναπαραγωγή ήχου απενεργοποιείται μόνιμα, όταν είναι ενεργοποιημένος ο Range Extender.

ο VSG 1ης γενιάς συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο οχήματος στην ένωση K-CAN, ενώ ο εγκέφαλος VSG είναι ήδη ενσωματωμένος στο ηχείο. Η θέση τοποθέτησης του Vehicle Sound Generator 1ης γενιάς, για παράδειγμα μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή του μπροστινού δεξιού θόλου τροχού. Στην κάτω πλευρά του οχήματος υπάρχουν ανοίγματα εκπομπής ήχου για το VSG τα τα οχήματα έκδοσης ΗΠΑ χρησιμοποιείται λόγω αυστηρότερων νομικών απαιτήσεων ένα επιπρόσθετο ηχείο VSG στο πίσω μέρος του οχήματος,



Εικόνα 79: 1) Σύμβολο Vehicle Sound Generator, a) Vehicle Sound Generator (μεγεθυμένη απεικόνιση), b) RAM (μεγεθυμένη απεικόνιση), A1) VSG στην έκδοση Ευρώπης, A2) Επιπρόσθετο VSG στην έκδοση ΗΠΑ. Πηγή: BMW AG

Κεφάλαιο 9 – Οικονομοτεχνική Μελέτη

9.1 Εισαγωγή

Ανάμεσα σε 22 ευρωπαϊκές χώρες η Ελλάδα είχε το χαμηλότερο κόστος χρήσης αυτοκινήτου το έτος 2022 βάσει μελέτης που αφορά τον Δείκτη Κόστους Αυτοκινήτου (CarCostIndex) και την οποία διεξήγαγε πολυεθνική εταιρία στο χώρο των μακροχρόνιων μισθώσεων αυτοκινήτων. Η μέση μηνιαία τιμή για το κόστος χρήσης αυτοκινήτου στη χώρα μας είναι 905€. Στην πρώτη θέση συναντάμε την Ελβετία με μέσο κόστος χρήσης 1313€. Από την ίδια έρευνα διαπιστώνουμε ότι το κόστος χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι παρόμοιο ή ακόμη και χαμηλότερο από τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης γενικότερα. Για την χώρα μας ειδικότερα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν την επιλογή με το μεγαλύτερο οικονομικό συμφέρον για τον εκάστοτε χρήστη σε σχέση με τα υπόλοιπα οχήματα και μάλιστα σε όλες τις κατηγορίες.

Εξαιτίας της ταχύτατης τεχνολογικής και νομοθετικής εξέλιξης τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα φαίνεται να έχουν την ταχύτερη απόσβεση σε σχέση με τα υπόλοιπα των άλλων κατηγοριών συμπεριλαμβανομένων και των υβριδικών. Η νομοθεσία πλέον προσφέρει εξαιρετικά μεγάλα φορολογικά οφέλη για τον χρήστη και μάλιστα τα περισσότερα κράτη μέλη της Ε.Ε. προσφέρουν μεγάλα οικονομικά κίνητρα για την απόκτηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων που αφορούν το κόστος αγοράς (μαζί με απόσυρση παλαιού οχήματος παλαιάς τεχνολογίας), την ασφάλιση, τα μηδενικά ή ελαχιστοποιημένα τέλη κυκλοφορίας και τις απαλλαγές ιδιοκτησιακής φορολογίας. Εξοικονόμηση προκύπτει και από την διαφορά κόστους χρήσης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε σχέση με αυτά με θερμούς κινητήρες λόγω του κόστους των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και από το κόστος συντήρησης, το οποίο αποτελεί ίσως και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Βέβαια εδώ πρέπει να αναφέρουμε την πολυπλοκότητα των ηλεκτρικών συστημάτων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων η οποία προς το παρόν αποτελεί μειονέκτημα όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει πληθώρα προσωπικού και συνεργείων εξειδικευμένων με την επισκευή τους καθώς ακόμη βρίσκονται υπό εξέλιξη τα οχήματα αυτά και το προσωπικό επισκευής τους υπό συνεχής εκπαίδευση.

Τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων στην συγκεκριμένη οικονομοτεχνική μελέτη είναι το Suzuki Vitara με το ήπιο υβριδικό σύστημα των 48 volt, η αμιγώς ηλεκτρική BMW ix1 eDrive20 BEV, η βενζινοκίνητη έκδοση της BMW X1 sDrive 18i, η πετρελαιοκίνητη έκδοση του Peugeot 3008 1.5 BlueHDi, και τέλος η BMW 3.16i που αποτελεί από τα πρώτα καταλυτικά οχήματα της δεκαετίας του 1990. Η επιλογή των ανωτέρω αυτοκινήτων έγινε λόγω της πληθώρας πωλήσεων τους σε σχέση με τα υπόλοιπα της κατηγορίας τους και επειδή λόγω της εργασίας μου και της εργασίας του συμφοιτητή μου Χρήστου Γερακούδη είχαμε πληθώρα αποτελεσμάτων και δεδομένων από τα οποία μπορούσαμε να διεξάγουμε πιο αντικειμενικά και πραγματικά δεδομένα και συμπεράσματα. Επίσης εκπροσωπούν βάσει του κόστους κτήσης και χρήσης το μέσο όρο των ιδιοκτητών στη χώρα μας.

Δεδομένα	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Κινητήρας	B38	K14D	170LF	DV5RC	M40B16
Υβριδικό σύστημα	—	Mild hybrid	Ηλεκτρικό	—	—
Κίνηση	Εμπρός	Εμπρός	Εμπρός	Εμπρός	Πίσω
Χρήση	2021 - Σήμερα	2019 - Σήμερα	2022 - Σήμερα	2019-2024	1990-1992
Αριθμός κυλίνδρων	Σειρά / 3	Σειρά / 3	—	Σειρά / 4	Σειρά / 4
Βαλβίδες ανά κύλινδρο	4	4	—	4	2
Διάμετρος x διαδρομή (mm)	82,0 x 94,6	73,0 x 82,0	—	75,0 x 84,8	72,0 x 84,0
Κυβισμός (cm³)	1498	1373	—	1499	1596
Λόγος συμπίεσης	11,1 : 1	10,9 : 1	—	16,5 : 1	9,0 : 1
Σύστημα Τροφοδοσίας	Αμέσου Ψεκασμού	Αμέσου Ψεκασμού		Αμέσου Ψεκασμού	Αμέσου Ψεκασμού
Σύστημα Αέρα	Στροβ/μπιεστής Καυσαερίων	Στροβ/μπιεστής Καυσαερίων		Στροβ/μπιεστής Καυσαερίων	Ατμοσφαιρικός
Ισχύς	100kW/4700 rpm	95kW/5500 rpm	150kW	96kW/3750 rpm	75kW/5500 rpm
Ροπή στρέψης	240Nm/1500 rpm	235Nm/1500 rpm	250Nm	300Nm/1750rpm	143Nm/4250rpm
Αντιρύπανση	Τριοδικός Ρυθμιζόμενος Καταλύτης	Τριοδικός Ρυθμιζόμενος Καταλύτης	—	Καταλύτης Nox/ Φ. Σωματιδίων	Οξειδωτικός Καταλύτης
Προδιαγραφές εκπομπής καυσαερίων	EURO 6d	EURO 6d	—	EURO 6d	EURO 1
Λιπαντικό κινητήρα	0W20	5W30	—	5W30	10W40
Εγγύηση Πλαισίου Έτη/Χιλιόμετρα	2/Απεριόριστα	5/100000	2 /Απεριόριστα	2+3/Απεριόριστα-60000	4 /Απεριόριστα

Πίνακας 12. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation.

Από τον ανωτέρω πίνακα βγαίνει το συμπέρασμα ότι στα σύγχρονα οχήματα επιτυγχάνεται η μείωση του κυβισμού και τον κυλίνδρων, διατηρώντας την ισχύ και την ροπή με την χρήση υπερτροφοδότησης μέσω στροβιλοσυμπιεστών. Επιπλέον υπάρχουν προδιαγραφές εκπομπής καυσαερίων προδιαγραφών euro6 ενώ τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν μηδενικούς ρύπους.

9.2 Ισχύς & Κατανάλωση

Δεδομένα	Μονάδα	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
0 έως 100 km/h	Second	9,2	9,5	8,6	10,8	11,5
Μέγιστη ταχύτητα	km/h	208	190	170	192	195
Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8,2
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kWh/km	–	–	15,4/100	–	–
Αυτονομία Καυσίμου	Km	634	839	–	1081	575
Αυτονομία Μπαταρίας	Km	–	–	Έως 474	–	–
Χωρητικότητα Καυσίμου/ Μπαταρίας	Λίτρα/KWh	45	47	–/64,8	53	55
Χρόνος φόρτισης AC 0-100%/DC 10-80%	h	–	–	6:30/0:29	–	–
Μέση εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα	g/km	143	104	–	129	–
Απόβαρο οχήματος	Κιλά	1500	1205	2085	1340	1295
Φορτίο	Κιλά	575	570	570	476	400
Όγκος χώρου αποσκευών	λίτρα	540	375	490	591	404
Καύσιμο	Τύπος	Βενζίνη	Βενζίνη	Συσσωρευτής	Πετρέλαιο	Βενζίνη

Πίνακας 13. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation.

Παρότι οι επιδόσεις ήταν μέχρι πρότινος ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στους οποίους έδιναν βαρύτητα οι υποψήφιοι αγοραστές το βαρόμετρο πλέον στην απόκτηση νέων αυτοκινήτων είναι η κατανάλωση ενέργειας. Από τους πίνακες συμπεραίνουμε ότι παρότι τα περισσότερα οχήματα είναι παρόμοιας ισχύος στον τομέα της κατανάλωσης έχουμε αισθητά μεγάλες αποκλίσεις. Ο στόχος των κατασκευαστών για τα μελλοντικά οχήματα είναι η εξοικονόμηση βάρους που όπως διακρίνουμε είναι αισθητά μεγαλύτερα στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο του πίνακα μας, έτσι λωστε να επιτύχουν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη αυτονομία.

9.3 Κόστος χρήσης και συντήρησης

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Κόστος Ασφάλισης ¹		149,89 €	149,89 €	138,77 €	149,89 €	170,12 €
Κόστος Συντήρησης		0,00 €	152,40 €	0,00 €	232,18 €	104,50 €
Κόστος Πλήρωσης Adblue		–	–	–	72,66 €	–

Κόστος Έκδοσης Κάρτας Καυσασερίων		10,00 €	10,00 €	0,00 €	10,00 €	10,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου²		2.023,56 €	1.596,00 €		1.102,56 €	2.400,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Ρευματος³	Φόρτιση AC 0-100%	—	—	531,30 €	—	—
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	—	—	531,30 €	—	—
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	—	—	1.039,50 €	—	—
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	—	—	1.386,00 €	—	—
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100% DC 10-80%	—	—	6:30h/0:29h	—	—
Μέση Κατανάλωση Καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	—	4,9	8,2
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kWh/km	—	—	15,4/100	—	—

1)Βάσει Ασφαλιστικού Φορέα, 2) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα, 3) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρέωσης, 4)Τα μεγέθη αφορούν μηνιαία χρήση 1250χλμ και για το PHEV 50% χρήση καυσίμου 50% χρήση μπαταρίας.

Πίνακας 14. Κόστος Χρήσης για το Πρώτο Έτος. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation

Ο ανωτέρω πίνακας απεικονίζει τα κόστη χρήσης των πέντε διαφορετικών οχημάτων που συγκρίνουμε κατά τον πρώτο χρόνο χρήσης τους. Δεδομένο στη μελέτη είναι τα 15.000 χιλιόμετρα ανά έτος. Το κόστος ασφάλισης είναι ο μέσος όρος από σύγκριση πακέτων βασικών παροχών από γνωστούς ασφαλιστικούς φορείς, εν.ω υπολογίζεται και μία ποσοστιαία αύξηση 2% ανά έτος. Το κόστος συντήρησης είναι από τιμές εξουσιοδοτημένων επισκευαστών ανά εταιρία με μηδενικές εκπτώσεις. Τα οχήματα μάρκας BMW με εξαίρεση την παλαιάς τεχνολογίας 3.16ί έχουν μηδενικό κόστος συντήρησης στη χώρα μας καθώς υπόκεινται σε καμπανιά δωρεάν συντήρησης γνωστό ως «Service Inclusive» το οποίο δεν ίσχυε όταν αποκτήθηκε η 3.16i. Το υγρό Adblue αφορά μόνο το πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο αφού αποτελεί συμπλήρωμα για καθαρότερα καυσαέρια αποκλειστικά για τους κινητήρες πετρελαίου. Από τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα παρατηρούμε ότι φθηνότερη συντήρηση έχει η παλιότερης τεχνολογίας BMW 3.16i που είναι πιο απλοϊκό μηχανολογικά, ακολουθεί το υβριδικής τεχνολογίας Suzuki και τέλος το πετρελαιοκίνητο Peugeot το οποίο μάλιστα έχει ακριβότερη συντήρηση χωρίς να χρειάζεται να συμπεριληφθεί και το κόστος του Adblue με το οποίο θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο. Στον αντίποδα όμως το πετρελαιοκίνητο Peugeot έχει τη χαμηλότερη με διαφορά κατανάλωση ορυκτού καυσίμου. Το ήπια υβριδικό Suzuki Vitara έχει επίσης χαμηλή κατανάλωση εξαιτίας του

βοηθητικού ηλεκτροκινητήρα που το καθιστά υβριδικό. Έπειτα συναντάμε την βενζινοκίνητη BMW X1 στην οποία όπως βλέπουμε το κόστος ανεβαίνει αισθητά και μάλιστα σχεδόν το διπλάσιο από ότι χρειάζεται σε ένα έτος το πετρελαιοκίνητο Peugeot 3008. Για την παλαιάς τεχνολογίας BMW 3.16i δεν χρειάζεται να γράψουμε και πολλά αφού παρότι είναι άμεσου ψεκασμού και καταλυτική, ο παλαιάς τεχνολογίας βενζινοκίνητηρας ούτε καλές επιδόσεις έχει με τα τωρινά δεδομένα και κυρίως ούτε οικονομικός είναι σε κατανάλωση καυσίμου ενώ παράλληλα είναι και ρυπογόνος. Η μεγάλη διαφορά ωστόσο σε κόστος, όπως παρατηρούμε, έρχεται από την ηλεκτρική BMW ix1. Με νυχτερινή φόρτιση αποκλειστικά και νυχτερινό τιμολόγιο ρεύματος, τα 531,30€ είναι σχεδόν τα μισά από το δεύτερο πετρελαιοκίνητο Peugeot 3008. Το κόστος αυξάνεται σημαντικά με φόρτιση σε ΣΕΑ A/C και ανέρχεται στα 1039€, παρόλα αυτά αποτελεί ακόμα και έτσι την οικονομικότερη επιλογή. Με φόρτιση ΣΕΑ D/C το κόστος ανεβαίνει σημαντικά, δεδομένου όμως ότι η φόρτιση σε συνεχές ρεύμα δεν ενδείκνυται από τους κατασκευαστές για να μην μειώνεται ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών παρά μόνο σε εξαιρετικές και επείγουσες περιπτώσεις (για παράδειγμα πολύωρο και μεγάλης απόστασης ταξίδι), δεν μπορεί να ληφθεί ως αποτέλεσμα.

Όπως θα παρατηρήσουμε στους δύο επόμενους πίνακες κατά τα δύο επόμενα έτη χρήσης, τα κόστη χρήσης δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες αλλαγές. Το κόστος συντήρησης είναι αυτό που αυξάνεται ελάχιστα, δεδομένου ότι με το πέρασμα του χρόνου και των επιπλέον χιλιομέτρων απαιτούνται παραπάνω ανταλλακτικά και εργασίες βάσει του πλάνου συντήρησης.

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Κόστος Ασφάλισης ¹		152,88 €	152,88 €	141,54 €	152,88 €	173,52 €
Κόστος Συντήρησης		0,00 €	223,63 €	0,00 €	281,85 €	286,60 €
Κόστος Πλήρωσης Adblue		–	–	–	72,66 €	–
Κόστος Έκδοσης Κάρτας Καυσαερίων		10,00 €	10,00 €	0,00 €	10,00 €	10,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου ²		2.023,56 €	1.596,00 €		1.102,56 €	2.400,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Ρεύματος ³	Φόρτιση AC 0-100%	–	–	531,30 €	–	–
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	–	–	531,30 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	–	–	1.039,50 €	–	–

Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	–	–	1.386,00 €	–	–
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100% DC 10-80%	–	–	6:30h/0:29h	–	–
Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8,2
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kWh/km	–	–	15,4/100	–	–

1) Βάσει Ασφαλιστικού Φορέα, 2) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα, 3) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρέωσης, 4) Τα μεγέθη αφορούν μηνιαία χρήση 1250χλμ και για το PHEV 50% χρήση καυσίμου 50% χρήση μπαταρίας.

Πίνακας 15. Κόστος Χρήσης για το Δεύτερο Έτος. Πηγή: BMW AG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Κόστος Ασφάλισης¹		155,94 €	155,94 €	144,37 €	155,94 €	176,79 €
Κόστος Συντήρησης		0,00 €	366,98 €	0,00 €	232,18 €	104,50 €
Κόστος Πλήρωσης Adblue		–	–	–	72,66 €	–
Κόστος Έκδοσης Κάρτας Καυσσαερίων		10,00 €	10,00 €	0,00 €	10,00 €	10,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου²		2.023,56 €	1.596,00 €		1.102,56 €	2.400,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Ρευματος³	Φόρτιση AC 0-100%	–	–	531,30 €	–	–
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	–	–	531,30 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	–	–	1.039,50 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	–	–	1.386,00 €	–	–
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100%/DC 10-80%	–	–	6:30h/0:29h	–	–

Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8.2
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kWh/km	–	–	15,4/100	–	–

1) Βάσει Ασφαλιστικού Φορέα, 2) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα, 3) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρέωσης, 4) Τα μεγέθη αφορούν μηνιαία χρήση 1250χλμ και για το PHEV 50% χρήση καυσίμου 50% χρήση μπαταρίας.

Πίνακας 16. Κόστος Χρήσης για το Τρίτο Έτος. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation

Στον κάτω πίνακα που αφορά το κόστος χρήσης κατά το τέταρτο έτος προστίθεται η αντικατάσταση των εμπρός φρένων.

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Κόστος Ασφάλισης¹		159,06 €	159,06 €	147,26 €	159,06 €	180,53 €
Κόστος Συντήρησης		0,00 €	223,63 €	0,00 €	417,15 €	286,60 €
Κόστος Πλήρωσης Adblue		–	–	–	72,66 €	–
Κόστος Έκδοσης Κάρτας Καυσαερίων		10,00 €	10,00 €	0,00 €	10,00 €	10,00 €
Κόστος Α/Κ Τακακίων εμπρός		329,25 €	158,50 €	329,25 €	232,92 €	155,70 €
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου²		2.023,56 €	1.596,00 €		1.102,56 €	2.400,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Ρευματος³	Φόρτιση AC 0-100%	–	–	531,30 €	–	–
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	–	–	531,30 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	–	–	1.039,50 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	–	–	1.386,00 €	–	–
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100%/DC 10-80%	–	–	6:30h/0:29h	–	–
Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8,2

Ηλεκτρική Κατανάλωση	kwH/km	—	—	15,4/100	—	—
-----------------------------	--------	---	---	----------	---	---

1) Βάσει Ασφαλιστικού Φορέα, 2) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα, 3) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρέωσης, 4) Τα μεγέθη αφορούν μηνιαία χρήση 1250χλμ και για το PHEV 50% χρήση καυσίμου 50% χρήση μπαταρίας.

Πίνακας 17. Κόστος Χρήσης για το Τέταρτο Έτος. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation

Στους παρακάτω πίνακες διακρίνεται ο υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα/1250 χλμ και ανά έτος/ 15000 χλμ.

Δεδομένα	Κόστος kW	Κόστος Ρεύμα
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	48,30 €
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	94,50 €

Πίνακας 18. Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά μηνιαία χρήση και 1250 χιλιόμετρα.

Παρατηρούμε ότι η διαφορά φόρτισης στο σπίτι σε σχέση με φόρτιση σε σταθμό ΣΕΑ είναι σχεδόν διπλάσια. Η φόρτιση σε ΣΕΑ όμως χρησιμοποιείται μόνο αναγκαίες περιπτώσεις όπως ταξίδι πολύωρο και πολλών χιλιομέτρων όπου η επιστροφή στο οικιακό δίκτυο είναι αδύνατη, και σε φυσιολογική χρήση δεν υπάρχει λόγος η φόρτιση να είναι μην γίνει σε οικιακό δίκτυο με νυχτερινό ρεύμα A/C. Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει σύγκριση με κανένα όχημα ακόμη και υβριδικής τεχνολογίας ακόμη και αν φορτίζουμε όλο τον μήνα σε ΣΕΑ και όχι σε οικιακό δίκτυο.

Στον παρακάτω πίνακα διακρίνεται ο υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος/ 15000χλμ

Δεδομένα	Κόστος kW	Κόστος Ρεύμα/Καύσιμο 50/50
Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	579,60 €
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	1134,00 €

Πίνακας 19. Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά χρήση για 1 έτος και 15000 χιλιόμετρα.

Στον παρακάτω πίνακα ακολουθεί το κόστος των προς σύγκριση οχημάτων σε μια διαδρομή 500 χλμ η οποία είναι αντιπροσωπευτική για τη χώρα μας και αντικατοπτρίζει το κόστος σε ένα ταξίδι παρόμοιο με αυτό της Αθήνας – Θεσσαλονίκης.

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW ix1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kwh/km	–	–	15,4/100	–	–
Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8,2
Κατανάλωση	Καύσιμο Ρεύμα	35,58 lit	28,056 lit	72,97+20,13=93,1kW	24,549 lit	41,00 lit
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου ¹		67,59 €	53,31 €	–	36,82 €	77,90 €
Κόστος Κατανάλωσης AdBlue	–	–	–	–	2,43 €	–
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη
Κόστος Φόρτισης kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	–	–	16,78 €	–	–
Κόστος Φόρτισης kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	–	–	12,08 €	–	–
Κόστος Κατανάλωσης Ρεύματος	Φόρτιση AC 0-100%	–	–	28,86 €	–	–
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100% DC 10-80%	–	–	6:10h/0:29h	–	–
Συνολικό Κόστος Διαδρομής	501 χλμ.	67,59 €	53,31 €	28,86 €	39,25 €	77,90 €

Πίνακας 20. Κόστος Διαδρομής Θεσσαλονίκη – Αθήνα. Πηγή: BMW AG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation.

Στον ανωτέρω πίνακα διακρίνουμε τις καταναλώσεις σε καύσιμο και ηλεκτρικό ρεύμα ανά όχημα. Τα με αμιγώς κινητήρα εσωτερικής καύσης κινούμενα οχήματα υπολογίζονται με απλό τρόπο για την διαδρομή, ενώ το πετρελαιοκίνητο Peugeot 3008 το υπολογίζουμε κατά προσέγγιση γιατί συμπεριλαμβάνεται και η ποσότητα adblue που καταναλώνεται επιπλέον. Τα 5,6 lt που έχει το ήπια υβριδικό Suzuki Vitara είναι η δεύτερη καλύτερη κατανάλωση μεταξύ αυτών με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η καλύτερη είναι αυτή του πετρελαιοκίνητου Peugeot 3008, το οποίο με 4,9lt/100χλμ χρειάζεται μόνο 39,25€ για να διανύσει την απόσταση των 500χλμ. Τα πιο κοστοβόρα είναι τα δύο BMW X1 και η παλιάς τεχνολογίας 3.16i με 67,89€ και 77,90€ αντίστοιχα. Η προφανέστατα οικονομικότερη επιλογή είναι η αμιγώς ηλεκτρική BMW ix1, η οποία χρειάζεται μόνο 28,86€ για να καλύψει την απόσταση των 500χλμ και αποτελεί τιμή αρκετά χαμηλή βάση των δεδομένων που υπάρχουν σε σχέση με τους θερμούς κινητήρες.

Δεδομένου ότι δεν είναι εφικτό να καλύψουμε το σύνολο των 500 χιλιομέτρων με μια φόρτιση, αρχικά υπολογίζουμε ξεκίνησε με την μπαταρία να βρίσκεται στο 100% της αυτονομίας της και ότι η πρώτη φόρτιση έγινε με νυχτερινό τιμολόγιο σε οικιακό δίκτυο, οπότε για τα πρώτα 474 χιλιόμετρα έχουμε δαπανήσει 16,78€, υπολογίζουμε μια ενδιάμεση στάση για φόρτιση σε ΣΕΑ D/C. Εδώ πρέπει να πούμε ότι βάση κατασκευαστή, σε 29 λεπτά πετυχαίνουμε φόρτιση έως το 80% της χωρητικότητας της μπαταρίας που αντιστοιχεί σε 379,2 χιλιόμετρα. Έχουμε υπολογίσει ότι για 10 λεπτά φόρτισης σε σταθμό ΣΕΑ D/C, πετυχαίνουμε αυτονομία 130,75 χιλιομέτρων, πολύ περισσότερο από αυτό που χρειάζεται για να καλυφθούν τα 500 χιλιόμετρα. Τα 10 αυτά λεπτά φόρτισης ωστόσο σε D/C φορτιστή με 0,60€/Kw αντιστοιχούν σε 12,08€, και έτσι βγαίνει το συνολικό κόστος των 28,86€.

Τέλος, συνοψίζουμε στον τελευταίο πίνακα το συνολικό κόστος κτήσης και χρήσης για 4 έτη των προς σύγκριση οχημάτων.

Δεδομένα	Σχόλια	BMW X1 sDrive 18i	Suzuki Vitara 1.4 Mild hybrid	BMW iX1 eDrive20 BEV	Peugeot 3008 1.5 Blue HDi	BMW 3.16i
Αρχική Τιμή (με ΦΠΑ)		41.996,00 €	22.030,00 €	48.300,00 €	33.900,00 €	26.500,00 €
Τέλη Κυκλοφορίας ¹	Για 4 Έτη	400,40 €	0,00 €	0,00 €	330,24 €	1.000,00 €
Φόρος Πολυτελείας		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Κόστος Ασφάλισης ²	2% Επιπλέον/Έτος	617,77 €	617,77 €	571,94 €	617,77 €	700,96 €
Κρατική Επιδότηση ³		0,00 €	0,00 €	3.348,00 €	0,00 €	0,00 €
Κόστος Συντήρησης	Για 4 Έτη	0,00 €	892,90 €	0,00 €	1.163,36 €	782,20 €
Κόστος Πλήρωσης Adblue	Για 4 Έτη	–	–	–	290,64 €	–
Κόστος Έκδοσης Κάρτας Καυσασερίων	Για 4 Έτη	30,00 €	30,00 €	0,00 €	30,00 €	30,00 €
Κόστος Α/Κ Τακακίων εμπρός	Ενδεικτικά 60000χλμ	329,25 €	158,50 €	329,25 €	232,92 €	155,70 €
Κόστος ΚΤΕΟ	Στον Τέταρτο Χρόνο	50,00 €	50,00 €	50,00 €	50,00 €	50,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Καυσίμου ⁴	Για 4 Έτη	8.094,24 €	6.384,00 €	–	4.410,24 €	9.348,00 €
Κόστος Κατανάλωσης Ρευματος ⁵	Φόρτιση AC 0-100%	–	–	2.125,20 €	–	–
Τύπος Καυσίμου		Βενζίνη	Βενζίνη	Ρεύμα	Πετρέλαιο	Βενζίνη

Κόστος Μονάδας kW Νυχτερινό A/C	0,23 €	–	–	2.125,20 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ A/C	0,45 €	–	–	4.158,00 €	–	–
Κόστος Μονάδας kW ΣΕΑ D/C	0,60 €	–	–	5.544,00 €	–	–
Χρόνος Φόρτισης	AC 0-100% DC 10-80%	–	–	6:30h/0:29h	–	–
Μέση κατανάλωση καυσίμου	l/100 km	7,1	5,6	–	4,9	8,2
Ηλεκτρική Κατανάλωση	kWh/km	–	–	15,4/100	–	–
Συνολικό Κόστος Χρήσης		9.521,66 €	8.133,17 €	3.076,39 €	7.125,17 €	12.066,86 €
Με Φόρτιση σε ΣΕΑ A/C		–	–	5.109,19 €	–	–
Με Φόρτιση σε ΣΕΑ D/C		–	–	6.495,19 €	–	–
Συνολικό Κόστος Αγοράς και Χρήσης⁶		51.517,66 €	30.163,17 €	51.376€ 53.409,19€ 53.844€	41.025,17 €	38.566,86 €

1) Βάσει έτους 2024, 2) Βάσει Ασφαλιστικού Φορέα, 3) Μέτρο επιδότησης "Κινούμε Ηλεκτρικά 2" του 2023 και μέτρο απόσυρσης 1991, 4) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα και 15000χλμ ανά έτος, 5) Σταθερή σε όλη την μελέτη στην μέγιστη τιμή ανά μονάδα χρέωσης, 6) Αντίστοιχα με Νυχτερινό A/C, ΣΕΑ A/C, ΣΕΑ D/C.

Πίνακας 21. Πηγή: BMWAG, Stellantis PSA Automobile SA, Suzuki Motor Corporation.

Βιβλιογραφία

"Citizens' summary EU proposal for a Regulation on L-category vehicles (two- or three-wheel vehicles and quadricycles)". (2014).

"*Electric automobile / vehicle*". Encyclopedia Britannica.

"*Electric Car History / A brief history of electric cars*". (2014). Ανάκτηση από web.archive.org.

"The world's first electric car". (2021). University museum of Groningen.

ayvens. (2024). Ανάκτηση από ayvens.com: <https://www.ayvens.com/el-gr/>

Bellis, M. *Wait, there were electric cars between 1830 and 1930?*

BMW AG. (2019-2024).

Bosch GmbH. (2024).

Boschert, S. (2006). "*Plug-in hybrids : the cars that will recharge America*". Gabriola Island, BC: New Society Publishers.

Boyle, D. (2018). "*30-Second Great Inventions*". Minneapolis: Ivy Press.

Denton, T. (2016). "*Electric and Hybrid vehicles*". Milton Park, Abingdon, Oxon: Routledge.

electricvehiclesnews. (n.d.). Ανάκτηση από www.electricvehiclesnews.com: <https://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyIII.htm>

elements.visualcapitalist.com. (n.d.). Ανάκτηση από <https://elements.visualcapitalist.com>: <https://elements.visualcapitalist.com/the-top-10-ev-battery-manufacturers-in-2022/>

Fingas, J. (2016). *engadget*. Ανάκτηση από engadget.com: <https://www.engadget.com/2016-10-08-germany-wants-combustion-engine-ban.html>

General Electric Company. (n.d.).

Gerdes, J. (2012). *Forbes.com*. Ανάκτηση από "The Global Electric Vehicle Movement: Best Practices From 16 Cities": <https://www.forbes.com/sites/justingerdes/2012/05/11/the-global-electric-vehicle-movement-best-practices-from-16-cities/>

Guide, H. E. (n.d.).

Handy, G. (n.d.). *Edison Tech Center*. Ανάκτηση από edisontechcenter.org/: <https://edisontechcenter.org/ElectricCars.html>

Hitachi Ltd. (1994 - 2024).

<https://en.wikipedia.org>. (n.d.). Ανάκτηση από wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Economic_Commission_for_Europe#Inland_Transport_Committee

Hurley, S. (2012). *sciencemuseum*. Ανάκτηση από <https://blog.sciencemuseum.org.uk/>: <https://blog.sciencemuseum.org.uk/the-surprisingly-old-story-of-londons-first-ever-electric-taxi/>

HybridVehicle.org. (n.d.).

Kane, M. (2019). *insideevs*. Ανάκτηση από [insideevs.com](https://insideevs.com/news/343799/us-plug-in-electric-car-sales-charted-march-2019/): <https://insideevs.com/news/343799/us-plug-in-electric-car-sales-charted-march-2019/>

Motors, G. (2024). *GMAuthority*. Ανάκτηση από Chevrolet Bolt EV Sales Numbers: <https://gmauthority.com/blog/gm/chevrolet/bolt-ev/chevrolet-bolt-ev-sales-numbers/>

O'Kane, S. (2019). *"Tesla's Model 3 was the best-selling EV in the world last year"*.

Petroff, A. (2017). *CNNMoney*. Ανάκτηση από "These countries want to ditch gas and diesel cars".

Porsche. (n.d.).

publications, A. .. (2001). "Today in Technology history".

Rauer, V. F. (2018). "Elektroauto in Coburg erfunden". *Neue Presse* .

Rice Family. (n.d.).

Riley, C. (2017). *CNN Money*. Ανάκτηση από "«Britain bans gasoline and diesel cars starting in 2040»".

Schenectady Museum. (n.d.).

Sperling, D., & Gordon, D. (2009). *"Two billion cars : driving toward sustainability"*. Oxford: Oxford University Press.

Staff, I. (2012). Third IEEE History of Electro-Technology Conference.

Stellantis PSA Automobile SA. (n.d.).

Suzuki Motor Corporation. (n.d.).

telegraph.co.uk. (2009). Ανάκτηση από <https://www.telegraph.co.uk/news/newstopics/howaboutthat/5212278/Worlds-first-electric-car-built-by-Victorian-inventor-in-1884.html>

Tesla Motor Company. (n.d.).

Todorova, L. (2012). *Automobiles review*. Ανάκτηση από "Some facts about Electric Vehicles": <https://www.automobilesreview.com/auto-news/some-facts-about-electric-vehicles/42240/>

Wakefield, E. H. (1994). *"History of the electric automobileQ battery-only powered cars"*.

www.flickr.com. (n.d.). Ανάκτηση από flickr.com:

<https://www.flickr.com/photos/rightbrainphotography/2223326631/in/gallery-30998987@N03-72157626247712697/>

www.nasa.gov. (n.d.). Ανάκτηση από nasa.gov: <https://www.nasa.gov/history/alsj/>