



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τα βασικά μέρη του αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Διπλωματική Εργασία

Τσιούνης Αναστάσιος

Επιβλέπων: Σταμούλης Γεώργιος

Σεπτέμβριος 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

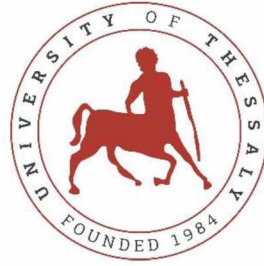
Τα βασικά μέρη του αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Διπλωματική Εργασία

Τσιούνης Αναστάσιος

Επιβλέπων: Σταμούλης Γεώργιος

Σεπτέμβριος 2021



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

The basic parts of Battery Electric Vehicle (BEV)

Diploma Thesis

Tsiounis Anastasios

Supervisor: Stamoulis Georgios

September 2021

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων **Σταμούλης Γεώργιος**

Καθηγητής , Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Πλέσσας Νικόλαος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Ευμορφόπουλος Νέστωρας

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Τσιούνης Αναστάσιος

Ευχαριστίες ή Σχόλια

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Σταμούλη που συνεργάστηκε μαζί μου και για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερα για την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου που με στήριξε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών. Ευχαριστώ τους φίλους μου με τους οποίους πέρασα μαζί τους “τα καλύτερα μου χρόνια” (τα εισαγωγικά προαιρετικά) , και ελπίζω να μην αποκλίνουν πολύ οι δρόμοι μας. Ευχαριστώ πάρα πολλούς άλλους ανθρώπους , που δεν μπορώ να κατανομάσω , για τις εμπειρίες που μου προσέφεραν αυτά τα χρόνια. Στην συγκρότηση μου , ιδεολογική , πολιτική , και ευρύτερα , είναι σε μεγάλο βαθμό , αποτέλεσμα αυτών των εμπειριών .

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να παρουσιάσει σε κάποιον, ιδιαίτερα σε φοιτητές θετικών επιστημών , βασικές γνώσεις γύρω από τα ηλεκτρικά οχήματα , να κατανοήσει την περίοδο μετάβασης στην οποία βρισκόμαστε και κατανοήσει την ανάγκη να γίνουν προχωρήματα στον συγκεκριμένο τομέα. Με σκοπό να παρακινήσει κόσμο στην ενασχόληση με αυτόν τον τομέα Έτσι, αρχικά παρουσιάζω μία ιστορική αναδρομή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και της προηγούμενης φάσης μετάβασης (πετρέλαιο-βενζίνη) , για να μπει και η παρούσα φάση σε ένα ιστορικό πλαίσιο. Στη συνέχεια δίνω μια αναλυτική περιγραφή της μπαταρίας και παραθέτω προβλήματα που έχουν να κάνουν με τη χρήση της και νέες τεχνολογίες που μπορούν να ξεπεράσουν πολλά από αυτά. Έπειτα , δίνω μια ηλεκτροτεχνική περιγραφή του ηλεκτρικού κινητήρα, (ΣΡ, σύγχρονοι και ασύγχρονοι). Και τέλος η εργασία καταπιάνεται με την κλιματική αλλαγή. Τα δεδομένα της καταστροφής που φέρνει , τα αίτια της κρίσης , την ανάγκη άμεσης δράσης. Έτσι , ώστε να γίνει κατανοητό γιατί τα εμπόδια που αφορούν την ηλεκτροκίνηση , πρέπει να ξεπεραστούν.

Abstract

The aim of the dissertation is to present to someone, especially to students of physical sciences, basic knowledge about electric vehicles, so as to understand the transition period in which we are and understand the need to make progress in this area. In order to push people to engage with this subject. Thus, first a historical background of the electric car and the previous phase of transition (diesel-petrol) is presented, to go and be present in a historical context. Then I give a detailed description of the battery and list problems that have to do with its use and new technologies that can overcome many of them. Next, I present an electrotechnical description of the electric motor, (SR, synchronous and asynchronous). And finally, the work is dealing with climate change. The data of the catastrophe it brings, the causes of the crisis, the need for immediate action. Thus, in order to understand why the obstacles related to electrification must be overcome.

Πίνακας περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες ή Σχόλια.....</i>	<i>xí</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>xiii</i>
<i>Abstract</i>	<i>xv</i>
<i>Πίνακας περιεχομένων</i>	<i>xvii</i>
<i>Κατάλογος σχημάτων.....</i>	<i>xix</i>
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	21
1.0 Αντικείμενο της διπλωματικής.....	21
Κεφάλαιο 2 Η ιστορία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και γενική περιγραφή της λειτουργίας του.....	22
2.1 Ιστορική αναδρομή	22
2.2 Γενική Περιγραφή	27
Κεφάλαιο 3 Η μπαταρία ιόντων Λιθίου	33
3.1 Εισαγωγή	33
3.2 Ανάλυση της λειτουργίας της li-ion μπαταρίας	34
3.3 Το memory effect στη li-ion μπαταρία	42
3.4 Solid state li-ion, Sodium Ion, Lithium-air μπαταρίες.....	44
3.5 Ζητήματα υπερθέρμανσης της li-ion μπαταρίας	45
3.6 Ζητήματα πόρων – ορυκτών.....	46
Κεφάλαιο 4 Ο ηλεκτρικός κινητήρας	48
4.1 Τα βασικά μέρη των ηλεκτρικών μηχανών	48
4.2 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.....	50
4.3 Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος	51
4.3.1 Σύγχρονοι κινητήρες	52
4.3.2 Ασύγχρονοι κινητήρες	53

4.4 Σύγκριση κινητήρων ΣΡ και ΕΡ	57
4.5 Σύγκριση ηλεκτρικού κινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης	58
<i>Κεφάλαιο 5 Η ανάγκη ολικής μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση</i>	<i>60</i>
5.1 Εισαγωγή	60
5.2 Τα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής	60
5.3 Τα αίτια της κρίσης	64
5.4 Συμπεράσματα – Λύσεις.....	65
<i>Βιβλιογραφία</i>	<i>67</i>

Κατάλογος σχημάτων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.0 Αντικείμενο της διπλωματικής

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να παρουσιάσει σε κάποιον, ιδιαίτερα σε φοιτητές θετικών επιστημών, βασικές γνώσεις γύρω από τα ηλεκτρικά οχήματα, να κατανοήσει την περίοδο μετάβασης στην οποία βρισκόμαστε και κατανοήσει την ανάγκη να γίνουν προχωρήματα στον συγκεκριμένο τομέα. Με σκοπό να παρακινήσει κόσμο στην ενασχόληση με αυτόν τον τομέα Έτσι, αρχικά παρουσιάζω μία ιστορική αναδρομή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και της προηγούμενης φάσης μετάβασης (πετρέλαιο-βενζίνη), για να μπει και η παρούσα φάση σε ένα ιστορικό πλαίσιο: Πότε ανακαλύφθηκαν και πότε προχώρησαν και γιατί εν τέλει μείναν στην αφάνεια. Στη συνέχεια δίνω μια αναλυτική περιγραφή της μπαταρίας ιόντων Λιθίου, τον ιονισμό, τα βασικά μέρη της μπαταρίας και παραθέτω προβλήματα που έχουν να κάνουν με τη χρήση της και νέες τεχνολογίες που μπορούν να ξεπεράσουν πολλά από αυτά. Έπειτα, δίνω μια ηλεκτροτεχνική περιγραφή του ηλεκτρικού κινητήρα, (ΣΡ, σύγχρονοι και ασύγχρονοι), . Και τέλος η εργασία καταπιάνεται με την κλιματική αλλαγή. Αρχικά, με τα δεδομένα της καταστροφής που φέρνει. Την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, την αλλαγή των ρευμάτων και την μεγαλύτερη συχνότητα σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Τέλος αναφέρω τα αίτια αυτής της καταστροφής, που έχουν να κάνουν με την πρόσδεση στα ορυκτά καύσιμα

Κεφάλαιο 2 Η ιστορία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και γενική περιγραφή της λειτουργίας του

2.1 Ιστορική αναδρομή

Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο κάνει την εμφάνιση του , τον 19ο αιώνα , λίγα χρόνια μετά την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού.

Σχεδόν παντού γύρω μας υπάρχουν ίσες ποσότητες θετικού και αρνητικού φορτίου-τόσο καλά ισορροπημένες που η ύπαρξη τους παραμένει αθέατη. Η δύναμη του ηλεκτρισμού λειτουργεί αδιάλειπτα για 13 δισεκατομμύρια χρόνια αλλά μόλις τους τελευταίους αιώνες ο άνθρωπος κατάφερε να την κατανοήσει και να την εκμεταλλευτεί. Οι άνθρωποι μπορεί , για παράδειγμα , να έβλεπαν ένα σπινθήρα στατικού ηλεκτρισμού αλλά, οι αιτίες που τον προκαλούσαν παρέμεναν μυστήριες. Η τομή γίνεται το 1790. Ο Ιταλός ερευνητής, Αλεσάντρο Βόλτα ανακάλυψε την πρώτη μπαταρία. Πίεσε ένα χάλκινο δίσκο από τη μία πλευρά της γλώσσας του και έναν από ψευδάργυρο από την άλλη. Όταν ένωσε τα άκρα των δισκίων ένωσε ένα μούδιασμα στη γλώσσα[1]. Μετέφερε το πείραμα στο εργαστήριο , χρησιμοποιώντας αντί για σάλιο , αλατόνερο , και καλώδιο , και είδε κάτι να “ξεχύνεται”, σα νερό , το ηλεκτρικό ρεύμα. Μια σειρά από επιστήμονες ή ερασιτέχνες ερευνητές καταπιάστηκαν με αυτό το φαινόμενο. Το 1820 , Ο Χανς Κρίστιαν Όερστεντ έκανε ένα διάσημο πείραμα[2], παρατηρώντας μία μεταλλική βελόνα να εκτρέπεται κοντά σε ένα ρευματοφόρο αγωγό. Το συμπέρασμα ήταν το εξής:

Γύρω από ρευματοφόρους αγωγούς αναπτύσσεται μαγνητικό πεδίο και οι μαγνήτες εντός αυτού του μαγνητικού πεδίου θα δεχτούν δύναμη. Αλλά και ο ρευματοφόρος αγωγός, όταν βρεθεί εντός του μαγνητικού πεδίου, όπως και οι αγωγοί, δέχεται δύναμη από αυτό. Το πείραμα του οδήγησε , όχι μόνο στην ανακάλυψη του ηλεκτρομαγνητισμού, δηλαδή την αλληλεπίδραση μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων, αλλά και στην πραγμάτωση μηχανικών ενεργειών πολύ ισχυρότερων από τα ηλεκτροστατικά μέσω δυναμικής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο Βρετανός αξιωματικός Στάρτζτεον έφτιαξε τον πρώτο μαγνήτη. Από εκεί ο Τζόσεφ Χένρυ, που ήταν δάσκαλος σε σχολείο ,εμπνεύστηκε και κατάφερε μέχρι το 1838 να φτιάξει ένα μαγνήτη που σήκωνε 700 κιλά. Αυτό που έκανε στην ουσία κάνοντας συνεχή

πειράματα ήταν να τυλίξει χάλκινα καλώδια , αφού τα είχε πρώτα μονώσει , πολύ κοντά μεταξύ τους , γύρω από ένα σιδεροπυρήνα και να τα τροφοδοτήσει με ρεύμα.

Το 1827 ο Σλοβακο-Ούγγρος ιερέας Anyos Jedlik κατασκεύασε τον πρώτο ηλεκτρικό κινητήρα με μότερα , στάτορα και μεταγωγέα , ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για να δώσει κίνηση σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Και άλλα ηλεκτρικά οχήματα κατασκευάστηκαν εκείνη την εποχή , όλα όμως με μπαταρίες μίας χρήσης. Επομένως , η χρήση τους ήταν πολύ ακριβή. Ο πρώτος βιώσιμος δυναμός εμφανίστηκε το 1860 , μετά από μια σειρά ανακαλύψεις που συνέβησαν τις προηγούμενες δεκαετίες. Έγινε , έτσι , εφικτή η κατασκευή ηλεκτρομηχανικού κινητήρα ικανού να δώσει ισχύ ίση με ατμομηχανές. Την ίδια εποχή αναπτύσσονται ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος , αρχικά για να χρησιμοποιηθούν ως γεννήτριες. Οι γεννήτριες ΣΡ σε συνδυασμό με τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ήταν τα ευρήματα που έδωσαν μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Το 1881 ο Γκουστάβ Τρουβέ[3] παρουσίασε στο Παρίσι έφτιαξε ένα ηλεκτροκίνητο τρίκυκλο με επαναφορτιζόμενη μπαταρία . Το πρώτο πετυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο με επαναφορτιζόμενη μπαταρία κατασκευάστηκε από τον Τόμας Πάρκερ το 1884 στην Βρετανία. Το 1889 η London Electric Cab Combany είχε ηλεκτρικά ταξί των τριών(3) ίππων , αλλά το εγχείρημα δεν προχώρησε. Στη Γαλλία /όμως οι εξελίξεις έτρεχαν με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα. Σε βαθμό τέτοιο που την εποχή αυτή κατασκευάζονται τα πρώτα αυτοκίνητα κατάλληλα για εμπορική χρήση. Το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο αυτοκίνητο , που μπορούσε να μεταφέρει έως τέσσερις επιβάτες, με ταχύτητα 16 χλμ/ώρα , κατασκευάστηκε το 1893 από τον Paul Rouchain. Ο Βέλγος οδηγός αγώνων Camille Jenatzy στις 29 Απριλίου 1899 οδήγησε το ηλεκτρικό Jamais Contente με ταχύτητα 105,88 χλμ./ώρα. Ήταν η πρώτη φορά που χερσαίο όχημα έσπασε το φράγμα των 100χλμ/ώρα. Η Γαλλία κατέκτησε γρήγορα την πρωτιά στην ηλεκτροκίνητη αυτοκινητοβιομηχανία.

Στη Γερμανία, εκείνη την εποχή, υπάρχουν εξελίξεις γύρω από την ηλεκτροκίνηση αλλά κυρίως αφορούσαν τις δημόσιες συγκοινωνίες. Για την ιδιωτική μετακίνηση οι Γερμανοί ασχολούνταν με τον Κ.Ε.Κ εκείνη την περίοδο. Το 1879 παρουσιάστηκε στο Βερολίνο το πρώτο ηλεκτρικό τραμ που μπορούσε να μεταφέρει έξι επιβάτες. Μόλις το 1899 ο

Porsche[4] κατασκεύασε στη Γερμανία το πρώτο επιτυχημένο ιδιωτικής χρήσης αυτοκίνητο.

Επίσης, ανάλογα εγχειρήματα παρατηρούνται και στις Η.Π.Α. , αν και με μια μικρή καθυστέρηση σε σχέση με τις τρεις βιομηχανικές χώρες της Ευρώπης(Η καθυστέρηση αυτή παρατηρήθηκε στις ΗΠΑ σε όλους τους τομείς της τεχνολογίας και της επιστήμης και ένας λόγος ήταν τα πολιτικά τεκταινόμενα και κυρίως ο Αμερικανικός Εμφύλιος τη δεκαετία του 1860) . Το 1884 ο Andrew L. [5] έφτιαξε ένα ποδήλατο με ηλεκτροκινητήρα και μπαταρία. Το πρώτο επιτυχημένο αμερικανικό ηλεκτρικό τετράτροχο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, ικανό να μεταφέρει 6 επιβάτες με ταχύτητα 22 χλμ./ώρα κατασκευάστηκε το 1890 από τον William Morrison, χρησιμοποιώντας μπαταρία μολύβδου. Αν και με καθυστέρηση , η βιομηχανία της ηλεκτροκίνησης στην Αμερική είχε αλματώδη ανάπτυξη. Πάτημα για αυτό ήταν η ανάπτυξη των εμπορικών ηλεκτρικών δικτύων από τον Τόμας Έντισον , απαραίτητη υποδομή για τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Το 1896 η Pope Manufacturing Co έθεσε σε κυκλοφορία το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Μια σειρά από κατασκευαστικές εταιρίες πάνω στον τομέα αυτό ξεπήδησαν εκείνη την περίοδο. . Για αυτήν την ανερχόμενη αγορά ο ίδιος Τόμας Έντισον ανέπτυξε την ελαφρύτερη αλκαλική μπαταρία νικελίου-σιδήρου στα πρώτα χρόνια του εικοστού αιώνα.

Γύρω στα 1900-1910 τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σημείωσαν την υψηλότερη επιτυχία. Στην Αμερική το ατμοκίνητο είχε καταλάβει το 40% της αγοράς αυτοκινήτων, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο 38%και το βενζινοκίνητο 22%. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες είχε σημαντικά πλεονεκτήματα και πλεονεκτήματα. Τα οχήματα με ατμομηχανή ήταν γρήγορα και αξιόπιστα αλλά είχαν μεγάλους χρόνους εκκίνησης (25-45 λεπτά), χαμηλή θερμική απόδοση και απαιτούνται εξειδικευμένοι χειριστές. Τα βενζινοκίνητα ήταν θορυβώδη , δύσσομα , ασταθή και δύσκολα στην εκκίνηση. Αντίθετα, τα ηλεκτρικά αθόρυβα, άοσμα , εύκολα στην εκκίνηση και στην οδήγηση. Ήταν , όμως ακριβά , αργά , και είχαν μικρό εύρος.



Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα , παρόλα αυτά χάνουν , την κούρσα και όπως και τα ατμοκίνητα βγαίνουν εντελώς στο περιθώριο από την εκρηκτική άνοδο των αυτοκινήτων με Κ.Ε.Κ. Αναφέρω τους βασικούς παράγοντες που οδήγησαν σε αυτό:

1) Ανακαλύφθηκαν το 1920 κοιτάσματα στο Τέξας και στην Καλιφόρνια αλλά και πέρα από την Αμερική. Το 1908 είχε ανακαλυφθεί , από τον George Reynolds και για χάριν της Βρετανικής BP , πετρέλαιο στο Ιράν(και το 1920 στο Ιράκ) . Αυτό οδήγησε τις τιμές του πετρελαίου να πέσουν και να κάνουν τα οχήματα με Κ.Ε.Κ. πολύ πιο προσιτά στο ευρύ κοινό.[6]

2) Παράλληλα με αυτή τη διαδικασία χτίζονταν μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήταν ιδανικά για την κίνηση εντός του αστικού ιστού αλλά είχαν πολύ μικρό εύρος για υπεραστικές μετακινήσεις.

3) Μια σειρά ανακαλύψεις πάνω στον Κ.Ε.Κ. , με χαρακτηριστικότερη την ανακάλυψη της μίζας το 1896. Η τελευταία , έλυσε το μεγάλο πρόβλημα που είχαν τα οχήματα εσωτερικής καύσης. Το κλάσμα ισχύς/μάζα στον Κ.Ε.Κ. ήταν 330 φορές

μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του ηλεκτροκινητήρα , επομένως η αποδοτικότητα του κινητήρα ήταν πολύ μεγαλύτερη.

Από εκείνο το σημείο και μετά τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εξαφανίζονται από την αγορά. Σε τέτοιο βαθμό που τα αυτοκίνητα Ι.Χ. αλλά και τα επαγγελματικά ταυτίστηκαν με την βενζινοκίνηση και την πετρελαιοκίνηση. Η “αναγέννηση τους ” και η επαναφορά τους στο δημόσιο διάλογο θα γίνει πολλές δεκαετίες αργότερα.

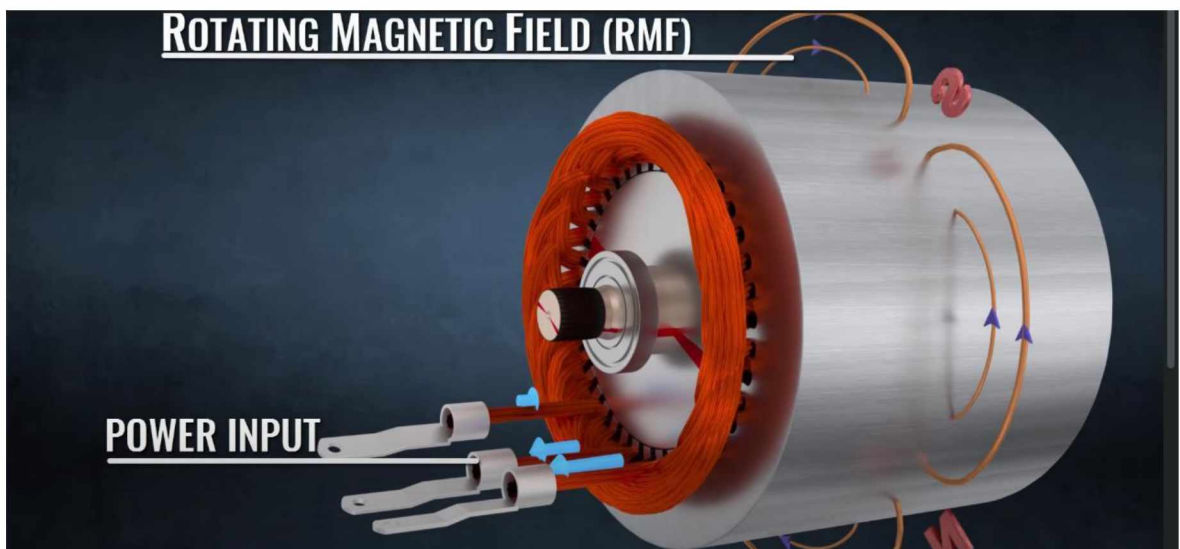
Ο βασικός λόγος που το Η.Α. επανήλθε στην επικαιρότητα (και την τελευταία δεκαετία κυρίαρχα) είναι η πίεση που βάζει η κλιματική κρίση στις κοινωνίες και τις πολιτικές ηγεσίες να προσαρμοστούν και να αλλάξουν άρδην τα μοντέλα ενέργειας και μεταφορών. Οι τελευταίες έχουν μερίδιο ίσο με το 1/6 των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Και αυτά σε μια εποχή που οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι αν φτάσουμε τον 1,5 βαθμό κελσίου πάνω από την προβιομηχανική εποχή η καταστροφή θα είναι πρωτοφανής και μη αντιστρέψιμη. Η άνοδος της θερμοκρασίας θα αποκτήσει δηλαδή αυτοτροφοδοτούμενη και μη αναστρέψιμη δυναμική. Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρομαι πιο αναλυτικά στη κλιματική αλλαγή και στην ανάγκη επιτυχίας του εγχειρήματος της ηλεκτροκίνησης.



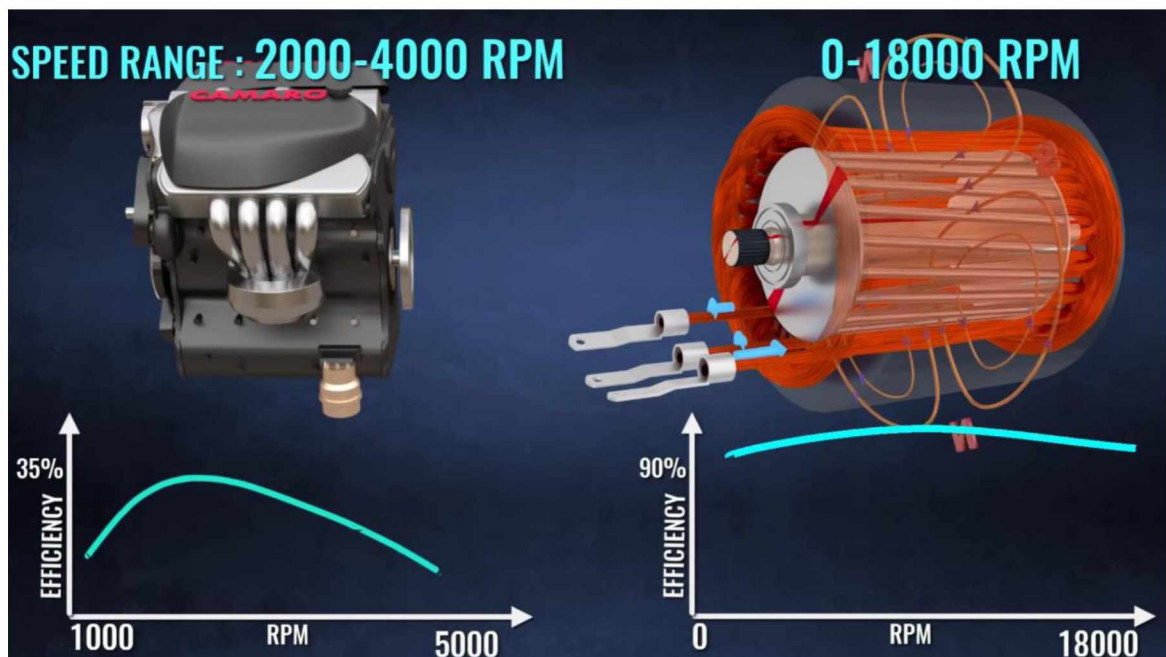
2.2 Γενική Περιγραφή

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν φέρει βαθιές αλλαγές στον κόσμο του αυτοκινήτου. Αυτά τα αθόρυβα, καθαρά οχήματα υψηλών επιδόσεων, φαίνεται ότι μέχρι το 2025 θα καταστήσουν ξεπερασμένα τα αντίστοιχα οχήματα που λειτουργούν με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εδώ χρησιμοποιείται το μοντέλο Tesla S, το οποίο πρόσφατα αναδείχθηκε το πιο γρήγορο αυτοκίνητο παραγωγής στον κόσμο. Στη συνέχεια αναλύεται το πως πέτυχαν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αυτές τις υπέρ-επιδόσεις, αναλύοντας την τεχνολογία πίσω από τον κινητήρα επαγωγικής μετατροπής που τροφοδοτεί ο συσσωρευτής ιόντων Λιθίου και πάνω απ' όλα, τον συγχρονισμένο μηχανισμό του οχήματος.

Στα περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ως κινητήρας χρησιμοποιείται ο επαγωγικός. Ο κινητήρας επαγωγής έχει δύο κύρια μέρη: τον στάτορα και τον ρότορα. Ο ρότορας είναι απλώς μια σειρά αγώγιμων ράβδων που στο άκρο τους συνδέονται με ένα δακτύλιο. Στο στάτορα δίνεται ένα τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Το τριφασικό ρεύμα AC που διέρχεται μέσα από τις περιελίξεις παράγει ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Ο κινητήρας Tesla παράγει ένα τετραπολικό μαγνητικό πεδίο. Αυτό το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, επάγει ρεύμα στις ράβδους του ρότορα αναγκάζοντάς τον να κινηθεί. Στα επαγωγικά μοτέρ ο ρότορας πάντα ακολουθεί το Περιστρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο (RMF).

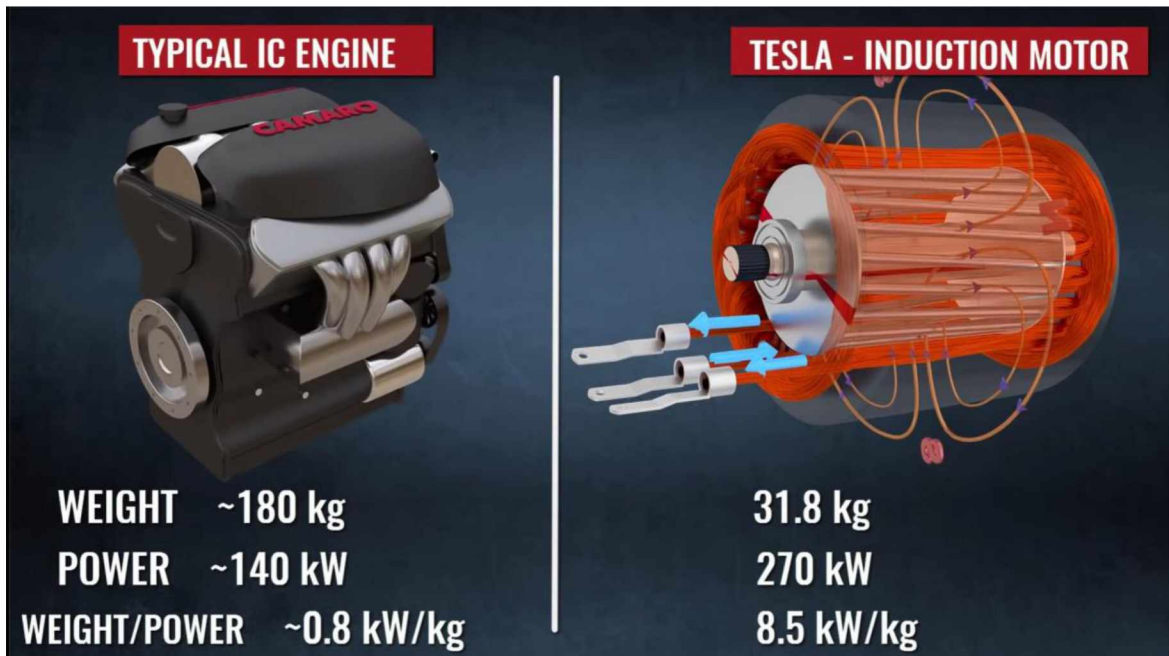


Το επαγωγικό μοτέρ δεν διαθέτει ψήκτρες ή ένα μόνιμο μαγνήτη. Επίσης είναι ισχυρό και σταθερό. Η βασική διαφορά είναι ότι η ταχύτητα είναι συνάρτηση της συχνότητας τροφοδοσίας E.P. Έτσι , η ταχύτητα στους τροχούς αλλάζει , αλλάζοντας τη συχνότητα τροφοδοσίας Έτσι , μπορούμε εύκολα να ελέγξουμε την ταχύτητα. . Η ταχύτητα του κινητήρα έχει εύρος από 0 - 18.000 RPM.

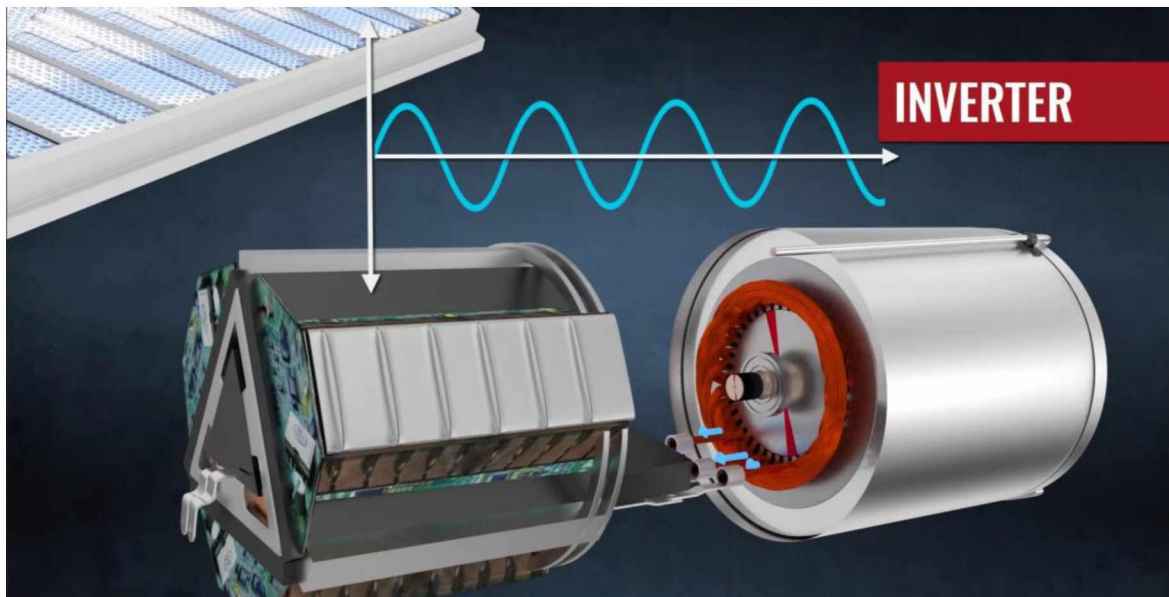


Εδώ είναι που υπερτερούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα IC (Εσωτερικής Καύσης). Ο τελευταίος παράγει ωφέλιμη ροπή και ισχύ μόνο μέσα σε ένα περιορισμένο εύρος στροφών. Για να μεταβάλλεται η ταχύτητα των τροχών, πρέπει να παρεμβληθεί ένα σύστημα μετάδοσης. Αντιθέτως, ο επαγωγικός κινητήρας έχει την ικανότητα να λειτουργεί σε οποιαδήποτε κλίμακα στροφών. Έτσι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν χρειάζεται σύστημα μετάδοσης . Και πέρα από αυτό , ο κινητήρας ΕΚ δεν παράγει άμεσα περιστροφική κίνηση. Η περιστροφική κίνηση προέρχεται από τη μετατροπή της κίνησης του εμβόλου διαμέσω του στροφαλοφόρου άξονα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σοβαρά θέματα ζυγοστάθμισης μηχανικής ζυγοστάθμισης. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, εκτός του ότι ξεκινάει με μίζα εν αντιθέσει με τον κινητήρα επαγωγής επιπρόσθετα, η έξοδος της ισχύος πάντα ποικίλει, και απαιτούνται επομένως πολλά εξαρτήματα για να ξεπεραστούν αυτά τα ζητήματα. Ενώ αντιθέτως , ο επαγωγικός κινητήρας θα μας δώσει απευθείας περιστροφική κίνηση και ομοιογενή έξοδο ισχύος. Έτσι γλυτώνουμε πολλά

εξαρτήματα που υπάρχουν στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συντελούν στο ότι ο επαγωγικός κινητήρας έχει πολύ μεγάλο λόγο απόκρισης/βάρους που έχει ως αποτέλεσμα την υπεροχή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

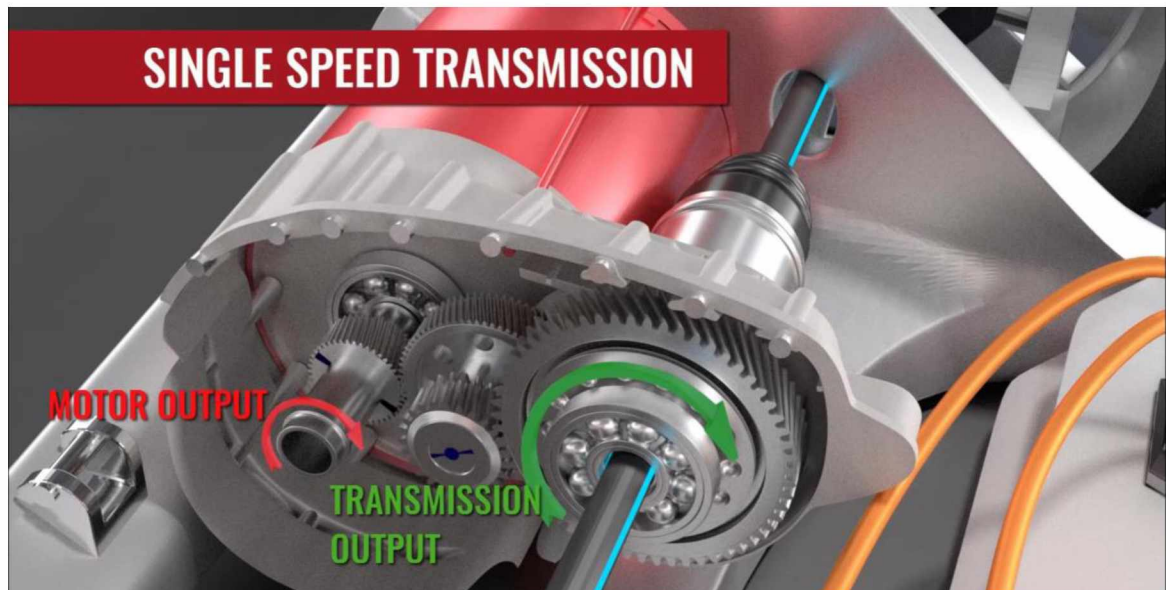


Ο κινητήρας λαμβάνει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα σύμπλεγμα συσσωρευτών (μπαταρία ή πακέτο μπαταρίας). Η μπαταρία παράγει ισχύ συνεχούς ρεύματος (DC), που πρώτα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ Ε.Ρ. και μετά πάει στον κινητήρα. Αυτή την μετατροπή ισχύος την κάνει ένας inverter. Αυτός ο ηλεκτρονικός μηχανισμός μεταβάλλει επίσης τη συχνότητα AC, ελέγχοντας με αυτό τον τρόπο τις στροφές του κινητήρα. Επί πλέον, ο Inverter μπορεί να αλλάζει το πλάτος της συχνότητας AC και έτσι να ελέγχει την αποδιδόμενη ισχύ. Με αυτό τον τρόπο, ο Inverter δρα ως εγκέφαλος του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.



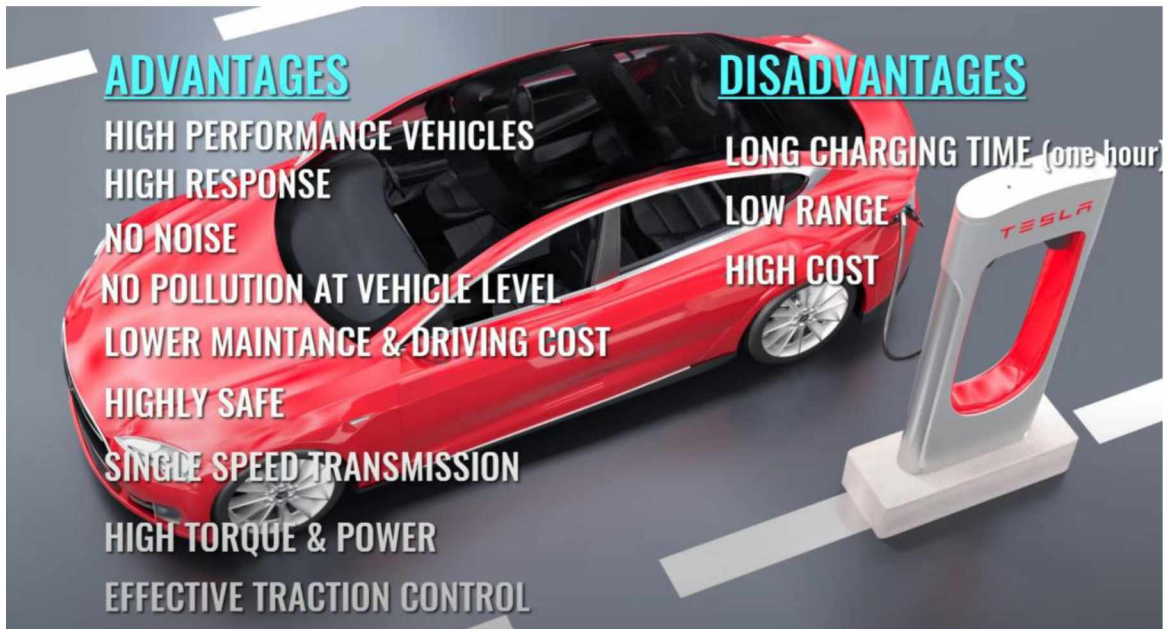
Τώρα ας αναφερθούμε στο πακέτο μπαταρίες , που αποτελείται από πολλές κυψέλες μπαταριών (κυρίως ιόντων Λιθίου). Οι κυψέλες είναι συνδεδεμένες με ένα συνδυασμό τόσο εν σειρά όσο και παράλληλα, ώστε να παρέχουν την απαραίτητη ισχύ για την κίνηση των τροχών. Ανάμεσα στα κενά των κυψελών υπάρχουν σωλήνες, τους οποίους διαπερνά ψυκτικό υγρό γλυκόλης. Αυτή είναι μια βασική καινοτομία της TESLA , που χρησιμοποιεί πολλές κυψέλες αντί για λίγες και μεγάλες , όπως κάνουν άλλες εταιρίες. Έτσι, μεγιστοποιείται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας(επιπλέον , στο τρίτο Κεφάλαιο , Λειτουργία μπαταρίας ιόντων Λιθίου) . Οι κυψέλες οργανώνονται ως συμπλέγματα-κυκλώματα. Η μπαταρία αποτελείται από 16 τέτοια συμπλέγματα που έχουν στο σύνολο περίπου 7.000 κυψέλες. Η γλυκόλη, ψύχεται με τη βοήθεια ενός ψυγείου που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου. Επί πλέον αυτό το χαμηλού ύψους πακέτο συσσωρευτών, όταν βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, χαμηλώνει το κέντρο βάρους του αυτοκινήτου. Το χαμηλό κέντρο βάρους βελτιώνει σημαντικά την ευστάθεια του οχήματος.

Σύστημα μετάδοσης ισχύος: Το Tesla S όπως και άλλα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν μόνο ένα απλό κιβώτιο της μίας ταχύτητας .



Στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο ακόμη και η κίνηση προς τα πίσω γίνεται πολύ εύκολα, απλώς αντιστρέφοντας τη φάση ισχύος. Το μόνο που κάνει το κιβώτιο ταχυτήτων είναι να μειώνει την ταχύτητα και να αυξάνει την ροπή. Στον κινητήρα εσωτερικής καύσης, η μείωση ισχύος γρήγορα δεν είναι εφικτή με τη διακοπή της τροφοδοσίας καυσίμου. . Επίσης καθίσταται δυνατό ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο να μπορεί να οδηγηθεί αποτελεσματικά μόνο με ένα πεντάλ εξ' αιτίας του ισχυρότατου συστήματος ανάκτησης πέδησης που διαθέτει. Δηλαδή είναι δυνατό να αποθηκεύει κινητική ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρισμού , αντί αυτή να χάνεται ως απώλειες θερμότητας(αναγεννητικό φρενάρισμα) . Τη στιγμή που ο/η οδηγός αφήνει το πόδι από το πεντάλ επιτάχυνσης, μπαίνει σε λειτουργία η πέδηση ανάκτησης. Κατά τη διάρκεια της πέδησης, το ίδιο επαγωγικό μοτέρ μπαίνει τώρα σε λειτουργία γεννήτριας. Τώρα, οι τροχοί κινούν τον ρότορα του επαγωγικού κινητήρα, μετατρέποντας μηχανική ενέργεια στον άξονα σε ηλεκτρική. . Για να γίνει η μετατροπή του κινητήρα σε γεννήτρια, πρέπει ο ρότορας να στραφεί με μεγαλύτερη ταχύτητα από το μαγνητικό πεδίο. Εδώ, έγκειται και μία βασική χρησιμότητα του inverter ο οποίος ρυθμίζει την συχνότητα της ισχύος εισόδου και διατηρεί τις στροφές του μαγνητικού πεδίου λιγότερες από τις στροφές του ρότορα. Αυτό παράγει στα τυλίγματα του στάτορα ηλεκτρισμό, ο οποίος είναι πολύ μεγαλύτερος από τον παρεχόμενο ηλεκτρισμό. Το ηλεκτρικό φορτίο μπορεί μετά την μετατροπή, να αποθηκευτεί στο πακέτο μπαταριών . Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, πάνω στον ρότορα ασκείται μια αντίθετη ηλεκτρομαγνητική δύναμη που επιβραδύνει τους

τροχούς . Έτσι , το αυτοκίνητο ενώ βρίσκεται εν κινήσει μπορεί να το οδηγήσει κάποιος μόνο με ένα πεντάλ , και το φρένο να χρησιμεύει μόνο για να ακινητοποιεί το αυτοκίνητο.



Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι πολύ πιο ασφαλή από τα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Το κόστος συντήρησης και οδήγησης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι επίσης πολύ χαμηλότερο από εκείνο με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Όταν με την εξέλιξη της τεχνολογίας ξεπεραστούν τα αρνητικά σημεία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα είναι τα αυτοκίνητα του μέλλοντος. [7] [8] [9] [10]

Κεφάλαιο 3 Η μπαταρία ιόντων Λιθίου

3.1 Εισαγωγή

Το ζήτημα της μπαταρίας -και δη της μπαταρίας Li-ion - είναι από τα πιο σημαντικά για την πράσινη μετάβαση η οποία συντελείται τα τελευταία χρόνια. Ο πρώτος λόγος έχει να κάνει με τις ΑΠΕ [12]. Ο πρωθυπουργός του Η.Β Boris Johnson , για παράδειγμα , έχει εξαγγείλει ότι θα τοποθετηθούν στη χώρα αρκετές ανεμογεννήτριες έτσι ώστε να τροφοδοτείται κάθε σπίτι μέχρι το 2030. Αυτό απαιτεί όμως λύσεις για τη διαχείριση της διακοπτόμενης παροχής ενέργειας. Μια σειρά τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό. Τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ηφαιστειακά πετρώματα, δεξαμενές γεμάτες υγρό αέρα κλπ . Οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου είναι κυρίαρχες. Η εγκατάσταση μπαταριών στο Η.Β> για τις ανάγκες αποθήκευσης ενέργειας στο δίκτυο αναμένεται να αυξηθεί σε 741 GWH μέχρι το 2030 , με τις περισσότερες από αυτές να είναι ιόντων Λιθίου.

Ο δεύτερος λόγος έχει να κάνει με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Οι μπαταρίες πρέπει να αναπτυχθούν επειδή τα ορυκτά καύσιμα είναι κατάλληλα για την τροφοδοσία αυτοκινήτων , εν μέρει χάρη στην υποδομή που δημιουργήθηκε από την κυκλοφορία του Ford ModelT το 1908. Θεωρούμε δεδομένο ότι μπορούμε να γεμίσουμε ένα αυτοκίνητο με βενζίνη σε λίγα λεπτά και μετά να το οδηγήσουμε για εκατοντάδες χιλιόμετρα. Η ενεργειακή πυκνότητα της βενζίνης - η ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται σε κάθε κιλό- είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τις προηγμένες μπαταρίες ιόντων λιθίου. Ακόμα και όταν προσαρμόζεται για την αποτελεσματικότητα των Κ.Ε.Κ. , η βενζίνη παράγει πάνω από 10 φορές τις βατ-ώρες ανά κιλό.

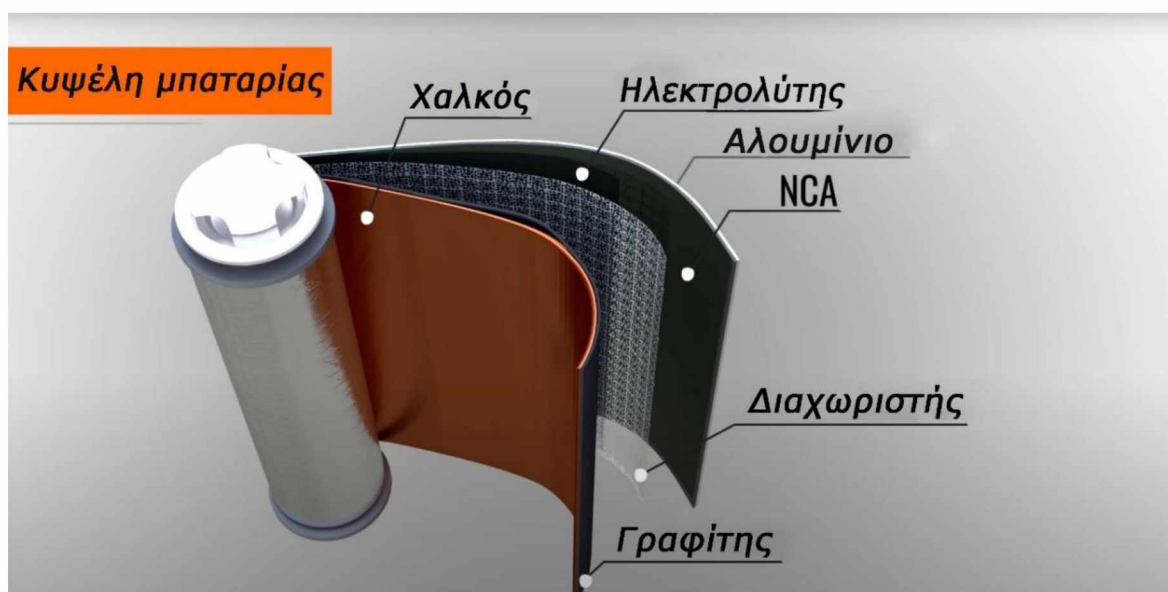
Περισσότερη ενέργεια πρέπει να συσκευάζεται σε κάθε μπαταρία. Πρέπει να είναι φθηνότερες , πρέπει να ξαναφορτίζουν πιο γρήγορα και χωρίς φθορά. Η διάρκεια ζωής τους πρέπει να παραταθεί και πρέπει να λειτουργούν σε ευρύτερο εύρος θερμοκρασιών. Και τέλος , πέρα από όλα αυτά πρέπει να φορτιστούν με καθαρό ηλεκτρικό ρεύμα και όχι με καύση άνθρακα , και να γίνουν πιο εύκολες στην ανακύκλωση.

Η ζήτηση του Λιθίου αναμένεται να αυξηθεί επτά φορές μέχρι το 2030. Πολλοί το ονομάζουν τον νέο “χρυσό” των μετάλλων. Μετοχές εταιρειών εξόρυξης, όπως η Albemarle που είναι η μεγαλύτερη, παροσιάζουν αυξήσεις της τάξης του 60% σε δύο χρόνια. Το Χρηματιστήριο Μετάλλου του Λονδίνου έκανε συμβόλαιο που καθορίζει την τιμή του Λιθίου. Πρώτον, για να ικανοποιήσει την ανάγκη των κατασκευαστών, μπαταριών ή αυτοκινήτου, να περιορίσουν τις πτητικές τιμές και δεύτερον, λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος των ερευνητών.

3.2 Ανάλυση της λειτουργίας της li-ion μπαταρίας

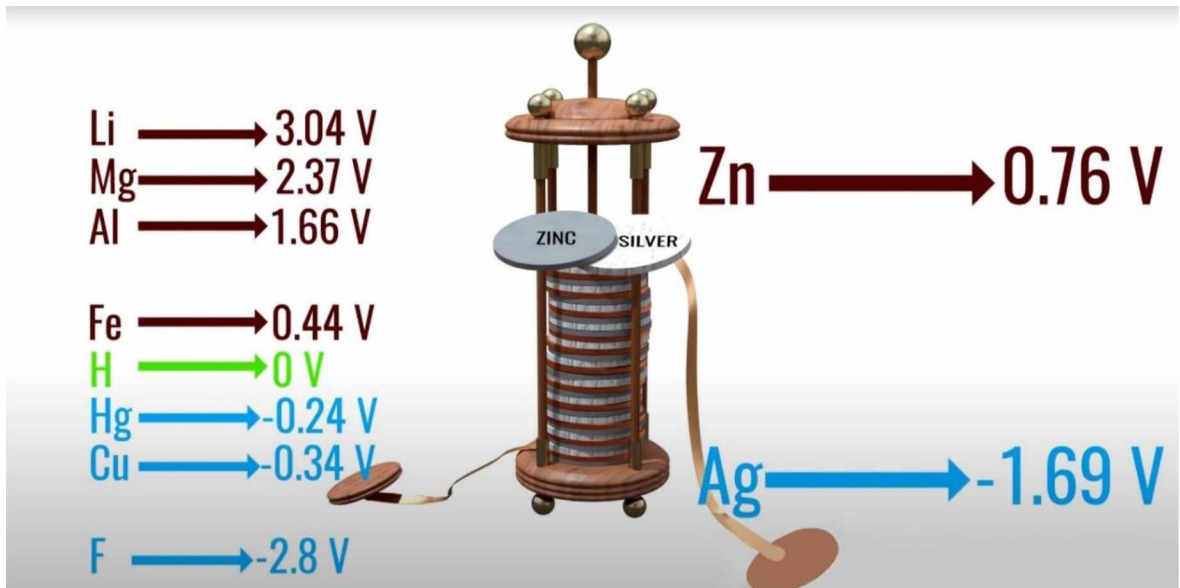
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119304210>

Μια μπαταρία ιόντων λιθίου αποτελείται από διαφορετικά επίπεδα-(στρώματα) χημικών ενώσεων. [13]



Η μπαταρία ιόντων λιθίου της Tesla βασίζεται σε μια ιδιότητα που έχουν τα μέταλλα, το ηλεκτροχημικό δυναμικό. Το ηλεκτροχημικό δυναμικό είναι η τάση ενός μετάλλου για να χάνει ηλεκτρόνια. Στην ουσία, ο Αλεσάντρο Βόλτα για να κατασκευάσει την πρώτη μπαταρία το 1800 βασίστηκε σε αυτή ακριβώς την ιδιότητα. (φωτογραφία) Το λίθιο έχει την υψηλότερη τάση να χάνει ηλεκτρόνια και το φθόριο έχει τη μικρότερη τάση για να χάνει ηλεκτρόνια. Ο Βόλτα χρησιμοποίησε δύο μέταλλα με διαφορετικό ηλεκτροχημικό

δυναμικό, και για την ακρίβεια , ασήμι και ψευδάργυρο , και δημιούργησε μια εξωτερική ροή ηλεκτρικής ενέργειας.

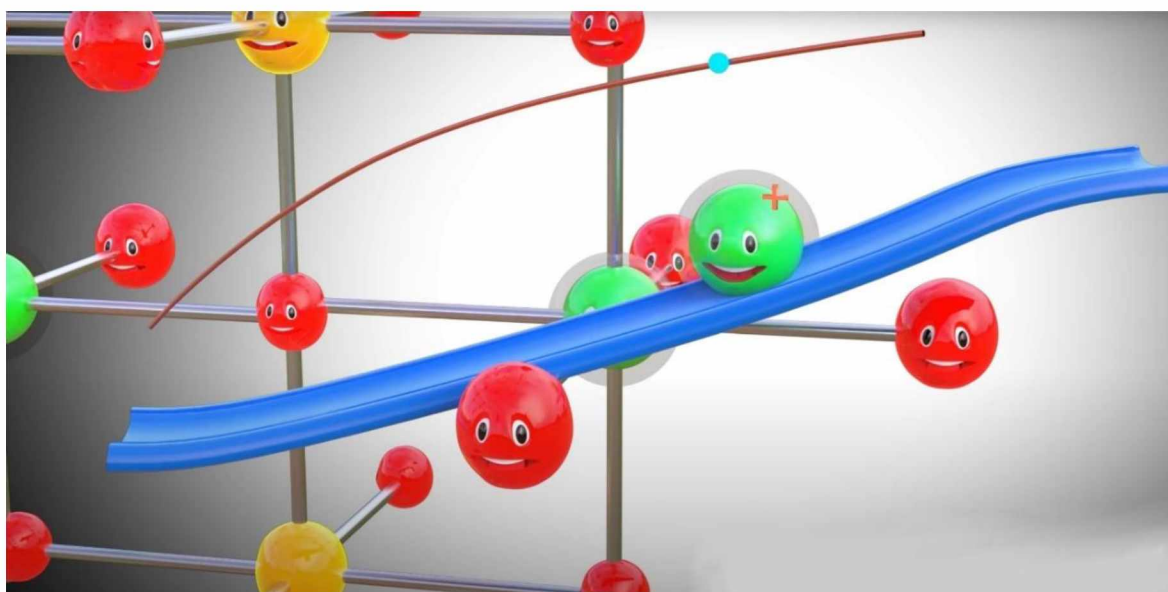


Η Sony , που είχε ξεκινήσει την επιχείρηση με μπαταρίες το 1975, και η Asahi Kasei εμπορευματοποίησαν την πρώτη μπαταρία ιόντων λιθίου το 1991. Βασίστηκαν και πάλι στην ίδια ιδέα του ηλεκτροχημικού δυναμικού.



Το λίθιο, το οποίο έχει την υψηλότερη τάση να χάνει ηλεκτρόνια, χρησιμοποιήθηκε σε κυψέλες ιόντων λιθίου. Το λίθιο έχει μόνο ένα ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του

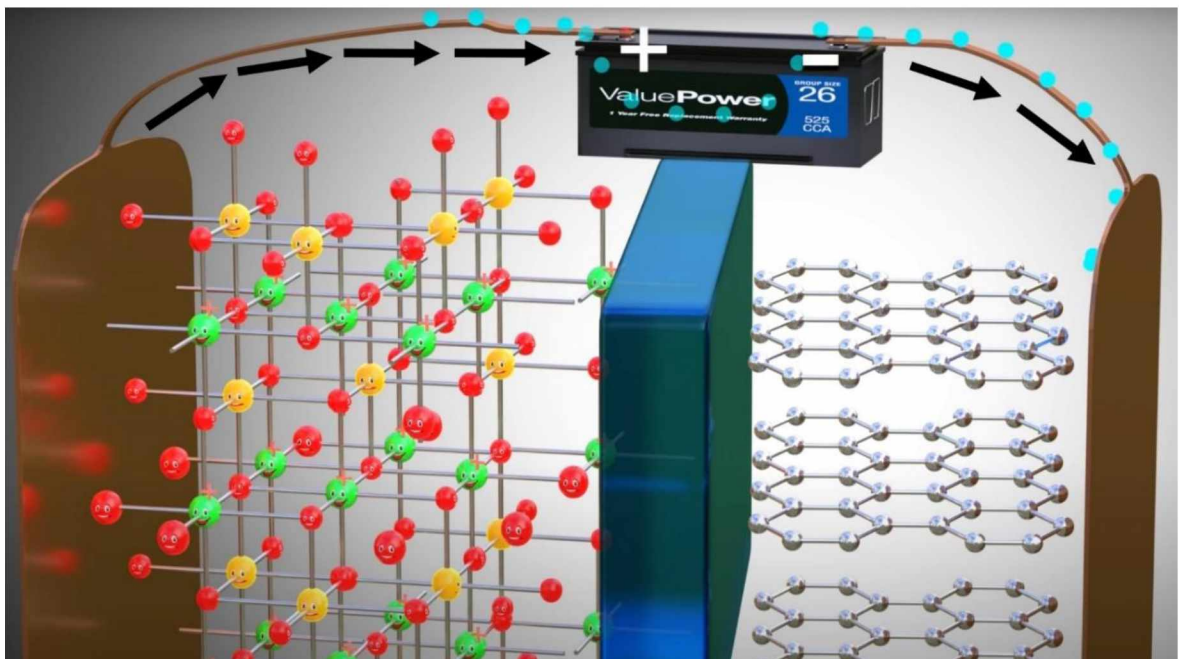
στοιβάδα και έχει μόνιμα την τάση να αποβάλλει αυτό το ηλεκτρόνιο. Για αυτό είναι ένα από τα πιο αντιδραστικά χημικά. Αντιδρά με το νερό και, σχεδόν αμέσως με τον αέρα, αποκτώντας ένα ασημί-λευκό με σκούρο γκρι χρώμα. Αλλά ως τμήμα ενός μεταλλικού οξειδίου, είναι αρκετά σταθερό. Εν προκειμένω, ένα άτομο λιθίου διαχωρίζεται από ένα μεταλλικό οξείδιο, του οποίου πριν ήταν μέρος. Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται αυτό το άτομο είναι αρκετά ασταθής και σχεδόν αμέσως θα διαχωριστεί, σε ιόν λιθίου και σε ένα ηλεκτρόνιο. Ωστόσο, το λίθιο "θέλει" να γίνει μέρος του μεταλλικού οξειδίου, μία κατάσταση που είναι πολύ πιο σταθερή. Έχοντας αυτό κατά νου, παρέχουμε δύο μονοπάτια, ένα για το ηλεκτρόνιο και ένα για το ιόν, με τα δύο αυτά μονοπάτια να συναντώνται στο μεταλλικό οξείδιο. Με αυτό τον τρόπο έχει παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα, στο μονοπάτι που ακολούθησε το ηλεκτρόνιο. Είναι, λοιπόν κατανοητό ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα (από ένα οξείδιο μετάλλου) ακολουθώντας δύο βήματα. Πρώτον, διαχωρίζουμε ένα άτομο λιθίου, το οποίο εντέλει γίνεται ιόν και ηλεκτρόνιο. Δεύτερον, παρέχουμε μονοπάτι στο ηλεκτρόνιο. [14] [15][16]



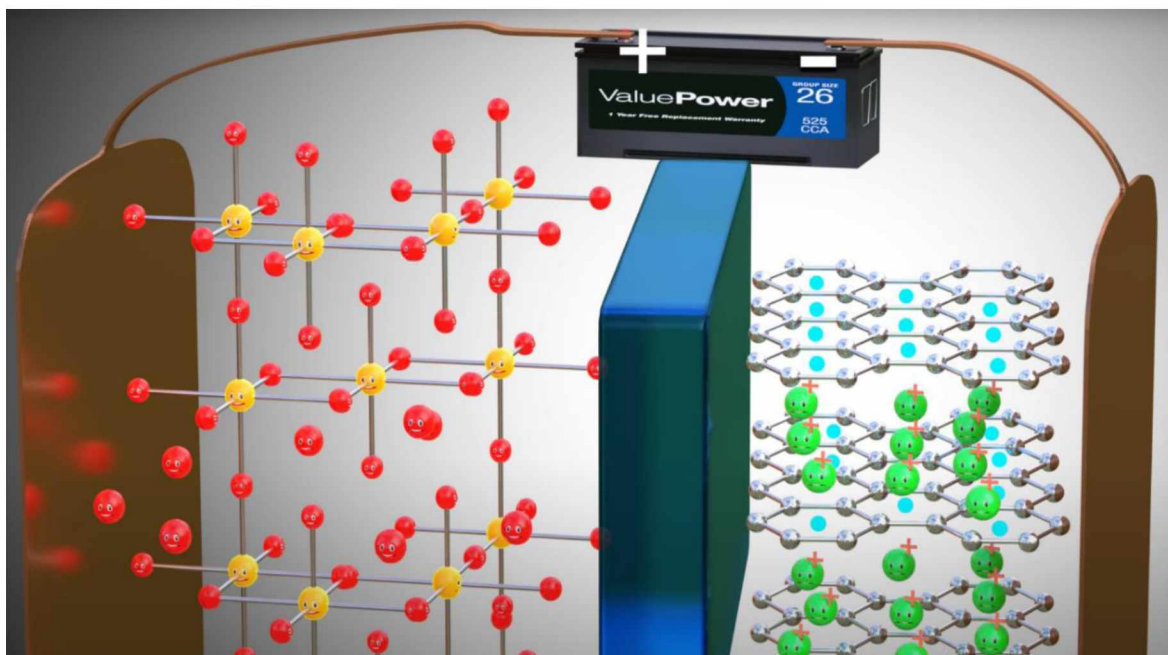
Ειδικότερα για τις μπαταρίες ιόντων Λιθίου και πώς μεταφράζεται εκεί αυτή η διαδικασία :

Μια κυψέλη ιόντων λιθίου χρησιμοποιεί, επιπλέον, ηλεκτρολύτη και γραφίτη. Η λειτουργία του γραφίτη έγκειται στην αποθήκευση εκεί (στα "στρώματα" που περιέχει) των ιόντων λιθίου. Ο ηλεκτρολύτης που τοποθετείται ανάμεσα στο γραφίτη και το οξείδιο του μετάλλου λειτουργεί ως φίλτρο έτσι ώστε μόνο τα ιόντα λιθίου να μπορούν να περάσουν. Συνδέεται τώρα μια πηγή ενέργειας σε αυτή τη συστοιχία. Η θετική

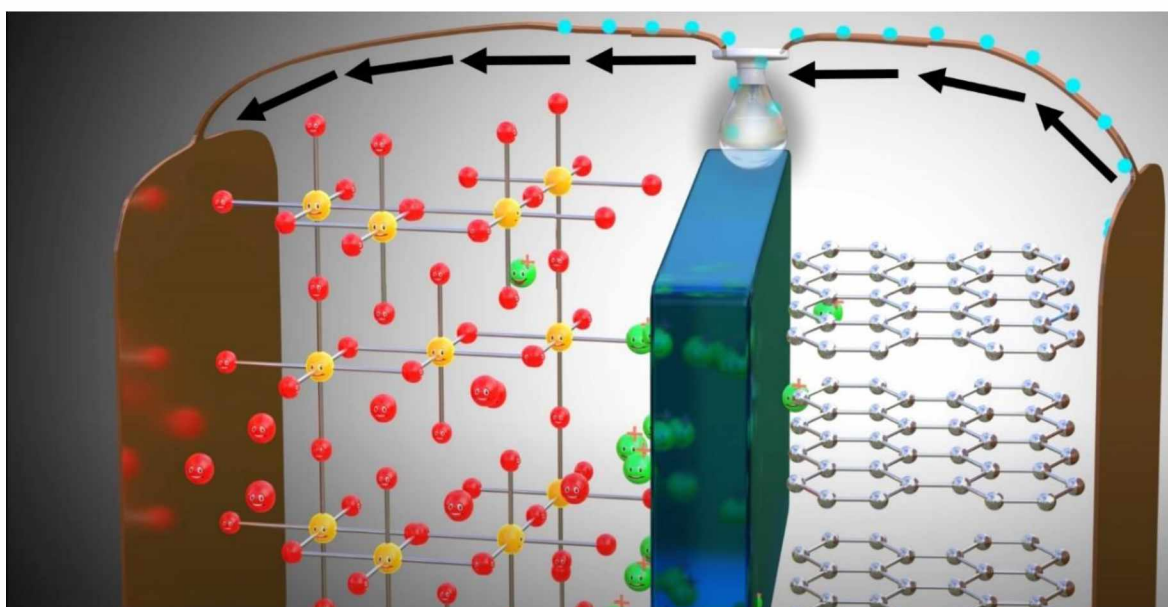
πλευρά της πηγής θα προσελκύσει προφανώς τα ηλεκτρόνια από τα άτομα λιθίου τα οποία θα διαχωριστούν από το μεταλλικό οξείδιο (και από άτομα λίθιου , τώρα θα έχουμε ιόντα) . Αυτά τα ηλεκτρόνια ακολουθούν τη διαδρομή , του καλωδίου της μπαταρίας (εξωτερικό κύκλωμα) καθώς δεν μπορούν να περάσουν μέσα από τον ηλεκτρολύτη και φτάνουν στο γραφίτη. Παράλληλα , τα θετικά φορτισμένα ιόντα λιθίου θα ελκισθούν προς το αρνητικό τερματικό και θα περάσουν μέσα από τον ηλεκτρολύτη.



Τα ιόντα αυτά φτάνουν στο γραφίτη και μένουν εκεί. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή τότε η μπαταρία βρίσκεται σε πλήρη φόρτιση .Με αυτό τον τρόπο ολοκληρώνεται το πρώτο βήμα , το βήμα του διαχωρισμού . Όπως προανέφερα , αυτή είναι μια ασταθής κατάσταση.



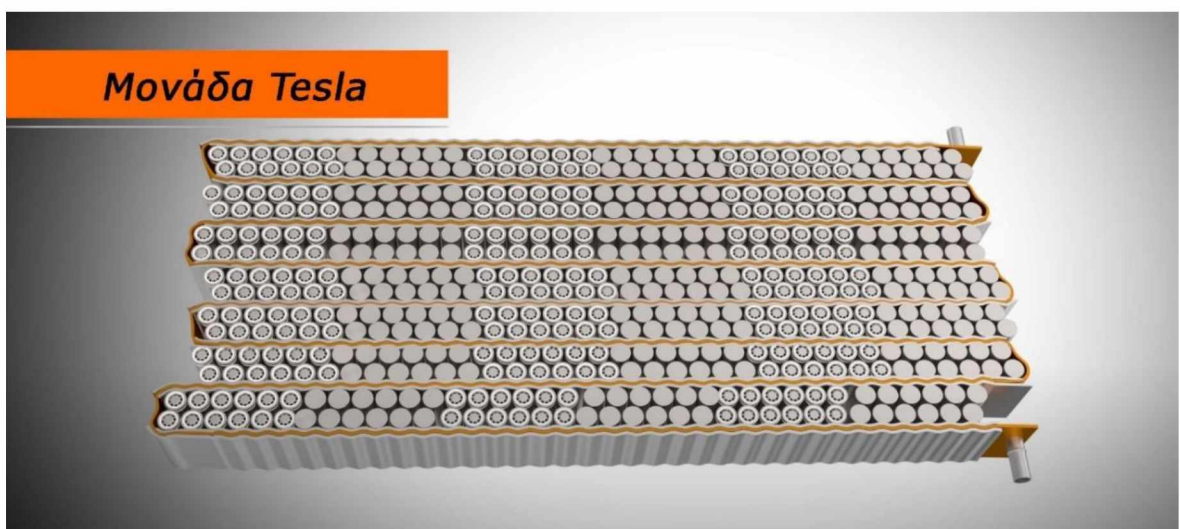
Μόλις αφαιρεθεί η πηγή ενέργειας και συνδεθεί ένα φορτίο, επομένως και ένα εξωτερικό κύκλωμα- μονοπάτι , τα ιόντα λιθίου θα επιστρέψουν στο μεταλλικό οξείδιο , όπου η κατάσταση τους είναι πιο σταθερή . Λόγω αυτής της τάσης, τα ιόντα λιθίου κινούνται πάλι μέσω του ηλεκτρολύτη και τα ηλεκτρόνια μέσω του φορτίου. Έτσι , επιτυγχάνεται ο δεύτερος στόχος , που είναι να δώσουμε μονοπάτι στα ηλεκτρόνια , και δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα που τροφοδοτεί το φορτίο.



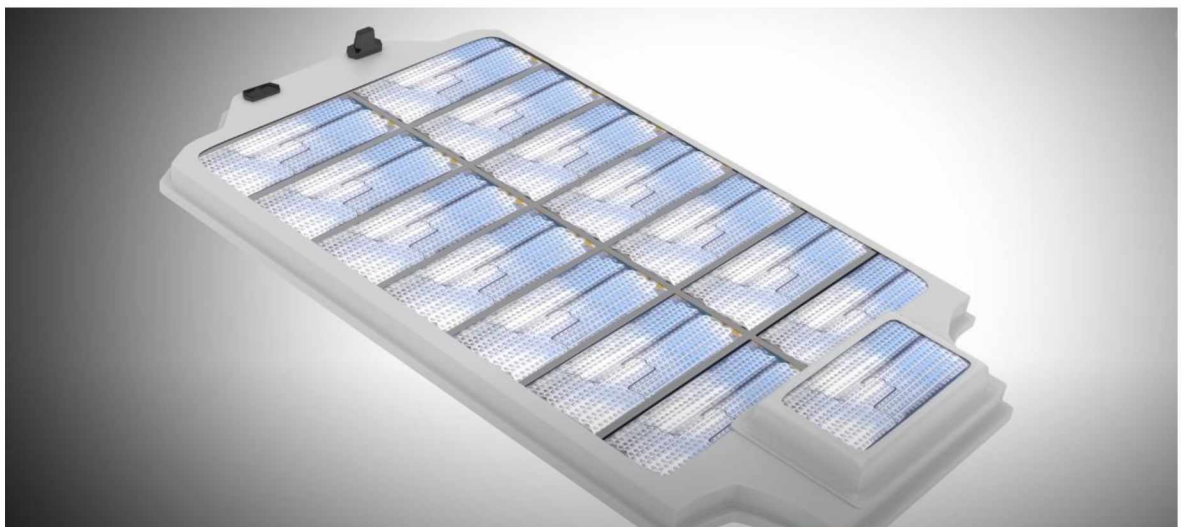
. Εάν για κάποιο λόγο αυξηθεί η θερμοκρασία της μπαταρίας , ο υγρός ηλεκτρολύτης θα εξατμιστεί και θα δημιουργηθεί βραχυκύκλωμα μεταξύ των ηλεκτροδίων και αυτό μπορεί να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη. Για να μη συμβεί αυτό,

ένας μονωτής , ο διαχωριστής, τοποθετείται μεταξύ των ηλεκτροδίων. Ο διαχωριστής είναι διαπερατός για τα ιόντα λιθίου .

Ο γραφίτης και το μεταλλικό οξείδιο τοποθετούνται πάνω αλουμίνιο και χαλκό , με τα τελευταία να λειτουργούν ως συλλέκτες ρεύματος. Ένα οργανικό άλας λιθίου δρα ως ηλεκτρολύτης και βρίσκεται πάνω στο διαχωριστικό φύλλο. Και τα τρία φύλλα ενώνονται γύρω από ένα πυρήνα από χάλυβδα . Μία τυπική κυψέλη Tesla έχει τάση μεταξύ 3 και 4,2 volt. Πολλές τέτοιες κυψέλες Tesla συνδέονται σε σειρά και με παράλληλο τρόπο και συγκροτούν μια μονάδα.

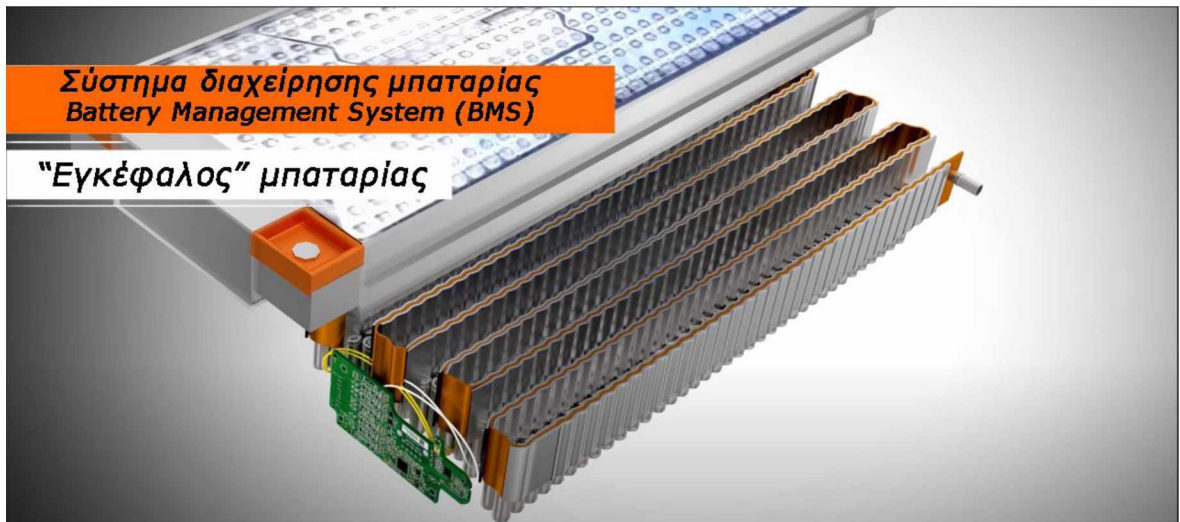


16 τέτοιες μονάδες συνδέονται στη σειρά για να σχηματιστεί ένα πακέτο μπαταρίας στο αυτοκίνητο Tesla.

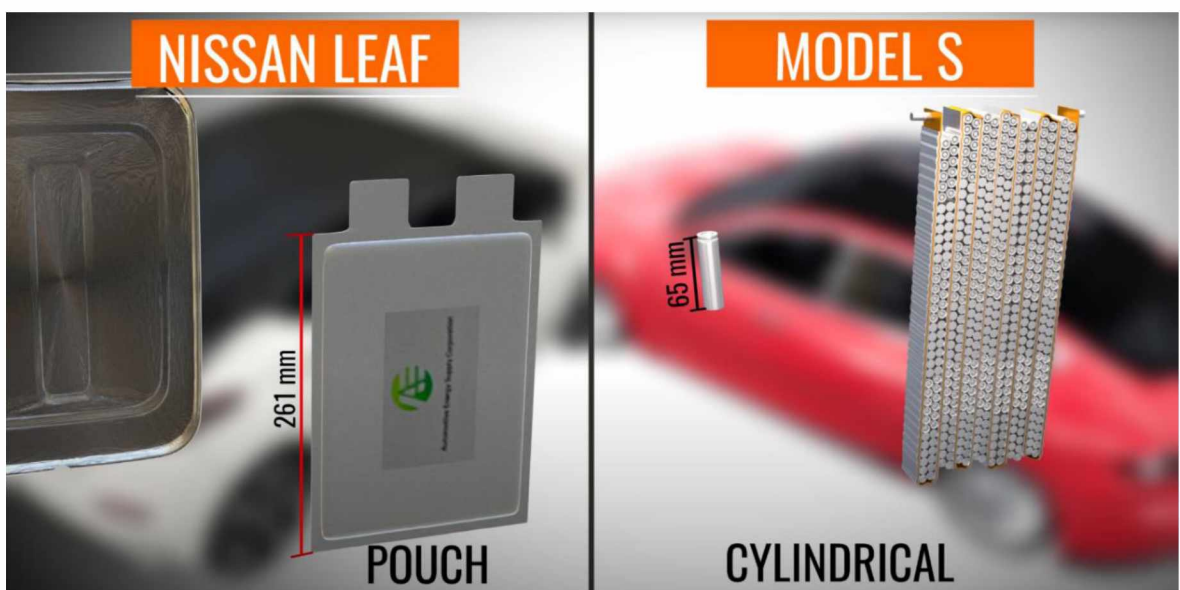


Οι κυψέλες παράγουν πολλή θερμότητα που προκαλεί φθορά και πτώση στην

απόδοση Η λύση δίδεται μέσω ενός συστήματος Συστήματος Διαχείρισης Μπαταριών .Το Σ.Δ.Μ. ψύχει την μπαταρία και προστατεύει την τάση. Το τελευταίο το BMS το επιτυγχάνει με κάτι που ονομάζεται εξισορρόπηση κυψελών (έτσι ώστε η τάση σε διαφορετικές κυψέλες να αυξομειώνεται παράλληλα και να μην παρουσιάζεται διαφορές-υπόταση και υπέρταση) .



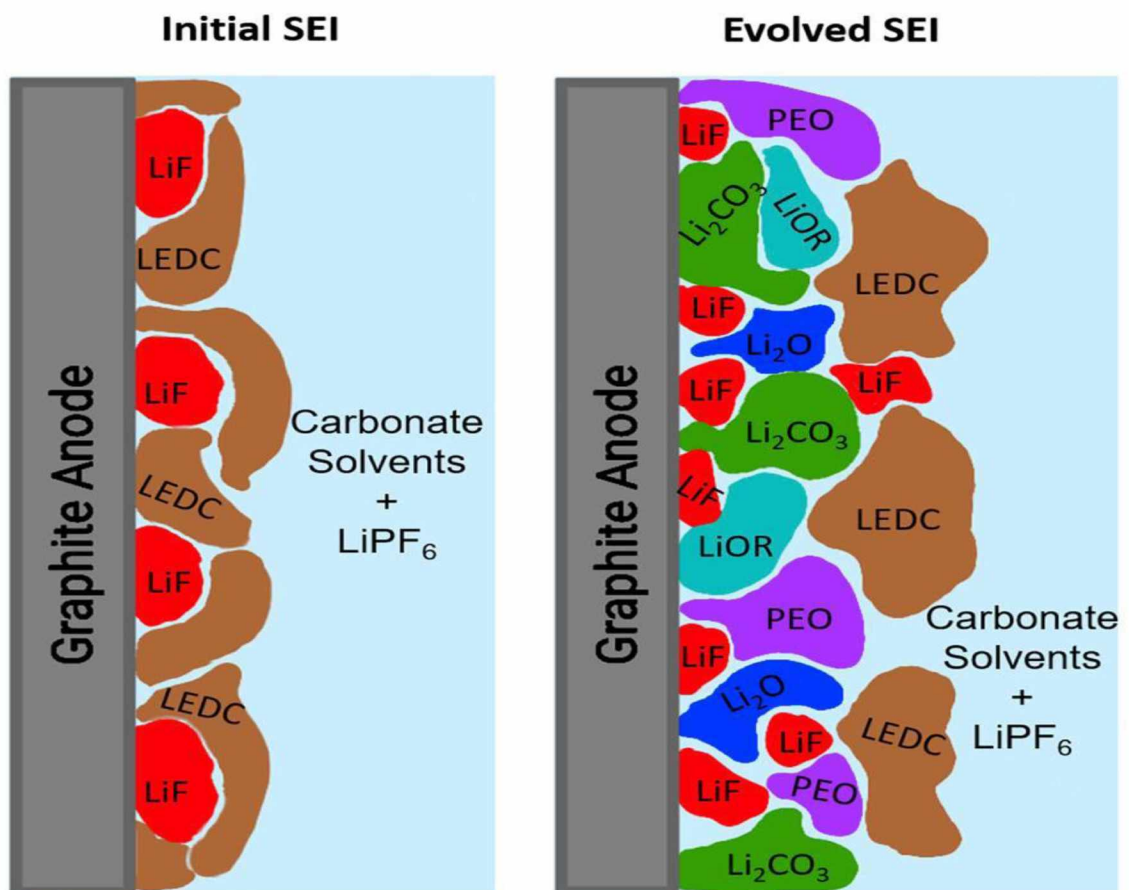
Σε αυτόν τομέα η Tesla υπερτερεί της Nissan . Η Tesla επέλεξε τις πολλές και μικρές κυψέλες έναντι λιγότερων και μεγαλύτερων που έχει για παράδειγμα , το Nissan Leaf . Σε καταστάσεις υψηλής ζήτησης ισχύος το πακέτο μπαταρίας της Nissan θα πιεζόταν περισσότερο και τελικά θα καταστραφεί πρόωρα . Οι πολλές μικρές κυψέλες και το Σύστημα Διαχείρισης που επιτρέπει στις κυψέλες να μεταβάλουν παράλληλα την τάση του , είναι πιο ανθεκτικό.



Τέλος , θα μπορούσε να υπάρχει ζήτηση φθοράς του ηλεκτρολύτη , και εν τέλει καταστροφή τους , λόγω της επαφής του με ηλεκτρόνια. Αυτό δε συμβαίνει γιατί δημιουργείται στα τοιχώματα του ηλεκτρολύτη ένα προστατευτικό τείχος που λέγεται Στερεά Διεπαφή Ηλεκτρολυτών (Solid Electrolyte Interface) [17] . Το τείχος αυτό δημιουργείται ως εξής :

Κατά την φόρτιση , όπως έδειξα παραπάνω , περνάνε ιόντα λιθίου από τον ηλεκτρολύτη. Αυτά(στους πρώτους κύκλους φόρτισης) ενώνονται μαζί του(με μόρια άλατος δηλαδή) κατά τη διαδικασία αυτή και δημιουργούν ένα συμπαγές στρώμα που δεν επιτρέπει στα ηλεκτρόνια να έρθουν σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη. Αυτό σημαίνει βέβαια ότι ένα μέρος του Λιθίου (5%) χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό.

Οι έρευνες των τελευταίων χρόνων έχουν δείξει ότι μετά από πολλούς κύκλους φόρτισης επιπλέον ανόργανα στοιχεία προστίθενται στη Σ.Δ.Η. με αποτέλεσμα να υπάρχει πτώση της απόδοσης (ενώνονται και επιπλέον ιόντα λιθίου) . Νέα ευρήματα καταφέρνουν συνεχώς να μειώνουν αυτό το πρόβλημα , και να βελτιστοποιούν την απόδοση της μπαταρίας.



3.3 Το memory effect στη li-ion μπαταρία

Τα φαινόμενα μνήμης είναι γνωστά στους χρήστες μπαταριών νικελίου-καδμίου και νικελίου-μετάλλου-υδριδίου . Εάν αυτές οι μπαταρίες επαναφορτιστούν επανειλημμένα αφού αποφορτιστούν μόνο μερικώς, χάνουν σταδιακά σε χρόνο χρήσης. Αντίθετα , για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου , από την εμφάνιση τους τη δεκαετία του 90 , υπήρχε η πεποίθηση ότι δεν εμφανίζουν “ φαινόμενο μνήμης”.

Memory effect

Για παράδειγμα , φορτίζουμε μια μπαταρία μέχρι το 100% και εκφορτίζεται μέχρι το 30% και αυτό το κάνουμε κατ'επανάληψη. Μετά από κάποιες επαναλήψεις εμφανίζεται μια “μνήμη ” , και το 30% είναι το χαμηλότερο που μπορεί να εμφανιστεί στη μπαταρία μας. Στις nickel-cadmium μπαταρίες δημιουργούνται κρύσταλλοι καδμίου , μικρότεροι ή μεγαλύτεροι. Οι νόμοι της θερμοδυναμικής λένε πως σε συνθήκες υψηλής πίεσης οι μικροί κρύσταλλοι ενώνονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν μεγαλύτερους. Και οι μεγαλύτεροι αυτοί κρύσταλλοι είναι πιο δύσκολο να διασπαστούν. Στο 30% δηλαδή που δεν διαλύεται συμβαίνει αυτή η διαδικασία δημιουργίας μεγαλύτερων κρυστάλλων.

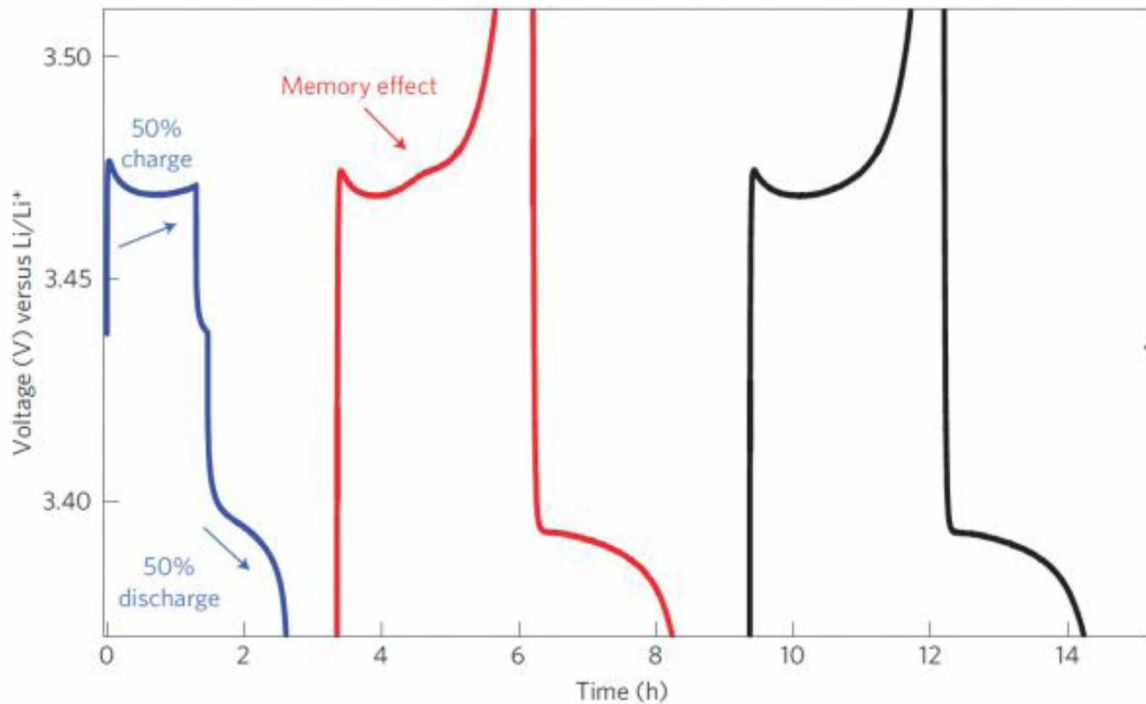
Memory effect in Li ion

Οι πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι και στις μπαταρίες ιόντων Λιθίου απαντάται αντίστοιχο φαινόμενο μνήμης αλλά με κάποιες διαφορές. Το φαινόμενο μνήμης και η σχετική μη φυσιολογική απόκλιση τάσης εργασίας έχουν πλέον επιβεβαιωθεί για ένα από τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται ως θετικό ηλεκτρόδιο σε μπαταρίες ιόντων λιθίου, το φωσφορικό λίθιο-σίδηρο (LiFePO_4). Όταν η κατάσταση φόρτισης καθορίζεται από την τάση ένα μεγάλο σφάλμα μπορεί να προκληθεί από μια μικρή απόκλιση της τάσης. Η ύπαρξη φαινομένου μνήμης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη χρήση μπαταριών ιόντων λιθίου στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Πολλά τέτοια αυτοκίνητα ή υβριδικά έχουν την λειτουργία του αναγεννητικού φρεναρίσματος κατά την οποία η μπαταρία φορτίζεται (μερικώς) , αφού ο κινητήρας λειτουργεί σαν γεννήτρια . Οι συνεχιζόμενοι κύκλοι μερικής φόρτισης και εκφόρτισης οδηγούν σε μικρά εφέ μνήμης που προσθέτουν ένα μεγάλο αποτέλεσμα μνήμη . Έτσι το λογισμικό που υπολογίζει την τρέχουσα κατάσταση της μπαταρίας βάση της τάσης παρουσιάζει σφάλμα.

Το Φωσφορικό Σίδηρο Λιθίου (LiFePO_4) αποτελείται από πολλά μικρά σωματίδια τα οποία φορτίζονται και εκφορτίζονται σωματίδιο το σωματίδιο, ενώ κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της φόρτισης απελευθερώνονται ιόντα λίθιου. Όταν ολοκληρωθεί η φόρτιση υπάρχει μόνο FePO_4 , και καθόλου Λιθίου. Κατά την εκφόρτιση γίνεται το αντίστροφο και τα ιόντα Λιθίου θα ενωθούν FePO_4 για να δημιουργηθεί πάλι το LiFePO_4 . Όμως κατά τη διαδικασία αυτή η ποσότητα του Λιθίου παρουσιάζει μικρές μειώσεις, και το ίδιο επομένως συμβαίνει και με το δυναμικό του κάθε σωματιδίου και άρα και με τη συνολική τάση. Κατά τη φόρτιση, το χημικό δυναμικό αρχικά αυξάνεται, με την σταδιακή απελευθέρωση ιόντων λιθίου. Στη συνέχεια, όμως, τα σωματίδια φτάνουν σε μια κρίσιμη τιμή (και χημικό δυναμικό) λιθίου. Σε αυτό το σημείο, υπάρχει μια απότομη μετάβαση: τα σωματίδια εγκαταλείπουν τα υπόλοιπα ιόντα λιθίου τους πολύ γρήγορα, αλλά δεν επιτρέπεται να αλλάξουν το χημικό τους δυναμικό. Αυτή είναι η μετάβαση που εξηγεί γιατί η τάση της μπαταρίας παραμένει ουσιαστικά αμετάβλητη σε μια ευρεία περιοχή (οροπέδιο τάσης).

Μόλις τα πρώτα σωματίδια αποβάλουν το λίθιο, ο πληθυσμός σωματιδίων ηλεκτροδίων χωρίζεται σε δύο ομάδες τα φτωχά (σε Λίθιο) και τα πλούσια. Αν δεν γίνει πλήρης φόρτιση παραμένουν για ένα διάστημα κάποια “πλούσια” σωματίδια. Η κατάσταση αυτών όμως είναι ασταθής και δεν μπορεί να συνεχιστεί. Μετά από λίγο το ηλεκτροχημικό δυναμικό τους πέφτει. Όταν γίνει ξανά εκφόρτιση ο διαχωρισμός παραμένει. Τότε τα φτωχά θα περάσουν το φράγμα σύντομα, ενώ τα πλούσια θα μείνουν πίσω. Για να περάσουν το φράγμα τα “καθυστερημένα” σωματίδια θα πρέπει να αυξήσουν το ηλεκτροχημικό δυναμικό τους. Αυτό προκαλεί και την παρατηρούμενη υπέρταση.

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό με συγκεκριμένες προσαρμογές στο λογισμικό της μπαταρίας. [18][19][20]



3.4 Solid state li-ion, Sodium Ion, Lithium-air μπαταρίες

Η ανάπτυξη των μπαταριών είναι κομβική για την “πράσινη μετάβαση”, τόσο για την ηλεκτροκίνηση όσο και για τις Α.Π.Ε. Ωστόσο, δεν έχουν γίνει ανακαλύψεις-τομές τα τελευταία τριάντα χρόνια. Οι πιο διαδεδομένες, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν εκατοντάδες κιλά κοβαλτίου, γραφίτη, λιθίου, νικελίου, η εξόρυξη των οποίων εκπέμπει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. (Για τις δυσκολίες στην εύρεση της ποσότητας αυτών των ορυκτών, γράφω σε επόμενη ενότητα).

Solid State

Ένα μεγάλο κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας και του τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας έχει αναλωθεί στο να βρει τρόπους για βελτιστοποιήσεις στην μπαταρία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Βελτιστοποιήσεις τέτοιες ώστε η φόρτιση να γίνεται πιο γρήγορα, να έχουν μεγαλύτερη ενεργειακή χωρητικότητα και ανθεκτικότητα. Η Solid State Τεχνολογία φαίνεται να παρέχει και τα τρία αυτά πλεονεκτήματα. Είναι μια τεχνολογία που αντικαθιστά τον υγρό ηλεκτρολύτη, με στερεό. (Η Toyota επενδύει 13,6 δισεκατομμύρια δολάρια για να πάρει τα ηνία σε αυτή την κούρσα, συμπεριλαμβανομένου της έρευνας στις S.S.). Ερευνητές της Toyota και του Ινστιτούτου

Τεχνολογίας του Τόκιο λένε ότι είχαν αναπτύξει S.S. μπαταρίες που έχουν τρεις φορές την ενεργειακή χωρητικότητα των μπαταριών ιόντων λιθίου.

Οι S.S. μπαταρίες θα μπορούν να αποθηκεύουν έως και 80% παραπάνω ενέργεια στον ίδιο όγκο από αυτές του υγρού ηλεκτρολύτη, θα είναι ελαφρύτερες (καθώς θα μειωθεί η χρήση και του νικελίου και του κοβαλτίου), όπως και φιλικότερες προς την ανακύκλωση.

Sodium Ion

Μία άλλη αναδυόμενη τεχνολογία είναι οι μπαταρίες ιόντων Νατρίου. Στα θετικά που παρουσιάζει, είναι το γεγονός ότι το Νάτριο είναι λιγότερο σπάνιο και υπάρχει σε αρκετά μέρη του πλανήτη. Επίσης, δεν απαιτεί τις ποσότητες συγκεκριμένων δυσεύρετων ορυκτών όπως το Νικέλιο, το Κοβάλτιο κλπ που χρειάζονται για την μπαταρία ιόντων Λιθίου. Οι μπαταρίες αυτές, όμως, δεν έχουν καταφέρει να γίνουν εμπορευματοποιήσιμες για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Αυτό γιατί σε σχέση με τις μπαταρίες ιόντων Λιθίου έχουν μικρή ενεργειακή χωρητικότητα και δεν υπάρχουν σημεία φόρτισης

Lithium air batteries

Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο Cambridge ανακοίνωσαν ότι με την τεχνολογία των Lithium Air μπαταριών μπορούσαν να αποθηκεύουν έως και πέντε φορές την ενέργεια που αποθηκεύουν οι συμβατικές μπαταρίες.[21] [22]

3.5 Ζητήματα υπερθέρμανσης της Li-ion μπαταρίας

Στις μπαταρίες και δη στις μπαταρίες ιόντων Λιθίου μία υπερθέρμανση- αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε ένα φαινόμενο που ονομάζεται “θερμική διαφυγή”. Ένα φαινόμενο κατά το οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας αποκτά αυτοτροφοδοτούμενη δυναμική (η ίδια η αύξηση παράγει θερμότητα που με τη σειρά της ανεβάζει την θερμοκρασία. Πολύ γρήγορα μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά. Τέτοια φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί στις μπαταρίες ιόντων Λιθίου κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις αλλά και σε αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης. (Διάσημο είναι και το ατύχημα με την πυρκαγιά σε αεροπλάνο Boeing, που οφειλόταν σε αυτό το φαινόμενο)

3.6 Ζητήματα πόρων – ορυκτών

Για τη ραγδαία ανάπτυξη των μπαταριών απαιτείται και μια σημαντική αύξηση στις εξορύξεις των ορυκτών που είναι απαραίτητα για την κατασκευή τους. Κατά μέσο όρο , τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρειάζονται 20 κιλά νικελίου για την μπαταρία , 20 κιλά κοβαλτίου για την κάθοδο της , και περίπου 60 κιλά σε Λίθιο.

Ο καθηγητής Richard Herrington (διευθυντής των Earth Sciences στο Εθνικό Φυσικό Μουσείο του Λονδίνου) έστειλε ένα γράμμα προς την IPCC[24]. Το γράμμα εξηγεί πως για να φτάσουμε τους στόχους για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο στο Ηνωμένο Βασίλειο μέχρι το 2050 θα χρειαστεί να παράγουμε δύο την τρέχουσα ετήσια παραγωγή κοβαλτίου, σχεδόν όλη την παγκόσμια παραγωγή νεοδυμίου και τα $\frac{3}{4}$ της παγκόσμιας παραγωγής Λιθίου, όπως και το 12% της ετήσιας παραγωγής χαλκού . Σε απόλυτους αριθμούς : (207.900 τόνοι κοβαλτίου , 264.00 τόνοι άλατος Λιθίου , 7.200 τόνοι νεοδυμίου και 2.362.500 τόνοι χαλκού) . (Οι στόχοι είναι να πωλούνται μόνο ηλεκτρικά αυτοκίνητα το 2035 και να οδηγούνται μόνο ηλεκτρικά το 2050).

Αν η αναγωγή γίνει σε παγκόσμιο επίπεδο , δηλαδή περίπου δύο δισεκατομμύρια αυτοκίνητα το κοβάλτιο πρέπει να τετραπλασιαστεί μέχρι το 2050 και το δυπρόσιο να αυξηθεί κατά 70%.

Χρειάζεται επομένως και τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τις ίδιες τις εξορύξεις αυτών των ορυκτών. Ενδεικτικά : Για το κοβάλτιο 7.000-8.000 kwh ανά τόνο , για τον χαλκό 9.000 kwh ανά τόνο , και για σπάνιες γαίες 33.350 kwh τόνο

Αν χρησιμοποιηθούν για παράδειγμα ανεμογεννήτριες για να παράξουν ισχύ για δύο δισεκατομμύρια αυτοκίνητα απαιτείται το ισοδύναμο μιας συνολικής παγκόσμιας παραγωγής χαλκού , δυσπρωσίου και νεοδυμίου μόνο για να κατασκευαστούν αυτές οι ανεμογεννήτριες.

Αν χρησιμοποιήσουμε ηλιακή ενέργεια (για την κατασκευή ηλιακών πάνελ χρειάζονται σπάνιες γαίες όπως υψηλής ποιότητας σιλικόνη , ίνδιο κλπ) , μόνο τα ηλεκτρικά οχήματα στο Ηνωμένο Βασίλειο θα χρειάζονταν πέντε φορές την τρέχουσα εγκατεστημένη ισχύ. Εάν χρησιμοποιηθεί φωτοβολταϊκή ισχύ τύπου CdTe αυτό θα καταναλώσει πάνω από 30 φορές την τρέχουσα παραγωγή Τελλουρίου.

Επίσης εγείρονται και άλλα ζητήματα γύρω από τις εξορύξεις. Το Deutsche Welle [25] περιέγραψε σε σχετικό ρεπορτάζ κάποια αυτά. Πρώτα στη Χιλή, όπου γίνονται εξορύξεις Λιθίου στην λίμνη Ατακάμα. Η Χιλή είναι η χώρα με τα μεγαλύτερα αποθέματα Λιθίου. Της τάξης των 7.500.000 και 16.000 τόνους ετήσια παραγωγή ενώ ακολουθεί η Κίνα με 3.500.000 τόνους και 8.000 τόνους ετήσια παραγωγή. (Η λίμνη Ατακάμα) Είναι ένα μέρος όπου ζουν αποκλειστικά τα φλαμίνγκο και η μεγάλης κλίμακας εξορύξεις Λιθίου καταστρέφουν τον βιότοπο τους. Επίσης, η εξόρυξη αυτού του εξαιρετικά ελαφριού μετάλλου χρειάζεται τεράστια ποσότητα νερού. Τα βυθιζόμενα τραπέζια υπόγειων υδάτων καθιστούν αδύνατη τη γεωργία στις ακτές των αλμυρών λιμνών για τις αυτόχθονες κοινότητες.

Το ρεπορτάζ συνέχισε στην Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό όπου γίνεται το 60% της εξόρυξης Κοβαλτίου, τόσο από μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες όσο και από αυτά που ονομάζονται βιοτεχνικά ορυχεία. Οι συνθήκες εργασίας είναι ιδιαίτερα τραγικές εκεί και υπάρχουν καταγγελίες για παιδική εργασία που φαίνεται να είναι κοινός τόπος.

Η ζήτηση για νικέλιο, που χρησιμοποιείται σε πιο ισχυρές μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων και θα είναι το κλειδί για μεγαλύτερα οχήματα όπως τα ηλεκτρικά φορτηγά, αναμένεται να αυξηθεί 19 φορές έως το 2040, εάν ο κόσμος εκπληρώσει τους κλιματικούς στόχους του Παρισιού, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας.

Κεφάλαιο 4 Ο ηλεκτρικός κινητήρας

4.1 Τα βασικά μέρη των ηλεκτρικών μηχανών

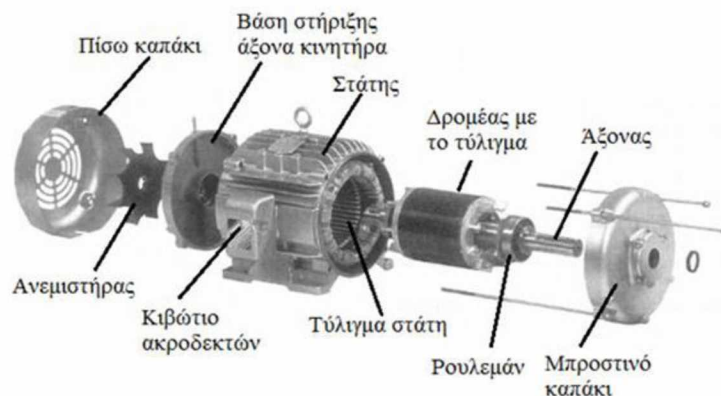
Το ότι σε κάθε μηχανή έχουμε κίνηση αγωγών εντός μαγνητικού πεδίου σημαίνει ότι, κάθε μηχανή αποτελείται από ένα σταθερό και ένα κινητό μέρος. Τα βασικά μέρη μιας ηλεκτρικής μηχανής είναι:

- a) Σταθερό μέρος (πυρήνα στάτη και τύλιγμα).
- b) Στρεφόμενο μέρος (πυρήνας δρομέα και τύλιγμα).
- c) Διάκενο αέρα, απαραίτητο για τη σχετική κίνηση στάτη και δρομέα.

Στο δρομέα είναι προσαρμοσμένος και ο άξονας της μηχανής, έτσι ώστε να αποτελούν ένα σώμα. Ο άξονας και ο δρομέας περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα Ωm που ονομάζεται μηχανική γωνιακή ταχύτητα. Η Ωm μετριέται σε rad/sec. Αν ο δρομέας εκτελεί n περιστροφές ανά λεπτό τότε έχουμε $\Omega m = 2\pi \cdot n/60$.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ισχύ σε μηχανική. Δίνουμε δηλαδή ηλεκτρική ισχύ P_e στους ακροδέκτες της μηχανής και παίρνουμε μηχανική ισχύ P_m στον άξονα της. Η μετατροπή της ισχύος από τη μια μορφή στην άλλη γίνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Η λειτουργία του κινητήρα βασίζεται στη μαγνητική δύναμη μεταξύ των ρευματοφόρων αγωγών.

Για την ελάττωση της μαγνητικής αντίστασης των δρόμων της ροής, οι πυρήνες του στάτη και του δρομέα κατασκευάζονται από σιδηρομαγνητικά υλικά, είτε συμπαγή είτε υπό μορφή ελασμάτων. Παλλόμενες ροές, απαιτούν τη χρήση ελασμάτων μονωμένων μεταξύ τους, για την ελάττωση των απωλειών από τα δινορρέυματα. Οι εξωτερικές συνδέσεις των τυλιγμάτων του δρομέα γίνονται ανάλογα με το είδος της μηχανής, μέσω ψηκτρών ή δακτυλίων.



- Σταθερό μέρος (πυρήνας στάτη και τύλιγμα)
- Στρεφόμενο μέρος (πυρήνας δρομέα και τύλιγμα)
- Διάκενο αέρα, απαραίτητο για τη σχετική κίνηση στάτη και δρομέα

Βασικά μέρη ηλεκτρικών μηχανών

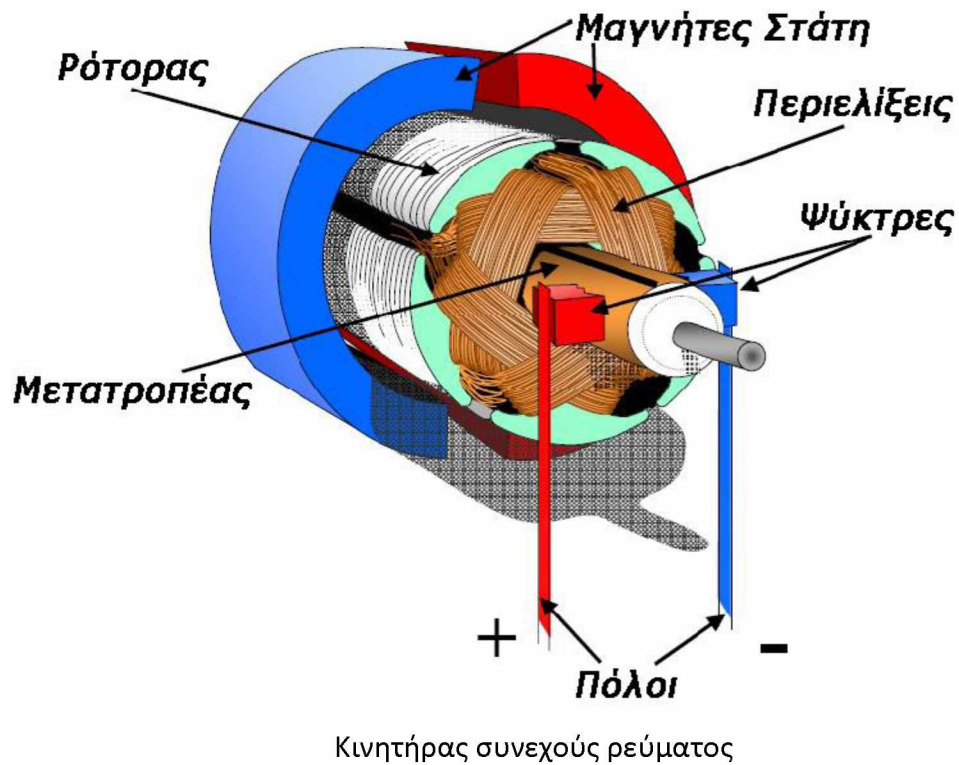
Οι βασικές κατηγορίες ταξινόμησης των στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών είναι οι μηχανές συνεχούς ρεύματος (ΣΡ) και οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ). Ανάλογα με τον αριθμό και τον τρόπο σύνδεσης των τυλιγμάτων διέγερσης, οι μηχανές ΣΡ χαρακτηρίζονται ως ξένης διέγερσης, παράλληλης διέγερσης, διέγερσης σειράς και σύνθετης διέγερσης. Οι μηχανές ΣΡ προσφέρονται για έλεγχο της τάσης και της ροπής, ανάλογα αν λειτουργούν ως γεννήτριες ή κινητήρες (με σημαντικό πλεονέκτημα την καθετότητα των πεδίων διέγερσης και τυμπάνου). Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος για τον έλεγχο των μηχανών ΕΡ, η χρήση τους ολοένα και περιορίζεται. Οι βασικές κατηγορίες των στρεφόμενων μηχανών ΕΡ είναι, οι ασύγχρονες μηχανές ή μηχανές επαγωγής (induction machines) και οι σύγχρονες μηχανές (synchronous machines). Λόγω της σιβαρότητας της κατασκευής, οι ασύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κατά κόρο ως ηλεκτρικοί κινητήρες, καλύπτοντας σχεδόν το σύνολο των βιομηχανικών εφαρμογών. Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν καθιερωθεί και ως γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο (ανεμογεννήτριες). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, μέσω της προσλαμβάνουσας μηχανικής ενέργειας από τον άνεμο, η ασύγχρονη μηχανή λειτουργεί σε υπερσύγχρονο αριθμό στροφών ως γεννήτρια

πλέον, παρέχοντας ηλεκτρική ισχύ στο δίκτυο με το οποίο είναι διασυνδεδεμένη. Αντίθετα με τις ασύγχρονες, οι σύγχρονες ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον ως γεννήτριες. Το σύνολο, σχεδόν, της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως, παράγεται από σύγχρονες γεννήτριες μεγάλης ισχύος.

4.2 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος τροφοδοτούνται από συνεχή μεγέθη. Αποτελούνται από μια ακίνητη κατασκευή, τον στάτη που έχει κυκλική μορφή και είναι υπεύθυνος για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του. Εκεί βρίσκεται ο δρομέας ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα και αλληλεπιδρώντας με το πεδίο του στάτη αποκτά κινητική ενέργεια. Ο δρομέας τροφοδοτείται μέσω ενώσεων που ονομάζονται ψήκτρες. Οι τελευταίες ολισθαίνοντας εξασφαλίζουν την αγωγήμη σύνδεση.

Το τύλιγμα πεδίου τοποθετείται στο στάτη και διεγείρεται με συνεχές ρεύμα. Το τύλιγμα αυτό τοποθετείται σε προεξοχές που φέρει ο στάτης. Έτσι καθώς δύο απέναντι συμμετρικές προεξοχές διαρέονται από ρεύμα προκαλείται μαγνητικό πεδίο παρόμοιο με αυτό ενός ραβδόμορφου μαγνήτη. Οι προεξοχές αυτές ονομάζονται , για αυτό , πόλοι. Γενικά ο έλεγχος των μηχανών συνεχούς ρεύματος είναι απλός και πραγματοποιείται με καθορισμό του παρεχόμενου ρεύματος.



4.3 Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Ο κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή. Η θεμελιώδης λειτουργία ενός κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος βασίζεται στις αρχές του μαγνητισμού. Ο κινητήρας ΕΡ αποτελείται από δύο βασικά εξαρτήματα: τον σταθερό στάτη και τον εσωτερικό περιστρεφόμενο ρότορα. Όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο (ΕΡ) εφαρμόζεται στο πηνίο του σύρματος, γίνεται ηλεκτρομαγνήτης, δημιουργώντας μαγνητικό πεδίο. Με απλά λόγια, τα ελάσματα παρέχουν μεγάλη γωνιακή μετατόπιση μεταξύ του στάτη (πηνία) και του ρότορα δημιουργώντας κίνηση. Στη συνέχεια, ο άξονας αρχίζει να περιστρέφεται, λειτουργώντας τον κινητήρα. Η μηχανική κίνηση προέρχεται από τη χρήση της δύναμης που ασκείται από τα περιστρεφόμενα μαγνητικά πεδία που παράγεται στον στάτη από το εναλλασσόμενο ρεύμα που ρέει μέσω των πηνίων του. Έτσι συγχρονίζονται σε συχνότητα, με αποτέλεσμα σταθερή ταχύτητα. Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση την κατασκευή τους και τον τρόπο λειτουργίας τους, τους σύγχρονους κινητήρες και τους ασύγχρονους.

4.3.1 Σύγχρονοι κινητήρες

Οι σύγχρονοι κινητήρες (synchronous motors) είναι διπλής τροφοδότησης (double excited). Το τύλιγμα τυμπάνου είναι απόλυτα όμοιο με εκείνο των κινητήρων επαγωγής, βρίσκεται συνήθως στο στάτη και είναι τριφασικό διανεμημένο τύλιγμα. Ο στάτης του τριφασικού σύγχρονου κινητήρα τροφοδοτείται από πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Παράγεται στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, στο διάκενο. Το τύλιγμα του δρομέα γνωστό και ως τύλιγμα διέγερσης ή τύλιγμα πεδίου, είναι τύλιγμα συνεχούς ρεύματος και ανάλογο του αριθμού των πόλων μπορεί να είναι διανεμημένο ή συγκεντρωμένο. Σε σπάνιες περιπτώσεις, είναι δυνατό το τύλιγμα τυμπάνου να βρίσκεται στο δρομέα και το τύλιγμα διέγερσης στο στάτη. Ανάλογα με τον αριθμό των πόλων, οι σύγχρονοι κινητήρες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες στους *κινητήρες κυλινδρικού δρομέα* (cylindrical-rotor type) και στους *κινητήρες έκτυπων πόλων* (salient-pole type). Οι κινητήρες κυλινδρικού δρομέα είναι πολύστροφες και συνήθως είναι διπολικές ή τετραπολικές. Αντίθετα, οι αργόστροφοι κινητήρες είναι έκτυπων πόλων. Πρακτικά άνω των τεσσάρων πόλων, οι σύγχρονοι κινητήρες κατασκευάζονται με έκτυπους πόλους. Οι κινητήρες ομοιόμορφου διάκενου, εμφανίζουν καλύτερα δυναμικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τους κινητήρες έκτυπων πόλων. Για τον περιορισμό των φυγόκεντρων δυνάμεων, αλλά και τη μείωση της ροπής αδράνειας των στρεφόμενων μαζών, οι δρομείς των κινητήρων ομοιόμορφου διάκενου είναι μεγαλύτερου ενεργού μήκους και μικρότερης διαμέτρου, από τους αντίστοιχους δρομείς των μηχανών με έκτυπους πόλους.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του σύγχρονου κινητήρα είναι ότι στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας στρέφεται πάντα με σταθερό αριθμό στροφών, γνωστό και ως σύγχρονο αριθμό στροφών, και στην ιδιότητα αυτή οφείλει και τη ονομασία του. Η ηλεκτρομηχανική μετατροπή της ενέργειας στη συγκεκριμένη κατηγορία κινητήρα, γίνεται σε μια ορισμένη ταχύτητα περιστροφής, τη σύγχρονη ταχύτητα (synchronous speed), η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των μαγνητικών πόλων των τυλιγμάτων και από τη συχνότητα των ρευμάτων του τυλιγματος τυμπάνου. Σε αντίθεση με τους ασύγχρονους κινητήρες, στους σύγχρονους η ολίσθηση του δρομέα είναι μηδενική. Ένα βασικό χαρακτηριστικών των σύγχρονων κινητήρων είναι το ότι με κατάλληλη ρύθμιση της διέγερσης, για τις ίδιες συνθήκες φόρτισης μπορεί να εμφανίζουν χωρητική επαγωγική ή ωμική συμπεριφορά. Στα κέντρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και στους υποσταθμούς

βιομηχανικών μονάδων μεγάλης ισχύος, υπάρχουν σύγχρονοι κινητήρες, οι οποίοι συνήθως είναι χωρίς εξωτερικούς άξονες και οι οποίοι χρησιμοποιούνται σαν τοπικές μονάδες αντιστάθμισης της άεργης ισχύος. Οι κινητήρες αυτοί δεν παράγουν μηχανικό έργο και κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, με κατάλληλη ρύθμιση της διέγερσης τους, συμπεριφέρονται είτε ως ιδανικοί πυκνωτές (synchronous condensers) είτε ως ιδανικά πηνία (synchronous inductors).



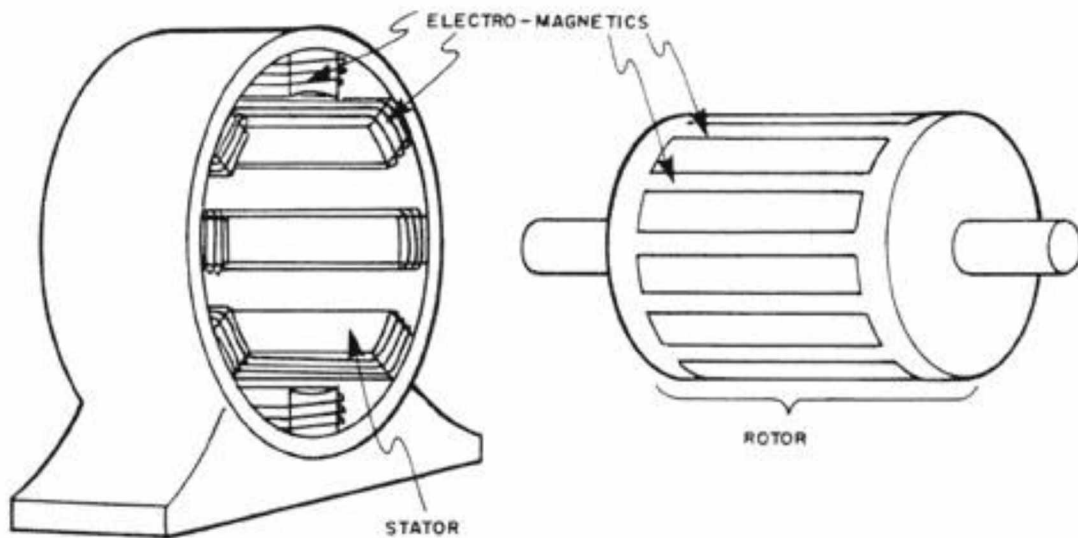
Αεριζόμενος σύγχρονος κινητήρας IE5

4.3.2 Ασύγχρονοι κινητήρες

Οι ασύγχρονες μηχανές ή μηχανές επαγωγής απαντώνται πολύ συχνά ως κινητήρες και σπανιότερα ως γεννήτριες. Η απλή κατασκευή των κινητήρων επαγωγής είναι η βασική αιτία της διαδεδομένης χρήσης τους.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες (asynchronous motors) φέρουν δύο τυλίγματα εναλλασσόμενου ρεύματος (EP), το τύλιγμα του στάτη, ονομάζεται και τύλιγμα τυμπάνου, και το τύλιγμα του δρομέα. Ο δρομέας, όμως, της ασύγχρονης μηχανής είναι ένα τύλιγμα βραχυκυκλωμένο, που βρίσκεται μέσα στο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής από το τύλιγμα του δρομέα έχει σαν αποτέλεσμα να επάγεται Η.Ε.Δ. (τάση από επαγωγή) στο τύλιγμα του δρομέα. Επειδή το τύλιγμα αυτό είναι βραχυκυκλωμένο έχουμε επαγωγικό ρεύμα στο τύλιγμα του δρομέα.

Το τύλιγμα του δρομέα δέχεται μαγνητική δύναμη από το πεδίο του στάτη οπότε έχουμε την εμφάνιση ροπής. (η ταχύτητα αυτή είναι διαφορετική από τη σύγχρονη ταχύτητα , για αυτό και το όνομα ασύγχρονες μηχανές) .



Τα δυο βασικά τυλίγματα ενός ATK

Για ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα (ATK), το τύλιγμα του στάτη διαμορφώνεται από τρία όμοια διανεμημένα μονοφασικά τυλίγματα, οι μαγνητικοί άξονες των οποίων είναι μετατοπισμένοι στο χώρο κατά 120° (ηλεκτρικές μοίρες). Το τύλιγμα τυμπάνου συνδέεται σε αστέρα (Y) ή τρίγωνο (Δ) και όταν τροφοδοτηθεί με ένα τριφασικό συμμετρικό (ευθύ) σύστημα τάσεων, δημιουργεί στο διάκενο της μηχανής ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα και εξαρτάται από τη συχνότητα της τάσης και τον αριθμό των μαγνητικών πόλων της μηχανής.

Ανάλογα με την κατασκευή του τυλίγματος στο δρομέα, οι ATK διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. στους δακτυλιοφόρους κινητήρες ή κινητήρες με τυλιγμένο δρομέα (*wound rotor*).
Στους δακτυλιοφόρους κινητήρες, το τύλιγμα του δρομέα είναι ένα κανονικό διανεμημένο τριφασικό τύλιγμα με τον ίδιο αριθμό μαγνητικών πόλων με το τύλιγμα του στάτη.
2. στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή τύπου κλωβού (*squirrel-cage rotor*).

Στους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα, το τύλιγμα δρομέα αποτελείται από ράβδους από χαλκό ή αλουμίνιο, οι οποίες τοποθετούνται μέσα σε αυλακώσεις και οι οποίες βραχυκυκλώνονται στα άκρα τους από δύο στεφάνες (δακτυλίους), δημιουργώντας έτσι ένα κλειστό κύκλωμα. Το κλειστό κύκλωμα (τύλιγμα κλωβού) που δημιουργείται στο δρομέα είναι απομονωμένο από το τύλιγμα του στάτη και την ηλεκτρική τροφοδοσία του κινητήρα.

Οι ATK χαρακτηρίζονται και ως *κινητήρες απλής τροφοδότησης* (single-fed motors) επειδή τροφοδοτούνται από το δίκτυο μόνο από το τύλιγμα του στάτη καθώς επίσης χαρακτηρίζονται και ως *κινητήρες επαγωγής* επειδή το τύλιγμα του δρομέα τροφοδοτείται με ΕΡ έμμεσα από το τύλιγμα του στάτη μέσω επαγωγής, όπως συμβαίνει και στο δευτερεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή (Μ/Σ). Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στους ATK είναι πάντοτε μικρότερη από την ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη και λόγω αυτής της λειτουργικής συμπεριφοράς χαρακτηρίζονται και ως ασύγχρονοι κινητήρες. Η διαφορά των δύο ταχυτήτων ονομάζεται ταχύτητα ολίσθησης και αυξάνει με την αύξηση του επιβαλλόμενου φορτίου στον άξονα της μηχανής.

Η ύπαρξη διακένου αέρος μεταξύ στάτη και δρομέα στον ATK σημαίνει υψηλή μαγνητική αντίσταση και προκειμένου να επιβληθεί στο διάκενο της μηχανής η αναγκαία συνισταμένη μαγνητική ροή πρέπει να είναι υψηλή και η μαγνητεγερτική δύναμη (ΜΕΔ). Αυξημένη ΜΕΔ, σημαίνει υψηλό ρεύμα διέγερσης (ρεύμα κενής λειτουργίας) το οποίο για ATK μπορεί να φτάσει έως και 40% περίπου του ονομαστικού ρεύματος. Στους δακτυλιοφόρους κινητήρες, το τύλιγμα του δρομέα είναι συνδεδεμένο σε αστέρα και τα τρία ελεύθερα άκρα του τυλίγματος συνδέονται σε τρεις δακτυλίους, οι οποίοι στερεώνονται στον άξονα της μηχανής. Στους δακτυλίους εφάπτονται ψήκτρες και αποτελούν τους ακροδέκτες σύνδεσης με εξωτερικά κυκλώματα. Για παράδειγμα, με την παρεμβολή αντιστάσεων στο κύκλωμα του δρομέα ελέγχεται το ρεύμα και η ροπή εκκίνησης του κινητήρα.

Ο ATK όπως προαναφέραμε χαρακτηρίζεται και ως μηχανή απλής τροφοδότησης επομένως το ρεύμα διέγερσης παρέχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Επειδή, όμως, ο ATK συμπεριφέρεται ως ένα ισχυρό επαγωγικό φορτίο, απορροφά από το δίκτυο μεγάλα ποσά άεργης ισχύος μαγνήτισης, δηλαδή λειτουργεί υπό χαμηλό συντελεστή ισχύος. Για το λόγο

αυτό, στους ΑΤΚ μεσαίας και μεγάλης ισχύος απαιτείται διόρθωση του συντελεστή ισχύος με την τοποθέτηση πυκνωτών τοπικά στον ΑΤΚ.



Τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας IE2

Οι ασύγχρονοι ηλεκτρικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα έχουν πολύ θετικό δείκτη μέτρησης ποιότητας και κόστους καθώς έχουν στιβαρή κατασκευή και τα κόστη αγοράς και συντήρησης κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τα πλεονεκτήματα αυτά και λαμβάνοντας υπόψη τη ραγδαία εξέλιξη των μετατροπέων ηλεκτρικής ισχύος, έχουν καταστήσει τους κινητήρες αυτούς ως την κύρια μηχανή που χρησιμοποιείται σήμερα στις βιομηχανικές εφαρμογές για την παραγωγή της απαιτούμενης μηχανικής ισχύος. Το 90% των κινητήρων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ασύγχρονοι και έχουν τεράστιες εφαρμογές παντού σε μεγάλη ποικιλία τομέων όπως για παράδειγμα στους φυγόκεντρους ανεμιστήρες, στους ανελκυστήρες, σε ελαιοτριβεία καθώς επίσης και σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στον τομέα της παραγωγής αυτοκινήτων παρουσιάζεται το μεγαλύτερο

ενδιαφέρον καθώς ATK χρησιμοποιούνται τόσο σε υβριδικά όσο και σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μεγάλες εταιρίες όπως η Tesla, η Nissan και η Renault να επενδύουν εκατομμύρια στην ανάπτυξη και την αξιοποίηση της υπάρχουσας τεχνολογίας του ATK. Επίσης η αποδοτικότητα των ATK στην οδήγηση σε υψηλές ταχύτητες για μεγάλο χρονικό διάστημα οδήγησε την μεγαλύτερη διοργάνωση μηχανοκίνητου αθλητισμού, την formula racing, στην δημιουργία υβριδικού μονοθέσιου προκειμένου να αντικαταστήσει το φετινό αλλάζοντας ριζικά την δομή των κινητήρων της.

4.4 Σύγκριση κινητήρων ΣΡ και ΕΡ

Η σύγκριση μεταξύ κινητήρα εναλλασσόμενου και σταθερού ρεύματος δεν μπορεί να δώσει μια κάθετη απάντηση ως προς το ποιος από τους δύο είναι καλύτερος αλλά μπορεί να δώσει μια κατεύθυνση ως προς την καταλληλότητα του καθενός ανάλογα τις ανάγκες που παρουσιάζονται. Οι κινητήρες ΕΡ προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ για το ίδιο μέγεθος κινητήρα συγκριτικά με τους κινητήρες ΣΡ. Επίσης ο βαθμός απόδοσης τους είναι αρκετά μεγάλος και η οικονομικότητά τους ως προς την κατανάλωση ρεύματος ικανοποιητική, με συνέπεια να επιλέγονται για εφαρμογές όπου έχουμε μηχανήματα πολύ μεγάλης ισχύος που εργάζονται στο βιομηχανικό πεδίο σε συνεχή βάση. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος λόγω του ότι διαθέτουν μεγάλη ευκολία στον έλεγχο της ταχύτητας του άξονά τους προσφέρουν σημαντική ευκολία στον αξιόπιστο έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανισμούς μηχανισμούς που ενεργοποιούνται από αυτούς. Ένα δεύτερο βασικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ότι για δεδομένη ισχύ έχουν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερη μηχανική ροπή στο άξονα τους με αποτέλεσμα να είναι οι πλέον κατάλληλοι για τον έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανικούς μηχανισμούς, στους οποίους χρειάζεται να διαχειριστούν σημαντικά μηχανικά φορτία. Επομένως ανάλογα με τις ανάγκες και με βάση το παρακάτω πίνακα σύγκρισης επιλέγουμε το μοντέλο κινητήρα που ταιριάζει.



Σύγκριση σύγχρονου και ασύγχρονοι κινητήρα

4.5 Σύγκριση ηλεκτρικού κινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης

Η ανάπτυξη των ηλεκτρικών κινητήρων τα τελευταία χρόνια είναι ραγδαία και αυτό προφανώς οδηγεί στην διαδικασία της σύγκρισής τους με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης οι οποίοι είναι οι επικρατέστεροι αυτή την στιγμή και με μεγάλη διαφορά. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, πράγμα που σημαίνει ότι παράγουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση ανά πυκνότητα καυσίμου. Οι κινητήρες καύσης απαιτούν επίσης λιγότερο χρόνο για ανεφοδιασμό από τον ηλεκτροκινητήρα. Σε ένα βενζινάδικο, χρειάζονται μόλις 5 λεπτά για να ανεφοδιαστείτε. Παρά όλα αυτά τα οφέλη, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν επίσης ορισμένα μειονεκτήματα. Εκπέμπουν τοξικές εκπομπές όπως διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο είναι επιβλαβές για το περιβάλλον. Επίσης, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι λιγότερο αποδοτικοί σε σύγκριση με τους ηλεκτροκινητήρες, πράγμα που σημαίνει ότι καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για την οδήγηση του οχήματος. Στον αντίποδα υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων. Οι ηλεκτροκινητήρες δίνουν μηδενικές εκπομπές επειδή δεν εκπέμπουν καυσαέρια. Έτσι, είναι πολύ φιλικά προς το περιβάλλον. Οι ηλεκτροκινητήρες έχουν επίσης άμεση ροπή. Αυτό σημαίνει ότι το

όχημά σας μπορεί να λάβει μια έκρηξη ταχύτητας μόλις χτυπήσετε ένα γκάζι. Συγκεντρωτικά η σύγκριση μπορεί να παρουσιαστεί στο παρακάτω πίνακα σύγκρισης.



Σύγκριση ηλεκτρικού κινητήρα με κινητήρα εσωτερικής καύσης

[26][27][28]

Κεφάλαιο 5 Η ανάγκη ολικής μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση

5.1 Εισαγωγή

Η γενίκευση της χρήσης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και η αντικατάσταση με τέτοια των βενζινοκίνητων με πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα είναι , όπως περιέγραψα και πιο πάνω ένα δύσκολο εγχείρημα. Στο παρόν κεφάλαιο , εξηγώ γιατί παρά τις δυσκολίες είναι ένα απαραίτητο εγχείρημα. Ο λόγος είναι η κλιματική αλλαγή-πλανητική υπερθέρμανση και οι καταστροφικές συνέπειες που φέρνει και θα επιφέρει αν δεν ανακοπεί. Ο τομέας των μεταφορών έχει σημαντικό μερίδιο(1/6 γενικά και 22% στις αναπτυγμένες χώρες) στην εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου.[29]

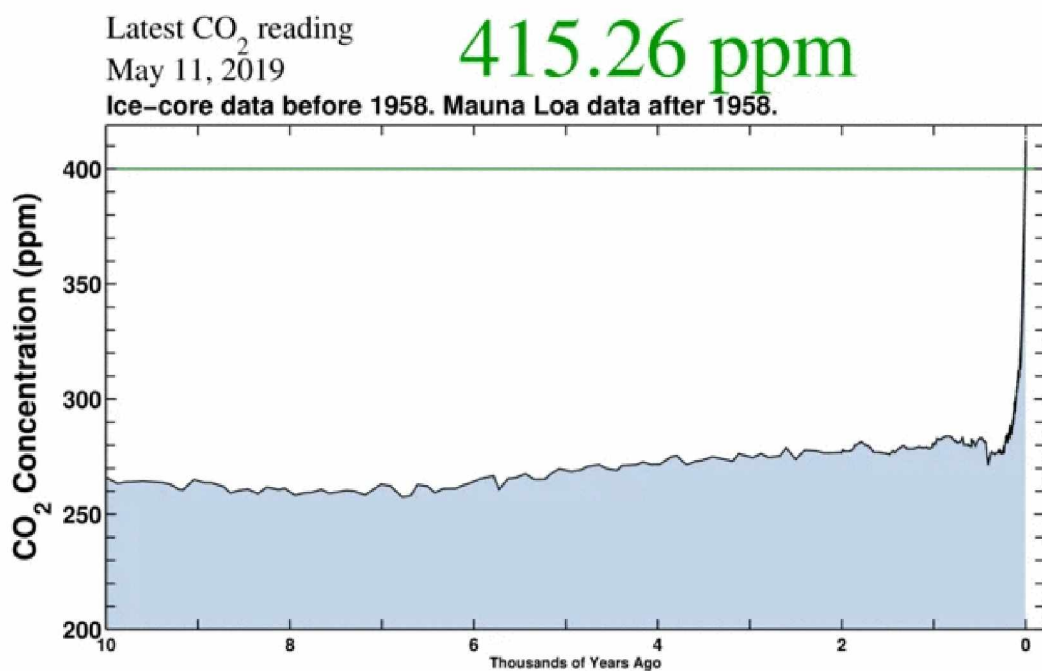
5.2 Τα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής

Είναι πλέον δύσκολο να αγνοήσει κάποιος το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και τις πρωτοφανείς καταστροφές που έρχονται ως αποτέλεσμα της. Οι αποδείξεις της ύπαρξης της είναι παντού, από το ρυθμό που λιώνουν οι πάγοι στην Αρκτική μέχρι το ρυθμό που καίγονται δάση από την Νότια Αφρική μέχρι ακόμη και την παγωμένη Βόρεια Σιβηρία.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) προειδοποιεί ότι στην ανθρωπότητα μένουν μόνο 12 χρόνια για να ληφθούν τα μέτρα που χρειάζονται για να αποφευχθεί η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας κατά 1,5 βαθμό Κελσίου σε σύγκριση με τα επίπεδα που επικρατούσαν πριν αρχίσει η επικίνδυνη υπερθέρμανση του πλανήτη (πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση)[30]. Μερικοί θεωρούν ότι αυτές οι μεταβολές συμβαίνουν σε κύκλους. Η διαφορά είναι ότι οι κυκλικές μεταβολές στους πάγους του πλανήτη γίνονται σε δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η περίοδος που ζούμε, που δημιουργήθηκαν ο πολιτισμός, οι κοινωνίες και όλα τα θαυμαστά του ανθρώπου, θα διαρκέσει το πολύ άλλα 10-15.000 χρόνια ακόμη. Μέσα σε αυτή τη «μεσοπαγετώδη» περίοδο, ο άνθρωπος έχει αλλάξει τη σύσταση της ατμόσφαιρας τόσο πολύ όσο δεν έχει ξανασυμβεί τα τελευταία 1-2 δισεκατομμύρια χρόνια του πλανήτη

Η ατμόσφαιρα που περιβάλλει τον πλανήτη και η παρουσία “αερίων του θερμοκηπίου” στη σύνθεσή της έχει τον ρόλο του ρυθμιστή της θερμοκρασίας του πλανήτη, καθώς αυτά

και κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα είναι σημαντική για τη συγκράτηση ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Αν υπήρχε έλλειψη σε διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η Γη θα ήταν σαν τον Άρη, ένας άνυδρος και παγωμένος πλανήτης. Αν αντίθετα, υπήρχε περίσσεια ποσότητας από αυτό το αέριο, τότε θα ήταν σαν την Αφροδίτη που στην επιφάνειά της επικρατούν θερμοκρασίες τήξης μετάλλων. Υπάρχει πληθώρα επιστημονικών ερευνών που επιβεβαιώνουν τη σύνδεση ανάμεσα στις ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την πλανητική θερμοκρασία. Την εποχή των Παγετώνων η συγκέντρωση CO₂ βρισκόταν στα επίπεδα των 200 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο), ενώ ανέβαινε στα 300 ppm όταν έλιωναν οι πάγοι. Πριν από τη βιομηχανική επανάσταση του 19ου αιώνα, βρισκόμασταν στα 280 ppm. Το 1958 φτάσαμε στα 315 ppm και το 2013 στα 400 ppm.[31]



Οι Παγετώνες ήταν φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με τις αλλαγές στην κλίση του άξονα της Γης. Η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας στη σύγχρονη περίοδο είναι ανθρωπογενής. Υπολογίζεται ότι από την προβιομηχανική περίοδο μέχρι σήμερα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν στείλει στην ατμόσφαιρα 200 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

Τι συμβαίνει με το “φράγμα” των 1,5 βαθμών Κελσίου ; Αυτό που συμβαίνει είναι ότι ,όσο πλησιάζουμε σε αυτό το φράγμα , αρχικά, οι καταστροφικές συνέπειες γίνονται ήδη αισθητές με πολλούς τρόπους και ταυτόχρονα αυξάνεται ο κίνδυνος να πυροδοτηθούν μηχανισμοί που θα κάνουν την άνοδο της θερμοκρασίας ανεξέλεγκτη και μη αναστρέψιμη. [32]

Στις άμεσες συνέπειες ανήκει η άνοδος της θερμοκρασίας των ωκεανών και οι αλλαγές στα θαλάσσια ρεύματα και στους ανέμους που αυτή προκαλεί. Φαινόμενα όπως καταστροφικοί τυφώνες γίνονται πιο συχνά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, ήταν ο τυφώνας Κατρίνα που έπληξε την Νέα Ορλεάνη των ΗΠΑ. Η Καλιφόρνια είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα. Οι επιστήμονες έχουν συχετίση το φαινόμενο Λα Νίνια με την κλιματική αλλαγή. Αλλά πέρα από αυτό , η συχνότητα των πυρκαγιών στην περιοχή έχει αυξηθεί ραγδαία. Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν εμφανιστεί οι 8-9 μεγαλύτερες πυρκαγιές στην ιστορία της περιοχής. Πλέον οι επιστήμονες αναγνωρίζουν ένα καινούργιο φαινόμενο, την “καυτή ξηρασία”. Ακόμη και σε χρονιές με κανονική βροχόπτωση, η έντονη ζέστη το καλοκαίρι προκαλεί απώλεια νερού στις φυσικές δεξαμενές και στα φυτά.

Υπάρχουν ολόκληρες περιοχές στην Αφρική και την Ασία που “εξαφανίζονται” από τον χάρτη . Οι καταστροφικές πλημμύρες είναι όλο και πιο συχνές. Το 2010 μία τέτοια πλημμύρα έπληξε πάνω από 17 εκατομμύρια ανθρώπους(Η συνολική περιοχή που επλήγη υπολογίζεται σε μέγεθος , μεγαλύτερη από την Αγγλία). Οι περιβαλλοντικοί μετανάστες ή κλιματικοί πρόσφυγες είναι Ιεκθεση της Παγκόσμιας Τράπεζας του 2018 εκτιμά ότι, μέχρι το 2050, θα υπάρξουν 143 εκατομμύρια περιβαλλοντικοί μετανάστες από περιοχές της Λατινικής Αμερικής[33], της Αφρικής νοτίως της Σαχάρας και της νοτιοανατολικής Ασίας. Στην ίδια περιοχή τραγικό είναι και το παράδειγμα του Μπαγκλαντές, όπου τεράστιες περιοχές μετατρέπονται σε ζώνες που δεν μπορεί να ζήσει άνθρωπος . Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας. Με τη σειρά της προκαλεί μεγάλες πλημμύρες στα δέλτα των ποταμών στο Κόλπο της Βεγγάλης.[33][34]



Ο μετεωρολόγος Χρήστος Ζερεφός λέει ““Στην Αττική, από δύο καύσωνες τα πρώτα 30 χρόνια του 20ού αιώνα φθάσαμε τους δεκαπέντε στα τελευταία 30 χρόνια”. Από το 2017 και μετά οι πυρκαγιές παρουσιάζουν τριπλασιασμό στις χώρες της ΕΕ σε σχέση με το μέσο όρο των οχτώ προηγούμενων χρόνων. Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Γεωσκόπησης της ΕΕ (Κοπέρνικος), η Ευρωπαϊκή Ήπειρος βίωσε το 2020 την πιο ζεστή της χρονιά. Ο χειμώνας του 2020 είχε θερμοκρασία υψηλότερη κατά 3,4 βΚ σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία που καταγράφηκε τους χειμώνας την εικοσαετία 1981-2020. Κατά την περίοδο 1952-2011, η χρονική διάρκεια του καλοκαιριού αυξήθηκε από 78 σε 95 ημέρες, ενώ η άνοιξη, το φθινόπωρο και ο χειμώνας μειώθηκαν από 124 σε 115, από 87 σε 82 και από 76 σε 73 ημέρες, αντίστοιχα. [35]

Η απειλή γίνεται πιο άμεση αν υπολογίσουμε και τους μηχανισμούς επιταχύνουν τους ρυθμούς ανόδου της υπερθέρμανσης. Οι πάγοι στους πόλους της Γης δεν λειτουργούν μόνο σαν τεράστιοι καταψύκτες. (Και με το λευκό τους χρώμα) Λειτουργούν επίσης σαν τεράστιοι καθρέφτες που στέλνουν πίσω ποσότητες ενέργειας αντανακλώντας την ηλιακή ακτινοβολία. Στους πάγους η αντανάκλαση στέλνει πίσω το 70 τοις εκατό, ενώ στους ωκεανούς η αντανάκλαση πέφτει στο 20%. Όσο συρρικνώνονται οι πάγοι και αυξάνεται η

επιφάνεια των θαλασσών, τόσο η Γη χάνει την ικανότητα να αντανακλά. Η κλιματική αλλαγή γίνεται αυτοτροφοδοτούμενη.

Ένας άλλο φαινόμενο στο οποίο απαντάται η αντίστοιχη δυναμική είναι η συρρίκνωση του τροπικού δάσους στον Αμαζόνιο. Το δάσος αποτελεί το μεγαλύτερο αποθηκευτικό μηχανισμό του πλανήτη για το διοξείδιο του άνθρακα. Όσο οι πυρκαγιές που προκαλεί η κλιματική αλλαγή (αλλά και σχέδια εμπρηστών , για συμφέροντα της κρεατοβηχανίας κλπ) το συρρικνώνουν, τόσο περισσότερο χάνεται αυτή του η ικανότητα. Το διοξείδιο του άνθρακα που συγκρατούν τα δέντρα και το έδαφος τους τροπικού δάσους του Αμαζόνιου ισοδυναμεί με εκπομπές δεκαετιών από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ήδη πριν από την καταστροφική πυρκαγιά που ξέσπασε μέσα στον Αύγουστο του 2019 , υπήρχαν μελέτες που εκτιμούσαν ότι με τους ρυθμούς που συρρικνώνεται το δάσος του Αμαζόνιου, ο ρυθμός υπερθέρμανσης του πλανήτη θα αυξηθεί κατά 50% σε μερικές δεκαετίες. Μεταξύ του 2010 και το 2019, το δάσος έχασε σημαντικό μέρος της βιομάζας του και η εκπομπή άνθρακα είναι κατά 18% υψηλότερη από την απορρόφηση. Είναι, λοιπόν, η πρώτη φορά που υπάρχουν αριθμοί που δείχνουν ότι η κατάσταση έχει ανατραπεί και ότι ο Αμαζόνιος εκπέμπει άνθρακα.

5.3 Τα αίτια της κρίσης

Τα «ορυκτά καύσιμα» -ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο- είναι η πηγή της ενέργειας που κινεί την παγκόσμια ραγωγή τους τελευταίους δύο αιώνες. Η καύση αυτών των ορυκτών είναι υπεύθυνη για την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα, του βασικού «αερίου του θερμοκηπίου». Και όσο περνούσαν τα χρόνια η εξάρτηση αυτή γινόταν όλο και πιο έντονη.(Μοσχάτος σελ 319). Στις αρχές του 20ου αιώνα η ανθρωπότητα είχε ως νεργειακή β βάση τα ορυκτά σε ποσοστό 6% , το 2000 το ποσοστό αυτό έγινε 80% και το 2010 87%. Η περίοδος μετά το 1986 αναλογεί στις μισές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων για όλα τα χρόνια από το 1750 μέχρι το 2010. Παράλληλα όλα τα πρωχωρήματα στις επιστήμες και τις τεχνολογίες της ενέργειας τον 20ο αιώνα αφορούσαν τα ορυκτά καύσιμα , πολύ λίγο την πυρηνική ενέργεια και , σχεδόν , καθόλου τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μέχρι τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, οι ΗΠΑ κατείχαν τα ηνία στην κατανάλωση ενέργειας και στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Σήμερα η Κίνα διεκδικεί την πρωτιά στην παγκόσμια οικονομία. Το 2013 στην Κίνα αντιστοιχούσε το 28% των παγκόσμιων εκπομπών

διοξειδίου του άνθρακα, στις ΗΠΑ το 14%, στην Ε.Ε το 10% και στην Ινδία το 7%. Η άνοδος της Κίνας και άλλων χωρών σήμανε παράλληλα και την έκρηξη των θαλάσσιων μεταφορών. Το 90% του παγκόσμιου εμπορίου γίνεται με αυτό τον τρόπο. Τα τεράστια πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ships) που μεταφέρουν τα προϊόντα από και προς την Κίνα και την Ασία, χρησιμοποιούν «καύσιμα δεξαμενής» (bunker fuel), το φθηνότερο και πιο βρόμικο καύσιμο, το τελευταίο υπόλειμμα από την επεξεργασία του μαζούτ. Από το 1990 ως σήμερα οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από αυτά τα πλοία αυξάνονται κατά 3,5% ετησίως. Εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από 205 εκατομμύρια αυτοκίνητα. Κι αν ήταν χώρα, θα καταλάμβαναν την 6η θέση στους ρυπαντές μετά την Ιαπωνία.[38]

5.4 Συμπεράσματα – Λύσεις

Είναι προφανές από τα παραπάνω ότι χρειάζονται επείγουσες και δραστικές λύσεις. Το θέμα έχει εισαχθεί στην ατζέντα των πολιτικών ηγετών, οι οποίοι το Νοέμβριο στη συνδιάσκεψη του ΟΗΕ για το κλίμα στην Γλασκώβη, θα συζητήσουν για τους στόχους που βάζουν σε συγκεκριμένα μέτρα ώστε να ανακοπεί αυτό το φαινόμενο.

Υπάρχουν μια σειρά προτάσεις πάνω στο ζήτημα. Αρχικά, να μειωθεί η κατανάλωση της ενέργειας από οροκτά. Στήριξη των δημόσιων συγκοινωνιών (με παροχή δωρεάν μετακίνησης, επίσης) και ειδικά των ηλεκτροκίνητων, για να μειωθεί η χρήση του αυτοκινήτου στις πόλεις. Προγράμματα στέγασης με σύγχρονες προδιαγραφές μόνωσης και συλλογικής θέρμανσης για να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας. Προώθηση αγροτικών συνεταιρισμών με τη βιώσιμη καλλιέργεια ποιοτικών προϊόντων με κατεύθυνση μείωση της σπατάλης σε λιπάσματα, νερό και ενέργεια.

Και πολύ περισσότερο χρειάζεται συνολικό πλάνο απεμπλοκής από τα οροκτά καύσιμα και στροφή στις Α.Π.Ε.

Συμπλήρωμα σε όλα αυτά πρέπει να γίνει και η μετάβαση στα ηλεκτρικά οχήματα από τα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα.

Το εγχείρημα έχει δυσκολίες που έχουν να κάνουν κυρίως με την μπαταρία. Όπως έγραψα πιο πάνω πρέπει να γίνουν σημαντικές βελτιστοποιήσεις στην τεχνολογία της. Ένα άλλο ζήτημα είναι και η τροφοδότηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων η οποία με πρέπει να γίνεται με Α.Π.Ε. και όχι για παράδειγμα, με εργοστάσια Λιγνίτη. Εδώ, είναι άλλος για

περαιτέρω ανάπτυξη στην μπαταρία , έτσι ώστε να αντιμετωπίζει την διακοπτόμενη ισχύ των ανεμογεννητριών (σαν στήριγμα στις ΑΠΕ δηλαδή) .

Βιβλιογραφία

- [1] David Bodanis , Ηλεκτρικό σύμπαν .
- [2] <https://www.britannica.com/biography/Hans-Christian-Orsted>
- [3] Looking Back to Electric Cars Massimo Guarnieri, Member IEEE
Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università di Padova, via 8 Febbraio, 2 –
35122 Padova
- [4] ο.π.
- [5] ο.π.
- [6] <https://courses.lumenlearning.com/suny-hccc-worldhistory2/chapter/the-discovery-of-oil-in-the-middle-east/>
- [7] https://www.youtube.com/watch?v=3SAxXUIre28&ab_channel=Lesics (για τις φωτογραφίες και τη δομή του βίντεο)
- [8] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%BF
- [9] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
- [10] <https://www.seai.ie/technologies/electric-vehicles/what-is-an-electric-vehicle/how-electric-vehicles-work/>
- [11] Ηλεκτρικές Μηχανές , Παντελής Μαλατέστας
- [12] <https://www.ft.com/stream/1b694353-2a5c-47d9-bbb7-bb6f4878d045> (Financial times -> Batteries)
- [13] https://www.youtube.com/watch?v=VxMM4g2Sk8U&t=569s&ab_channel=Lesics
για φωτογραφίες και δομή
- [14] ο.π.
- [15] <https://www.energy.gov/eere/articles/how-does-lithium-ion-battery-work>

- [16] <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>
- [17] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119304210>
- [18] <https://www.science.org.au/curious/technology-future/memory-effect-rechargeable-batteries>
- [19] <https://www.psi.ch/en/media/our-research/memory-effect-now-also-found-in-lithium-ion-batteries>
- [20] <https://www.nature.com/articles/nmat3623>
- [21] <https://www.ft.com/content/c4e075b8-7289-4756-9bfe-60bf50f0cf66>
- [22] <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-a-solid-state-battery-for-an-electric-car>
- [23] Hgog
- [24] <https://www.nhm.ac.uk/press-office/press-releases/leading-scientists-set-out-resource-challenge-of-meeting-net-zero.html>
- [25] www.dw.com
- [26] Μαλατέστας , ο.π.
- [27] Γ. Περαντζάκης, διαλέξεις του μαθήματος Ηλεκτρικές Μηχανές
- [28] Γκαρούτσος , Ηλεκτρικές Μηχανές
- [29] <https://www.climatechangenews.com>
- [30] <https://www.ipcc.ch/>
- [31] ο.π
- [32] ο.π
- [33] https://www.efsyn.gr/kosmos/maties-ston-kosmo/oikologika/200951_klimatiko-i-prosfyges-i-periballontikoi-metanastes
- [34] <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20100831STO80671+0+DOC+XML+Vo//EL>
- [35] <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20100831STO80671+0+DOC+XML+Vo//EL>
- [36] Ανδρέας Μόσχατος , ΕΝΕΡΓΕΙΑ (σελ 319 , για τα ορυκτά καύσιμα)

[37] Ian Angus, Facing the Anthropocene, Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System, Monthly Review Press 2016

[38] . <https://climate.copernicus.eu/esotc/2020/temperatu>