



Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής

Δρ.Ιωάννης Σαρρής

Φοιτητής

Νικόλαος Κεραμήτσος

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Αθήνα 2022

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

κ.ΣΑΡΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

κ.ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

κ.ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ-ΙΩΑΝΝΗΣ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΕΡΑΜΗΤΣΟΣ** του ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ με αριθμό μητρώου 18392175 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

Ο Δηλών

Υπογραφή και Ολογράφως



Νικολαος Κεραμητσος

Περιεχόμενα

Περίληψη σελ 3

Abstract σελ 4

1^ο Κεφάλαιο

1.1 Η Μπαταρία στην αγορά σελ 5

1.2 Λειτουργία μπαταρίας σελ 6

1.3 Παραγωγή Μπαταρίας Λιθίου σελ 8

2^ο Κεφάλαιο

2.1 Είδη μπαταριών Λιθίου σελ 10

2.2 Cells Detection (Συστήματα διάγνωσης Κελίων μπαταρίας) και B.M.S .. σελ 15

2.3 Λόγοι Αντικατάστασης Μπαταρίας Λιθίου σελ 17

2.4 Μέθοδος διάγνωσης σφαλμάτων για πακέτα μπαταριών ιόντων λιθίου με χρήση βελτιωμένου νευρωνικού δικτύου RBF σελ 22

3^ο Κεφάλαιο

3.1 Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού σελ 29

3.2 Διάγνωση Μπαταρίας Λιθίου με Νανοτεχνολογία σελ 32

3.3 Νανοδιαμερισμός σελ 36

3.4 Οι πιο ανθετικές ύστερα απο διάγνωση μπαταρίες Λιθίου σελ 42

3.5 Οι πιο λεπτές μπαταρίες λιθίου σελ 47

3.6 Διάγνωση πλάσματος (Plama Diagnosis) σελ 49

4^ο Κεφάλαιο

4.1 Επιλογή εξοπλισμού διάγνωσης και πιστοποίησης σελ 57

4.2 Μοντέλο Battery Performance and Cost (BatPaC) σελ 62

4.3 Πλατφόρμα παρακολούθησης και ανάλυση δεδομένων σελ 78

Συμπεράσματα σελ 93

Βιβλιογραφία σελ 95

Περίληψη

Οι μπαταρίες γίνονται όλο και πιο συνηθισμένες στην καθημερινή ζωή. Σχεδόν όλες οι νέες εφαρμογές ζητούν αυτόνομο τροφοδοτικό, κάτι που γίνεται όλο και πιο συνηθισμένο. Ως αποτέλεσμα, για οικονομικούς λόγους, η χρήση να είναι σε καθημερινή βάση ειδικά και απο θέμα ευχρηστων εφαρμογών σε εργοστασιακούς αλλά και πρακτικούς μεθόδους. Η έκθεση περιγράφει τις βασικές ιδιότητες των διαφόρων τύπων μπαταριών που ερευνήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη. Συζητείται η λειτουργία των μπαταριών, καθώς και σύγκριση της απόδοσης κάθε τύπου όταν χρησιμοποιούνται. Τα ζητήματα που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα αυτής της χρήσης. Στη συνέχεια, υπάρχει μια τεχνική περιγραφή που χρησιμοποιήθηκε για την αύξηση της χρήσης της μπαταρίας, καθώς και μια σύγκριση με εναλλακτικές προσεγγίσεις. Στην συγκεκριμένη εργασία θα δούμε και θα μελετήσουμε όλες τις διαγνώσεις μπαταριών λιθίου και θα επεξηγηθεί σε κάθε μία διάγνωση οι τύποι των μπαταριών αλλά και οι ιδιότητες. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται και μια στατιστική μέθοδο διάγνωσης βλαβών και ανίχνευσης ανωμαλιών σε συστήματα μπαταριών ηλεκτρικών διόδων με βάση δεδομένα που συλλέγονται από την κεντρική πλατφόρμα παρακολούθησης. Η εργασία αφορά πρωτίστως τη διάγνωση βλαβών ολόκληρου του συστήματος και την ανίχνευση ανωμαλιών της εσωτερικής τάσης του στοιχείου με μαθηματικούς τύπους και για τη διάγνωση σφαλμάτων ολόκληρου του συστήματος, η κατάσταση λειτουργίας αρχικά χωρίζεται σε τέσσερις περιπτώσεις ανάλογα με το ρεύμα και την ταχύτητα της μπαταρίας. Στη συνέχεια, η πυκνότητα πιθανότητας των δεδομένων για κάθε στιγμή υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ιδιότητα ότι κάθε αλλαγή παραμέτρου αντιστοιχεί στην κατανομή Gauss. Στη συνέχεια, οι τιμές της πυκνότητας πιθανότητας που αντιστοιχούν σε όλες τις παραμέτρους πολλαπλασιάζονται ως συντελεστής διάγνωσης σφάλματος. Τα αποτελέσματα επικύρωσης δείχνουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να διαγνώσει με ακρίβεια σφάλματα και ανωμαλίες του συστήματος και είναι κατάλληλη για τη διαχείριση της ασφάλειας σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, ο συνδυασμός μεθόδων ανάλυσης δεδομένων και οπτικοποίησης επιτρέπει την έγκαιρη και ακριβή ανίχνευση ανωμαλιών τάσης κυψέλης. Επιπλέον, η ανάλυση της συχνότητας σφάλματος στη διάσταση του χρόνου παρέχει περαιτέρω πληροφορίες για το πότε και πού συμβαίνουν ανωμαλίες.

Abstract

Batteries are becoming more common in everyday life. Almost every new application in development is looking for a self-contained energy source. As a result of this, the use of rechargeable batteries is on the rise. This thesis outlines the design and construction of a digital system that will measure and show the capacity of the tested battery, allowing the user to determine the battery's strength and quality before replacing it. The study outlines the key properties of the many types of batteries that are used in the current project. The operation of the batteries is described, as well as a comparison of each type and how each battery behaves when utilized. The issues that arise because of its use are also discussed and will see in this thesis the production also and the main characters of the battery. Next, there is a technical description used to increase battery life, as well as a comparison with alternative approaches. After completing the tests with three different types of rechargeable batteries, you need to make an up-to-date selection on battery status. Finally will see on this thesis the contractive elements of the battery Lithium, the Battery management, the equipment for the production on lithium batteries , and investigations on the last technology. Also this Thesis presents a statistical method for fault diagnosis and anomaly detection in battery systems of electric scooters based on data collected by the central monitoring platform. The work is primarily concerned with the fault diagnosis of the whole system and the detection of anomalies of the internal cell voltage. For the fault diagnosis of the whole system, the operating condition of the electric scooter is first divided into four cases according to the battery current and speed. Then, the probability density of the data for each moment is calculated by using the property that each parameter change corresponds to the Gaussian distribution. Then, the values of probability density corresponding to all parameters are multiplied as error diagnosis coefficient. The validation results show that the proposed method can accurately diagnose system faults and anomalies and is suitable for real-time safety management of electric scooters. Moreover, the combination of data analysis and visualization methods enables timely and accurate detection of cell voltage anomalies. In addition, analysis of fault frequency in the time dimension provides further insight into when and where anomalies occur. Since the developed diagnostic system does not require any additional equipment or energy consumption, it has been used for fault diagnosis and condition monitoring of e-scooters. In the next step, we will further optimize the proposed algorithm and develop advanced methods for fault diagnosis to reduce the computational cost for the host monitoring platform. Although this work mainly focuses on small batteries, the proposed method is also suitable for fault diagnosis of high power battery

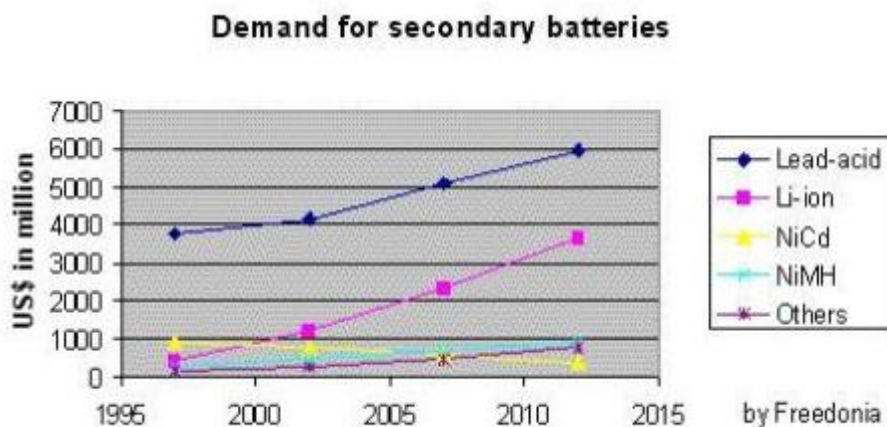
systems, such as electric vehicles. Therefore, the method combining data mining with machine learning will be further applied to the safety management of complex dynamic systems due to its wide application perspective.

Κεφάλαιο 1°

1.1

Μπαταρία αναδρομή

Όλες οι μορφές ενέργειας ήταν πάντα μέρος της καθημερινότητας. Πολλά διαφορετικά είδη ενέργειας είναι απαραίτητα για κάθε νέα εξέλιξη. Όσον αφορά την τεχνολογία, γίνονται όλο και περισσότερα. Υπάρχουν εφαρμογές που απαιτούν ενέργεια για να λειτουργήσουν. λειτούργουν ανεξάρτητα Αυτή η ενεργειακή ανάγκη καλύπτεται από μπαταρίες. Η μπαταρία είναι μια φορητή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς. για παροχή ρεύματος στο κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένο. Στο Κεφάλαιο 2 δίνεται αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών τους οι πιο συνηθισμένοι τύποι μπαταριών. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα τους όμως Οι συνηθισμένες μπαταρίες είναι ότι περιέχουν μια ορισμένη ποσότητα ενέργειας και ούτω καθεξής κάποια στιγμή σταματούν να προσφέρουν στο κύκλωμα. Σε τέτοια σε αυτήν την περίπτωση αυτή η μπαταρία θα πρέπει να αντικατασταθεί από μια νέα του ίδιου τύπου, με αποτέλεσμα αυξημένο κόστος. Για την εξάλειψη του κόστους, λοιπόν χρησιμοποιούνται επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, οι οποίες όταν στεγνώσουν από ενέργεια παρέχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης ώστε να είναι σε θέση και πάλι να προσφέρει στο κύκλωμα. Το τέταρτο κεφάλαιο εμβαθύνει στα συγκεκριμένα ζητήματα. Για την αγορά ή την αντικατάσταση μιας τέτοιας μπαταρίας, ο αγοραστής / κάτοχος πρέπει να είναι σε θέση να αναλύσει την τρέχουσα κατάσταση της μπαταρίας. Σύμφωνα με έρευνες, περίπου το 8% των επαναφορτιζόμενων μπαταριών αφαιρείται ετησίως μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες ή σε 14.000 μονάδες.



Εικόνα 1 : Ποσά ζήτησης επαναφορτιζόμενων μπαταριών στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά την χρονική περίοδο 1997-2012

Στην τρέχουσα μελέτη, ένα τέτοιο σύστημα διάγνωσης παρουσιάζεται στην κατάσταση στην οποία βρίσκεται η εν λόγω μπαταρία, αλλά με χαμηλό κόστος και με τη χρήση ενός μικροελεγκτή (Arduino Uno), ο οποίος είναι επίσης μοναδικός σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ήδη διαθέσιμο στη βιβλιογραφία. Το Κεφάλαιο 5 εμβαθύνει περισσότερο στην εφαρμογή του και στη διευθέτηση των τεχνικών στοιχείων. Για την χρήση της εφαρμογής απαιτείται η εξεταζόμενη μπαταρία όπως να είναι συμβατή με τους τύπους που περιγράφονται στο επόμενο Κεφάλαιο και στον τίτλο της εργασίας και να είναι πλήρως φορτισμένη, πριν τεθεί υπό εξεταζόμενη μέθοδο.

1.2 Λειτουργία μπαταρίας

Η βασική λειτουργία μίας μπαταρίας οτιδήποτε τύπου είναι ίδια για όλους τους τύπους μπαταριών και είναι και το βασικό στάδιο κατασκευής. Αυτά που διαφοροποιούνται είναι τα χημικά που χρησιμοποιούνται, οι αγωγοί, οι ηλεκτρολύτες και το μέγεθος, το οποίο αναλύονται και παρακάτω. Μία μπαταρία, λοιπόν, αποτελείται από τρία κύρια στάδια:

- την άνοδο (-),
- την κάθοδο (+) και
- έναν ηλεκτρολύτη.

Για να προφυλάξουν αυτά τα μέρη οι περισσότερες μπαταρίες έχουν μία εξωτερική προστασία στο οποίο διαστασιολογικά είναι σαν σε μορφή θήκης. Και η άνοδος, όπως και η κάθοδος, λειτουργούν ως ηλεκτρόδια, δηλαδή ως αγωγοί του ηλεκτρισμού

Άνοδος (-)

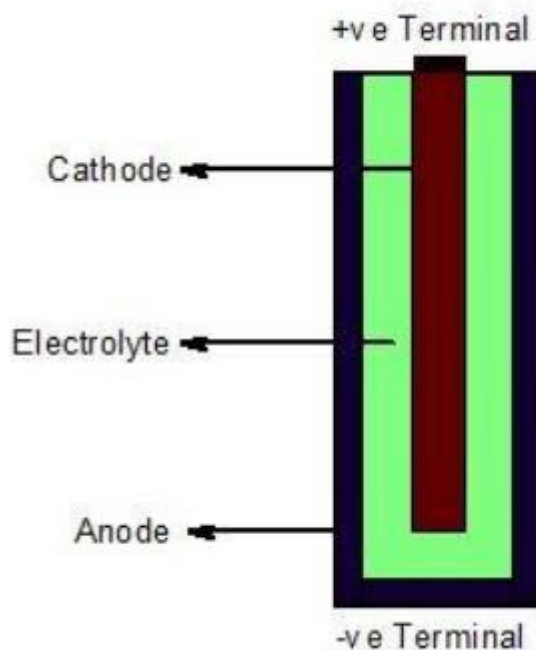
Οι χημικές αντιδράσεις που αναμυγνύονται στο εσωτερικό της μπαταρίας μεταξύ της άνοδου και τον ηλεκτρολύτη έχουν ως αποτέλεσμα να παράγουν ηλεκτρόνια στην άνοδο με αποτέλεσμα μια ηλεκτρική διαφορά μεταξύ της ανόδου και της καθόδου με αποτέλεσμα τα ηλεκτρόνια να θέλουν να μεταβούν από την άνοδο στην κάθοδο, ώστε να επανέλθουν σε κατάσταση ισορροπίας. Όμως τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να περάσουν μέσα από τον ηλεκτρολύτη και παραμένουν «εγκλωβισμένα» στην άνοδο.

Κάθοδος (+)

Εδώ η δημιουργία ηλεκτρονίων στην άνοδο λόγω των χημικών αντιδράσεων προκαλεί τη ζήτηση μίας ποσότητας ηλεκτρονίων στην κάθοδο για την επαναφορά της ισορροπίας, όπως προαναφέρθηκε. Η μόνη διέξοδος των ηλεκτρονίων αυτών, για να μεταβούν από την άνοδο στην κάθοδο, είναι μια εξωτερική σύνδεση, η οποία ονομάζεται (κλειστό) κύκλωμα

Ηλεκτρολύτης

Ο ηλεκτρολύτης είναι η χημική πρόσμιξη συνήθως σε υγρή μορφή ή σε ρευστή η οποία στο όποιο είναι κατα ένα μέρος συνυπευθνη για τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην άνοδο και στην κάθοδο. Βασικό είναι οτι ο ηλεκτρολύτης δυσκολεύει την μεταφορά των ηλεκτρονίων από την άνοδο στην κάθοδο στο εσωτερικό της μπαταρίας, και έτσι χρειάζεται συνήθως εξωτερικό κύκλωμα για να διαρρεύσει το ρεύμα. Λειτουργικά ο ηλεκτρολύτης είναι ένα σημαντικό στοιχείο της μπαταρίας



Εικόνα 2: Κύρια τμήματα της μπαταρίας

1.3 Παραγωγή Μπαταρία Λιθίου

Για την παραγωγή μπαταρίας Λιθίου αναπτύξαμε την ροή παραγωγής μπαταριών Λιθίου ION σε μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στον κόσμο την Meritsun υπό την Meritech Power. Η MeriTech Power είναι ένα τμήμα της JYC Battery Manufacturing που ιδρύθηκε το 1999, το οποίο είναι μια επιχείρηση με γνώμονα τις τεχνολογίες και επικεντρώνεται στο λίθιο για κατασκευή Μπαταριών.

Τα κεντρικά της εταιρείας είναι στην Κίνα στην πόλη Baiyun και από το 1999 έως και σήμερα πρωταγωνιστεί στον τομέα της ενέργειας. Παρακάτω θα δούμε τα στάδια παραγωγής στο οποίο υπάρχουν στο εργοστάσιο μέχρι το τελικό στάδιο για να έρθει στον καταναλωτή.

Στάδια παραγωγής μπαταρίας λιθίου

Το πρώτο στάδιο είναι : Production Proccess

1. Electrolyte Filling
2. Plate automatically Cutting
3. Plate and separator Automatically Stacking
4. Cells Detection
5. Welding
6. Voltage and capacity Grading

Το δεύτερο στάδιο είναι : Battery Assemply Process

1. Battery Assemply

Το τρίτο στάδιο είναι : Separation Celling Batteries

1. BMS
2. LIFE PO4 Cells
3. Lithium Ion Battery Pack
4. 12V LIFE PO4 batteries

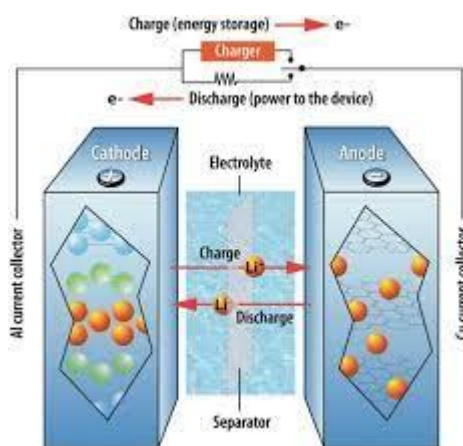
1. Electrolyte Filling

Οι περισσότεροι από τους ηλεκτρολύτες που χρησιμοποιούνται στις εμπορικές μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι μη υδατικά διαλύματα, στα οποία το εξαφθοροφωσφορικό άλας λιθίου (LiPF6) διαλυμένο σε οργανικά ανθρακικά άλατα, ειδικότερα, μίγματα

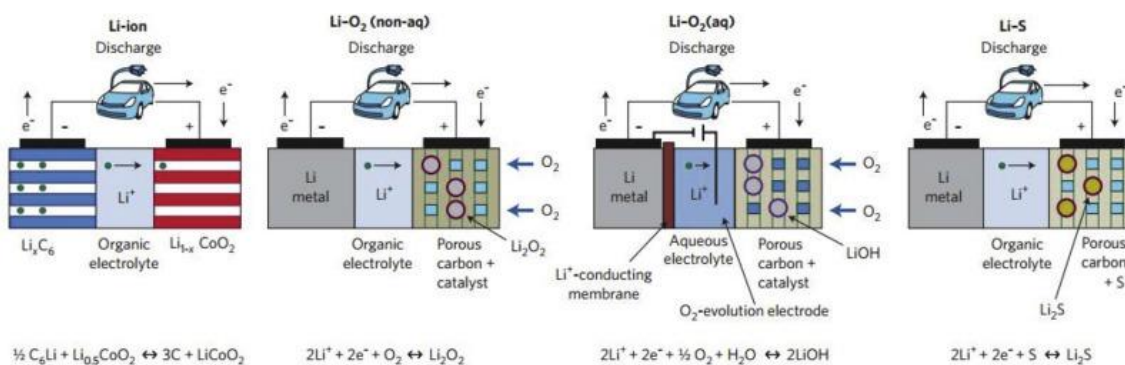
ανθρακικού αιθυλενίου (EC) με ανθρακικό διμεθυλεστέρα (DMC), ανθρακικό προπυλένιο (PC), ανθρακικός δισουλφικός (DEC)



Εικόνα 3: Παραγωγή στο στάδιο Ηλεκτρόλυσης στο εργοστάσιο Merisun



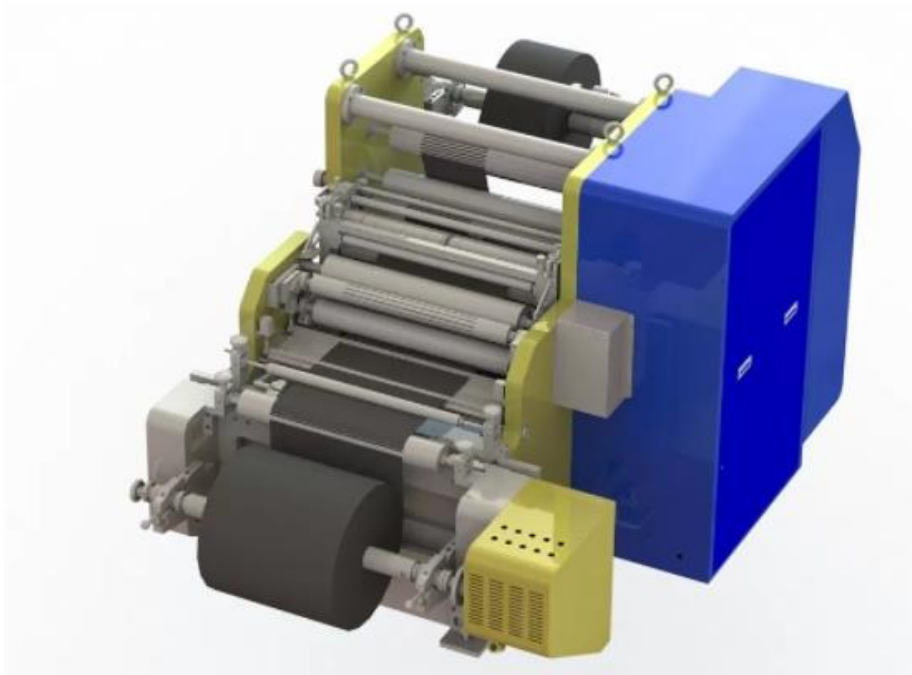
Εικόνα 4: Βασική διαδικασία ηλεκτρόλυσης



Εικόνα 5: Ηλεκτρόλυση σε είδη μπαταριών

2.Plate automatically Cutting

Το μηχάνημα κοπής και βουρτσίσματος πλακών που αποτελείται από δύο πάνελ είναι το πιο πρόσφατο αυτόματο μηχάνημα της εταιρείας μας. Αυτό το μηχάνημα είναι εξειδικευμένο στην κοπή της πλάκας, στο βούρτσισμα της ωτίδας και του πλαισίου της πλάκας. Το μηχάνημα υιοθετεί την κυλιόμενη κοπή, μπορεί να τελειώσει αυτόματα την ωτίδα βουρτσίσματος, την ωτίδα κοπής, την πλάκα κοπής και το πλαίσιο βουρτσίσματος. Χρειάζονται μόνο δύο χειριστές για να ολοκληρωθεί η όλη διαδικασία. Το πλεονέκτημα του μηχανήματος είναι το περιβάλλον, η υψηλή αποτελεσματικότητα, η υψηλή ακρίβεια και το μικρότερο ποσοστό απόρριψης. Το μηχάνημα είναι εύκολο στη χρήση. Είναι το ιδανικό μηχάνημα για την κατασκευή της πλάκας από το εργοστάσιο μπιταριών.



Εικόνα 6: Plate automatically Cutting Μηχάνημα Αυτόματης κοπής

3. Plate and separator Automatically Stacking

Μηχάνημα περιτύλιξης και στοίβαξης με διαχωριστή PE δηλαδή με υδραυλικό διαχωριστή, ισχύει για την περιτύλιξη της πλάκας με διαχωριστή PE και τη στοίβαξη των πλακών μετά την περιτύλιξη σε ομάδα. Είναι από τα βασικά στάδια παραγωγής αλλά και διαχώρισης που γίνεται αυτοματοποιημένα πάντα με επίβλεψη υπεύθυνου παραγωγής για την σωστή λειτουργία και της μεθόδου αλλά και την συντήρηση του μηχανήματος.



Εικόνα 7: Μηχάνημα αυτόματης στοίβαξης και με πλάκα -διαχωριστικό

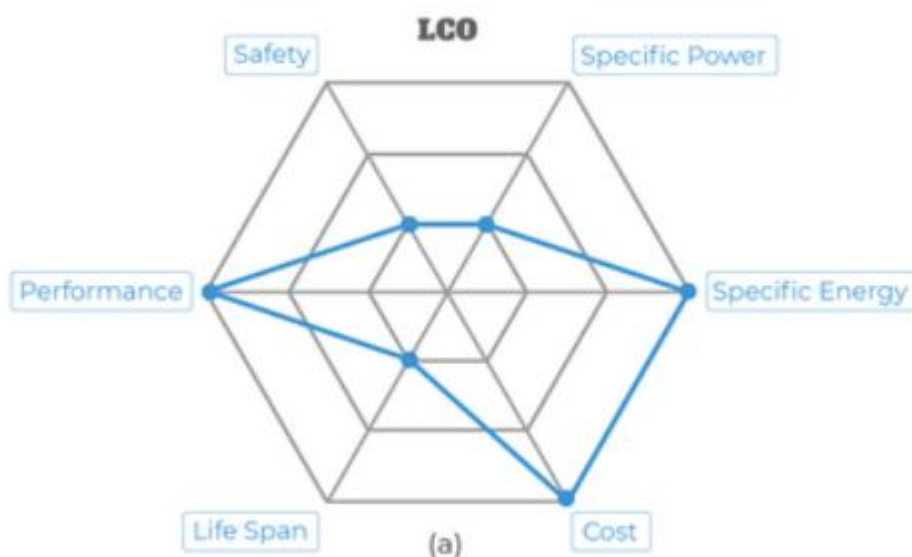
2^ο Κεφάλαιο

2.1

Είδη μπαταριών Λιθίου

1) LCO

Οι μπαταρίες οξειδίου του κοβαλτίου λιθίου (LCO) έχουν υψηλή ειδική ενέργεια αλλά χαμηλή ειδική ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν καλή απόδοση σε εφαρμογές υψηλού φορτίου, αλλά μπορούν να παρέχουν ισχύ για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι μπαταρίες LCO έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε μικρά φορητά ηλεκτρονικά είδη όπως κινητά τηλέφωνα, tablet, φορητούς υπολογιστές και κάμερες. Ωστόσο, λόγω του υψηλού κόστους του κοβαλτίου και των ανησυχιών για την ασφάλεια, χάνουν τη δημοτικότητά τους υπέρ άλλων μπαταριών λιθίου



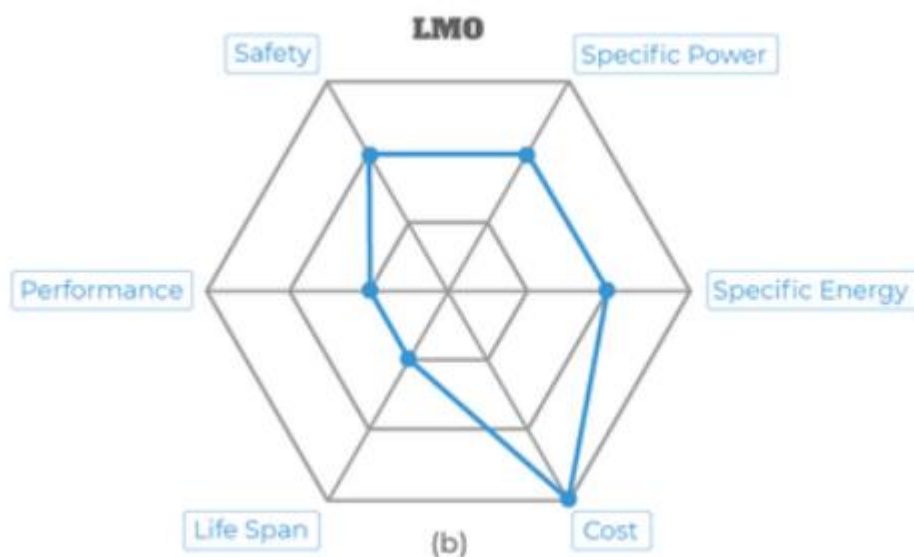
Πλεονεκτήματα

Το βασικό πλεονέκτημα των μπαταριών LCO είναι η υψηλή ειδική ενέργειά τους. Αυτό τους επιτρέπει να παρέχουν ισχύ για μια σχετικά μεγάλη περίοδο σε εφαρμογές χαμηλού φορτίου.

2) LMO

Οξείδιο του μαγγανίου λιθίου

Οι μπαταρίες οξειδίου του μαγγανίου λιθίου (LMO) χρησιμοποιούν οξείδιο του μαγγανίου λιθίου ως υλικό καθόδου. Αυτή η χημεία δημιουργεί μια τρισδιάστατη δομή που βελτιώνει τη ροή ιόντων, μειώνει την εσωτερική αντίσταση και αυξάνει την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος ενώ βελτιώνει τη θερμική σταθερότητα και ασφάλεια. Οι μπαταρίες LMO βρίσκονται συνήθως σε φορητά ηλεκτρικά εργαλεία, ιατρικά όργανα και ορισμένα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα.



Πλεονεκτήματα

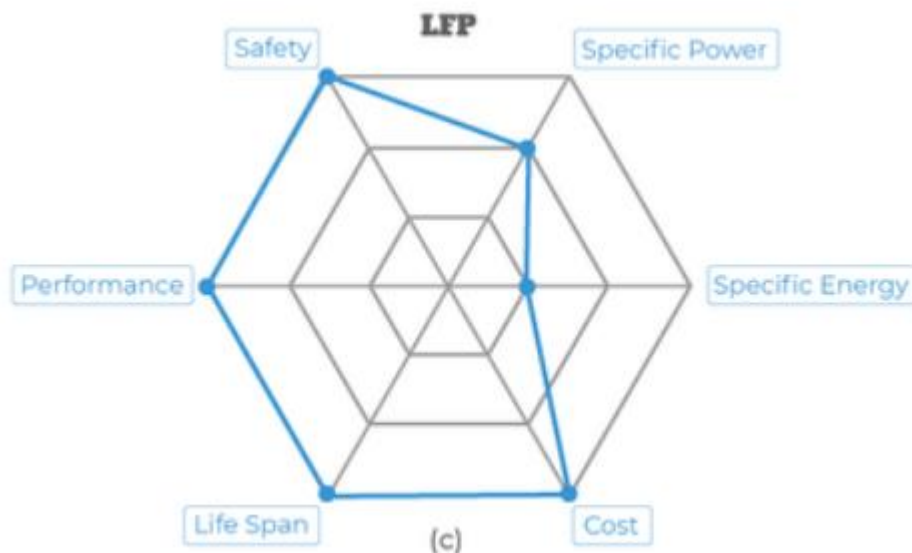
Οι μπαταρίες LMO φορτίζονται γρήγορα και παρέχουν υψηλή ειδική ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να παρέχουν υψηλότερο ρεύμα από τις μπαταρίες LCO, για παράδειγμα. Προσφέρουν επίσης καλύτερη θερμική σταθερότητα από τις μπαταρίες LCO, που σημαίνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν με ασφάλεια σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ένα άλλο πλεονέκτημα των μπαταριών LMO είναι η ευελιξία τους. Ρυθμίζοντας την εσωτερική χημεία, οι μπαταρίες LMO μπορούν να βελτιστοποιηθούν για εφαρμογές υψηλού φορτίου ή μεγάλης διάρκειας ζωής.

3) LFP

Φωσφορικό λίθιο σίδηρο

Οι μπαταρίες φωσφορικού σιδήρου λιθίου (LFP) χρησιμοποιούν φωσφορικό άλας ως υλικό καθόδου και ένα ηλεκτρόδιο άνθρακα γραφίτη ως άνοδο. Οι μπαταρίες LFP έχουν μεγάλο κύκλο ζωής με καλή θερμική σταθερότητα και ηλεκτροχημική απόδοση.

Οι κυψέλες μπαταρίας LFP έχουν ονομαστική τάση 3,2 βολτ, επομένως μια σειριακή σύνδεση τεσσάρων στοιχείων δημιουργεί μια μπαταρία 12,8 βολτ. Αυτό καθιστά τις μπαταρίες LFP τον πιο συνηθισμένο τύπο μπαταριών λιθίου για την αντικατάσταση μπαταριών βαθέως κύκλου μολύβδου-οξέος.



Πλεονεκτήματα:

Οι μπαταρίες φωσφορικού σιδήρου λιθίου έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που τις καθιστούν μία από τις πιο δημοφιλείς επιλογές για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Ωστόσο, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι η ανθεκτικότητα, η μεγάλη διάρκεια ζωής και η ασφάλεια.

4) NMC

Οξειδίο κοβαλτίου νικελίου λιθίου μαγγανίου

Οι μπαταρίες λιθίου-νικελίου-μαγγανίου-οξειδίου του κοβαλτίου (NMC) συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των τριών κύριων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στην κάθοδο: Νικέλιο, Μαγγάνιο και Κοβάλτιο. Το νικέλιο από μόνο του έχει υψηλή ειδική ενέργεια, αλλά δεν είναι σταθερό. Το μαγγάνιο είναι εξαιρετικά σταθερό, αλλά έχει χαμηλή ειδική ενέργεια. Ο συνδυασμός αυτών των στοιχείων οδηγεί σε μια σταθερή χημεία με υψηλή ειδική ενέργεια. Παρόμοια με τις μπαταρίες LMO, οι μπαταρίες NMC είναι δημοφιλείς στα ηλεκτρικά εργαλεία καθώς και σε ηλεκτρονικά τρένα για ηλεκτρονικά ποδήλατα, σκούτερ και ορισμένα ηλεκτρικά οχήματα.

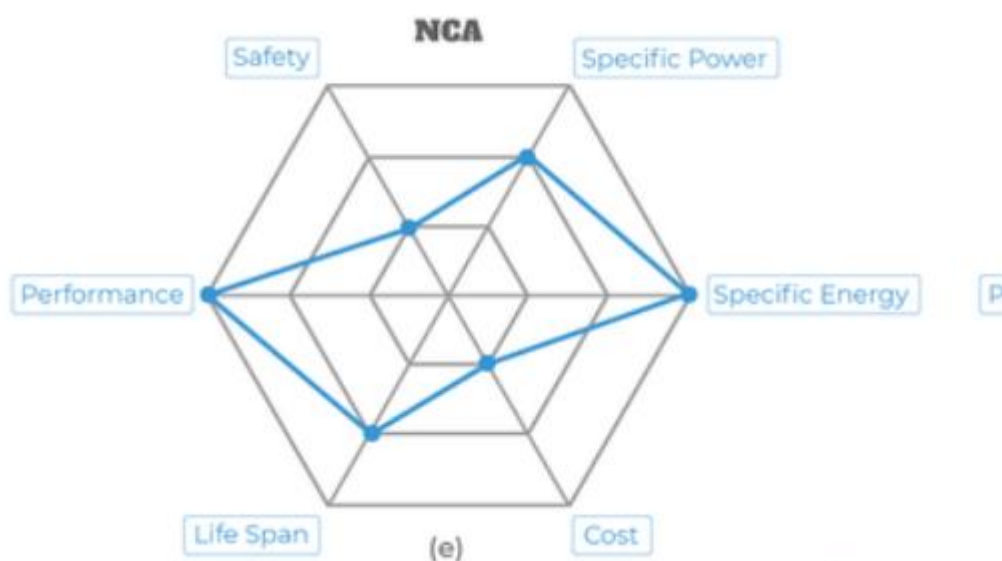
Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα των μπαταριών NMC περιλαμβάνουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής με χαμηλότερο κόστος από τις μπαταρίες με βάση το κοβάλτιο. Έχουν επίσης υψηλότερη θερμική σταθερότητα από τις μπαταρίες LCO, γεγονός που τις καθιστά ασφαλέστερες συνολικά.

5) NCA

Οξειδίο αλουμινίου λιθίου νικελίου κοβαλτίου

Οι μπαταρίες λιθίου-νικελίου-κοβαλτίου-οξειδίου αλουμινίου (NCA) παρέχουν υψηλή ειδική ενέργεια με λογική ειδική ισχύ και μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να παρέχουν σχετικά υψηλή ποσότητα ρεύματος για μεγάλες χρονικές περιόδους. Λόγω της ικανότητάς τους να προσφέρουν μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας υπό υψηλό φορτίο, οι μπαταρίες NCA είναι πολύ δημοφιλείς στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Συγκεκριμένα, η NCA είναι η μπαταρία της επιλογής για την Tesla.



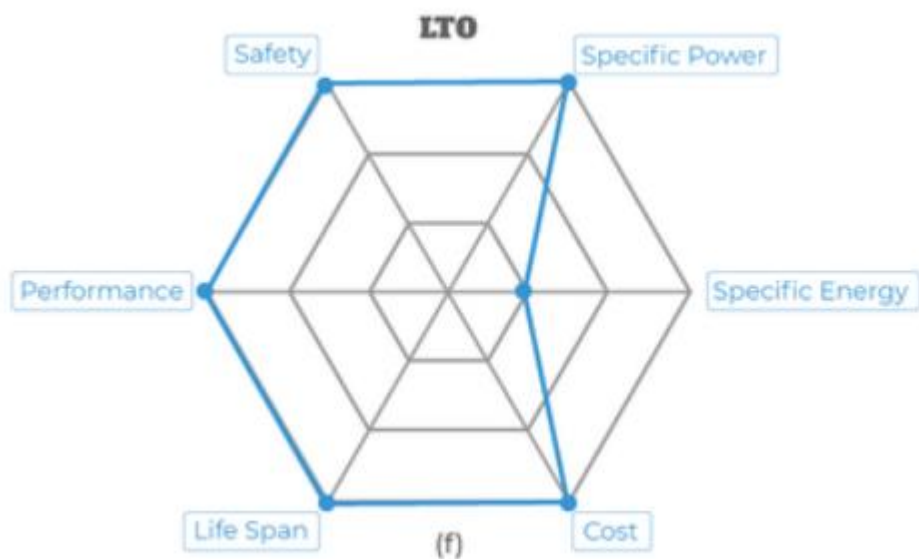
Πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα των μπαταριών NCA είναι η υψηλή ενέργεια και η λογική διάρκεια ζωής.

6) LMO

Τιτανικού λιθίου

Όλοι οι τύποι μπαταριών λιθίου που συζητήθηκαν μέχρι τώρα είναι μοναδικοί στη χημική σύνθεση του υλικού της καθόδου. Οι μπαταρίες τιτανικού λιθίου (LTO) αντικαθιστούν τον γραφίτη στην άνοδο με τιτανικό λίθιο και χρησιμοποιούν LMO ή NMC ως χημεία καθόδου. Το αποτέλεσμα είναι μια εξαιρετικά ασφαλής μπαταρία μεγάλης διάρκειας που φορτίζει γρηγορότερα από οποιονδήποτε άλλο τύπο μπαταρίας λιθίου. Οι μπαταρίες LTO χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Ηλεκτρικά οχήματα και σταθμοί φόρτισης, αδιάλειπτα τροφοδοτικά, αποθήκευση αιολικής και ηλιακής ενέργειας, ηλιακός φωτισμός δρόμων, συστήματα τηλεπικοινωνιών και αεροδιαστημικός και στρατιωτικός εξοπλισμός είναι μερικές μόνο από τις περιπτώσεις χρήσης.



Πλεονεκτήματα

Οι μπαταρίες LTO προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως γρήγορη φόρτιση, εξαιρετικά ευρύ φάσμα θερμοκρασιών λειτουργίας, μεγάλη διάρκεια ζωής και εξαιρετική ασφάλεια λόγω της σταθερότητάς τους.

2.2

Cells Detection (Συστήματα διάγνωσης Κελίων μπαταρίας)

Η συγκεκριμένη ανίχνευση κελιών γίνεται για να εντοπίσει στην περίπτωση που υπάρχουν ορισμένοι τύποι κυψελών σε μια εικόνα εισόδου και να τα εντοπίσει λάθη ή ρωγμές ώστε για να αποκλείεται από τα επόμενα στάδια παραγωγής. Έχει σημαντικό

ενδιαφέρον για ένα ευρύ φάσμα εργασιών ιατρικής απεικόνισης και κλινικών εφαρμογών. Σε εργοστάσιο παραγωγής μπαταρίας χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξούσας πορείας κατανάλωσης μπαταριών λιθίου.

Στα κελιά Li-ion που δημιουργούνται σε μία μη φορτισμένη κατάσταση κι έτσι φορτίζονται πριν από τη χρήση τους. Τα συγκεκριμένα κελιά Li-ion φορτίζονται είτε με φόρτιση σταθερού ρεύματος είτε φόρτιση που αλλάζει από σταθερό ρεύμα σε σταθερή τάση τύπου φόρτισης (Constant Current-Constant Voltage). Αυτό το σύστημα φόρτισης γίνεται μέσω της χρήσης της κυκλωματικής διαχείρισης της μπαταρίας. Σε σχετικά μικρούς βαθμούς φόρτισης, το σύστημα CC προσεγγίζει το σύστημα CCCV γιατί το κελί είναι πλήρως φορτισμένο όταν επιτευχθεί το ανώτατο όριο τάσης. Στα κελιά Li-ion μπορούν να έχουν ανεπανόρθωτα σφάλματα είτε από την υπερφόρτιση ή υπερ-εκφόρτιση, και μπορούν να βγάλουν αέρια αν υπερφορτιστούν. Γι αυτό το λόγο, οι μπαταρίες συνήθως χρησιμοποιούν ένα σύστημα διαχείρισης διάγνωσης της μπαταρίας (Battery Management System η αλλιώς B.M.S.) ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία και να αποφευχθεί τυχόν φαινόμενο υπερφόρτισης. Αυτό το σύστημα μπορεί να προσφέρει και επιπλέον λειτουργίες, όπως επιτήρηση της κατάστασης φόρτισης και θερμοκρασίας έτσι οι εταιρείες παραγωγής προτιμούν φόρτιση με μικρά ρεύματα (μικρότερα από 0.1C) αν η τάση του κελιού πέσει κάτω από 2.5 V. Τα κελιά Li-ion κατασκευάζονται σε μη φορτισμένη κατάσταση κι έτσι πρέπει να φορτιστούν πριν από τη χρήση τους. Τα Li-ion κελιά φορτίζονται είτε χρησιμοποιώντας φόρτιση σταθερού ρεύματος (Constant Current- CC), είτε χρησιμοποιώντας φόρτιση η οποία αλλάζει από φόρτιση σταθερού ρεύματος σε φόρτιση σταθερής τάσης (Constant Current-Constant Voltage- CCCV). Αυτό το σύστημα φόρτισης επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης του κυκλώματος διαχείρισης της μπαταρίας. Σε μικρούς βαθμούς φόρτισης το σύστημα σταθερού ρεύματος κλίνει το σύστημα CCCV γιατί στο κελί θα είναι πλήρως φορτισμένο όταν επιτευχθεί το άνω όριο τάσης. Τα κελιά Li-ion μπορούν να υποβαθμιστούν ανεπανόρθωτα από την υπερφόρτιση ή την υπερ-εκφόρτιση, και μπορούν να εκλύσουν αέρια αν υπερφορτιστούν. Για αυτό το λόγο, οι μπαταρίες συνήθως χρησιμοποιούν ένα σύστημα διαχείρισης της μπαταρίας (Battery Management System η αλλιώς BMS) έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία και να αποφευχθεί τυχόν φαινόμενο υπερφόρτισης. Αυτό το σύστημα μπορεί να προσφέρει και επιπλέον λειτουργίες, όπως επιτήρηση της κατάστασης φόρτισης αλλά και επιτήρηση της θερμοκρασίας. Αρκετές εργοστασιακές εταιρείες προτιμούν φόρτιση σε μικρό ρεύμα (μικρότερα από 0.2C) αν για παράδειγμα η τάση του κελιού είναι κάτω από 2.6 V.



Εικόνα 8 : Battery Management System

Οι μπαταρίες λιθίου ως στοιχεία κατασκευής έχουν από μια ένωση λιθίου στο ένα τους ηλεκτρόδιο παρουσιάζοντας, μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας ως προς τον όγκο τους και βάρος.

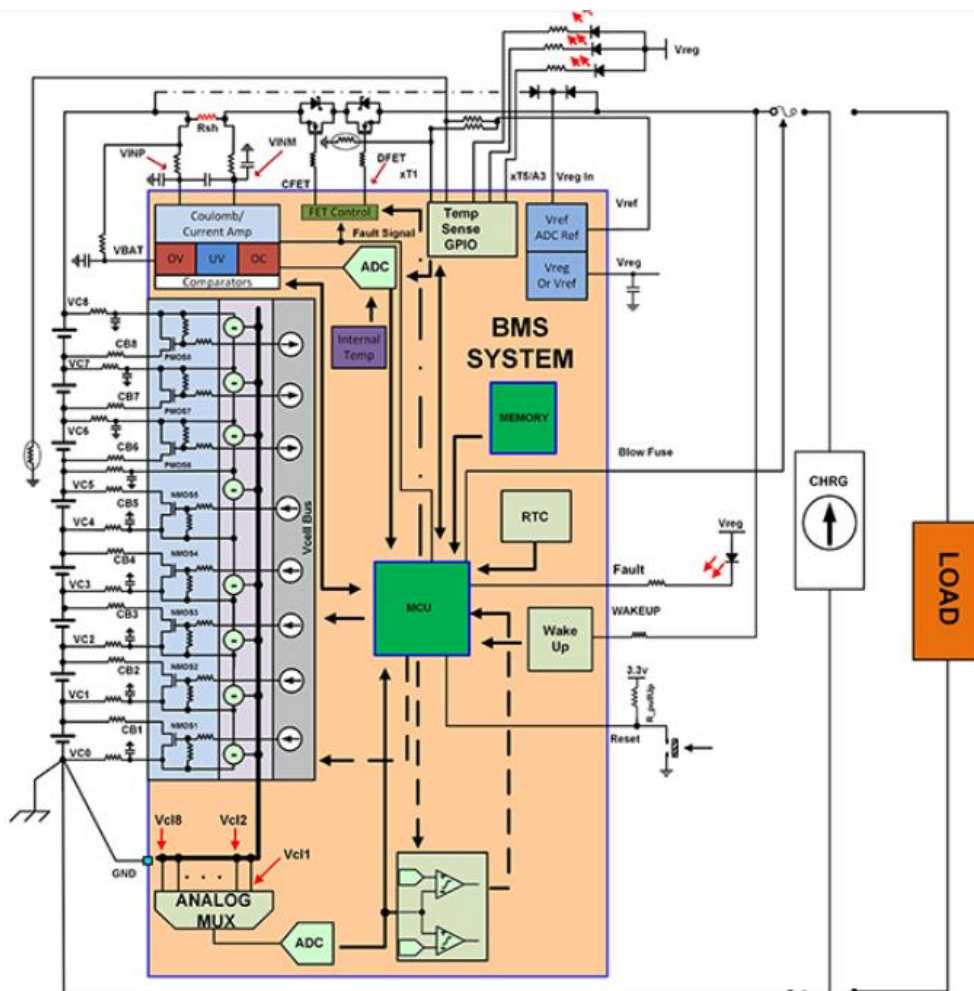
ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	LI-ION	NI-CD	NI-MH
ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (W-HR/KG)	90	50	55
ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (W-HR/L)	210	140	180

Πίνακας 1 : Σύγκριση τύπου μπαταρίας με πυκνότητα

Λειτουργία B.M.S

Η ομαδοποίηση λειτουργικών μέρων δημιουργείται κανονικά από ένα αναλογικό μπροστινό άκρο, όπως το ISL94208 που προσφέρει εξισορρόπηση και παρακολούθηση και απαιτεί μικροελεγκτή, έως μια αυτόνομη ολοκληρωμένη λύση που λειτουργεί

αυτόνομα. Για να εξετάσουμε το σκοπό και την τεχνολογία πίσω από κάθε λειτουργία, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κατασκευαστικής τεχνολογίας.



Εικόνα 9 :Ολική αρχιτεκτονική διαχείρισης συστήματος διάγνωσης μπαταρίας

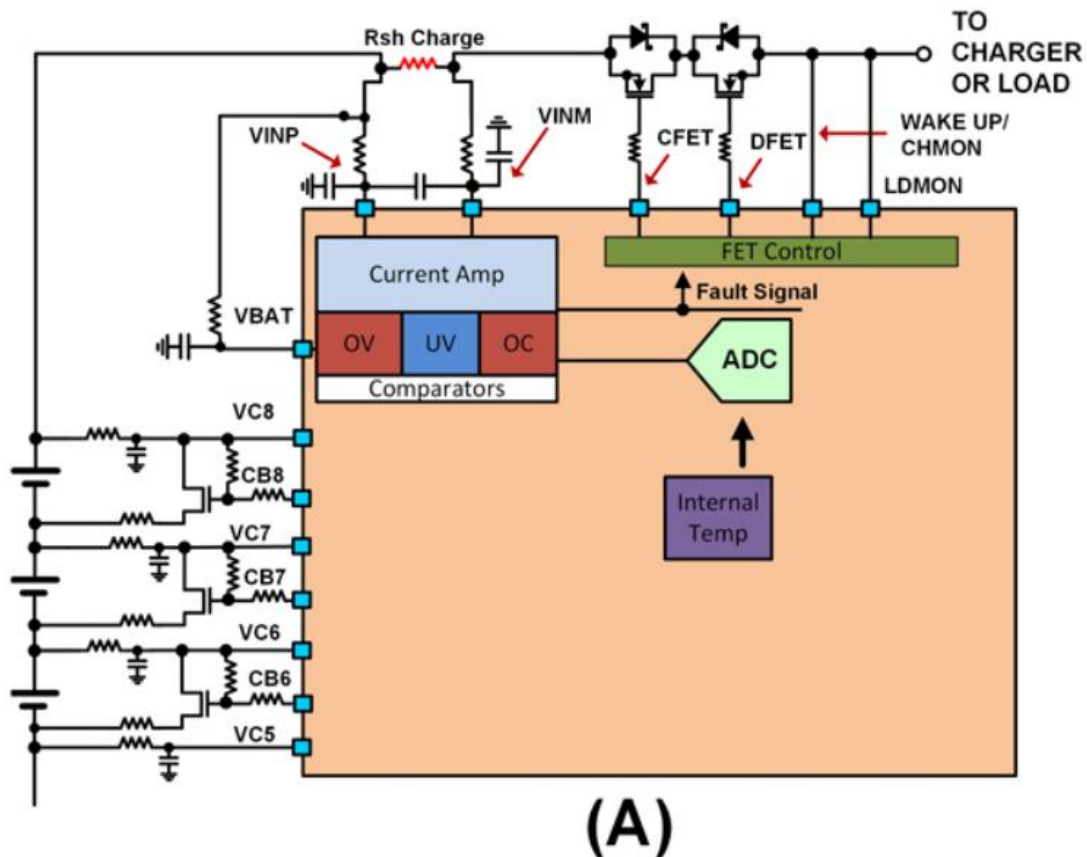
Πηγή gr.dsnsolar.com

Αποκοπή FETs και οδηγός FET

Ένα λειτουργικό προγράμματος οδήγησης FET είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση και την απομόνωση της μπαταρίας μεταξύ του φορτίου και του φορτιστή. Η διαδρομή του FET βασίζεται σε σχετικές μετρήσεις είτε από τάσεις κυψελών, η μετρήσεις ρεύματος και τα κυκλώματα ανίχνευσης γίνονται πραγματικό χρόνο. Η εικόνα που απεικονίζει το Β μέρος δλδ δύο διαφορετικούς τύπους συνδέσεων FET μεταξύ του φορτίου και του φορτιστή και της μπαταρίας.

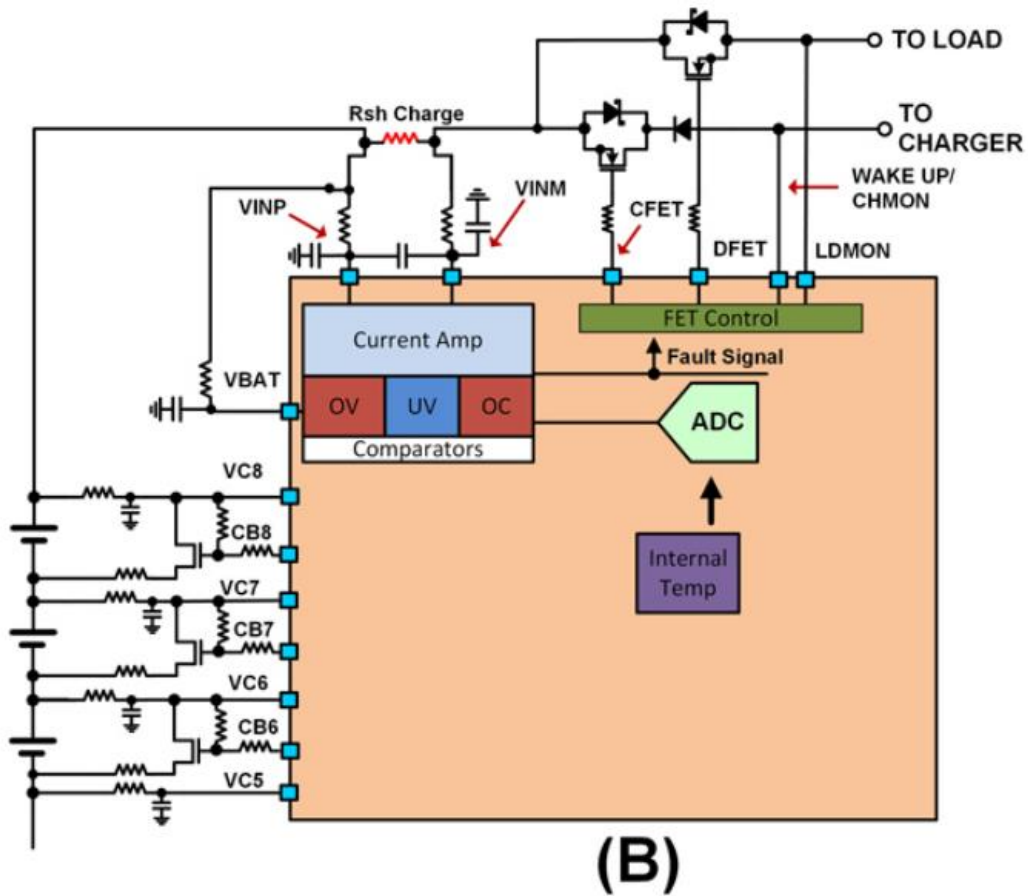
Η εικόνα Α απαιτεί τον μικρότερο αριθμό συνδέσεων στην μπαταρία και περιορίζει τις λειτουργίες μίας μπαταρίας για φόρτιση, εκφόρτιση ή σε διακοπή λειτουργίας. Η τρέχουσα κατεύθυνση ροής και η συμπεριφορά μιας συγκεκριμένης δοκιμής σε πραγματικό χρόνο που καθορίζουν την κατάσταση της μπαταρίας.

2. Εμφανίζονται σχήματα FET αποκοπής για μία σύνδεση μεταξύ του φορτίου και του φορτιστή (Α) και μια σύνδεση δύο τερματικών που επιτρέπει την ταυτόχρονη φόρτιση και εκφόρτιση (Β).



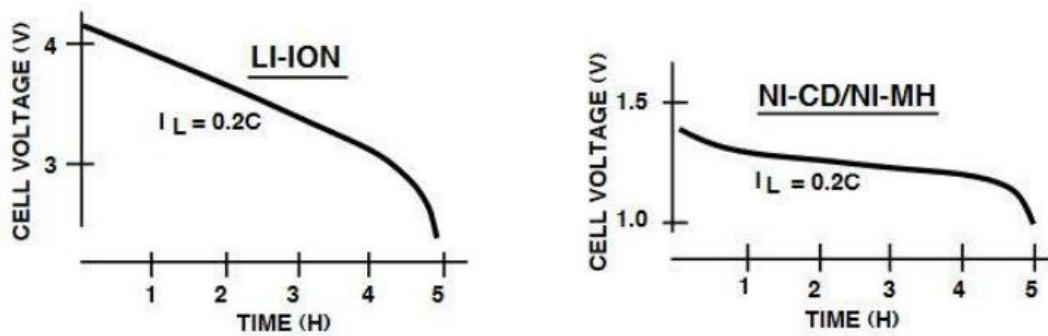
Εικόνα 10 :Αρχιτεκτονική διαχείρισης συστήματος διάγνωσης μπαταρίας

Πηγή gr.dsnsolar.com



Εικόνα 11 : Αρχιτεκτονική διαχείρισης συστήματος διάγνωσης μπαταρίας

Πηγή gr.dsnsolar.com



Γράφημα 1 : Καμπύλη εκφόρτισης σε κάθε τύπο

2.3

Λόγοι Αντικατάστασης Μπαταρίας Λιθίου

Στην συγκεκριμένη κατηγορία για τους λόγους που μια μπαταρία λιθίου δεν μπορεί να καταναλωθεί περαιτέρω, λόγω βλάβης είναι οι εξής:

1.Απώλεια Ηλεκτρολύτη

Αυτό γίνεται όταν μία μπαταρία υπερφορτίζεται συνεχώς χωρίς διακοπή ή με μικρά χρονικά διαστήματα. Αυτό έχει και ως κίνδυνο η μπαταρία να “φουσκώσει” λόγω είτε αύξηση πίεσης στο εσωτερικό της μπαταρίας και αύξηση θερμοκρασίας με αποτέλεσμα συστολής των χημικών στοιχείων π.χ νικέλιου. Εφόσον η φόρτιση γίνεται με την σωστή χρήση του κατασκευαστή δεν θα παρουσιαστεί αυτό το φαινόμενο. Τα τελευταία χρόνια στις μπαταρίες λιθίου πιο αναπτυγμένης τεχνολογίας υπάρχει και διακόπτης διακοπής της φόρτισης στην περίπτωση αύξησης της πίεσης που προαναφέραμε για να μην υπάρξει η συγκεκριμένη βλάβη.

2.Κυψέλες

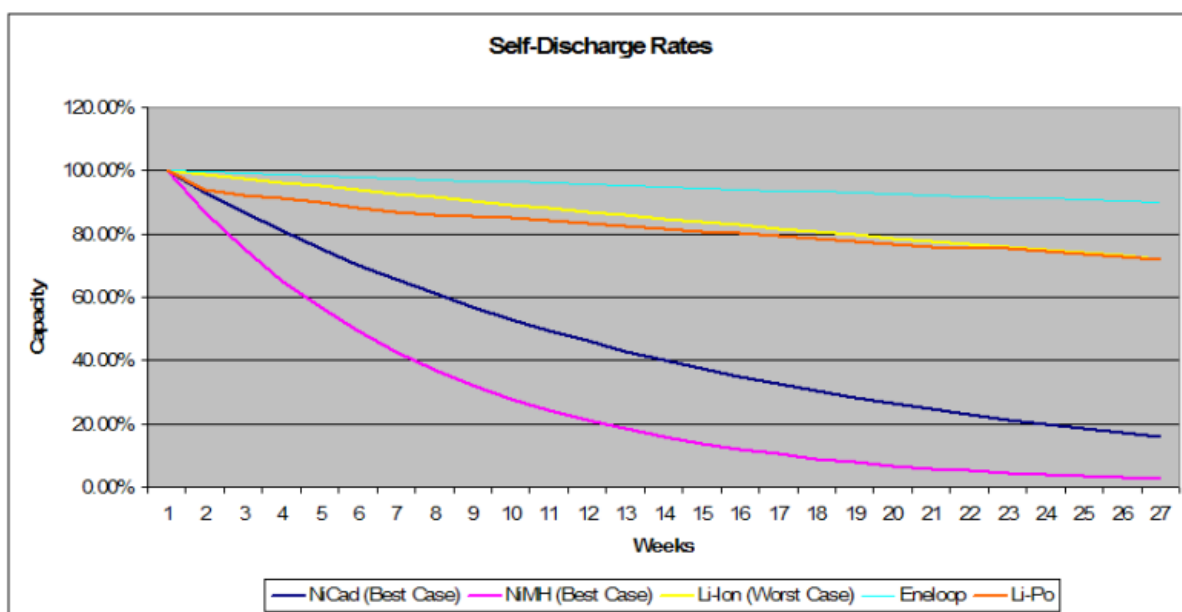
Όταν κατασκευάζεται μία μπαταρία οι κυψέλες χωρητικότητας της κάθε μπαταρίας μπορεί να έχουν μία μικρή απόκλιση (κατασκευαστικό λάθος) ακόμα και με τις μοντέρνες τεχνικές κατασκευής. Οι κυψέλες σε ένα πακέτο θα πρέπει να είναι +/- 2.5% ταιριασμένες ειδικά σε πακέτα με μεγάλο πλήθος κυψελών και σε πακέτα που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. μακροζωία των μπαταριών συνδέεται άμεσα με τις καλά ισορροπημένες κυψέλες του πακέτου. Είναι, λοιπόν, πολύ σημαντική για την απόδοση ενός πακέτου το ταιρίασμα των κυψελών ως προς τα Volt και την χωρητικότητά τους. Αν υπάρχει μία κυψέλη με πρόβλημα σε χωρητικότητα η κατασκευή πιθανόν με τη φόρτιση να έχει τελειώσει πρώτο, και να περάσει στην περίπτωση της υπερφόρτισης και έτσι παράγει περίσσια θερμότητα, ενώ το ισχυρό κελί φορτίζεται ακόμα. Από την άλλη πλευρά, αν το αδύναμο κελί εκφορτιστεί σε μεγαλύτερο βαθμό από όσο πρέπει, εγκυμονεί ο κίνδυνος αντιστροφής της πολικότητας. Για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν αναπτυχθεί εσωτερικά προστατευτικά συστήματα και δεν υπάρχει σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα αυτό.

3. Βραχυκύκλωση

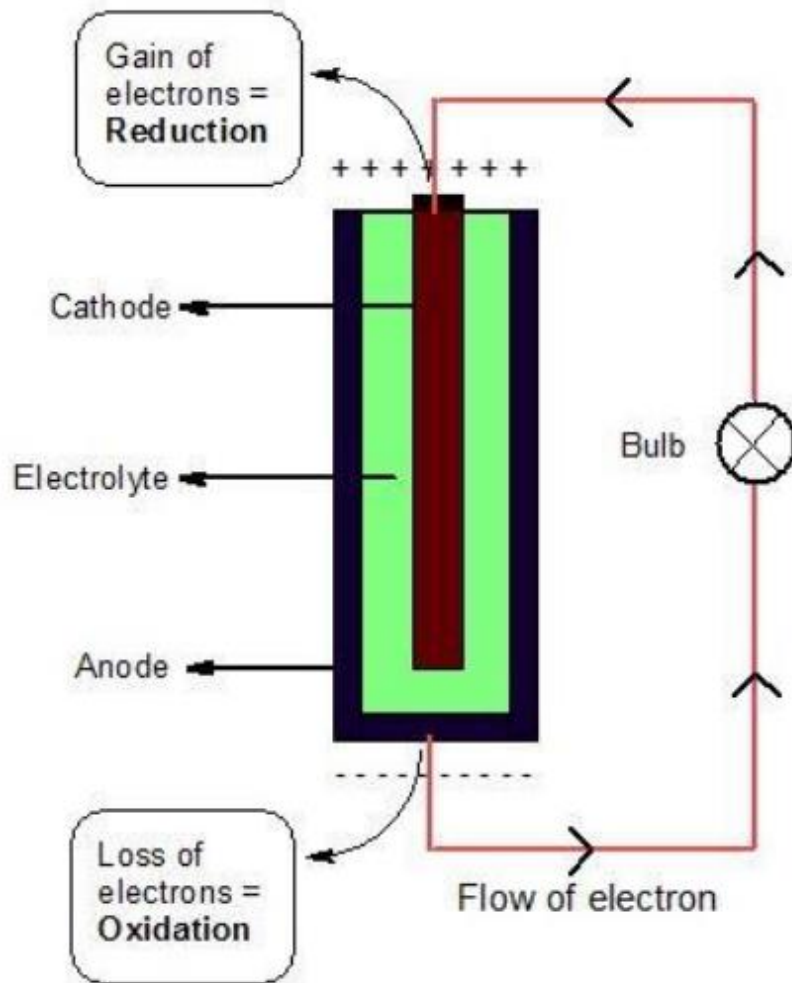
Αυτό γίνεται απο ενα ισχυρό ρεύμα αντίστροφο δηλαδη με μεγάλη τάση πάνω απο το επιτρεπόμενο όριο στο οποίο είναι αντίστροφο.Αυτό παρουσιάζει το ουσιώδες θέμα της πολικότητας και δημιουργεί μία μόνιμη ζημία στην μπαταρία., με εμφάνιση μεγάλου ρυθμού εκφόρτισης.

4.Αυτοεκφόρτιση

Εδω πάλι παρουσιάζεται μεγάλος αριθμος εκφορτισης και αυτό γίνεται όταν οι μπαταρίες λιθίου είναι αδρανείς.Στο παρακάτω σχήμα θα δούμε λεπτομερειακά πως απο την εκφόρτιση παρουσιάζεται η αυτοεκφόρτιση στην περίοδο του χρόνου,



Γράφημα 2: Ρυθμοί εκφόρτισης μπαταρίας Λιθίου



Γραφημα 3 Φόρτισης μπαταρίας λιθίου

Η μονάδα ανίχνευσης του ηλεκτρικού οχήματος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση της ασφάλειας του οχήματος, επειδή μπορεί να εμφανίζει δεδομένα συστήματος μπαταρίας, όπως τάση, ρεύμα και θερμοκρασία, σε πραγματικό χρόνο. Είναι ευρέως γνωστό ότι τα κύρια σφάλματα ενός ηλεκτρικού οχήματος επηρεάζονται από την τάση, το ρεύμα και τη θερμοκρασία των μπαταριών. Επομένως, αυτές οι τρεις παράμετροι επιλέχθηκαν ως δεδομένα εισόδου για τη δημιουργία του μοντέλου διάγνωσης σφαλμάτων.

2.4

Μέθοδος διάγνωσης σφαλμάτων για πακέτα μπαταριών ιόντων λιθίου με χρήση βελτιωμένου νευρωνικού δικτύου RBF

Όταν παρουσιάζονται σφάλματα στις μπαταρίες, ο δίαυλος δικτύου περιοχής ελεγκτή (CAN) του συστήματος διαχείρισης μπαταριών στέλνει αμέσως τα δεδομένα σφάλματος (τάση, ρεύμα και θερμοκρασία) στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Στη συνέχεια, η κεντρική μονάδα ελέγχου ταξινομεί τις πληροφορίες σφάλματος από το δίαυλο CAN σε διαφορετικά επίπεδα σφάλματος με βάση τον τύπο και τη σοβαρότητα του σφάλματος. Με βάση τις απαιτήσεις ασφαλείας του οχήματος, οι πληροφορίες σφάλματος συστήματος μπαταρίας χωρίζονται πάντα σε τέσσερα επίπεδα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα

Fault levels	Management techniques
I	Alarming
II	Power reduction
III	Stopping the car
IV	Cutting off the high voltage

Πίνακας 2 Τεχνικές σε λάθος επίπεδα

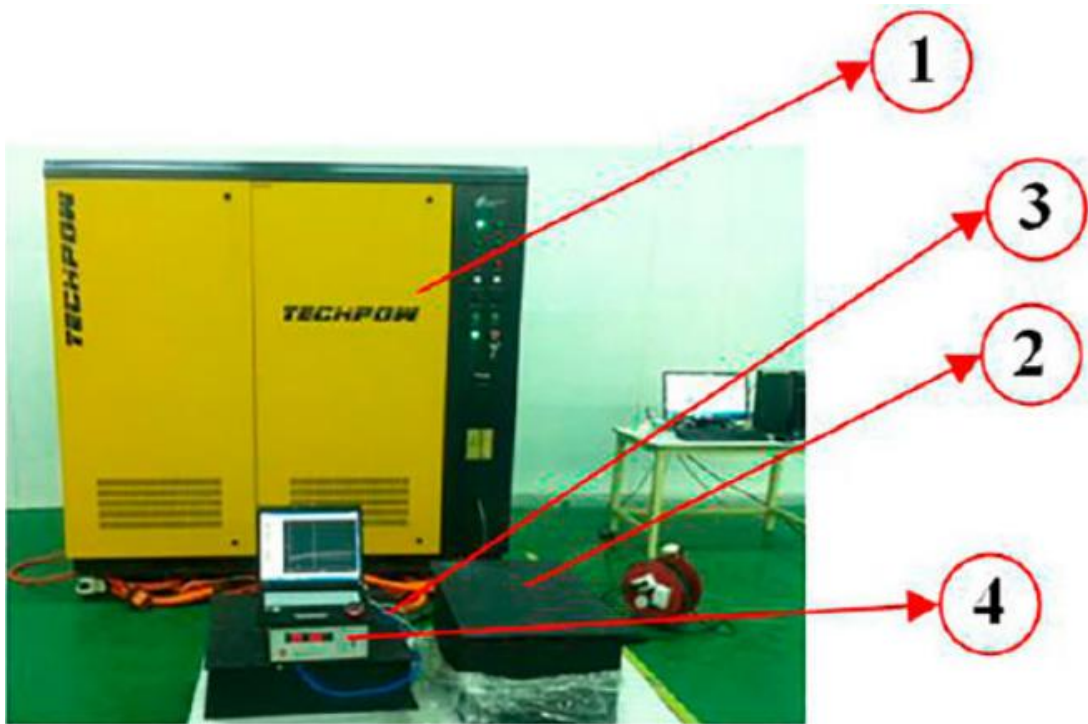
1) Ο ελεγκτής φόρτισης και εκφόρτισης μπαταρίας ήταν ένας έξυπνος ελεγκτής φόρτισης και εκφόρτισης TECHPOW που μπορούσε να αναλύσει την ανάδραση ενέργειας κατά τη φόρτιση και την εκφόρτιση της μπαταρίας και να προσομοιώσει διάφορες συνθήκες του οχήματος για να αξιολογήσει την απόδοση της μπαταρίας. Η τάση DC αυτού του ελεγκτή κυμαινόταν από 0 έως 1500 V και το ρεύμα κυμαινόταν από 0 έως 400 A.

2) Το σετ μπαταριών που δοκιμάστηκε ήταν ένα σετ μπαταριών 352 V / 100 Ah χωρισμένο σε δύο κουτιά και συνδεδεμένο σε σειρά.

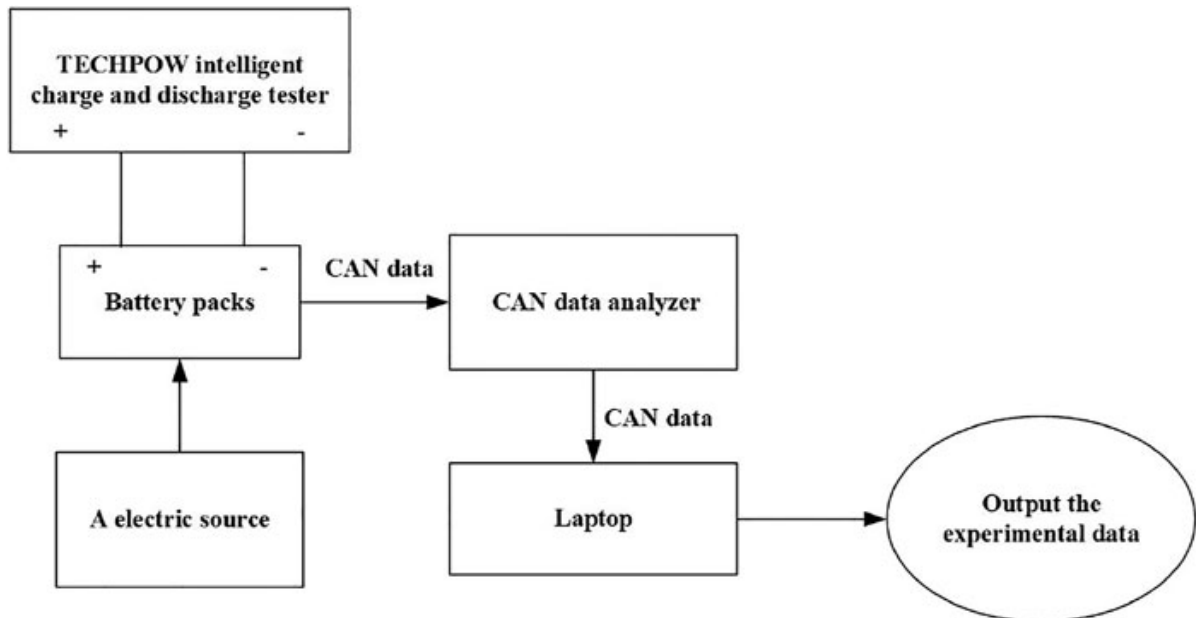
3) Ένας αναλυτής δεδομένων CAN χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων από τον εσωτερικό αισθητήρα της μπαταρίας.

4) Χρησιμοποιήθηκε σταθεροποιημένη τάση 12 V για την τροφοδοσία του συστήματος διαχείρισης της μπαταρίας.

5) Χρησιμοποιήθηκε φορητός υπολογιστής για τη συλλογή και εμφάνιση των πειραματικών δεδομένων.



Εικόνα 12 Ο εξοπλισμός δοκιμής της μπαταρίας φωσφορικού σιδήρου λιθίου.



Εικόνα 13 Η συγκεκριμένη λειτουργία σύνδεσης για τον εξοπλισμό δοκιμής.

Έξι παράμετροι της μπαταρίας επιλέχθηκαν ως δεδομένα εισόδου, τα επίπεδα σφάλματος ορίστηκαν ως δεδομένα εξόδου για το νευρωνικό δίκτυο. Για να συζητήσετε το σφάλμα τάσης της μπαταρίας, θα πρέπει να συζητηθεί η τάση της μπαταρίας και της μονής μπαταρίας αντίστοιχα. Λόγω των επιμέρους διαφορών στην παραγωγή και την εφαρμογή των μπαταριών, η συνολική τάση της μπαταρίας μπορεί να είναι σε λογικό εύρος, ενώ η τάση μιας μεμονωμένης μπαταρίας είναι μη φυσιολογική. Επομένως, το σύστημα θα πρέπει να παρακολουθεί την τάση της μπαταρίας και μιας μπαταρίας ταυτόχρονα. Η μέθοδος συλλογής δεδομένων μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

1) Μονής τάσης (L1 και L2)

Το εύρος της τάσης φόρτισης για την απλή τάση φωσφορικού σιδήρου λιθίου είναι από 2,0 έως 3,65 V. Η τάση φόρτισης ορίστηκε από 2,4 έως 3,25 V. Για την τάση ανώτερου ορίου, η τάση για τη διάγνωση σφάλματος ήταν 3,7 V όταν η πραγματική μπαταρία Η τάση που συλλέχθηκε χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα ήταν 3,3 V. Το επίπεδο σφάλματος για αυτήν την κατάσταση υποδηλώνεται όχι. Το επίπεδο σφάλματος για αυτήν

την κατάσταση υποδηλώνεται Νο. II. Επειδή η τάση για το Επίπεδο IV ήταν πολύ υψηλή, η τιμή σφάλματος επιλέχθηκε τυχαία σε κάποιο βαθμό.

2) Τάση μπαταρίας (L3 και L4)

Η τάση της μπαταρίας των συστοιχιών μπαταριών φωσφορικού σιδήρου λιθίου κυμαίνεται από 275 έως 401,5 V. Λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, υιοθετήθηκε μια τάση πακέτου μπαταριών 315–361,5 V. Για την τάση ανώτερου ορίου της μπαταρίας, η τάση διάγνωσης σφάλματος ήταν 410 V όταν η πραγματική τάση της μπαταρίας που καταγράφηκε από τον αισθητήρα ήταν 450 V. Η στάθμη σφάλματος για αυτήν την κατάσταση σημειώνεται Νο. I. Για το κατώτερο όριο, η τάση διάγνωσης σφάλματος ήταν 203 V όταν η πραγματική τάση της μπαταρίας που συλλέχθηκε χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα ήταν 243 V. Το επίπεδο σφάλματος για αυτήν την κατάσταση υποδηλώνεται Νο. III. Η τιμή σφάλματος επιλέχθηκε επίσης τυχαία, καθώς το εύρος τάσης για το επίπεδο σφάλματος III ήταν ευρύ.

3) Ρεύμα εκφόρτισης της μπαταρίας (L5)

Η δοκιμαστική μπαταρία είναι ένα πακέτο μπαταριών όπου λαμβάνονται υπόψη τόσο η ισχύς όσο και η ενέργεια, επομένως ο ρυθμός εκφόρτισης έως και 10 C (για χρόνο μικρότερο από 10 δευτερόλεπτα) δεν ενέχει δυνητικούς κινδύνους για την ασφάλεια. Οι τιμές που καταγράφονται από τον τρέχοντα αισθητήρα είναι τιμές μέτρησης. Λόγω του μεγάλου φάσματος τιμών ρεύματος για σφάλματα κατηγορίας IV, η τιμή σφάλματος επιλέγεται τυχαία σύμφωνα με το εύρος.

4) Θερμοκρασία της μπαταρίας (L6)

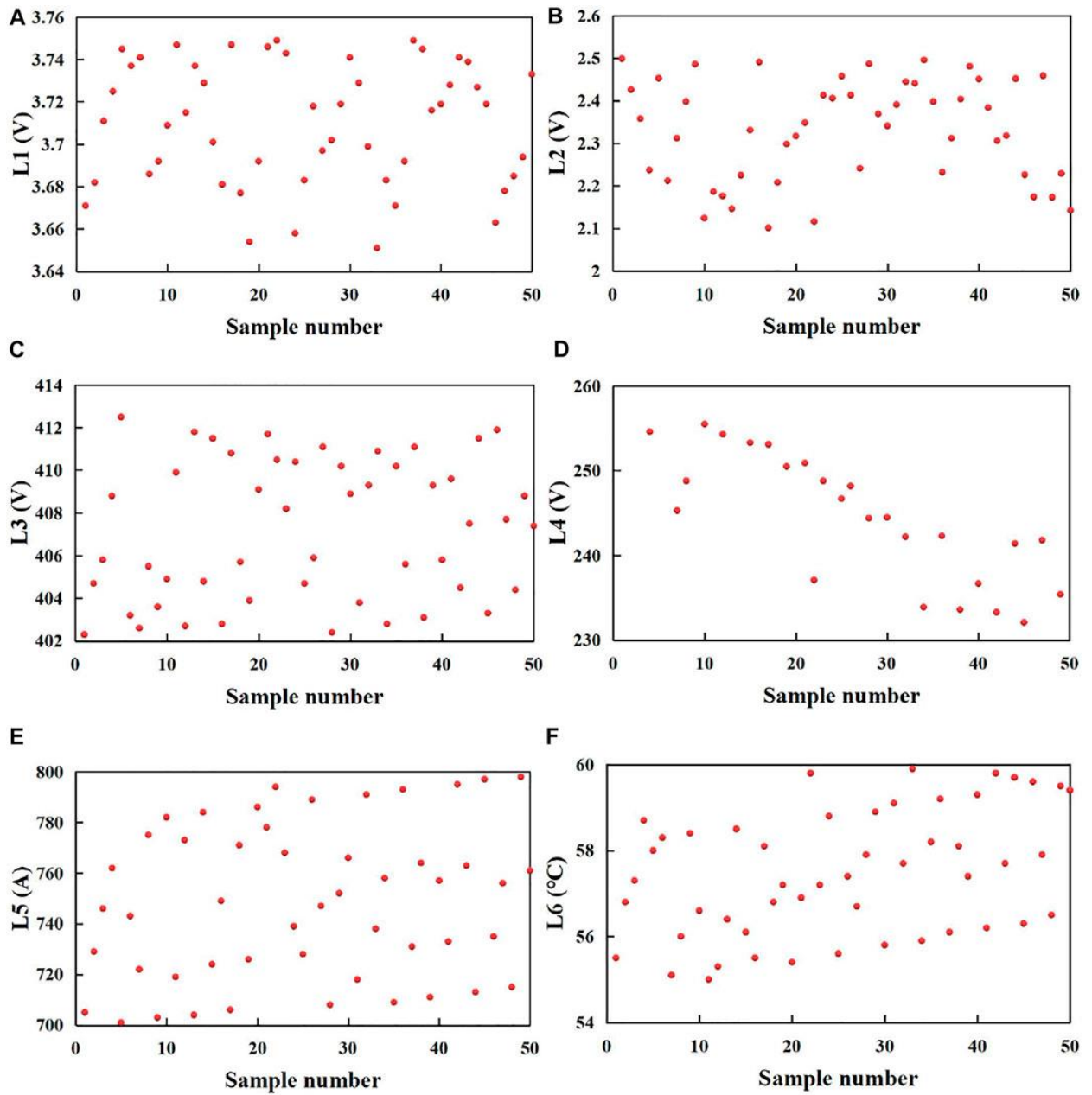
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία 298,15 K και πίεση 101,325 kPa. Το ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης στο εσωτερικό της μπαταρίας χρησιμοποιείται για να κάνει τον αισθητήρα θερμοκρασίας μέσα στη μπαταρία να ανιχνεύει την τιμή θερμοκρασίας

που φτάνει τα όρια σφάλματος. Δεδομένου ότι το εύρος τιμών θερμοκρασίας των σφαλμάτων κατηγορίας IV είναι ευρύ, η τιμή σφάλματος επιλέγεται τυχαία σύμφωνα με το εύρος.

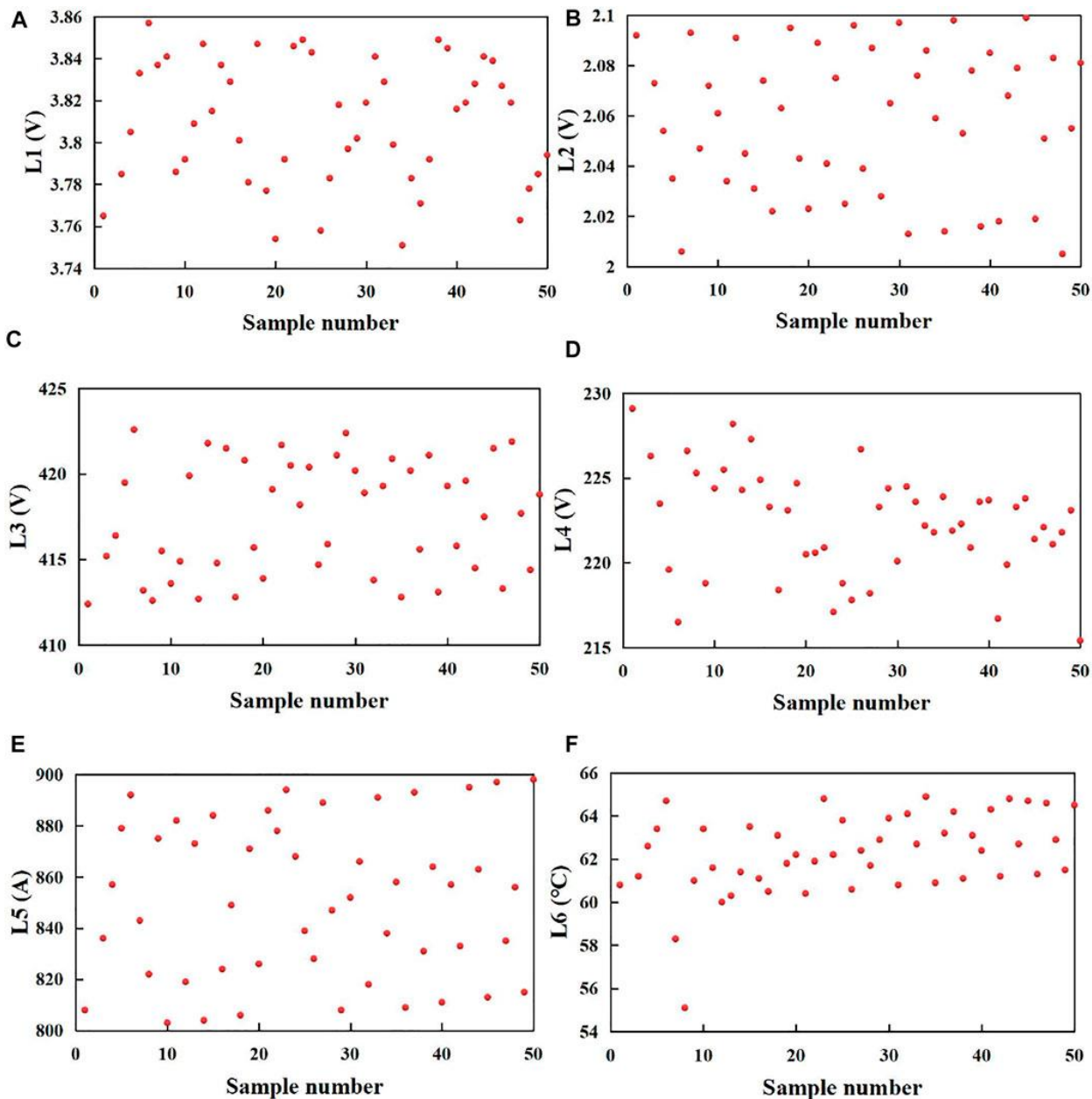
Με βάση τις απαιτήσεις σχεδιασμού του ηλεκτρικού οχήματος και την απόδοση της μπαταρίας φωσφορικού σιδήρου λιθίου, οι περιοχές παραμέτρων για όλα τα επίπεδα σφάλματος ορίστηκαν όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Οι μέγιστες και ελάχιστες μεμονωμένες τιμές τάσης, L1 και L2, χρησιμοποιήθηκαν για ελέγχουν τις διαδικασίες φόρτισης και εκφόρτισης, αντίστοιχα. Οι λειτουργίες φόρτισης και εκφόρτισης σταμάτησαν όταν η τάση έφτασε τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές, αντίστοιχα. Η μέγιστη τάση της μπαταρίας L3 χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της διαδικασίας φόρτισης και η ελάχιστη τάση της μπαταρίας L4 χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της διαδικασίας εκφόρτισης της μπαταρίας. Το ρεύμα εκφόρτισης της μπαταρίας χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο του ρεύματος εκφόρτισης της μπαταρίας. Η θερμοκρασία της μπαταρίας χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της τιμής θερμοκρασίας της μπαταρίας κατά τη φόρτιση και την εκφόρτιση. Πενήντα δείγματα δεδομένων επιλέχθηκαν τυχαία σε κάθε χρονικό σημείο του πειράματος. Τα Σχήματα 3 μέχρι 6 δείχνουν τα δεδομένα δοκιμής που ελήφθησαν με τις παραπάνω πειραματικές συσκευές για διαφορετικά επίπεδα σφάλματος.

Levels	Parameters	I	II	III	IV
L1	Maximum single-voltage (V)	(3.65, 3.75]	(3.75, 3.85]	(3.86, 3.95]	>3.95
L2	Minimum single-voltage (V)	[2.1,2.5)	[2.0, 2.1)	[1.9, 2.0)	<1.9
L3	Maximum voltage of battery pack (V)	(401.5, 412.5]	(412.6, 422.5]	(422.6, 432.5]	>432.5
L4	Minimum voltage of battery pack (V)	[231,275)	[215, 230)	[200, 215)	<200
L5	Discharge current of battery pack (A)	(700, 800]	(800, 900]	(900, 1,000]	>1,000
L6	Temperature of battery pack (°C)	(55, 60]	(60, 65]	(65, 70]	>70

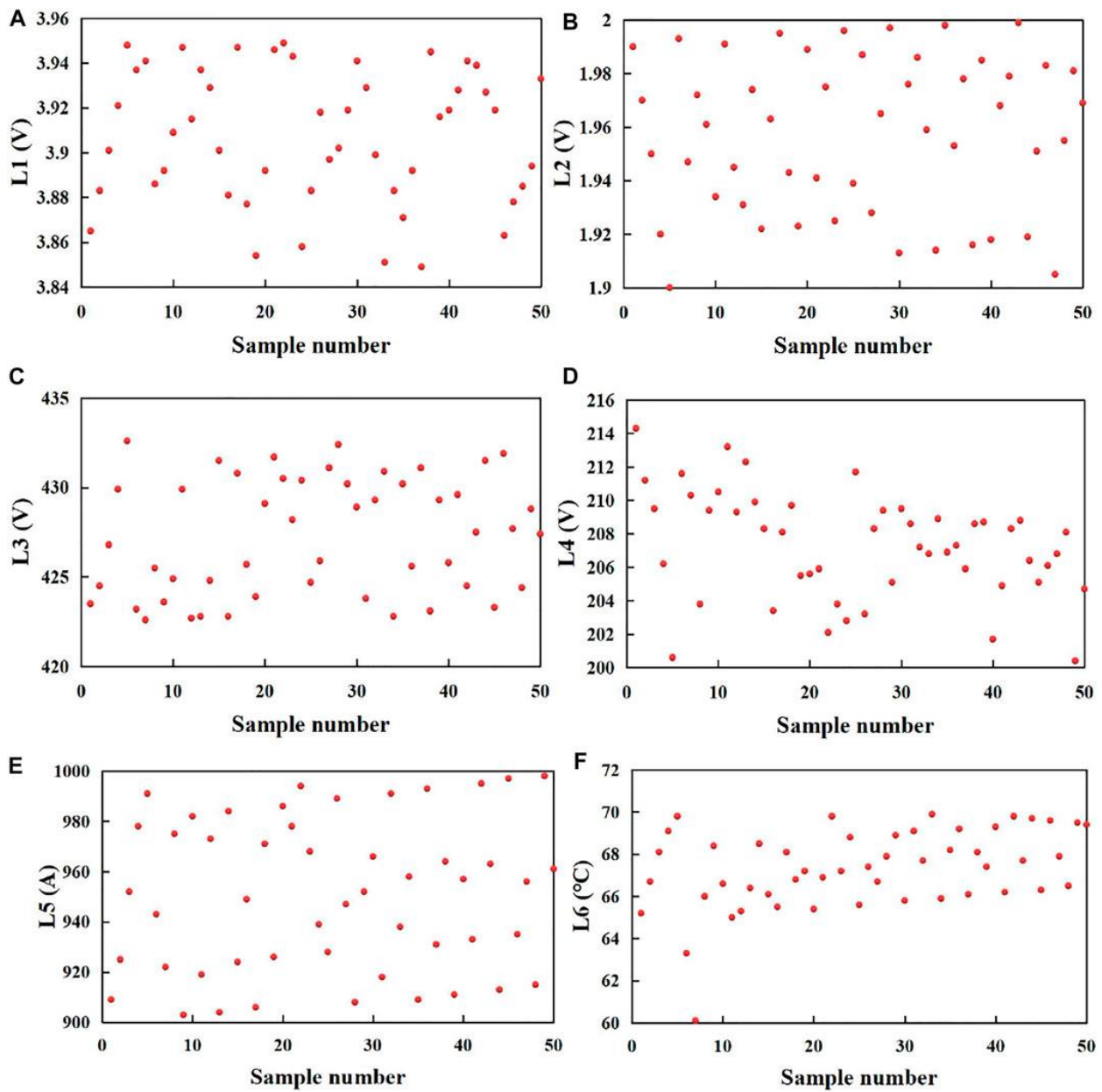
Πίνακας 3 Τα επίπεδα σφάλματος και το αντίστοιχο εύρος των διαφόρων παραμέτρων.



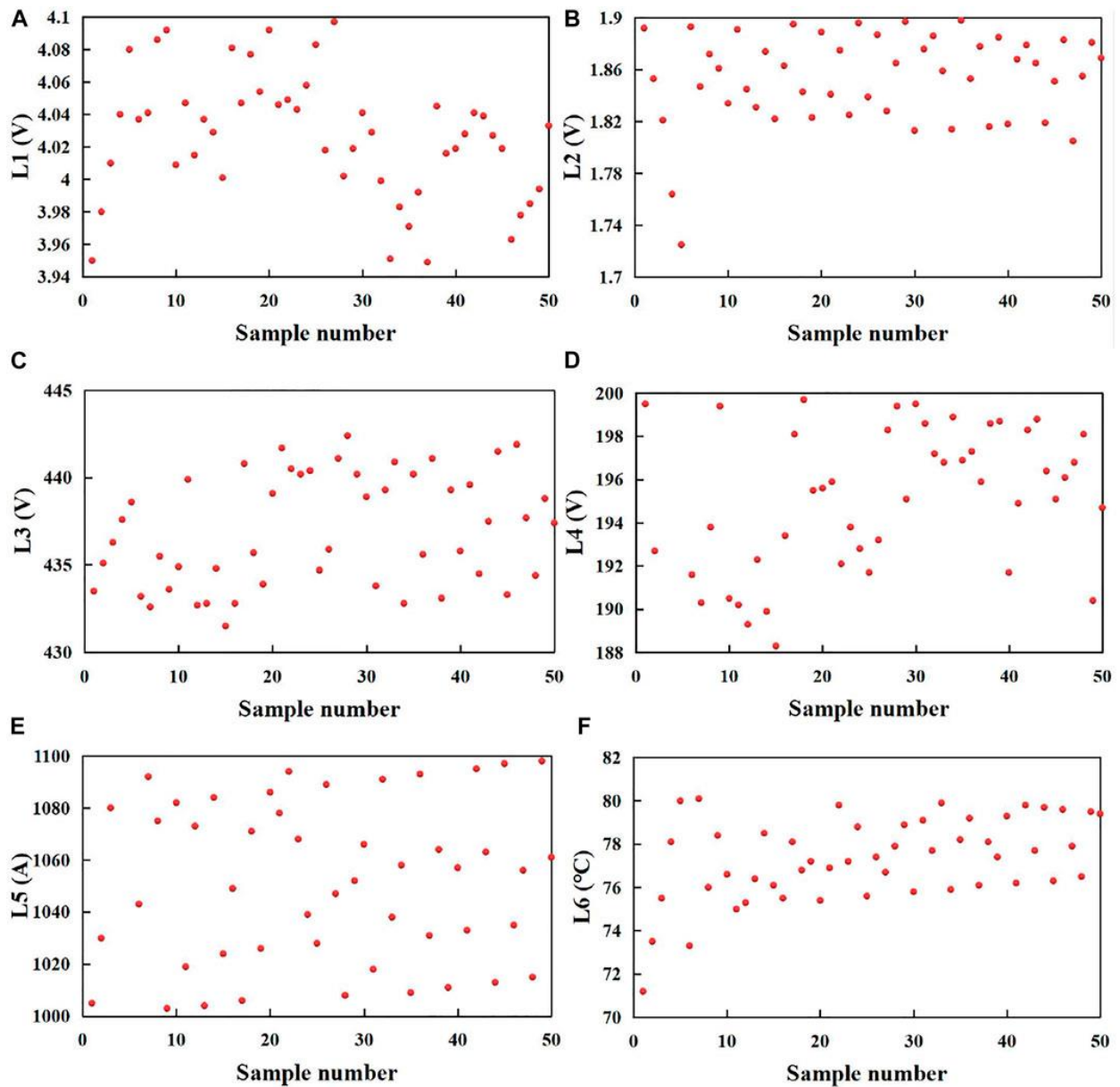
Γράφημα 4 Δείγματα απο το επίπεδο ενα



Γράφημα 5 Δείγματα απο το επίπεδο δύο



Γράφημα 6 Δείγματα απο το επίπεδο τρία



Γράφημα 7 Δείγματα απο το επίπεδο τέσσερα

Νευρωνικά δίκτυα

Το νευρωνικό δίκτυο RBF είναι ένα τυπικό νευρωνικό δίκτυο τριών επιπέδων τροφοδοσίας που αναπτύχθηκε από τον Powell το 1985. Είναι ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος για την πρόβλεψη διαφόρων δεδομένων σε διαφορετικούς τομείς. Με την ταχεία ανάπτυξη των τεχνικών μηχανικής μάθησης, ο βελτιωμένος αλγόριθμος RBF μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης δεδομένων, καθώς και τους αλγόριθμους GRNN και PNN. Σε αυτή τη μελέτη, αυτοί οι δύο αλγόριθμοι

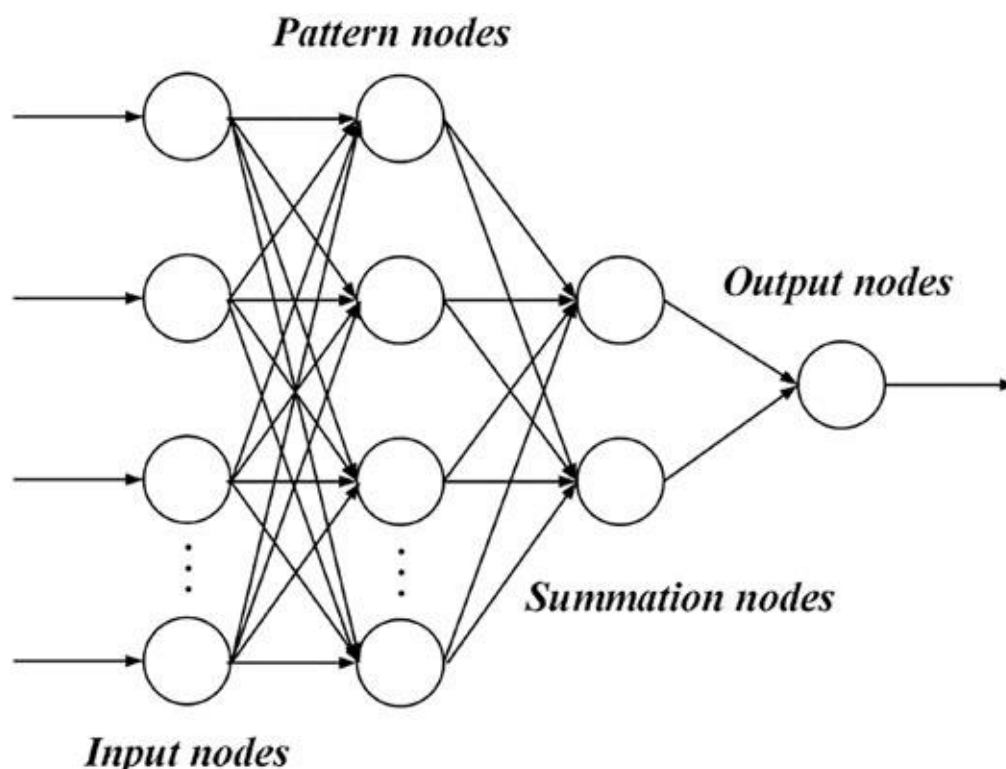
χρησιμοποιήθηκαν για τη διάγνωση των πληροφοριών σφάλματος για μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Το GRNN είναι ένα βελτιωμένο μοντέλο της μεθόδου RBF που αναπτύχθηκε από τον Specht (1991). Μπορεί να επιτύχει καλύτερες λύσεις από το νευρωνικό δίκτυο RBF, ειδικά για μαθηματικά προβλήματα με μη γραμμικότητα που απαιτούν λιγότερα δείγματα. Η δομή του μοντέλου GRNN φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα με τα τέσσερα στρώματα. Η συνάρτηση Gaussian χρησιμοποιείται για τη λήψη της τιμής εξόδου από το κρυφό στρώμα (Zhang, 2019):

$$o_i = \exp \left(- \frac{(x-x_i)^T(x-x_i)}{2\delta^2} \right)$$

Η συνάρτηση Gauss

Όπου $i = 1, 2, \dots, m$. x είναι η τιμή εισόδου και το x_i είναι το κέντρο του i ου νευρικού. δ είναι η εκτεταμένη ταχύτητα.



Εικόνα 14 Το κατασκευαστικό μοντέλο του GRNN Νευρωνικού δικτύου (Specht, 1991; Ghritlahre and Prasad, 2018).

Η μέθοδος PNN χρησιμοποιεί την εκτίμηση της συνάρτησης πυκνότητας και τη θεωρία Bayes για να προσεγγίσει τα δεδομένα εξόδου (Song, 2020). Περιλαμβάνει επίσης ένα επίπεδο εισόδου, ένα στρώμα προτύπου, ένα στρώμα αθροίσματος και ένα στρώμα εξόδου, όπως η δομή νευρωνικού δικτύου GRNN στο Σχήμα 7. Η είσοδος και η έξοδος στο στρώμα προτύπων του αλγορίθμου PNN μπορούν να εκφραστούν ως εξής (Ni, 2014):

$$\vartheta_{ij}(p) = \frac{1}{(2\pi)^{0.5d} \sigma^d} e^{-\frac{(p-p_{ij})^T (p-p_{ij})}{2\sigma^2}}$$

Αλγόριθμος PNN

όπου $i = 1, 2, \dots, n$. \mathbf{d} είναι η διάσταση ενός δειγματοληπτικού χώρου. σ είναι ο εξομαλυντικός παράγοντας.

Αποτελέσματα διάγνωσης σφαλμάτων και συζητήσεων.

Για τον έλεγχο της ακρίβειας των νευρωνικών δικτύων, τα τελευταία πέντε δείγματα για κάθε επίπεδο σφάλματος επιλέχθηκαν ως δείγματα δοκιμής και τα πρώτα 45 δείγματα χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εκπαίδευσης στα Σχήματα 3 μέχρι 6.

Ρύθμιση παραμέτρων για τα νευρωνικά δίκτυα

Οι παράμετροι των νευρωνικών δικτύων έχουν μεγάλη επίδραση στα αποτελέσματα εξόδου. Για να επιτευχθούν τα καλύτερα αποτελέσματα, η επιλογή των παραμέτρων είναι πολύ σημαντική. Για τους αλγόριθμους GRNN και PNN, η τιμή εξάπλωσης είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που πρέπει να ορίσετε. Τα αποτελέσματα είναι πολύ τραχιά όταν η τιμή spread είναι πολύ μεγάλη και τα αποτελέσματα δεν είναι αρκετά ομαλά όταν η τιμή spread είναι πολύ μικρή (Wen et al., 2014). Επομένως, επιλέχθηκαν διαφορετικές τιμές εξάπλωσης και συζητήθηκαν για τους αλγόριθμους GRNN και PNN χρησιμοποιώντας τα πρώτα 20 δείγματα για κάθε επίπεδο σφάλματος. Για να συγκριθεί η υπολογιστική ακρίβεια του βελτιωμένου RBFNN, ένα συμβατικό νευρωνικό δίκτυο RBF χρησιμοποιείται επίσης για τη διάγνωση σφαλμάτων μπαταρίας σε αυτή τη μελέτη. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους Πίνακες 3-5. Όπως φαίνεται από τους Πίνακες 3-5. Ο

αριθμός των σφαλμάτων για το παραδοσιακό νευρωνικό δίκτυο RBF είναι υψηλότερος από τους άλλους δύο αλγόριθμους. Επομένως, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι οι αλγόριθμοι GRNN και PNN είναι κατάλληλοι για το πρόβλημα διάγνωσης μπαταρίας. Η διαγνωστική ακρίβεια έχει αλλάξει με την αλλαγή της τιμής σκέδασης. Η διαγνωστική ακρίβεια είναι η καλύτερη για τους αλγόριθμους GRNN και PNN όταν η τιμή εξάπλωσης είναι ίση με 20. Επιπλέον, ο αλγόριθμος PNN είναι ανώτερος από τον αλγόριθμο GRNN στον προσδιορισμό των πληροφοριών σφάλματος μπαταρίας.

Spread	Diagnosis accuracy (%)	Number of errors
10	85	3
15	85	3
20	90	2

Πίνακας 4 Η διάγνωση σφαλμάτων προκύπτει για τον αλγόριθμο RBFNN χρησιμοποιώντας διαφορετική τιμή εξάπλωσης

Spread	Diagnosis accuracy (%)	Number of errors
10	90	2
15	90	2
20	95	1

Πίνακας 5 Η διάγνωση σφαλμάτων προκύπτει για τον αλγόριθμο GRNN χρησιμοποιώντας διαφορετική τιμή εξάπλωσης.

Spread	Diagnosis accuracy (%)	Number of errors
10	75	5
15	80	4
20	60	8

Πίνακας 6 Η διάγνωση σφαλμάτων προκύπτει για τον αλγόριθμο PNN χρησιμοποιώντας διαφορετική τιμή εξάπλωσης.

3^ο Κεφάλαιο

3.1

Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια ευρέως γνωστή τεχνική ιατρικής απεικόνισης για τη διάγνωση. Ωστόσο, η εφαρμογή του στον χαρακτηρισμό των μπαταριών είναι πολύ περιορισμένη επειδή η μαγνητική τομογραφία βασίζεται στη διεύθυνση ραδιοσυχνοτήτων, η οποία μπορεί εύκολα να παρεμποδιστεί από τα αγώγιμα περιβλήματα των εμπορικών κυψελών. Ο Jerschow και οι συνεργάτες του χρησιμοποιούν τώρα μαγνητική τομογραφία για να προσδιορίσουν μη καταστροφικά την κατάσταση φορτίων και ελαττωμάτων σε μια επαναφορτιζόμενη κυψέλη ιόντων λιθίου χωρίς να χρειάζεται να την αποσυναρμολογήσουν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μέτρηση μόνιμων και μικρών επαγόμενων αλλαγών μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιώντας μεθόδους μαγνητικού συντονισμού. Η μαγνητική επιδεκτικότητα χ εξαρτάται από το υλικό και αλλάζει λόγω της μεταβολής των καταστάσεων οξειδωσης των υλικών ανόδου και καθόδου κατά τη διάρκεια των κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης. Οι ερευνητές σχεδιάζουν την εξέλιξη της κατανομής του μαγνητικού πεδίου στους κύκλους. Αντιστοιχίζοντας τις αλλαγές του μαγνητικού πεδίου με τα επίπεδα φόρτισης, μπορούν να εξάγουν μαγνητική επιδεκτικότητα και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση φόρτισης. Εκτός από τη μελέτη της κατάστασης του κυττάρου ιόντων λιθίου με την πάροδο του χρόνου, η μαγνητική τομογραφία είναι επίσης σε θέση να αξιολογήσει την ποιότητα του κυττάρου. Είναι πολύ ευαίσθητο και επομένως όχι μόνο αποκαλύπτει τα ελαττώματα, αλλά ελέγχει και την αναπαραγωγιμότητα του σχεδίου κυψέλης. Η μέθοδος MRI για τη διάγνωση του υπολειπόμενου φορτίου και της κατάστασης της κυψέλης μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη στις διαδικασίες παραγωγής.

Μνήμη mille feuille

Η υπόσχεση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας μπαταρίας Λιθίου σε συνδυασμό με τη συνεχή κλιμάκωση των εξαρτημάτων της σε υψηλότερη πυκνότητα θα μπορούσε να οδηγήσει τη μαγνητοαντιστατική μνήμη τυχαίας πρόσβασης (MRAM) να γίνει κυρίαρχος

τύπος τεχνολογίας μνήμης στο άμεσο μέλλον. Για το σκοπό αυτό, η πρόσφατη ανακάλυψη του 2D μαγνητισμού στο τριωδιούχο χρώμιο (CrI3) δημιουργεί ευκαιρίες για την πραγματοποίηση ατομικά λεπτών μαγνητικών συσκευών. Για να επεξηγήσουν περαιτέρω αυτό το σημείο, οι Song et al. έχουν πλέον αναφέρει εξαρτώμενη από το στρώμα μαγνητοαντίσταση σήραγγας (TMR) σε μια διασταύρωση μαγνητικής σήραγγας πολλαπλών περιστροφικών φίλτρων (sf-MTJ) που βασίζεται σε έναν δισδιάστατο μαγνητικό μονωτή CrI3.

Μαγνητική Τομογραφία

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια ευρέως γνωστή τεχνική ιατρικής απεικόνισης για τη διάγνωση. Ωστόσο, η εφαρμογή του στον χαρακτηρισμό των μπαταριών είναι πολύ περιορισμένη επειδή η μαγνητική τομογραφία βασίζεται στη διεύθυνση ραδιοσυχνοτήτων, η οποία μπορεί εύκολα να παρεμποδιστεί από τα αγώγιμα περιβλήματα των εμπορικών κυψελών. Ο Jerschow και οι συνεργάτες του χρησιμοποιούν τώρα μαγνητική τομογραφία για να προσδιορίσουν μη καταστροφικά την κατάσταση φορτίων και ελαττωμάτων σε μια επαναφορτιζόμενη κυψέλη ιόντων λιθίου χωρίς να χρειάζεται να την αποσυναρμολογήσουν.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη μέτρηση μόνιμων και μικρών επαγόμενων αλλαγών μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιώντας μεθόδους μαγνητικού συντονισμού. Η μαγνητική επιδεκτικότητα εξαρτάται από το υλικό και αλλάζει λόγω της μεταβολής των καταστάσεων οξειδωσης των υλικών ανόδου και καθόδου κατά τη διάρκεια των κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης. Οι ερευνητές σχεδιάζουν την εξέλιξη της κατανομής του μαγνητικού πεδίου στους κύκλους. Αντιστοιχίζοντας τις αλλαγές του μαγνητικού πεδίου με τα επίπεδα φόρτισης, μπορούν να εξάγουν μαγνητική επιδεκτικότητα και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση φόρτισης. Εκτός από τη μελέτη της κατάστασης του κυττάρου ιόντων λιθίου με την πάροδο του χρόνου, η μαγνητική τομογραφία είναι επίσης σε θέση να αξιολογήσει την ποιότητα του κυττάρου. Είναι πολύ ευαίσθητο και επομένως όχι μόνο αποκαλύπτει τα ελαττώματα, αλλά ελέγχει και την αναπαραγωγιμότητα του σχεδίου κυψέλης. Η μέθοδος MRI για τη διάγνωση του υπολειπόμενου φορτίου και της κατάστασης της κυψέλης μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη στις διαδικασίες παραγωγής.

3.2

Διάγνωση Μπαταρίας Λιθίου με Νανοτεχνολογία

Όταν μειώνουμε το μήκος διεόδου χρησιμοποιώντας νανοτεχνολογία, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ενεργά υλικά που συνήθως έχουν καλή χωρητικότητα και σταθερότητα ή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγω της χαμηλής τους απόδοσης. Για παράδειγμα, οι κάθοδοι οξειδίου του βαναδίου ή φωσφορικού σιδήρου λιθίου είναι συνήθως χαμηλής αντοχής αλλά έχουν καλή χωρητικότητα και σταθερότητα, αντίστοιχα. Σε νανοκλίμακα, μπορούμε να βελτιώσουμε τη χαμηλή απόδοση αυτών των καθόδων για να επιτρέψουμε τη χρήση τους. Ορισμένοι παράγοντες, όπως το οξείδιο του σιδήρου του λιθίου σε μία μπαταρία γενικής ή προσωπικής χρήσεως, δεν έχουν καλή ηλεκτρονική αγωγιμότητα. Για να βελτιώσουμε την απόδοση της μπαταρίας, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε πρόσθετα αγώγιμα υλικά με τον παράγοντα. Αυτά τα υλικά αυξάνουν το βάρος αλλά δεν συμβάλλουν στην χωρητικότητα. Ωστόσο, με τη νανοτεχνολογία, μικρότερη ποσότητα αγώγιμου υλικού (ακόμη και με υψηλότερη αγωγιμότητα όπως νανοσωλήνες άνθρακα και γραφένιο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά, μειώνοντας τη διεόδου που απαιτείται για το ηλεκτρόνιο και αυξάνοντας την απόδοση χωρίς μείωση της χωρητικότητας. Η νανοτεχνολογία βελτιώνει επίσης άμεσα την χωρητικότητα μειώνοντας τις αποστάσεις διεόδου ιόντων και ηλεκτρονίων. Δεδομένου ότι τα περισσότερα ενεργά υλικά δεν έχουν καλή αγωγιμότητα ηλεκτρονίων και ιόντων, τα ηλεκτρόνια και τα ιόντα (Εικόνα 1) δεν φτάνουν καλά στο κέντρο, ειδικά σε υψηλότερα ρεύματα, και η χωρητικότητα του κέντρου παραμένει αχρησιμοποίητη. Ωστόσο, εάν μειώσουμε το μήκος διεόδου, η συνολική συμβολή της δραστικής ουσίας στην χωρητικότητα της οντότητας αυξάνεται. Σε πολλά ενεργά υλικά, η είσοδος και έξοδος λιθίου λόγω του όγκου του προκαλεί τάσεις στο υλικό, οι τάσεις προκαλούν επίσης αστοχία του ενεργού υλικού και το διαχωρίζουν από τον συλλέκτη ρεύματος και άλλα εξαρτήματα, έτσι ώστε η χωρητικότητα να μειώνεται.

Όσον αφορά για το βασικό πλεονέκτημα, μπορούμε να αναφέρουμε, για παράδειγμα, την κάθοδο LiFeO_2 , η οποία έχει χαμηλή δραστηριότητα σε κατάσταση μm και δεν θεωρείται ως η δραστική ουσία της καθόδου επειδή έχει χωρητικότητα μόνο 8 mAh/g , η οποία οφείλεται στη δυσκολία αλλαγής του αριθμού οξειδωσης του σιδήρου σε αυτή την ένωση. Ωστόσο, με το nano , επιτυγχάνεται χωρητικότητα περίπου 100 mAh/g και λόγω της χαμηλής τιμής του σιδήρου, αυτό μπορεί να είναι μια επιλογή. Άλλα υλικά αυτής της κατηγορίας είναι $(\text{TiO}_2 \text{ (B)})$ και $(\text{MnO}_2 \text{ (}\beta\text{)})$. Ο στόχος στη μπαταρία είναι να φτάσει τη θεωρητική χωρητικότητα της δραστικής ουσίας. Έχει ειπωθεί ότι η χωρητικότητα της

μπαταρίας εξαρτάται από την χωρητικότητα της άνοδος και κάθοδος Η χωρητικότητα κάθε ηλεκτροδίου εξαρτάται από την ποσότητα της δραστικής ουσίας στο ηλεκτρόδιο Έχει ήδη αναφερθεί ότι σε κάθε ηλεκτρόδιο υπάρχουν και άλλα συστατικά όπως συνδετικό υλικό και συλλέκτης ρεύματος κ.λπ. Επομένως, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του ενεργού ουσία στο ηλεκτρόδιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα του ηλεκτροδίου. Τα συμβατικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούν σκόνη μικρομέτρων της δραστικής ουσίας με συνδετικό υλικό και αγωγό άνθρακα προσαρτημένο σε συλλέκτη ρεύματος. Το συνδετικό χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και τη διατήρηση της ακεραιότητας αυτών των σκονών, και ο άνθρακας χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της ηλεκτρικής σύνδεσης Με το έκτο πλεονέκτημα της νανοτεχνολογίας, μπορούμε να αναπτύξουμε το ενεργό υλικό απευθείας με τη μορφή νανοσυρμάτων στον συλλέκτη ρεύματος και δημιουργήστε την ανάγκη διατήρησης της σύνδεσης μέσω του συνδετικού και του αγωγού ή χρησιμοποιήστε αυτό το πλεονέκτημα για να παράσχετε ένα ηλεκτρόδιο που εξαλείφει την ανάγκη για συλλέκτη ρεύματος (που ονομάζεται ελεύθερος) ή μειώνει το βάρος του συλλέκτη. Η νανοτεχνολογία επηρεάζει επίσης την ικανότητα του παράγοντα. Η μέγιστη χωρητικότητα ενός ενεργού παράγοντα αντιστοιχεί στη θεωρητική του ικανότητα, η οποία προκύπτει από τους υπολογισμούς που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα άρθρα. Ωστόσο, στην πράξη, η χωρητικότητα του δραστικού παράγοντα σπάνια είναι ίση με τη θεωρητική τιμή λόγω προβλημάτων σταθερότητας, κακής αγωγιμότητας ηλεκτρονίων και ιόντων κ.λπ., αλλά με τη νανοτεχνολογία με τα πλεονεκτήματα 1 και 2, η χωρητικότητα μπορεί να πλησιάσει την θεωρητική επεξηγήση. Ωστόσο, η νανοκλίμακα έχει ένα μειονέκτημα (αστάθεια) που οδηγεί σε αστάθεια. Για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα, πρέπει να καταφύγουμε σε νανοεπικαλύψεις και νανοπρόσθετα, τα οποία περιγράφονται παρακάτω. Όσον αφορά την ικανότητα του παράγοντα, συμβαίνει κάτι ενδιαφέρον, δηλαδή η παρεμβολή ιόντων λιθίου στην επιφάνεια, η οποία δημιουργεί μια πρόσθετη χωρητικότητα στη θεωρητική ικανότητα του παράγοντα. Αυτή η χωρητικότητα προστίθεται στη θεωρητική αξία. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να θεωρηθεί μέρος του πλεονεκτήματος.

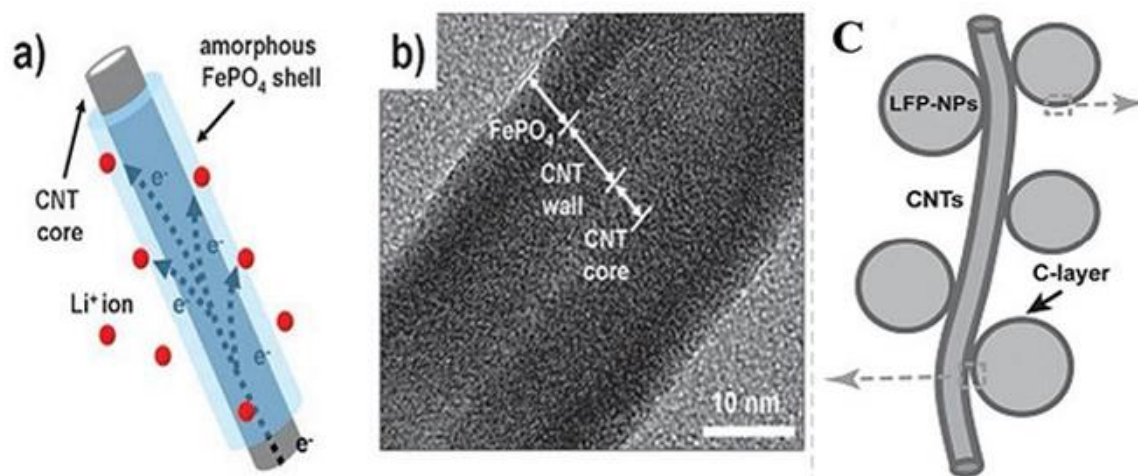
3.3

Νανοδιαμερισμός

Νανοδιαμερισμός σε μπαταρία Αν θέλουμε να κάνουμε μια ταξινόμηση για τη χρήση της νανοτεχνολογίας στις μπαταρίες λιθίου, μπορούμε να εξετάσουμε δύο γενικές ομάδες: 1) Η χρήση νανοϋλικών για τη βελτίωση της απόδοσης των εξαρτημάτων της μπαταρίας όπως άνοδοι, κάθοδοι κ.λπ. Η χρήση της νανοτεχνολογίας για την παραγωγή διαφόρων μπαταριών, όπως μπαταρίες που είναι εύκαμπτες, νανομπαταρίες και μπαταρίες 3D, και τα θέματα της δεύτερης ομάδας είναι πολύ λιγότερα και πιο διάσπαρτα από αυτά της πρώτης ομάδας. Φυσικά, σχετίζεται συνεχώς με την πρώτη ομάδα, αλλά σε σύγκριση με την πρώτη ομάδα, η οποία επηρεάζει ένα εξάρτημα της μπαταρίας, αλλάζοντας τη συνολική απόδοση ολόκληρης της μπαταρίας, θεωρείται ξεχωριστό τμήμα στη σχετική συλλογή άρθρων. Η παραγωγή νέων μπαταριών σε διάφορες μορφές, όπως η παραγωγή νανομπαταριών ή ευέλικτων μπαταριών ή η παραγωγή μπαταριών με ιούς κ.λπ., που είναι ένας νεότερος και πιο καινοτόμος τομέας σε σχέση με την πρώτη ομάδα. Εστιάζουμε εδώ στην πρώτη ομάδα. Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στους ηλεκτρολύτες συζητείται χωριστά στο αντίστοιχο κεφάλαιο, καθώς διαφέρει πολύ από τα θέματα που σχετίζονται με τα ηλεκτρόδια. Ανενεργά νανοϋλικά σε μπαταρίες Η πρώτη ομάδα εφαρμογών νανοτεχνολογίας στις μπαταρίες χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: Η πρώτη ομάδα νανοδιαστασιολόγησης της δραστικής ουσίας στο ηλεκτρόδιο που συζητήθηκε στα προηγούμενα άρθρα, η δεύτερη ομάδα χρήσης νανοτεχνολογίας για τη βελτίωση της απόδοσης των ηλεκτροδίων (κάθοδος ή άνοδος) με προσθήκη νανοϋλικών εκτός της δραστικής ουσίας ή χρησιμοποιώντας νανοεπικαλύψεις. Για παράδειγμα, τα πρόσθετα υλικά νανοκλίμακας όπως ο νανοάνθρακας, το γραφένιο, οι νανοσωλήνες άνθρακα, κ.λπ., έχουν καλύτερη αγωγιμότητα ηλεκτρονίων και η χρήση νανοπαχύρρευστων επικαλύψεων στο ενεργό υλικό για την πρόληψη ανεπιθύμητων αντιδράσεων με τον ηλεκτρολύτη, τη ρύθμιση των τάσεων και την παροχή σταθερότητας και για αυτά. Για παράδειγμα, σε μια κάθοδο LiFePO_4 , η αγωγιμότητα των ηλεκτρονίων είναι χαμηλή. Η αγωγιμότητα βελτιώνεται χρησιμοποιώντας μια αγωγή επικάλυψη άνθρακα στα σωματίδια ή χρησιμοποιώντας ένα αγωγή υλικό άνθρακα ως πρόσθετο. Χρησιμοποιείται επίστρωση οξειδίου πάχους νανό. Για να επεξηγήσετε το πεδίο της νανοέρευνας σε αυτήν την κατηγορία με ένα παράδειγμα:

Για την ίδια κάθοδο LiFePO_4 , έχει βρεθεί ότι μια επίστρωση άνθρακα αυξάνει την αγωγιμότητα και συνεπώς την απόδοση, την ικανότητα κ.λπ., αλλά ένας από τους τομείς έρευνας είναι ο τρόπος παραγωγής αυτής της επίστρωσης. Επομένως, η έρευνα στον τομέα των μεθόδων σύνθεσης είναι πολύ σημαντική. Από την άλλη πλευρά, πώς να προσθέσετε την ίδια επίστρωση και πρόσθετα για να είναι πιο αποτελεσματικά, επομένως η μηχανική και η αρχιτεκτονική των νανοδομών είναι ένας από τους

σημαντικούς τομείς έρευνας και η προετοιμασία αυτών των κατασκευασμένων δομών είναι επίσης ένα ενδιαφέρον θέμα. Το παρακάτω Σχήμα χρησιμοποιείται για να το επεξηγήσει αυτό. Αυτό το σχήμα δείχνει δύο τύπους νανοδομών για την κάθοδο LiFePO_4 , οι οποίες χρησιμοποιούν νανοσωλήνες άνθρακα για τη βελτίωση της αγωγιμότητας.



Εικόνα 15 (α) Και (β) με πυρήνα νανοσωλήνων άνθρακα και τοίχωμα LiFePO_4 , και (γ) νανοσωματίδια LiFePO_4 συνδεδεμένα με νανοσωλήνα άνθρακα.

3.4

Οι πιο ανθετικές ύστερα απο διάγνωση μπαταρίες Λιθίου

1. Μπαταρία Πολυμερών Λιθίου

Μπαταρίες πολυμερών λιθίου, συντομογραφημένες ως Li-Po, LIP, Li-Poly, Lithium Polymer (μπαταρίες Li-Po).

Η μπαταρία λιθίου-πολυμερούς είναι μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία τεχνολογίας ιόντων λιθίου, η οποία χρησιμοποιεί έναν πολυμερή ηλεκτρολύτη. Όπως όλοι γνωρίζουμε, αυτός ο νέος τύπος μπαταρίας χρησιμοποιείται πλέον κυρίως σε ραδιοελεγχόμενες συσκευές, προσωπικά ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά οχήματα. Αυτές οι μπαταρίες προσφέρουν υψηλότερη ενέργεια από άλλες μπαταρίες λιθίου, αλλά έχουν

μεγάλο χρόνο λειτουργίας και χαμηλή αυτοεκφόρτιση και μπορούν επίσης να κατασκευαστούν σε οποιοδήποτε επιθυμητό σχήμα.

Μπαταρία πολυμερούς λιθίου για συσκευή και πρωτότυπο.

Έχουμε αναπτύξει περισσότερα από 2000 μοντέλα μπαταρίας πολυμερούς λιθίου για συσκευές και πρωτότυπα. Φυσικά, οι πελάτες μας επωφελούνται από την απaráμιλλη ποιότητα της μπαταρίας πολυμερών λιθίου μας.

Πυκνότητα μεγαλύτερης χωρητικότητας σε συμπαγή μορφή

Η μπαταρία πολυμερούς λιθίου που κατασκευάζουμε έχει τεράστια ποσότητα ενέργειας και συμπαγή μορφή. Μετά από 500 κύκλους, εξακολουθεί να έχει χωρητικότητα μεγαλύτερη από 80%. Και έχει χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης περίπου 5% ανά μήνα. Σε γενικές γραμμές, η μπαταρία πολυμερούς λιθίου σε μια συσκευή μπορεί να λειτουργήσει καλά για περίπου 3-5 χρόνια. (Πηγή www.lithium-polymer-battery)

Με ιαπωνική προστασία IC & MOS, ασφαλής και ανθεκτική.

Κάθε μπαταρία πολυμερούς λιθίου ενισχύει την ασφάλεια με την ενσωματωμένη ιαπωνική προστασία IC και MOS. Μπορούμε επίσης να εγκαταστήσουμε PCM, NTC, συνδέσμους (JST/Molex/Hirose) σύμφωνα με τις ανάγκες των πελατών. Προστατεύει τις μπαταρίες πολυμερών λιθίου από υπερφόρτιση ή υπερφόρτιση.

(Πηγή www.lithium-polymer-battery)

Είδη μπαταριών λιθίου πολυμερής

1. Νέα Μπαταρία πολυμερής λιθίου 3.7V 1400 mAh
2. Επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου πολυμερής 1200mAh
3. Επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου πολυμερής 3.7V 2100 mAh
4. Μπαταρία Πολυμερής Λιθίου 2.22 Wh , 600 mAh 3.7 V
5. Μπαταρία Λιθίου τόξου 450 mAh(Narrow Polymer Lithium Battery)
6. Hot Lithium Polymer Battery 3.7V 620mAh



Εικόνα 16 Μπαταρία πολυμερής λιθίου 3.7V 1400 mAh



Εικόνα 27 Επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου πολυμερής 1200mAh



Εικόνα 18 Επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου πολυμερής 3.7V



Εικόνα 19 Μπαταρία Πολυμερής Λιθίου 600 ,mAh



Εικόνα 20 Μπαταρία Λιθίου τόξου 450 mAh



Εικόνα 21 Hot Lithium Polymer Battery 620mAh

Παραδείγματα που χρησιμοποιούνται οι μπαταρίες πολυμερής λιθίου είναι σε Controller Gadgets ,προσαρμογέα βρύσης αφής , για Smartwatches ειδικά σε προϊόντα της Apple και Samsung αλλά και σε είδη Modeling όπως Drones , και γενικά ηλεκατευθυνόμενα είδη ειδικά σε στρατό και επαγγελματικές εταιρείες.

Η εταιρεία LiPol (Έδρα Κίνα) που προμηθεύει τις συγκεκριμένες μπαταρίες που προαναφέραμε με συνεχόμενη άνοδο στις αγορές ειδικά τα τελευταία 2 χρόνια και ο λόγος που υπάρχει αυτό είναι διότι έχουν την μεγαλύτερη αντοχή , τα καλύτερα αποτελέσματα ύστερα απο διάγνωση μπαταριών σε τεστ και λιγότερα προβλήματα όπως σε περίπτωση βραχυκύκλωσης και επίσης έχουν τον μεγαλύτερο κύκλο ζωής σε συνεχόμενη λειτουργία αλλα με σχετικά μεγάλο κόστος.

Η κατηγορία αγοράς τους είναι το **S1P** για παράδειγμα 2S1P σημαίνει δύο κελιά σε σειρά και 1 κελί παράλληλα και 3S1P δύο κελιά σε σειρά και ένα κελί παράλληλα. Εάν μια μπαταρία δεν έχει "P", τότε υποτίθεται ότι είναι "1P". Άρα το 2S1P και το 2S είναι το ίδιο.

Στις συγκεκριμένες μπαταρίες λοιπόν υπάρχουν οι 2SIP, 3SIP, 4SIP και 6SIP.

Παρακάτω έχουμε τις λίστες για το καθένα που περιέχει την κατηγορία, μέγεθος, βάρος και ισχύ.

Model	Configuration	Voltage (V)	Capacity (mAh)	Discharge Rate	Weight (g)	Size (mm)
LP2SA	2SIP	7.4	800	15C	46	55*30*15
LP2SB	2SIP	7.4	800	20C	46	55*30*15
LP2SC	2SIP	7.4	1000	15C	53	68*30*14
LP2SD	2SIP	7.4	1300	15C	80	69*34*15
LP2SE	2SIP	7.4	1300	25C	80	69*34*15
LP2SF	2SIP	7.4	1800	20C	96	90*30*16
LP2SG	2SIP	7.4	2000	5C	90	92*29*16
LP2SH	2SIP	7.4	2200	20C	118	106*34*17
LP2SI	2SIP	7.4	2200	25C	130	85*32*19
LP2SJ	2SIP	7.4	4000	25C	236	138*48*23
LP2SK	2SIP	7.4	4000	30C	236	138*48*23
LP2SM	2SIP	7.4	5000	50C	281	138*46*25
LP2SN	2SIP	7.4	5300	30C	300	139*47*25
LP2SO	2SIP	7.4	6800	50C	318	138*46*29

Πίνακας 7 2S1P Μπαταρίες Πολυμερής Λιθίου

(Πηγή www.lithium-polymer-battery)

Model	Configuration	Voltage (V)	Capacity (mAh)	Discharge Rate	Weight(g)	Size(mm)
LP3SA	3S1P	11.1	800	15C	67	57*29*22
LP3SB	3S1P	11.1	1000	25C	97	72*35*19
LP3SC	3S1P	11.1	1300	15C	119	70*34*23
LP3SD	3S1P	11.1	1300	25C	119	70*34*23
LP3SE	3S1P	11.1	1300	75C	123	72*33*26
LP3SF	3S1P	11.1	1400	25C	126	85*34*19
LP3SG	3S1P	11.1	1800	75C	159	105*33*18
LP3SH	3S1P	11.1	1800	20C	143	90*29*24
LP3SI	3S1P	11.1	2000	5C	133	95*30*24
LP3SJ	3S1P	11.1	2200	20C	176	104*32*23
LP3SK	3S1P	11.1	2200	25C	182	104*32*23
LP3SM	3S1P	11.1	2200	30C	192	104*32*25
LP3SN	3S1P	11.1	2200	40C	198	104*32*26
LP3SO	3S1P	11.1	2600	25C	225	116*37*26

Πίνακας 8 3S1P Μπαταρίες Πολυμερής Λιθίου

(Πηγή www.lithium-polymer-battery)

Model	Configuration	Voltage (V)	Capacity (mAh)	Discharge Rate	Weight(g)	Size(mm)
LP4SA	4S1P	14.8	1550	95C	192	72*36*35
LP4SB	4S1P	14.8	1800	45C	198	105*30*22
LP4SC	4S1P	14.8	1800	75C	206	105*30*23
LP4SD	4S1P	14.8	2200	30C	252	113*34*30
LP4SE	4S1P	14.8	2600	25C	294	116*34*35
LP4SF	4S1P	14.8	4000	25C	425	137*41*33
LP4SG	4S1P	14.8	5300	30C	538	134*41*41
LP4SH	4S1P	14.8	6600	35C	720	140*85*29
LP4SI	4S1P	14.8	10000	25C	930	170*63*38
LP4SJ	4S1P	14.8	16000	15C	1320	184*76*41
LP5SA	5S1P	18.5	5300	30C	602	135*41*45

Πίνακας 9 4S1P Μπαταρίες Πολυμερής Λιθίου

(Πηγή www.lithium-polymer-battery)

Model	Configuration	Voltage (V)	Capacity (mAh)	Discharge Rate	Weight(g)	Size(mm)
LP6SA	6S1P	22.2	1200	45C	220	105*33*26
LP6SB	6S1P	22.2	1400	45C	263	115*33*26
LP6SC	6S1P	22.2	2600	25C	430	115*51*34
LP6SD	6S1P	22.2	3200	35C	520	135*41*41
LP6SE	6S1P	22.2	4000	25C	620	135*41*48
LP6SF	6S1P	22.2	5000	45C	780	157*44*48
LP6SG	6S1P	22.2	5300	30C	790	137*41*59
LP6SH	6S1P	22.2	10000	25C	1370	175*65*55
LP6SI	6S1P	22.2	12000	15C	1545	190*68*55
LP6SJ	6S1P	22.2	16000	15C	1915	184*76*67
LP6SK	6S1P	22.2	22000	25C	2516	198*91*66
LP6SM	6S1P	22.2	30000	25C	3610	206*132*68

Πίνακας 10 6S1P Μπαταρίες Πολυμερής Λιθίου

(Πηγή www.lithium-polymer-battery)

3.5

Οι πιο λεπτές μπαταρίες λιθίου στον κόσμο

Στην συγκεκριμένη κατηγορία ξεκινούν με 0.4 mm έως και 14.0 mm και είναι σχεδιασμένες με τέτοια λεπτή κατασκευή για εξαιρετικές μικρές συσκευές για ιατρικούς, βιολογικούς, ωτορινολαρυγγολογικούς λόγους.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε από την εταιρεία LiPol τις πιο λεπτές μπαταρίες Λιθίου σε διάστασεις και σε χωρητικότητα.



Εικόνα 22 Διαστάσεις 0.4mm μέχρι 14.0mm, και χωρητικότητα 8mAh μέχρι 10000mAh.

3.6

Διάγνωση πλάσματος (Plasma Diagnosis) σε λεπτές μπαταρίες 0.4mm -14.0 mm και Διεργασία λεπτής μεμβράνης LiMn_2O_4 για εφαρμογή μπαταρίας Li-ion

Σχετικά με μια προηγμένη διαδικασία υλικών πλάσματος που περιλαμβάνει σχεδιασμό διεργασίας, χαρακτηρισμό πλάσματος και επιφανειακή επεξεργασία μεμβρανών LiMn_2O_4 που εναποτίθενται με διπλή ραδιοσυχνότητα μάγνητρον (MS). Πολλές διαγνωστικές τεχνικές πλάσματος ενσωματωμένες στο σύστημα MS εφαρμόστηκαν προσεκτικά για επί τόπου παρακολούθηση της διαδικασίας για τον έλεγχο των παραμέτρων του πλάσματος. Η εναπόθεση ρηχής γωνίας χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου πλάσματος, με αποτέλεσμα την εξαιρετική ομοιομορφία

των στρωμάτων στην κεντρική περιοχή. Διάφορες τυπικές τεχνικές όπως XRD, Raman, TEM και AFM έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των εναποτιθέμενων στρωμάτων. Υψηλή πυκνότητα πλάσματος, που περιλαμβάνει ροή υψηλής ενέργειας ιόντων (IF) και υπολείμματα υψηλής ενέργειας στο EEPF, εναπόθεση συνολικής ενέργειας σε ροή (EF) στο υπόστρωμα και υψηλές εντάσεις οπτικής εκπομπής που χαρακτηρίζονται από τα διεγερμένα είδη Mn, O, Li και Ta Ag διερευνήθηκαν χρησιμοποιώντας τον ανιχνευτή Langmuir με αντιστάθμιση υψηλής συχνότητας (LP), τον ανιχνευτή ροής ενέργειας και μεθόδους φασματοσκοπίας οπτικής εκπομπής (OES) σε πιέσεις 0,93 Pa και 1,33 Pa, παρασκευάστηκαν φιλμ LiMn_2O_4 με εξαιρετική κρυσταλλικότητα και λεία μικροδομή. Σε αυτή την περίπτωση η διάγνωση πλάσματος είναι για λεπτές μπαταρίες, και διερευνώνται επίσης οι συλλογικές επιδράσεις των παραμέτρων του πλάσματος και της θερμικής ενέργειας στην ανάπτυξη και τις ιδιότητες των φιλμ LiMn_2O_4 για εφαρμογή σε μπαταρίες ιόντων λιθίου.

4ο Κεφάλαιο

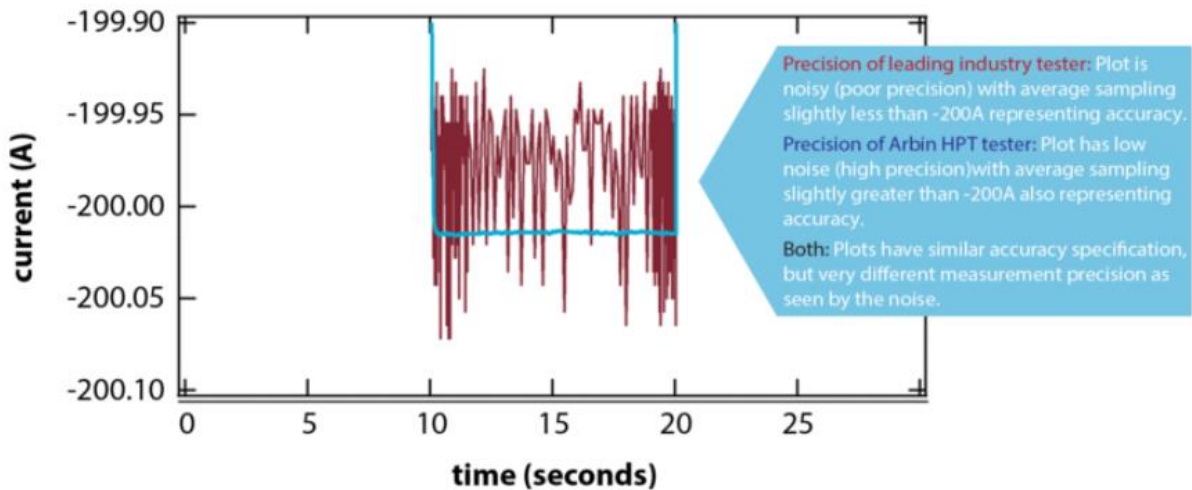
4.1

Επιλογή εξοπλισμού διάγνωσης και πιστοποίησης

Η επιλογή εξοπλισμού διάγνωσης μπαταριών είναι σημαντικό κομμάτι για να υπάρχει έγκυρη διάγνωση και ακριβής. Ύστερα απο μελέτη απο εταιρείες που ασχολούνται με το συγκεκριμένο πεδίο είναι η **Arbin Instruments**. Η **Arbin Instruments** είναι μία απο τις μεγαλύτερες εταιρείες στον κόσμο διάγνωσης και πιστοποίησης μπαταριών. Οι δοκιμές μπαταριών της σειράς έχουν σχεδιαστεί για μακροπρόθεσμο κύκλο ζωής καθώς και για προσομοίωση σύνθετων πραγματικών προφίλ δοκιμών, όπως προφίλ κίνησης EV, έξυπνους παλμούς φόρτισης μπαταρίας και άλλα προσαρμοσμένα συστήματα φόρτισης/εκφόρτισης. Αποτελούν την πρώτη επιλογή για ερευνητές σε όλο τον κόσμο. Η Arbin προσφέρει συστήματα δοκιμής μπαταρίας για απλούς κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης και προσομοίωση πολύπλοκων πραγματικών εφαρμογών, όπως προφίλ οδήγησης, παλμούς τηλεπικοινωνιών ή άλλα προσαρμοσμένα προφίλ. (Πηγή www.arbin.com)

- ✓ Δοκιμαστής μπαταρίας 96 καναλιών Arbin
- ✓ Δοκιμαστής μπαταρίας 96 καναλιών Arbin

Η τεχνολογία της σειράς Laboratory Battery Testing (LBT) της Arbin διαθέτει στην αγορά την τεχνολογία που αναπτύχθηκε ως μέρος ενός τριετούς έργου ARPA-E για την ανάπτυξη εξαιρετικά ακριβών συστημάτων δοκιμών. Αυτό το προϊόν αποτελείται από ανεξάρτητα κανάλια ποτενσιοστάτη/γαλβανοστάτη για τη δοκιμή μπαταριών και άλλων συσκευών αποθήκευσης ενέργειας και έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια οικονομική λύση για εφαρμογές που απαιτούν μετρήσεις υψηλής ακρίβειας και γρήγορη απόκτηση δεδομένων. Η πιστοποίηση γίνεται απο την κατασκευαστική εταιρεία κάθε 2 χρόνια και απο ηλεκτρολόγο μηχανικό στο όποιο ο έλεγχος γίνεται με μετρήσεις.



Γράφημα 8 διάγνωσης εξοπλισμού μπαταρίας

Όλα τα συστήματα δοκιμών Arbin παρέχονται με έναν υπολογιστή προεγκατεστημένο με το λογισμικό MITS Pro και Data Watcher για δημιουργία προφίλ δοκιμών, παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και καταγραφή και ανάλυση δεδομένων. (Πηγή www.arbin.com)



Εικόνα 23 Μηχανήματα Arbin για τεστάρισμα μπαταριών



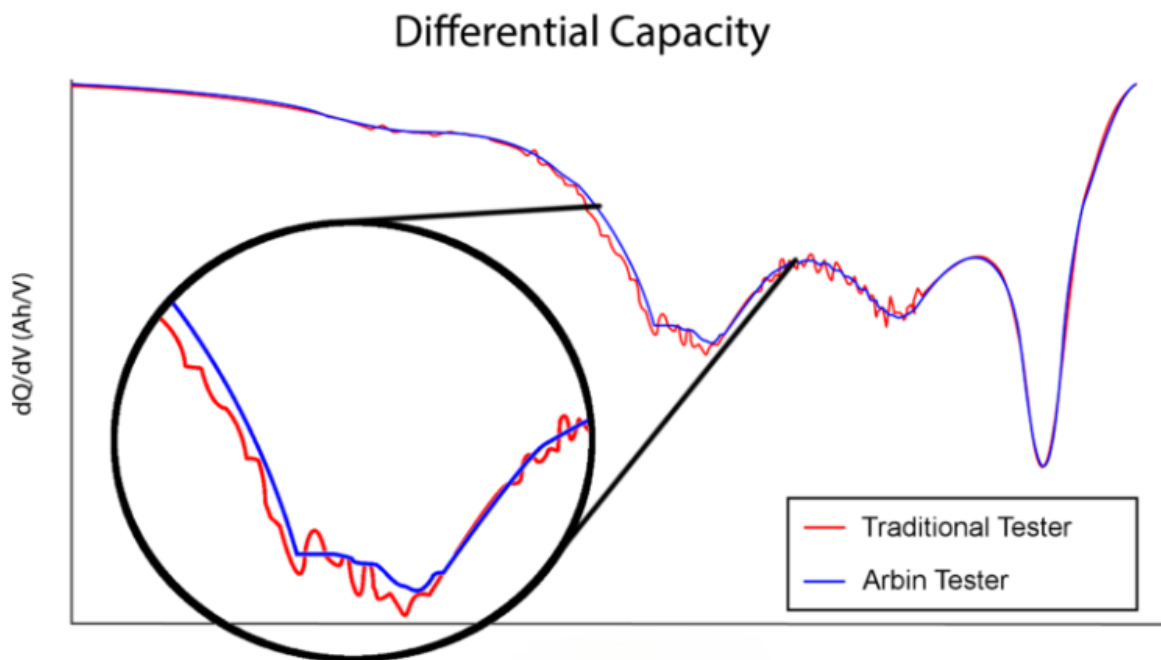
Εικόνα 24 Καμπίνες διάγνωσης μπαταριών Arbin



Εικόνα 25 Μπαταρίες άνω των 10V σε καμπίνες για διάγνωση της εταιρείας Arbin

Οι μπαταρίες αποτελούν σημαντικό μέρος πολλών προϊόντων και η αποθήκευση ενέργειας παίζει πολύ ενεργό ρόλο στη ζωή μας εκτός έρευνας/βιομηχανίας. Ως εκ τούτου, η επιλογή του σωστού εξοπλισμού δοκιμής μπαταρίας είναι μια σημαντική απόφαση για τις εταιρείες και τους μεμονωμένους ερευνητές που είναι υπεύθυνοι για τα αποτελέσματα, είτε ξεκινούν μικρή είτε εργάζονται σε μεγάλη κλίμακα. Οι ειδικοί μηχανικοί της παράδειγμα της Arbin θέτουν τα πρότυπα για τον εξοπλισμό δοκιμών μπαταριών "υψηλού επιπέδου" για αρκετά χρόνια. Υπερέχουν στην καινοτομία και απο τους πρώτους που εφαρμόσαν πολλαπλά εύρη ρεύματος σε ένα μόνο δοκιμαστικό κανάλι και πρόσφατα γίναμε η μόνη εταιρεία που προσέφερε πραγματικές δοκιμές υψηλής ακρίβειας για εφαρμογές υψηλής έντασης, υποστηρίζοντας τη "λειτουργία turbo" με έξυπνες μονάδες μπαταρίας. Η ακόλουθη αναφορά μοιράζεται μερικές από αυτές τις γνώσεις με απλή ορολογία και απεικονίσεις. Ακολουθούν πέντε σημαντικά θέματα που πρέπει να λάβετε υπόψη κατά την επιλογή εξοπλισμού δοκιμής μπαταρίας: (Πηγή www.arbin.com)

1. Υλικό - προδιαγραφές και ποιότητα υλικών
2. Λογισμικό - ευκολία χρήσης και λειτουργίες
3. Δεδομένα - καταγραφή, διαχείριση και ανάλυση
4. Επιλογές - πρόσθετες λειτουργίες και αξεσουάρ
5. Υποστήριξη - ασφάλεια και υποστήριξη προϊόντων



Γράφημα 8 Διαφορά ελεγκτή μπαταρίας

Αυτό το γράφημα απεικονίζει τη διαφορά μεταξύ ενός ελεγκτή μπαταρίας από την Arbin και ενός άλλου κορυφαίου κατασκευαστή. Οι δύο έντονες βυθίσεις στο γράφημα μπορεί να είχαν χαθεί εάν χρησιμοποιήθηκε κατώτερος εξοπλισμός δοκιμής. Ενώ πολλές εταιρείες προσπαθούν να πουλήσουν τον ίδιο απαρχαιωμένο εξοπλισμό για πάνω από μια δεκαετία, η Arbin έχει εργαστεί σκληρά για να βελτιώσει τα σχέδιά μας για να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες του κλάδου. Κατά τη διάρκεια του τριετούς μας έργου ARPA-E για την ανάπτυξη ελεγκτών υψηλού ρεύματος, υψηλής ακρίβειας, μάθαμε πολλά και εφαρμόσαμε αυτή τη νέα τεχνολογία στις σειρές ελεγκτών MSTAT, LBT και HPT. Τα συστήματα HPT και MSTAT αντιπροσωπεύουν το premium προϊόν μας, αλλά το LBT είναι ανώτερο από άλλους τυπικούς δοκιμαστές στην αγορά.

Ο εξοπλισμός διάγνωσης είναι σε μπαταρίες ανάλογα με τα Volt

- ✓ Διάγνωση κελιών
- ✓ Διάγνωση πακέτου μπαταρίας
- ✓ Διάγνωση μέτρησης

Λογισμικά διάγνωσης μπαταριών λιθίου

Τα λογισμικά διάγνωσης μπαταριών δίνονται απο τις εταιρείες που παρέχουν τα BPU και BPS στο οποίο θα αναλύσουμε περαιτέρω αναλυτικά και είναι σε προχωρημένο στάδιο και υπάρχουν αρκετές εταιρείες που συνεργάζονται με εταιρείες κατασκευής μπαταριών η εργοστάσια σε remotely διάγνωση.

Η εταιρεία ύστερα απο έρευνα στο οποίο είναι η καλύτερη στο θέμα ποιότητας εξυπηρέτησης αλλά και υπηρεσιών είναι η **Sensata Technologies**. Η συγκεκριμένη εταιρεία έχει και στην κατοχή της BPU, BMS που αναλυσαμε νωρίτερα αλλά και λογισμικά που θα δούμε παρακάτω.

Εργαλείο λογισμικού για s-BMS και s-BPU

- 1) Φιλική προς το χρήστη διεπαφή
- 2) Υψηλός βαθμός προσαρμογής - πάνω από χίλιες τροποποιήσιμες παραμέτρους
- 3) Απαράμιλλη απόδοση εξισορρόπησης κυψελών μέσω της διαμόρφωσης
- 4) Βελτιωμένη ακρίβεια, απόδοση και διάρκεια ζωής μπαταρίας ανά μοντέλο μπαταρίας
- 5) Έλεγχος που καθορίζεται από το χρήστη, στρατηγική ασφάλειας και βελτιστοποίηση απόδοσης
- 6) Επικύρωση SOC βάσει OCV
- 7) Μειωμένος χρόνος ανάπτυξης και προσπάθεια προγραμματισμού μέσω της διεπαφής ρυθμίσεων CAN
- 8) Δυνατότητα ενσωμάτωσης πολλαπλών φορτιστών μέσω διαύλων PWM, αναλογικών ή CAN
- 9) Η εσωτερική επικοινωνία προστατεύεται με άθροισμα ελέγχου 16-bit σε επίπεδο ASIL D
- 10) Διευκολυνόμενη διαχείριση εγγύησης 5 ώρες δωρεάν απομακρυσμένης υποστήριξης εφαρμογών
- 11) Άδεια ζωής
- 12) Συμβατότητα με οποιαδήποτε χημεία Li-ion

Το **s-BPU**, μονάδα ελέγχου μπαταρίας, συνδυάζει με τις λειτουργίες αποσύνδεσης της μπαταρίας και τους αισθητήρες μέτρησης ρεύματος. Το s-BPU διατίθεται σε 3 κύρια μεγέθη. 24, 48 και 80 V, ιδανικές για την αντικατάσταση συμβατικών μπαταριών LA σε εφαρμογές χειρισμού υλικών. Το s-BPU είναι επίσης διαθέσιμο σε διαφορετικές

τρέχουσες αξιολογήσεις. 200, 300, 500 και 800 αμπερ για βέλτιστη μέτρηση ρεύματος και απομόνωση μπαταρίας. Όπως το s-BMS, το s-BPU μπορεί να διαμορφωθεί μέσω του αδειοδοτημένου λογισμικού s-BMS PRO, επιτρέποντας στον ενσωματωτή μπαταρίας να δημιουργήσει ένα μοναδικό σχέδιο μπαταρίας και να το προσαρμόσει ειδικά στις ανάγκες του. (Πηγή lithiumbalance.com)



Εικόνα 26 s-BMS με λογισμικό(Πηγή lithiumbalance.com)

Στιβαρή μονάδα προστασίας μπαταρίας για 24, 48 και 80 V, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος διαχείρισης μπαταριών:

- Βιομηχανικά οχήματα
- Χειρισμός υλικών
- Αυτοματοποιημένο όχημα καθοδήγησης (AGV)

Όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις μπαταρίες μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν μέσω του Διαγνωστικού Εργαλείου Η/Υ μέσω λογισμικού όπου ο χρήστης μπορεί να ορίσει ή να διαμορφώσει τις ακόλουθες παραμέτρους:

- 1) Κυψέλη πάνω και κάτω από τα όρια τάσης και θερμοκρασίας.

- 2) Τάση στόχου κυψέλης και τροχιά ρύθμισης ρεύματος φόρτισης.
- 3) Παράθυρο εξισορρόπησης κυψελών.
- 4) Αποκρίσεις συμβάντων και διαμορφώσιμα επίπεδα για προειδοποιήσεις και σφάλματα. • Ρυθμιζόμενα IO.
- 5) Πλαίσια CAN και ενσωματωμένη μετα-επεξεργασία δεδομένων CAN.
- 6) Μοντέλο μπαταρίας για έξυπνο ρυθμό φόρτισης/εκφόρτισης και αντιστάθμιση SOC ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και του ρυθμού C.
- 7) Προηγμένος έλεγχος φορτιστή (CAN ή PWM).
- 8) Παρακολούθηση τάσης & θερμοκρασίας κυψέλης, τάση & ρεύμα πακέτων, σφάλμα & προειδοποίηση.
- 9) Καταγραφή δεδομένων και σφαλμάτων.
- 10) Ρυθμίσεις που σχετίζονται με την προφόρτιση και τον εντοπισμό διαρροών.
- 11) Λειτουργίες αυτόματης απενεργοποίησης με διάλλειμα αδράνειας κατά τη φόρτιση και την αποφόρτιση.

SPECIFICATIONS			
Product No:	100733.24 (24V BPU)	100733.48 (48V BPU)	100733.80 (80V BPU)
Number of cells	3-8	6-16	16-26
Voltage interval	6V – 36V	12V - 72V	18V-108V
Continuous current limit	200 or 300 Amp	300 or 500 Amp	300, 500 or 800 Amp
Dimensions	Size is (h x w x d) 561.7 x 194 x 79.21mm		
Weight	4.3kg	4.4kg	4.5kg
Cell Monitoring Input connector	1	2	4
Ambient Temperature	-40°C to + 45°C at steady-state operation current up to above mentioned current levels		
EMC according to	IEC EN61000-4-3 80: 1000 MHz at 200 V/m and IEC EN61000-4-4 (4 kV)		
Vibration	ISO 16750-3: Chapter 4.1.2.4		
Humidity	BMS tested according ISO 16750-4:2006 5.6.2.2 Test1 damp heat cyclic. Tested up to 93% RH at 55C		
BMCU power consumption	< 2.1 W		
BPU Power consumption	< 3.5 W		
Available auxiliary power	25 W		
Temperature sensor type	NTC, 10 kΩ @ 25 °C, β = 3900		
Temperature measurement tolerance	1.5 °C Typical, 2.5 °C at worst case		
Current sensor	Shunt resistor, 100 μΩ - tolerance <0.5% at 25 °C		

Εικόνα 27 Χαρακτηριστικά (BPU Battery Protection Unit)

Το s-BMS αποτελείται από μια κύρια πλακέτα BMCU (Battery Management Unit Control Unit). Η κύρια πλακέτα επικοινωνεί με έως και 32 τοπικές μονάδες παρακολούθησης (LMU), επιτρέποντας εφαρμογές έως και 1000 V. Το LMU παρακολουθεί μεμονωμένες

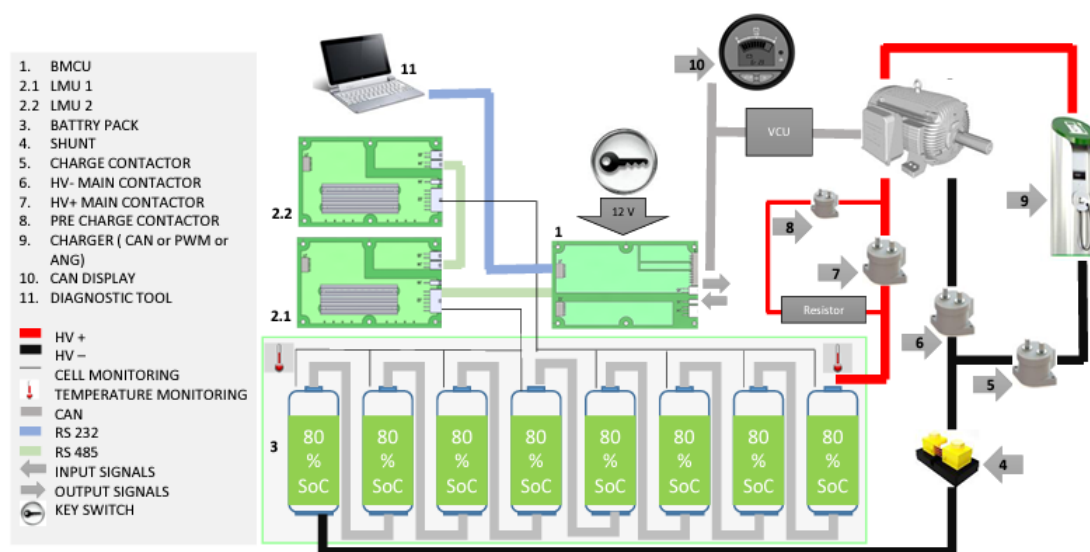
και συνολικές τάσεις 3-8 κυψελών σε σειρά και διαθέτει 2 αισθητήρες θερμοκρασίας. Το s-BMS μπορεί να διαμορφωθεί μέσω του αδειοδοτημένου λογισμικού s-BMS PRO, το οποίο επιτρέπει στον ενσωματωτή μπαταρίας να δημιουργήσει ένα μοναδικό σχέδιο μπαταρίας και να το προσαρμόσει ειδικά στις ανάγκες του. (Πηγή lithiumbalance.com)



Εικόνα 28 s-BMU με λογισμικό

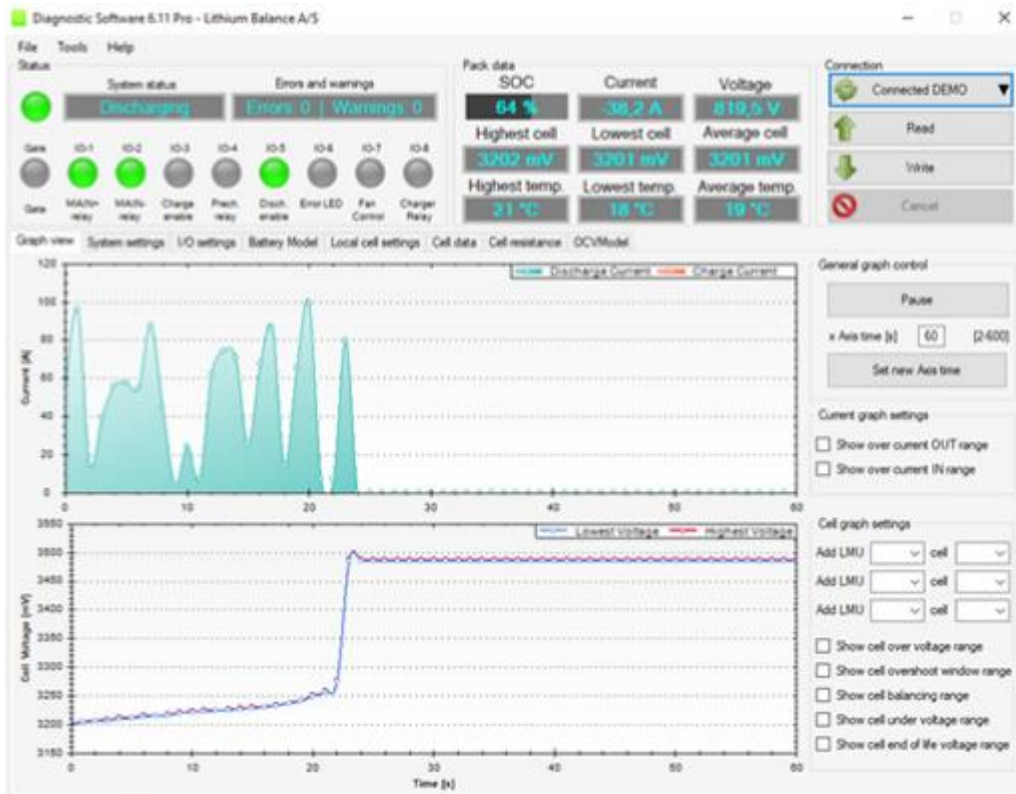
Το s-BMS είναι ένα εξαιρετικά ευέλικτο και οικονομικά αποδοτικό σύστημα διαχείρισης μπαταριών για αυτοκινητοβιομηχανίες και βιομηχανικές εφαρμογές από 12VDC έως 1000VDC. Διαχειρίζεται επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου οποιασδήποτε χημείας και από οποιονδήποτε προμηθευτή μπαταριών, δίνοντάς σας μέγιστη ελευθερία στην προμήθεια μπαταριών. Το σύστημα αποτελείται από μια κύρια πλακέτα (BMCU) που επικοινωνεί με έως και 32 πλακέτες παρακολούθησης (LMU). Κάθε LMU διαχειρίζεται 3-8 κελιά σε σειρά και 2 αισθητήρες θερμοκρασίας. Το BMCU διαχειρίζεται τις μετρήσεις στάθμης, την καταγραφή δεδομένων, την εφαρμογή και τις διασυνδέσεις με τον φορτιστή. Το διαγνωστικό λογισμικό, το PC, παρέχει ένα διαισθητικό σύνολο εργαλείων διαμόρφωσης συστήματος και οθονών για την παρακολούθηση της απόδοσης της μπαταρίας και του BMS. Σας επιτρέπει να ορίσετε παραμέτρους μπαταρίας, όπως οριακές τάσεις και θερμοκρασίες, επιτρεπόμενους ρυθμούς φόρτισης και εκφόρτισης ή να βελτιώσετε την εκτίμηση SoC με το δικό σας μοντέλο μπαταρίας. Για να απλοποιηθεί η ενσωμάτωση, μπορούν να δημιουργηθούν πλαίσια CAN στο "επίπεδο bit" για να

μεταφέρουν οποιαδήποτε από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν και υπολογίζονται από το s-BMS. Μια μονάδα μετα-επεξεργασίας σας επιτρέπει να κλιμακώνετε και να χειρίζεστε τιμές και να τις μεταφέρετε στον δίαυλο CAN χωρίς την ανάγκη προσαρμοσμένης ανάπτυξης. Αυτό επιτρέπει στο s-BMS να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάσταση για πολλά υπάρχοντα συστήματα. (Πηγή lithiumbalance.com)



Εικόνα 29 Διάγραμμα Λειτουργίας διάγνωσης με λογισμικό Libal BMS

Στο s-MBS έχουμε το λογισμικό Libal BMS Pro και η άδεια χρήσης εργαλειοθήκης υπολογιστή sBMS παρέχεται ως "Softkey" που περιέχει τόσο το κλειδί άδειας χρήσης όσο και το λογισμικό υπολογιστή. Το προγραμματιζόμενο κλειδί είναι κλειδωμένο σε έναν υπολογιστή με άδεια χρήσης. Μαζί με το εργαλείο λογισμικού H/Y προσφέρεται δωρεάν υποστήριξη 5 ωρών εφαρμογής (απομακρυσμένη) Η σύνδεση με τον H/Y γίνεται μέσω RS232 και το πακέτο περιέχει έναν ισχυρό και αποδεδειγμένο μετατροπέα USB/RS232: (Πηγή lithiumbalance.com)



Εικόνα 30 Παράθυρο διάγνωσης σε λογισμικό σε BMS

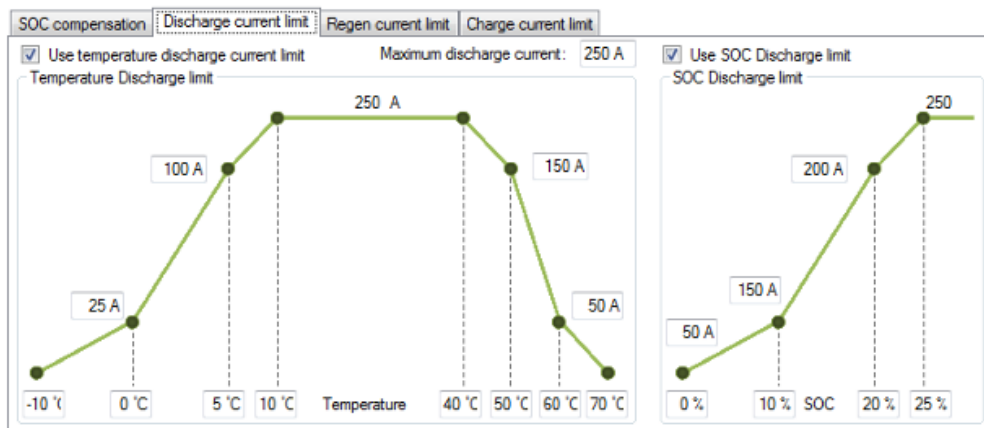
Σε λογισμικό εξετάζουμε κυρίως την :

- 1) Χωρητικότητα (αν έχει παραμείνει η ίδια και αμετάβλητη)
- 2) Κελία (σε περίπτωση διαστρέβλωσης απο κακή κατασκευή η χρήση)
- 3) Θερμοκρασία (να μην υπερβαίνει την θερμοκρασία των 24 βαθμών κελσίου)

- 4 temperature sensors per LMU board
- Noise robust passive sensors
- Auto calibrated inputs

Cell temperature	
Min. charge temperature	0 °C
Max. charge temperature	0 °C
Min. discharge temperature	0 °C
Max. discharge temperature	0 °C

System level temperature settings in Diagnostic Software



Εικόνα 31 Διάγνωση θερμοκρασίας σε μπαταρία λιθίου 20 V (Πηγή *lithiumbalance.com*)

4.2

Μοντέλο Battery Performance and Cost (BatPaC)

Η διείσδυση των μπαταριών ιόντων λιθίου (ιόντων λιθίου) στην αγορά της αυτοκινητοβιομηχανίας έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον για την πρόβλεψη και την κατανόηση του κόστους αυτής της οικογένειας χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για τον ηλεκτρισμό του συστήματος κίνησης του αυτοκινήτου. Επιπλέον, ερευνητικά εργαστήρια σε όλο το συγκρότημα DOE και διάφορα ακαδημαϊκά ιδρύματα αναπτύσσουν τακτικά νέα υλικά για μπαταρίες Li-ion. Η απόδοση των υλικών της μπαταρίας επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή πυκνότητα και το κόστος της ενσωματωμένης μπαταρίας. Η ανάπτυξη ενός δημοσίως διαθέσιμου μοντέλου που μπορεί να προβάλλει αποτελέσματα εργαστηριακής κλίμακας σε πραγματικές τιμές πακέτων μπαταριών θα ήταν πολύ ωφέλιμο. Το μοντέλο Battery Performance and Cost (BatPaC) είναι το μόνο δημοσίως διαθέσιμο μοντέλο με αξιολόγηση από ομοτίμους που καταγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ του σχεδιασμού και του κόστους των μπαταριών ιόντων λιθίου για εφαρμογές μεταφοράς. Επιπλέον, το BatPaC είναι η βάση για τον ποσοτικό προσδιορισμό του κόστους της μπαταρίας στην EPA των ΗΠΑ και στην τεχνική αξιολόγηση ελαφρών

οχημάτων NHTSA 2017-2025. Αυτή η αξιολόγηση χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να προσδιοριστεί πόσα χιλιόμετρα αλλά και τα πρότυπα εκπομπών CO₂ είναι τα βέλτιστα από μια ανάλυση κόστους-οφέλους.

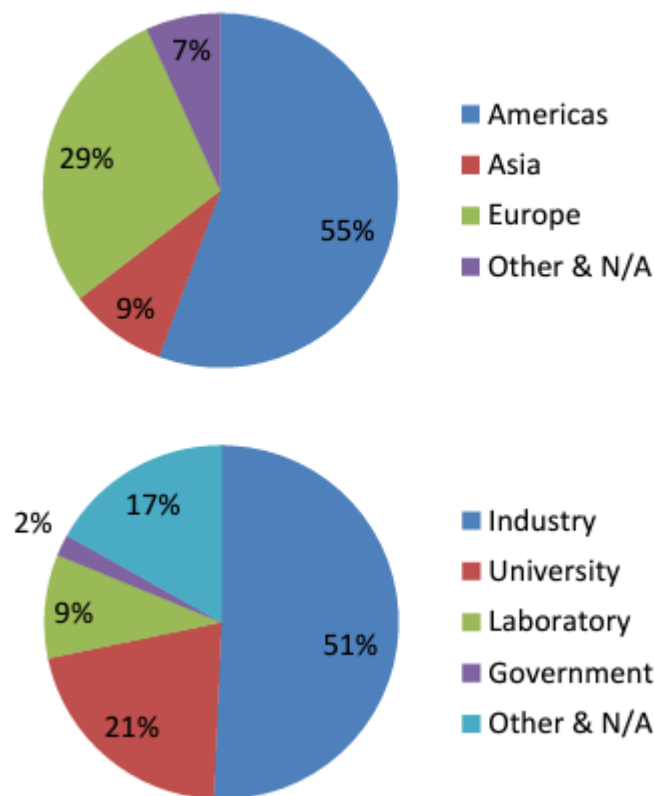
Το BatPaC είναι το αποτέλεσμα μακροχρόνιας έρευνας και ανάπτυξης στο Argonne με την υποστήριξη του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ. Πάνω από μια δεκαετία, η Argonne ανέπτυξε μεθόδους για το σχεδιασμό μπαταριών ιόντων λιθίου για ηλεκτροκίνητα οχήματα με βάση τη μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας υπολογιστικά φύλλα Microsoft® Office Excel. Αυτά τα μοντέλα σχεδίασης παρείχαν όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για την εκτίμηση των ετήσιων απαιτήσεων υλικών για την κατασκευή των μπαταριών που αναπτύσσονται. Αυτό διευκόλυνε το επόμενο βήμα, το οποίο ήταν η ενσωμάτωση της μοντελοποίησης του κόστους κατασκευής της μπαταρίας. Τα σχέδια και το κόστος των μπαταριών που υπολογίστηκαν στο BatPaC αντιπροσωπεύουν προβλέψεις για ένα έτος παραγωγής 2020 και ένα δεδομένο επίπεδο ετήσιας παραγωγής μπαταριών (10.000-500.000). Δεδομένου ότι ο στόχος είναι να προβλεφθεί το μελλοντικό κόστος κατασκευής μπαταριών, υποτίθεται μια ώριμη διαδικασία κατασκευής. Το μοντέλο σχεδιάζει μια μονάδα παραγωγής με μοναδικό σκοπό την παραγωγή της μπαταρίας που μοντελοποιείται. Ο υποτιθέμενος σχεδιασμός και η εγκατάσταση παραγωγής μπαταριών βασίζονται στις τρέχουσες πρακτικές, αλλά υποθέτουμε επίσης ότι ορισμένα προβλήματα έχουν λυθεί για να επιτευχθεί μια πιο αποτελεσματική διαδικασία παραγωγής και μια μπαταρία με υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Οι λύσεις που προτείνουμε δεν χρειάζεται να είναι οι ίδιες μέθοδοι που θα χρησιμοποιήσει ο κλάδος στο μέλλον. Υποθέτουμε ότι οι κορυφαίοι κατασκευαστές μπαταριών που είναι επιτυχημένοι το 2020 θα επιτύχουν αυτούς τους στόχους με κάποιο τρόπο. Η διαπίστωση της εγκυρότητας του υπολογισμού του μοντέλου είναι σημαντική για να δικαιολογηθούν τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από άσκηση του μοντέλου. Οι υποθέσεις και οι μέθοδοι σχεδιασμού τεκμηριώθηκαν και αναφέρθηκαν σε διάφορες μορφές. Η πιο αξιοσημείωτη μορφή είναι η δημόσια αναφορά 100+ σελίδων που συνοδεύει το μοντέλο στον ιστότοπο BatPaC. Η αναφορά και το μοντέλο έχουν υποβληθεί σε δημόσια αξιολόγηση από ομοτίμους από ειδικούς μπαταριών που έχουν συγκεντρωθεί από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, καθώς και πολυάριθμες ιδιωτικές αξιολογήσεις από κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού οχημάτων Original Equipment Manufacturers (OEM) και προμηθευτές κυψελών. Έγιναν αλλαγές ως απάντηση στα σχόλια που ελήφθησαν κατά τις αξιολογήσεις από ομοτίμους. Η τιμή των πακέτων μπαταριών για τον OEM (Original Equipment Manufacturers) που υπολογίζεται από το μοντέλο προϋποθέτει την ύπαρξη ώριμης, μεγάλου όγκου παραγωγής μπαταριών Li-ion

για εφαρμογές μεταφοράς. Ως εκ τούτου, το αυξημένο κόστος που αντιμετωπίζουν οι σημερινοί κατασκευαστές λόγω των χαμηλών όγκων παραγωγής, των υψηλότερων από τις αναμενόμενες αστοχίες κυψελών στο πεδίο και των προβλημάτων κυκλοφορίας του προϊόντος δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό. Το BatPaC είναι το μόνο μοντέλο που έχει όλα τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: ελεύθερα διαθέσιμο, διαφανές ως προς τη μεθοδολογία και τις υποθέσεις, συνδέει την απόδοση και το κόστος και χρησιμοποιεί μια προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω.

Κατανομή του BatPaC v2.1.

Η πρώτη έκδοση του BatPaC με υποστηρικτική τεκμηρίωση διανεμήθηκε την 1η Νοεμβρίου 2011. Η ενημερωμένη έκδοση BatPaC 2.1 με βελτιωμένη τεκμηρίωση κυκλοφόρησε στις 15 Νοεμβρίου 2012. Από την ημερομηνία κυκλοφορίας του 2011, έχουν γίνει περισσότερες από 1.075 ανεξάρτητες λήψεις παγκοσμίως. Η ανάλυση αυτών των λήψεων φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα .

Οι περισσότερες λήψεις πραγματοποιήθηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι βιομηχανικοί χρήστες, που κυμαίνονται από νεοσύστατες επιχειρήσεις υψηλού προφίλ μέχρι μεγάλες επιχειρήσεις παγκοσμίως, αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό των λήψεων. Οι εγγεγραμμένοι χρήστες το 2013 κατανεμήθηκαν γεωγραφικά και οργανωτικά όπως το 2012, αν και ο αριθμός των λήψεων υπερδιπλασιάστηκε το 2013. Σημειώνουμε ότι το μοντέλο δεν είναι κλειδωμένο, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να κοινοποιηθεί ελεύθερα μετά τη λήψη του. Επομένως, ο πιθανός αριθμός κατόχων του μοντέλου είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των λήψεων.



Εικόνα 32 Ανάλυση των περισσότερων από 1075 ανεξάρτητων λήψεων του BatPaC κατά τη διάρκεια.

Το BatPaC 2.1 περιλαμβάνει τις ακόλουθες βελτιώσεις σε σχέση με το BatPaC 1.1: προσθήκη επιλογών διαχείρισης θερμότητας αέρα, αυτόματο υπολογισμό αβεβαιότητας, ενημερωμένο υπολογισμό παραγωγής θερμότητας, νέες επιλογές παράλληλου κυκλώματος και πολλές άλλες αλλαγές. Τάση στην ονομαστική ισχύ. Το σωστό μέγεθος και η σωστή χρήση της μπαταρίας είναι το κλειδί για την οικοδόμηση ενός αποδοτικού και οικονομικά αποδοτικού PHEV. Το υπερμεγέθη οδηγεί σε υψηλότερο κόστος και βάρος οχήματος, ενώ το μικρότερο μέγεθος μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου και χαμηλότερη αξία για τον καταναλωτή. Η διαφορά μεταξύ της τάσης ανοιχτού κυκλώματος (OCV) και της τάσης στην οποία ένα στοιχείο φθάνει στην ονομαστική ισχύ είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στο μέγεθος της μπαταρίας (δηλαδή, η απόδοση τάσης στόχου στην ονομαστική ισχύ). Η ονομαστική τάση στην ονομαστική ισχύ επηρεάζει άμεσα την απόδοση κυκλοφορίας της μπαταρίας, τις απαιτήσεις απαγωγής θερμότητας, την απόδοση ψυχρής εκκίνησης και την επιτρεπόμενη πτώση ισχύος. Για να διατηρηθεί η απόδοση της μπαταρίας στο τέλος της ζωής της, η μπαταρία στο BatPaC έχει σχεδιαστεί για να παράγει αρχική ονομαστική ισχύ στο 80% του OCV (π.χ. $[V/U] = 0,8$). Ως αποτέλεσμα, η πλήρης ονομαστική ισχύς

επιτυγχάνεται ακόμη και μετά από σημαντική αύξηση της σύνθετης αντίστασης της μπαταρίας, αλλά με υψηλότερο ρεύμα και υψηλότερη εσωτερική παραγωγή θερμότητας.



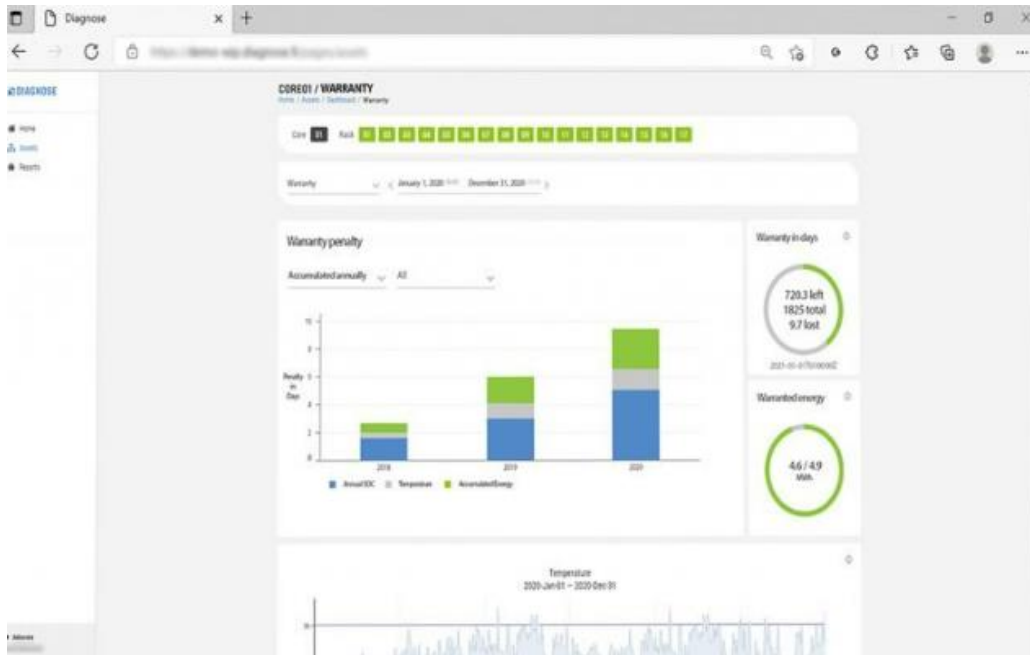
Εικόνα 33 BatPac M2

Η παραγωγή θερμότητας για αυτές τις μπαταρίες υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας ένα ισοδύναμο μοντέλο κυκλώματος με δύο σταθερούς χρόνους που αντιστοιχούν στις αλλαγές στην κατάσταση φόρτισης και στο πάχος του ηλεκτροδίου. Αυτό το μοντέλο έχει εφαρμοστεί στο Autonomy και χρησιμοποιείται για την ακριβή εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής θερμότητας κατά τη διάρκεια ενός κύκλου οδήγησης. Η χρήση ενός μοντέλου με δύο χρονικές σταθερές ήταν κρίσιμη για την καταγραφή της αύξησης της σύνθετης αντίστασης της μπαταρίας που συμβαίνει κατά τη διάρκεια μιας συνεχούς κατάστασης εκφόρτισης ή φόρτισης λόγω των κλίσεων συγκέντρωσης που σχηματίζονται μέσα στο στοιχείο. Επιπλέον, κατά τους προκαταρκτικούς υπολογισμούς χρησιμοποιώντας το μοντέλο αυτονομίας, διαπιστώσαμε ότι η οδήγηση με σταθερή ταχύτητα περίπου 65 mph παρήγαγε τόσο θέρμανση της μπαταρίας με την οδήγηση στον κύκλο οδήγησης US06.

Η υψηλή παραγωγή θερμότητας σε σταθερή ταχύτητα οφείλεται στην αύξηση της σύνθετης αντίστασης της μπαταρίας με ομοιόμορφη εκφόρτιση. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την αυτονομία, αναπτύχθηκε μια μέθοδος για το BatPaC v2.1 για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος μπαταρίας σε σταθερή ταχύτητα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί την ενεργειακή ζήτηση του οχήματος στον κύκλο δοκιμών σε μονάδες (Wh/km) για να εκτιμήσει τους συντελεστές τριβής κύλισης και οπισθέλκουσας. (Πηγή *FY 2013 Annual Progress Report Santhanagopalan, Kim 2020*)

Μια εταιρεία που είναι η κορυφαία στον κόσμο σύμφωνα με την αξιολόγηση μπαταριών αλλά και διάγνωση είναι η εταιρεία Akkurate. Η συγκεκριμένη εταιρεία παρέχει λογισμικό διάγνωσης μπαταριών όπως το λογισμικό **Diagnose** στο οποίο παρακάτω θα το αναλύσουμε:

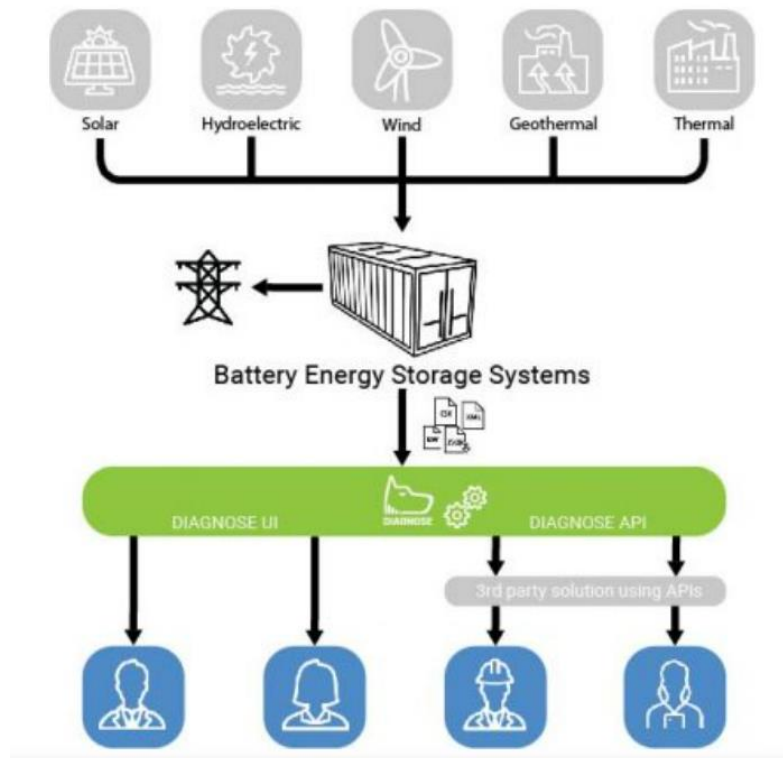
Το Diagnose έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιεί την απόδοση και τη διάρκεια ζωής των μπαταριών σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Το Diagnose παρέχει ένα ιδανικό σύνολο μετρήσεων δεδομένων για έναν διαχειριστή περιουσιακών στοιχείων ώστε να αξιολογεί και να τελειοποιεί διάφορες επιλογές επιχειρησιακής στρατηγικής. Χρησιμοποιώντας τυποποιημένους υπολογισμούς κατάστασης (SOH) για ολόκληρο τον στόλο μπαταριών, μπορούν να πραγματοποιηθούν πιο ρεαλιστικοί υπολογισμοί της υπολειπόμενης τιμής της μπαταρίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για όλους τους φορείς εκμετάλλευσης και τους επενδυτές με μια ποικιλία διαφορετικών πόρων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μπαταριών. Το Diagnose επιτρέπει συγκρίσιμη ανάλυση, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή της μπαταρίας, ώστε να μπορείτε να προβάλλετε και να παρακολουθείτε όλα τα στοιχεία BESS σας μέσω μιας ενιαίας διεπαφής. Παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση της μπαταρίας και μια πρόβλεψη της υποβάθμισης της μπαταρίας και της υπολειπόμενης αναμενόμενης διάρκειας ζωής. Τα ρεαλιστικά μοντέλα προσδοκώμενου κύκλου και υποβάθμισης χωρητικότητας που λαμβάνουν υπόψη τα πρότυπα χρήσης της μπαταρίας είναι υψίστης σημασίας για τον υπολογισμό της αναμενόμενης απόδοσης επένδυσης των έργων αποθήκευσης ενέργειας. (Πηγή www.akkurate.fi)



Εικόνα 34 Λογισμικό Diagnose

Η προσαρμόσιμη μονάδα παρακολούθησης εγγύησης Diagnose συλλέγει και αποθηκεύει λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τις παραμέτρους της εγγύησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Σε περίπτωση αμφισβητήσεων σχετικά με την εγγύηση που σχετίζονται με την εγγύηση απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, απαιτούνται τα ιστορικά δεδομένα παραμέτρων εγγύησης. Η παρακολούθηση εγγύησης και οι σχετικές ειδοποιήσεις επιτρέπουν στον χειριστή του BESS να ενεργεί και να προσαρμόζει τη λειτουργία της μπαταρίας ώστε να πληροί τους όρους της εγγύησης.

Το Battery Status API, που συνήθως αναφέρεται ως Battery API, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας του συστήματος και επιτρέπει την ειδοποίηση μέσω συμβάντων που αποστέλλονται όταν αλλάζει η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας ή η κατάσταση φόρτισης. Χάρη στα ευέλικτα API, η έξοδος του Diagnose μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί με τα υπάρχοντα εργαλεία παρακολούθησης και διαχείρισης ενέργειας (EMS, SCADA κ.λπ.), επιτρέποντας στους τελικούς χρήστες να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τις γνωστές λύσεις που έχουν συνηθίσει. Τα διαγνωστικά API βασίζονται σε σύγχρονα πρότυπα ιστού και διατηρούνται ενεργά και βελτιώνονται, διασφαλίζοντας μια μελλοντική λύση. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε το διάγραμμα των διαγνωστικών.



Εικόνα 35 Διάγραμμα σύνδεσης χρηστών με τα συστήματα μπαταρίας

4.3

Πλατφόρμα παρακολούθησης και ανάλυση δεδομένων

Η λειτουργική αξιοπιστία των συστημάτων μπαταριών είναι ένα από τα κύρια εμπόδια στην εφαρμογή και τη διείσδυση στην αγορά ηλεκτρονικών σκούτερ και ηλεκτρονικών οχημάτων. Εκτός από το ενσωματωμένο σύστημα διάγνωσης σφαλμάτων στο BMS συστημάτων μπαταρίας, μια εφικτή λύση είναι μια πλατφόρμα διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο που μπορεί να παρακολουθεί τη λειτουργία της μπαταρίας και να παρέχει υποστήριξη αποφάσεων σε τελικούς χρήστες και κατασκευαστές (Εικ. 1). Η πλατφόρμα δεν μπορεί μόνο να συλλέξει και να διαγνώσει δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, αλλά και να προβλέψει τις συνθήκες λειτουργίας των ηλεκτρονικών σκούτερ αναλύοντας ιστορικά και τρέχοντα δεδομένα λειτουργίας. Το ηλεκτρονικό σκούτερ που ερευνήθηκε σε αυτή τη μελέτη είναι εξοπλισμένο με μια μπαταρία με ονομαστική τάση 48 V και η μέγιστη ταχύτητά του είναι 25 km/h. Όλα τα δεδομένα λειτουργίας μεταδίδονται στην πλατφόρμα παρακολούθησης μέσω της ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ του BMS και της κεντρικής πλατφόρμας και τα αρχικά δεδομένα συγκεντρώνονται μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Σε αυτή την εργασία, μελετήσαμε κυρίως τη διάγνωση βλαβών του συστήματος μπαταρίας του e-scooter και τα επιλεγμένα δεδομένα σε αυτήν

την εργασία περιλαμβάνουν την ταχύτητα του e-scooter, την τάση της μπαταρίας, το ρεύμα, SOC, θερμοκρασία και τάση των κυψελών. Με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορούμε να αξιολογήσουμε την κατάσταση λειτουργίας της μπαταρίας στα ηλεκτρονικά σκούτερ. Οι προδιαγραφές και οι παράμετροι μεγέθους της μπαταρίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα παρακάτω:

Table 1
The specification parameters of the battery pack.

Parameters	Value
Nominal Voltage (V)	48
Nominal Capacity (Ah)	24
Pack Weight (kg)	8 ± 0.05
Size (mm)	145.5 × 178.5 × 283

Πίνακας 11 Παραμέτροι Ισχύος , χωρητικότητας και μεγέθους

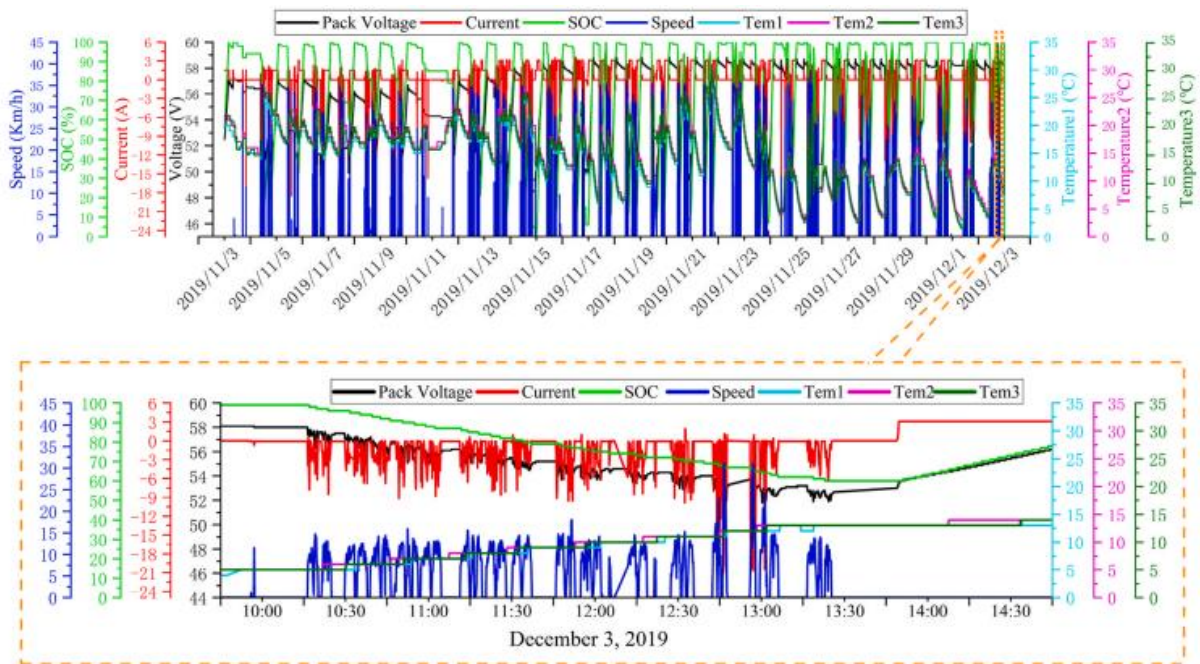
Προκειμένου να αναλυθούν διαισθητικά τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των παραμέτρων του οχήματος, οι καμπύλες παρακολούθησης των τυπικών μετρήσεων σε ένα μήνα φαίνονται στο Σχ. 2. Σημειώστε ότι το αρνητικό ρεύμα αντιπροσωπεύει τον τρόπο εκφόρτισης, ενώ το θετικό ρεύμα τον τρόπο φόρτισης. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν τρεις αισθητήρες θερμοκρασίας για την καταγραφή της θερμοκρασίας επιφάνειας των στοιχείων της μπαταρίας σε ένα πακέτο, το οποίο επιτρέπει μια χονδρική αξιολόγηση της συνοχής του πακέτου μπαταριών με βάση τις τρεις διαφορετικές μετρήσεις. Όπως φαίνεται από το μερικό σχήμα του Σχ. 2, όταν η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από το μηδέν και το ρεύμα είναι μικρότερο από το μηδέν, η ισχύς κίνησης που παρέχεται από τον κινητήρα αυξάνεται, και κατά συνέπεια η τάση και το SOC μειώνονται. Ωστόσο, μια ξαφνική αλλαγή σε μία παράμετρο μπορεί να οδηγήσει σε αλυσιδωτή αντίδραση. Για παράδειγμα, κατά τη φόρτιση της μπαταρίας, ένα μη φυσιολογικό σήμα τάσης μπορεί να υποδεικνύει σφάλματα υπέρτασης ή χαμηλής τάσης, ακόμα κι αν άλλες παράμετροι φαίνονται φυσιολογικές. Μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το είδος της βλάβης πρέπει να καθορίζεται όχι μόνο από το άμεσο μέτρο, αλλά και από το εύρος διακύμανσης των διαφόρων παραμέτρων. Ο παρακάτω Πίνακας 2 δείχνει το κανονικό εύρος των διαφόρων παραμέτρων και τα τυπικά σφάλματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτή τη μελέτη εστιάζουμε κυρίως σε αυτά τα ηλεκτρικά και θερμικά σφάλματα.

Table 2
Normal range and possible failure of several typical parameters.

Parameters	Normal range	Possible faults
Pack voltage (V)	[38.5, 58.8]	Over-voltage/Under-voltage
Speed (Km/h)	[0, 25]	Over-speed
Current (A)	Charge (0, 8) Discharge [-24, 0]	Open circuit/Short circuit/Discharge over-current
Temperature (°C)	[-10, 50]	Temperature anomaly/Excessive temperature difference
Cell voltage (V)	[2.75, 4.20]	Over-voltage/Under-voltage/Large voltage difference

Πίνακας 12 Πιθανές αστοχίες σε παραμέτρους

Από ότι φαίνεται ότι οι σχετικές παράμετροι του σετ μπαταριών που μελετήθηκαν ποικίλλουν δραστικά στις διαφορετικές καταστάσεις και προφανώς δεν συμφωνούν με Gaussian κατανομή. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, πρέπει πρώτα να προσδιοριστεί και να ταξινομηθεί η κατάσταση λειτουργίας του e-scooter. Κανονικά, οι καταστάσεις λειτουργίας των ηλεκτρονικών σκούτερ μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες, δηλαδή εκφόρτιση, φόρτιση, αδράνεια και εκτός σύνδεσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Για λόγους απλότητας, το ρεύμα και η ταχύτητα θα συμβολίζονται ως C και S, αντίστοιχα, στα ακόλουθα. Οι προϋποθέσεις κρίσης για τις υποθέσεις 1 και 3 επεξηγούνται παρακάτω. Διαισθητικά, μία από τις προϋποθέσεις προσδιορισμού για την Περίπτωση 1 είναι η $C < 0$ και $S = 0$. Όταν συμβεί μια ξαφνική διακοπή, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κινητήρα στέλνει συνεχώς τρέχουσες αιτήσεις στο BMS. Σε αυτή την περίπτωση, το S είναι μηδέν, αλλά η διαδικασία εκφόρτισης συνεχίζεται. Με $C = 0$ και $S = 0$, η κατάσταση λειτουργίας της περίπτωσης 3 μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί. Ωστόσο, μια άλλη προϋπόθεση της περίπτωσης 1 είναι - 1



Γράφημα 9 The measurement of E-Scooters.

Στο επόμενο βήμα, αναπτύσσονται οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι με βάση τη διακύμανση της μέτρησης και τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών σφαλμάτων

Μαθηματική μοντελοποίηση της μεθόδου διάγνωσης βλαβών συστήματος.

Το στατιστικό μοντέλο για τη διάγνωση σφαλμάτων και την ανίχνευση ανωμαλιών δημιουργείται με βάση στατιστικούς αλγόριθμους και τα διαγνωστικά κριτήρια αναπτύσσονται λαμβάνοντας υπόψη τη διακύμανση των επιμέρους παραμέτρων. Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο προκύπτει ως εξής. Τα λειτουργικά δεδομένα συλλέγονται από μια πλατφόρμα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένης της τάσης μπαταρίας V , του ρεύματος μπαταρίας C , του SOC, της ταχύτητας του οχήματος S και της θερμοκρασίας T . Υπολογίζοντας τον μέσο όρο και τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας, προκύπτουν τα ακόλουθα:

$$\begin{cases} T_t = [T_1^t \ T_2^t \ T_3^t] \\ \Delta T_t = \text{Max}(T_t) - \text{Min}(T_t) \\ \hat{T}_t = 1/3 \cdot (T_1^t + T_2^t + T_3^t) \end{cases}$$

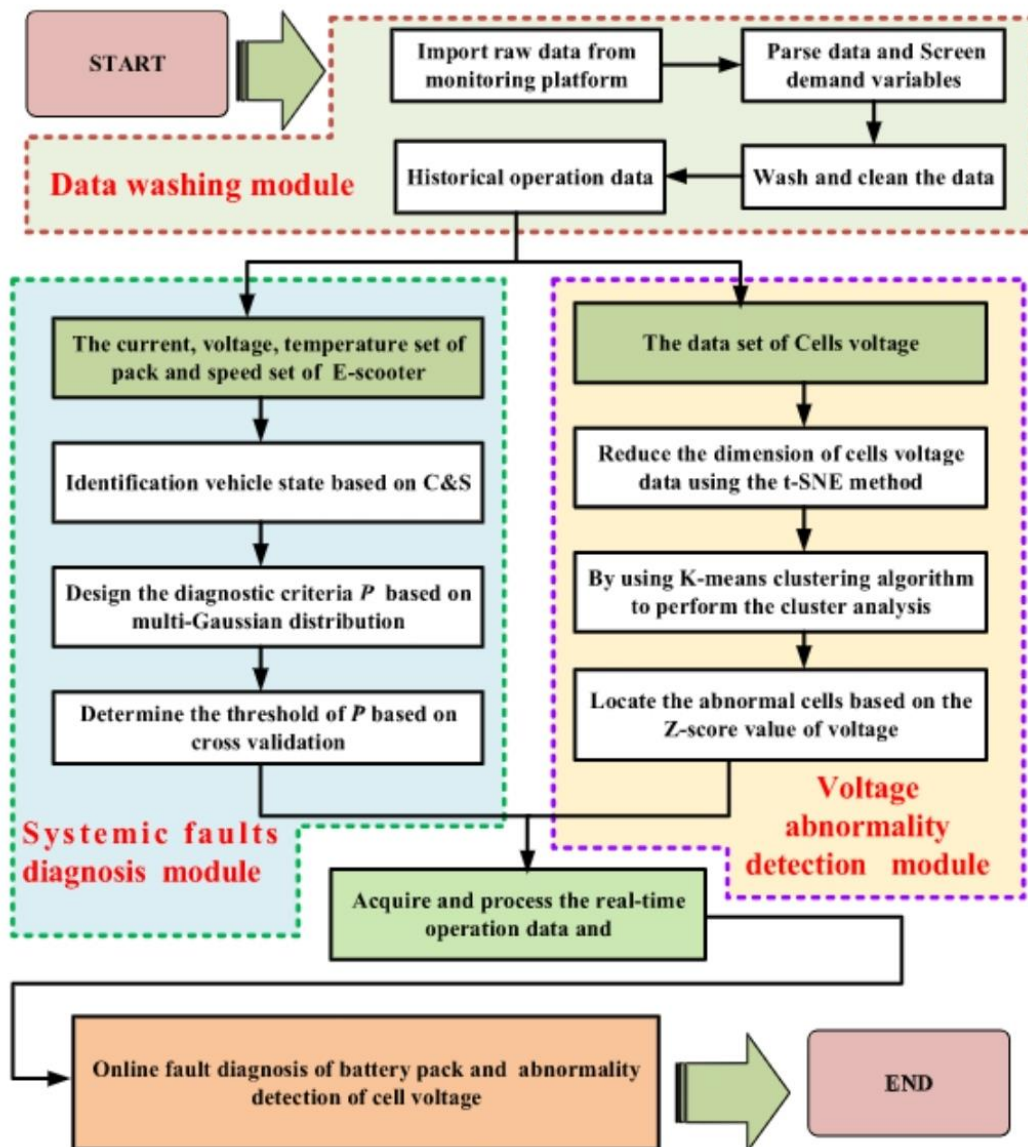
Στη συνέχεια, μια μήτρα για την κατάσταση του E-scooter μπορεί να προκύψει τη χρονική στιγμή t , όπως:

$$D_t = [\Delta T_t, \hat{T}_t, V_t, C_t, S_t]$$

Στη συνέχεια, ένας πίνακας καταστάσεων σε μια περίοδο μπορεί να υπολογιστεί επαναλαμβάνοντας:

$$D_n = [\Delta T_n, \hat{T}_n, V_n, C_n, S_n]$$

Και τελικά μπορεί να χωριστεί στους πίνακες που αντιστοιχούν στο τέσσερις καταστάσεις λειτουργίας του E-scooter, όπως:



Εικόνα 36 : Το πλαίσιο και το διάγραμμα ροής της διάγνωσης βλαβών και της ανίχνευσης ανωμαλιών.

$$\begin{cases} D_1^n = [\Delta T_n \hat{T}_n V_n C_1^n S_1^n] \\ D_2^n = [\Delta T_n \hat{T}_n V_n C_2^n] \\ D_3^n = [\Delta T_n \hat{T}_n V_n C_3^n] \\ D_4^n = [\Delta T_n \hat{T}_n V_n] \end{cases}$$

κατά συνέπεια, η μέση τιμή του πίνακα που αντιστοιχεί στο καθένα. Η κατάσταση μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\begin{cases} \bar{D}_i^j = \sum_{t=1}^n D_i^t, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad t = 1, 2, \dots, n \\ \bar{D}_i = [\bar{D}_i^1 \bar{D}_i^2 \dots \bar{D}_i^j] \end{cases}$$

όπου το j αντιπροσωπεύει την jη μεταβλητή στο ίο διάνυσμα. Ομοίως, το τυπική απόκλιση σ και διακύμανση σ^2 κάθε αριθμητικού πίνακα μπορεί να είναι απέδωσε, ως:

$$\begin{cases} \sigma_i = [\sigma_i^1 \sigma_i^2 \dots \sigma_i^j] \\ \sigma_i^2 = [(\sigma_i^1)^2 (\sigma_i^2)^2 \dots (\sigma_i^j)^2] \end{cases}$$

Στη συνέχεια, ο αντίστοιχος πίνακας συντελεστών για κάθε κατάσταση λειτουργίας μπορεί να κατασκευαστεί ως εξής:

$$f_i = \begin{bmatrix} \bar{D}_i^1 & \bar{D}_i^2 & \dots & \bar{D}_i^j \\ \sigma_i^1 & \sigma_i^2 & \dots & \sigma_i^j \\ (\sigma_i^1)^2 & (\sigma_i^2)^2 & \dots & (\sigma_i^j)^2 \end{bmatrix}$$

Στη συνέχεια, ο πίνακας συντελεστών της tth κατάστασης λειτουργίας μπορεί να είναι απλοποιημένη, όπως:

$$f_i = \begin{bmatrix} \bar{D}_i \\ \sigma_i \\ \sigma_i^2 \end{bmatrix}$$

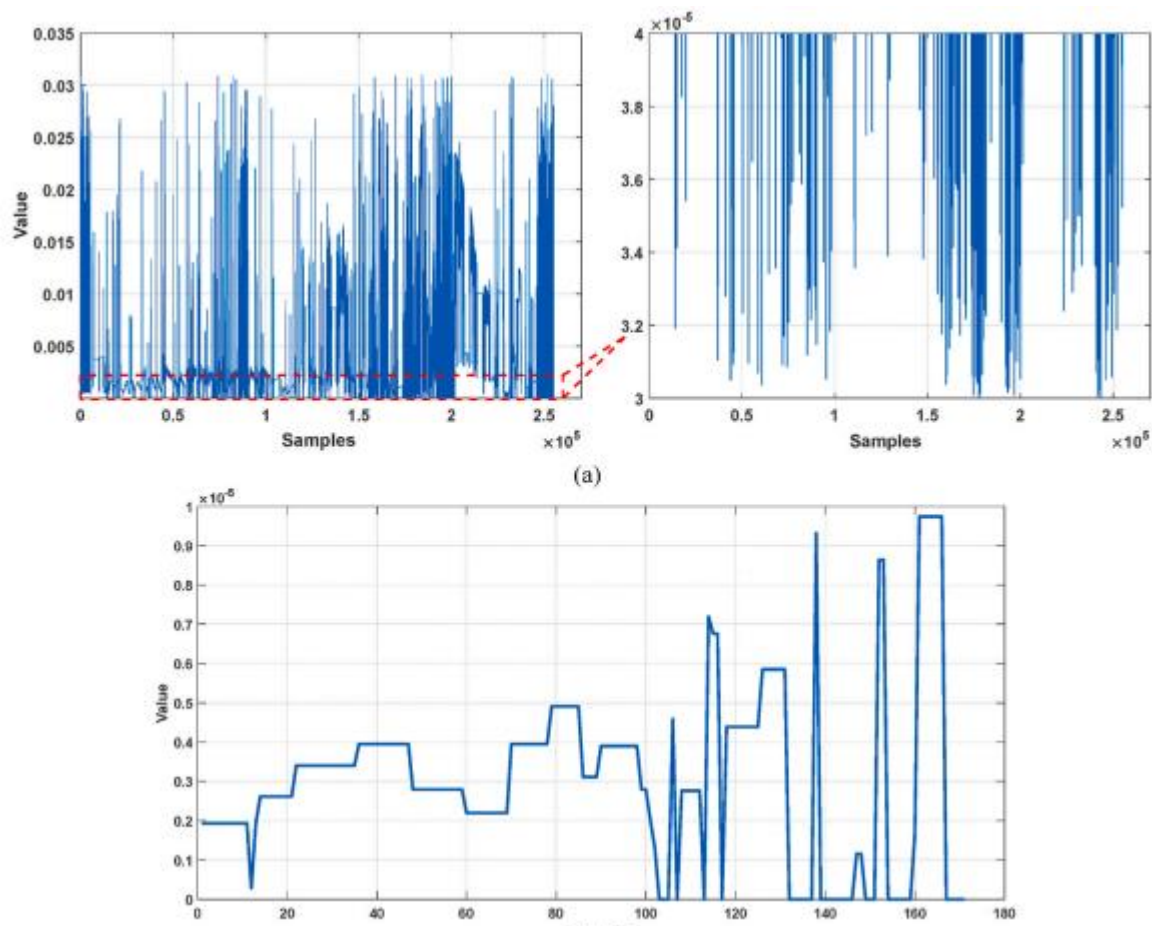
Οπότε σύμφωνα με τον τύπο

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

όπου f_{i1} , f_{i2} , f_{i3} αντιπροσωπεύουν το πρώτο, δεύτερο και τρίτο διάνυσμα του πίνακα συντελεστών f_i . Ο πίνακας συντελεστών f μπορεί να είναι υπολογίζεται από μεγάλο αριθμό κανονικών δεδομένων λειτουργίας για τον προσδιορισμό του P σε κάθε στιγμή. Το όριο ϵ του P πρέπει να οριστεί για τη διάγνωση σφαλμάτων.

Η Μέθοδος Ανίχνευσης Ανωμαλίας Τάσης για Κυψέλες

Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια λειτουργίας και η αξιοπιστία της μπαταρίας, αυτό



Διάγραμμα 10 Τα υπολογισμένα αποτελέσματα του P για διαφορετικά δείγματα. (α) Κανονικά δεδομένα. (β) Μη φυσιολογικά δεδομένα.

Είναι απαραίτητο να παρακολουθείτε την κατάσταση λειτουργίας και να διαγνώσετε την κατάσταση υγείας (SOH) κάθε στοιχείου μπαταρίας. Ωστόσο, η διάγνωση και η ανάλυση της τάσης κάθε κυψέλης απαιτεί σημαντική υπολογιστική προσπάθεια και μειώνει την απόδοση της διάγνωσης σε πραγματικό χρόνο. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, τα δεδομένα παρακολούθησης υψηλών διαστάσεων (τα δεδομένα κάθε κυψέλης θεωρούνται μονοδιάστατα) όλων των τάσεων της κυψέλης συμπιέζονται σε δισδιάστατα

δεδομένα χρησιμοποιώντας την τεχνική t-κατανεμημένης ενσωμάτωσης στοχαστικού γείτονα (t-SNE), ένα αποτελεσματικό εργαλείο οπτικοποίησης δεδομένων που παρέχει καλύτερη οπτικοποίηση εφαρμόζοντας την τάση συμπίεσης σημείων στο κέντρο του χάρτη. Η διαδικασία μείωσης διαστάσεων που βασίζεται στο t-SNE μπορεί να βελτιώσει την αναγνωσιμότητα των δεδομένων διατηρώντας παράλληλα τις σημαντικές πληροφορίες που περιέχονται στα αρχικά δεδομένα. Μετά τη μείωση των διαστάσεων, ο αλγόριθμος ομαδοποίησης K-Means χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της ανάλυσης συμπλέγματος για τον έλεγχο της μη φυσιολογικής τάσης κυψέλης στο πακέτο μπαταριών. Στη συνέχεια, το μη φυσιολογικό κελί εντοπίζεται με βάση το κριτήριο ανίχνευσης συνδυάζοντας την αρχή κατανομής Gauss και τη μέθοδο Z-score. Ο αλγόριθμος συστάδας K-Means και η μέθοδος Z-score χρησιμοποιούνται για την επίτευξη διάγνωσης και εντοπισμού σφαλμάτων δύο σταδίων για την τάση κυψέλης. Ο αλγόριθμος ομαδοποίησης K-Means είναι μια μέθοδος τμηματοποίησης χωρίς επίβλεψη που μπορεί να εξαλείψει αποτελεσματικά μοναδικά σημεία δείγματος που δεν ταιριάζουν με τις πραγματικές ετικέτες κλάσεων. Η βαθμολογία Z, η οποία ονομάζεται τυπική βαθμολογία, προέρχεται από την τυπική απόκλιση και έχει τη λειτουργία της πρόβλεψης του κινδύνου. Επομένως, χρησιμοποιείται συχνά ως μέτρο διακριτού βαθμού μεταξύ ατόμων σε μια ομάδα. Η μαθηματική μοντελοποίηση της διάγνωσης των ανωμαλιών τάσης παρουσιάζεται ως εξής. Παρόμοια με πριν, ένας συντελεστής διάγνωσης για ανωμαλίες τάσης αναπτύσσεται με βάση τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Σύμφωνα με το

$$P(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(V_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

η τιμή της πυκνότητας πιθανότητας για κάθε τάση κυψέλης μπορεί να διαμορφωθεί ως εξής:

Λόγω της ασυνέπειας των στοιχείων της μπαταρίας, η μέτρηση της τάσης των στοιχείων είναι συνήθως διαφορετική. Συγκεκριμένα, οι διακυμάνσεις τάσης των ελαττωματικών κυψελών μπορεί να είναι οι υψηλότερες ή οι χαμηλότερες σε μια ορισμένη περίοδο, επομένως η πυκνότητα πιθανότητας τάσης που υπολογίζεται από την τυπική απόκλιση και οι μέσες τιμές μπορεί να μην είναι σε θέση να ανιχνεύσει με ακρίβεια τα σφάλματα τάσης. Επομένως, υπολογίζουμε τον συντελεστή ανωμαλίας τάσης χρησιμοποιώντας το Αρχή της βαθμολογίας Z, όπως:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Όπου x είναι το δείγμα στόχος, μ είναι ο μέσος όρος όλων των δειγμάτων και σ είναι η τυπική απόκλιση των δειγμάτων. Η τιμή του Z αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ του δείγματος στόχου και του μέσου όρου των αρχικών δειγμάτων με βάση την τυπική απόκλιση. Εάν το δείγμα-στόχος είναι μικρότερο από τον μέσο όρο, το Z είναι αρνητικό, διαφορετικά είναι θετικό. Με βάση τη μέθοδο Zscore, ο συντελεστής της ανωμαλίας τάσεων υπολογίζεται ως εξής:

$$Z_i(t) = \frac{\left| P_i(t) - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k P_i(t) \right|}{\sigma_P(t)}$$

Όπου $P_i(t)$ είναι η τιμή της πυκνότητας πιθανότητας της τάσης του κελιού τη στιγμή t , k είναι ο αριθμός των κυψελών και $k = 14$ σε αυτήν την εργασία και $\sigma_P(t)$ είναι η τυπική απόκλιση της πυκνότητας πιθανότητας για την τάση του όλα τα κύτταρα τη χρονική στιγμή t . Εάν ληφθεί η τιμή Z της τάσης για κάθε στοιχείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί ποιο στοιχείο είναι μη φυσιολογικό. Για να αναλυσουμε τα χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη συνθηκών βλάβης για κάθε τάση κυψέλης στο σετ μπαταριών, δημιουργείται ένα μοντέλο διάγνωσης βλάβης στον τομέα του χρόνου. Γενικά, υπάρχουν δύο λόγοι για τις διαφορές μεταξύ των τάσεων των κυψελών: συστηματικά σφάλματα και τυχαία σφάλματα. Υποθέτουμε ότι η τάση του στοιχείου επηρεάζεται μόνο από τυχαία σφάλματα και τα διαγνωστικά κριτήρια καθορίζονται χρησιμοποιώντας την κατανομή Gaussian για την ανίχνευση της ελαττωματικής τάσης κυψέλης. Επί του παρόντος, η στρατηγική διαλογής 3σ που βασίζεται στην πιθανότητα κατανομής Gauss χρησιμοποιείται ευρέως για την κεντρική διαλογή δεδομένων χωρίς σφάλματα [30], και για αυτόν τον λόγο, συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε την αρχή 3σ για τον έλεγχο των δεδομένων σφάλματος στον τομέα του χρόνου. Υπολογίζοντας τη μέση μ και την τυπική απόκλιση σ της τάσης του στοιχείου για όλα τα δεδομένα δείγματος, η διαφορά τιμής μεταξύ της τάσης του στοιχείου V_i^t και μ μπορεί να ληφθεί ως εξής:

$$\Delta V_i^t = V_i^t - \mu$$

Συγκρίνοντας την απόλυτη τιμή του ΔV_i^t και με 3σ έχουμε

$$\begin{cases} \text{if } 3\sigma \leq |\Delta V_i^t| \leq 3\sigma, & F_{t,i} = 0 \\ \text{else,} & F_{t,i} = 1 \end{cases}$$

Σύμφωνα με τον προηγούμενο τύπο , ο πίνακας σφαλμάτων τη στιγμή t μπορεί να κατασκευαστεί ως:

$$F_t = (F_{t,1}, \dots, F_{t,n})$$

όπου $F_{t,i} = 0$ ή 1 . Ο πίνακας σφαλμάτων για μια συγκεκριμένη περίοδο (t_0 t_1) μπορεί να είναι να αποδώσει ως:

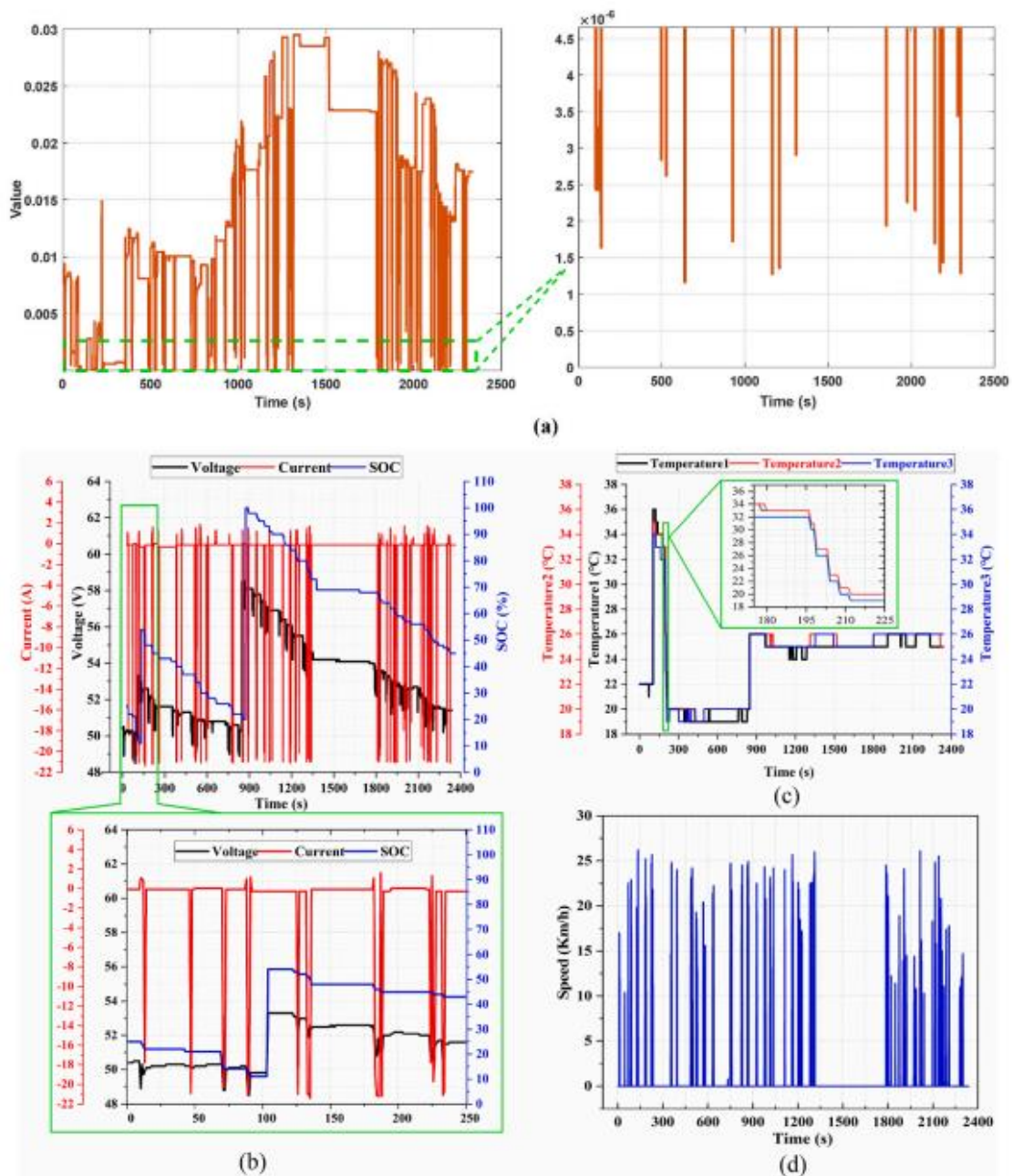
$$F = (F_{t_0}^T, \dots, F_{t_1}^T)^T$$

Και τελικά έχουμε :

$$FH_{day}^j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{day}^{i,j}$$

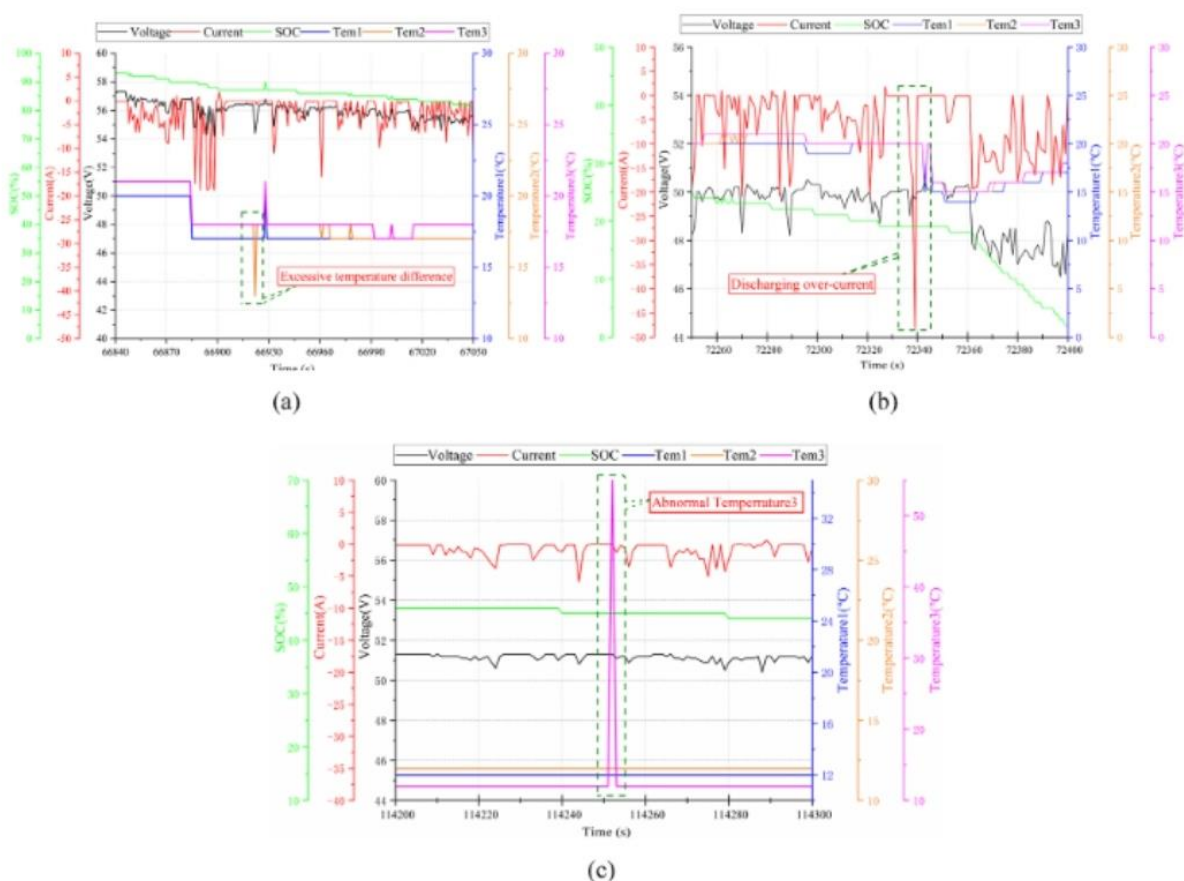
Σχεδιασμός αλγορίθμου

Οι παράμετροι του διαγνωστικού μοντέλου προσδιορίζονται με ανάλυση και εκπαίδευση δεδομένων εκτός σύνδεσης. Η πλατφόρμα παρακολούθησης μπορεί να παρέχει ιστορικά επιχειρησιακά δεδομένα και η συχνότητα που απαιτείται από την πλατφόρμα παρακολούθησης είναι 0,1 Hz. Δεδομένου ότι τα δεδομένα λειτουργίας επηρεάζονται αναπόφευκτα από το θόρυβο, το σφάλμα αισθητήρα και το σφάλμα BMS κατά τη λήψη και τη μετάδοση της μέτρησης, τα ακατέργαστα δεδομένα που εξάγονται από την πλατφόρμα παρακολούθησης περιέχουν ορισμένες τιμές χαμηλής ποιότητας, επομένως δεν μπορούν να αναλυθούν άμεσα με στατιστικές μεθόδους. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, τα αρχικά εξαγόμενα δεδομένα υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα για μοντελοποίηση. Το πλαίσιο και το διάγραμμα ροής της διάγνωσης βλαβών και της ανίχνευσης ανωμαλιών φαίνονται στο Σχ. 3. Όπως φαίνεται, ολόκληρο το πλαίσιο περιλαμβάνει τρεις ενότητες, συγκεκριμένα τη μονάδα καθαρισμού και πλύσης δεδομένων, τη μονάδα διάγνωσης συστημικών βλαβών και τη μονάδα ανίχνευσης ανωμαλιών τάσης κυψέλης . Στη μονάδα διάγνωσης συστημικών βλαβών, το πρωταρχικό καθήκον είναι η σωστή επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων και, στη συνέχεια, η κατάσταση λειτουργίας του e-scooter πρέπει να είναι



Διάγραμμα 11 Τα αποτελέσματα διάγνωσης και οι καμπύλες διακύμανσης των αντίστοιχων παραμέτρων για το πακέτο μπαταριών σε πραγματικό χρόνο. (α) Η τιμή του συντελεστή διάγνωσης P για το πακέτο μπαταριών. (β) Οι καμπύλες μεταβολής τάσης, ρεύματος και SOC. (γ) Οι καμπύλες μεταβολής της θερμοκρασίας. (δ) Η ταχύτητα του E-scooter κάθε στιγμή

Έτσι για παρακολούθηση και διάγνωση βλαβών βλέπουμε και στο παραπάνω διάγραμμα και κατά τη διαδικασία ανάλυσης του σφάλματος μοντελοποίηση διάγνωσης, ένα κρίσιμο βήμα είναι ο προσδιορισμός του ορίου ϵ του ο συντελεστής διάγνωσης βλαβών P , ο οποίος συνήθως απαιτεί μεγάλη ποσότητα δεδομένων εκτός σύνδεσης για δοκιμή και σφάλμα. Όταν προσδιορίζεται το ϵ , το P μπορεί να είναι υπολογίζεται σε κάθε στιγμή για να προσδιορίσει την κατάσταση του E-scooter. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια σειρά από αποτελέσματα διάγνωσης για συστηματικά σφάλματα, και γίνονται οι αντίστοιχες συζητήσεις.



Διάγραμμα 9 Δεδομένα μερικών βλαβών της μπαταρίας.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Για τη διάγνωση συστημικών βλαβών, η κατάσταση λειτουργίας του e-scooter προσδιορίζεται πρώτα για τη βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας. Στη συνέχεια, καθιερώνεται το διαγνωστικό κριτήριο P για τη διάγνωση των συστημικών βλαβών. Με

βάση το P , τα σφάλματα που προκαλούνται από την τάση, το ρεύμα, τη θερμοκρασία της μπαταρίας και την ταχύτητα του e-scooter μπορούν να διαγνωστούν ταυτόχρονα. Σε αυτή την ενότητα, το κατώφλι ϵ του P προσδιορίζεται αρχικά με βάση τα ιστορικά δεδομένα λειτουργίας των ηλεκτρονικών σκούτερ.

Προσδιορισμός του συντελεστή διάγνωσης

Ο πίνακας συντελεστών f υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τα επεξεργασμένα δεδομένα 50 ηλεκτρονικών σκούτερ μετά την αφαίρεση των μη φυσιολογικών τιμών. Στη συνέχεια, τα δεδομένα των υπόλοιπων 30 ηλεκτρονικών σκούτερ χωρίζονται σε δύο μέρη: κανονικά δεδομένα και μη κανονικά δεδομένα. Το P που αντιστοιχεί στα κανονικά και μη φυσιολογικά δεδομένα υπολογίζεται αντίστοιχα σύμφωνα με το (10) και η τιμή κατωφλίου ϵ του P προσδιορίζεται από τη συγκριτική ανάλυση. Οι υπολογισμένες τιμές του P για τα κανονικά και μη φυσιολογικά μερικά δεδομένα φαίνονται στο Διάγραμμα 5. Όπως φαίνεται από το (α), το P ποικίλλει πολύ. Στην περίπτωση αυτή, ο συντελεστής που αντιστοιχεί σε μία παράμετρο είναι μικρότερος από 1, γεγονός που αυξάνει τον ρυθμό μεταβολής του P όταν πολλαπλασιάζεται με πολλαπλούς συντελεστές. Επιπλέον, μια μικρή αλλαγή σε έναν μόνο συντελεστή μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του P κατά πολλές τάξεις μεγέθους

Διάγνωση βλαβών για το πακέτο μπαταριών

Για την επαλήθευση της ικανότητας διάγνωσης βλαβών της προτεινόμενης μεθόδου για την μπαταρία πακέτα, τα μερικώς τυχαία ιστορικά δεδομένα λειτουργίας ενός E-scooter είναι θεωρείται για επικύρωση. Σημειώστε ότι το ηλεκτρονικό σκούτερ επιλέχθηκε για επικύρωση εξαιρείται από τα στοιχεία 86 ηλεκτρονικών σκούτερ για εκπαίδευση. Βασισμένο στα αποτελέσματα υπολογισμού του P , μπορεί να δηλωθεί ότι το P είναι ίσο με 0 (λιγότερο από 1×10^{-10}), και σε αυτή την περίπτωση η συστηματική κατάσταση υποδηλώνει δυσλειτουργία. Οι υπολογισμένες τιμές P και οι αντίστοιχες παράμετροι παρατίθενται στον Πίνακα 4 και οι καμπύλες παραμέτρων φαίνονται στο Σχ. 5.

Από το P και άλλες παραμέτρους, μπορεί να βρεθεί ότι το σφάλμα υπερβολικής διαφοράς θερμοκρασίας, το σφάλμα εκφόρτισης υπερβολικού ρεύματος και το σφάλμα μη φυσιολογικής θερμοκρασίας εμφανίζονται στα 66.921 s, 72.338 s και 114.251 s, αντίστοιχα. Από το Σχήμα 5 (α), μπορεί να φανεί ότι η μη φυσιολογική πτώση στη δεύτερη

τιμή θερμοκρασίας στα 66,921 s έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση θερμοκρασίας 5 °C και το P είναι πολύ κάτω από 1×10^{-10} αυτή τη στιγμή. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ διαφορετικών θέσεων στο πακέτο μπαταριών μπορεί να αντιπροσωπεύει τη συνοχή των στοιχείων σε κάποιο βαθμό. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 10 (β), το ρεύμα εκφόρτισης της μπαταρίας φτάνει τα 48,2 A στα 72.338 s, που είναι πολύ πάνω από το ανώτερο όριο (24 A) της κανονικής περιοχής που αναφέρεται. Ωστόσο, η αντίστοιχη ταχύτητα του Το E-scooter αυτή τη στιγμή είναι μόνο 13,6 km/h και θα πρέπει να βρίσκεται εντός της κανονικής περιοχής [0, 25]. Σύμφωνα με μια προκαταρκτική ανάλυση, το σφάλμα υπερέντασης μπορεί να προκληθεί από την ακραία λειτουργία του e-scooter, όπως μια έκτακτη ανηφόρα. Το διάγραμμα 9 (γ) δείχνει ότι η τιμή θερμοκρασίας στα 114.251 s αυξάνεται απότομα την τρίτη φορά και στη συνέχεια επιστρέφει γρήγορα στην αρχική τιμή. Ωστόσο, η τάση, το ρεύμα και το SOC της μπαταρίας αυτή τη στιγμή είναι φυσιολογικά σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται στον Πίνακα 4 και η ταχύτητα του e-scooter είναι μόνο 1,1 km/h, υποδεικνύοντας ότι μπορεί να προκληθεί το μη φυσιολογικό σφάλμα θερμοκρασίας από το σφάλμα ανίχνευσης του αισθητήρα θερμοκρασίας. Επομένως, τα αποτελέσματα της διάγνωσης δείχνουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί γρήγορα και με ακρίβεια να διαγνώσει το σφάλμα υπερέντασης, το σφάλμα υπερβολικής διαφοράς θερμοκρασίας και το σφάλμα ανίχνευσης του αισθητήρα που προκαλείται από την ανωμαλία των παραμέτρων της μπαταρίας.

Αντιμετώπιση προβλημάτων και πρόβλεψη τάσης κυψέλης.

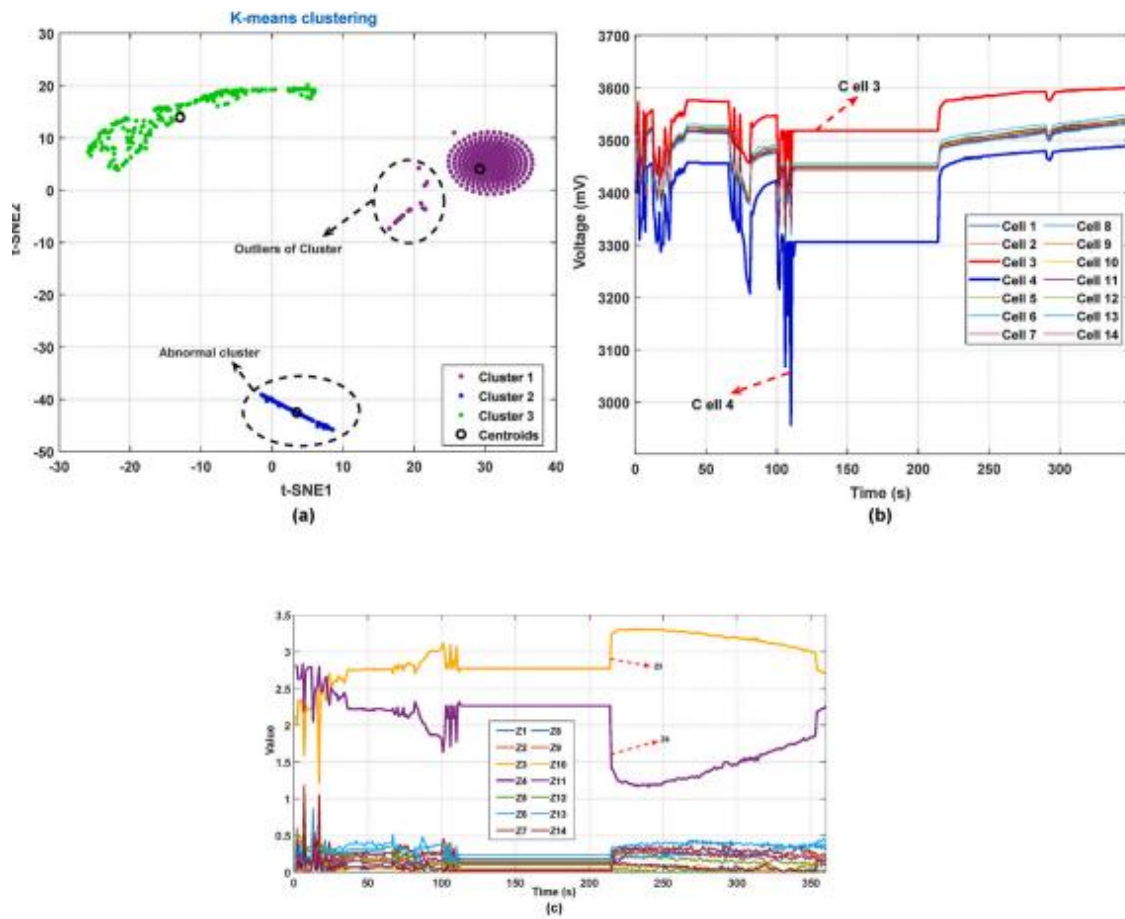
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η διάγνωση σφαλμάτων και οι δυσλειτουργίες της μπαταρίας μπορούν να εντοπιστούν σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, ο έγκαιρος εντοπισμός και η τοποθέτηση σφαλμάτων και ελαττωμάτων κυψέλης μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση και την ασφάλεια ολόκληρου του πακέτου μπαταριών.

Διάγνωση και ανίχνευση μη φυσιολογικών τάσεων

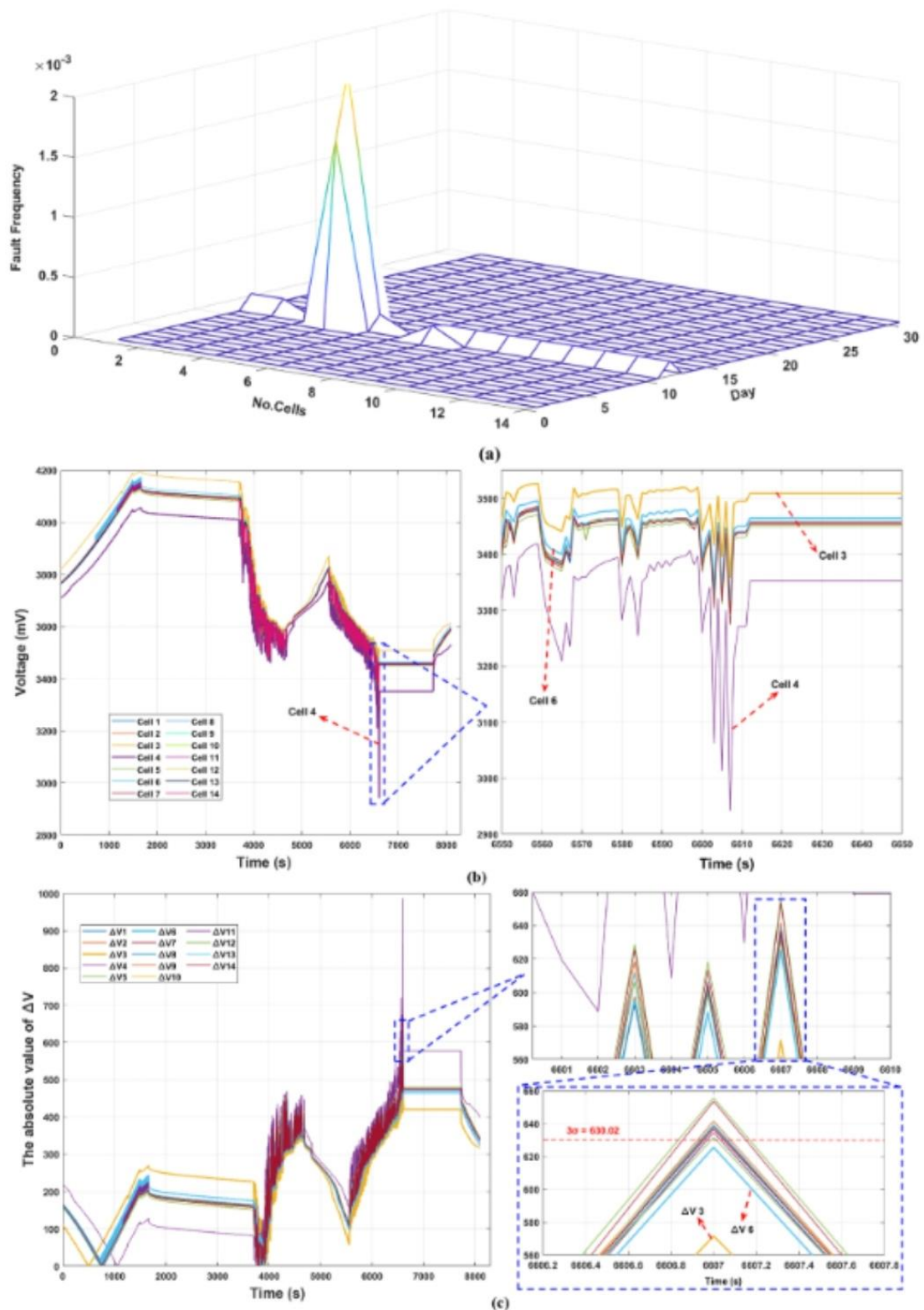
Σε αυτή τη μελέτη, τα δεδομένα τάσης 14 κυψελών σε μια μπαταρία χρησιμοποιούνται αρχικά για μείωση διαστάσεων με βάση το t-SNE και το φαινόμενο διαστάσεων υπολογίζεται στη συνέχεια σύμφωνα με ανάλυση αλγορίθμων ομαδοποίησης K-σημαίνει. Το αντίστοιχο αποτέλεσμα ομαδοποίησης είναι όπως φαίνεται στο σχ. 7 (α). Όπως φαίνεται, τα συμπιεσμένα δεδομένα χωρίζονται σε πολλές ομάδες ανάλογα με την ομοιότητα και την απόστασή τους. Στο ίδιο σύμπλεγμα, υπάρχει ένας αριθμός ακραίων τιμών που βρίσκονται μακριά από το κέντρο του συμπλέγματος, υποδεικνύοντας μια

πιθανή ανώμαλη/λανθασμένη τάση. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στα μη φυσιολογικά δεδομένα, όπως αυτά στον διακεκομμένο κύκλο του συμπλέγματος 1. Υπάρχει επίσης ένα μικρό τμήμα ανεξάρτητα ομαδοποιημένων δεδομένων, όπως το σύμπλεγμα 2 στο Διάγραμμα 12 (α), που είναι σαφώς διαφορετικό από το άλλο συστάδες. Συνήθως, αυτός ο τύπος ομαδοποίησης προκαλείται από τα δεδομένα σφάλματος. Γενικά, η οπτικοποίηση δεδομένων και η ανάλυση συστάδων συμβάλλουν στην οπτικοποίηση μη φυσιολογικών κυττάρων ταξινομώντας τα μη φυσιολογικά κυτταρικά δεδομένα. Στη συνέχεια, η τιμή Z που υπολογίζεται από το (13) για κάθε στοιχείο χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μη κανονικής τάσης του στοιχείου. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα υπολογισμού που προκύπτουν από τα δεδομένα πραγματικής τάσης των κυψελών.

Για να επεξηγηθεί η διαγνωστική απόδοση και να αξιολογηθεί η ακρίβεια του εντοπισμού της ανωμαλίας με την προτεινόμενη μέθοδο, η τάση όλων των κυψελών σε σύντομο χρονικό διάστημα (3600 s) θεωρείται ως παράδειγμα και οι αντίστοιχες καμπύλες μεταβολής τάσης και τα διαγνωστικά αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 12 (β) και (γ) μπορεί να φανεί. Μπορεί να φανεί ότι η τάση των κυψελών 3 και 4 είναι η υψηλότερη και η χαμηλότερη σε αυτήν την περίοδο, και σαφώς αποκλίνει από τις άλλες καμπύλες τάσης. Συγκεκριμένα, η καμπύλη τάσης του στοιχείου 4 κυμαίνεται σημαντικά και η τάση πέφτει γρήγορα στα 81 s και 110 s, φτάνοντας τη μέγιστη διαφορά των 453 mV. Η ανωμαλία τάσης του στοιχείου 4 οδηγεί σε επιδείνωση της ηλεκτρικής απόδοσης και υπερβολική διαφορά τάσης κατά τη φάση εκφόρτισης. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 12 (γ), οι τιμές Z των κυψελών 3 και 4 είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές των άλλων κυψελών και κυμαίνονται περισσότερο, γεγονός που δείχνει ότι ο προτεινόμενος συντελεστής ανωμαλίας τάσης μπορεί να διαγνώσει με ακρίβεια την ανωμαλία τάσης και να εντοπίσει τις ελαττωματικές κυψέλες. Ως εκ τούτου, η προτεινόμενη μέθοδος διάγνωσης ανωμαλιών τάσης μπορεί να ανιχνεύσει με ακρίβεια και έγκαιρα την ελαττωματική κυψέλη μπαταρίας, κάτι που είναι πολύ σημαντικό για την πρόγνωση και την ασφάλεια.



Διάγραμμα 12 Τα αποτελέσματα της διάγνωσης και οι τάσεις των κυψελών μιας μπαταρίας. (α) Τα αποτελέσματα της K-means Clustering. (β) Οι καμπύλες τάσης όλων των στοιχείων. (γ) Οι τιμές του Z για όλα τα κύτταρα.



Διάγραμμα 13 Η κατανομή συχνότητας του σφάλματος τάσης και η μερική διάγνωση έχουν ως αποτέλεσμα την ανωμαλία της τάσης. (α) Κατανομή συχνότητας σφάλματος της τάσης των κυψελών σε ένα μήνα. (β) Οι καμπύλες τάσης όλων των κυψελών τη 12η ημέρα. (γ) Οι τιμές του ΔV για όλα τα κύτταρα τη 12η ημέρα.

Συμπεράσματα

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι, ο αναγνώστης να μπορεί να διαπιστώσει για τα συστήματα διάγνωσης μπαταρίας και πως αξιοποιούνται την σύγχρονη εποχή και πως παράγεται η μπαταρία λιθίου στα πιο συγχρονής εποχής εργοστάσια αλλά και η διαπίστωση που αναλύεται και είναι σημαντικό να μπορεί να γίνει εύκολα απο τον αναγνώστη χωρίς την χρήση κάποιας ειδικής γνώσης. Με βάση τα παραδείγματα και τις μετρήσεις που αναπτύχθηκαν παραπάνω, είναι φανερό ποια η εξέλιξη των τεχνολογιών στον τομέα της μπαταρίας λιθίου και κατα πόσο σημαντική είναι η εξέλιξη αυτή. Ο ένας παράγοντας ο οποίος είναι ελέγξιμος είναι η χρήση για την οποία προορίζεται η κάθε μπαταρία και κατα πόσο γνωρίζουμε πλέον για την σωστή κατανάλωση αλλά και διάγνωση. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει τις απαιτήσεις του συστήματος που εφαρμόζεται η επαναφορτιζόμενη μπαταρία, έτσι ώστε να είναι σε θέση να κρίνει αν το αποτέλεσμα της μέτρησης και διάγνωσης καλύπτει τις ανάγκες του. Η εργασία αυτή έχει σημαντικά περιθώρια εξέλιξης σε μερικούς τομείς.

Κατ' αρχάς, ένας τομέας που θα μπορούσε να επεκταθεί είναι ο αυτός της συμβατότητάς της. Με τις κατάλληλες μετατροπές και προσθήκες θα μπορούσε το κύκλωμα να εξετάζει και επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μόλυβδου οξέος (Lead acid) οι οποίες χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στα αυτοκίνητα αλλά και ηλεκτρικές μοτοσυκλέτες όπως και ποδήλατα. Έπειτα θα μπορούσε πάλι με τις κατάλληλες προσθήκες να υπάρχουν σημαντικές προτάσεις για αξιοποίηση και για οικιακή χρήση δηλαδή το ρεύμα να παρέχεται σε μεγάλο ποσοστό απο μπαταρίες λιθίου με τεράστια χωρητικότητα αλλά και με μπαταρίες πολυμερούς ιόντων λιθίου (Li-Po) οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε φορητούς υπολογιστές και σε τηλεκατευθυνόμενες εφαρμογές (ελικοπτεράκι, drone κλπ.) και συνεχώς εξελίσσονται σε πιο μεγάλες τιμές ρεύματος αλλά και αντοχής . Δεδομένου ότι το αναπτυγμένο διαγνωστικό σύστημα δεν απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό ή κατανάλωση ενέργειας, έχει χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση σφαλμάτων και την παρακολούθηση της κατάστασης των ηλεκτρονικών σκώτερ. Στο επόμενο βήμα, θα βελτιστοποιήσουμε περαιτέρω τον προτεινόμενο αλγόριθμο και θα αναπτύξουμε προηγμένες μεθόδους για τη διάγνωση σφαλμάτων για τη μείωση του υπολογιστικού κόστους για την πλατφόρμα παρακολούθησης του κεντρικού υπολογιστή. Αν και αυτή η εργασία εστιάζει κυρίως σε μικρές μπαταρίες, η προτεινόμενη μέθοδος είναι επίσης κατάλληλη για τη διάγνωση βλαβών συστημάτων μπαταριών υψηλής ισχύος, όπως τα ηλεκτρικά οχήματα. Ως εκ τούτου, η μέθοδος που συνδυάζει την εξόρυξη δεδομένων με

τη μηχανική μάθηση θα εφαρμοστεί περαιτέρω στη διαχείριση της ασφάλειας σύνθετων δυναμικών συστημάτων λόγω της ευρείας προοπτικής εφαρμογής της.

Βιβλιογραφία

1. Cheng, S. F., Cheng, X. H., and Yang, L. (2014). Application of Wavelet Neural Network with Improved Particle Swarm Optimization Algorithm in Power Transformer Fault Diagnosis. *Power Syst. Prot. Control.* 42 (19), 37–42.
2. All Solid State Thin-Film Lithium-Ion Batteries Materials, Technology, and Diagnostics Alexander Skundin Tatiana Kulova , Alexander Rudy, Alexander Miromemko 2021
3. K. G. Gallagher “Promises and Challenges of Lithium- and Manganese-Rich Transition-Metal Layered-Oxide Cathodes” DOE Merit Review, Washington D.C. USA, May 13 – May 17, (2013)
4. K. G. Gallagher and P. A. Nelson “Battery Performance and Cost Modeling” Advanced Automotive Battery Conference, Pasadena, CA USA, February 4 – February 8, (2013).
5. Y. Liu, J. Li, Z. Chen, D. Qin, Y. Zhang, Research on a multi-objective hierarchical prediction energy management strategy for range extended fuel cell vehicles, *J. Power Sources* 429 (2019) 55–66.
6. X. Shu, G. Li, J. Shen, W. Yan, Z. Chen, Y. Liu, An adaptive fusion estimation algorithm for state of charge of lithium-ion batteries considering wide operating temperature and degradation, *J. Power Sources* 462 (2020).
7. P. Wells, X. Lin, Spontaneous emergence versus technology management in sustainable mobility transitions: electric bicycles in China, *Transport. Res. Pol. Pract.* 78 (2015) 371–383.
8. Y. Shang, N. Cui, B. Duan, C. Zhang, Analysis and optimization of star-structured switched-capacitor equalizers for series-connected battery strings, *IEEE Trans. Power Electron.* 33 (2017) 9631–9646.

9. D. Szente-Varga, Gy. Horvath, M. Rencz, 2010, Creating temperature dependent Ni-MH battery models for low power mobile devices.
10. EU Report, 2010, Electric vehicle battery systems, Reference 2012.
11. Nick Picciano, 2008, Battery Aging and Characterization of Nickel Metal Hydride and Lead Acid Batteries.
12. Troy R. Hawkins, Guillaume Majeau Bettez, Ola Moa Gaussen, and Anders Hammer Strømman, 2010, Life Cycle Assessment of NiMH and Li-Ion Battery Electric Vehicles.

Digital References

1. www.lithium-polymer-battery.net
2. www.sciencedirect.com
3. www.arbin.com/
4. www.lithiumbalance.com
5. FY 2013 Annual Progress Report Santhanagopalan, Kim 2020
6. www.journals.elsevier.com