



Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας

Κινδύνοι και Βασικά στοιχεία τεχνολογίας επαναφορτιζόμενων μπαταριών

<https://energysystems.teicrete.gr/>



Μπαταρίες



- Η συνηθέστερη μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας σε υβριδικά συστήματα με ΑΠΕ
- Μη γραμμική συμπεριφορά-το διαθέσιμο περιεχόμενο αλλά και τα περιεχόμενο φόρτισης εξαρτάται από το ρυθμό, τη διάρκεια φόρτισης/εκφόρτισης και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά
- Τεχνολογίες (Lead -acid, Li-ion, VRLA, Metal-air, Ni-MH) κλπ

<https://energysystems.teicrete.gr/>





- Υβριδικά Συστήματα σχετικά μικρής κλίμακας (Κύθνος)
- Παροχή DC control Σε Υ/Σ και ελέγχους μονάδων
- Σε μικρότερες μονάδες -Διέγερση και μέρος της κινητήριας μηχανής
- Backup Επικοινωνιών και Υπολογιστών
- UPS

<https://energysystems.teicrete.gr/>

Εργοστάσια Μπαταριών!



Τόπος	Εφαρμ. Ισχύος	Εφαρμ. Ενέργειας
Southern California Edison Chino, CA ΗΠΑ	10 MW/40 MWh	Επιπεδοποίηση φορτίου/ (Open/vented)
Puerto Rico El. Power Authority San Juan, Πουέρτο Ρίκο	20 MW/ MWh	Ρύθμιση συχνότητας/ (Open stirred electrolyte)
GNB Industrial Power Metlakatla, Αλάσκα, ΗΠΑ	Επιπεδοποίηση φορτίου/ (Open/vented)	Παροχή φορτίου/ (Sealed, Valve Regulated)

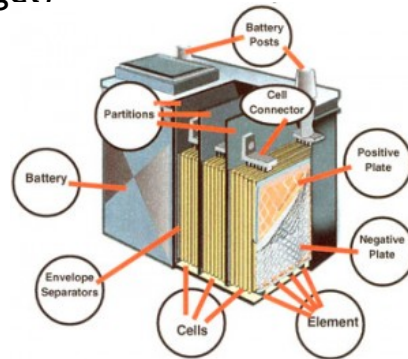


COPYRIGHT 2001, ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

<https://energysystems.teicrete.gr/>



- Πόλοι (θετικός-Lead oxide, Αρνητικός Lead)
- Διαχωριστές
- Ηλεκτρολύτης (Υγρός ή και gel)
- Δοχείο (συχνά διαφανές)
- Σύνδεσμοι μεταξύ κελιών
- Βαλβίδες ασφαλείας



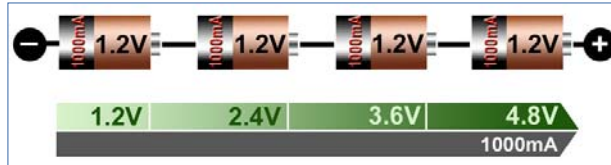
- Πάχος πόλων -για το μέγεθος της εκφόρτισης
- Η επιφάνεια των πόλων επιδρά στη δυνατότητα παροχής ρεύματος (πυκνότητα ρεύματος και φορτίου)
- Από τον ηλεκτρολύτη που εμπειριέχεται (ο οποίος και καταναλώνεται)
- Από την επίδραση της θερμοκρασίας
- Τη μορφή στην οποία είναι ο ηλεκτρολύτης gel-υγρή

Εν σειρά Συνδεσμολογία



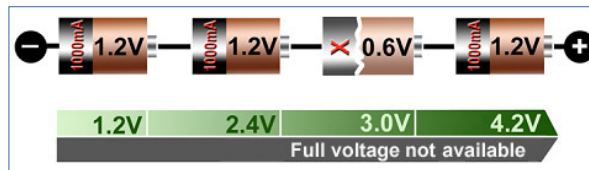
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Καλές
μπαταρίες



Αυξηση της τάσης ίδιο ρεύμα. Πρέπει να είναι όμοιες.

Μία
χαλασμένη
Μπαταρία



- Μειώνεται η συνολική τάση κι έτσι σύντομα διακόπτεται το κύκλωμα λόγω τάσης
- Το πιο αδύναμο κελί καταρρέει γρηγορότερα.

<https://energysystems.teicrete.gr/>

ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

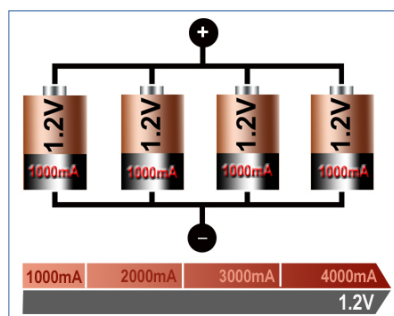
2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Παράλληλη Συνδεσμολογία



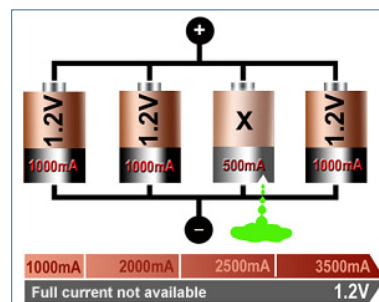
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Υγιής συνδεσμολογία



Επιτρέπει υψηλότερο
ρεύμα εκφόρτισης με
κοινή τάση

Σε περίπτωση σφάλματος



Το αδύναμο κελί μειώνει το
ρεύμα και μπορεί να είναι
εστία κινδύνου αν
βραχυκυκλωθεί

<https://energysystems.teicrete.gr/>

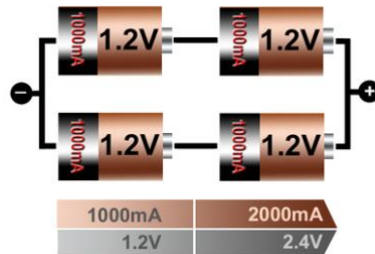
ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Συνδυασμός σε σειρά παράλληλα



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



- Οι περισσότερες μπαταρίες λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο
- Οι μπαταρίες πρέπει να είναι όμοιες αλλιώς έχουμε κυκλοφορία ρεύματος.
- 2S2P= 2 Κελιά σε σειρά και 2 παράλληλα.

<https://energysystems.teicrete.gr/>



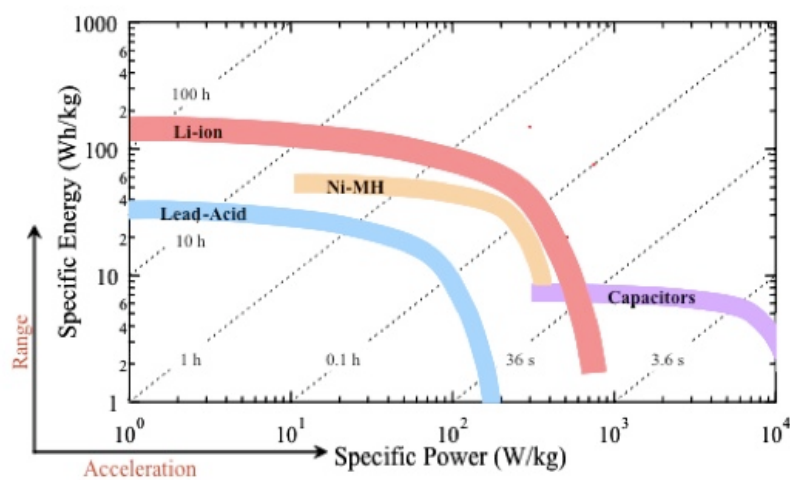
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μπαταρίες-Ragone diagramme...



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



<https://energysystems.teicrete.gr/>

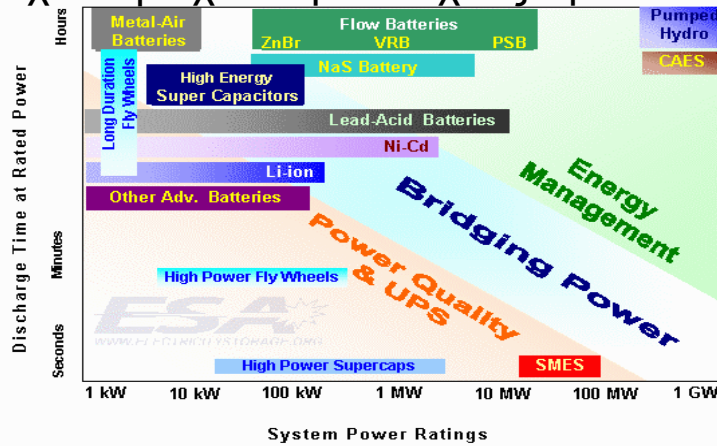


ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»



Συσχέτιση τεχνολογιών/ισχύος/Χρόνου



Energy storage association www.energystorage.org

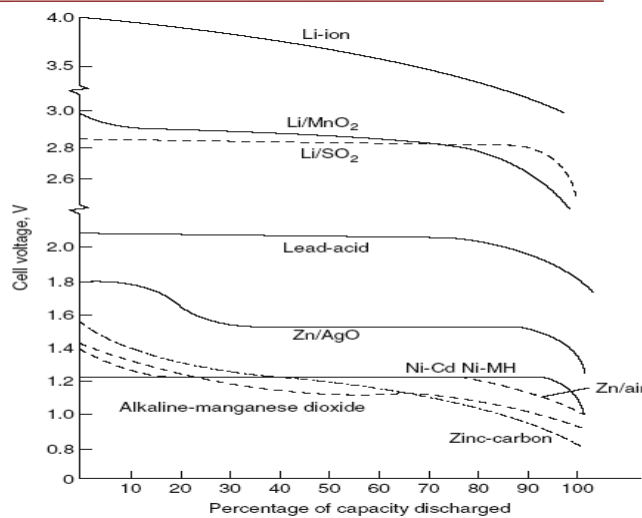
<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Τελική Τάση ανάλογα με την μπαταρία



Energy storage Robert Huggins

<https://energysystems.teicrete.gr/>



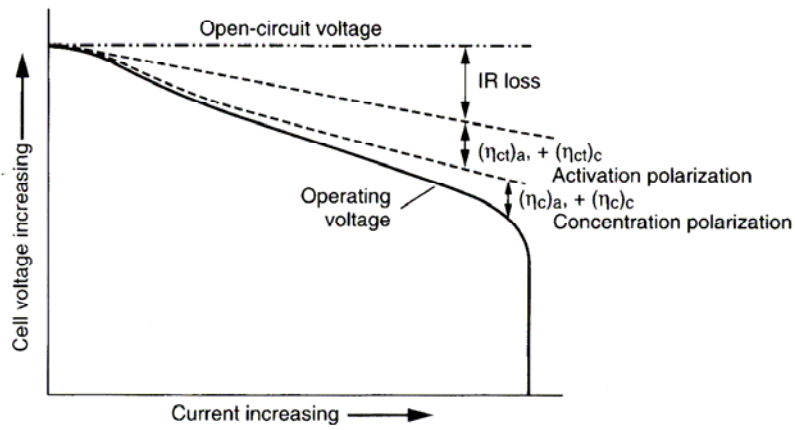
ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Τάση λειτουργίας



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



<https://energysystems.teicrete.gr/>

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

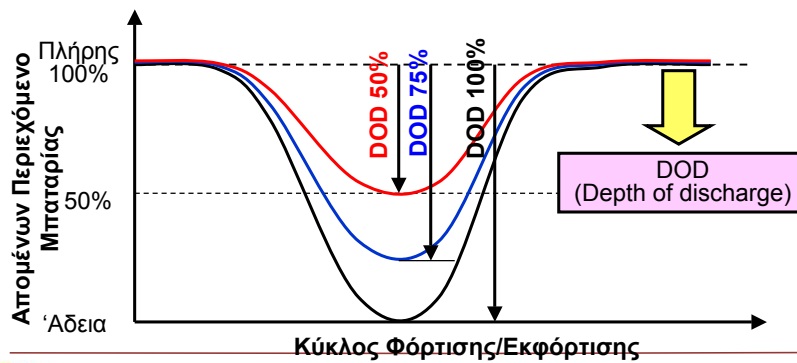
13

DOD (Depth Of Discharge)-Βάθος Εκφόρτισης



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Σε περίπτωση πλήρους εκφόρτισης ο χρόνος ζωής της μπαταρίας **ελαττώνεται**
- Χαμηλή τιμή DOD οδηγεί σε χαμηλότερη χρήση ενέργειας αλλά **επιμηκύνει το χρόνο ζωής της**.



<https://energysystems.teicrete.gr/>

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μπαταρίες Διάρκεια ζωής



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Μειώνεται αν οι κύκλοι φόρτισης είναι βαθείς και υπάρχουν μεγάλες περιόδους μη φόρτισης
- Τυπικοί Χρόνοι
- Μολύβδου -οξέος (όχι πάνω από 6 χρόνια μπορεί να μειωθεί σε 2-3 χρόνια για μεγάλα βάθη εκφόρτισης) Αυτοεκφορτίζονται εύκολα
- Νικελίου (περίπου 8 χρόνια)
- Li-ιον: μπορεί να φτάσει τα 20 χρόνια -απαιτούν λίγο μεγαλύτερη επιτήρηση

<https://energysystems.teicrete.gr/>

Υπο-είδη μπαταριών Μολύβδου οξέος



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σφραγισμένες

Clad style

Αυτοκινήτου

<https://energysystems.teicrete.gr/>

Υπο-είδη μπαταριών Μολύβδου οξέος



- **Flooded** (Υγρός Ηλεκτρολύτης, Με συμπλήρωμα νερού)
- **Gel** (Ο ηλεκτρολύτης είναι σε μορφή GEI, maintenance free)
- **AGM** (absorbent glass mat, maintenance free)

Βάθος Εκφόρτισης	Κοινή μπαταρία (κύκλοι)	Βαθιάς εκφόρτιση (Κύκλοι)
100%	12 – 15	150 – 200
50%	100 – 120	400 – 500
30%	130 – 150	1,000+

<https://energysystems.teicrete.gr/>



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Χαρακτηριστικά μπαταριών



	Τύπος	Χωρητικότητα (Ah)	Αναμενόμενος Χρόνος Ζωής	Αναμενόμενοι κύκλοι λειτουργίας	Συμπλήρωση Ύδατος
Κλειστού τύπου	Κλειστού τύπου	50-3000	7 - 9 years	DOD 50% - 1000	Δεν απαιτείται
		150-3000	12 - 15 years (long life type)		
	Μικρές κλειστού τύπου	0.7 – 144	3 - 5 years	DOD 50% - 500	
		50 - 130	5 - 6 years (long life type)	DOD 50% - 700	
Clad style	Clad lead-acid for PV	50 – 3000	12 - 15 years	DOD 75% - 1800	Απαραίτητη
Αυτοκινήτου		21 - 160 Ah (5 hr rate)	4 - 5 years	DOD 50% 300	

<https://energysystems.teicrete.gr/>



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Κοινές μπαταρίες αυτοκινήτου



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



- Συχνά χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα συστήματα
- Κυρίως για φορτία τύπου DC χωρίς Inverter
- Οικονομική αλλά με μικρό βάθος εκφόρτισης και χρόνο ζωής
- Τυπική χωρητικότητα

$$12V \times 100A \times 0.5 = 600 \text{ Wh}$$

12V x 100Ah
about \$90

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μπαταρίες Νικελίου



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Νικελίου-Καδμίου (NiCd)

- Αξιόπιστη, μακράς διάρκειας με καλή συμπεριφορά θερμοκρασίας σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Το Κάδμιο είναι τοξικό!

Χρήση σε αεροσκάφη/σκάφη, οχήματα δα οποία απαιτείται μεγάλος χρόνος ζωής, εργαλεία, UPS για ψυχρά περιβάλλοντα

Νικελίου-Μεταλλικών Υδριδίων (NiMH)

- Μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας κατά 40% και μειωμένη τοξικότητα
- Όχι τόσο αξιόπιστη και δυσκολότερη φόρτιση όσο η NiCd

Προωθείται η αντικατάσταση του NiCd με NiMH. Αφού η τελευταία έχει όμοια χαρακτηριστικά τάσης και φόρτισης

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μπαταρίες Λιθίου

Li-cobalt (LiCoO₂)

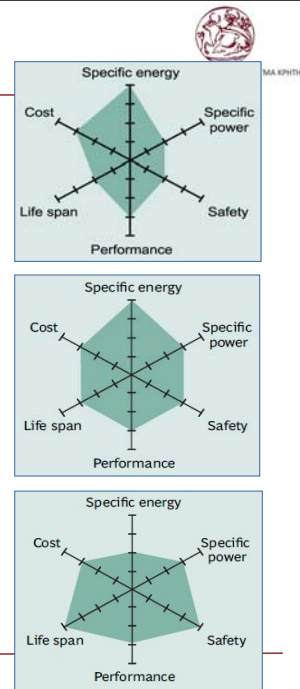
Διαθέσιμες από το 1991,
Ελαφρύτερες και με μεγαλύτερο
χρόνο ζωής από τις Νικελίου.

NMC (nickel-manganese-cobalt)

Υψηλής ειδικής ενέργειας, Για
εργαλεία χειρός, Ιατρικά
όργανα, ηλεκτρικά οχήματα

Li-phosphate (LiFePO₄)

Υψηλός χρόνος
ζωής, Ασφαλέστερες μικρότερη
πυκνότητα ενέργειας,
UPS και οχήματα



<https://energysystems.teicrete.gr/>



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μπαταρίες Λιθίου-Πολυμερών

- **Lithium-polymer** έχουν στερεό ηλεκτρολύτη και απαιτούν να ανέβει λίγο η θερμοκρασία στους 50-60 °C για να γίνουν αγωγίμες
- Στην ουσία δεν είναι άλλη χημεία αλλά διαφορετική αρχιτεκτονική με παρόμοια χαρακτηριστικά τάσης και φόρτισης εκφόρτισης με τις παραπάνω μπαταρίες εκμεταλλευόμενες κατά περίπτωση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Polymer χρησιμοποιείται σαν κράχτης στα προϊόντα που χρησιμοποιείται

<https://energysystems.teicrete.gr/>



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Διάφορες Συστάσεις



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΑΘΗΝΩΝ

- Να αφήνετε κενό μεταξύ των μπαταριών (5-10mm)
- ΚΑΛΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ γιατί 4% συγκέντρωση του υδρογόνου στον αέρα δημιουργεί εκρήξεις!
- Έντονη θέρμανση που μπορεί ακόμη και να λιώσει το πλαστικό περίβλημα...Αίτια
 - ❖ Υψηλό ρεύμα φόρτισης
 - ❖ Σχετικά υψηλό ρεύμα floating
 - ❖ Υψηλή θερμοκρασία
 - ❖ Κακός εξαερισμός
 - ❖ κακός σχεδιασμός διάταξης ώστε να υπάρχει επαφή (ακόμη και δημιουργούμενη από σκόνη)
 - ❖ Υπεραισιοδοξία για το χρόνο ζωής.
 - ❖ Αν διατηρείτε υψηλή τάση φόρτιση αυξάνονται τα

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

23

Κίνδυνοι



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΑΘΗΝΩΝ

Οξύ Μπαταριών
Εύφλεκτα Αέρια
Ηλεκτροπληξία
Βάρος



<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Τι πρέπει να έχουμε



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Εξοπλισμό για να αντιμετωπίζει τη διάχυση οξέως (βοηθά η μαγειρική σόδα)

Διάλυμα εξισορρόπησης

Σταθμός για να πλύνετε τα μάτια σας

Κουτί πρώτων βοηθειών

Σε επαφή ηλεκτρολύτη με το δέρμα να χρησιμοποιείτε για 10 λεπτο πλύσιμο με νερό και σαπούνι



<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Κίνδυνος Ηλεκτροπληξίας



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



- Ένας απογυμνωμένος σύνδεσμος ακούμπησε πάνω σε ελεύθερη μπαταρία
- Οι πόλοι δεν ήταν καλυμμένοι με μονωτικό υλικό
- Έγινε σοβαρό τόξο (λαμπάδιασε το καλώδιο)



<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Μην Αφήνετε εργαλεία πάνω στις μπαταρίες!



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Φοράτε εξοπλισμό προστασίας!



Είναι προφανές ότι δημιουργείτε βραχυκύκλωμα! ΜΗΝ ΚΑΠΝΙΖΕΤΕ!!!

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Περίληψη



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Απελευθερώνεται υδρογόνο. Σε συγκέντρωση άνω του 4% είναι εκκρηκτικό!

Οι βαλβίδες απελευθερώνουν αέριο και περιέχουν ηλεκτρολύτη.

Οι μπαταρίες πρέπει να ελέγχονται περιοδικά

Να χρησιμοποιείται εξοπλισμός προστασίας

Όποιες Σταγόνες ηλεκτρολύτη πρέπει να καθαρίζονται άμεσα-Εξισσοροπούνται με μαγειρική σόδα.

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Γενικοί Κίνδυνοι Μολύβδου/Καδμίου



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

➤ ΜΟΛΥΒΔΟΣ

- Ο μόλυβδος μπορεί να εισέλθει στον οργανισμό με εισπνοή ή με επαφή χεριών με το στόμα
- Μπορεί να προκαλέσει υψηλή αρτηριακή πίεση, νευρολογικές διαταραχές, μυοσκελετικούς πόνους, απώλεια μνήμης και προβλήματα στο αναπαραγωγικό σύστημα.
- Πιο ευαίσθητά τα παιδιά και οι έγκυες γυναίκες, και μπορεί να επηρεαστεί η ανάπτυξη ενός παιδιού

➤ ΚΑΔΜΙΟ

- Απαγορεύεται η απόρριξη του στις χωματερές (ήταν η πρώτη μπαταρία που απετράπει κάτι τέτοιο)
- Αν αγγίξετε «χυμένη» μπαταρία τότε προσοχή το κάδμιο απορροφάται από το δέρμα και ίσως προκαλέσει ζημιά στα νεφρά

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Προφυλάξεις για μπαταρίες Li-ion

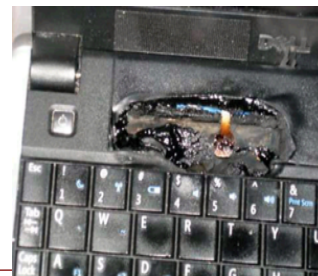


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Μικροσκοπικά μεταλλικά σωματίδια μπορεί να τρυπήσουν το διαχωριστικό της μπαταρίας και να οδηγήσουν σε ηλεκτρικό βραχυκύκλωμα (Sony, 2006)
- Οι νεότερες μπαταρίες λόγω λεπτότερων διαχωριστών είναι πιο επιρρεπείς σε ασυνεχειες από παλιότερα Ratings.
- Δεν προστατεύονται εύκολα

Σε περίπτωση υπερθέρμανσης

- Μετακινήστε τη συσκευή σε μη εύφλεκτη επιφάνεια
- Εξαερίστε τον υπόλοιπο χώρο-φροντίστε για την ψύξη του



<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

➤ Καταπληκμήστε τυχόν πυρκαγιά.

Αποθήκευση Μπαταριών



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΪΡΤΗΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Μολύβδου-Οξέος: Πλήρης φόρτιση πριν την αποθήκευση

- Μερική φόρτιση προκαλεί αλλοίωση θείου
- Η αυτο-εκφόρτιση αυξάνει με τη θερμοκρασία
- Χρειάζεται φόρτιση κάθε 6 μήνες

NiCd, NiMH: Δεν απαιτείται προετοιμασία

- Μπορεί να αποθηκευτεί φορτισμένη ή αφόρτιστη
- Χρειάζεται «εξάσκηση»=κύκλους μετά από μακριά αποθήκευση.

-Li-ion: Αποθήκευση σε SoC 30-60%

- Τις άδειες μπαταρίες Li-ion φορτίστε τις στα 3.85V/cell
- Εκφορτίστε τις μπαταρίες Li-ion στα 3.75V/cell
- 3.80V/cell σχετίζεται με 50% SoC

Δεν είναι καλό να αγοράζετε μπαταρίες για μακροχρόνια αποθήκευση.

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»



<https://enei>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

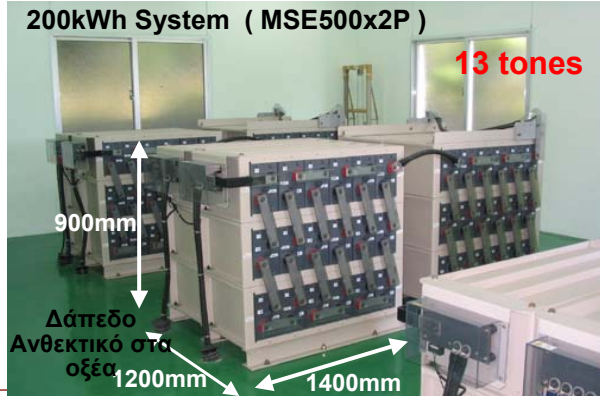
2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Εγκαταστάσεις Μπαταριών (battery room)



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Το μέγεθος των αποθηκευτικών διατάξεων είναι μεγάλο και είναι **Βαρίες**.
- Το δάπεδο και το κατώτερο μέρος του τοίχου πρέπει να καλύπτεται με χρώμα ανθεκτικό στα **οξέα**
- Φροντίστε να **Κυκλοφορεί αέρας ΣΥνεχώς**



<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Πρόχειρος υπολογισμός Εξαερισμού



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- $Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3}$ [m³/h] όπου
- n = Αριθμός Μπαταριών
- C_{rt} = η χωρητικότητα για π.χ 10 ώρες
- I_{gas} ανάλογα με το είδος φόρτισης [mA/Ah] (float 1-5, boost 9-20)
- Ελάχιστη διατομή αεραγωγού

$$A > 28 \times Q \text{ [cm}^2\text{]}$$

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

34

Επίδραση Θερμοκρασίας



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης αυξάνεται με τη θερμοκρασία για NiCd.
 - ❖ Μπορεί να φτάσει το 20% την ημέρα για θερμοκρασίες 70°C σε σχέση με το 1% των 30°C
- Η «εσωτερική» αντίσταση μειώνεται με τη θερμοκρασία
- Η χωρητικότητα και η απόδοση φόρτισης μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασία
- Αν ειμαστε κοντά στη θερμοκρασία παγώματος "freezing" έχουμε ραγδαία πτώση της χωρητικότητας.
- Οι μπαταρίες Μολύβδου-οξέος πιο αναισθητες στην αύξηση της θερμοκρασίας και λειτουργούν σε πολύ μεγαλύτερο εύρος.

https://energysystems.teicrete.gr/



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

35

Φόρτιση υπό διάφορες θερμοκρασίες



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Μπαταρίας	Θερμοκρασία Φόρτισης	Θερμοκρασία εκφόρτισης	Συμβουλη φορτισης
Lead acid	-20°C to 50°C	-20°C to 50°C	Φόρτιση με 0.3C, κάτω από το freezing. Μειώστε τη φόρτιση κατά 3mV/°C >30°C
NiCd, NiMH	0°C to 45°C	-20°C to 65°C	Φορτίστε με 0.1C μεταξύ -18 και 0°C Φορτίστε με 0.3C μεταξύ 0°C και 5°C
Li-ion	0°C to 45°C	-20°C to 60°C	Να μη φορτίζεται κάτω από τη θερμοκρασία freezing. Έχει καλύτερη επίδοση σε μερικό φορτίο αλλά μικρότερο χρόνο ζωής

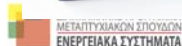
Σημαντικό



Υπάρχουν φορτιστές που παρακολουθούν τη θερμοκρασία

Η φόρτιση γίνεται σε στενότερο πλαίσιο από την εκφόρτιση

https://energysystems.teicrete.gr/



2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Παράγοντες που επηρεάζουν και άρα αντικείμενο μοντελοποίησης.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Τελική τάση φόρτισης/εκφόρτισης
- Ρεύμα φόρτισης/εκφόρτισης (σταθερό/μεταβαλλόμενο)
- Εκτίμηση SOC
- Χρόνος φόρτισης/εκφόρτισης
- Θερμοκρασία

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

37

Είδη Μοντέλων



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Ηλεκτροχημικά
- Στατικά
- Δυναμικά
- Γήρανσης

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

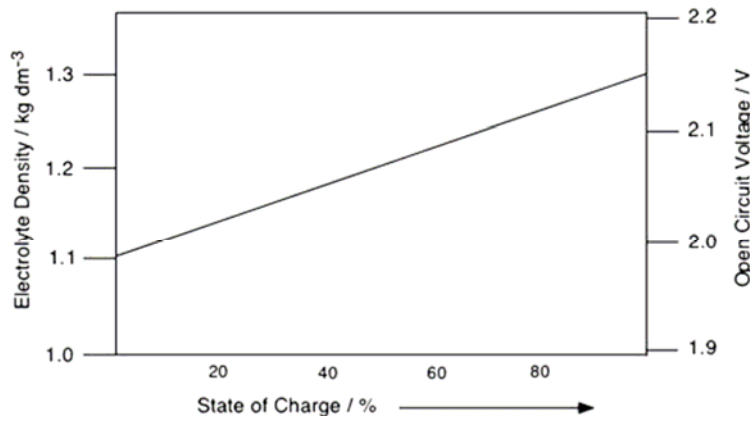
2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

38

Αλλαγή πικνότητας ηλεκτρολύτη



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Χοντρά χοντρά η τάση είναι της μορφής Πικνότητα+0.84

<https://energysystems.teicrete.gr/>

Τρόποι εκφόρτισης




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

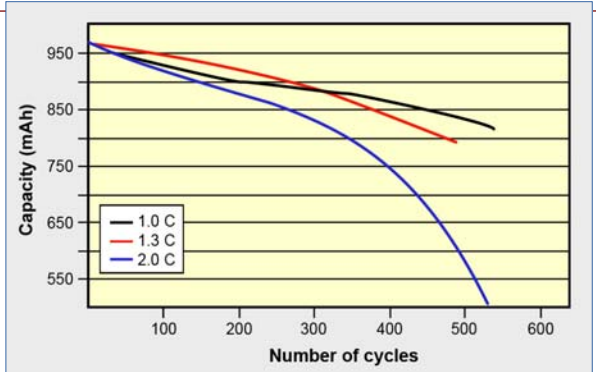
- Υπό σταθερή αντίσταση.
- Υπό σταθερό ρεύμα.
- Υπό σταθερή ισχύ (μηχανή?)
- Με διακοπτόμενο τρόπο
 - ❖ Σα να χαλαρώνουν οι χημικές διεργασίες επιτρέποντας περαιτέρω εκφόρτιση.

<https://energysystems.teicrete.gr/>

Τρόποι εκφόρτισης



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Number of cycles	1.0 C Capacity (mAh)	1.3 C Capacity (mAh)	2.0 C Capacity (mAh)
0	950	950	950
100	920	920	900
200	890	880	820
300	860	840	720
400	830	800	600
500	800	750	550
600	770	-	-


- Τα υψηλότερα φορτία και οι παλμοί προκαλούν στρες σε μία μπαταρία
- Τα αδύναμα κελιά ενός string υποφέρουν περισσότερο στη φόρτιση/ταχεία εκφόρτιση
- Οι μπαταρίες πρέπει να προσαρμόζονται για μεγάλο ρυθμό εκφόρτισης

<https://energysystems.teicrete.gr/>

ΔΙΑΤΙΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Γήρανση



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

<i>Μηχανισμός</i>	<i>Αίτιο-φαινόμενα που τον ενισχύουν</i>	<i>Τρόπος αντιμετώπισης</i>
Διάβρωση της ανόδου	Υψηλή συγκέντρωση οξέος Θερμοκρασία	Εύρεση κατάλληλης συγκέντρωσης σε συνδυασμό με την σύνηθη θερμοκρασία λειτουργίας
Εκφυλισμός της καθόδου	Υψηλός ρυθμός εκφόρτισης Χαμηλός ρυθμός φόρτισης Χαμηλή θερμοκρασία Βαθιές εκφορτίσεις	Υψηλός ρυθμός φόρτισης Υψηλή θερμοκρασία Μικρό πορώδες του ηλεκτροδίου Αύξηση πάχους ηλεκτροδίων

<https://energysystems.teicrete.gr/>

ΔΙΑΤΙΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

Battery Management System



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

To monitor the voltage/current during charging and discharging

To monitor temperature of the cells

To estimate S.O.C and S.O.H of the cells

Cell balancing

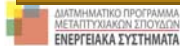
To ensure proper Charge/discharge current

Cell protection

Γιατί το χρειαζόμαστε;

- Ασφάλεια σε μη φυσιολογικές συνθήκες ώστε να απομονώνουμε τα κελιά
- ο Επιμήκυνση χρόνου ζωής-Αποδοτική φόρτιση με κατάλληλο αλγόριθμο φόρτισης
- ο Συντήρηση-Για μετρήσεις «Υγείας»

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

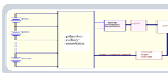
2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

43

Τυπικά στοιχεία Battery management System.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



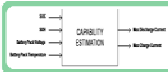
Measurement Block

- Samples Voltage, Current and Temperature
- The digitized signals will be used by other blocks



Battery Algorithm Block

- Main function is to estimate SOC and SOH
- Kalman Filtering method is adopted in the Coulomb counting method to improve accuracy



Battery Capability Estimation Block

- Main task is to send information about the maximum charge/discharge current of the battery
- The maximum charge/discharge current is a function of SOC, temperature and cell voltage.



Battery Cell balancing Block

- Aids in cell equalization
- Resistive or active cell equalization can be implemented



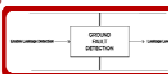
CAN transceiver

- Physical communication module
- CAN protocol is used for high speed data transfer



Thermal Management Block

- Monitors temperature of the battery
- Prevents battery damage under extreme operating temperatures



Ground Fault Detection Block

- Ensures safety by detecting leakage current
- Isolates HV terminals from other parts of a vehicle

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

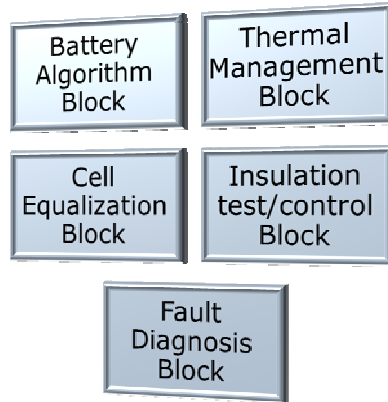
2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

44

Τυπικές «ρουτίνες» Αλγορίθμου Ελέγχου



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

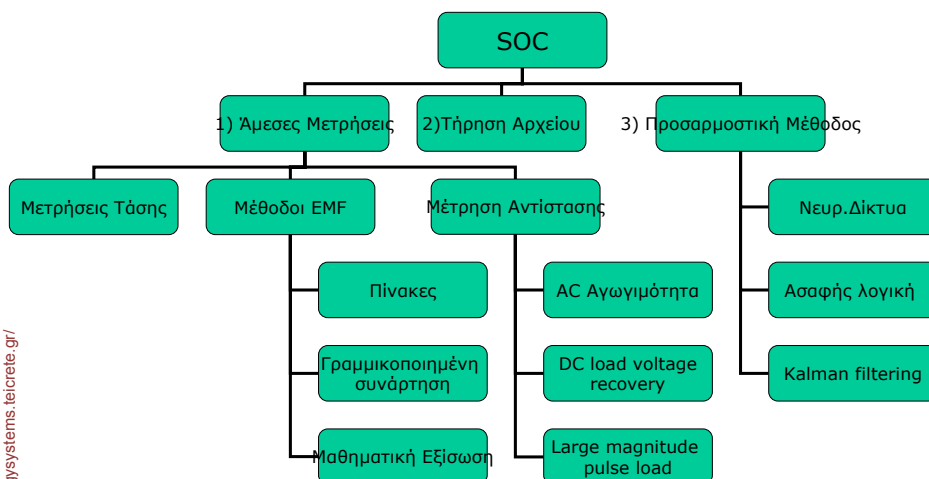


<https://energysystems.teicrete.gr/>

Τρόποι εκτίμησης SOC



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



<https://energysystems.teicrete.gr/>



1) Άμεσες μετρήσεις

Μετράται η τάση ανοικτού κυκλώματος. Ιδιαίτερα χρησιμοποιείται για τις Lead-Acid λόγω συσχέτισης τάσης και SOC

Δεν είναι κατάλληλη μέθοδος για μπαταρίες Li-Ion.

Εκτίμηση ΗΕΔ

Μσω θερμοδυναμικών εξισώσεων και εξισώσεων του Nerst Η Μέση τιμή της τάσης (για το ίδιο ρεύμα και θερμοκρασία) σε κάθε σημείο SOC αναπαρίσταται προκειμένου να εκτιμηθεί η ΗΕΔ

Υπάρχει ακόμη πιο έντονη συσχέτιση της ΗΕΔ με την τιμή του SOC Και παραμένει σταθερή οπότε είναι ένα πολύ καλό δείγμα για την εξαγωγή του SOC.



Χρήση Look-up Table

Οι μετρούμενες παράμετροι συγκρίνονται με τα αποθηκευμένα στοιχεία ενός πίνακα για να εκτιμηθεί η τιμή SOC

Β) Κατά τμήματα γραμμική συνάρτηση: Προκειμένου να μειώσουν το μέγεθος του πίνακα, το SOC χρησιμοποιούνται κατά τμήματα γραμμικές συναρτήσεις

Π.χ.

Τάση	SOC%
4.08 – 4.24	85-100%
4.06-4.08	81.7-85%

Ετσι κατά προσέγγιση ή και με γραμμική αρεμβολή είναι γνωστή η κατάσταση φορτίσης της μηχανής.



Χρησιμοποιείται είτε στα μοντέλα λογιστικής μοντελοποίησης
Είτε συσχετίζουν την EMF και τα δυναμικά ισορροπίας των
θετικών και αρνητικών ηλεκτροδίων βάσει των οποίων
προλέπεται το SOC.



- Χρησιμοποιώντας μία γνωστή συνάρτηση μπορείτε να εκτιμήσετε την εμπέδηση της μπαταρίας (αν χρησιμοποιήσουμε ac είτε την «Εσωτερική» αντίσταση της.
- Δεν είναι πρακτική για την εκτίμηση της κατάστασης για ηλεκτρικά οχήματα
- Μπορεί όμως να ενημερώσει για την κατάσταση μπαταρίας.



5

2) Book keeping method-Λογιστικό Μοντέλο



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Αν είναι γνωστή η αρχική κατάσταση φόρτισης τότε με τον υπολογισμό του φορτίου που εξάγεται ή εισάγεται μπορεί να προσδιοριστεί ο νεός SOC
- Το πρόβλημα είναι ότι το σφάλμα μπορεί να διαδίδεται
- Χρειάζεται παραμέτρους διόρθωσης για τη γήρανση, τη θερμοκρασία και το off-set σφάλμα
- Συνδυάζονται και με μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος. Οι μετρήσεις ροής φορτίου χρησιμοποιούνται για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις ενώ αυτές βελτιώνονται με μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος μετά από περιόδους «ηρεμίας» της μπαταρίας.

<https://energysystems.teicrete.gr/>

3) Προσαρμοστικές (adaptive) Μέθοδοι



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως φίλτρα Kalman, Ευρωνικά δίκτυα καθώς και μέθοδοι Ασαφούς λογικής
- Οι μετρήσεις αναμένεται να είναι μη γραμμικές ενώ υπάρχουν και σφάλματα. Ο συνδυασμός μετρί παραπάνω μετρήσεις μπορεί να εκτιμήσει το SOC.

<https://energysystems.teicrete.gr/>



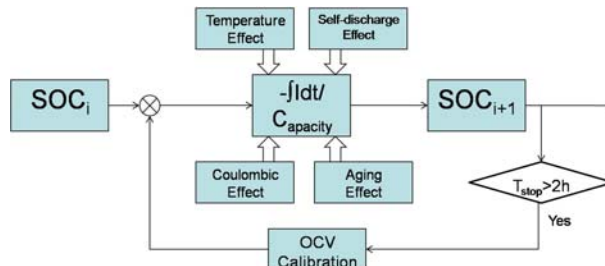
Χρησιμοποιεί μέτρηση φορτίων με Φίλτρα Kalman και επαναφορά(reset) SOC.

$$SOC_{new} = SOC_{old} - \Delta SOC$$

$$SOC_{new} = SOC_{old} - \left(\frac{i_{new} \Delta t}{Q} \right)$$

$$t_{new} = t_{old} + \Delta t$$

Q η χωρητικότητα των μπαταριών



Αξιοποιεί λοιπόν και τις μετρήσεις φορτίου, και τις παραμέτρους οι οποίες επιδρούν στην μπαταρία.

https://energysystems.teicrete.gr/



$$I^n \cdot T_i = \text{const} \quad (1.1) \quad I_1^n \cdot T_1 = I_2^n \cdot T_2 \quad (1.2)$$

$$\left(\frac{I_1}{I_2} \right)^n = \frac{T_2}{T_1} \quad (1.3) \quad Cap = I_1 \cdot T_1 \quad (1.4)$$

n=1.1-1.4
Προτιμότερο προς 1.1



COPYRIGHT 2001, ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

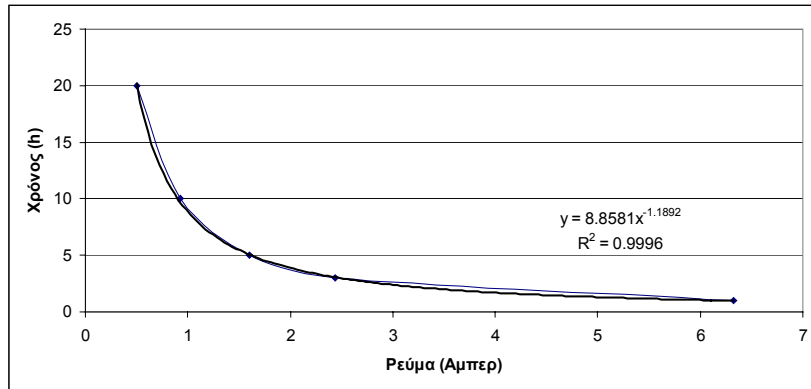
David Linden, Thomas B. Reddy, "Handbook of Batteries", 3rd Edition: McGraw-Hill, Inc., New York 2002.

https://energysystems.teicrete.gr/

Βασικοί Τύποι Peukert Model



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Στο συγκεκριμένο παράδειγμα προκύπτει τελεστής Peukert $n=1.1892$
Προήλθε από εμπορικό φυλλάδιο...

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»

55

Άλλο λογιστικό μοντέλο



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Μετράει το φορτίο (σε Ah) που θα έπρεπε να εκορπιστεί από μία πλήρως φορτισμένη μπαταρία για να τη φέρει στην παρούσα κατάσταση.

$$AhD = - \int (I - \max(I_{gas}, I_{SD})) dt + AhD_0$$

όπου

I ρεύμα (αρνητικό για εκφόρτιση, θετικό για φόρτιση, A)

I_{gas} ρεύμα gassing, A

I_{SD} Ρεύμα αυτοεκφόρτισης, A

t χρόνος, hr

AhD_0 AhD για $t = 0$

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»



Με τη γνώση του **AhD** και της θερμοκρασίας η τάση της μπαταρίας υπολογίζεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

Εκφόρτιση:

$$V = DV_{oc} + \frac{\partial V_{oc}}{\partial T}(T - 25) - DV_{slope}(1 - AhR) + \frac{I}{DK_T} \left(\frac{DP_1}{1 + (-I)^{DP_2}} + \frac{DP_3}{AhR0.0001^{DP_4}} \right) (1 - DaTr(T - 25))$$

Φόρτιση:

$$V = \min(V_{max}, CV_{oc} + \frac{\partial V_{oc}}{\partial T}(T - 25) + CV_{slope}AhC + \frac{I}{CK_T} \left(\frac{CP_1}{1 + I^{CP_2}} + \frac{CP_3}{(1 - AhC)^{CP_4}} \right) (1 - CaTr(T - 25))$$

<https://energysystems.teicrete.gr/>



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^ο Εξάμηνο ΔΠΜΣ «Ενεργειακά Συστήματα»