

“ Η διαστασιοποίηση βιομηχανικών συσσωρευτών μολύβδου και η επιλογή τους από πίνακες των κατασκευαστών. ”

Άρθρο των Β. Μπακόλια & Π. Σερέτη - **PowerServices** *

Πρόλογος: Η επιλογή και διαστασιοποίηση των βιομηχανικής χρήσης συσσωρευτών μολύβδου γίνεται με συγκεκριμένα κριτήρια. Ιδιαίτερες και συγκεκριμένες παράμετροι πρέπει να λαβαίνονται υπόψη σε μορφή συντελεστών πριν από την τελική επιλογή της χωρητικότητας των συσσωρευτών. Για τον ακριβή υπολογισμό καλό θα είναι οι πίνακες του συντελεστή Κ καθώς και του θερμοκρασιακού συντελεστή να δίνονται από τον κατασκευαστή των συσσωρευτών που επιλέγονται.

- Παράγοντες / Παράμετροι

- 1) **Συντελεστής Κ**, (δίνεται και ως **C_K**) (Πίνακας 2). Ο λόγος της ονομαστικής χωρητικότητας προς την ένταση του ρεύματος σε Αμπέρ, (Α), που μπορεί να τροφοδοτήσει μία πηγή στον απαιτούμενο χρόνο 't'.
- 2) **Θερμοκρασιακός Συντελεστής**, (δίνεται και ως **C_{TC}**).(Πίνακας 3), Ο λόγος της ονομαστικής χωρητικότητας προς την χωρητικότητα που αποδίδει ο συσσωρευτής στον ίδιο χρόνο αλλά σε με θερμοκρασία t°C.
- 3) **Συντελεστής γήρανσης**, (δίνεται και ως **C_{AF}**).
Υπό κανονικές συνθήκες είναι 1,25 (= 1,0/0,8) δεχόμενοι με το 80% την εναπομένουσα χωρητικότητα στο τέλος ζωής του συσσωρευτή.
- 4) **Συντελεστής Σφάλματος σχεδιασμού**, (δίνεται και ως **C_{DM}**).
Υπολογίζουμε συνήθως επιπλέον ένα 10% της προκύπτουσας από υπολογισμούς χωρητικότητας για ασφάλεια σε ενδεχόμενα σφάλματα ή λάθη στους υπολογισμούς / δεδομένα του φορτίου συντελεστής αυτός μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη.
- 5) **Συντελεστής πιθανής υπερφόρτωσης ή μελλοντικής επέκτασης**, (δίνεται και ως **C_{OL}**),
Εφεδρική χωρητικότητα που μπορεί να απαιτηθεί μελλοντικά και είναι γνωστή, π.χ. να υποστηρίξει επιπλέον φορτία που τυχόν θα υπάρξουν. Συνήθως ορίζεται σαν 10% επιπλέον. Υπάρχει και εδώ η δυνατότητα επιλογής ανάλογα τις απαιτήσεις του χρήστη / εφαρμογής.

A) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

- Τα τηλεπικοινωνιακά φορτία απαιτούν σταθερό συνεχές ρεύμα για να λειτουργήσουν. Η διαδικασία υπολογισμού του κατάλληλου συσσωρευτή για εφαρμογές συνεχούς ρεύματος αναλύεται παρακάτω.

- Ένα ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ..

- | | | |
|----|--------------------------------------|--------------------------|
| 1) | Ρεύμα φορτίου | 15A |
| 2) | Διάρκεια λειτουργίας από συσσωρευτές | 5 ώρες |
| 3) | Τάση συστήματος | 48 V |
| 4) | Χαμηλότερη τάση στοιχείου συσ/τή | 1,75V (συνήθως 42,00Vdc) |
| 5) | Ελάχιστη Θερμοκρασία λειτουργίας | 25°C |

- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Βήμα 1: Υπολογισμός αριθμού των συσσωρευτών / συσσωρευτών 12V ή 6V

Αριθμός συσσωρευτών 12V = Τάση συστήματος / ονομαστική τάση μπαταρίας (=12V)

$$48 / 12 = 4 \text{ μπαταρίες } 12V$$

Αριθμός συσσωρευτών 6V = Τάση συστήματος / ονομαστική τάση μπαταρίας (=6V)

$$48 / 6 = 8 \text{ μπαταρίες } 6V$$

Βήμα 2 : Επιλογή του συντελεστή Κ.

PowerServices

Κ. Αρβανίτη 9, 144 52 Μεταμόρφωση
Τ.:+30202841084, F.:+302102848676
e-mail:support@powerservices.gr

Επιλέγουμε τον συντελεστή Κ από τον πίνακα 2. Για τις 5 ώρες (300 λεπτά) εκφόρτιση έως το ελάχιστο δυναμικό στοιχείου 1,75Vpc (ανά στοιχείο / per cell) (C_K) έχουμε συντελεστή $K=5,76$

Βήμα 3 : Υπολογισμός σε αμπερώρια (=χωρητικότητα)

Απαιτούμενη χωρητικότητα = Ρεύμα φορτίου [A] x Συντελεστής Κ, $15 \times 5,76 = 86,4 \text{ Ah}$

Βήμα 4 : Απαιτήσεις θερμοκρασιακού συντελεστή. (C_{TC}) Θερμοκρασιακός συντελεστής για 25°C είναι 1,0
Χωρητικότητα που απαιτείται για αυτή την θερμοκρασία ($AH@C_{TC}$) = $86,4 \times 1,0 = 86,4 \text{ Ah}$

Βήμα 5 : Απαιτήσεις συντελεστής γήρανσης (C_{AF}) $86,4 \times 1,25 = 108 \text{ Ah}$

Βήμα 6 : **Επιλογή συσσωρευτή:**

Επιλέγουμε συσσωρευτή που έχει χωρητικότητα όσο πιο κοντά στην υπολογισμένη αλλά ποτέ μικρότερη. Για να επιλέξουμε οι συνθήκες είναι: Θερμοκρασία 25°C, Πέρας εκφόρτισης 1,75Vpc και ο χρόνος εκφόρτισης 10 ώρες, από αναγωγή με τον συντελεστή Κ.

- ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Στο παράδειγμα οι συντελεστές υπερφόρτωσης και Σφάλματος σχεδιασμού δεν έχουν υπολογιστεί μιας και δεν μας δόθηκαν.

B) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΝΩΣΤΑ ΚΑΙ ΩΣ UPS.

- Τα φορτία που σχετίζονται με UPS απαιτούν συνεχές ρεύμα για να λειτουργήσουν σε κατάσταση διακοπής του δικτύου τροφοδοσίας τους. Η διαδικασία υπολογισμού της κατάλληλης συστοιχίας για αυτές τις εφαρμογές αναλύεται παρακάτω με ένα παράδειγμα.

1) Απαιτούμενη ισχύ	2KVA
2) Συντελεστής ισχύος φορτίου 0,8 (δεν χρειάζεται εφόσον η ισχύς δίνεται σε KW)	
3) Μέγιστη τάση συστοιχίας / λειτουργίας μετατροπέα	130Vdc
4) Αντίστοιχα ελάχιστη τάση	90Vdc
5) Απόδοση μετατροπέα συνεχούς σε εναλλασσόμενο, DC/AC	85%
6) Ελάχιστη τάση στοιχείου συσσωρευτή (10.5V στους 12V// 5.25V στους 6V συσ/τες)	1,75V
7) Ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας	25°C
8) Χρόνος λειτουργίας / αυτονομία UPS	30 λεπτά
9) Συντελεστής γήρανσης	1,25
10) Συντελεστής σφάλματος σχεδιασμού	10%
11) Συντελεστής επιπλέον ισχύος / υπερφόρτωσης	10%
12) Τάση φόρτισης (προτεινόμενη)	108V

- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Βήμα 1: Υπολογισμός της ισχύς εξόδου του UPS (W_{UPS}):

$W_{UPS} = KVA \times \text{Συντελεστής ισχύος} = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ KW}$

(Σε περίπτωση που δίνεται η ισχύς σε KW το βήμα 1 παραλείπεται)

Βήμα 2 : Υπολογισμός απαιτούμενης ισχύος της συστοιχίας συσ/των:

$W_{by} = [\text{ισχύς εξόδου UPS (Watts)} / \text{απόδοση του ανορθωτή}] = 1600 / 0,85 = 1882,4W$

Βήμα 3 : Υπολογισμός του αριθμού, των συσσωρευτών :

Ελάχιστος αριθμός που απαιτείται = Ελάχιστη τάση / Ελάχιστη τάση εκφόρτισης =
 $90 / 10,5V = 8,57 \text{ συσσωρευτές}$

Μέγιστος αριθμός που απαιτείται = Μέγιστη τάση / Τάση συντηρητικής φόρτισης =
 $130 / 13,5 = 9,63 \text{ συσσωρευτές}$

Επιλογή αριθμού συσσωρευτών : 9

Βήμα 4 : Υπολογισμός της ισχύος που απαιτείται από κάθε συσσωρευτή:
 $W_{BLOC} = \text{Συνολική ισχύς} / \text{αριθμός συσσωρευτών} = 1882,4 / 9 = 209,2 \text{ Watts}$

Βήμα 5 : Εφαρμογή του θερμοκρασιακού συντελεστή:
Τιμή θερμοκρασιακού συντελεστή στους 25 °C = 1,0
Απαιτούμενη ισχύς σε Watt = $209,2 \times 1,0 = 209,2 \text{ W}$

Βήμα 6 : Εφαρμογή συντελεστή γήρανσης C_{AF}
Απαιτούμενη ισχύς σε Watt = $209,2 \times 1,25 = 261,5 \text{ W}$

Βήμα 7 : Εφαρμογή συντελεστή σφάλματος σχεδιασμού
Απαιτούμενη ισχύς σε Watt = $261,5 \times 1,1 = 287,65 \text{ W}$

Βήμα 7 : Εφαρμογή συντελεστή υπερφόρτωσης
Απαιτούμενη ισχύς σε Watt = $287,65 \times 1,1 = 316,42 \text{ W}$

Βήμα 8 : Επιλογή μπαταρίας
Από τα είδη των συσσωρευτών επιλέγουμε εκείνο που αποδίδει τουλάχιστο την απαιτούμενη ισχύ **316,42W**, για την διάρκεια, **30min**, και εάν εκφορτιστεί η τάση τέλους εκφόρτισης θα είναι πάνω από την ελάχιστη τάση **1,75Vpcod** όπως δίνονται παραπάνω. Η θερμοκρασία αναφέρεται στους 25°C.

Γ) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα φορτία των συσσωρευτών που σχετίζονται με εφαρμογές ηλιακών φωτοβολταϊκών έχουν απαιτήσεις ισχύος, συνεχούς τροφοδοσίας συνεχούς τάσης για μεγάλους χρόνους λειτουργίας, χωρίς τροφοδοσία από δίκτυο, ώστε να καλύπτουν φορτία κατά την διάρκεια «σκοτεινών» ημερών.

- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- 1) Τάση συστήματος 12 Volts
- 2) Ισχύς φορτίου 10 Watts
- 3) Ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας 25 °C
- 4) Αριθμός μη φωτεινών ημερών (αυτονομία) 4 ημέρες
- 5) Λειτουργία : Συνεχόμενη (24 ώρες το 24ωρο)

- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Βήμα 1: Υπολογισμός ρεύματος
Τιμή ρεύματος = $\text{Ισχύς φορτίου (Watt)} / \text{ονομαστική τάση συστήματος} = 10\text{W} / 12\text{V} = 0.83\text{A}$

Βήμα 2: Αναφορά του συντελεστή K, Με την βοήθεια του Πίνακα 2 καθορίζουμε τον συντελεστή K για 96 ώρες (4 ημέρες x 24 ώρες = 96 ώρες) και 1,75V ελάχιστη τάση στοιχείου.
Βρίσκουμε την τιμή του K = 87,3

Βήμα 3: Υπολογισμός της απαιτούμενης χωρητικότητας :
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $\text{Τιμή ρεύματος} \times \text{Συντ. K} = 0,83 \times 87,3 = 72,46 \text{ Ah}$

Βήμα 4 : Εφαρμογή του θερμοκρασιακού συντελεστή. Τιμή θερμοκρασιακού συντελεστή στους 25 °C = 1,0
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $72,46 \times 1,0 = 72,46 \text{ Ah}$

Βήμα 6 : Εφαρμογή συντελεστή γήρανσης C_{AF} :

Απαιτούμενη χωρητικότητα = $72,46 \times 1,25 = 90,58 \text{ Ah}$

Βήμα 7 : Εφαρμογή Συντελεστής λάθους σχεδίασης :
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $90,58 \times 1,1 = 99,64 \text{ Ah}$

Βήμα 7 : Εφαρμογή συντελεστή υπερφόρτωσης :
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $99,64 \times 1,1 = 109,6 \text{ Ah}$

Βήμα 8 : Επιλογή μπαταρίας

Επιλέγουμε τον συσσωρευτή με χωρητικότητα >109,6 Ah για εκφόρτιση 10h στους 25°C και 1,75Vpc τάση πέρατος εκφόρτισης.

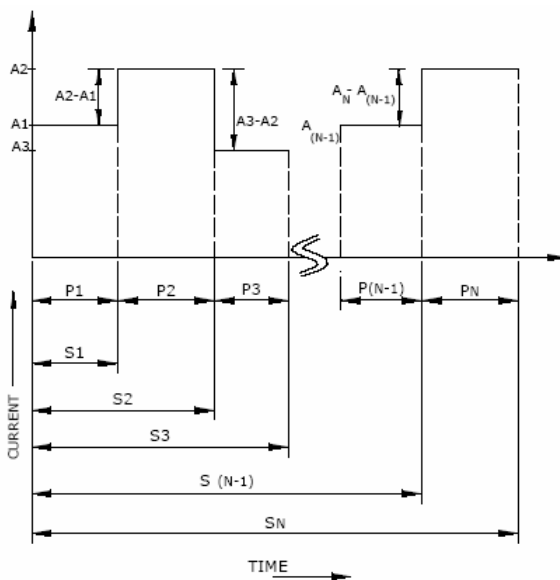
Δ) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ.

- Διαφορετικά φορτία συνεχούς ρεύματος που τροφοδοτούνται από συσσωρευτές μπορούν να ταξινομηθούν όπως παρακάτω:

- 1) Συνεχόμενα φορτία
- 2) Μη συνεχόμενα φορτία (περιόδου >1 λεπτό)
- 3) Μη συνεχόμενα στιγμιαία φορτία (περιόδου <1 λεπτό)

- Η επιτροπή ΙΕΕΕ με την προδιαγραφή της ΙΕΕΕ 485-1997 δίνει την διαδικασία υπολογισμού και επιλογής του συσσωρευτή για εφαρμογές μεταβατικού φορτίου και σύμφωνα με συγκεκριμένη περιοδικότητα.
- Ο γενικευμένος τρόπος αυτός μπορεί να απεικονιστεί όπως παρακάτω.

ΣΧΕΔΙΟ 1



- Η μέγιστη χωρητικότητα (F_{smax}) που υπολογίζεται μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη γενική εξίσωση:

PowerServices

Κ. Αρβανίτη 9, 144 52 Μεταμόρφωση
 Τ.:+30202841084, Φ.:+302102848676
 e-mail:support@powerservices.gr

$$F = \max_{S=1}^{S=N} F_s$$

Όπου

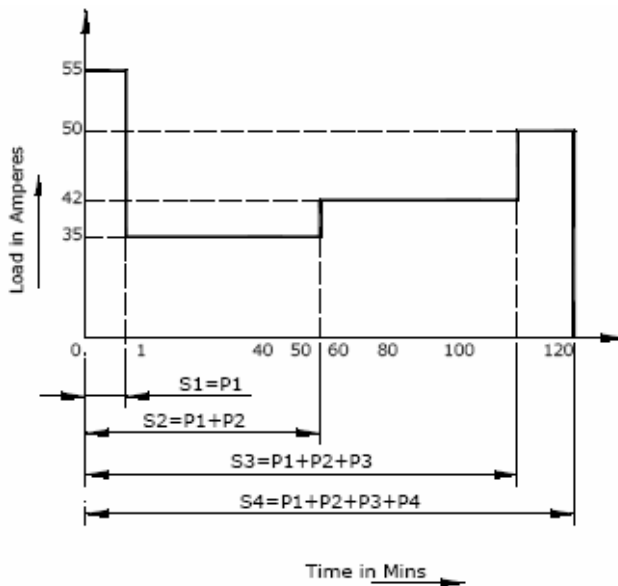
S	Είναι το τμήμα της περιόδου που αναλύεται. Το S _x περιέχει και όλες τις προηγούμενες περιόδους. (π.χ. το τμήμα S ₅ περιέχει τις περιόδους από S ₁ μέχρι S ₅). Στο σχέδιο 1 φαίνεται η γραφική παράσταση του τμήματος.
N	Είναι ο αριθμός των διαφορετικών περιόδων που απαρτίζουν το σύνολο της περιόδου με μεταβατικό φορτίο.
P	Είναι η περίοδος που αναλύεται.
A _p	Είναι το απαιτούμενο ρεύμα σε Amperes για την περίοδο P
T	Είναι ο χρόνος σε πρώτα λεπτά από την αρχή της περιόδου P μέχρι το τέλος του τμήματος S.
M	Είναι ο χρόνος κάθε περιόδου σε πρώτα λεπτά.

- Αν το ρεύμα για την περίοδο P+1 είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της περιόδου P, το τμήμα S = P + 1 θα απαιτήσει μεγαλύτερη χωρητικότητα από το τμήμα S = P. Συνεπώς οι υπολογισμοί για το τμήμα S = P μπορούν να παραληφθούν.

- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- Επιλογή μιας συστοιχίας για το ακόλουθο προφίλ φορτίου στο σχέδιο 2. Δίνονται η τάση 12V, η θερμοκρασία λειτουργίας των 25 °C και θα ληφθεί περιθώριο λάθους σχεδίασης ποσοστού 10%.

ΣΧΕΔΙΟ 2



Όνομα φορτίου	Τιμή φορτίου [Ampere]	Χρόνος σε λεπτά [min]
Φορτίο A1	55	0,185
Φορτίο A2	35	59
Φορτίο A3	42	55
Φορτίο A4	50	5

Σημειώσεις:

1. Αν μια αρχική περίοδος έχει διάρκεια μικρότερη από 1 λεπτό, λαμβάνεται υπ'οψιν σαν διάρκειας τουλάχιστον ενός λεπτού.
2. Σε όποιο τμήμα N το ρεύμα της 'N + 1' περιόδου είναι υψηλότερο από το ρεύμα περιόδου 'N' , τότε το τμήμα 'N' μπορεί να παραληφθεί, αφού το επόμενο τμήμα 'N + 1' θα είναι μεγαλύτερου μεγέθους.
3. Αριθμός συσσωρευτών = Συνολική τάση συστήματος / ονομαστική τάση συσσωρευτή.

- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Βήμα 1: Σημειώνουμε τις τιμές του φορτίου 'Α' και της περιόδου 'Μ' στις στήλες 2 & 4.

Βήμα 2: Σημειώνουμε τις αλλαγές στα φορτία σαν την διαφορά μεταξύ του παρόντος φορτίου και του προηγούμενου με τον χαρακτηρισμό (θετικό ή αρνητικό) στην στήλη 3.

Βήμα 3: Σημειώνουμε την διάρκεια 'Τ' για κάθε περίοδο από την αρχή (T=0) έως το τέλος κάθε τμήματος στην στήλη 5.

Βήμα 4: Βρίσκουμε και σημειώνουμε την τιμή του συντελεστή Κ , για κάθε διάρκεια 'Τ', στην στήλη 6. Αναφορά στον πίνακα 2 για τους συντελεστές Κ.

Βήμα 5: Η χωρητικότητα για κάθε περίοδο 'Τ' υπολογίζεται με το γινόμενο των στηλών 3 και 6, το οποίο σημειώνεται στην στήλη 7 με τον χαρακτηρισμό (θετικό ή αρνητικό)

Βήμα 6: Το άθροισμα των χωρητικότητων για όλες τις περιόδους σε κάθε τμήμα λαμβάνεται ως μέγεθος του τμήματος.

Βήμα 7: Η μέγιστη τιμή όλων των τμημάτων σημειώνονται όπως παραπάνω συν την τιμή στο τυχαίο τμήμα φορτίων , αν κάποιο λαμβάνεται ως μη διορθωμένο μέγεθος.

Βήμα 8: Συμπυλοποιούμε τον θερμοκρασιακό συντελεστή (C_{TC}).

Βήμα 9: Συμπυλοποιούμε τον συντελεστή γήρανσης (C_{AF}).

Βήμα 10: Συμπυλοποιούμε τον συντελεστή περιθωρίου σχεδίασης (C_{DM}).

- ΦΟΡΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(1) No Περίοδου	(2) Φορτία [Amps]	(3) Αλλαγή φορτίων [Amps]	(4) Διάρκεια Περίοδου [mins]	(5) Χρόνος λήξης τμήματος (mins)	(6) Συντε- λεστής Κ Πίνακα	(7) Χωρη- τικότητα Περίοδου 3*6 [Ah]
Τμήμα 1 – Πρώτη περίοδος μόνο αν A2 > A1, συνέχεια στο τμήμα 2						
1	A1 = 55	A1-0=55	M1=1	T=M1=1=0,2	0,147	8,09
Σύνολο τμήματος 1						
Τμήμα 2 – Πρώτες δύο περίοδοι μόνο αν A3>A2, συνέχεια στο τμήμα 3						
1	A1 =	A1-0 =	M1 =	T = M1 + M2 =		
2	A2 =	A2-A1 =	M2 =	T = M2 =		
Σύνολο τμήματος 2						
Τμήμα 3 – Πρώτες τρεις περίοδοι μόνο αν A4>A3, συνέχεια στο τμήμα 4.						
1	A1 =	A1-0 =	M1 =	T = M1 + M2		
2	A2 =	A2-A1 =	M2 =	T = M2 + M3		
3	A3 =	A3-A2 =	M3 =	T = M3 =		
Σύνολο τμήματος 3						
Τμήμα 4 – Πρώτες τέσσερις περίοδοι μόνο αν A3>A4, συνέχεια στο τμήμα 5.						
1	A1 =55	A1-0 = 55	M1 = 1	T=M1+M2+M3+M4=120min	2,60	143
2	A2 = 35	A2-A1 = -20	M2 = 59	T=M2 + M3 + M4=119min	2,60	-52
3	A3 = 42	A3-A2 = 7	M3 = 55	T = M3 + M4 = 64 min	1,467	10,27

PowerServices

Κ. Αρβανίτη 9, 144 52 Μεταμόρφωση
Τ.:+30202841084, Φ.:+302102848676
e-mail:support@powerservices.gr

4	A4 = 50	A4-A3 = 8	M4 = 5	T = M4 = 5 min	0,234	1,872
Σύνολο τμήματος 4						103,14
Συνυπολογισμός του θερμοκρασιακού συντελεστή (C_{TC}).						
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $103,14 \times 1,0 =$						103,14
Συνυπολογισμός του συντελεστή αντίδρασης (C_{AF}).						
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $103,14 \times 1,25 =$						128,93
Συνυπολογισμός του συντελεστή γήρανσης (C_{DM}).						
Απαιτούμενη χωρητικότητα = $128,93 \times 1,1 =$						141,82 Ah
Ακολουθεί η επιλογή συσσωρευτή:						
Ζητάμε από πίνακες συσσωρευτών τουλάχιστον τα 141,82Ah σε θερμοκρασία 25°C, τάση πέρατος 1,75Vpc και χρόνο εκφόρτισης 10 ώρες,						

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. "Specification for electric storage batteries and battery plants", VDE-0510/DIN-57510/01-1977
2. "Instructions for use and maintenance of SGF batterie blocks", TUDOR-SONNAK AG. Norway.
3. "Drysafe series batteries, General leaflet", HAGEN GmbH, Germany.
4. IEEE 485-1997 standard Battery Dimensioning procedure.
5. Dryfit technology, Gel type Battery technology, Product specifications Exide – Sonnenschein GmbH, Germany.

* Ο Βασίλης Μπακόλιας και ο Πέτρος Σερέτης εργάζονται στο τμήμα τεχνικής υποστήριξης της **PowerServices**, υποστηρίζοντας συστήματα UPS και ανορθωτικά συγκροτήματα της Powerware της Efore plc.

K - Factor (C_k)

Table 2

Time	End Cell Voltage							
	1.50	1.60	1.67	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90
1 minute	0.135	0.139	0.141	0.144	0.147	0.160	0.169	0.189
2 minutes	0.143	0.147	0.150	0.153	0.156	0.170	0.179	0.200
5 minutes	0.218	0.221	0.225	0.229	0.234	0.254	0.269	0.300
10 minutes	0.348	0.353	0.360	0.367	0.374	0.407	0.430	0.480
15 minutes	0.460	0.466	0.475	0.485	0.494	0.537	0.568	0.634
20 minutes	0.600	0.608	0.620	0.632	0.645	0.701	0.741	0.827
30 minutes	0.783	0.794	0.809	0.825	0.842	0.915	0.968	1.079
45 minutes	1.091	1.107	1.128	1.150	1.173	1.275	1.348	1.504
1 hour	1.365	1.384	1.411	1.438	1.467	1.595	1.688	1.881
2 hours	2.42	2.45	2.50	2.55	2.60	2.82	2.99	3.33
3 hours	3.45	3.50	3.57	3.64	3.71	4.04	4.27	4.76
4 hours	4.50	4.56	4.65	4.74	4.83	5.25	5.56	6.20
5 hours	5.35	5.43	5.53	5.64	5.76	6.26	6.62	7.38
6 hours	6.25	6.34	6.46	6.59	6.72	7.31	7.73	8.62
7 hours	7.25	7.36	7.50	7.64	7.80	8.48	8.96	10.00
8 hours	8.24	8.36	8.52	8.69	8.86	9.63	10.18	11.36
9 hours	9.00	9.13	9.31	9.49	9.68	10.52	11.13	12.41
10 hours	9.27	9.40	9.58	9.77	10.0	10.83	11.46	12.78
20 hours	17.40	17.65	17.99	18.34	18.71	20.3	21.5	24.0
24 hours					23.3			
48 hours					45.3			
72 hours					65.5			
96 hours					87.3			
120 hours					103.5			

Temperature correction Factor (C_{TC})

Table 3

Model	Discharge Duration in minutes																
	(°C)	5	10	15	20	30	45	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
-30	3.644	3.403	3.283	3.205	3.107	3.021	2.967	2.854	2.802	2.789	2.749	2.738	2.726	2.710	2.704	2.698	
-25	2.869	2.680	2.585	2.524	2.446	2.379	2.337	2.248	2.207	2.180	2.165	2.156	2.147	2.135	2.130	2.125	
-20	2.416	2.257	2.177	2.126	2.060	2.004	1.968	1.893	1.858	1.836	1.823	1.816	1.808	1.797	1.793	1.789	
-15	2.186	2.042	1.898	1.823	1.864	1.813	1.780	1.712	1.681	1.661	1.649	1.643	1.636	1.626	1.622	1.619	
-10	1.882	1.757	1.695	1.655	1.604	1.560	1.532	1.474	1.447	1.430	1.420	1.414	1.408	1.400	1.396	1.393	
-5	1.676	1.565	1.522	1.474	1.429	1.389	1.365	1.312	1.289	1.273	1.264	1.259	1.254	1.246	1.244	1.241	
0	1.572	1.468	1.404	1.383	1.340	1.304	1.280	1.232	1.209	1.195	1.186	1.181	1.176	1.170	1.167	1.164	
5	1.418	1.340	1.302	1.277	1.245	1.217	1.199	1.164	1.143	1.136	1.130	1.127	1.123	1.119	1.117	1.115	
10	1.287	1.233	1.206	1.188	1.166	1.145	1.134	1.107	1.096	1.089	1.085	1.083	1.080	1.078	1.076	1.075	
15	1.178	1.143	1.125	1.114	1.100	1.087	1.079	1.064	1.056	1.052	1.049	1.048	1.047	1.045	1.044	1.044	
20	1.082	1.068	1.057	1.052	1.045	1.040	1.035	1.028	1.025	1.022	1.021	1.021	1.020	1.019	1.019	1.018	
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
30	0.929	0.943	0.951	0.956	0.962	0.968	0.972	0.978	0.981	0.983	0.984	0.985	0.985	0.986	0.986	0.986	
35	0.867	0.895	0.910	0.919	0.931	0.943	0.949	0.962	0.969	0.972	0.974	0.974	0.975	0.977	0.977	0.977	
40	0.813	0.851	0.874	0.888	0.906	0.922	0.932	0.951	0.961	0.965	0.967	0.968	0.969	0.971	0.971	0.971	