

Ενεργειακή Κρίση σε Σεληνιακή Τροχιά

ΟΜΑΔΑ Β ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ



LunarSAT DT/G

Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Φυσικής

e-mail: lunarsat@cc.uoa.gr

web: <http://www.cc.uoa.gr/lunarsat>

Μέσα στο έτος 2001, ο μικροδορυφόρος LunarSAT (βάρους 100 kgr) θα βρεθεί σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τη Σελήνη για σχεδόν 6 μήνες. Ο δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με διάφορα όργανα για την εκτέλεση μιας σειράς επιστημονικών παρατηρήσεων. Τα πειράματα που θα πραγματοποιηθούν καθώς και τα όργανα ελέγχου του LunarSAT, χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια, η οποία θα αποδίδεται μεσώ των ηλιακών συλλεκτών του δορυφόρου. Κατά την διάρκεια κάθε μίας από τις τετράωρες τροχιές του, ο δορυφόρος θα βρίσκεται για λίγα λεπτά στην σκιά της Σελήνης. Η διακοπή παροχής της ηλιακής ενέργειας, στην διάρκεια αυτή, θα καλύπτεται με τη χρήση επαναφορτιζόμενων μπαταριών.



Η πρόκληση...

Φανταστείτε πως είστε μέλος της ομάδας Μηχανικών του LunarSAT. Πρέπει να υπολογίσετε την ενέργεια που παρέχουν τα ηλιακά κύτταρα του δορυφόρου. Ενώσω ο δορυφόρος βρίσκεται σε τροχιά γύρω απ' τη Σελήνη πρόκειται να συμβεί μια μερική έκλειψη Σελήνης και τα κύτταρα δεν θα δέχονται ενέργεια από τον Ήλιο. Το αποτέλεσμα της έρευνάς σας είναι πολύ σημαντικό. Για παράδειγμα, αν βρείτε ότι τα κύτταρα δίνουν πάρα πολύ ενέργεια, ίσως χρησιμοποιηθούν λάθος μπαταρίες και έτσι ο δορυφόρος χαθεί στο διάστημα...



Η παροχή ενέργειας του LunarSAT

Η απαραίτητη ενέργεια για την λειτουργία του δορυφόρου παρέχεται μέσω διατάξεων ηλιακών κυψελίδων που βρίσκονται στην επιφάνειά του. Τα υποσυστήματα του δορυφόρου δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από αυτή που μπορούν να παράγουν οι κυψελίδες σε μια δεδομένη χρονική περίοδο.

Για να εκτιμήσουμε την ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια της μεγαλύτερης έκλειψης, πρέπει να γνωρίζουμε πρώτα το ποσό της ενέργειας που μπορούν να παράγουν οι διατάξεις των ηλιακών κυψελίδων.



Τα Δεδομένα...

Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για το LunarSAT θα είναι ηλιακές κυψελίδες τύπου **GaAs/AlGaAs**. Πρόκειται για ηλιακές κυψελίδες, που όπως προαναφέρθηκε, βρίσκονται στερεωμένες στην επιφάνεια του δορυφόρου.

Τα πιο σημαντικά στοιχεία για αυτές τις ηλιακές κυψελίδες είναι:

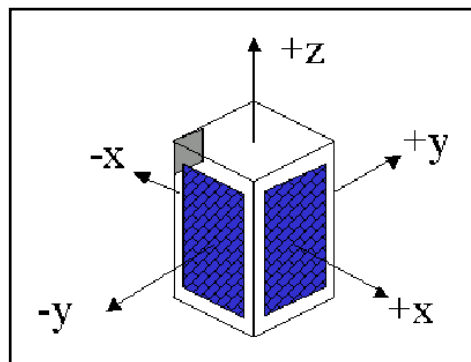
• Διαστάσεις κυψελίδας	4 x 4 cm	16 cm ²
• U_{load} (στους 25° C)	0.895 V	$dU_{load}/dT = -1.8 \text{ mV}$
• I_{load} (στους 25° C)	0.471 A	$dI_{load}/dT = 0.056 \text{ mA}$
• Συντελεστής απορρόφησης	(α)	0.58
• Συντελεστής εκπομπής	(ε)	0.82

Ο δορυφόρος είναι εφοδιασμένος με δύο κύριες και δύο δευτερεύουσες διατάξεις κυψελίδων. Μια κύρια διάταξη περιλαμβάνει πέντε στήλες με 38 κυψελίδες που βρίσκονται σε σειρά μεταξύ τους, όπου η κάθε μια περιλαμβάνει μια δευτερεύουσα διάταξη με μια στήλη 37 κυψελίδων σε σειρά.

Άσκηση Β - 1:

Οι επιφάνειες παραπλεύρως του δορυφόρου έχουν διαστάσεις 60 x 60 cm η κάθε μια. Ελέγξτε αν οι κύριες ή οι δευτερεύουσες διατάξεις κυψελίδων ξεπερνούν αυτές τις διαστάσεις. Συγκρίνετε δηλαδή τα μεγέθη: A_{side} , A_{main} και A_{cont} σε m².

Στις ηλιακές αντανάκλασεις, η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός θα πραγματοποιηθεί, είτε κάθετα στην μία πλευρά του δορυφόρου ($\gamma = 0^\circ$), είτε υπό γωνία 45° σε δύο διαδοχικές κύριες ή δευτερεύουσες διατάξεις κυψελίδων.



Σε συνδυασμό με τις προηγούμενες διευκρινήσεις θα χρειαστούν και οι ακόλουθες σταθερές:

- | | | |
|---|-----------------------|--|
| • Ηλιακή σταθερά | S | 1358 W/m ² |
| • Θερμική ηλιακή σταθερά | S_{th} | 1420 W/m ² |
| • Σταθερά ακτινοβολίας των Stefan-Boltzmann | σ | 5.67x10 ⁻⁸ W/(m ² K ⁴) |

Οι Υπολογισμοί

Η ηλεκτρική τάση και ένταση που θα παραχθεί από τις ηλιακές κυψελίδες εξαρτάται από την θερμοκρασία τους. Για τον λόγο αυτό πρέπει να υπολογίσουμε και τις δύο παραμέτρους.

Στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας και σταθερής θερμοκρασίας, η ενέργεια η οποία απορροφάται πρέπει να είναι ισότιμη με την ενέργεια που εκπέμπεται λόγω της θερμότητας που περικλείει το σώμα. Οι σχέσεις που συνδέουν τα μεγέθη αυτά είναι

$$E_{\text{absorption}} = \alpha \cdot S_{\text{th}} \cdot [A \cdot \cos(\gamma)]$$

$$E_{\text{emitting}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot A$$

Σημειώστε ότι η θερμοκρασία **T** δίνεται σε βαθμούς **Kelvin**. Η παράμετρος **A** είναι το εμβαδόν της επιφάνειας.

Άσκηση B - 2: Υπολογίστε τις θερμοκρασίες για γωνίες πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός 0° και 45° (T (γ = 0°) και T (γ = 45°)) σε [K] και σε [°C].

2. Στην συνέχεια θα πρέπει να γνωρίζουμε την παραγόμενη τάση (**U_{load}**) και ηλεκτρική ένταση (**I_{load}**).

(α) Πρώτα για μια ηλιακή κυψελίδα.

Τα αποτελέσματα δίνονται από τις σχέσεις

$$U_{\text{load}} (T[^\circ\text{C}]) = U_{\text{load}} (25^\circ\text{C}) + (d U_{\text{load}} / dT) (T[^\circ\text{C}] - 25)$$

$$I_{\text{load}} (T[^\circ\text{C}]) = I_{\text{load}} (25^\circ\text{C}) + (d I_{\text{load}} / dT) (T[^\circ\text{C}] - 25)$$

Άσκηση B - 3: Υπολογίστε την τάση **U_{load}** και την ένταση **I_{load}** για τις θερμοκρασίες που υπολογίστηκαν προηγουμένως.

(β) Για ολόκληρες τις διατάξεις.

Εφ όσων οι ηλιακές κυψελίδες συνδέονται μεταξύ τους, ισχύουν γι αυτές οι νόμοι του **Kirchhoff**. Αυτό σημαίνει ότι ...

- Κυψελίδες είναι σε σειρά: $I = I_{load}$ και $U = U_{load} \times (\text{αριθμό κυψελίδων})$
- Κυψελίδες παράλληλα: $U = U_{load}$ και $I = I_{load} \times (\text{αριθμό κυψελίδων})$

Άσκηση Β - 4: Υπολογίστε την τάση και την ηλεκτρική ένταση για το κυρίως αλλά και για το δευτερεύον σύστημα (U_{main} , U_{cont} και I_{main} , I_{cont}) και για τις δυο θερμοκρασίες.

3. Η ενέργεια του συστήματος του δορυφόρου σταθεροποιείται σε τάση ίση με:

$$U_{bus} = 28 \text{ V} \pm 1\%$$

Για τον λόγο αυτό η τάση που παρέχεται από ολόκληρη την διάταξη των κυψελίδων πρέπει να ικανοποιεί την σχέση:

$$U_{array} > U_{bus}$$

Επιβεβαιώστε το !

Η ενέργεια που παρέχεται από τις διατάξεις των κυψελίδων για τα υποσυστήματα που λειτουργούν στον δορυφόρο αλλά και για την φόρτιση των μπαταριών, δίνεται από την σχέση:

$$P = U_{bus} \cdot I_{load} (T(\gamma)) \cdot \cos(\gamma) \cdot n$$

Η παράμετρος n είναι ο αριθμός των επιφανειών που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς ($n = 1$ για $\gamma = 0^\circ$ και $n = 2$ για $\gamma = 45^\circ$).

Ο παράγοντας $\cos(\gamma)$ που βρίσκεται στην εξίσωση είναι απαραίτητος διότι πρέπει να συνυπολογιστεί η διεύθυνση του ηλιακού φωτός σε σχέση με τον προσανατολισμό των διατάξεων των ηλιακών κυψελίδων. Η "ενεργή" επιφάνεια (δηλαδή αυτή που δέχεται ηλιακό φως κάποια χρονική στιγμή) μεταβάλλεται σύμφωνα με την σχέση: $A_{eff} = A \cdot \cos(\gamma)$ και για τον λόγο αυτό η εισερχόμενη ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας είναι $P_{in} = S \cdot A_{eff}$.

Άσκηση Β - 5: Υπολογίστε την ενέργεια του κύριου αλλά και του δευτερεύοντος συστήματος για τις δυο δεδομένες γωνίες πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Δώστε τη μέγιστη ισχύ στην Ομάδα Γ - Σχεδιασμός Αποστολής.