



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

Δρόσος και Αστρονομία: Κατασκευή Θερμαντικού Στοιχείου (Dew Heater)

Περιγραφή Φαινομένου Δρόσου

Ο αέρας υπό φυσιολογικές συνθήκες περιέχει μικρή ποσότητα υγρασίας, δηλαδή υδρατμούς οι οποίοι προέρχονται από την διαδικασία διαπνοής των φυτών και την εξάτμιση νερού. Το μέγιστο ποσό υγρασίας το οποίο μπορεί να περιέχεται στον αέρα εξαρτάται από την επικρατούσα θερμοκρασία αέρος, και αυξάνεται όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία: η μέγιστη υγρασία είναι 2,27 κιλά (5 lb) ανά 454 κιλά αέρος (1.000 lb) στους 4.4°C (40°F), και 18,614 κιλά (41 lb) για το ίδιο βάρος αέρος στους 37.8°C (100°F).

Ο αέρας αποκαλείται 'κεκορεσμένος' όταν περιέχει την μέγιστη δυνατή ποσότητα υγρασίας για την επικρατούσα θερμοκρασία. Επομένως όσο διαφοροποιείται το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας του αέρα, τότε μεταβάλλεται το σημείο (θερμοκρασία) κορεσμού του αέρος. Σε χαμηλές θερμοκρασίες ο κορεσμός έρχεται σε λιγότερη περιεχόμενη υγρασία δεδομένου ότι ο κρύος αέρας έχει μικρότερη δυνατότητα να περιέχει υγρασία από τον θερμό αέρα.

Η θερμοκρασία κορεσμού του αέρος ως προς την τρέχουσα περιεχόμενη υγρασία ονομάζεται '**σημείο δρόσου**' ('**dew point**') και αποτελεί βασική παράμετρο στην μετεωρολογία μαζί με την θερμοκρασία αέρος. Όσο πιο υγρός είναι ο αέρας τόσο μικρότερη είναι η διαφορά μεταξύ του σημείου δρόσου και της τρέχουσας θερμοκρασίας αέρος, ενώ στον σχετικά ξηρό αέρα το dew point είναι πολύ χαμηλότερο από την θερμοκρασία του αέρα. Η δρόσος συνήθως κάνει την εμφάνισή της όταν υπάρχει υψηλή σχετική υγρασία, άπνοια και μεγάλη διαφορά (πτύση) θερμοκρασίας του αέρα όταν πέφτει η νύχτα, συνθήκες οι οποίες παρουσιάζονται συχνά όταν υπάρχει ξαστεριά, ιδίως σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο όπου οι νύχτες είναι πιο ψυχρές.

[Η *Απόλυτη Υγρασία* είναι το βάρος της υγρασίας που περιέχεται σε έναν όγκο αέρος με δεδομένο βάρος, και εκφράζεται σε γραμμάρια υγρασίας ανά κυβικό μέτρο αέρος. Η *Σχετική Υγρασία* είναι ο λόγος (εκφραζόμενο ως ποσοστό) της τρέχουσας περιεκτικότητας του αέρα σε υγρασία και της θεωρητικής περιεκτικότητας του αέρα σε υγρασία όταν ο αέρας κορεσθεί στην επικρατούσα θερμοκρασία. Όταν πέφτει η θερμοκρασία του αέρα χωρίς να υπάρχει διαφοροποίηση στην περιεχόμενη υγρασία, τότε η Απόλυτη Υγρασία παραμένει σταθερή αλλά αυξάνεται η Σχετική Υγρασία.]

Τα σύννεφα και η εμφάνιση συμπύκνωσης δρόσου σε διάφορες επιφάνειες είναι σημεία συγκέντρωσης υγρασίας. Η δρόσος σχηματίζεται όταν η θερμοκρασία κάποιας επιφάνειας έχει πέσει σε τόσο χαμηλό επίπεδο ώστε ο αέρας που έρχεται σε άμεση επαφή μαζί της να ψύχεται στο σημείο δρόσου με αποτέλεσμα την συμπύκνωση της υγρασίας σε υγρή μορφή. Παραδείγματα σχηματισμού δρόσου σε τοπικό επίπεδο είναι η εμφάνιση του εκπνεόμενου αέρος (χνώτα) στο κρύο, το θάμπωμα των τζαμιών στα αυτοκίνητα και στο σπίτι, το θάμπωμα των γυαλιών όρασης όταν εισέρχεστε από κρύο εξωτερικό χώρο σε ζεστό & υγρό εσωτερικό χώρο, το θάμπωμα του καθρέπτη στο μπάνιο μετά από χρήση άφθονου ζεστού νερού κλπ.

Ο λόγος για τον οποίο κάποιες επιφάνειες, όπως το τηλεσκόπιό μας και ο εξοπλισμός του, κατά την διάρκεια της νύχτας παρουσιάζουν θερμοκρασία ελαφρά χαμηλότερη του περιβάλλοντος αέρος έχει σχέση με τα χαρακτηριστικά θερμικής ακτινοβολίας κάθε σώματος. [Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο, πχ, το μέταλλο δίνει την αίσθηση πιο κρύου αντικειμένου την νύχτα σε σχέση με ένα πλαστικό ή ξύλινο, καθώς αποβάλλει δι' ακτινοβολίας με ταχύτερο ρυθμό την θερμότητά του]. Καθώς λοιπόν η θερμοκρασία κάθε αντικειμένου μεταβάλλεται με διαφορετικό ρυθμό όταν πέφτει το σκοτάδι και μειώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, κάποια σώματα και το λεπτό στρώμα αέρος που τα περιβάλλει έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία και αγγίζουν το σημείο δρόσου. Εάν μάλιστα επικρατεί αρκετά χαμηλή θερμοκρασία αέρος, τότε η δρόσος παγοποιείται.

Η παρουσία ελαφρού ανέμου δρά αποτρεπτικά προς τον σχηματισμό δρόσου και πάγου καθώς αποφεύγεται η στασιμότητα του αέρα γύρω από τις κρύες επιφάνειες και παράγεται θερμότητα λόγω τριβής, αποτρέποντας έστω οριακά την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα γύρω από τις επιφάνειες στο σημείο δρόσου. [Είναι χαρακτηριστικό ότι στους αμπελώνες και σε άλλες ευαίσθητες καλλιέργειες προκειμένου να αποφευχθεί το

ενδεχόμενο παγοποίησης σε περιόδους κρίσιμες για την εξέλιξη της καρποφορίας χρησιμοποιούνται ισχυροί ανεμιστήρες κατά την διάρκεια της νύχτας οι οποίοι αναδεύουν τον αέρα που βρίσκεται κοντά στο έδαφος ώστε να μην μείνει στάσιμος γύρω από τα φυτά και να αποφευχθεί η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στο σημείο δρόσου].

Αστρονομία & Δρόσος

Η δρόσος πλήττει κατά κύριο λόγο τα τηλεσκόπια ‘κλειστού’ οπτικού σωλήνα, όπως τα Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain, Schmidt-Newtonian και υπό προϋποθέσεις και τα διοπτρικά, δεδομένου ότι το εμπρόσθιο οπτικό τους στοιχείο (αντικειμενικός ή διορθωτικός φακός) είναι εκτεθειμένο και σε άμεση επαφή με τον περιβάλλοντα αέρα. Σε πολύ μικρότερο βαθμό επηρεάζονται τα τηλεσκόπια με ‘ανοικτό’ οπτικό σωλήνα (Newtonian), όπου ο πρωτεύων καθρέφτης είναι καλά προστατευμένος από τον ίδιο τον οπτικό σωλήνα ο οποίος δρά ως κάλυμμα (dew cap). Το κάλυμμα του οπτικού σωλήνα (dew cap) είναι σχεδόν απαραίτητο εξάρτημα στα τηλεσκόπια με κλειστό οπτικό σωλήνα προκειμένου να δημιουργηθούν συνθήκες μικροκλίματος οι οποίες συντελούν σημαντικά στην καθυστέρηση εμφάνισης της δρόσου. Η χρήση μικρού στεγνωτήρα αέρος (‘πιστολάκι’) βοηθά μόνο προσωρινά καθώς το οπτικό στοιχείο επανέρχεται πολύ γρήγορα στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κατόπιν επαναπροσεγγίζει το σημείο δρόσου.

Η απόλυτη μέθοδος αποφυγής της εμφάνισης δρόσου στα εκτεθειμένα οπτικά στοιχεία του τηλεσκοπίου είναι η εφαρμογή ελαφράς θερμότητας για την διατήρηση της θερμοκρασίας τους πάνω από το dew point. Όσο πιά μικρό είναι το άνοιγμα του τηλεσκοπίου, τόσο ευκολότερο είναι το έργο της θέρμανσης του οπτικού στοιχείου στην κατάλληλη θερμοκρασία. Σε γενικές γραμμές, τηλεσκόπια με άνοιγμα έως 10 ιντσών περίπου μπορούν να θερμανθούν σχετικά ομοιόμορφα έως το κεντρικό σημείο του εμπρόσθιου φακού. Σε μεγαλύτερα τηλεσκόπια δύσκολα επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση χωρίς την χρήση ιδιαίτερα υψηλής ισχύος, οπότε ανακύπτουν προβλήματα θερμικών παραμορφώσεων του ειδώλου.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο Νόμος του Ohm επιτρέπει τον εύκολο προσδιορισμό της αντίστασης του κυκλώματος προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμαντική ισχύς (σε watt). Ο βασικός τρόπος για να ξεκινήσουμε την σχεδίαση του θερμαντικού στοιχείου είναι να αποφασίσουμε την τιμή της ισχύος που θα καταναλώνει το θερμαντικό στοιχείο (ενδεχομένως και με διαβαθμίσεις),

εκτίμηση που συναρτάται με το μέγεθος του τηλεσκοπίου και τις καιρικές συνθήκες του χώρου παρατήρησης. Η κατά τον δυνατόν μεγαλύτερη θερμική απόδοση της καταναλούμενης ισχύος είναι καθαρά θέμα κατασκευής, μόνωσης και εφαρμογής του θερμαντικού στοιχείου πάνω στο τηλεσκόπιο.

Σύμφωνα με μία εκδοχή της εξίσωσης του Νόμου του Ohm, η Ισχύς ισούται με το τετράγωνο της Διαφοράς Δυναμικού (Voltage) διαιρουμένης δια της Αντιστάσεως του Κυκλώματος, δηλ

$$P = V^2 / R \quad \text{ή} \quad R = V^2 / P$$

όπου P αντιπροσωπεύει την Ισχύ, V την Διαφορά Δυναμικού (τάση), και R την Αντίσταση. Με δεδομένο ότι το voltage της μπαταρίας που θα χρησιμοποιηθεί είναι γνωστό, είναι εύκολο να υπολογίσουμε την απαραίτητη αντίσταση του κυκλώματος προκειμένου να επιτύχουμε την επιθυμητή τιμή ισχύος. Για παράδειγμα εάν θέλουμε η ισχύς να είναι 15W, τότε για μία μπαταρία με μέση τάση 12,5 volt (σημειωτέον ότι η τάση πέφτει ελαφρά όσο εκφορτίζεται η μπαταρία) η κατάλληλη αντίσταση του κυκλώματος είναι 10,42 Ω
[$(12,5\text{v} * 12,5\text{v}) / 15\text{w} = 156,25\text{v} / 15\text{w} = 10,42\Omega$]

Για την απόδοση της ισχύος των 15W, η ένταση του ρεύματος που θα διαρρέει το κύκλωμα υπολογίζεται σε 1,2 amperes, δεδομένου ότι η Ισχύς ισούται με το γινόμενο της Τάσης επί την Ένταση (συμβολίζεται με I) του ρεύματος,
δηλ $P = V * I$ ή $I = P / V$ [$15\text{w} / 12,5\text{v} = 1,2\text{A}$]

Με αυτήν την τιμή της έντασης του ρεύματος μπορούμε να υπολογίσουμε και την χρονική διάρκεια μέχρι την εκφόρτιση της μπαταρίας που διαθέτουμε, αναλόγως της χωρητικότητάς της. Πχ μία μπαταρία με χωρητικότητα 17Ah (αμπερώρες) είναι σε θεωρητικό επίπεδο ικανή να τροφοδοτήσει το παραπάνω κύκλωμα επί 14,2 ώρες [$1,2\text{A} * 14,2 \text{ ώρες} = 17\text{Ah}$]. [Στην πράξη βέβαια η διάρκεια θα είναι μικρότερη (κατά περίπου 25% κατά μέσο όρο) λόγω της πτώσης της τάσης της μπαταρίας και των απωλειών ενέργειας που σχετίζονται με την χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος και την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας. Παράλληλα, πρέπει να αποφεύγεται η βαθιά εκφόρτιση μπαταριών κλασικού τύπου (μολύβδου με ηλεκτρολύτη, ή ζελέ) σε ποσοστό περισσότερο από το 60% περίπου προκειμένου να επιμηκυνθεί η διάρκεια ζωής τους.]

Σχεδιασμός Κατασκευής

Το ζητούμενο στο θερμαντικό στοιχείο είναι η ομοιόμορφη και αποδοτική κατανομή στην περίμετρο του οπτικού στοιχείου της θερμότητας που παράγεται από την εφαρμογή ρεύματος στο κύκλωμα. Για να πετύχουμε αυτήν την ομοιομορφία αρκεί να χρησιμοποιηθεί συστοιχία μεγάλου αριθμού μικρών αντιστάσεων άνθρακα, δημιουργώντας διάκενα της τάξης των 1cm έως 2cm μεταξύ των αντιστάσεων. Μετρώντας την περίμετρο του τηλεσκοπίου στο σημείο όπου θα εφαρμοσθεί η θερμότητα μπορούμε να προσδιορίσουμε την ακριβή ποσότητα των αντιστάσεων άνθρακα που απαιτούνται για την κατασκευή του θερμαντικού στοιχείου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές ισχύος που έχουμε θέσει. [Οι αντιστάσεις άνθρακα είναι ιδιαίτερα φτηνές (κοστίζουν €0,02 έκαστη) και διατίθενται σε ποικιλία θερμικής αντοχής και ονομαστικής τιμής αντίστασης].

Για την κατασκευή του θερμαντικού στοιχείου είναι απαραίτητο να επισημανθεί ότι η *εν σειρά* σύνδεση των αντιστάσεων επιδρά αθροιστικά στην συνολική αντίσταση του κυκλώματος, ενώ η *εν παραλλήλω* τοποθέτηση έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος.

Για παράδειγμα, εάν τοποθετήσουμε *εν σειρά* τέσσερις αντιστάσεις του 1Ω η συνολική αντίσταση του κυκλώματος είναι 4Ω

$$[R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n]$$

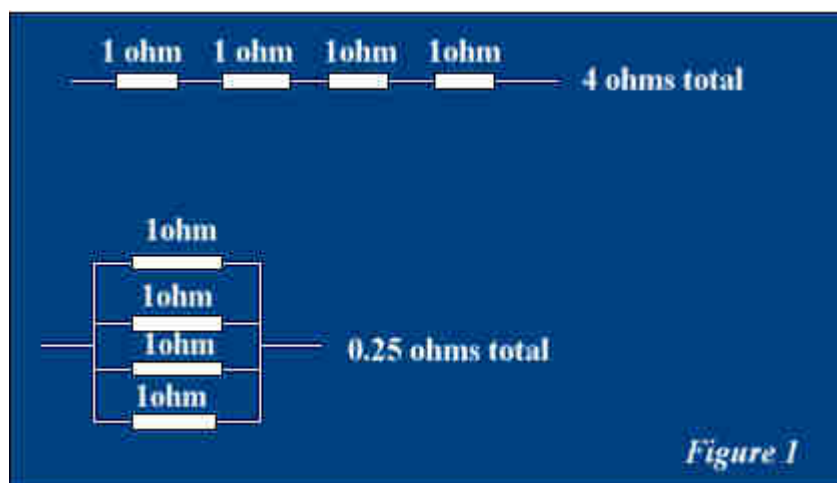
ενώ η παράλληλη τοποθέτησή τους οδηγεί σε συνολική αντίσταση 0,25Ω

$$[R_{\text{total}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n]$$

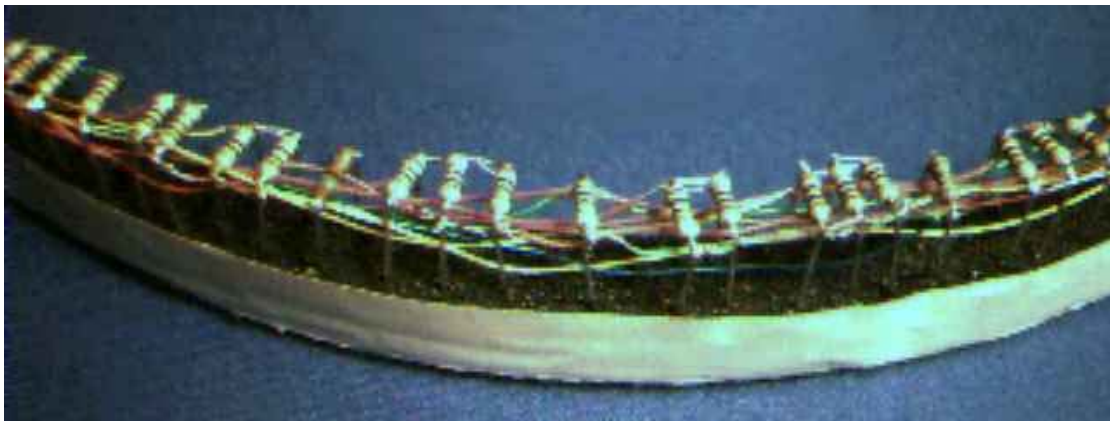
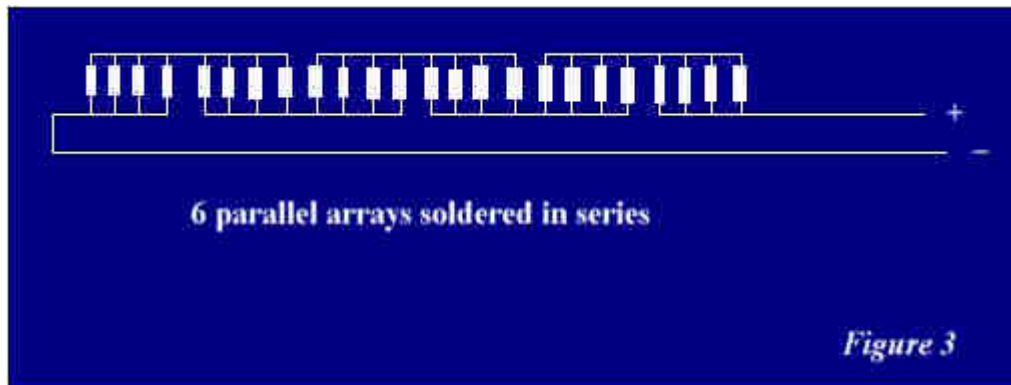
το οποίο ισοδυναμεί με

$$R_{\text{total}} = R_i / n$$

όταν οι αντιστάσεις είναι πανομοιότυπες.



Μία κατασκευή όπως το εν λόγω θερμαντικό στοιχείο μπορεί να συνδυάζει αρκετές συστοιχίες αντιστάσεων άνθρακα οι οποίες συνδέονται εν σειρά και εν παραλλήλω προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή συνολική αντίσταση του κυκλώματος με τον αναγκαίο αριθμό μικρών αντιστάσεων άνθρακα. Όμως αυτό βαίνει εις βάρος της απλότητας της κατασκευής.



Ο απλούστερος τρόπος κατασκευής του θερμαντικού στοιχείου είναι η επιλογή αντιστάσεων άνθρακα με υψηλή ονομαστική τιμή αντίστασης και η συνδεσή τους σε πλήρως παράλληλη διάταξη (σαν δεσμίδα από σφαίρες πολυβόλου!) ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη αντίσταση του κυκλώματος.

Εάν είναι επιθυμητή η δυνατότητα διαβάθμισης της ισχύος υπάρχουν οι εξής λύσεις:

1. Εγκατάσταση ρεοστάτη: μεγάλη ευκολία στην ανά περίπτωση επιλογή της κατάλληλης ισχύος, αλλά με υψηλή κατανάλωση ρεύματος (ίση με την συνεχή χρήση της μέγιστης τιμής ισχύος)

2. Χρονικά μεταβλητή εφαρμογή ισχύος (switching) μέσω ηλεκτρικού κυκλώματος: μεγάλη ευκολία στην ανά περίπτωση επιλογή του κατάλληλου επιπέδου θερμότητας, όμως απαιτείται η κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος ελέγχου
3. Θερμοστάτης για την επιλογή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του περιβάλλοντος χώρου και του θερμαινόμενου οπτικού στοιχείου: επιτυγχάνεται εξαιρετική απόδοση αλλά εις βάρος της απλότητας του συστήματος.
4. Πολλαπλά κυκλώματα για την διαβάθμιση της ισχύος: σχετικά απλή κατασκευή, αλλά χρειάζεται παρακολούθηση της απόδοσης του θερμαντικού στοιχείου για την επιλογή της κατάλληλης ισχύος.

Τα υλικά που είναι κατάλληλα για την κατασκευή του θερμαντικού στοιχείου μπορούν να διαφοροποιηθούν, ανάλογα με τον χώρο στον οποίο θα πραγματοποιείται η παρατήρηση. Σε ένα μικρό θόλο, υπάρχει η δυνατότητα για αγορά έτοιμων θερμαντικών ζωνών που λειτουργούν με το ρεύμα του δικτύου (220V).



Εναλλακτικά, μπορεί να κατασκευαστεί θερμαντικό στοιχείο από χοντρό σύρμα νικελίου-χρωμίου το οποίο έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αντίστασης ανά μονάδα μήκους.

