

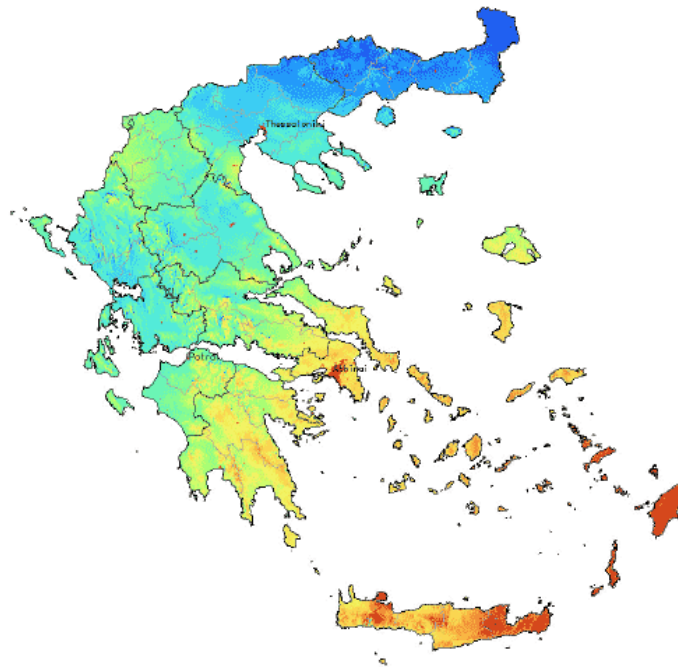


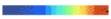
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Δύναμότητα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια



Χαμηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού  Υψηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού

Σπουδαστής: Παλαιολόγος Χρήστος Εισηγήτρια: Καργιώτη Δέσποινα

Ηράκλειο, Οκτώβριος 2006

Η μελέτη και η έρευνα που χρειάστηκε να γίνει για την επιτέλεση της πτυχιακής εργασίας με ωφέλησε πάρα πολύ μαθαίνοντας λεπτομέρειες και στοιχεία που θα μου χρειαστούν μετέπειτα.

Η εργασία είναι φτιαγμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολα αναγνώσιμη και κατανοητή, με αρκετά λεπτομερή και σύγχρονα στοιχεία που θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να έχει μια καλή άποψη του θέματος.

Στον αδελφό μου τον Λευτέρη
και στους γονείς μου
Τιμής Ένεκεν

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

2.1. Εισαγωγή

2.2. Απλοποιημένα εργαλεία για την επιθεώρηση του κτιριακού κελύφους

2.2.1. Μέθοδος βαθμομερών

2.2.2. Υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας

2.2.3. Εκτίμηση του συντελεστή BLC του κτιρίου

2.2.4. Υπολογισμός των βαθμομερών

2.3. Επιλεγμένες επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

2.3.1. Μόνωση των ελλειπώς μονωμένων στοιχείων του κτιριακού κελύφους

2.3.2. Βελτιώσεις στα παράθυρα

2.3.3. Ελάττωση της διήθησης του αέρα

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1. Εισαγωγή

3.1.1 Η ηλεκτρική Ισχύς και ο συντελεστής Ισχύος ($\cos\phi$)

3.2. Βελτίωση του συντελεστή ισχύος

3.3. Μετατροπές ηλεκτρικών κινητήρων

3.3.1. Αντικατάσταση με ενεργειακά αποδοτικούς κινητήρες

3.3.2. Υπολογισμοί εξοικονόμησης ενέργειας

3.4. Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός

3.4.1. Εισαγωγή

3.4.2. Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα φωτισμού

3.4.3. Συστήματα ελέγχου του φωτισμού

3.5. Ποιότητα ηλεκτρικής ενέργειας

3.5.1. Εισαγωγή

3.5.2. Ολική αρμονική παραμόρφωση

3.6. Επιλεγμένα παραδείγματα μέτρων εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας

3.6.1. Διόρθωση του συντελεστή ισχύος- υπολογισμός μεγέθους του πυκνωτή

3.6.2. Εγκατάσταση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης - ενεργειακό όφελος

4. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

4.1. Εισαγωγή

4.2. Βασικές αρχές καύσης και τύποι καυσίμων

4.3 Διαμορφώσεις των λεβήτων και συνιστώσες τους

4.3.1. Τύποι λεβήτων

- 4.3.2. Συστήματα καύσης
- 4.3.3. Θερμική απόδοση του λέβητα
- 4.4. Βελτίωση της απόδοσης του λέβητα
 - 4.4.1. Ρύθμιση υφιστάμενου λέβητα
 - 4.4.2. Λέβητες υψηλής απόδοσης
 - 4.4.3. Λέβητες με υπομονάδες

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Μεθοδολογία ελέγχου απόδοσης καύσης

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

- 5.1. Εισαγωγή
- 5.2. Βασικές αρχές της ψύξης
- 5.3. Τύποι των ψυκτικών συστημάτων
 - 5.3.1. Αυτόνομα κλιματιστικά συστήματα
 - 5.3.2. Κεντρικά ψυκτικά συστήματα
- 5.4. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας
 - 5.4.1. Σχέσεις που χρησιμοποιούνται
 - 5.4.2. Αντικατάσταση της ψυκτικής μονάδας
 - 5.4.3. Βελτίωση του συστήματος ελέγχου της ψυκτικής μονάδας
 - 5.4.4. Εναλλακτικά ψυκτικά συστήματα

6. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Κατά το σχεδιασμό για εξοικονόμηση ενέργειας σε νέα έργα ή μετασκευές, πρέπει να ενθαρρύνονται οι καινοτομίες. Πάντως, οποιαδήποτε καινοτομία, ανεξαρτήτως του οφέλους που μπορεί να επιφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας, θα αποτύχει εάν δεν μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα στις συμβατικές κατασκευαστικές πρακτικές και εάν δεν είναι σύμφωνη με τις προτιμήσεις των ιδιοκτητών-χρηστών, τις μεθόδους χρηματοδότησης και τους σχετικούς με τα κτίρια κώδικες και πρότυπα. Αν και ακολουθούνται οι ίδιες διαδικασίες και χρησιμοποιούνται οι ίδιες πληροφορίες ανεξάρτητα του εάν η σχεδίαση γίνεται με κριτήρια ενεργειακής αποδοτικότητας ή μη, απαιτείται σημαντικά μεγαλύτερη προσοχή και προσπάθεια για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα ακόλουθα:

- Στις ολικές τιμές των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας των τοίχων, των πατωμάτων, των οροφών και των υαλοπινάκων.
- Στο μέγιστο ποσοστό της επιφάνειας των παραθύρων (υαλοπινάκων).
- Στον προσανατολισμό του κτιρίου σε σχέση με την έκθεση των παραθύρων.
- Στις ώρες λειτουργίας για κάθε χώρο και επιφάνεια κατά τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες.
- Στην απόδοση των συστημάτων υπό πλήρες ή/και μερικό φορτίο.
- Στη δυνατότητα ελέγχου, επαναρύθμισης, εκκίνησης/διακοπής και ελάττωσης των φορτίων.
- Στην ανάκτηση και αποθήκευση της θερμότητας
- Στην απόδοση των ηλεκτρικών κινητήρων.

Είτε πρόκειται για νέο έργο είτε για μετασκευή παλαιού, απαιτείται η μείωση μίας ή περισσότερων από τις ακόλουθες παραμέτρους ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας:

- των ωρών λειτουργίας του συστήματος,
- των φορτίων του κλιματισμού,
- των φορτίων του φωτισμού,

- ο των εκτός αιχμής φορτίων.

Η μείωση των αναγκών και η μετατόπιση των φορτίων σε περιόδους εκτός αιχμής δεν μειώνει την συνολική ζήτηση ενέργειας της εγκατάστασης. Στην ουσία, μειώνεται η μέγιστη ζήτηση του ηλεκτρικού φορτίου, επομένως και η απαιτούμενη ισχύς της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής-συμπαγωγής. Από τις παραπάνω δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης, οι ώρες λειτουργίας συνήθως έχουν τη μεγαλύτερη επίπτωση στην εξοικονόμηση ενέργειας. Με άλλα λόγια, η κατανάλωση ενέργειας ενός μη αποδοτικού μηχανολογικού, αντλητικού ή ηλεκτρικού συστήματος που διακόπτεται η λειτουργία του όταν δεν χρησιμοποιείται θα είναι γενικά χαμηλότερη από αυτή των περισσότερο αποδοτικών συστημάτων που λειτουργούν όταν δεν υπάρχει ανάγκη.

Ο κυριότερος από όλους τους παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας, που καθορίζει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας μιας εγκατάστασης, είναι ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται η εγκατάσταση. Αυτό είναι περισσότερο σημαντικό από τον τύπο ή τη δυναμικότητα των ψυκτικών συστημάτων, των διεργασιών και της ποσότητας της μόνωσης, των υαλοπινάκων ή του φωτισμού. Είναι πάντως σημαντικό, εάν όχι καθοριστικό, για τον επιθεωρητή να έχει ένα συγκεκριμένο διάγραμμα λειτουργίας για κάθε ενέργεια που λαμβάνει χώρα στην εγκατάσταση, πριν γίνει η αξιολόγηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Αυτό το διάγραμμα αποτελεί μέρος του σχεδιαστικού προγράμματος του έργου και πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία για κάθε χώρο και περιοχή:

- Μια λεπτομερή περιγραφή των εργασιών που εκτελούνται.
- Τον τύπο του εξοπλισμού δροσισμού.
- Τον αριθμό των εργατών ή του προσωπικού ανά βάρδια για τις εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας, τα Σάββατα, τις Κυριακές και τις αργίες.
- Το ποσοστό του εξοπλισμού που λειτουργεί μια δεδομένη χρονική στιγμή και το μέσο ποσοστό της πλήρους ισχύος για όλο τον

εξοπλισμό ανά βάρδια για τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες. Εάν δεν είναι διαθέσιμη αυτή η πληροφορία, τότε είναι απαραίτητο το ποσοστό της πλήρους ισχύος κάθε τμήματος του εξοπλισμού που λειτουργεί για κάθε ώρα σε κάθε βάρδια για τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες.

Τέλος, υπενθυμίζεται ότι ο σκοπός μιας τυπικής ενεργειακής επιθεώρησης είναι τριπλός:

- => Η αποτίμηση της ποσότητας ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως και ο σκοπός για τον οποίο καταναλώνεται αυτή.
- => Ο καθορισμός των περιοχών που υπάρχει δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας (ανάκτηση δροσισμού) και των περιοχών που χάνεται ενέργεια.
- => Η λήψη των στοιχείων που απαιτούνται για την προετοιμασία των σχεδίων και των προδιαγραφών για τη μείωση, την ανάκτηση ή την εξάλειψη των απωλειών που βρέθηκαν κατά την επιθεώρηση.

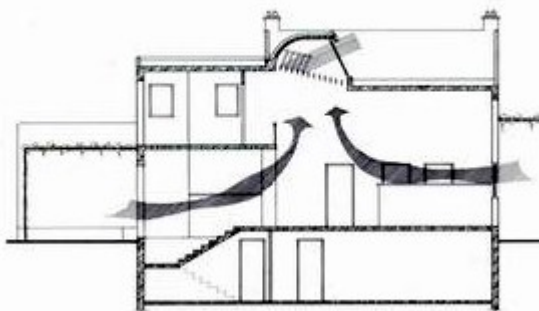
Είναι γενική πρακτική να τίθενται προτεραιότητες στις συστάσεις της ενεργειακής επιθεώρησης, ξεκινώντας με τις περισσότερο οικονομικά αποδοτικές επιλογές και προχωρώντας προς τις λιγότερο αποδοτικές. Πριν προταθεί ή γίνει οποιαδήποτε τροποποίηση σε ένα συγκεκριμένο σύστημα, ο υπεύθυνος μηχανικός πρέπει να μελετήσει προσεκτικά όλες τις πιθανές επιπτώσεις που αυτές οι τροποποιήσεις θα έχουν στο σύνολο της εγκατάστασης.

Πράγματι, η μείωση της ενεργειακής χρήσης σε ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μπορεί τελικά να επιφέρει αύξηση στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της εγκατάστασης.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

2.1.Εισαγωγή

Γενικά, οι αρχιτέκτονες σχεδιάζουν το κέλυφος μιας κατασκευής ώστε να καλύπτει ποικίλες αισθητικές και δομικές ανάγκες. Πριν από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, η ενεργειακή απόδοση των στοιχείων του κελύφους σπάνια θεωρούνταν ως σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό των κτιρίων. Έκτοτε, έχουν αναπτυχθεί αρκετά πρότυπα-κανονισμοί για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τους. Για την ανάλυση των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, είναι αναγκαία η πληροφορία εάν το κτίριο κατασκευάστηκε ή τροποποιήθηκε σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης.



Εάν συμβαίνει αυτό, η επέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου μπορεί να μην είναι οικονομικά αποδοτική, ειδικά για τα πολώροφα εμπορικά κτίρια. Οι βελτιώσεις στο κτιριακό κέλυφος μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικές εάν το κτίριο έχει κατασκευαστεί χωρίς καμία πρόβλεψη ενεργειακής αποδοτικότητας, π.χ. σε κατασκευές χωρίς καθόλου μόνωση στους τοίχους και τις οροφές. Εξάλλου, η μετασκευή του κτιριακού κελύφους θα πρέπει να γίνεται μετά από προσεκτική μελέτη των θερμικών φορτίων του κτιρίου. Πράγματι, στα χαμηλά κτίρια (κατοικίες, μικρά εμπορικά κτίρια ή αποθήκες) κυριαρχούν οι απώλειες λόγω μεταφοράς και τα φορτία διήθησης, ενώ τα εσωτερικά φορτία είναι μικρά. Στις πολώροφες εμπορικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις και στα κτίρια ιδρυμάτων συνήθως κυριαρχούν τα εσωτερικά θερμικά φορτία λόγω του εξοπλισμού, του φωτισμού και των ενοίκων, ενώ τα φορτία λόγω μεταφοράς επηρεάζουν μόνον τους περιμετρικούς χώρους.

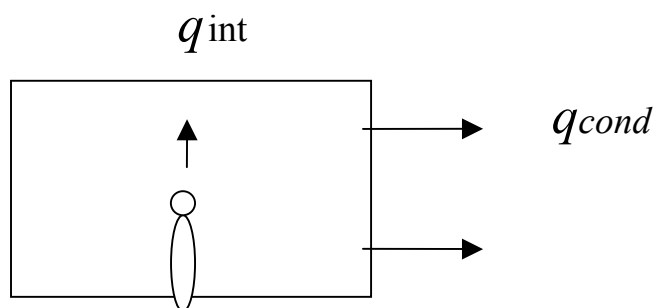
Η ακριβής εκτίμηση του ενεργειακού οφέλους που θα προκύψει από τις επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου γενικά απαιτεί τη χρήση λογισμικού για λεπτομερή ωριαία προσομοίωση, διότι η μεταφορά θερμότητας στα κτίρια είναι πολύπλοκη και εμπλέκει διάφορους μηχανισμούς. Στα επόμενα, αναφέρονται κάποιες απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από επιλεγμένες βελτιώσεις του κτιριακού κελύφους, οι οποίες συνήθως προτείνονται για τη βελτίωση όχι μόνον της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, αλλά και της θερμικής άνεσης των ενοίκων και της δομικής σταθερότητας του κελύφους.

2.2. Απλοποιημένα εργαλεία για την επιθεώρηση του κτιριακού κελύφους

Για να προσδιοριστεί η οικονομική αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε παρέμβασης στο κέλυφος του κτιρίου, πρέπει να προσδιοριστεί η εξοικονόμηση στη χρήση της ενέργειας σ' αυτό. Στη συνέχεια, παρέχεται μια γενική διαδικασία υπολογισμού που βασίζεται στην μέθοδο των βαθμομερών, με συμβουλές για τον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων που απαιτούνται για την εύρεση των ενεργειακών κερδών.

2.2.1. Μέθοδος βαθμομερών

Η μέθοδος των βαθμομερών δίνει μια προσέγγιση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός κτιρίου, που οφείλονται στις απώλειες μεταφοράς θερμότητας μέσω του κελύφους, καθώς και σε οποιοδήποτε ηλιακό και εσωτερικό θερμικό κέρδος. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη χρονικά μη-μεταβαλλόμενη ανάλυση της θερμικής ισορροπίας στα όρια του κτιρίου, στο οποίο συνήθως λαμβάνουν χώρα αρκετές ροές θερμότητας, περιλαμβανομένων της αγωγής, της διήθησης, των ηλιακών και των εσωτερικών κερδών, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1.



$$q_{sol} \longrightarrow q_{inf}$$

Σχήμα 2.1. Απλοποιημένο μοντέλο θερμικού ισοζυγίου κτιρίου

Η καθαρή απώλεια (ή κέρδος) θερμότητας σε οποιαδήποτε στιγμή καθορίζεται από το θερμικό ισοζύγιο (πρώτος θερμοδυναμικός νόμος) του κτιρίου. Για παράδειγμα, για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου, το στιγμιαίο θερμικό ισοζύγιο δίνει:

$$q_H = BLC \cdot (T_i - T_o) - q_H \quad (2.1)$$

όπου T_i και T_o είναι η θερμοκρασία του χώρου και του περιβάλλοντος αντίστοιχα, και q_H τα καθαρά θερμικά κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας (g_{so}), των εσωτερικών κερδών (άνθρωποι, φώτα και εξοπλισμός) (q_{int}) και, σε μερικές περιπτώσεις, λόγω των απωλειών του εδάφους (q_{grd}), εάν αυτές είναι σημαντικές: $q_H = q_{sol} + q_{int} - q_{grd}$. Τέλος, BLC είναι ο συντελεστής φορτίου του κτιρίου, τροποποιημένος ώστε να περιλαμβάνει την επίδραση των απωλειών λόγω μεταφοράς και διήθησης. Για οποιοδήποτε κτίριο, αυτός μπορεί να υπολογιστεί ως ακολούθως:

$$BLC = \sum_{j=1}^{NE} U_{t,j} \cdot A_j + \text{min } f \cdot C_{p,a} \quad (2.2)$$

Η εξίσωση (2.1) μπορεί να ανασυνταχθεί ώστε να εισαχθεί η θερμοκρασία ισοζυγίου του κτιρίου (T_b):

$$q_H = BLC \cdot \left[\left(T_i - \frac{q_H}{BLC} \right) - T_o \right] = BLC \cdot (T_b - T_o) \quad (2.3)$$

Συνεπώς, η θερμοκρασία ισοζυγίου ρυθμίζει την προκαθορισμένη εσωτερική θερμοκρασία (T) με την αύξηση της θερμοκρασίας που προκύπτει λόγω της

μείωσης του θερμικού φορτίου του κτιρίου, η οποία προέρχεται από τα εσωτερικά φορτία. Πριν την πετρελαϊκή κρίση, οι απώλειες μεταφοράς και διήθησης ήταν σημαντικές (σχετικά υψηλές τιμές του BLC σε σχέση με τα εσωτερικά κέρδη). Υπολογίζεται ότι τα καθαρά εσωτερικά φορτία συμβάλλουν κατά 3°C στα περισσότερα κτίρια. Έτσι, η θερμοκρασία ισοζυγίου υποτίθεται ότι είναι 18°C για όλα τα κτίρια.

Ολοκληρώνοντας τα στιγμιαία θερμικά φορτία κατά την περίοδο θέρμανσης (μόνο οι θετικές τιμές του q_H χρησιμοποιούνται), μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό θερμικό φορτίο του κτιρίου. Στην πράξη, η ολοκλήρωση προσεγγίζεται με την άθροιση των μέσων τιμών για μικρά χρονικά διαστήματα (μία ώρα ή ημέρα). Χρησιμοποιώντας τις ημερήσιες μέσες τιμές, το θερμικό φορτίο υπολογίζεται ως:

$$Q_H = 24 \cdot \sum_{i=1}^{N_H} q_H^+ = 24 \cdot BLC \cdot \sum_{i=1}^{N_H} (T_b - T_{o,i}) \quad (2.4)$$

Η άθροιση γίνεται μέχρι τον αριθμό N_H , δηλαδή σε όλη την περίοδο θέρμανσης.

Από την εξίσωση (2.4), ορίζονται οι "βαθμοημέρες θέρμανσης" (DD_H) ως συνάρτηση μόνον της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας ισοζυγίου, ως εξής:

$$DD_H(T_b) = \sum_{i=1}^{N_H} (T_b - T_{o,i})^+ \quad (2.5)$$

Η συνολική χρήση ενέργειας (E_H) για την κάλυψη του θερμικού φορτίου του κτιρίου μπορεί να υπολογιστεί θεωρώντας σταθερή την αποδοτικότητα του εξοπλισμού θέρμανσης κατά π περιόδους θέρμανσης (αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν για τους λέβητες ή τους φούρνους τους την ετήσια απόδοση χρήσης καυσίμου) ως:

$$E_H = \frac{Q_H}{\eta_H} = \frac{24 \cdot BLC \cdot DD_H(T_b)}{\eta_H} \quad (2.6)$$

Η μέθοδος των βαθμοημερών, που εκφράζεται από την εξίσωση (2.6), μπορεί να εφαρμοστεί επίσης για τον καθορισμό του ψυκτικού φορτίου με τον καθορισμό

των βαθμοημερών της περιόδου δροσισμού (DD_C), χρησιμοποιώντας μια εξίσωση παρόμοια με την εξίσωση (2.5):

$$DD_C(T_b) = \sum_{i=1}^{N_c} (T_{o,i} - T_b)^+ \quad (2.7)$$

όπου N_c είναι ο αριθμός των ημερών της περιόδου δροσισμού.

Με τη μέθοδο των βαθμοημερών μπορεί να υπολογισθεί με αρκετή ακρίβεια η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ιδιαίτερα στα κτίρια των οποίων οι απώλειες οφείλονται κυρίως στο κέλυφος, περιλαμβανομένων της διήθησης και του αερισμού. Δυστυχώς, η μέθοδος αυτή δεν είναι τόσο ακριβής για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων εξαιτίας διάφορων παραγόντων, όπως είναι η επίδραση της θερμικής μάζας του κτιρίου, που επιβραδύνει τη δράση των εσωτερικών κερδών, οι ήπιες εξωτερικές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, που έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλα σφάλματα στην εκτίμηση των βαθμοημερών ψύξης, και οι υψηλές μεταβολές στη διήθηση και τον αερισμό, όταν οι ένοικοι ανοίγουν τα παράθυρα ή εφαρμόζονται κύκλοι εξοικονομητή.

2.2.2. Υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας

Όταν εφαρμόζεται ένα μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας για τη βελτίωση της απόδοσης του κτιριακού κελύφους (π.χ. προσθήκη θερμικής μόνωσης στην οροφή ή μείωση της επιφάνειας των οπών του κελύφους του κτιρίου), ο BLC του κτιρίου μειώνεται. Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει αλλαγή στην προκαθορισμένη εσωτερική θερμοκρασία και στα εσωτερικά κέρδη του κτιρίου, λόγω της επέμβασης στο κέλυφος μειώνεται αντίστοιχα η θερμοκρασία ισοζυγίου, όπως προκύπτει από τον ορισμό της [εξίσωση (2.3)]. Έτσι, η επέμβαση στο κέλυφος μειώνει το θερμικό φορτίο, συνεπώς και την κατανάλωση ενέργειας, αφού και ο BLC και οι $DD_H(T_b)$ μειώνονται.

Η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας λόγω της επέμβασης υπολογίζεται γενικά ως εξής:

$$\Delta E_{H,R} = E_{H,E} - E_{H,R} = \frac{24 \cdot (BLC_E \cdot DD_H(T_{b,E}) - BLC_R \cdot DD_H(T_{b,R}))}{n_H} \quad (2.8)$$

Η απόδοση του συστήματος θέρμανσης θεωρείται ότι παραμένει η ίδια πριν (δείκτης E) και μετά (δείκτης R) την επέμβαση, εκτός εάν αντικατασταθεί ή τροποποιηθεί το σύστημα θέρμανσης. Σε πολλές εφαρμογές, η μεταβολή στη θερμοκρασία ισοζυγίου που προκαλείται από την επέμβαση είναι αρκετά μικρή. Τότε, οι βαθμοημέρες (DD_H) μπορούν να θεωρηθούν σταθερές πριν και μετά τη μετατροπή και η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί ευκολότερα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta E_{H,R} = \frac{24 \cdot (BLC_E - BLC_R) \cdot DD_H(T_{b,E})}{N_H} \quad (2.9)$$

Σημειώνεται ότι, όταν τροποποιείται μόνο ένα στοιχείο του κελύφους του κτιρίου (π.χ. η οροφή), η διαφορά ($BLC_E - BLC_R$) είναι ισοδύναμη με τη διαφορά των τιμών UA του στοιχείου πριν και μετά την επέμβαση (δηλ. $UA_{roof,E} - UA_{roof,R}$). Έτσι, για να εφαρμόσει την εξ. (2.8) ή (2.9) ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να γνωρίζει τις βαθμοημέρες θέρμανσης και το υφιστάμενο ολικό θερμικό φορτίο του κτιρίου. Στα επόμενα παρέχονται μερικές συμβουλές για τον τρόπο υπολογισμού αυτών των παραμέτρων.

2.2.3. Εκτίμηση του συντελεστή BLC του κτιρίου

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την εκτίμηση του BLC , οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια. Ανάλογα με τα διαθέσιμα στοιχεία, ο επιθεωρητής μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη μέθοδο:

1. Άμεσος υπολογισμός: Ο επιθεωρητής θα πρέπει να έχει όλα τα στοιχεία (από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ή από άμεση επόπτευση του χώρου) που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των τιμών R και U όλων των στοιχείων του κτιριακού κελύφους και των αντίστοιχων επιφανειών.

Υπάρχουν αρκετές αναφορές (ASHRAE 1997, CSTB Refs) στις οποίες παρέχονται οι τιμές R για διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται συνήθως στα κτίρια.

Επιπλέον, ο επιθεωρητής θα πρέπει να υπολογίσει τα επίπεδα διήθησης/αερισμού, είτε με χρήση πρακτικών κανόνων είτε με απευθείας μετρήσεις. Με αυτά τα δεδομένα, ο συντελεστής BLC μπορεί να υπολογιστεί μέσω της εξίσωσης (2.2).

2. Έμμεση εκτίμηση: Σ' αυτή τη μέθοδο, ο επιθεωρητής μπορεί να βασισθεί στην κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης (για το σκοπό αυτό αρκούν τα μηνιαία στοιχεία) και στη συσχέτιση της με την εξωτερική θερμοκρασία για να λάβει μια προσέγγιση του *BLC*. Αυτή η μέθοδος είναι παρόμοια με τη μέθοδο PRISM (Fels, 1986). Σημειώνεται ότι, η εξωτερική θερμοκρασία πρέπει να είναι ο μέσος όρος της περιόδου για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία της εγκατάστασης.

2.2.4. Υπολογισμός των βαθμομερών

Στοιχεία για τις βαθμομέρες θέρμανσης μπορούν να βρεθούν από διάφορες πηγές, ιδιαίτερα οι βαθμομέρες για τη θερμοκρασία ισοζυγίου των 18°C. Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει τις τιμές DD_H (18°C) ενός έτους για 14 αντιπροσωπευτικές τοποθεσίες σε διάφορες κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα και τη Γαλλία.

Πίνακας 2.1. Βαθμομέρες θέρμανσης επιλεγμένων πόλεων στην Ελλάδα και τη Γαλλία

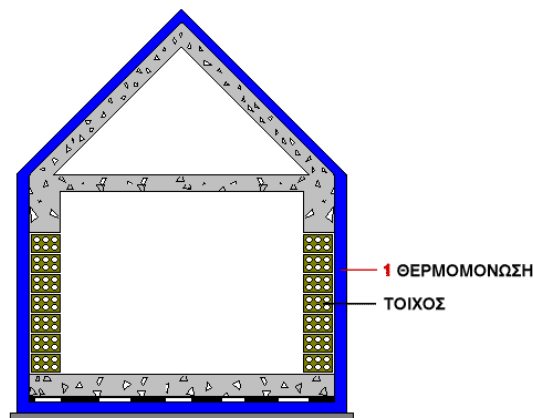
Τοποθεσία (Ελλάδα)	DDH(18°C) ενός έτους	Τοποθεσία (Γαλλία)	DDH(18°C) ενός έτους
Αθήνα	1100	Embrun	3087
Ηράκλειο	782	Bourg-St Maurice	3426
Θεσσαλονίκη	1725	Besangon	2995
Ιεράπετρα	674	St Quentin	3085
Ιωάννινα	2065	Le Bourget (Paris)	2758
Καλαμάτα	983	Lyon	2656
Κέρκυρα	1185	Marignane (Marseille)	1760
Κομοτηνή	1926	Bordeaux	2205
Λάρισα	1855	Toulouse	2205
Μήλος	1142	Toulon	1376
Σκύρος	1157	La Rochelle	2179
Μυτιλήνη	1297	Nantes	2413
Πάτρα	1124	Deauville	2961
Χίος	1150	Ouessant	2314

2.3. Επιλεγμένες επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

Γενικά, τα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους είναι δαπανηρά, αφού απαιτούν επεμβάσεις έντασης εργασίας (π.χ. η προσθήκη θερμικής μόνωσης ή η αντικατάσταση παραθύρων). Έτσι, οι περίοδοι αποπληρωμής των περισσότερων επεμβάσεων στα κτιριακά κελύφη είναι μάλλον μεγάλης διάρκειας, που και πάλι μπορούν να αιτιολογηθούν για λόγους πέραν των ενεργειακών, όπως είναι η βελτίωση της θερμικής άνεσης ή η μείωση της συμπύκνωσης των υδρατμών για την αποφυγή δομικών αστοχιών. Πάντως, υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος μπορούν να αιτιολογηθούν με βάση μόνο τη βελτίωση στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Κάποιες από αυτές περιγράφονται στη συνέχεια, μαζί με παραδείγματα για την απεικόνιση του τρόπου υπολογισμού των ενεργειακών οφελών και της περιόδου αποπληρωμής τους.

2.3.1. Μόνωση των ελλιπώς μονωμένων στοιχείων του κτιριακού κελύφους

Όταν ένα στοιχείο του κτιριακού κελύφους δεν είναι μονωμένο ή δεν επαρκεί η μόνωση του, μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική η προσθήκη μόνωσης με στόχο τη μείωση των απωλειών λόγω μετάδοσης.



Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί από αρχής της κατασκευής η χρήση της κατοικίας (μόνιμης ή διακοπών), έτσι ώστε να γίνει σωστή επιλογή των σημείων τοποθέτησης της θερμομονωτικής στρώσης.

Αναλυτικότερα, στην περίπτωση κατοικίας για μόνιμη διαμονή, η θερμομονωτική στρώση πρέπει να βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά όλης της κατασκευής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών. Αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση

ενέργειας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα για την κάθε περίπτωση:

ΘΕΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ			
	Ιδιότητες τοίχου	Εσωτερική παρειά	Εξωτερική παρειά
1.	Συμπαγής εξωτερικός τοίχος	Κακή θερμομόνωση: Χαμηλές θερμοκρασίες κατά τον χειμώνα και υψηλές το καλοκαίρι	Καλή θερμομόνωση: κανονικές θερμοκρασίες χειμώνα καλοκαίρι.
2.	Αναχαίτιση υδρατμών	Απαραίτητο όταν τα μονωτικά υλικά είναι πορώδη. Για συμπαγή υλικά μπορεί να παραλειφθεί.	Δεν απαιτείται
3.	Θερμοχωρητικότητα	Μικρή. Ο χώρος θερμαίνεται γρήγορα και ψύχεται πάλι γρήγορα.	Μεγάλη. Ο χώρος θερμαίνεται αργά και ψύχεται πάλι αργά.

Αν και ο υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από μια τέτοια επέμβαση απαιτεί λεπτομερή προσομοίωση ώστε να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις της θερμικής μάζας του κτιρίου ή/και του συστήματος κλιματισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξ. (2.8) ή (2.9) για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας κατά την περίοδο θέρμανσης. Εάν το κτίριο θερμαίνεται και ψύχεται ταυτόχρονα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της προσθήκης μόνωσης στο κτιριακό κέλυφος υπολογίζεται αθροίζοντας τα ενεργειακά κέρδη λόγω της μείωσης στη θέρμανση και αυτά λόγω της μείωσης στην ψύξη.

Παράδειγμα 2.1: Ένα μηχανουργείο έχει στέγη 500m^2 με μεταλλικό σκελετό χωρίς μόνωση. Να προσδιοριστεί η περίοδος αποπληρωμής για την προσθήκη μόνωσης ($R=2,0^\circ\text{Cm}^2/\text{W}$). Το κτίριο είναι ηλεκτρικά θερμαινόμενο και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι $\$0,07/\text{kWh}$. Το μηχανουργείο βρίσκεται στο Παρίσι (Le Bourget) και λειτουργεί 24 ώρες/ημέρα, 7 ημέρες/εβδομάδα, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Θεωρείται ότι το κόστος εγκατάστασης της μόνωσης είναι $\$15/\text{m}^2$.

Αύση: Με βάση το εγχειρίδιο της ASHRAE, η τιμή του U για την οροφή με μεταλλικό σκελετό είναι περίπου $1,44 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$. Για να προσδιοριστεί η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της προσθήκης μόνωσης, γίνεται η υπόθεση ότι οι ετήσιες βαθμομέρες πριν και μετά την επέμβαση παραμένουν οι ίδιες και συμπίπτουν με αυτές των 18°C . Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2.9), με τη βελτιωμένη τιμή U της οροφής ίση με $0,37 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$ και την απόδοση του συστήματος θέρμανσης ίση με τη μονάδα (ηλεκτρικό σύστημα), η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται ότι είναι:

$\Delta E = 24 \cdot 500\text{m}^2 \cdot [(1,44 - 0,37) \text{ W}/\text{m}^2 \text{C}] \cdot 2758^\circ\text{C}\cdot\text{ημέρα}/\text{έτος} = 35.413 \text{ kWh}/\text{έτος}$ Έτσι, η περίοδος αποπληρωμής για την προσθήκη μόνωσης στην οροφή θα είναι:

$$\text{Αποπληρωμη} = \frac{500\text{m}^2 \cdot 15\$/\text{m}^2}{35.413\text{kwh}} = 3,0\text{ετη}$$

Επομένως, η προσθήκη μόνωσης στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι είναι οικονομικά αποδοτική και απαιτείται περαιτέρω ανάλυση για να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η οικονομική αποτελεσματικότητα αυτού του μέτρου.

2.3.2. Βελτιώσεις στα παράθυρα

Οι βελτιώσεις στα παράθυρα, όπως είναι η τοποθέτηση υαλοπινάκων υψηλής απόδοσης, ταινιών και επιστρώσεων στα παράθυρα ή τα παράθυρα θυέλλης, μπορεί να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Οι βελτιώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν τόσο τη μεταφορά θερμότητας όσο και τα ηλιακά κέρδη. Εξάλλου, τα ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα δημιουργούν πιο άνετο περιβάλλον, με ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασιών και καλή ποιότητα φωτισμού.

Βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση μπορεί να γίνουν σε όλες τις συνιστώσες από τις οποίες αποτελείται ένα παράθυρο και περιλαμβάνουν:

- ◆ τη μόνωση των διακένων μεταξύ των υαλοπινάκων για τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας με αγωγή,
- ◆ την εγκατάσταση πολλαπλής επίστρωσης ή ταινιών για τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας μέσω ακτινοβολίας,
- ◆ την εισαγωγή αερίου αργού ή κρυπτού στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων, που μπορεί να μειώσει την μεταφορά θερμότητας μέσω συναγωγής,
- ◆ την προσθήκη εξωτερικών σκιάστρων, που μπορεί να μειώσει τη μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κατειλημμένους χώρους.

Για τον ακριβή προσδιορισμό της ετήσιας ενεργειακής απόδοσης των επεμβάσεων στα παράθυρα, γενικά απαιτείται η χρήση δυναμικών ωριαίων μοντέλων, διότι τα παράθυρα επηρεάζουν τα θερμικά φορτία του κτιρίου μέσω αρκετών μηχανισμών. Πάντως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού που βασίζεται στην εξίσωση (2.8) για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης σε θερμική και ψυκτική ενέργεια, προκειμένου να γίνει μία αρχική εκτίμηση της οικονομικής αποδοτικότητας των επεμβάσεων στα παράθυρα.

Παράδειγμα 2.2: Εξετάζεται η περίπτωση αναβάθμισης των παραθύρων ενός κτιρίου κατοικιών από διπλούς υαλοπίνακες με μεταλλικό πλαίσιο ($U_E=4,61 \text{ W/m}^2\text{°C}$) σε διπλούς υαλοπίνακες με ξύλινο πλαίσιο και με επικάλυψη τύπου "low-e" ($U_R=2,02 \text{ W/m}^2\text{°C}$). Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι 200 m^2 . Το κτίριο βρίσκεται στη Νάντ (Γαλλία) και κλιματίζεται 24 ώρες/ημέρα, 7 ημέρες/εβδομάδα, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Η θέρμανση γίνεται με επιδαπέδιους ηλεκτρικούς θερμαντήρες και η ψύξη με κλιματιστικά παραθύρων.

Λύση: Για την εκτίμηση του ενεργειακού οφέλους από τις ανωτέρω βελτιώσεις, θα γίνει η υπόθεση ότι οι ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης πριν και μετά την επέμβαση παραμένουν αμετάβλητες (αυτή η υπόθεση δικαιολογείται από το γεγονός ότι η συνεισφορά των παραθύρων στο BLC είναι σχετικά μικρή) και είναι αντίστοιχα $DD_H= 2244\text{°C}$ ημέρα/έτος και $DD_c= 255\text{°C}$ ημέρα/έτος. Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την περίοδο θέρμανσης υπολογίζεται ότι είναι:

$$\Delta E = 24 \cdot 200 \text{ m}^2 * [(4,61 - 2,02) \text{ W/m}^2\text{°C}] * 2244\text{°C} \text{ ημερα/ετος} = 27.897 \text{ kwh/ετος}$$

Εάν ο λόγος ενεργειακής απόδοσης (EER) για το σύστημα κλιματισμού είναι 8,0, η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την περίοδο δροσισμού υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\Delta E = 24 \cdot 200 \text{ m}^2 * [(4,61 - 2,02) \text{ W/m}^2] * 255\text{°C} \text{ ημερα/ετος} / 8,0 = 396 \text{ kwh/ετος}$$

Επομένως, το συνολικό ενεργειακό όφελος από την αναβάθμιση των παραθύρων είναι 28.293 kWh, που αντιστοιχεί σε περίπου \$2.829 ανά έτος εάν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι \$0,10/kWh. Το κόστος αντικατάστασης ολόκληρου του παραθύρου είναι αρκετά υψηλό (στο συγκεκριμένο έργο θεωρείται ότι είναι \$150/m²). Η συνολική περίοδος αποπληρωμής της επέμβασης υπολογίζεται τότε ότι είναι:

$$\text{Αποπληρωμη} = \frac{200 \text{ m}^2 \cdot 150\$/\text{m}^2}{28.293 \text{ kwh/ετος} * 0,10\$/\text{kwh}} = 10,4 \text{ ετη}$$

Έτσι, η τροποποίηση των παραθύρων δεν είναι οικονομικά αποδοτική, βάσει μόνο της θερμικής απόδοσης. Πάντως, η εν λόγω επένδυση μπορεί να αιτιολογηθεί από άλλους παράγοντες, όπως είναι η βελτίωση του επιπέδου άνεσης μέσα στο χώρο.

2.3.3. Ελάττωση της διήθησης του αέρα

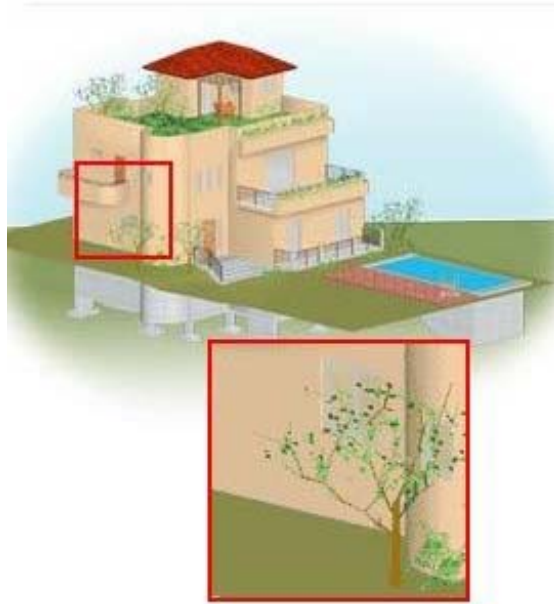
Σε αρκετά μικρά κτίρια, τα θερμικά φορτία λόγω της διήθησης του αέρα μπορεί να είναι σημαντικά. Υπολογίζεται ότι σε καλά μονωμένα κτίρια κατοικιών, η διήθηση μπορεί να συνεισφέρει έως και 40% στο συνολικό φορτίο του κτιρίου. Σύμφωνα με τους Tuluca et al. (1997), από μετρήσεις σε οκτώ κτίρια γραφείων στις ΗΠΑ βρέθηκε ότι ο μέσος ρυθμός διαφυγής του αέρα είναι από 0,1 έως 0,5 αλλαγές αέρα ανά ώρα (ACH), που αντιστοιχεί στο 10 έως 25% του μέγιστου θερμικού φορτίου.

Ενώ υπάρχουν αρκετές μελέτες για την εκτίμηση της κατανομής των διαφυγών στις κατοικίες, λίγες εργασίες είναι διαθέσιμες για τα εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Πάντως, κάποια δεδομένα υποδεικνύουν ότι τα επίπεδα στεγανότητας στα κελύφη των εμπορικών κτιρίων είναι παρόμοια με αυτά των συνήθων κατοικιών. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι οι χαραμάδες των τοίχων (πλαίσια παραθύρων, έξοδοι καλωδιώσεων, υδραυλικές οπές) αποτελούν τις κύριες πηγές διαφυγής του αέρα, τόσο στα εμπορικά κτίρια όσο και στις κατοικίες. Άλλες διέξοδοι διαφυγής του αέρα που εντοπίζονται σε μεγάλα κτίρια είναι διάμεσο των εσωτερικών χωρισμάτων (π.χ. ανεγκυστήρες και φωταγωγοί) και των εξωτερικών θυρών (ειδικά στα εμπορικά καταστήματα).

Για να βελτιωθεί η στεγανότητα ως προς τον αέρα του κτιριακού κελύφους υπάρχουν αρκετές μέθοδοι και τεχνικές, που περιλαμβάνουν:

1. Τη στεγανοποίηση: Διάφοροι τύπων στεγανοποιητικών υλικών (ουρεθάνη, λατέξ, πολυβινύλιο, κ.λπ.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σφράγιση διαφόρων χαραμάδων, π.χ. γύρω από τα πλαίσια των παραθύρων και των θυρών, και κάθε διάβασης μέσω των τοίχων, όπως είναι οι οπές των σωληνώσεων του νερού.
2. Το φράξιμο των χαραμάδων: Με την εφαρμογή συγκολλητικού ελαστικού αφρού μπορούν να σφραγιστούν τα παράθυρα και οι πόρτες.

3. Τη διαμόρφωση του τοπίου: Αυτό είναι ένα μάλλον μακροπρόθεσμο έργο που συνίσταται στη φύτευση θάμνων και/ή δένδρων γύρω από το κτίριο για την ελάττωση των επιδράσεων του ανέμου και της διήθησης του αέρα:



4. Τους ανεμοθραύστες: Αυτοί αποτελούνται από ένα ή περισσότερα αδιαπέρατα από τον αέρα στοιχεία που εγκαθίστανται στο εξωτερικό του κτιρίου ώστε να σχηματιστεί ένα συνεχές στρώμα γύρω από τους τοίχους του κτιρίου. Υπάρχουν αρκετοί τύποι ανεμοθραυστών, όπως είναι η υγρή ασφαλτος το υγρό καουτσούκ, η ασφαλτόστρωση και τα φύλλα πλαστικού. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιούνται μεμβράνες για την παρεμπόδιση της κίνησης των υδρατμών μέσω του κελύφους του κτιρίου, που έτσι λειτουργούν και ως επιβραδυντές.

Συνήθως είναι δαπανηρή η εγκατάσταση των συστημάτων αυτών σε υφιστάμενα κτίρια, εκτός εάν αποτελούν τμήμα της συνολικής επέμβασης στο κέλυφος του κτιρίου.

Για να καθοριστεί η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της μείωσης της διήθησης του αέρα χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις (2.8) ή (2.9). Όποτε είναι διαθέσιμες οι ειδικά καθορισμένες για τα φορτία διήθησης βαθμομέρες $IDD_H(T_b)$, χρησιμοποιούνται αυτές αντί των συμβατικών βαθμομερών $IDD_H(T_b)$. Οι βαθμομέρες θέρμανσης διήθησης για τη θερμοκρασία ισοζυγίου T_b ορίζονται ως ακολούθως:

$$IDD_H(T_b) = \sum_{i=1}^{N_H} \frac{\dot{V}}{\dot{V}_{ref}} (T_b - T_{o,i})^+ \quad (2.10)$$

που το πηλίκο \dot{V}/\dot{V}_{ref} υπολογίζεται ως:

$$\dot{V}/\dot{V}_{ref} = \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta P} \cdot (f_s \cdot \Delta T + f_w \cdot v_w^2)^{1/2}} \quad (2.11)$$

ΔT είναι η διαφορά εσωτερικής-εξωτερικής θερμοκρασίας, v_w είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου για την υπό εξέταση περίοδο, ενώ f_s και f_w είναι οι συντελεστές απωλειών της καπνοδόχου και του ανέμου, αντίστοιχα.

Η υπόριζος ποσότητα στην εξ. (2.11) παρέχει μια εκτίμηση της ενεργούς επιφάνειας διαφυγής του αέρα, ενώ με V_{ref} συμβολίζεται η παροχή αναφοράς του αέρα μέσω του κτιρίου για διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής πίεσης ίσης με 4 Pa. Πάντως, οι συμβατικές βαθμομέρες (στις οποίες βασικά αγνοείται η κλιματική επίδραση στο ρυθμό διήθησης) δίνουν μια γενικά καλή προσέγγιση της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από τη μείωση της διήθησης του αέρα.

Παράδειγμα 2.3: Εξετάζεται ένα βιομηχανικό κατάστημα με συνολικό θερμαινόμενο όγκο 1000 m^3 . Η μέτρηση των τιμών του αέρα διαφυγής για το κατάστημα έδειξε ένα ρυθμό διήθησης της τάξης των $1,5 \text{ ACH}$. Να προσδιοριστεί η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προέλθει από τη στεγανοποίηση και άλλες βελτιωτικές εργασίες στο εξωτερικό του κελύφους, με στόχο τη μείωση της διήθησης του αέρα στο ήμισυ. Το κατάστημα βρίσκεται στη Λυών και θερμαίνεται με λέβητα αερίου απόδοσης 80% .

Λύση: Για τον καθορισμό των ενεργειακών κερδών, γίνεται η υπόθεση ότι οι ετήσιες βαθμοήμερες θέρμανσης παραμένουν οι ίδιες πριν και μετά την επέμβαση και είναι περίπου

αυτές των 18°C . Η υφιστάμενη διήθηση του αέρα έχει ισοδύναμη τιμή: $UA_{\text{inf}} = m \cdot c_{\text{pa}} = 500$

$\text{W}/^\circ\text{C}$. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2.9), με τη νέα τιμή UA να είναι $250 \text{ W}/^\circ\text{C}$ και την απόδοση του συστήματος θέρμανσης 80% (λέβητας αερίου), η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται ότι είναι:

$$\Delta E = \frac{24}{0,80} \cdot [(500 - 250) \text{ W}/^\circ\text{C}] \cdot 2656^\circ\text{C} \cdot \text{ημερα} / \text{ετος} = 19.920 \text{ kWh} / \text{ετος}$$

Το κόστος της στεγανοποίησης και των άλλων εργασιών υπολογίζεται σε περίπου $\$1.500$ (μόνο το κόστος των υλικών). Για μια τιμή του αερίου καυσίμου της τάξης των $\$0,05/\text{kWh}$, η περίοδος αποπληρωμής για τη μείωση της διήθησης υπολογίζεται ως:

$$\text{Αποπληρωμη} = \frac{\$1500}{19.920 \text{ kWh} / \text{ετος} \cdot 0,05 \$ / \text{kwh}} = 1,5 \text{ ετη}$$

Επομένως, η στεγανοποίηση και η τοποθέτηση ταινιών μπορεί να δικαιολογηθεί αποκλειστικά και μόνο με βάση την επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Στα περισσότερα κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τα ηλεκτρικά συστήματα καταναλώνουν σημαντικό ποσοστό της συνολικά χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Οι κινητήρες, ο φωτισμός και τα κλιματιστικά αποτελούν τους πιο σημαντικούς καταναλωτές ενέργειας. Στα εμπορικά κτίρια, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον εξοπλισμό γραφείου, π.χ. από Η/Υ και εκτυπωτές, έχει γίνει σημαντική την τελευταία δεκαετία. Στον πίνακα 3.1 παρέχεται η κατανάλωση ηλεκτρισμού σε τρεις τομείς (οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό) για τις ΗΠΑ, τη Γαλλία και την Ελλάδα.

Πίνακας 3.1. Ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τη συνολική κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια των ΗΠΑ¹, της Γαλλίας² και της Ελλάδας³

ΤΟΜΕΑΣ	Η.Π.Α.	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ
Κτίρια κατοικιών	61 %	52%	26%
Εμπορικά κτίρια	52%	68%	79%
Βιομηχανικές εγκαταστάσεις	12%	52%	25%

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζονται μέθοδοι μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα συστήματα. Επίσης, όποτε απαιτείται, παρέχονται εν συντομία τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ηλεκτρικού συστήματος, για να δοθεί έμφαση στα σημαντικότερα σημεία που πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ένας ενεργειακός επιθεωρητής όταν επιθεωρεί ένα ηλεκτρικό σύστημα.

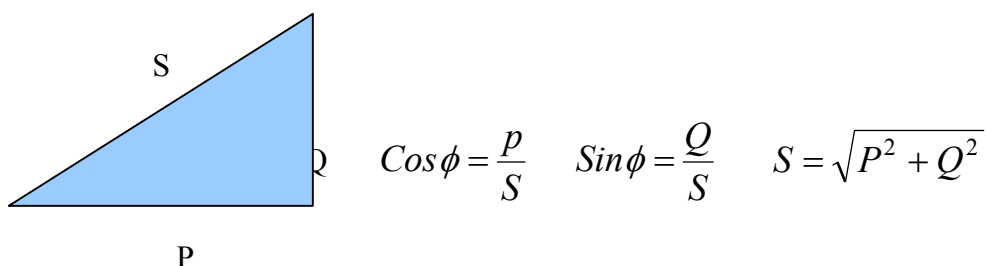
3.1.1 Η ηλεκτρική Ισχύς και ο συντελεστής Ισχύος (cosφ)

Σε ένα κύκλωμα Ε Ρ η ισχύς που παρέχεται από την πηγή καταναλίσκεται αφενός μεν στις ωμικές αντιστάσεις για κατανάλωση ενέργειας και αφετέρου στα πηνία και στους πυκνωτές για αποταμίευση ενέργειας . Σε κάθε χρονική στιγμή παρέχεται στο κύκλωμα ισχύς από την πηγή αλλά και επιστρέφει ισχύς από τα πηνία και τους πυκνωτές στην πηγή.

Σε κάθε κατανάλωση έχουμε τα παρακάτω είδη ισχύος .

- Την πραγματική ή ενεργό ισχύ Ρ που μετριέται σε Watt (W)
- Την άεργο ισχύ Q που μετριέται σε (Var)
- Την φαινόμενη ισχύ S που μετριέται σε (VA)

Η πραγματική, η άεργος και η φαινόμενη ισχύς συνδέονται μεταξύ τους με τις σχέσεις: :



Σχήμα 3.1.1

Ο συντελεστής ισχύος cosφ είναι το συνημίτονο της γωνίας φ που σχηματίζεται μεταξύ της τάσεως η οποία εφαρμόζεται στα άκρα του καταναλωτή και της εντάσεως του ρεύματος που διέρχεται από αυτόν.

Οι τιμές που μπορεί να πάρει ο συντελεστής ισχύος είναι:

- Η μονάδα για καθαρά ωμικά φορτία.
- Μηδέν για καθαρά επαγωγικά ή χωρητικά φορτία.

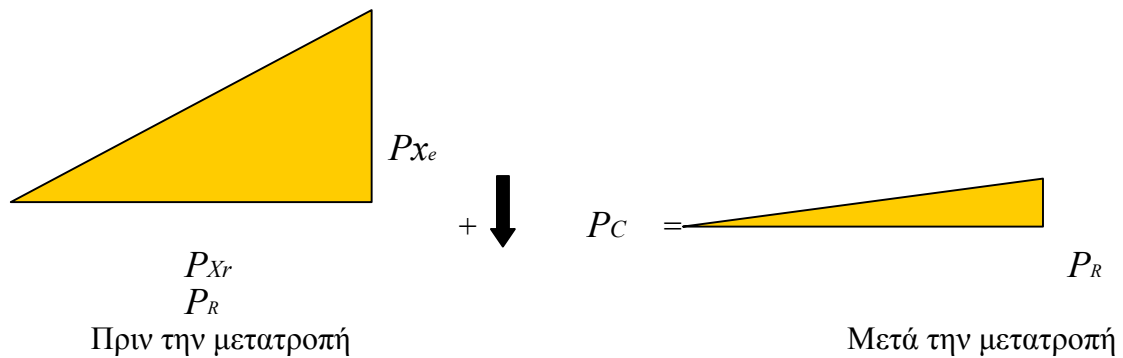
Σε σύνθετους καταναλωτές :

- Η τιμή που μπορεί να πάρει είναι ενδιάμεση και εμφανίζει ανάλογα με το είδος του φορτίου επαγωγική ή χωρητική συμπεριφορά.

3.2. Βελτίωση του συντελεστή ισχύος

Η άεργος ισχύς πρέπει να παρέχεται από την ηλεκτρική εταιρεία, ακόμη και όταν δεν καταγράφεται από το βατόμετρο (όπως γίνεται με την πραγματικά χρησιμοποιούμενη ισχύ). Το μέγεθος της άεργης ισχύος αυξάνεται καθώς ο συντελεστής ισχύος μειώνεται. Για να εξαιρεθεί η απώλεια ενέργειας λόγω της άεργης ισχύος, οι περισσότερες εταιρείες παροχής ενέργειας έχουν καθιερώσει τιμολόγια που επιβάλλουν πρόστιμα στους χρήστες με χαμηλό συντελεστή ισχύος.

Επομένως, μπορεί να επέλθει σημαντική μείωση στο κόστος της παρεχόμενης ενέργειας με τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη μιας συστοιχίας πυκνωτών σε ολόκληρο το ηλεκτρικό σύστημα (σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1. Επίδραση των πυκνωτών στο τρίγωνο ισχύος ενός ηλεκτρικού συστήματος

Το μέγεθος αυτών των πυκνωτών (P_C) συνήθως μετράται σε KVAR (κοινή μονάδα με την άεργο ισχύ) και μπορεί να ορισθεί, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1, με τη βοήθεια του τριγώνου ισχύος:

$$P_C = P_{Xe} - P_{Xr} = P_R(\tan \phi_e - \tan \phi_r) = P_R[\tan \phi(\cos^{-1} pf_e) - \tan(\cos^{-1} pf_r)]$$

όπου P_R συμβολίζει την πραγματική ισχύ (σε kW), ενώ P_{Xe} και P_{Xr} είναι η άεργος ισχύς πριν και μετά την μετατροπή, αντίστοιχα. Η τελευταία ισότητα στην εξ. (3.1) προκύπτει με την εισαγωγή του συντελεστή ισχύος (πριν και μετά την μετατροπή).

Οι υπολογισμοί του εξοικονομούμενου κόστους λόγω της βελτίωσης του συντελεστή ισχύος εξαρτώνται από το είδος του τιμολογίου αγοράς της ενέργειας.

Συνήθως απαιτούνται στοιχειώδεις υπολογισμοί για την εκτίμηση της ετήσιας εξοικονόμησης στους λογαριασμούς ηλεκτρικού. Σε όλα τα είδη τιμολογίων, υφίστανται τρεις επιλογές για την επιβολή προστίμου για χαμηλό συντελεστή ισχύος, οι οποίες είναι:

1. Ζήτηση τροποποιούμενης χρέωσης: Σ' αυτήν την περίπτωση, η χρέωση της ζήτησης αυξάνεται ανάλογα με ένα κλάσμα κατά το οποίο ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος από μια συγκεκριμένη τιμή. Το μέγεθος των πυκνωτών πρέπει να επιλέγεται ώστε ο συντελεστής ισχύος του συστήματος να έχει τουλάχιστον αυτή τη συγκεκριμένη τιμή.
2. Χρέωση άεργου ισχύος: Η χρέωση για την άεργο ισχύ περιλαμβάνεται ως μέρος των λογαριασμών ηλεκτρικού. Σ' αυτή την περίπτωση, το μέγεθος των πυκνωτών πρέπει ιδανικά να εξαλείφει την άεργο ισχύ (ώστε ο συντελεστής ισχύος να είναι ίσος με τη μονάδα).
3. Χρέωση συνολικής ισχύος: Αυτό το τιμολόγιο είναι παρόμοιο με το προηγούμενο, αλλά η χρέωση γίνεται για τη συνολική ισχύ του κτιρίου/εγκατάστασης. Πάλι, οι πυκνωτές πρέπει να διαστασιολογούνται έτσι ώστε ο συντελεστής ισχύος να είναι ίσος με τη μονάδα.

3.3. Μετατροπές ηλεκτρικών κινητήρων

3.3.1. Αντικατάσταση με ενεργειακά αποδοτικούς κινητήρες

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ηλεκτρικών κινητήρων σε χρήση στα κτίρια και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις: οι επαγωγικοί κινητήρες και οι σύγχρονοι κινητήρες. Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι οι συνηθέστεροι και αποτελούν το 90% της υπάρχουσας κινητήριας ισχύος. Και οι δύο αυτοί τύποι έχουν ένα ακίνητο στάτορα και ένα περιστρεφόμενο ρότορα για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Μια βασική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων είναι ο τρόπος παραγωγής του μαγνητικού πεδίου του ρότορα. Στον επαγωγικό κινητήρα, το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτορα επάγει ένα ρεύμα, συνεπώς και ένα μαγνητικό πεδίο, στην περιέλιξη του ρότορα, που συνήθως είναι τύπου κλωβού

Επειδή το μαγνητικό πεδίο επάγεται, ο ρότορας δεν μπορεί να περιστραφεί όπως το πεδίο του στάτορα (εάν γινόταν αυτό δεν θα μπορούσε να επάγεται ρεύμα στο ρότορα, διότι τότε το μαγνητικό πεδίο του στάτορα παραμένει αμετάβλητο σε

σχέση με το ρότορα). Η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας του ρότορα και της περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτορα ονομάζεται ολίσθηση. Στο σύγχρονο κινητήρα, το πεδίο του ρότορα παράγεται με την εφαρμογή συνεχούς ρεύματος στην περιέλιξη του ρότορα. Επομένως, ο ρότορας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με το μαγνητικό πεδίο του στάτορα και έτσι τα μαγνητικά πεδία του ρότορα και του στάτορα είναι σύγχρονα στην ταχύτητα τους.

Λόγω της κατασκευής του, ο επαγωγικός κινητήρας είναι βασικά ένα επαγωγικό φορτίο και έτσι έχει ένα συντελεστή ισχύος με υστέρηση, ενώ ο σύγχρονος κινητήρας μπορεί να εγκατασταθεί έτσι ώστε να έχει συντελεστή ισχύος με προπορεία (δηλαδή, δρα ως πυκνωτής).

Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι ένας σύγχρονος κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την απόδοση μηχανικής ενέργειας όσο και για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας συστοιχίας επαγωγικών κινητήρων. Αυτή η επιλογή μπορεί να είναι περισσότερο οικονομικά αποδοτική από την προσθήκη μιας συστοιχίας πυκνωτών.

Μία παράμετρος σημαντική για τον χαρακτηρισμό ενός ηλεκτρικού κινητήρα υπό συνθήκες πλήρους φορτίου είναι η απόδοση μετατροπής του κινητήρα (η), δηλαδή ο λόγος της μηχανικής ισχύος προς την πραγματική ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνεται από τον κινητήρα: $\eta_M = P_M / P_R$. Λόγω των διάφορων απωλειών (τριβές, απώλειες πυρήνα λόγω εναλλαγής του μαγνητικού πεδίου και απώλειες αντίστασης της περιέλιξης), η απόδοση του κινητήρα συνήθως κυμαίνεται από 75 έως 95%, ανάλογα με το μέγεθος του. Στον παραπάνω ορισμό, P_M είναι η παραγόμενη μηχανική ισχύς του κινητήρα, εκφραζόμενη σε Κ\Λ/ ή ίππους (Hp), η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο κατά την επιλογή ενός κινητήρα. Με βάση την απόδοση τους, οι κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

συνήθους απόδοσης και υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης κινητήρες. Οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες είναι 2 έως 10 ποσοστιαίες μονάδες περισσότερο αποδοτικοί από τους συνήθους απόδοσης κινητήρες, ανάλογα με το μέγεθος. Στον πίνακα 3.2 συνοψίζονται οι μέσες αποδόσεις των συνήθους και υψηλής απόδοσης κινητήρων που είναι σήμερα διαθέσιμοι στο εμπόριο. Η βελτιωμένη απόδοση των κινητήρων

υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης οφείλεται στον καλύτερο σχεδιασμό τους με χρήση καλύτερων υλικών για τη μείωση των απωλειών, η οποία πάντως συνοδεύεται από υψηλότερη τιμή (10 έως 30% περίπου μεγαλύτερη από αυτή των συνήθους απόδοσης κινητήρων). Έτσι, εξηγείται μερικώς γιατί μόνον το ένα πέμπτο των κινητήρων που πωλούνται στις ΗΠΑ είναι ενεργειακά αποδοτικοί.

Πίνακας 3.2. Τυπικές αποδόσεις κινητήρων (Hoshide,)

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΜΕΣΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΟΣΗ ΓΙΑ ΣΥΝΗΘΟΥΣ ΑΠΟΛΟΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	ΜΕΣΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΟΣΗ ΓΙΑ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΛΟΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ
0.75 (1.0)	0.730	0.830
1.12(1.5)	0.750	0.830
1.50(2.0)	0.770	0.830
2.25 (3.0)	0.800	0.865
3.73 (5.0)	0.820	0.876
5.60 (7.5)	0.840	0.885
7.46 (10)	0.850	0.896
11.20(15)	0.860	0.910
14.92 (20)	0.875	0.916
18.65(25)	0.880	0.926
22.38 (30)	0.885	0.928
29.84 (40)	0.895	0.930
37.30 (50)	0.900	0.932
44.76 (60)	0.905	0.933
55.95 (75)	0.910	0.935
74.60(100)	0.915	0.940
93.25(125)	0.920	0.942
111.9(150)	0.925	0.946
149.2(200)	0.930	0.953

3.3.2. Υπολογισμοί εξοικονόμησης ενέργειας

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι υπολογισμού του ενεργειακού οφέλους από την αντικατάσταση με κινητήρα υψηλής απόδοσης, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

Μέθοδος 1: Απλοποιημένη μέθοδος

Η μέθοδος αυτή έχει κατά κόρον χρησιμοποιηθεί και ακόμα χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ενεργειακούς μηχανικούς για τον καθορισμό της εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους που προκύπτει από την αντικατάσταση ενός κινητήρα. Σ' αυτή τη μέθοδο γίνονται δύο υποθέσεις, ότι ο κινητήρας λειτουργεί υπό πλήρες φορτίο και ότι η μεταβολή στην ταχύτητα του είναι αμελητέα.

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ισχύος που οφείλεται στην αντικατάσταση του κινητήρα υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\Delta P_R = P_M \cdot \left(\frac{1}{n_E} - \frac{1}{n_R} \right) \quad (3.2)$$

όπου P_M είναι η μηχανική ισχύς εξόδου του κινητήρα, η_E είναι η απόδοση σχεδιασμού (σε πλήρες φορτίο) του υπάρχοντος κινητήρα (πριν τη μετατροπή) και n_R είναι η απόδοση σχεδιασμού του αποδοτικού κινητήρα (μετά τη μετατροπή). Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την αντικατάσταση του κινητήρα είναι επομένως:

$$\Delta kWh = \Delta P_R \cdot N_h \cdot LF_M \quad (3.3)$$

όπου N_h είναι ο αριθμός των ωρών λειτουργίας του κινητήρα ανά έτος και LF_M είναι ο συντελεστής φορτίου του κινητήρα κατά τη διάρκεια του έτους.

Μέθοδος 2: Μέθοδος ονομαστικής μηχανικής ισχύος

Σε αυτή τη μέθοδο, η μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση του υπάρχοντος κινητήρα υποτίθεται ότι είναι ανάλογη με τη μέση μηχανική ισχύ εξόδου:

$$P_{R,E} = \frac{P_M}{n_{op,E}} \cdot LF_M \cdot PDF_M \quad (3.4)$$

όπου:

- $n_{op,E}$ είναι η απόδοση του κινητήρα για μέση λειτουργία υπό μερικό φορτίο. Για να βρεθεί αυτή πρέπει να χρησιμοποιηθεί η καμπύλη απόδοσης του κινητήρα. Εάν δεν είναι διαθέσιμη η καμπύλη απόδοσης του υφιστάμενου κινητήρα, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια οποιαδήποτε γενική καμπύλη.
- LF_M είναι ο συντελεστής φορτίου του υπάρχοντος κινητήρα, δηλαδή ο λόγος του μέσου φορτίου λειτουργίας του κινητήρα προς την ονομαστική μηχανική

ισχύ. Στις περισσότερες εφαρμογές ο κινητήρας είναι υπερδιαστασιοποιημένος και λειτουργεί κάτω από το δυναμικό του.

- PDF_M είναι ο συντελεστής μέγιστης ζήτησης, δηλαδή το κλάσμα του συνήθους φορτίου λειτουργίας που δημιουργείται κατά τη μέγιστη ζήτηση του κτιρίου. Για τις περισσότερες εφαρμογές ο PDF_M μπορεί να θεωρηθεί ίσος με τη μονάδα, εφόσον οι κινητήρες συχνά συμβάλλουν στη μέγιστη ζήτηση του κτιρίου.

Εφόσον το μηχανικό φορτίο δεν μεταβάλλεται μετά την εγκατάσταση ενός ενεργειακά αποδοτικού κινητήρα, είναι δυνατόν να μελετηθεί η χρήση ενός μικρότερου κινητήρα ισχύος P_{MiR} , εάν αν ο υφιστάμενος κινητήρας είναι υπερδιαστασιοποιημένος με ισχύ $P_{M,E}$. Σ' αυτήν την περίπτωση, ένας μικρότερος ενεργειακά αποδοτικός κινητήρας μπορεί να λειτουργεί με υψηλότερο συντελεστή φορτίου από τον υφιστάμενο. Ο νέος συντελεστής φορτίου του ενεργειακά αποδοτικού κινητήρα μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$LF_R = LF_E \cdot \frac{P_{M,R}}{P_{M,E}} \quad (3.5)$$

Επιπλέον, οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες συχνά λειτουργούν με μεγαλύτερη ταχύτητα από τους κινητήρες που αντικαθιστούν, λόγω των μικρότερων εσωτερικών απωλειών. Αυτό όμως μπορεί να έχει αρνητικό αποτέλεσμα, επειδή μειώνεται η ενεργός απόδοση του ενεργειακά αποδοτικού κινητήρα κατά ένα συντελεστή που ονομάζεται ποινή ολίσθησης ($SLIP_P$).

Εάν $\omega_{M,E}$ είναι η ταχύτητα περιστροφής του υφιστάμενου κινητήρα και ω_{MiR} η ταχύτητα περιστροφής του ενεργειακά αποδοτικού κινητήρα, ο συντελεστής ποινής ολίσθησης ορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$SLIP_P = \left(\frac{\omega_{M,R}}{\omega_{M,E}} \right)^3 \quad (3.6)$$

Χρησιμοποιώντας μια εξίσωση παρόμοια με την (3.5), η μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση του εναλλακτικού κινητήρα (δηλαδή του ενεργειακά αποδοτικού) υπολογίζεται ως:

$$P_{R,R} = \frac{P_{M,R}}{N_{op,R}} \cdot LF_{M,R} \cdot PDF_{M,R} \cdot SLIP_P \quad (3.7)$$

και η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ισχύος λόγω της αντικατάστασης του κινητήρα είναι:

$$\Delta P_R = P_{R,E} - P_{R,R} \quad (3.8)$$

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται με χρήση της εξίσωσης (3.3).

Μέθοδος 3: Μέθοδος επιτόπιας μέτρησης

Σ αυτή τη μέθοδο, η ηλεκτρική ζήτηση του κινητήρα μετράται επί τόπου. Συνήθως λαμβάνονται μετρήσεις της έντασης (I_M), της τάσης (V_M) και του συντελεστή ισχύος (pf_M) για τον κινητήρα που πρόκειται να αντικατασταθεί. Στους τριφασικούς κινητήρες (συνήθεις στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και στις περισσότερες εγκαταστάσεις κλιματισμού των εμπορικών κτιρίων), η ηλεκτρική ισχύς που χρησιμοποιείται από τον υφιστάμενο κινητήρα μπορεί είτε να μετρηθεί άμεσα είτε να υπολογιστεί από τις τιμές της έντασης, της τάσης και του συντελεστή ισχύος ως ακολούθως:

$$P_{R,E} = \sqrt{3} \cdot V_M \cdot I_M \cdot pf_M \quad (3.9)$$

Ο συντελεστής φορτίου του υφιστάμενου κινητήρα υπολογίζεται από το λόγο της μετρούμενης έντασης προς την ονομαστική ένταση πλήρους φορτίου I_{FL} , ως:

$$LF_{M,E} = \frac{I_M}{I_{FL}} \quad (3.10)$$

Έχει αποδειχτεί ότι η εξίσωση (3.10) είναι πολύ πιο ακριβής για την εκτίμηση του λόγου του φορτίου του κινητήρα από την προσέγγιση που βασίζεται στο λόγο των ταχυτήτων του κινητήρα (δηλ., μετρούμενη ταχύτητα προς την ονομαστική κανονική ταχύτητα). Πρέπει να σημειωθεί ότι, η εξίσωση (3.10) συνιστάται για λόγους φορτίου μεγαλύτερους από 50%, διότι σε αυτούς τους λόγους φορτίου ένας συνηθισμένος κινητήρας καταναλώνει ηλεκτρικό ρεύμα που είναι ανάλογο προς το ωφέλιμο φορτίο. Η μεθοδολογία υπολογισμού της ηλεκτρικής ισχύος και της εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ίδια με αυτή που περιγράφεται στη μέθοδο ονομαστικής μηχανικής ισχύος, με χρήση των εξισώσεων (3.5) έως (3.8).

3.4. Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός

3.4.1. Εισαγωγή

Ο φωτισμός συμμετέχει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη χρήση της ενέργειας στα εμπορικά κτίρια. Για παράδειγμα, το 30% έως 50% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα γραφεία χρησιμοποιείται για φωτισμό. Επιπλέον, η θερμότητα που παράγεται από τον φωτισμό συμβάλλει στα θερμικά φορτία που πρέπει να απομακρυνθούν από το ψυκτικό σύστημα. Συνήθως, οι ενεργειακές μετατροπές των συσκευών φωτισμού είναι πολύ οικονομικά αποδοτικές, με περιόδους αποπληρωμής στις περισσότερες εφαρμογές μικρότερες από 2 έτη.

Για την πληρέστερη κατανόηση των μέτρων που πρέπει να ληφθούν για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων φωτισμού, μια

απλή εκτίμηση της συνολικής χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό παρέχεται από την εξίσωση:

$$KWh_{Lit} = \sum_{j=1}^J N_{Lum,j} \cdot WR_{Lum,j} \cdot N_{h,j} \quad (3.11)$$

όπου $N_{Lum,j}$ είναι ο αριθμός των φωτιστικών τύπου j που πρέπει να τροποποιηθούν στο κτίριο (ένα φωτιστικό σώμα περιλαμβάνει ένα πλήρες σύστημα αντισταθμιστικής διάταξης, καλωδίωσης, περιβλήματος και λαμπτήρων), $WR_{Lum,j}$ είναι το επίπεδο κατανάλωσης ισχύος κάθε φωτιστικού τύπου j (συνυπολογίζονται και οι λαμπτήρες και οι αντισταθμιστικές διατάξεις) και $N_{h,j}$ είναι ο αριθμός των ωρών λειτουργίας ανά έτος των φωτιστικών τύπου j .

Υπάρχουν τρεις επιλογές για τη μείωση της ενεργειακής χρήσης για φωτισμό, οι οποίες περιλαμβάνουν:

1. Μείωση της ισχύος των φωτιστικών, που περιλαμβάνει και τις φωτιστικές πηγές (λαμπτήρες) και τις διατάξεις μετασχηματισμού της τάσης (ballasts), δηλαδή μείωση του όρου $WR_{Lum,j}$ στην εξ. (3.11). Την τελευταία δεκαετία νέες τεχνολογίες, όπως είναι οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού και οι ηλεκτρονικές διατάξεις αντιστάθμισης, έχουν αυξήσει την αποδοτικότητα των συστημάτων φωτισμού.
2. Μείωση του χρόνου χρήσης των συστημάτων φωτισμού μέσω συστημάτων ελέγχου του φωτισμού, δηλαδή μείωση του όρου $N_{h,j}$ στην εξίσωση (3.11). Έχουν αναπτυχθεί αυτόματα συστήματα ελέγχου για τη μείωση της χρήσης των συστημάτων φωτισμού ώστε ο φωτισμός να παρέχεται μόνο όταν απαιτείται. Σ' αυτά περιλαμβάνονται τα συστήματα ανίχνευσης παρουσίας και τα συστήματα μείωσης του φωτισμού μέσω της χρήσης του φυσικού φωτός.
3. Μείωση του αριθμού των φωτιστικών, συνεπώς μείωση του όρου $N_{Lum,j}$ στην εξίσωση (3.11). Αυτός ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί μόνο στις περιπτώσεις όπου είναι δυνατή η αφαίρεση φωτιστικών, λόγω υπερφωτισμού.

Εδώ περιγράφονται μόνον τα μέτρα που σχετίζονται με τις γενικές δράσεις που αναφέρονται στις επιλογές (1) και (2). Για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας από την εφαρμογή κάποιου μέτρου στο σύστημα φωτισμού χρησιμοποιείται η εξίσωση (3.11). Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό πρέπει

να υπολογιστεί πριν και μετά τη μετατροπή και η διαφορά των δύο καταναλώσεων αντιπροσωπεύει το ενεργειακό όφελος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται παραδείγματα μετατροπής στο σύστημα φωτισμού, μαζί με υπολογισμούς των προκύπτοντων ενεργειακών κερδών.

3.4.2. Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα φωτισμού

Οι βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση των συστημάτων φωτισμού παρέχουν ευκαιρίες για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια. Σ' αυτήν την παράγραφο παρουσιάζονται οι δυνατότητες που παρέχουν οι υψηλής απόδοσης λαμπτήρες φθορισμού, οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού, οι συμπαγείς λαμπτήρες αλογόνου και οι ηλεκτρονικές αντισταθμιστικές διατάξεις. Στην αρχή, περιγράφονται εν συντομία οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ένας ενεργειακός επιθεωρητής ώστε να επιτευχθεί και να διατηρηθεί ένα παραδεκτό επίπεδο ποιότητας και άνεσης του συστήματος φωτισμού.

Επίσης, συνοψίζονται οι αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας κάθε διαθέσιμης τεχνολογίας φωτισμού. Τέλος, εκτιμάται η εξοικονόμηση ενέργειας που αναμένεται από τη μετατροπή των υπάρχοντων συστημάτων φωτισμού με τη χρήση οποιασδήποτε από τις νέες τεχνολογίες.

Τρεις είναι οι παράγοντες που συνήθως καθορίζουν το σωστό επίπεδο φωτισμού ενός συγκεκριμένου χώρου, ειδικότερα: η ηλικία των ενοίκων, οι απαιτήσεις ταχύτητας και ακρίβειας, και η αντίθεση του φόντου (ανάλογα με τη δραστηριότητα που διεξάγεται). Είναι κοινή εσφαλμένη αντίληψη ότι ο υπερφωτισμός ενός χώρου συνεπάγεται και υψηλότερη οπτική ποιότητα. Πράγματι, έχει αποδειχθεί ότι ο υπερφωτισμός μπορεί να ελαττώσει την ποιότητα του φωτισμού και το επίπεδο οπτικής άνεσης σε ένα χώρο, πέρα από την όποια σπατάλη ενέργειας. Επομένως, είναι σημαντικό κατά την αναβάθμιση ενός συστήματος φωτισμού να καθορίζεται και να διατηρείται ένα επαρκές επίπεδο φωτισμού, όπως αυτό καθορίζεται από τα σχετικά πρότυπα. Στον πίνακα 3.3 συνοψίζονται τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού για διάφορες δραστηριότητες και εφαρμογές σε επιλεγμένες χώρες, που βασίζονται στα πιο πρόσφατα πρότυπα φωτισμού.

Πίνακας 3.3. Συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού για διάφορες εφαρμογές, σε επιλεγμένες χώρες (σε LUX στο οριζόντιο επίπεδο)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΓΑΛΛΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΗΠΑ/ ΚΑΝΑΔΑΣ
	AEF (92&93)	DIN5035 (90)	JIS (89)	IESNA(93)
Γραφεία				
Γενικά	425	500	300-750	200-500
Ανάγνωση	425	500	300-750	200-500
Σχέδιο	850	750	750-1500	1000-2000
Αίθουσες				
Γενικά	325	300-500	200-750	200-500
Πίνακας	425	300-500	300-1500	500-1000
Καταστήματα				
Γενικά	100-1000	300	150-750	200-500
Περιοχές	425	500	750-1000	200-500
Νοσοκομεία				
Κοινόχρηστοι	100	100-300	-	-
Δωμάτια	50-100	1000	150-300	100-200
Βιομηχανίες				
Κεντημάτων	850	750	750-1500	1000-2000
Ηλεκτρονικών	625-1750	100-1500	1500-3000	1000-2000

Λαμπτήρες φθορισμού υψηλής απόδοσης:

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι στα εμπορικά κτίρια (71% των εμπορικών χώρων στις ΗΠΑ). Η σχετικά μεγάλη αποδοτικότητα τους, η κατανομή του διάχυτου φωτισμού και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους είναι οι λόγοι της μεγάλης απήχησης τους. Γενικά, ένας λαμπτήρας φθορισμού αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα με ένα ζεύγος ηλεκτροδίων σε κάθε άκρη. Ο σωλήνας είναι γεμάτος με μίγμα αδρανούς αερίου (κυρίως Αργού) και υγρού υδραργύρου υπό χαμηλή πίεση. Όταν ο λαμπτήρας ανάβει, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Ο υδράργυρος εξατμίζεται και εκπέμπει ακτινοβολία στο υπεριώδες φάσμα. Αυτή η υπεριώδης ακτινοβολία διεγείρει μια στρώση φωσφόρου στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα, η οποία εκπέμπει το ορατό φως.

Οι υψηλής απόδοσης λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούν μίγμα Κρυπτού-Αργού που αυξάνει την απόδοση κατά 10-20%, δηλαδή από τη συνηθισμένη απόδοση των 70 στα 80 lumens/Watt περίπου. Με βελτιώσεις στη στρώση του

φωσφόρου μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η απόδοση σε 100 lumens/Watt . Από την άλλη, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η διαχείριση και η απόσυρση των λαμπτήρων αυτών, λόγω του ότι ο υδράργυρος που περιέχουν μπορεί να είναι τοξικός και επιβλαβής για το περιβάλλον. Τελευταία, δοκιμάζεται μια νέα τεχνολογία για την αντικατάσταση του υδραργύρου με θείο στην παραγωγή της ακτινοβολίας διέγερσης της στρώσης του φωσφόρου στις λάμπες φθορισμού. Οι λαμπτήρες θείου δεν είναι βλαβεροί και έχουν περιβαλλοντικό πλεονέκτημα έναντι των λαμπτήρων φθορισμού με υδράργυρο.

Οι λαμπτήρες φθορισμού κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα, διαμέτρους, μήκη και ισχείς. Η συνήθης ονοματολογία που χρησιμοποιείται στους λαμπτήρες αυτούς είναι: *F.S.W.C-T.D*, όπου:

- ◆ Το *F* σημαίνει λαμπτήρας φθορισμού.
- ◆ Το *S* αναφέρεται στο σχήμα του λαμπτήρα. Εάν είναι κυκλικός ο γυάλινος σωλήνας χρησιμοποιείται το γράμμα *C*, ενώ εάν είναι ευθύγραμμος δεν εμφανίζεται κανένα γράμμα.
- ◆ *W* είναι η ονομαστική ισχύς σε Watt (μπορεί να είναι 4, 5, 8, 12, 15, 30, 32, 34, 40, κ.λπ.).
- ◆ Το *C* αφορά το χρώμα που εκπέμπει ο λαμπτήρας: *W* για λευκό, *CW* για ψυχρό λευκό και *BL* για μαύρο φως.
- ◆ Το *T* αναφέρεται σε σωληνωτό λαμπτήρα.
- ◆ Το *D* αντιστοιχεί στη διάμετρο του λαμπτήρα σε όγδοα της ίντσας ($1/8 \text{ in} = 3.15\text{mm}$) και είναι, για παράδειγμα, 12 ($D=1.5\text{in}=38\text{mm}$) στους παλαιότερους και λιγότερο ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες, και 8 ($D=1.0\text{in}=31.5\text{mm}$) στους πιο σύγχρονους και ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες.

Έτσι, το *F40CW-T12* αφορά ένα λαμπτήρα φθορισμού που έχει ευθύγραμμο σωλήνα, χρησιμοποιεί 40W ηλεκτρικής ενέργειας, δίνει ψυχρό λευκό φωτισμό, και είναι σωληνωτός με διάμετρο 38mm (1,5in). Μεταξύ των συνηθέστερων μετατροπών στα συστήματα φωτισμού είναι η αναβάθμιση των συμβατικών

λαμπτήρων φθορισμού 40W T12 με περισσότερο αποδοτικούς, όπως είναι οι τύπου 32W T8.

Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL):



Αυτοί είναι μικρού μεγέθους λαμπτήρες φθορισμού με μικρή διάμετρο και μικρότερο μήκος. Οι συμπαγείς λαμπτήρες είναι λιγότερο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες μεγάλου μεγέθους, παρέχοντας μόνο 35 έως 55 lumens/Watt.

Πάντως, είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτικοί και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Τελευταία, οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού γνωρίζουν ευρεία διάδοση ως υποκατάστατα εξοικονόμησης ενέργειας των λαμπτήρων πυρακτώσεως, παρότι μπορεί να έχουν ορισμένα μειονεκτήματα. Πέρα από το υψηλό τους κόστος, οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού είναι ψυχρότεροι και γι' αυτό δίνουν λιγότερο ευχάριστη αντίθεση από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Συμπαγείς λαμπτήρες αλογόνου:



Οι συμπαγείς λαμπτήρες αλογόνου χρησιμοποιούνται για άμεση αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως. Είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτικοί, παρέχουν λευκότερο φως και διαρκούν περισσότερο από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Στην πραγματικότητα, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως μετατρέπουν

μόνο το 15% της ηλεκτρικής ενέργειας σε ορατό φως, αφού το 75% εκπέμπεται ως υπέρυθη ακτινοβολία και το 10% καταναλώνεται από το καιγόμενο νήμα. Στους λαμπτήρες αλογόνου, το νήμα εισάγεται σε ένα σωλήνα από χαλαζία ο οποίος εμπεριέχεται σε ένα γυάλινο βολβό. Μια επιλεκτική στρώση στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα από χαλαζία επιτρέπει στην ορατή ακτινοβολία να διαπεράσει, αλλά ανακλά την υπέρυθη ακτινοβολία πίσω προς το νήμα. Αυτή η ανακυκλούμενη υπέρυθη ακτινοβολία επιτρέπει στο νήμα να διατηρεί τη θερμοκρασία λειτουργίας του με 30% μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι λαμπτήρες αλογόνου επιδέχονται ρύθμιση του φωτισμού τους και δεν παρουσιάζουν προβλήματα ποιότητας ισχύος ή συμβατότητας, όπως μπορεί να συμβεί με τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

Ηλεκτρονικές αντισταθμιστικές διατάξεις



Οι αντισταθμιστικές διατάξεις ballasts αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα των φωτιστικών φθορισμού, διότι παρέχουν το επίπεδο τάσης που απαιτείται για την εκκίνηση του ηλεκτρικού τόξου και τη ρύθμιση της έντασης του. Πριν από την εξέλιξη των ηλεκτρονικών ballasts στις αρχές της δεκαετίας του '80, χρησιμοποιούνταν μόνο μαγνητικά ή «πυρήνα-πηνίου» ballasts για τη λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού. Ενώ η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος διατηρείται στα 50 Hz (ή 60 Hz στις ΗΠΑ) από τα μαγνητικά ballasts, τα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούν την τεχνολογία στερεάς κατάστασης για να παράγουν ρεύμα υψηλής συχνότητας (20 - 60 kHz), το οποίο αυξάνει την ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών φθορισμού διότι το φως πάλλεται γρηγορότερα και φαίνεται λαμπρότερο. Όταν χρησιμοποιούνται με λαμπτήρες υψηλής απόδοσης (π.χ. T8), τα ηλεκτρονικά ballasts μπορούν να αποδώσουν 95 lumens/Watt, έναντι των 70 lumens/Watt των συμβατικών μαγνητικών.

Πάντως, πρέπει να αναφερθεί ότι οι αποδοτικές μαγνητικές διατάξεις αντιστάθμισης μπορούν να αποδώσουν παρόμοια lumens/Watt με τις ηλεκτρονικές.

Άλλα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών αντισταθμιστικών διατάξεων έναντι των αντιστοίχων μαγνητικών περιλαμβάνουν:

- Υψηλότερο συντελεστή ισχύος. Ο συντελεστής ισχύος των ηλεκτρονικών ballasts είναι συνήθως μεταξύ 0,90 και 0,98. Εντούτοις, τα συμβατικά μαγνητικά ballasts έχουν χαμηλό συντελεστή ισχύος (μικρότερο από 0,80), εκτός εάν προστεθεί ένας πυκνωτής, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.
- Λιγότερα προβλήματα τρεμοπαίγματος. Αφού τα μαγνητικά ballasts λειτουργούν με ρεύμα 50 Hz εναλλάσσουν το ηλεκτρικό τόξο περίπου 120 φορές ανά δευτερόλεπτο, με αποτέλεσμα το τρεμόπαιγμα να είναι αντιληπτό, ειδικά εάν ο λαμπτήρας είναι παλιός ή όταν μειώνεται η λειτουργία του κάτω από το 50% της ισχύος του. Πάντως, η εναλλαγή του ηλεκτρικού τόξου στα ηλεκτρονικά ballasts είναι μερικές χιλιάδες φορές το δευτερόλεπτο και το τρεμόπαιγμα αποφεύγεται, ακόμα και όταν οι λαμπτήρες λειτουργούν στο 5% της ισχύος τους.
- Λιγότερα προβλήματα θορύβου. Τα μαγνητικά ballasts χρησιμοποιούν ηλεκτρικά πηνία και παράγουν ένα βόμβο, ο οποίος μπορεί να αυξηθεί με τη γήρανση. Αυτός ο θόρυβος δεν υπάρχει στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα των ηλεκτρονικών αντισταθμιστικών διατάξεων.

3.4.3. Συστήματα ελέγχου του φωτισμού

Όπως φαίνεται από την εξίσωση (3.11), εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με τη μη λειτουργία υπό πλήρη ισχύ του συστήματος φωτισμού στις περιπτώσεις που ο φωτισμός δεν είναι απαραίτητος.

Ο έλεγχος λειτουργίας του συστήματος φωτισμού μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των χειροκίνητων διακοπών και των “dimmers” των ανιχνευτών παρουσίας και των αυτόματων συστημάτων μείωσης με τη χρήση αισθητήρων φυσικού φωτός.

Ενώ με τη χειροκίνητη λειτουργία ή/και ρύθμιση μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας, τα αποτελέσματα της είναι συνήθως απρόβλεπτα διότι εξαρτώνται από τη συμπεριφορά των ενοίκων. Μια πιο αποτελεσματική μέθοδο για εξοικονόμηση ενέργειας παρέχουν τα προγραμματιζόμενα συστήματα ελέγχου του φωτισμού, που όμως μπορούν επίσης να επηρεασθούν από τις συχνές ρυθμίσεις των ενοίκων. Μόνο τα αυτόματα συστήματα λειτουργίας ή/και ρύθμισης του

φωτισμού μπορούν να ανταποκριθούν σε πραγματικό χρόνο στις αλλαγές λόγω παρουσίας ατόμων και στις κλιματικές αλλαγές. Μερικά από τα αυτόματα συστήματα ελέγχου του φωτισμού περιγράφονται παρακάτω.

Ανιχνευτές παρουσίας:

Επιτυγχάνεται με αισθητήρες παρουσίας οι οποίοι σβήνουν τα φώτα όταν δεν ανιχνεύσουν κίνηση στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση συνήθως επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία. Σε μερικές περιπτώσεις (μόνο off-συστήματα) τα φώτα παραμένουν σβηστά. Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων)

- είτε να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαίνισης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους (μικρά γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων που έχουν επίτοιχους διακόπτες) οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει αναλόγως του μεγέθους του χώρου και του τρόπου χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%. Είναι σημαντικό να έχει προβλεφθεί κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, καθώς ο χρήστης μπορεί να παραμείνει ακίνητος για μικρά

χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και δεν επιθυμεί να σβήνουν τα φώτα πριν την έξοδό του από το χώρο. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή των ανιχνευτών καθώς ο βαθμός ευαισθησίας τους ποικίλει.

Κριτήριο για την επιλογή ενός συστήματος ελέγχου παρουσίας είναι η χρήση του χώρου. Οι ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι.

Στους αισθητήρες παρουσίας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης (εκτός ειδικών περιπτώσεων), καθώς λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο έως την πλήρη έναυσή τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία.

Σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό:

Το σύστημα λειτουργεί με φωτοκύτταρο το οποίο τοποθετείται είτε εξωτερικά είτε σε θέση που να βλέπει έξω από το παράθυρο, ώστε να δέχεται μόνο φυσικό φως. Μπορεί να τοποθετηθεί και μέσα στο χώρο ώστε να μετρά τον συνολικό φωτισμό (φυσικό και τεχνητό). Σ' αυτή την περίπτωση ένας φωτοηλεκτρικός αισθητήρας μπορεί να ελέγχει ομάδα φωτιστικών ή να είναι τοποθετημένος σε μεμονωμένο φωτιστικό και να ελέγχει μόνο αυτό.



Τα πιο κοινά συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι:

- Συστήματα έναυσης / σβέσης: ένα τέτοιο σύστημα το οποίο προκαλεί ξαφνικές και έντονες αλλαγές της στάθμης φωτισμού μπορεί να προκαλεί δυσαρέσκεια στους

χρήστες. Αυτός ο τύπος ενδείκνυται για χώρους που δέχονται άπλετο φυσικό φώς και η συχνότητα έναυσης / σβέσης είναι περιορισμένη. Επίσης, είναι σημαντικό να προβλέπεται χρονική υστέρηση στο σύστημα ελέγχου ώστε να αποφεύγεται επαναλαμβανόμενη συχνή έναυση / σβέση, που μπορεί να προκαλείται π.χ. από κινούμενη νέφωση.

- Βηματικά συστήματα: είναι ίδια με τα προηγούμενα αλλά με μία ή δύο ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των θέσεων έναυσης και σβέσης.

- Συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής: Αυτά εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού φτάνει πάντοτε τη στάθμη στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φώς τότε η ροή του τεχνητού συστήματος μηδενίζεται. Σε αντίθεση με το σύστημα έναυσης / σβέσης, το σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής δεν ενοχλεί τους χρήστες και η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγαλύτερη. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων επέτρεψε τη χρήση των συστημάτων αυτών και στο φωτισμό φθορισμού, ιδιαίτερα σε εμπορικούς χώρους.



Γενικά, εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα έναυσης του τεχνητού συστήματος, από τους εργαζόμενους όταν εισέρχονται στο χώρο εργασίας, έχει άμεση σχέση με την παροχή φυσικού φωτισμού και επίσης όταν οι χρήστες ανάψουν το τεχνητό σύστημα κατά την είσοδό τους στο χώρο, σπανίως το σβήνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το κριτήριο για την επιλογή συστήματος σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού είναι η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ενδεικνυόμενες εφαρμογές για

συστήματα σύζευξης είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φως.

Η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σε κτίρια γραφείων η κατανάλωση ενέργειας, στατιστικά, μπορεί να μειωθεί κατά 30% έως 50%. Η απόσβεση του κόστους εφαρμογής μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε 2-3 έτη. Τόσο η αυτόματη, όσο και η χειροκίνητη έναυση και σβέση των λαμπτήρων έχει επιπτώσεις στο χρόνο ζωής των λαμπτήρων. Εντούτοις, αυτή η επίδραση είναι ελάχιστη, ενώ το ενεργειακό όφελος από το σβήσιμο των λαμπτήρων καλύπτει το κόστος μείωσης του χρόνου ζωής τους. Υπό την προϋπόθεση ότι οι λαμπτήρες πρόκειται να παραμένουν σβηστοί για χρονικό διάστημα περισσότερο των δύο ή τριών λεπτών, είναι πάντα οικονομικά αποδοτικότερο να σβήνουν.

Στα συστήματα ελέγχου φωτισμού μπορούν να συνδυαστούν διάφορες στρατηγικές. Για παράδειγμα, επιτυχείς εγκαταστάσεις για διαδρόμους γραφείων ή ξενοδοχείων μπορεί να συνδυάσουν α) κεντρικό χρονικό προγραμματισμό έναυσης/σβέσης των φωτιστικών, β) σβήσιμο των φωτιστικών σωμάτων κατά την διάρκεια του μεσημεριανού γεύματος έτσι ώστε να μειωθεί η κατανάλωση, γ) σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό στα φωτιστικά σώματα κοντά στα παράθυρα και δ) τοποθέτηση τοπικών διακοπών, έτσι ώστε μόνο οι χώροι που χρησιμοποιούνται εκείνη τη χρονική διάρκεια να είναι φωτισμένοι. Οι ανιχνευτές παρουσίας που εγκαθίστανται σε κάθε φωτιστικό μπορούν επίσης να περιλάβουν αισθητήρες φυσικού φωτισμού. Αυτός ο τύπος ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου μπορεί να λύσει το πρόβλημα που δημιουργείται σε χώρους ιδιόμορφου σχήματος ή όπου η σύνδεση με άλλο σύστημα ελέγχου είναι δύσκολη.

Οι μόνιμοι χρήστες ενός χώρου πρέπει να είναι ενήμεροι για την ύπαρξη του συστήματος ελέγχου φωτισμού, τον τρόπο λειτουργίας του και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις ανακαινίσεις εγκαταστάσεων, όπου μπορεί να παρουσιαστεί αντίδραση στην εγκατάσταση των συστημάτων ελέγχου φωτισμού εάν οι χρήστες του κτιρίου δεν ενημερωθούν πλήρως για το νέο σύστημα.

Οι ανιχνευτές παρουσίας εξοικονομούν ενέργεια με το αυτόματο σβήσιμο των φώτων σε χώρους που δεν είναι κατειλημένοι. Γενικά, οι ανιχνευτές παρουσίας είναι κατάλληλοι για τις περισσότερες εφαρμογές ελέγχου του φωτισμού και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις αναβαθμίσεις των συστημάτων φωτισμού. Είναι σημαντικό να επιλέγονται και να εγκαθίστανται σωστά οι ανιχνευτές παρουσίας για να παρέχουν αξιόπιστο φωτισμό κατά τη διάρκεια ενοίκησης. Στην πράξη, οι περισσότερες αστοχίες των ανιχνευτών παρουσίας προέρχονται από εσφαλμένη επιλογή και κακή τοποθέτηση. Ειδικότερα, ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να επιλέγει τη σωστή τεχνολογία ανίχνευσης κίνησης που χρησιμοποιείται στους ανιχνευτές παρουσίας.

Δύο τύποι τεχνολογιών ανίχνευσης κίνησης είναι διαθέσιμοι στην αγορά:

1. *Ανιχνευτές υπερύθρων*, που καταγράφουν την υπέρυθη ακτινοβολία από τις διάφορες επιφάνειες του χώρου καθώς και από το ανθρώπινο σώμα. Όταν ο επεξεργαστής που είναι συνδεδεμένος με τους ανιχνευτές υπερύθρων λάβει μια σταθερή μεταβολή στη θερμική κατάσταση του περιβάλλοντος (π.χ. όταν υπάρξει κίνηση στο χώρο), τότε ανάβουν τα φώτα. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα μέχρις ότου να μην καταγράφονται σημαντικές θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι ανιχνευτές υπερύθρων λειτουργούν ικανοποιητικά μόνον εάν υπάρχει άμεση οπτική επαφή με τους ενοίκους και συνιστάται η χρήση τους σε μικρούς κλειστούς χώρους με κανονικό σχήμα και χωρίς διαχωριστικά.
2. *Ανιχνευτές υπερήχων*, που λειτουργούν σύμφωνα με την αρχή του σονάρ, όπως τα ραντάρ των υποβρυχίων και των αεροδρομίων, εκπέμποντας έναν υψηλής συχνότητας (25-40 kHz) ήχο που δεν είναι αντιληπτός από τον άνθρωπο, ο οποίος ανακλάται από τις επιφάνειες του χώρου (έπιπλα, ένοικοι, κ.λπ.) και καταγράφεται από ένα δέκτη. Όταν στο χώρο κινούνται άνθρωποι, η μορφή των ηχητικών κυμάτων μεταβάλλεται. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα μέχρις ότου να μην ανιχνεύεται καμία κίνηση σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 5 λεπτά). Αντίθετα με την υπέρυθη ακτινοβολία, τα εμπόδια δεν παρενοχλούν τα ηχητικά κύματα. Όμως, οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να μη λειτουργούν σωστά σε μεγάλους χώρους, όπου υπάρχει τάση να δημιουργούνται ασθενείς ανακλάσεις.

Στον πίνακα 3.4 (από μια μελέτη του EPRI) παρουσιάζονται τα τυπικώς αναμενόμενα ενεργειακά οφέλη από μετατροπές με χρήση ανιχνευτών παρουσίας.

Όπως φαίνεται, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να προκύψει σε χώρους όπου η ενοίκηση είναι διακοπτόμενη, όπως είναι οι χώροι συνεδριάσεων, αναπαύσεως, αποθήκευσης και τα εργαστήρια.

Πίνακας 3.4. Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μέσω των ανιχνευτών παρουσίας

ΧΩΡΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΕΥΡΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ
Γραφεία (μεμονωμένα)	25-50 %
Γραφεία (ανοικτοί χώροι)	20-25 %
Χώροι ανάπαυσης	30-75 %
Χώροι συνεδριάσεων	45-65 %
Διάδρομοι	30-40 %
Χώροι αποθήκευσης	45-65 %
Εργαστήρια	50-75 %

Συστήματα μείωσης της έντασης του φωτισμού:

Τα συστήματα ελέγχου μέσω της μείωσης του φωτισμού επιτρέπουν τη μεταβολή της έντασης του φωτισμού βάσει του επίπεδου του φυσικού φωτισμού, χειροκίνητων ρυθμίσεων και της ενοίκησης. Η απαλή και συνεχής μείωση στο φωτισμό ονομάζεται συνεχής ρύθμιση, σε αντίθεση με τη βαθμωτή ρύθμιση, στην οποία η παραγωγή του λαμπτήρα μειώνεται με προκαθορισμένα βήματα. Ο ενεργειακός επιθεωρητής, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού για την ακριβή εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω των συστημάτων μείωσης του φωτισμού που χρησιμοποιούν αισθητήρες φυσικού φωτός, μπορεί να προβλέψει το ποσοστό του χρόνου που το φυσικό φως είναι αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες σε φωτισμό.

3.5. Ποιότητα ηλεκτρικής ενέργειας

3.5.1. Εισαγωγή

Σε ιδανικές συνθήκες λειτουργίας, το ηλεκτρικό ρεύμα και η τάση μεταβάλλονται κατά ημιτονοειδή τρόπο με τον χρόνο. Παρ' όλα αυτά, το ηλεκτρικό ρεύμα παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω προβλημάτων στο σύστημα παραγωγής/διανομής, όπως είναι οι πτώσεις τάσης, οι σπινθήρες ή τα μεταβατικά ρεύματα, οι οποίες μπορεί να μειώσουν τη ζωή του ηλεκτρικού εξοπλισμού, περιλαμβανομένων των κινητήρων και των συστημάτων φωτισμού. Εξάλλου, ο αυξανόμενος αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών που συνδέονται στο σύστημα τελευταία μπορεί να προκαλέσει διαταραχή της ημιτονοειδούς κυματομορφής του ρεύματος ή/και της τάσης καταλήγοντας σε κακή ποιότητα ενέργειας, η οποία μπορεί να προκαλέσει απώλειες ενέργειας και να βλάψει τόσο τη διανομή του ηλεκτρισμού όσο και τις συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο. Επομένως, είναι σημαντικό για έναν ενεργειακό επιθεωρητή να γνωρίζει αυτά τα προβλήματα και να λαμβάνει μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ενέργειας των ηλεκτρικών συστημάτων.

3.5.2. Ολική αρμονική παραμόρφωση

Η ποιότητα ισχύος μπορεί να οριστεί ως η έκταση κατά την οποία ένα ηλεκτρικό σύστημα παραμορφώνει την ημιτονοειδή μορφή του ρεύματος ή της τάσεως, η οποία αντιστοιχεί στην ιδανική ποιότητα ισχύος ενός ηλεκτρικού συστήματος, συχνά αναφερόμενη και ως βασική αρμονική. Όταν η ισχύς παραμορφώνεται λόγω, για παράδειγμα, μιας ηλεκτρονικής αντισταθμιστικής διάταξης (η οποία τροποποιεί την συχνότητα του ρεύματος που παρέχεται στα συστήματα φωτισμού), πρέπει να προστεθούν αρκετές αρμονικές στη βασική αρμονική για να αναπαραστήσουν τη μεταβολή ως προς τον χρόνο της τάσεως ή του ρεύματος.

Οι κυματομορφές με υψηλή παραμόρφωση περιέχουν μεγάλο αριθμό αρμονικών. Ενώ οι άρτιες αρμονικές (δεύτερη, τέταρτη, ...) τείνουν να αλληλοεξουδετερωθούν, στις περιττές αρμονικές (τρίτη, πέμπτη, ...) οι κορυφές συμπίπτουν και αυξάνουν σημαντικά τα αποτελέσματα της παραμόρφωσης.

Για την ποσοτικοποίηση του επιπέδου παραμόρφωσης της τάσης και της έντασης, καθορίζεται ένας αδιάστατος αριθμός, η ολική αρμονική παραμόρφωση (*THD*), με ανάλυση σε σειρά Fourier που γίνεται στις κυματομορφές της τάσης και της έντασης, οριζόμενη αντίστοιχα ως:

$$THD_V = \sqrt{\sum_{k=1}^{N_V} V_k^2 / V_1^2} \quad (3.12)$$

$$THD_I = \sqrt{\sum_{k=1}^{N_I} I_k^2 / I_1^2}$$

Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζεται η *THD* της έντασης για επιλεγμένα φορτία φωτισμού και εξοπλισμού γραφείου. Γενικά, έχει βρεθεί ότι οι συσκευές με υψηλή *THD* της έντασης συμβάλλουν στην *THD* της τάσης ανάλογα με τη συμμετοχή τους στο συνολικό ηλεκτρικό φορτίο του κτιρίου. Επομένως, ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να λάβει υπόψη του καταρχήν τις συσκευές υψηλής ισχύος για τη μείωση της *THD* της τάσης ολόκληρου του κτιρίου/εγκατάστασης και έτσι μπορεί να προσδιορίσει ποιες συσκευές να διορθώσει πρώτα προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα ισχύος του συνολικού ηλεκτρικού συστήματος. Συνήθως, για τη μείωση των τιμών της *THD* της έντασης προστίθενται φίλτρα αρμονικών στις ηλεκτρικές συσκευές. Στο ακόλουθο παράδειγμα δίνεται μια απλή υπολογιστική διαδικασία που μπορεί να εφαρμόσει ένας ενεργειακός επιθεωρητής για να διαπιστώσει την επίδραση μιας ηλεκτρικής συσκευής στην *THD* της έντασης.

Πίνακας 3.5. Συνήθη χαρακτηριστικά ποιότητας ισχύος (συντελεστής ισχύος και *THD* ρεύματος) για επιλεγμένα ηλεκτρικά φορτία (Πηγή: NLRIP, 1995)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	THD
	ΙΣΧΥΣ	ΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	ΕΝΤΑΣΗΣ (%)
Συστήματα φωτισμού πυρακτώσεως Λαμπτήρας πυρακτώσεως 100-W	101	1,0	1
Συμπαγή συστήματα φωτισμού φθορισμού Λαμπτήρας 13-W με μαγνητικό ballast	16	0,54	13
Λαμπτήρας 13-W με ηλεκτρονικό ballast	13	0,50	153
Συστήματα φωτισμού φθορισμού μεγάλου μεγέθους (2 λαμπτήρες ανά αντισταθμιστική διάταξη-ballast)			
Λαμπτήρας T12 40-W με μαγνητικό ballast	87	0,98	17
Λαμπτήρας T12 40-W με ηλεκτρονικό ballast	72	0,99	5
Λαμπτήρας T10 40-W με μαγνητικό ballast	93	0,98	22,5
Λαμπτήρας T10 40-W με ηλεκτρονικό ballast	75	0,99	6
Λαμπτήρας T8 32-W με ηλεκτρονικό ballast	63	0,98	
Συστήματα φωτισμού εκκένωσης υψηλής τάσεως			
Λαμπτήρας νατρίου υψηλής πίεσης 400-W με μαγνητικό ballast	425	0,99	14
Λαμπτήρας μετάλλου-αλιδίου 400-W με μαγνητικό ballast	450	0,94	19
Εξοπλισμός γραφείου			
Υπολογιστής γραφείου χωρίς οθόνη	33	0,56	139
Έγχρωμη οθόνη υπολογιστή	49	0,56	138
Εκτυπωτής Laser (σε αναμονή)	29	0,40	224
Εκτυπωτής Laser (κατά την εκτύπωση)	799	0,98	15
Εξωτερικό fax/modem	5	0,73	47

Παράδειγμα: Εκτιμείστε την επίδραση στην THD της έντασης δύο συσκευών: ενός συμπαγή λαμπτήρα φθορισμού 13-W με ηλεκτρονικό ballast και ενός εκτυπωτή laser κατά την εκτύπωση. Να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του πίνακα 3.5.

Λύση: Και οι δύο συσκευές λειτουργούν με μια RMS τάση 120 V (δηλαδή $V_{rms} = 120$ V). Οι RMS τιμές του ρεύματος μπορούν να καθοριστούν από την πραγματική ισχύ που καταναλώνεται και τον συντελεστή ισχύος που δίνονται στον πίνακα 3.5, καθώς και από την ακόλουθη εξίσωση:

$$I_{rms} = \frac{P_R}{V_{rms} \cdot pf}$$

Η ανωτέρω εξίσωση δίνει RMS εντάσεις 0,22 A για τον CFL και 6,79 A για τον εκτυπωτή. Αυτές οι τιμές είναι οι PM5 για τη βασική αρμονική της έντασης κάθε συσκευής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εξίσωση (3.12) της THD για την εκτίμηση της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης του ρεύματος για κάθε συσκευή:

$$I_{tot} = I_{rms} \cdot THD_I$$

Οι προκύπτουσες τιμές των 0,33 A για τον CFL και 1,2 A για τον εκτυπωτή δείχνουν ότι, έστω και εάν ο εκτυπωτής έχει σχετικά μικρή THD έντασης (15%), η πραγματική παραμόρφωση του ρεύματος που προκύπτει από τον εκτυπωτή είναι παραπάνω από τρεις φορές μεγαλύτερη αυτής του CFL, επειδή ο εκτυπωτής είναι μεγαλύτερης ισχύος.

Η IEEE (1992) προτείνει ως μέγιστη επιτρεπτή τιμή για την THD της τάσης 5% στην είσοδο λειτουργίας του κτιρίου (στο σημείο δηλαδή όπου το σύστημα διανομής του δικτύου συνδέεται με το ηλεκτρικό σύστημα του κτιρίου). Με βάση μια μελέτη των Verderber et al.(1993), η THD της τάσης φθάνει το όριο του 5% όταν το 50% περίπου των ηλεκτρικών φορτίων του κτιρίου έχει THD έντασης 55% ή όταν το 25% των ηλεκτρικών φορτίων του κτιρίου έχει THD έντασης 115%.

Όταν η ηλεκτρική συσκευή έχει συντελεστή ισχύος ίσο με τη μονάδα ($p=1$) τότε υπάρχει μικρή ή μηδενική THD έντασης, αφού η συσκευή έχει μόνο ωμικό

φορτίο και μετατρέπει αποτελεσματικά την τάση και το ρεύμα εισόδου σε ωφέλιμη ηλεκτρική ισχύ. Έτσι, ο συντελεστής ισχύος και η THD της έντασης είναι αλληλοσχετιζόμενα μεγέθη και τα δύο μαζί καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της ποιότητας ισχύος. Από τον πίνακα 3.5 προκύπτει ότι, τα συστήματα φωτισμού με ηλεκτρονική αντισταθμιστική διάταξη έχουν συνήθως υψηλό συντελεστή ισχύος και μικρή THD έντασης. Αυτή η καλή ποιότητα ισχύος επιτυγχάνεται με τη χρήση πυκνωτών που μειώνουν τη διαφορά φάσης μεταξύ ρεύματος και τάσης (βελτιώνοντας έτσι το συντελεστή ισχύος) και φίλτρων που μειώνουν τις αρμονικές (αυξάνοντας την τιμή της THD της έντασης).

Τα προβλήματα που εμφανίζονται λόγω της κακής ποιότητας ισχύος περιλαμβάνουν:

1. Υπερφόρτωση των ουδέτερων αγωγών σε τριφασικά συστήματα με τέσσερις καλωδιώσεις. Σε ένα σύστημα με μηδενική THD, εάν το σύστημα είναι καλά ισορροπημένο, ο ουδέτερος αγωγός δεν μεταφέρει ρεύμα. Πάντως, όταν η THD της έντασης γίνεται σημαντική, τα ρεύματα δεν αλληλοεξουδετερώνονται λόγω των περιττών αρμονικών και συσσωρεύονται στον ουδέτερο αγωγό, ο οποίος υπερθερμαίνεται και έτσι μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά
2. Μείωση της ζωής των μετασχηματιστών και των πυκνωτών, η οποία προέρχεται κυρίως από την παραμόρφωση της τάσης.
3. Παρεμβολές στα συστήματα επικοινωνιών. Οι ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με υψηλές συχνότητες, όπως είναι οι ηλεκτρονικές αντισταθμιστικές διατάξεις (συχνότητες λειτουργίας 20 έως 40 kHz) μπορούν να παρεμβληθούν και να διαταράξουν τη λειτουργία των συστημάτων επικοινωνίας, όπως είναι τα ραδιόφωνα, τα τηλέφωνα και τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (EMS).

3.6. Επιλεγμένα παραδείγματα μέτρων εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας

3.6.1. Διόρθωση του συντελεστή ισχύος- υπολογισμός μεγέθους του πυκνωτή

Υπόβαθρο: Για να μειωθεί το πρόστιμο του χαμηλού συντελεστή ισχύος από την εταιρεία παροχής ενέργειας, μπορεί να εγκατασταθεί εν παραλλήλω με το ηλεκτρικό σύστημα μια διάταξη πυκνωτών. Τα οφέλη από την αύξηση του συντελεστή ισχύος μπορούν να καθοριστούν μόνο για κάθε ειδική περίπτωση, εφόσον ο υπολογισμός των οικονομικών οφελών σχετίζεται άμεσα με το εφαρμοζόμενο τιμολόγιο. Σε αυτό το υπόδειγμα υπολογισμού, προσδιορίζεται μόνον το μέγεθος σε kVA_r των πυκνωτών προκειμένου να μπορέσει να αυξηθεί ο συντελεστής ισχύος από την υπάρχουσα τιμή σε μια ελάχιστη απαιτούμενη ώστε να μην υπάρχει πρόστιμο. Με βάση το μέγεθος αυτό, μπορεί να εκτιμηθεί το κόστος των πυκνωτών, επομένως και η οικονομική αποτελεσματικότητα της βελτίωσης του συντελεστή ισχύος.

Απαιτούμενα δεδομένα:

- ♦ pf_e : υφιστάμενος συντελεστής ισχύος (αυτή η ποσότητα μπορεί να μετρηθεί άμεσα ή να ληφθεί από τους λογαριασμούς του ρεύματος),
- ♦ pf_r : ο συντελεστής ισχύος που πρέπει να επιτευχθεί μετά από τη μετατροπή (αυτή η τιμή καθορίζεται από το είδος του τιμολογίου της ηλεκτρικής εταιρείας),
- ♦ σε συνθήκες αιχμής (αυτό το στοιχείο δίνεται από τους λογαριασμούς του ρεύματος).

Διαδικασία υπολογισμού: Το μέγεθος ενός πυκνωτή ή μιας διάταξης πυκνωτών σε kVA_r καθορίζεται από τη σχέση:

$$P_C = P_R \left[\tan(\cos^{-1} pf_e) - \tan(\cos^{-1} pf_r) \right]$$

Παράδειγμα υπολογισμού:

Πρόβλημα: Η συνολική πραγματική ζήτηση ισχύος ενός κτιρίου είναι 500 kW με συντελεστή ισχύος $pf_e=0,70$. Να προσδιοριστεί το απαιτούμενο μέγεθος μιας διάταξης πυκνωτών που πρέπει να εγκατασταθούν παράλληλα με την ηλεκτρική σύνδεση του κτιρίου έτσι ώστε ο συντελεστής ισχύος να γίνει $pf_r=0,90$.

Λύση: Το μέγεθος σε kVAr του πυκνωτή είναι:

$$P_C = 500[\tan(\cos^{-1}0,70) - \tan(\cos^{-1}0,90)] = 268kVar$$

Έτσι, είναι ικανοποιητικός ένας πυκνωτής χωρητικότητας 275 kVAr.

3.6.2. Εγκατάσταση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης- ενεργειακό όφελος

Υπόβαθρο: Οι λαμπτήρες στους οποίους γίνεται αναφορά σ' αυτό το σημείο αντιπροσωπεύουν την επόμενη γενιά των υψηλής απόδοσης λαμπτήρων φθορισμού που σταδιακά διατίθενται στην αγορά. Αυτοί καταναλώνουν 40 Watt, αλλά έχουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των λαμπτήρων ίδιας ισχύος που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η αρχική ένταση φωτισμού αυτών των λαμπτήρων κυμαίνεται μεταξύ 3.300-3.700 lumens (περίπου 780-1.180 lumens μεγαλύτερη από αυτή των υφιστάμενων), καταλήγοντας σε 15-17% περίπου μεγαλύτερη απόδοση φωτός, λόγω κυρίως του στενότερου σώματος του σωλήνα και των ειδικών κραμάτων φωσφόρου. Επίσης, το αρχικό επίπεδο φωτισμού διατηρείται με αυτές τις λάμπες για μεγαλύτερο διάστημα, ενώ και η χρωματική απόδοση (ένα μέτρο της «ωφέλιμης» παραγωγής φωτός) είναι επίσης σημαντικά μεγαλύτερη γι' αυτούς τους λαμπτήρες. Επιπλέον, οι λαμπτήρες βελτιωμένης αποδοτικότητας έχουν συνήθως μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους υφιστάμενους (υπολογιζόμενη σε 24.000-30.000 ώρες για 3 ώρες ανά άναμμα, έναντι των 20.000 ωρών). Σημειώνεται ότι αυτοί οι λαμπτήρες μπορούν να εγκατασταθούν σε όλα τα συνήθη φωτιστικά των 4-ποδών χωρίς μετατροπές.

Απαιτούμενα στοιχεία:

- WR_E : Ονομαστική ισχύς των υφιστάμενων φωτιστικών,
- WR_R : Ονομαστική ισχύς των ενεργειακά αποδοτικών φωτιστικών,
- N_{lum} : Αριθμός των φωτιστικών,
- N_h : Αριθμός των ωρών λειτουργίας ανά έτος του κάθε φωτιστικού.

Διαδικασία υπολογισμού: Η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh υπολογίζεται ως εξής:

$$\Delta kWh = N_{lum} \cdot (WR_E - WR_R) \cdot N_h \cdot \frac{1}{1000}$$

Παράδειγμα υπολογισμού:

Πρόβλημα: Ένα κτίριο έχει συνολικά 500 φωτιστικά με τέσσερις λαμπτήρες των 40W ανά φωτιστικό. Να προσδιοριστεί η εξοικονόμηση ενέργειας μετά την αντικατάσταση τους από δύο υψηλής αποδοτικότητας λαμπτήρες των 40W ανά φωτιστικό. Το κτίριο λειτουργεί 8 ώρες/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα, 50 εβδομάδες/έτος.

Λύση: Η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh είναι:

$$\Delta kWh = 500 \cdot (4 \cdot 40 - 2 \cdot 40) \cdot 8 \cdot 5 \cdot 50 \cdot \frac{1}{1000} = 80.000 kWh / \text{έτος}$$

Επομένως, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 80.000 kWh/έτος.

4. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

4.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με μια έρευνα που διεξήχθη στις ΗΠΑ (EIA 1997), τέσσερις τύποι των συστημάτων θέρμανσης έχουν ευρεία χρήση στα εμπορικά κτίρια, συγκεκριμένα οι λέβητες, οι συμπαγείς μονάδες θέρμανσης, οι ανεξάρτητοι θερμαντήρες χώρων και οι κλίβανοι. Οι λέβητες αποτελούν τον κύριο εξοπλισμό που αναλογικά χρησιμοποιείται στα θερμαινόμενα κτίρια, αφού παρέχουν θέρμανση περίπου στο 33% της συνολικής θερμαινόμενης επιφάνειας των εμπορικών κτιρίων στις ΗΠΑ.

Πάντως, λέβητες χρησιμοποιούνται μόνο στο 15% των θερμαινόμενων εμπορικών κτιρίων, ποσοστό σημαντικά μικρότερο από αυτό των κλιβάνων, που βρίσκονται σε χρήση σε περισσότερα από το 42% των εμπορικών κτιρίων των ΗΠΑ. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι οι λέβητες χρησιμοποιούνται συνήθως στα μεγάλα κτίρια, ενώ οι κλίβανοι στα μικρότερα. Από τους υφιστάμενους σε εμπορικά κτίρια των ΗΠΑ λέβητες, το 65% είναι αερίου, το 28% πετρελαίου και μόνο το 7% είναι ηλεκτρικοί. Η μέση απόδοση καύσης των υφιστάμενων λεβήτων κυμαίνεται μεταξύ 65 και 75%. Οι νέοι ενεργειακά αποδοτικοί λέβητες αερίου ή πετρελαίου μπορεί να έχουν αποδόσεις από 85 μέχρι και 95%.

4.2. Βασικές αρχές καύσης και τύποι καυσίμων

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούν οι λέβητες αποτελούνται από υδρογονάνθρακες που περιλαμβάνουν αλκίνια (C_nH_{2n-2}), π.χ. το ακετυλένιο ($n=2$), αλκένια, (C_nH_{2n-2}) π.χ. το αιθυλένιο ($n=2$), και αλκάνια, (C_nH_{2n+2}) π.χ. το οκτάνιο ($n=8$). Η τυπική αντίδραση της καύσης εμπλέκει ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου με έκλυση θερμότητας, γνωστή ως θερμογόνο δύναμη (H_v) του καυσίμου. Συνήθως η θερμογόνο δύναμη δίνεται όταν το καύσιμο είναι ξηρό, ενώ η υγρασία μειώνει τη θερμογόνο δύναμη σύμφωνα με τη σχέση: $HV_{dry}(1-M)$, όπου M είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου. Σημειώνεται ότι η θερμογόνο δύναμη ενός καυσίμου αυξάνεται με την περιεκτικότητα του σε άνθρακα.

Τα υγρά ή αποστάξιμα καύσιμα ταξινομούνται γενικά σε κατηγορίες, ανάλογα με τις ιδιότητες τους. Για τα πετρελαϊκά καύσιμα υπάρχουν 6 διαφορετικοί βαθμοί, ανάλογα με το ιξώδες. Στον πίνακα 4.1 παρέχονται οι θερμογόνες δυνάμεις και η συνήθης χρήση των 5 πετρελαϊκών καυσίμων που πωλούνται στις ΗΠΑ. Το πετρελαϊκό καύσιμο N° 3 έχει πλέον ενσωματωθεί στο N° 2. Παρόμοια ταξινόμηση εφαρμόζεται και για τα καύσιμα diesel, όπου το diesel N° 1 χρησιμοποιείται σε

κινητήρες υψηλών ταχυτήτων και το diesel N° 2 σε βιομηχανικές εφαρμογές και στα βαρέα οχήματα.

Πίνακας 4.1. Θερμογόνος δύναμη και ειδικό βάρος των πετρελαϊκών καυσίμων στις ΗΠΑ:

Είδος καύσιμο	Ειδικό βάρος	Θερμογόνος δύναμη	Εφαρμογές
υ		KWh/lit (MBtu/gal)	
No1	0,805	9,7(134)	Για εξάτμιση σε καυστήρες prototype
No2	0,850	10,4(139)	Γενικής χρήσης οικιακή θέρμανση
No3	0,903	10,9(145)	Για καυστήρες χωρίς προθέρμανση
No5	0,933	11,1 (148)	Απαιτεί προθέρμανση στους 75-95 °C
No6	0,965	11,3(151)	Απαιτεί προθέρμανση στους 95-115 °C

4.3. Διαμορφώσεις των λεβήτων και συνιστώσες τους

Συνήθως οι λέβητες έχουν αρκετές συνιστώσες, όπως είναι το μονωτικό περίβλημα, ο καυστήρας, το μηχανικό σύστημα απαγωγής καυσαερίων, σωλήνες και θάλαμοι για τα καυσαέρια και για την κυκλοφορία του νερού ή του ατμού, και

συστήματα ελέγχου. Αρκετοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση των λεβήτων, όπως τα χαρακτηριστικά του καυσίμου, η μέθοδος καύσης, η πίεση του ατμού και το δυναμικό. Πάντως, οι εμπορικοί και βιομηχανικοί λέβητες μπορούν να διακριθούν σε δύο κύρια είδη, τους λέβητες φλογοσωληνών ή υδροσωληνών, ανάλογα με τη σχετική θέση των θερμών αερίων της καύσης και του ρευστού που θερμαίνεται στο λέβητα. Παρακάτω περιγράφονται εν συντομία οι τύποι των λεβήτων και των καυστήρων τους.

4.3.1. Τύποι λεβήτων

Οι περισσότεροι εμπορικοί λέβητες κατασκευάζονται από ατσάλι, ενώ μερικοί μικρότερου μεγέθους από χυτοσίδηρο. Στους ατσάλινους λέβητες η θερμότητα της καύσης μεταφέρεται στο υγρό μέσω μιας διάταξης σωληνών, που μπορεί να είναι είτε υδροσωλήνες είτε φλογοσωλήνες.

Λέβητες φλογοσωληνών: Σ' αυτούς, τα προϊόντα της καύσης κυκλοφορούν μέσα σε σωλήνες βυθισμένους στο νερό του λέβητα. Για να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής μεταξύ των θερμών αερίων και του νερού, χρησιμοποιούνται 2 έως 4 διαβάσεις για τους σωλήνες. Οι σωλήνες πολλαπλών διαβάσεων αυξάνουν την απόδοση του λέβητα, αλλά απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς ανεμιστήρα. Για οικονομικούς λόγους, η μέγιστη ισχύς των λεβήτων φλογοσωληνών περιορίζεται σε 10.000 κα ατμού ανά ώρα, σε πίεση λειτουργίας 16 atm (250psi). Οι λέβητες αυτοί είναι γενικά απλοί στην εγκατάσταση και συντήρηση τους, ενώ έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται σε ξαφνικές και ευρείες διακυμάνσεις του φορτίου με μικρές μόνο μεταβολές της πίεσης.

Λέβητες υδροσωληνών: Σ' αυτούς τους λέβητες, το νερό ρέει μέσα σε σωλήνες που περιβάλλονται από τα καυσαέρια. Η κυκλοφορία του νερού οφείλεται στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ του κρύου νερού τροφοδοσίας και του μίγματος ζεστού νερού-ατμού στην έξοδο. Οι λέβητες αυτοί ταξινομούνται σε διάφορα είδη, ανάλογα με το σχήμα και τη θέση του τύμπανου, τη δυναμικότητα και τον αριθμό τους. Το μέγεθος των λεβήτων υδροσωληνών κυμαίνεται από 400 κα ατμού ανά ώρα, μέχρι 1.000 MW. Οι μεγαλύτεροι βιομηχανικοί λέβητες παρέχουν περίπου 250.000 κα ατμού ανά ώρα.

Χυτοσίδηροι Λέβητες: Αυτοί χρησιμοποιούνται σε μικρές εγκαταστάσεις (κάτω της 1 MWh) όπου είναι σημαντική η μεγάλης διάρκειας λειτουργική ζωή. Αποτελούνται από προκατασκευασμένα τμήματα και έτσι είναι πιο εύκολη η επιτόπια συναρμολόγηση τους από τους ατσάλινους λέβητες. Στις ίδιες δυναμικότητες, οι χυτοσίδηροι λέβητες είναι συνήθως πιο ακριβοί από τους λέβητες φλογοσωληνών ή υδροσωληνών.



Χυτοσίδηροι λέβητες πετρελαίου - αερίου

4.3.2. Συστήματα καύσης

Το σύστημα καύσης του λέβητα εξαρτάται από το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του συστήματος καύσης για κάθε είδος καυσίμου.

Μονάδες αερίου: Το απλούστερο ως προς την καύση από τα συνήθη καύσιμα είναι το φυσικό αέριο, αφού αναμιγνύεται εύκολα με τον αέρα τροφοδοσίας. Η εισαγωγή του στον καυστήρα γίνεται μέσω στομιών που δημιουργούν πίδακες φυσικού αερίου, οι οποίοι αναμιγνύονται άμεσα με τον παρεχόμενο αέρα καύσης. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα σχεδιάσεων καυστήρων, ανάλογα με τον προσανατολισμό, τον αριθμό και τη θέση των στομιών. Ο έλεγχος των στομιών εισόδου του αερίου, ώστε όλες οι δίοδοι να είναι άφρακτες, πρέπει να αποτελεί μέρος

της διαδικασίας τακτικής ρύθμισης και συντήρησης των λεβήτων αερίου. Επιπλέον, είναι σημαντικό να εντοπίζονται και να αντικαθίστανται όποια εξαρτήματα του καυστήρα δεν λειτουργούν σωστά ή λείπουν.

Μονάδες πετρελαίου: Τα πετρελαϊκά καύσιμα απαιτούν κάποια προετοιμασία και επεξεργασία πριν την τελική τροφοδοσία του καυστήρα, που συνήθως περιλαμβάνει:

- Τη χρήση πλεγμάτων και φίλτρων για τον καθαρισμό του καυσίμου και την απομάκρυνση των επικαθίσεων ή άλλων ξένων στερεών υλικών.
- Την προσθήκη προθερμαντήρων εν σειρά, ώστε να παρέχεται το καύσιμο με το κατάλληλο ιξώδες.
- Τη χρήση ψεκαστήρων για την τροφοδότηση του καυσίμου υπό μορφή μικρών σταγόνων πριν την ανάμιξη του με τον αέρα καύσης. Αυτό μπορεί να γίνει από έναν εκτοξευτήρα ενός άκρου με αρκετά στόμια που μπορούν να δημιουργήσουν λεπτό ψεκασμό. Επίσης, σε μικρούς λέβητες χρησιμοποιούνται δοχεία καυσίμου τα οποία περιστρέφουν το καύσιμο ώστε να επιτευχθεί λεπτός διαμερισμός.

Κατά τη ρύθμιση των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης, πρέπει να εξετάζεται εάν ο καυστήρας είναι συμβατός με τη μονάδα του λέβητα. Ειδικότερα, είναι σημαντικό να πιστοποιείται ότι ο ψεκαστήρας έχει την κατάλληλη σχεδίαση, μέγεθος και θέση. Επίσης, τα ακροφύσια πρέπει να καθαρίζονται και να εξετάζονται για τυχόν φθορές, ώστε να εξασφαλίζεται ότι το πετρέλαιο ψεκάζεται με το σωστό τρόπο.

Μονάδες άνθρακα: Ως πρωτογενές καύσιμο για τη λειτουργία του καυστήρα μερικών κεντρικών συστημάτων θέρμανσης χρησιμοποιείται ο άνθρακας. Η απόδοση αυτών των συστημάτων εξαρτάται από το σύστημα καύσης, τον τύπο του λέβητα-κλιβάνου και τα χαρακτηριστικά της στάχτης του άνθρακα. Μερικές μονάδες είναι εξοπλισμένες με συστήματα επανέγχυσης της στάχτης, με τα οποία η συλλεγόμενη στάχτη, που περιέχει άκαυστο άνθρακα, επανεισάγεται στον καυστήρα. Δύο κύρια συστήματα καύσης του άνθρακα υπάρχουν:

1. Συστήματα καύσης κονιοποιημένου άνθρακα, τα οποία κονιοποιούν, ξηραίνουν, ταξινομούν και μεταφέρουν τον άνθρακα στην είσοδο του αέρα στον

καυστήρα. Γενικά, τα συστήματα αυτά θεωρούνται οικονομικότερα για τις μονάδες μεγάλης ισχύος (πάνω από 100.000 κα ατμού ανά ώρα).

2. Μονάδες τροφοδοσίας άνθρακα με κλίνη καύσης στη σχάρα του λέβητα, μέσω της οποίας τροφοδοτείται ο αέρας. Σε βιομηχανικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται αρκετές μέθοδοι καύσης με τροφοδοσία, όπως είναι οι μέθοδοι υπό τροφοδοσία, υπέρ τροφοδοσία και διασποράς. Οι δύο πρώτες μέθοδοι απαιτούν ο άνθρακας να μεταφέρεται απευθείας στην κλίνη καύσης και συνήθως αντιδρούν βραδέως σε απότομες αλλαγές του φορτίου. Οι τροφοδοτές διασποράς καίνε μερικώς τον αιωρούμενο άνθρακα πριν μεταφερθεί στη σχάρα, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σ' αυτούς πληθώρα καυσίμων, περιλαμβανομένων και των αποβλήτων.

4.3.3. Θερμική απόδοση του λέβητα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η καύση είναι μια χημική αντίδραση άνθρακα και οξυγόνου που παράγει θερμότητα. Το οξυγόνο προέρχεται από τον αέρα που παρέχεται στον καυστήρα για τη θέρμανση του λέβητα, ο οποίος περιέχει επίσης άζωτο που είναι άχρηστο για την καύση. Για να γίνει πλήρης καύση του καυσίμου υπό ιδανικές συνθήκες απαιτείται ένα συγκεκριμένο ποσό αέρα, γνωστό ως «στοιχειομετρικός αέρας». Εντούτοις, στις πραγματικές αντιδράσεις καύσης απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από την ιδανική για να επιτευχθεί η πλήρης καύση του καυσίμου.

Ο κύριος τρόπος για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας στους λέβητες είναι η παροχή της σωστής ποσότητας περίσσειας αέρα για την καύση του καυσίμου. Είναι γενικά παραδεκτό ότι 10% περίσσεια αέρα δίνει το βέλτιστο λόγο αέρα/ καυσίμου για την πλήρη καύση. Η υπερβολική περίσσεια αέρα αυξάνει τις απώλειες καπνοδόχου και απαιτείται περισσότερο καύσιμο για την ανύψωση του εξωτερικού αέρα στη θερμοκρασία των καυσαερίων.

Από την άλλη, εάν η τροφοδοσία του αέρα είναι ανεπαρκής, η καύση είναι ατελής και μειώνεται η θερμοκρασία της φλόγας. Η ολική θερμική απόδοση ενός λέβητα ορίζεται ως ο λόγος της θερμότητας εξόδου (E_{OUT}) προς τη θερμότητα εισόδου (E_{IN}):

$$\eta_b = E_{out} / E_{in} \quad (4.1)$$

Η ολική απόδοση περιλαμβάνει την απόδοση της καύσης, τις απώλειες καπνοδόχου και τις απώλειες θερμότητας από τις εξωτερικές επιφάνειες του λέβητα. Η απόδοση της καύσης σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα του καυστήρα ώστε να παρέχει το βέλτιστο λόγο καυσίμου/αέρα για την πλήρη καύση του καυσίμου.

Για τον καθορισμό της ολικής θερμικής απόδοσης του λέβητα απαιτούνται ορισμένες μετρήσεις. Ο έλεγχος που συνήθως εφαρμόζεται στους λέβητες είναι η ανάλυση των καυσαερίων με χρήση της συσκευής ORSAT, για τον καθορισμό των συγκεντρώσεων κατ' όγκο των CO₂, CO, O₂, και N₂ στα αέρια της καύσης που εξέρχονται από την καπνοδόχο. Με βάση τη σύσταση και τη θερμοκρασία των καυσαερίων, μπορούν να γίνουν κάποιες ρυθμίσεις για να επιτευχθεί ο βέλτιστος λόγος αέρα-καυσίμου στο λέβητα, με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης του.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω γενικοί κανόνες για τη ρύθμιση της λειτουργίας του λέβητα:

- *Θερμοκρασία καμινάδας:* Όσο χαμηλότερη είναι αυτή, τόσο αποδοτικότερη είναι η καύση. Οι υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων σημαίνουν ότι δεν γίνεται καλή μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών καυσαερίων και του νερού. Οι θάλαμοι και οι σωλήνες μέσα στο λέβητα πρέπει να καθαρίζονται για να απομακρύνονται η αιθάλη, οι επικαθίσεις και επιστρώσεις, που μπορούν να μειώσουν τη μεταφορά της θερμότητας. Πάντως, η θερμοκρασία αυτή δεν πρέπει να είναι πολύ χαμηλή, για την αποφυγή συμπύκνωσης των υδρατμών στην καμινάδα, οι οποίοι αναμιγνύονται με θείο και μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση της. Ο πίνακας 4.2 παρέχει τις ελάχιστες θερμοκρασίες καμινάδας για συνήθεις τύπους καυσίμων.
- *Επίπεδο CO₂:* Όσο υψηλότερο είναι αυτό, τόσο αποδοτικότερη είναι η καύση. Τα αποδεκτά κάτω όρια για το επίπεδο του CO₂ είναι 10% για τους λέβητες αερίου και 14% για τους λέβητες πετρελαίου. Εάν τα επίπεδα του CO₂ είναι χαμηλότερα από αυτά τα όρια, πιθανότατα η καύση είναι ατελής. Ο λόγος αέρα-καυσίμου θα πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να παρέχεται μεγαλύτερη περίσσεια αέρα.

- *Επίπεδο CO*: Δεν πρέπει να υφίσταται CO στα καυσαέρια. Πράγματι, τυχόν ίχνος CO υποδεικνύει ότι η αντίδραση της καύσης είναι ατελής, δηλαδή ότι δεν υπάρχει αρκετή περίσσεια αέρα. Η παρουσία του CO στα καυσαέρια μπορεί να ανιχνευθεί από την ύπαρξη καπνού, που οδηγεί στην απόθεση αιθάλης στους σωλήνες και τους θαλάμους του λέβητα.
- *Επίπεδο O₂*: Όσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο του O₂ τόσο πιο αποδοτική είναι η καύση. Το υψηλό επίπεδο O₂ αποτελεί ένδειξη υπερβολικής περισσειας αέρα. Το αποδεκτό άνω όριο για το O₂ είναι 10% και, όταν υφίστανται επίπεδα μεγαλύτερα από αυτό, πρέπει να μειώνεται η περίσσεια αέρα.
- Πίνακας 4.2. Ελάχιστη θερμοκρασία καμινάδας για την αποφυγή διάβρωσης της.

Είδος καυσίμου σε χρήση από το λέβητα	Θερμοκρασιακό Όριο (° C)
Πετρέλαιο	200
Ασφαλτούχος άνθρακας	150
Φυσικό αέριο	105

Όταν η περίσσεια αέρα δεν είναι αρκετή, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις:

1. Λειτουργία του λέβητα σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο καύσης και χειροκίνητη εκκίνηση των συστημάτων ελέγχου της καύσης.
2. Αφού αποκατασταθεί σταθερή λειτουργία, λήψη μιας πλήρους σειράς μετρήσεων (σύσταση και θερμοκρασία των καυσαερίων).
3. Αύξηση της περισσειας αέρα κατά 1 έως 2% και λήψη νέας σειράς μετρήσεων (αφού αποκατασταθούν συνθήκες σταθερής λειτουργίας του λέβητα).
4. Μείωση της περισσειας αέρα κατά μικρά βήματα, μέχρι μιας ελάχιστης τιμής της περισσειας O₂ (δηλαδή, όταν η καύση είναι ατελής και ένα σημαντικό επίπεδο CO - πάνω από 400 ppm - ανιχνεύεται στα καυσαέρια).
Λήψη μετρήσεων μετά από κάθε αλλαγή (αφού αποκατασταθεί η ομαλή λειτουργία του λέβητα).
5. Σχεδίαση των δεδομένων των μετρήσεων για τον καθορισμό της διακύμανσης του επιπέδου του CO συναρτήσει του ποσοστού του O₂ στα

καυσαέρια. Συνήθως λαμβάνεται ένα περιθώριο για την περίσσεια του O_2 που κυμαίνεται από 0,5 έως 2% πάνω από την ελάχιστη τιμή.

6. Ρύθμιση εκ νέου των συστημάτων ελέγχου του καυστήρα για να διατηρηθεί η περίσσεια του O_2 στο περιθώριο που καθορίστηκε στο βήμα 5

7. Επανάληψη των βημάτων 1 - 6 για διάφορους ρυθμούς καύσης που απαντώνται κατά τη λειτουργία του λέβητα. Συνιστάται οι έλεγχοι να γίνονται από τους πιο υψηλούς προς τους πιο χαμηλούς ρυθμούς καύσης.

Οι νέες λειτουργικές ρυθμίσεις πρέπει να παρακολουθούνται για αρκετό χρονικό διάστημα (ένα ή δύο μήνες) ώστε να εξασφαλισθεί η σωστή λειτουργία του λέβητα. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τον καθορισμό της ολικής απόδοσης του λέβητα από τις μετρήσεις της σύστασης και της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Μία από αυτές εφαρμόζεται τόσο στους λέβητες πετρελαίου όσο και στους λέβητες αερίου και παρατίθεται στο Παράρτημα (τέλος του κεφαλαίου). Το παράδειγμα 4.1 δείχνει πώς μπορεί να εφαρμοσθεί η τεχνική αυτή για τον καθορισμό της απόδοσης του λέβητα.

Παράδειγμα 4.1: Η ανάλυση των καυσαερίων ενός λέβητα πετρελαίου έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε CO_2 είναι 11%, με θερμοκρασία καυσαερίων $343^\circ C$. Να καθοριστεί η ολική θερμική απόδοση του λέβητα.

Λύση: Από τα σχήματα του Παραρτήματος προκύπτει ότι, η καύση γίνεται με περίσσεια αέρα 38% και περίσσεια O_2 6%. Η ολική θερμική απόδοση του λέβητα είναι περίπου 78%.

4.4. Βελτίωση της απόδοσης του λέβητα

Υπάρχουν αρκετά μέτρα με τα οποία μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση του λέβητα μιας υφιστάμενης εγκατάστασης, με εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμων από την εγκατάσταση. Ανάμεσα σ' αυτά τα μέτρα περιλαμβάνονται:

- Η ρύθμιση του υφιστάμενου λέβητα.
- Η αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα με άλλον λέβητα υψηλής απόδοσης.
- Η χρήση λεβήτων με υπό μονάδες.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης στην κατανάλωση καυσίμων (ΔP_U) λόγω της αλλαγής στην απόδοση του λέβητα χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta FU = \frac{n_{eff} - n_{std}}{n_{eff}} \cdot FU_{std} \quad (4.2)$$

όπου n_{std} , n_{eff} είναι αντίστοιχα η απόδοση του παλαιού και του νέου λέβητα, και FU_{std} είναι η κατανάλωση καυσίμων πριν από οποιαδήποτε μετασκευή του λέβητα. Είναι, επομένως, σημαντικό να υπολογίζεται και η παλαιά και η νέα ολική θερμική απόδοση του λέβητα προκειμένου να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας. Στη συνέχεια δίνεται μια λεπτομερέστερη περιγραφή των διάφορων μέτρων βελτίωσης του λέβητα, μαζί με κάποια εκτίμηση του αποτελέσματος τους.

4.4.1. Ρύθμιση υφιστάμενου λέβητα

Η θερμική απόδοση του λέβητα μπορεί να υπολογιστεί με την ανάλυση της σύστασης και της θερμοκρασίας των καυσαερίων, με χρήση της τεχνικής του Παραρτήματος. Εάν βρεθεί χαμηλή απόδοση λόγω λανθασμένης περιόδου του

Παράδειγμα 4.2: Ο λέβητας του παρ. 4.1 καταναλώνει 1.500.000 lit πετρελαίου ανά έτος. Το κόστος αγοράς των οργάνων που απαιτούνται για τη ρύθμιση του λέβητα, ώστε η περίσσεια O_2 να είναι μόνο 3%, είναι \$20.000. Να καθοριστεί η περίοδος αποπληρωμής των οργάνων, εάν το κόστος του καυσίμου είναι \$0,02/lit.

Λύση: Από το παρ. 4.1, ο υφιστάμενος λέβητας έχει περίσσεια O_2 6% και ολική θερμική απόδοση περίπου 78% (δηλ., $n_{std}=0,78$). Μετά από τη ρύθμιση του λέβητα η περίσσεια O_2 είναι 3%. Η νέα απόδοση του λέβητα μπορεί να υπολογιστεί από τη θερμοκρασία των καυσαερίων (343°C) και την περίσσεια O_2 (3%) με χρήση των σχημάτων του Παραρτήματος, οπότε βρίσκεται ότι: $n_{eff}=84\%=0,84$. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (4.2), η εξοικονόμηση καυσίμου υπολογίζεται ως:

$$\Delta FU = \frac{0,84 - 0,78}{0,84} \cdot 1.500.000 \text{ lit / yr} = 107.140 \text{ lit / yr}$$

Επομένως, η απλή περίοδος αποπληρωμής των οργάνων είναι:

$$SBP = \frac{\$20.000}{107.140 \text{ lit / yr} \cdot \$0,20 / \text{lit}} \approx 1,0 \text{ ετος}$$

αέρα, ο λέβητας μπορεί να ρυθμιστεί και να βελτιωθεί η απόδοση του, όπως περιγράφεται στη βήμα προς βήμα διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω. Για το σκοπό αυτό απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός, π.χ. ένας αναλυτής καυσαερίων και μία συσκευή μέτρησης της θερμοκρασίας. Στο παράδειγμα 4.2 παρουσιάζεται ένας τρόπος εκτίμησης της οικονομικής αποδοτικότητας της ρύθμισης του λέβητα.

Άλλα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την αύξηση της ολικής απόδοσης του λέβητα είναι τα εξής:

- Εγκατάσταση ελατηρίων στους φλογοσωλήνες για τη δημιουργία περισσότερης τύρβης, ώστε να αυξηθεί έτσι η μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών αερίων της καύσης και του νερού. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα μπορεί να καθοριστεί με τη μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, η οποία θα μειωθεί όταν εγκατασταθούν τα ελατήρια. Πρακτικά, αναμένεται αύξηση κατά 2,5% της απόδοσης του λέβητα για κάθε μείωση της θερμοκρασίας καμινάδας κατά 50°C.
- Μόνωση του περιβλήματος του λέβητα για τη μείωση των απωλειών. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του.
- Εγκατάσταση φυσητήρων αιθάλης για την απομάκρυνση των επικαθίσεων στους σωλήνες, που μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών αερίων της καύσης και του νερού. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία των καυσαερίων.
- Χρήση εξοικονομητών για τη μεταφορά ενέργειας από τα καυσαέρια στο νερό τροφοδοσίας. Η θερμοκρασία των καυσαερίων δεν πρέπει να μειωθεί κάτω από τα όρια του πίνακα 4.2, για την αποφυγή προβλημάτων διάβρωσης. Πρακτικά, αναμένεται αύξηση κατά 1 % της απόδοσης του λέβητα για κάθε αύξηση κατά 5°C της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας.

- Χρήση προθερμαντήρων του αέρα για τη μεταφορά ενέργειας από τα καυσαέρια της καμινάδας στον αέρα της καύσης. Η θερμοκρασία καμινάδας δεν πρέπει να μειωθεί περισσότερο από τις τιμές του πίνακα 4.2.

Ο εξοπλισμός ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια (δηλαδή, οι εξοικονομητές και οι προθερμαντήρες αέρα) είναι συνήθως ο πιο οικονομικά αποδοτικός βοηθητικός εξοπλισμός που μπορεί να προστεθεί για τη βελτίωση της ολικής θερμικής απόδοσης του συστήματος του λέβητα.

4.4.2. Λέβητες υψηλής απόδοσης



Χυτοσίδηροι λέβητες



λέβητες αερίου



χαλύβδινοι λέβητες

Οι κατασκευαστές των λεβήτων συνεχώς βελτιώνουν τόσο την απόδοση της καύσης όσο και την ολική απόδοσή τους. Σήμερα, οι εμπορικού μεγέθους μονάδες μπορούν να επιτύχουν απόδοση καύσης μεγαλύτερη από 95%. Για τους συμβατικούς λέβητες, κατά παράδοση θεωρείται ικανοποιητική απόδοση πάνω από 85%. Μία από τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες καύσης που διατίθεται σήμερα στην αγορά είναι οι λέβητες αερίου παλμικής καύσης.

Αυτή η τεχνολογία εφαρμόστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80 σε οικιακούς θερμομαντήρες νερού και σήμερα υφίσταται σε αρκετούς λέβητες εμπορικού μεγέθους, για θέρμανση χώρων και νερού χρήσης.

Οι λέβητες παλμικής καύσης λειτουργούν ουσιαστικά όπως οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Ο αέρας και το αέριο καύσιμο εισάγονται σε ένα στεγανό θάλαμο καύσης σε κατάλληλες ποσότητες. Στη συνέχεια, το μίγμα αναφλέγεται με σπινθήρα και, όταν καεί πλήρως, απάγεται μέσω ενός σωλήνα εξαγωγής. Σχεδόν όλη η θερμότητα της καύσης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού

του λέβητα, αφού τα καυσαέρια έχουν σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, της τάξης των 50°C. Όταν θερμανθεί πλήρως ο θάλαμος καύσης, τα επόμενα μίγματα αέρα/καυσίμου (οι «παλμοί») αναφλέγονται αυτόματα (χωρίς ανάγκη ηλεκτρικού σπινθήρα). Έτσι, δεν απαιτείται ούτε καυστήρας που καταναλώνει καύσιμο, ούτε φλόγα που να διατηρείται συνεχώς αναμμένη.

Κατά τη λειτουργία τους οι παλμικοί λέβητες απάγουν τη λανθάνουσα θερμότητα από τα προϊόντα της καύσης, συμπυκνώνοντας τα καυσαέρια. Έτσι, αυξάνεται η απόδοση του λέβητα και τα καυσαέρια έχουν μικρή περιεκτικότητα σε υδρατμούς, οπότε αποφεύγονται τα προβλήματα

διάβρωσης της καμινάδας. Η απόδοση των λεβήτων παλμικής καύσης μπορεί να φθάσει το 95 έως 99%. Όταν συνδυαστούν με άλλες υψηλής απόδοσης διατάξεις μεταφοράς της θερμότητας, η ολική θερμική απόδοση του συστήματος θέρμανσης μπορεί να ανέλθει στο 90%.Εξάλλου, οι λέβητες αυτοί μπορούν να φθάσουν στη θερμοκρασία λειτουργίας τους στο μισό χρόνο από αυτόν των συμβατικών, ενώ εκπέμπουν σαφώς λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα.

4.4.3. Λέβητες με υπομονάδες

Σχεδόν όλα τα συστήματα θέρμανσης είναι πιο αποδοτικά όταν λειτουργούν σε πλήρη ισχύ. Βελτιώσεις της απόδοσης στα φορτία αιχμής έχουν ως αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου. Πάντως, η μείωση στην κατανάλωση καυσίμου δεν είναι απαραίτητα ανάλογη με τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης. Εξάλλου, στις εγκαταστάσεις αυτές σπανίως υφίστανται φορτία αιχμής και ο λέβητας συνηθέστερα λειτουργεί υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Μερικοί λέβητες μπορεί να λειτουργούν αναγκαστικά με κυκλικό ρυθμό εκκίνησης-διακοπής, που είναι όμως μια μη αποδοτική μορφή λειτουργίας, αφού όταν διακόπτεται χάνεται θερμότητα μέσω των καμινάδας προς το περιβάλλον και ψύχεται το νερό στους σωλήνες διανομής.

Αυτές οι απώλειες πρέπει να αναπληρωθούν κατά την επανεκκίνηση του λέβητα. Εάν η δυναμικότητα του λέβητα είναι υψηλότερη από το φορτίο, η κυκλική αυτή λειτουργία μπορεί να είναι συχνή και οι απώλειες σημαντικές, μειώνοντας έτσι την εποχιακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης. Αντί της λειτουργίας του λέβητα

με εκκίνηση-διακοπή, μπορούν να καθορισθούν έλεγχοι που χρησιμοποιούν βηματικούς (υψηλός/ χαμηλός/μηδενικός) ή μεταβλητούς ρυθμούς καύσης (από 100 μέχρι 15%). Ένα άλλο αποτελεσματικό μέτρο για την αποφυγή της κυκλικής λειτουργίας των λεβήτων είναι η εγκατάσταση ενός αριθμού μικρότερων λεβήτων ή λεβήτων με υπομονάδες.

Σε μια εγκατάσταση λέβητα με υπομονάδες, αρχικά εκκινεί ένας λέβητας για την κάλυψη των μικρών θερμικών φορτίων.

Κατόπιν, καθώς αυξάνεται το φορτίο, νέοι λέβητες εκκινούν και μπαίνουν σε σειρά ώστε να αυξηθεί σταδιακά το δυναμικό του συστήματος θέρμανσης.

Αντίστοιχα, καθώς μειώνεται το φορτίο, οι λέβητες βγαίνουν εκτός ο ένας μετά τον άλλον. Διαφόρων μεγεθών προκατασκευασμένα συστήματα λεβήτων με υπομονάδες, από περίπου 50 KWh έως 1 MWh, διατίθενται στο εμπόριο. Πάντως, και οι αυτόνομες μονάδες μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με σωλήνες και καλωδιώσεις ώστε να διαμορφώσουν ένα αποδοτικό σύστημα θέρμανσης με υπομονάδες. Εξάλλου, οι πολλαπλοί λέβητες επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία στη χρήση του χώρου, αφού μπορούν να μεταφερθούν μέσω θυρίδων από τις οποίες δεν μπορεί να διέλθει ένας μεγάλος λέβητας. Έτσι, οι λέβητες με υπομονάδες μπορούν να τοποθετηθούν σε εγκαταστάσεις όπου υφίσταται περιορισμός χώρου.

Οι εγκαταστάσεις λεβήτων με υπομονάδες είναι κατάλληλες για εφαρμογές με μεγάλη διακύμανση των φορτίων θέρμανσης, ατμού ή ζεστού νερού, όπως τα ξενοδοχεία, τα σχολεία ή τα πολυώροφα κτίρια. Οι λέβητες αυτοί μπορούν να αυξήσουν την ολική εποχιακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης κατά 15 έως 30%. Για παράδειγμα, σε ένα εμπορικό κέντρο επιφάνειας 5.000 m² στην Αιόβα, με περισσότερα από 16 καταστήματα και εστιατόριο, εγκαταστάθηκαν 12 πολλαπλοί λέβητες δυναμικότητας 40 KWh ο καθένας. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του συστήματος, τα θερμικά οφέλη είναι περίπου 33% σε σχέση με ένα συμβατικό λέβητα αερίου.

[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ]

Μεθοδολογία ελέγχου απόδοσης καύσης

Δεδομένα μετρήσεων

Θερμοκρασία καυσαερίων: _____ °C (1)

Θερμοκρασία αέρα καύσης: _____ °C (2)

%O₂ στα καυσαέρια: _____ % (3)

%CO στα καυσαέρια: _____ % (4)

Περίσσεια αέρα: _____ % (5)

(από το διάγραμμα A.1)

Απώλειες ξηρών καυσαερίων _____ % (6)

(από το διάγραμμα A.2)

Απώλειες λόγω υδρογόνου: _____ % (7)

(από το διάγραμμα A.3)

Απώλειες από ακτινοβολία: _____ % (8)

(από το διάγραμμα A.5)

Απώλειες λόγω μονοξειδίου του άνθρακα: _____ % (9)

(από το διάγραμμα A.4)

Μη προβλέψιμες απώλειες: _____ %(10)

(Συνήθως 1%)

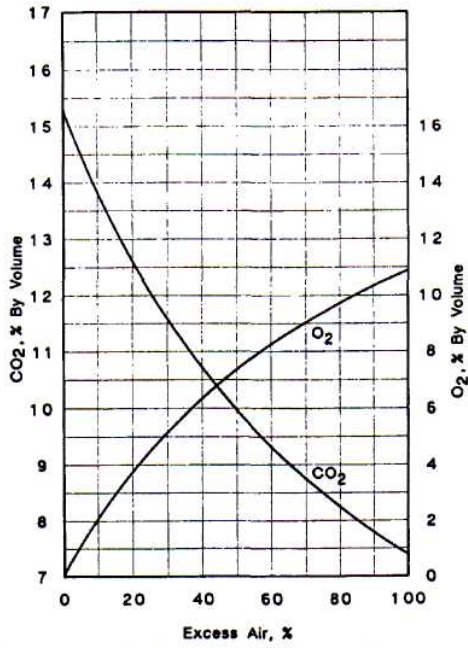
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

(Άθροισμα των (6) έως (10)): _____ % (11)

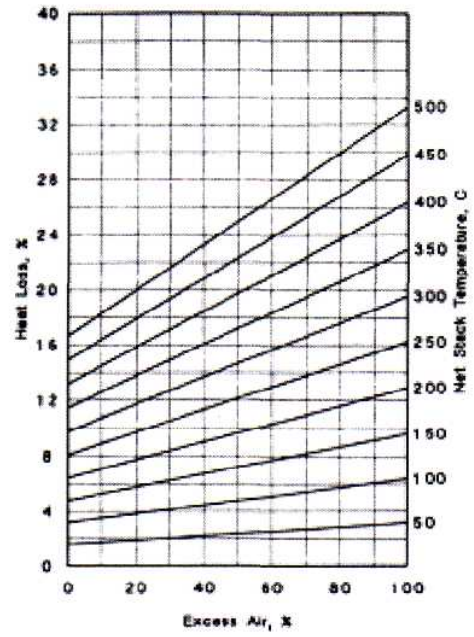
ΑΠΟΔΟΣΗ = 100 - (11)

= _____ %

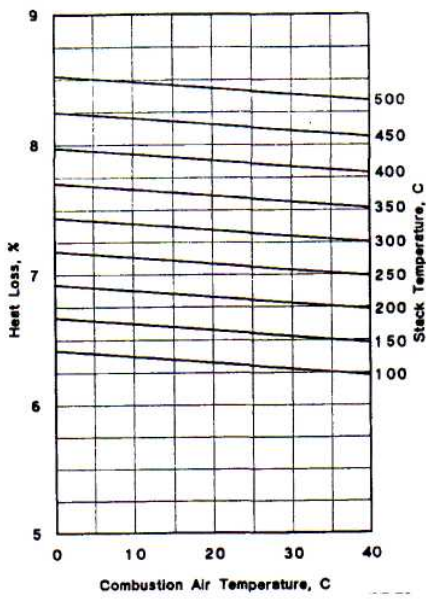
Σημείωση: Τα σχήματα που παρατίθενται στη συνέχεια ελήφθησαν από το εγχειρίδιο:
"Combustion",



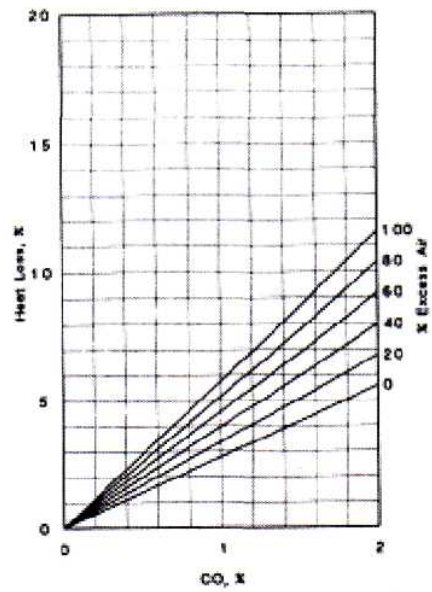
Διάγραμμα Α.1. Προσδιορισμός περίσσειας αέρα



Διάγραμμα Α.2. Απώλειες ξηρών καυσαερίων

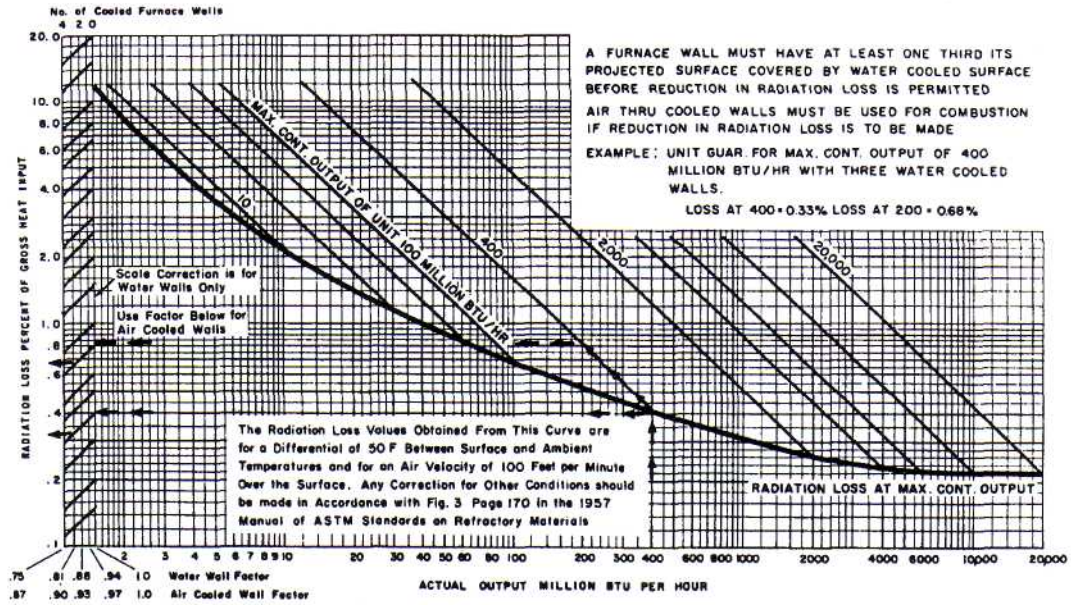


Διάγραμμα Α.3. Απώλειες λόγω υδρογόνου



Διάγραμμα Α.4. Απώλειες λόγω CO

RADIATION HEAT LOSS FROM BOILER WALLS



Διάγραμμα Α.5. Απώλειες από ακτινοβολία

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

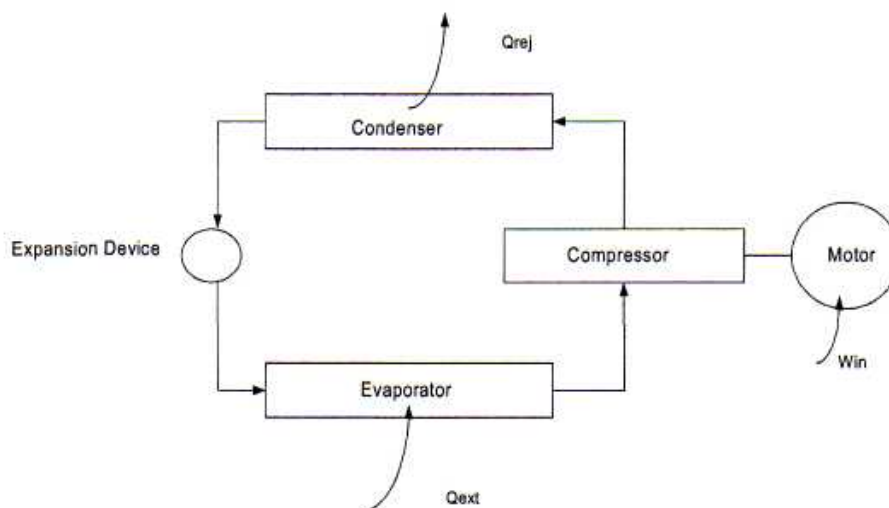
5.1. Εισαγωγή

Γενικά, τα ψυκτικά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές βιομηχανικής ψύξης, αποθήκευσης τροφίμων και κλιματισμού. Σύμφωνα με μια έρευνα που διεξήχθη στις ΗΠΑ (EIA, 1997), στα εμπορικά κτίρια χρησιμοποιούνται αρκετοί τύποι ψυκτικών συστημάτων, όπως είναι οι ολοκληρωμένες μονάδες κλιματισμού, τα κεντρικά συστήματα ψύξης, τα ατομικά κλιματιστικά, οι αντλίες θερμότητας, η τηλεψύξη, οι εξατμιστικοί ψύκτες. Από αυτά, οι ολοκληρωμένες κλιματιστικές μονάδες αποτελούν τον κυριότερο εξοπλισμό σε χρήση, τόσο ως ποσοστό στο σύνολο των κλιματιζόμενων κτιρίων (42%) όσο και στο σύνολο της κλιματιζόμενης επιφάνειας (55%). Από την άλλη, τα κεντρικά συστήματα ψύξης χρησιμοποιούνται μόνο στο 4% των κλιματιζόμενων κτιρίων, αλλά ψύχουν το 27% της συνολικής επιφάνειας.

Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι τα κεντρικά συστήματα ψύξης συνήθως χρησιμοποιούνται στα μεγαλύτερα κτίρια, ενώ οι ολοκληρωμένες μονάδες στα μικρότερα. Εξάλλου, μια εκτεταμένη έρευνα για τις ψυκτικές εγκαταστάσεις σε κτίρια γραφείων στην Ιαπωνία έδειξε ότι, το 48% της ενέργειας που χρησιμοποιείται σ' αυτά καταναλώνεται στον κλιματισμό. Από αυτό το 48%, οι απώλειες ενέργειας αποτελούν το 28% και μόνο το υπόλοιπο 20% αντιστοιχεί στην πραγματική παραγωγή της απαραίτητης ψυκτικής ενέργειας από το σύστημα ψύξης, αυξάνοντας επίσης τους ρύπους που εκλύονται προς το περιβάλλον. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στα εν χρήσει ψυκτικά συστήματα και στις αποδόσεις τους, ενώ παρατίθενται επίσης κάποια συνήθη μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης τους.

5.2. Βασικές αρχές της ψύξης

Ένα συνηθισμένο ψυκτικό σύστημα αποτελείται από αρκετές συνιστώσες, που περιλαμβάνουν ένα συμπιεστή, συμπυκνωτή, εξατμιστή, μία διάταξη διαστολής και βοηθητικό εξοπλισμό. Το σχήμα 5.1 παρουσιάζει ένα απλό σύστημα ψύξης όπου ο συμπιεστής οδηγείται από έναν κινητήρα.



Σχήμα 5.1. Σύνθηθες ψυκτικό σύστημα οδηγούμενο από ηλεκτρικό κινητήρα

Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόληψη της ψύξης γίνεται στον εξατμιστή, ενώ στο συμπυκνωτή γίνεται η απόρριψη της θερμότητας. Τόσο ο εξατμιστής όσο και ο συμπυκνωτής είναι εναλλάκτες θερμότητας. Στον εξατμιστή, η θερμότητα απάγεται προς το ψυκτικό μέσο από το νερό που κυκλοφορεί μέσα στις σερπαντίνες μιας μονάδας διαχείρισης του αέρα. Στον συμπυκνωτή, η θερμότητα απάγεται από το ψυκτικό μέσο και αποβάλλεται προς τον εξωτερικό αέρα (αερόψυκτοι συμπυκνωτές) ή σε νερό (υδρόψυκτοι συμπυκνωτές που συνδέονται με ψυκτικούς πύργους).

Ο συντελεστής απόδοσης (COP) καθορίζει την ενεργειακή αποδοτικότητα ενός ψυκτικού συστήματος και είναι ο λόγος της θερμότητας που απάγεται προς την απαιτούμενη παρεχόμενη ενέργεια. Στην περίπτωση των ηλεκτρικά οδηγούμενων ψυκτικών συστημάτων, σαν αυτό που παρουσιάζεται στο σχήμα 5.1, ο COP μπορεί να οριστεί ως: $COP=Q_{ext}/W_{in}$, όπου τα Q_{ext} και W_{in} εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες (δηλαδή W ή kW) ώστε ο COP να είναι αδιάστατος. Οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν τον COP για τα συστήματα τους υπό συνθήκες πλήρους φορτίου.

Η μέγιστη θεωρητική τιμή του COP αντιστοιχεί στον ιδανικό κύκλο Carnot, που αποτελείται από ισεντροπική συμπίεση και εκτόνωση και ισοθερμική εξάτμιση και συμπύκνωση. Στα πραγματικά συστήματα ψύξης δεν μπορεί να επιτευχθεί ο κύκλος Carnot, λόγω των απωλειών στη συμπίεση και την εκτόνωση του ψυκτικού μέσου, τις απώλειες πίεσης στις γραμμές μεταφοράς και τις απώλειες θερμότητας κατά την απόρριψη και την απορρόφηση. Πάντως, είναι χρήσιμη η σύγκριση του COP ενός πραγματικού ψυκτικού συστήματος με αυτή του κύκλου Carnot που λειτουργεί μεταξύ των ιδίων θερμοκρασιών για την εκτίμηση των δυνατοτήτων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κατά το σχεδιασμό των ψυκτικών μονάδων.

Ο COP του ιδανικού κύκλου Carnot μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει της απόλυτης θερμοκρασίας του εξατμιστή (T_c - η χαμηλότερη θερμοκρασία του κύκλου) και του συμπυκνωτή (T_H - η υψηλότερη θερμοκρασία του κύκλου) ως ακολούθως:

$$COP_{Carnot} = \frac{T_c}{T_H - T_c} \quad (5.1)$$

Με τη χρήση των τυπικών συνθηκών για ψύκτες νερού σύμφωνα με τα πρότυπα ARI 550/590 (1998) ($T_H=308$ K και $T_c=280$ K), ο COP_{Carnot} υπολογίζεται σε 9,88. Σήμερα, οι πιο αποδοτικοί φυγοκεντρικοί ψύκτες έχουν COP περίπου 7,0 (70% του ιδανικού, σύμφωνα με τον κύκλο Carnot).

Η ισχύς των ψυκτικών συστημάτων εκφράζεται σε kW και καθορίζεται από τη μέγιστη ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να εξαχθεί. Οι κατασκευαστές

των ψυκτικών συστημάτων εκφράζουν την ισχύ τους σε τόνους (1 ton είναι περίπου 3,516 kW) και την ενεργειακή τους απόδοση σε kW/ton. Επίσης, η ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικά οδηγούμενων ψυκτικών συστημάτων μπορεί να εκφραστεί με το λόγο ενεργειακής αποδοτικότητας (EER), που είναι ο λόγος της θερμότητας που εξάγεται (σε Btu/h) προς την απαιτούμενη παρεχόμενη ενέργεια (σε Watt). Έτσι, η σχέση μεταξύ EER και COP είναι: $EER=3,414COP$.

Τα παραπάνω ισχύουν για τις ΗΠΑ, αφού στην Ευρώπη ο EER ορίζεται ως ακριβώς ίδιος με τον COP. Πάντως, το υφιστάμενο Ευρωπαϊκό πρότυπο EN814 (CENELEC, 1997) καθορίζει ότι ο όρος COP πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για τη λειτουργία θέρμανσης των αντλιών θερμότητας. Στις άλλες περιπτώσεις, για τη δήλωση της ενεργειακής απόδοσης των κλιματιστικών και των αντλιών θερμότητας το πρότυπο απαιτεί τη χρήση του όρου EER. Το πρότυπο ARI 550/590 επιτρέπει τη δήλωση της ενεργειακής απόδοσης των ψυκτικών συστημάτων νερού που χρησιμοποιούν κύκλο συμπύεσης ατμού με μια από τις τρεις παραμέτρους COP, EER ή kW/ton.

Εφόσον τα ψυκτικά συστήματα λειτουργούν συχνά υπό συνθήκες μερικού φορτίου κατά τη διάρκεια του έτους, έχουν προταθεί και άλλοι συντελεστές απόδοσης στην προσπάθεια για καλύτερη εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης των ψυκτικών μονάδων σε ένα μεγάλο εύρος συνθηκών λειτουργίας. Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τέτοιες παράμετροι, ο λόγος εποχιακής ενεργειακής απόδοσης (SEER) και η τιμή του ολοκληρωμένου μερικού φορτίου (IPLV). Το πρότυπο ARI 550/590 ορίζει την τιμή IPLV με τη σχέση: $IPLV = 0,01xA+0,42xB+0,45xC+0,12xD$, με A τον COP (ή τον EER) σε 100% φορτίο, B σε 75%, C σε 50% και D σε 25% φορτίο.

5.3. Τύποι των ψυκτικών συστημάτων

Όπως αναφέρθηκε ήδη, υπάρχουν σήμερα αρκετοί τύποι ψυκτικών συστημάτων για τον κλιματισμό χώρων, οι πιο συνηθισμένοι από τους οποίους

ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα αυτόνομα συστήματα και τους κεντρικούς ψύκτες.

5.3.1. Αυτόνομα κλιματιστικά συστήματα

Τα συστήματα αυτά είναι συνήθως εργοστασιακά συναρμο-λογημένες μονάδες που αποδίδουν είτε μόνο ψύξη είτε και θέρμανση, και περιλαμβάνουν τις ολοκληρωμένες μονάδες κλιματισμού, τα ατομικά κλιματιστικά, τις μονάδες κλιματισμού οικιακού τύπου και τις αντλίες θερμότητας. Σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα, τα αυτόνομα κλιματιστικά έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής και μικρότερη απόδοση. Συνήθως εγκαθίστανται σε μικρά εμπορικά κτίρια (με λιγότερους από τρεις ορόφους), δηλαδή σε μικρά κτίρια γραφείων, εμπορικά καταστήματα ή σχολεία.

Οι ολοκληρωμένες κλιματιστικές μονάδες είναι συμπαγή συστήματα τοποθετημένα σε κλειστούς θαλάμους, και περιλαμβάνουν:

- *Συστήματα οροφής*, τα οποία συνήθως τοποθετούνται στην οροφή. Για εμπορικά κτίρια, οι μονάδες αυτές διατίθενται για την κάλυψη φορτίων από 17 έως 70KW, αν και οι κατά παραγγελία μονάδες μπορούν να φθάσουν σε ισχύ τα 350 KW. Για τις κατοικίες, η συνηθισμένη ισχύς είναι μεταξύ 3 και 7 KW. Οι περισσότερες μονάδες είναι εξοπλισμένες με ένα σύστημα θέρμανσης (ενσωματωμένο λέβητα αερίου, ηλεκτρική αντίσταση, κ.λπ.) ώστε να παρέχουν και ψύξη και θέρμανση.
- *Κάθετα ολοκληρωμένα συστήματα*, τα οποία συνήθως σχεδιάζονται για εσωτερική εγκατάσταση. Τα περισσότερα συστήματα έχουν υδρόψυκτους συμπυκνωτές.
- *Διαιρούμενα ολοκληρωμένα συστήματα*, στα οποία ο αερόψυκτος συμπυκνωτής και ο συμπιεστής συνήθως εγκαθίστανται εξωτερικά του χώρου και ο εξατμιστής εγκαθίσταται σε μία εσωτερική μονάδα διαχείρισης του αέρα.

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ψύξη και για θέρμανση με απλή αντιστροφή της ψυκτικής ροής μέσα σ' αυτές. Η καταβόθρα της θερμότητας (ή πηγή της) για την αντλία θερμότητας μπορεί να είναι ο αέρας, το νερό ή το έδαφος. Για εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές, οι αντλίες

θερμότητας αέρα-αέρα έχουν ισχύ μέχρι 90 KW, ενώ οι υδρονικές αντλίες θερμότητας μπορεί να έχουν υψηλότερο ψυκτικό δυναμικό. Οι αντλίες θερμότητας που συνδιάζονται με το έδαφος είναι ακόμη μικρού μεγέθους και είναι κατάλληλες περισσότερο για οικιακές εφαρμογές.

5.3.2. Κεντρικά ψυκτικά συστήματα

Στα μεγάλα κτίρια χρησιμοποιούνται κεντρικά ψυκτικά συστήματα που ψύχουν νερό για τον κλιματισμό των χώρων. Αυτά μπορεί να τροφοδοτούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες, θερμό νερό ή ατμό, μηχανές συμβατικών καυσίμων ή στροβιλοκινητήρες. Παρακάτω περιγράφονται οι διάφοροι τύποι των κεντρικών ψυκτικών συστημάτων.

Ηλεκτρικοί ψύκτες: Αυτοί χρησιμοποιούν κύκλο μηχανικής συμπίεσης ατμού. Σήμερα διατίθενται στην αγορά τρεις κύριοι τύποι ηλεκτρικών ψυκτών, ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου συμπιεστή:

- Οι *φυγοκεντρικοί συμπιεστές* χρησιμοποιούν περιστρεφόμενα στροφέια για την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας του ψυκτικού αερίου. Οι ψύκτες με φυγοκεντρικούς συμπιεστές έχουν δυναμικότητες που κυμαίνονται από 300 μέχρι 25000 KW. Για ισχύ μεγαλύτερη των 4500 KW, οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές συναρμολογούνται επιτόπου.
- Οι *παλινδρομικοί συμπιεστές* χρησιμοποιούν έμβολα για την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας των ψυκτικών αερίων. Δύο ή περισσότεροι συμπιεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό συνθήκες μερικού φορτίου για την επίτευξη υψηλότερων λειτουργιών απόδοσης. Δυναμικότητες μεταξύ 35 και 700 KW είναι συνήθεις για τις ψυκτικές μονάδες με παλινδρομικούς συμπιεστές.
- Οι *περιστροφικοί συμπιεστές* χρησιμοποιούν περιστροφικές κινήσεις για την αύξηση της πίεσης του ψυκτικού αερίου. Ένας από τους πιο εξελιγμένους περιστροφικούς συμπιεστές είναι ο ελικοειδής, ενώ πιο συμβατικοί είναι οι κοχλιωτοί, που έχουν αρκετές παραλλαγές.

Η ισχύς των περιστροφικών ψυκτών μπορεί να κυμαίνεται από 3 έως 1750 KW

Μηχανικά οδηγούμενοι ψύκτες: Όπως και οι ηλεκτρικά οδηγούμενοι, αυτοί οι ψύκτες χρησιμοποιούν παλινδρομικούς, περιστροφικούς ή φυγοκεντρικούς

συμπιεστές για να παράγουν μηχανική ψύξη, και μπορεί να τροφοδοτούνται από στροβιλοκινητήρες ή κινητήρες συμβατικών καυσίμων. Οι μηχανικά οδηγούμενοι ψύκτες μπορούν να έχουν ισχύ μέχρι 15000 KW, αλλά έχουν συνήθως υψηλό αρχικό κόστος.

Ψύκτες απορρόφησης: Αυτοί λειτουργούν με χρήση ενός κύκλου συγκέντρωσης-διάλυσης για να μεταβάλλουν το ενεργειακό επίπεδο του ψυκτικού ρευστού (νερό), με τη χρήση βρωμιούχου λιθίου για την εναλλακτική απορρόφηση της θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες και την απόρριψη της σε υψηλές. Ένας συνήθης ψύκτης απορρόφησης περιλαμβάνει έναν εξατμιστή, μία διάταξη συγκέντρωσης, ένα συμπυκνωτή και έναν απορροφητή. Αυτοί οι ψύκτες μπορεί να είναι άμεσης (με τη χρήση φυσικού αερίου ή πετρελαίου) ή έμμεσης θέρμανσης:

- Οι άμεσης θέρμανσης ψύκτες απορρόφησης καθίστανται οικονομικά αποδοτικοί όταν η τιμή του φυσικού αερίου είναι χαμηλή και διατίθενται στην αγορά σε δύο τύπους: μονής και διπλής δράσης.
- Μερικοί από αυτούς χρησιμοποιούνται για να παράγουν ταυτόχρονα ψυχρό και θερμό νερό (γνωστοί ως ψύκτες/θερμαντήρες), και μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικοί ειδικά όταν υφίστανται κατά την περίοδο δροσισμού και ανάγκες θέρμανσης (π.χ. σε κτίρια με μεγάλη ζήτηση ζεστού νερού χρήσης). Η δυναμικότητα τους κυμαίνεται από 100 μέχρι 5000 KW.
- Οι έμμεσης θέρμανσης ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν με ατμό (χαμηλής πίεσης, μέχρι 15 psig) ή θερμό νερό (χαμηλής θερμοκρασίας, μέχρι 140°C) από κάποιο λέβητα, δίκτυο τηλεθέρμανσης ή βιομηχανική διεργασία. Εξάλλου, έχουν ήδη μελετηθεί και αναλυθεί μικροί ψύκτες απορρόφησης που χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια. Διατίθενται μονάδες με ψυκτική ισχύ από 15 μέχρι 425 KW, αν και τα συνηθισμένα μεγέθη κυμαίνονται μεταξύ 200 και 5000 KW.

Διπλής δράσης ψύκτες αυτού του είδους πρέπει να μελετώνται μόνο σε περιπτώσεις ατμού ή νερού υψηλής θερμοκρασίας ή με θερμά βιομηχανικά καυσαέρια.

5.4. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

5.4.1. Σχέσεις που χρησιμοποιούνται

Για τη μείωση της χρησιμοποιούμενης στα ψυκτικά συστήματα ενέργειας, η ενεργειακή αποδοτικότητα του εξοπλισμού πρέπει να είναι βελτιωμένη στις συνθήκες τόσο πλήρους όσο και μερικού φορτίου. Γενικά, η βελτίωση της αποδοτικότητας των ψυκτικών συστημάτων μπορεί να επιτευχθεί με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων ψυκτικών συστημάτων με άλλα πιο αποδοτικά.
- Βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων ελέγχου των ψυκτικών εγκαταστάσεων.
- Με τη χρήση εναλλακτικών ψυκτικών συστημάτων.

Η προκύπτουσα εξοικονόμηση ενέργειας από τη μετασκευή ενός ψυκτικού συστήματος μπορεί να εκτιμηθεί με τη χρήση της απλής αλλά γενικευμένης σχέσης:

$$\Delta E_c = \left(\frac{Q_c \cdot N_{h,c} \cdot LFC}{SEER} \right)_e - \left(\frac{Q_c \cdot N_{h,c} \cdot LFC}{SEER} \right)_r \quad (5.2)$$

Οι δείκτες e και r δηλώνουν τις τιμές των παραμέτρων πριν και μετά τη μετασκευή της ψυκτικής μονάδας, $SEER$ είναι ο λόγος εποχιακής απόδοσης της μονάδας, Q_c η ονομαστική ισχύς του συστήματος, $N_{h,c}$ ο αριθμός των ισοδύναμων ωρών ψύξης υπό πλήρες φορτίο, και LFC είναι ο ονομαστικός συντελεστής φορτίου (ο λόγος του μέγιστου δυνατού ψυκτικού φορτίου προς την ονομαστική ισχύ του εξοπλισμού), που εκφράζει την υπερδιαστασιολόγηση της ψυκτικής μονάδας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι μονάδες των Q_c και $SEER$ πρέπει να είναι συμβατές, οπότε εάν ο $SEER$ δεν έχει μονάδες (για την Ευρώπη), η Q_c πρέπει να εκφράζεται σε kW. Όταν η μετασκευή επιδρά μόνο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του ψυκτικού συστήματος, δηλαδή μεταβάλλεται μόνο ο $SEER$, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$\Delta E_c = Q_c \cdot N_{h,c} \cdot LFC \cdot \left(\frac{1}{SEER_e} - \frac{1}{SEER_r} \right) \quad (5.3)$$

Στα επόμενα, περιγράφονται μερικά συνήθη μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόζονται στα ψυκτικά συστήματα, μαζί με παραδείγματα υπολογισμού της προκύπτουσας εξοικονόμησης στην κατανάλωση ενέργειας.

5.4.2. Αντικατάσταση της ψυκτικής μονάδας

Η αντικατάσταση της υφιστάμενης ψυκτικής μονάδας με μία νέα και πιο αποδοτική μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη. Τελευταία, έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις στην ολική απόδοση των ψυκτικών μονάδων κύκλου συμπίεσης με την εμφάνιση των ψυκτών με δύο συμπιεστές, των φυγοκεντρικών ψυκτών μεταβλητής ταχύτητας και των ψυκτών ελικοειδούς συμπιεστή. Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή αυτών των διατάξεων, με μια εκτίμηση της ενεργειακής τους απόδοσης:

- Οι ψυκτικές μονάδες πολλαπλών συμπιεστών μπορεί να είναι παλινδρομικές, κοχλιωτές ή φυγοκεντρικές, με δυναμικότητες μεταξύ 100 και 7000 kW. Είναι ενεργειακά αποδοτικές, ειδικά όταν λειτουργούν υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Από σχετικές μελέτες προκύπτει ότι, οι ψύκτες πολλαπλών συμπιεστών μπορούν να εξοικονομήσουν μέχρι και 25% της ψυκτικής ενέργειας που χρησιμοποιείται σε σχέση με τους ψύκτες ενός συμπιεστή (Tuluca, 1997).
- Οι ψύκτες με συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας είναι συνήθως φυγοκεντρικοί και λειτουργούν με μεταβλητή υδροστατική πίεση με τη χρήση κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας, αποδίδοντας έτσι καλύτερα όταν το ψυκτικό τους φορτίο είναι τον περισσότερο χρόνο κάτω του μεγίστου. Η συνήθης ισχύς τους κυμαίνεται μεταξύ 500 και 2500 kW. Έχει βρεθεί ότι, οι ψύκτες με συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 50% (Tuluca, 1997).
- Ο ελικοειδής συμπιεστής είναι ένας περιστροφικός συμπιεστής με δύο κύριες συνιστώσες, μία σταθερή και μία κινούμενη έλικα, που χρειάζονται και οι δύο για να αυξήσουν την πίεση του ψυκτικού ρευστού. Οι ελικοειδείς συμπιεστές είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτικοί από τους φυγοκεντρικούς, αφού μειώνονται οι απώλειες θερμότητας μεταξύ των

αερίων εκτόνωσης και αναρρόφησης. Ο COP των ελικοειδών ψυκτικών συστημάτων υπερβαίνει το 3,2.

Το παρακάτω παράδειγμα δίνει ένα δείγμα των υπολογισμών που γίνονται για τον καθορισμό της οικονομικής αποδοτικότητας της αντικατάστασης της υφιστάμενης ψυκτικής μονάδας με μία άλλη υψηλής απόδοσης.

Παράδειγμα 5.1: Μία υφιστάμενη ψυκτική μονάδα με ισχύ 800 kW και μέσο εποχιακό COP 3,5 πρόκειται να αντικατασταθεί με μία νέα ψυκτική μονάδα με την ίδια ισχύ αλλά με μέσο εποχιακό COP 4,5. Να καθοριστεί η απλή περίοδος αποπληρωμής της αντικατάστασης εάν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι \$0,07/kWh και το κόστος εγκατάστασης του νέου ψύκτη \$15.000. Θεωρείται ότι ο αριθμός των ισοδύναμων ωρών πλήρους φορτίου του ψύκτη είναι 1000 ανά έτος, τόσο πριν όσο και μετά την αντικατάσταση.

Λύση: Σ' αυτό το παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να υπολογισθεί από την εξίσωση (5.3) με $SEER_e=3,5$, $SEER_r=4,5$, $N_{h,c}=1000$ και $Q_c=800$ kW ($LF_C=1$, υποθέτοντας ότι η ψυκτική μονάδα έχει διαστασιοποιηθεί σωστά):

$$\Delta E_c = 800KW \cdot 1000hrs / \epsilon\tau\omicron\varsigma \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{4,5} \right) = 50.800KWh / \epsilon\tau\omicron\varsigma$$

Επομένως, η απλή περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης σε ψυκτική μονάδα υψηλής απόδοσης εκτιμάται ως ακολούθως:

$$SPB = \frac{\$15.000}{50.800KWh / \epsilon\tau\omicron\varsigma \cdot \$0,07 / KWh} = 4,2\epsilon\tau\eta$$

Πιθανώς απαιτείται η ανάλυση του κόστους στον κύκλο ζωής για να εξασφαλισθεί πλήρως η αποδοτικότητα της επένδυσης σε μια ψυκτική μονάδα υψηλής απόδοσης.

Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να χρειάζονται αντικατάσταση μόνο μερικά μέρη του ψυκτικού συστήματος. Πράγματι, στα τέλη του 1995 τέθηκαν σε ισχύ κανονισμοί που διέκοψαν την παραγωγή και χρήση των CFC

(περιλαμβανομένων των R-11 και R-12), λόγω της επίδρασης τους στο στρώμα του όζοντος. Εφόσον τα CFC έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα ως ψυκτικά ρευστά στα κλιματιστικά και τα ψυγεία, τα υφιστάμενα αποθέματα τους μειώθηκαν σημαντικά και έχουν ακριβύνει. Επομένως, η αντικατάσταση και η μετασκευή των ψυκτικών μονάδων με CFC ώστε να λειτουργούν με άλλα ψυκτικά ρευστά καθίστανται ελκυστικές επιλογές.

Έτσι, εάν ο υφιστάμενος ψύκτης είναι σχετικά καινούριος (κάτω των 10 ετών), μπορεί να μην είναι οικονομικά αποδοτική η πλήρης αντικατάσταση του με ένα μη-CFC νεώτερο. Τότε, η οικονομικότερη επιλογή πιθανόν να είναι μόνο η μετασκευή του ψύκτη ώστε να λειτουργεί με μη-CFC. Πάντως, τα μη-CFC ψυκτικά ρευστά (π.χ. τα R-134 και R-717) μπορεί να μειώσουν την ψυκτική ισχύ του ψύκτη λόγω των ιδιοτήτων τους. Ευτυχώς, αυτή η απώλεια στην ενεργειακή απόδοση μπορεί να περιοριστεί μέσω της αναβάθμισης μερικών τμημάτων του ψυκτικού συστήματος, όπως των στροφείων, των στομίων και φλαντζών, ακόμη και των συμπιεστών.

Σε μερικές περιπτώσεις, η αναβάθμιση μπορεί πράγματι να βελτιώσει την απόδοση της ψυκτικής μονάδας. Μερικές από τις τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης των υφιστάμενων ψυκτικών μονάδων περιλαμβάνουν:

- την αύξηση της επιφάνειας του εξατμιστή και του συμπυκνωτή για αποδοτικότερη μεταφορά της θερμότητας,
- βελτιώσεις στην απόδοση και στο σύστημα ελέγχου του συμπιεστή,
- τη μεγέθυνση των σωληνώσεων του ψυκτικού ρευστού για τη μείωση των τριβών,
- την απολύμανση του νερού του συμπυκνωτή για την αποφυγή επικαθίσεων και βιολογικής ρύπανσης.

Η υπερδιαστασιολόγηση είναι ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να εγγραφεί την οικονομικότητα αντικατάστασης των ψυκτικών συστημάτων. Πράγματι, αρκετοί υφιστάμενοι ψύκτες έχουν δυναμικότητα σημαντικά μεγαλύτερη από το μέγιστο ψυκτικό τους φορτίο και λειτουργούν αποκλειστικά υπό συνθήκες μερικού φορτίου, με μειωμένη απόδοση και κατά συνέπεια

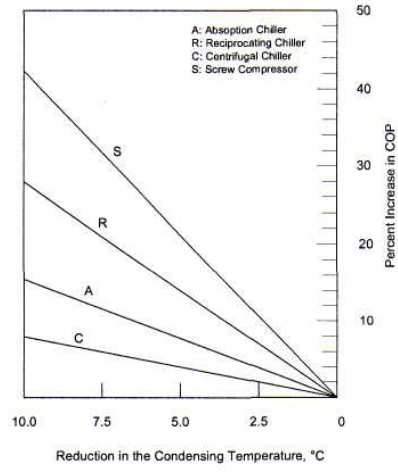
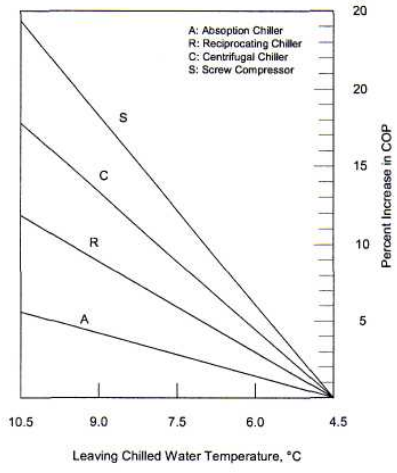
αυξημένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Όταν οι υπερδιαστασιολογημένοι ψύκτες έχουν ηλικία άνω των 10 ετών, μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική η αντικατάστασή τους με μικρότερους και πιο αποδοτικούς, που να λειτουργούν με άνευ CFC ψυκτικά ρευστά.

5.4.3. Βελτίωση του συστήματος ελέγχου της ψυκτικής μονάδας

Πριν την αντικατάσταση του υφιστάμενου ψύκτη, συνιστάται να μελετώνται τα εναλλακτικά ψυκτικά συστήματα ή κάποιες απλές παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά συνήθη και αποδεκτά εναλλακτικά συστήματα ψύξης. Τα άλλα μέτρα περιλαμβάνουν τη χρήση αυτομάτων ελέγχων για:

1. την τροφοδοσία με κρύο νερό στην υψηλότερη θερμοκρασία που ανταποκρίνεται στο ψυκτικό φορτίο,
2. τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας του συμπυκνωτή (στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές) όταν μειώνεται η θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα.

Πράγματι, η απόδοση του ψύκτη εξαρτάται όχι μόνο από το ψυκτικό φορτίο αλλά και από τη θερμοκρασία τροφοδοσίας του κρύου νερού και τη θερμοκρασία του νερού του συμπυκνωτή. Η απόδοση του κύκλου Carnot (εξ. 5.1) δείχνει ότι ο COP αυξάνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία του συμπυκνωτή (T_H) ή όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του εξατμιστή (T_C). Για τους συνήθεις ψύκτες νερού, χρησιμοποιείται το σχήμα 5.2 για τον καθορισμό της βελτίωσης στον COP του ψύκτη όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του εξερχόμενου νερού και το σχήμα 5.3 για να εκτιμηθεί η επίδραση της μείωσης της θερμοκρασίας του συμπυκνωτή στον COP του συστήματος.



Σχήμα 5.2. Σχέση της θερμοκρασίας εξόδου του κρύου νερού με τον COP του ψύκτη

Σχήμα 5.3. Σχέση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης με τον COP του ψύκτη

Παράδειγμα 5.2: Ένας φυγοκεντρικός ψύκτης με ισχύ 500 kW και μέσο εποχιακό COP 4,0 λειτουργεί με θερμοκρασία εξόδου του κρύου νερού 4,5 °C. Να καθοριστεί το οικονομικό όφελος που επέρχεται από την εγκατάσταση ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου που επιτρέπει στη θερμοκρασία του νερού εξόδου να είναι κατά μέσο όρο 2,5°C υψηλότερη. Ο αριθμός των ισοδύναμων ωρών πλήρους φορτίου του ψύκτη είναι 1500 ανά έτος και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι \$0,07/kWh.

Λύση: Από το σχήμα 5.2, η αύξηση στον COP για ένα φυγοκεντρικό ψύκτη λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας εξόδου του κρύου νερού από 4,5°C σε 7,0°C είναι 8% περίπου. Η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας μπορεί να εκτιμηθεί από την εξίσωση (5.3), με $SEER_e=4,0$, $SEER_r=4,0 \times 1,08=4,32$, $N_{h,c}=1500$ και $Q_c=500$ kW ($LF_C=1$, υποθέτοντας ότι ο ψύκτης έχει διαστασιοποιηθεί σωστά):

$$\Delta E_c = 500 \text{ kW} \cdot 1500 \text{ hrs} / \text{έτος} \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1}{4,0} - \frac{1}{4,32} \right) = 13.890 \text{ kWh} / \text{έτος}$$

Επομένως, το οικονομικό όφελος είναι \$970.

5.4.4. Εναλλακτικά ψυκτικά συστήματα

Υπάρχουν διάφορα εναλλακτικά συστήματα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τη μείωση (ή και την εξάλειψη) των ψυκτικών φορτίων στα υφιστάμενα ψυκτικά συστήματα. Μεταξύ αυτών είναι:

- Οι εξοικονομητές νερού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Αντί να λειτουργούν οι ψύκτες για τον κλιματισμό, το νερό μπορεί να ψύχεται μόνο με τη χρήση πύργων ψύξης και να κυκλοφορεί άμεσα στις σερπαντίνες, είτε μέσω του κανονικού κυκλώματος του κρύου νερού είτε μέσω εναλλακτών θερμότητας.
- Η εξατμιστική ψύξη είναι μια καθιερωμένη τεχνική που χρησιμοποιεί νέφη νερού ή ένα υγραινόμενο υλικό για να ψύχει τον αέρα τροφοδοσίας,

επιτρέποντας στις θερμοκρασίες να πλησιάσουν τη θερμοκρασία υγρού βολβού του περιβάλλοντος.

Η άμεση εξατμιστική ψύξη υγροποιεί τον αέρα τροφοδοσίας όταν μειώνεται η θερμοκρασία του, ενώ η έμμεση εξατμιστική ψύξη γίνεται μέσω εναλλακτών θερμότητας αέρα-αέρα χωρίς προσθήκη υγρασίας, και είναι λιγότερο αποδοτική και ακριβότερη από την άμεση. Πέρα από την όποια κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδότηση των ανεμιστήρων), και οι δύο μέθοδοι καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες νερού. Η εξατμιστική ψύξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του φορτίου ενός συμβατικού συστήματος κλιματισμού σε κλίματα με ξηρές συνθήκες περιβάλλοντος, είτε καθ' όλο το έτος είτε σε ορισμένες περιόδους. Ο μέσος COP των συστημάτων εξατμιστικής ψύξης μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως 20, ανάλογα με το κλίμα (Huang, 1991).

- Η ξηραντική ψύξη είναι μία αντίστροφη εξατμιστική ψύξη, εφόσον η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται και μειώνεται η υγρασία του. Στη συνέχεια, ο ξηρός αέρας ψύχεται με χρήση εναλλακτών θερμότητας σε επαφή με τον αέρα περιβάλλοντος. Τέλος, ο αέρας ψύχεται περαιτέρω με τη βοήθεια εξατμιστικής ψύξης. Είναι αναγκαία μία πηγή θερμότητας για την αναγέννηση του ξηραντικού μέσου, μετά την απορρόφηση του νερού από τον αέρα. Η ξηραντική ψύξη χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές και σπανιότερα στον εμπορικό τομέα.
- Η υπόψυξη του ψυκτικού μέσου συνήθως αυξάνει το δυναμικό της ψύξης και μπορεί να μειώσει την ισχύ συμπίεσης, αυξάνοντας έτσι τη συνολική απόδοση του ψυκτικού συστήματος. Απαιτεί την προσθήκη ενός εναλλάκτη θερμότητας για τη μείωση της ενθαλπίας του ψυκτικού ρευστού που εισέρχεται στον εξατμιστή, με αποτέλεσμα την αύξηση της ψυκτικής ισχύος. Τρεις είναι οι συνήθειες τεχνολογίες υπόψυξης:
 1. μία που χρησιμοποιεί εναλλάκτη θερμότητας στη γραμμή συστήματος συμπίεσης του ατμού ως καταβόθρα θερμότητας,
 2. η δεύτερη χρησιμοποιεί ένα δεύτερο μηχανικά οδηγούμενο κύκλο συμπίεσης ατμού συζευγμένο με τον κύριο κύκλο που χρησιμοποιεί έναν εναλλάκτη θερμότητας υπόψυξης τοποθετημένο κατάντι του συμπυκνωτή, και

3. η τρίτη τεχνολογία απαιτεί μια εξωτερική καταβόθρα θερμότητας, όπως είναι ένας μικρός πύργος ψύξης ή ένας βρόγχος νερού εδάφους.

Η υπόψυξη χρησιμοποιείται από παλιά σε ψυκτικά συστήματα μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας. Σήμερα, μερικοί κατασκευαστές ολοκληρωμένων και διαιρούμενων κλιματιστικών και αντλιών θερμότητας εφοδιάζουν με συσκευές υπόψυξης τα συστήματα τους που λειτουργούν με εναλλακτικά ψυκτικά μέσα (όπως το R-134a).

6. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Γιατί να στραφούμε στην ηλιακή ενέργεια;

Για να καλύψουμε δύο τουλάχιστον ανάγκες. Την **ανάγκη σε ενέργεια** και την **ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον**. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο "αέριο του θερμοκηπίου" που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.



Συμφέρει η ηλιακή ενέργεια;

Ναι, στις περιπτώσεις εκείνες όπου παρέχονται κίνητρα και υπάρχει ξεκάθαρη πολιτική στήριξης της ηλιακής τεχνολογίας. Όταν, για παράδειγμα, **παρέχεται ενισχυμένη τιμή της πωλούμενης ηλιακής κιλοβατώρας (όπως ισχύει πλέον και στη χώρα μας)**, τότε, ο καταναλωτής όχι μόνο κάνει απόσβεση της επένδυσης αλλά έχει και ένα λογικό κέρδος από την

παραγωγή και τροφοδοσία πράσινης ενέργειας στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις πάλι των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων σε εφαρμογές εκτός δικτύου, η ανταγωνιστική τεχνολογία είναι οι πανάκριβες στη λειτουργία τους, θορυβώδεις και ρυπογόνες ηλεκτρογεννήτριες, οπότε τα φωτοβολταϊκά είναι μια συμφέρουσα εναλλακτική λύση.

Γιατί να διαλέξουμε τα φωτοβολταϊκά;

Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Τα φωτοβολταϊκά εγγυώνται:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

Η ηλιακή ενέργεια είναι **καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη**. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει **ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία**.

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον **απόλυτο έλεγχο** στον καταναλωτή και **άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια**. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην **ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας**. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας

της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν **αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες, δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.**

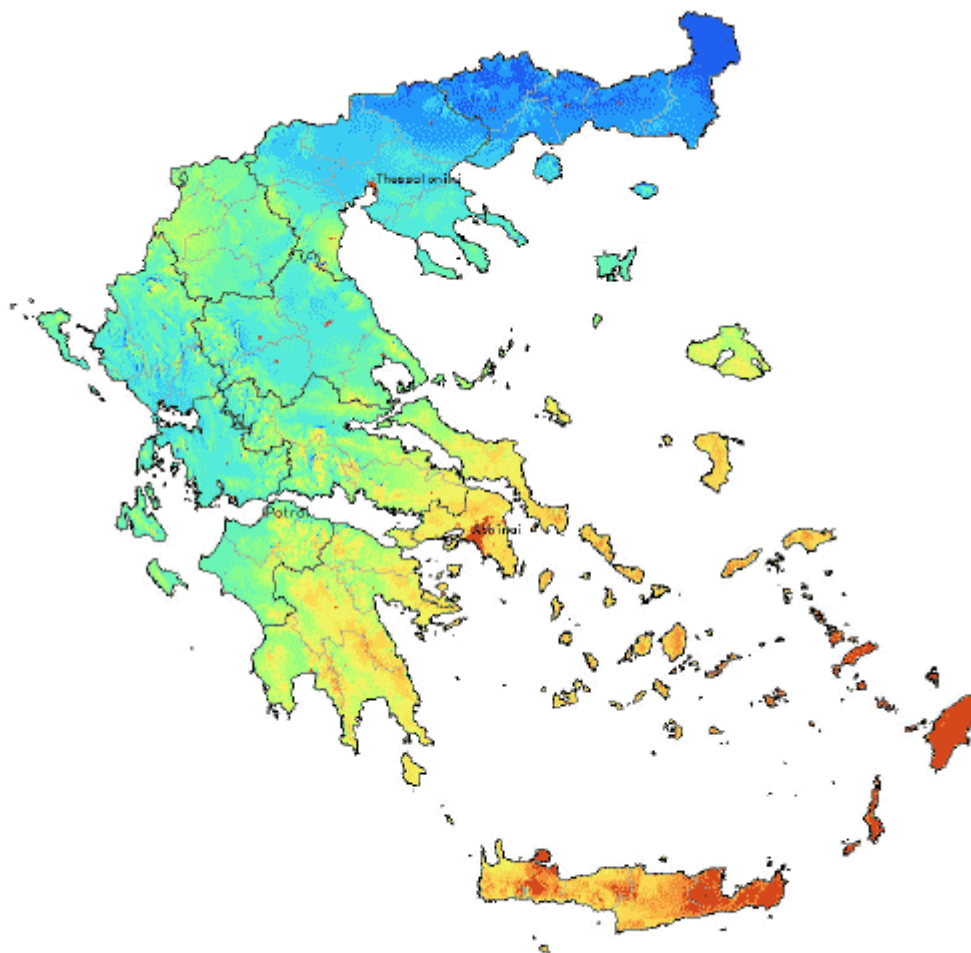
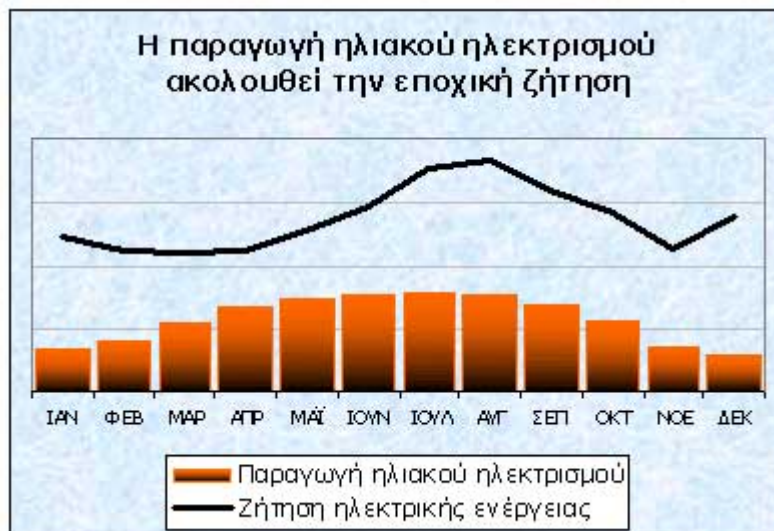
Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. **Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους.** Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10,6% κατά μέσο όρο). Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ.

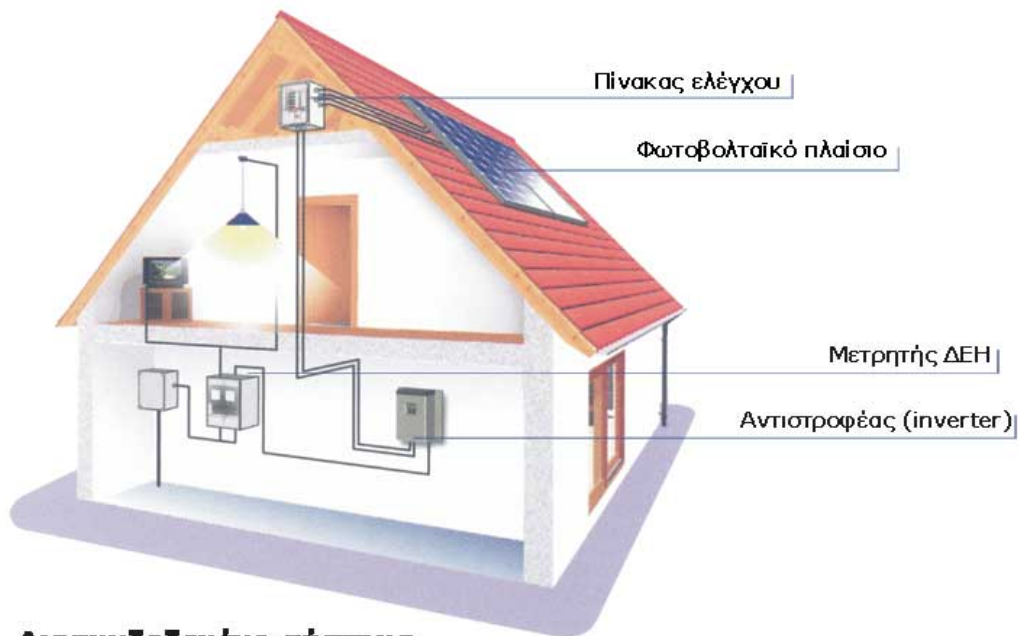




Χαμηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ■ ■ Υψηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού

Υπάρχουν δύο τρόποι να χρησιμοποιήσει κανείς τα φωτοβολταϊκά. Σε συνεργασία με το δίκτυο της ΔΕΗ ή ανεξάρτητα από αυτό:

1. Ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (**διασυνδεδεμένο σύστημα**). Στην περίπτωση αυτή, πουλάει κανείς το ηλιακό ρεύμα στη ΔΕΗ έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής και συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ όπως και σήμερα. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας.
2. Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα **αυτόνομο σύστημα** που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.



Διασυνδεδεμένο σύστημα
(ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ)

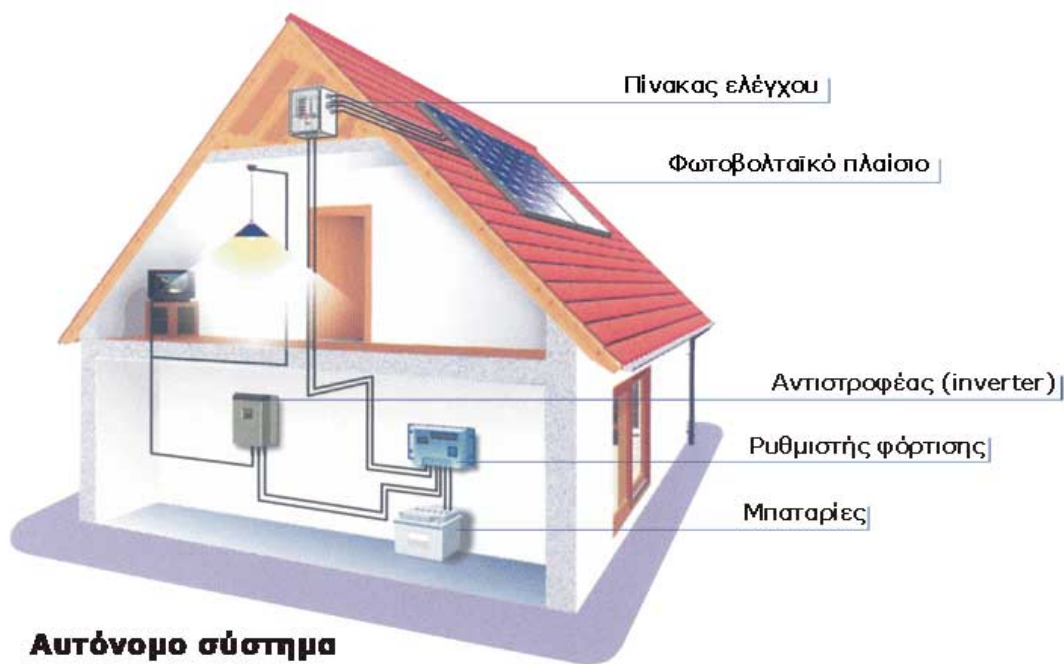
Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για **παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής - UPS)**. Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.

Τα φωτοβολταϊκά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απ'ευθείας σε ηλεκτρική. Τις ημέρες που δεν έχει ήλιο ή τη νύχτα, τι γίνεται;

Ότι σύστημα και να επιλέξουμε, θα συνοδεύεται από κάποιο σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας. Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων, το "σύστημα αποθήκευσης" είναι το δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ τα αυτόνομα συστήματα συνοδεύονται από μπαταρίες.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημά μας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, **ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.300 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW)**. Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει

περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1.250-1.450 KWh/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.275 KWh/έτος/KW και στην Κρήτη ή στη Ρόδο 1.400-1.500 KWh/έτος/KW.



Πόσο ισχυρό πρέπει να είναι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες ενός σπιτιού;

Αν επιλέξουμε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα, η ερώτηση αυτή είναι χωρίς νόημα. Το πόσης ισχύος θα είναι το φωτοβολταϊκό σύστημα εξαρτάται μόνο από δύο παραμέτρους. Τη διαθέσιμη επιφάνεια στο κτίριο ή το οικόπεδο για να εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά και τα χρήματα που θα επενδυθούν.

Θα μπορούσαμε π.χ. να βάλουμε ένα σύστημα που καλύπτει μόλις το 10% των αναγκών μας (αν έχετε λίγο χώρο και χρήματα) ή και να υπερκαλύψουμε πολλές φορές τις ανάγκες μας (πουλώντας την περίσσεια πράσινης ενέργειας στο δίκτυο).

Τα οφέλη από τη χρήση ηλιακής ενέργειας θα είναι πολύ πιο εμφανή αν εφαρμόζετε παράλληλα μεθόδους εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας. Μη ξεχνάμε ότι η εξοικονόμηση είναι η φθηνότερη και καθαρότερη μορφή ενέργειας. Η οικονομικότερη προσέγγιση επομένως για να αξιοποιήσουμε την ηλιακή ενέργεια, είναι να μειώσουμε όσο γίνεται τις ενεργειακές μας ανάγκες και κατόπιν να καλύψουμε τις ανάγκες

αυτές με την παραγωγή ηλεκτρισμού από τον ήλιο ή άλλες καθαρές πηγές ενέργειας.

Τι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται με ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα;

Για λόγους απόδοσης και οικονομίας , **δεν συνιστάται** η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών, όπως κουζίνες, θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ ή θερμοσυσσωρευτές. Για τις χρήσεις αυτές υπάρχουν πολύ οικονομικότερες λύσεις όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ο γεωθερμικός κλιματισμός, οι κουζίνες ή τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα, κ.λπ. Ας πάρουμε το παράδειγμα της θέρμανσης νερού: αν χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρικό θερμοσίφωνα που τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, το ηλιακό φως μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και κατόπιν από το θερμοσίφωνα σε θερμότητα. Το συνολικό κόστος των δύο αυτών συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από έναν ηλιακό θερμοσίφωνα που μετατρέπει απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Από την άλλη μεριά, ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (υπολογιστές, ηχητικά συστήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κ.λπ) αποτελούν ανάγκες που μπορούν να καλυφθούν εύκολα και οικονομικά με φωτοβολταϊκά.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν π.χ. να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής (μειώνοντας αντίστοιχα το κόστος) ή τα υαλοστάσια σε μία πρόσοψη. Μπορούν επιπλέον να παίξουν και το ρόλο σκιάστρων πάνω από παράθυρα (βοηθώντας έτσι και στη μείωση των εξόδων για επιπλέον κλιματισμό).

Τέλος, παρέχονται και σε διάφορα χρώματα και διαφάνειες (κατόπιν παραγγελίας) για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές.

Είναι οποιοδήποτε κτίριο κατάλληλο να δεχθεί φωτοβολταϊκά;

Τα περισσότερα κτίρια είναι κατάλληλα. Αρκεί να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

1. **Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος.** Ως ένα πρόχειρο κανόνα χρειαζόμαστε περίπου 1 τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt (αν χρησιμοποιήσουμε τα συνηθισμένα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά του εμπορίου). Ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά, το σύστημά μας θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση.
2. **Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό.** Αποκλίσεις από το Νότο έως και 45ο είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση.
3. **Η σωστή κλίση** του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 30ο.

Από το δεύτερο εξάμηνο του 2006, κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από τον ήλιο και τροφοδοτείται στο δίκτυο της ΔΕΗ, θα ενισχύεται με 0,40-0,50 ευρώ και μάλιστα για μια ολόκληρη εικοσαετία. Αυτό στην πράξη σημαίνει ότι, όχι μόνο θα κάνουμε απόσβεση του φωτοβολταϊκού μας συστήματος, αλλά θα έχουμε και κέρδος, ως επιβράβευση της επιλογής μας να αξιοποιήσουμε μια φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία.

Η παραγόμενη ηλιακή ενέργεια αφού καταμετρηθεί, διοχετεύεται στο δίκτυο έναντι μίας τιμής που καθορίζεται από το νόμο. Σύμφωνα με το νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ο οποίος ψηφίστηκε στις 6-6-2006), η παρεχόμενη τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας ανέρχεται σε **0,40-0,50 €/kWh** και είναι **εγγυημένη για μια εικοσαετία**. Η τιμή αυτή αναπροσαρμόζεται με βάση το μέσο ποσοστό αναπροσαρμογής των τιμολογίων της ΔΕΗ Α.Ε. που εγκρίνεται κάθε φορά από τον Υπουργό Ανάπτυξης. Αν δεν υπάρξει μεταβολή των τιμολογίων της ΔΕΗ, οι ανωτέρω τιμές αναπροσαρμόζονται ετησίως κατά ποσοστό ίσο προς το 80% του δείκτη τιμών καταναλωτή, όπως ανακοινώνεται από την Τράπεζα της Ελλάδος.

Πιο συγκεκριμένα, η τιμολόγηση της παραγόμενης ηλιακής ενέργειας έχει ως εξής:

Ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος	Ηπειρωτικό δίκτυο	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
≤ 100 KW	0,45 E/kWh	0,50 E/kWh
>100 KW	0,40 E/kWh	0,45 E/kWh

Αδειοδοτήσεις

- Δεν απαιτείται άδεια ηλεκτροπαραγωγής από ΡΑΕ και άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας από το ΥΠΑΝ, για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μέχρι 150 κιλοβάτ (KWp).
- Για συστήματα, άνω των 20 KWp, απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

[2]. Επιπλέον φοροελάφρυνση για τους οικιακούς καταναλωτές

Αν είστε οικιακός καταναλωτής, πέραν της παραπάνω ενίσχυσης της ηλιακής κιλοβατώρας δικαιούστε και μια φοροελάφρυνση σε ποσοστό είκοσι τοις εκατό (20%) της δαπάνης για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Αυτό μεταφράζεται σε έκπτωση 3-8% επί της πραγματικής αξίας του συστήματος. Το ποσό της μείωσης δεν μπορεί να υπερβεί τα πεντακόσια (500) ευρώ. Από το 2007, το ανώτατο όριο της φοροελάφρυνσης εκτιμάται ότι θα ανέβει στα 700 ευρώ.

[3]. Επιπλέον επιδοτήσεις για επιχειρήσεις

Αν έχετε εμπορική επιχείρηση δικαιούστε επιδότηση της αρχικής εγκατάστασης σε ποσοστό 30-55% της αξίας του συστήματος μέσω του αναπτυξιακού νόμου. Κατά καιρούς προκηρύσσονται επίσης διάφορα εξειδικευμένα προγράμματα που ενισχύουν και τα φωτοβολταϊκά.

Δίνονται παρακάτω τα κίνητρα που ισχύουν στον αναπτυξιακό νόμο.

Αναπτυξιακός Νόμος (3299/2004)

Άρθρο 2

Διαίρεση της Επικράτειας - Περιοχές εφαρμογής των ενισχύσεων

1. Για την εφαρμογή των διατάξεων του παρόντος νόμου, η Επικράτεια κατανέμεται σε τέσσερις (4) περιοχές ως εξής:

- **ΠΕΡΙΟΧΗ Δ'**: Περιλαμβάνει τους Νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου, τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ) όπως καθορίζονται στο άρθρο 1 του Ν.2545/1997 (ΦΕΚ 254/Α/1997), της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 1991, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τη νήσο Θάσο, το Νομό Δωδεκανήσου, πλην της περιοχής που καθορίζεται από την υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης της Ρόδου, και την παραμεθόρια ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Επικράτειας σε απόσταση 20 χλμ. από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι δήμοι ή οι κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή.

Η περιοχή Δ' διαιρείται στις υποπεριοχές Δ1, Δ2 και Δ3 ως εξής:

Δ1: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας σε απόσταση 20 χλμ από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι δήμοι ή οι κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από την ζώνη αυτή, το Νομό Δωδεκανήσου πλην της περιοχής που καθορίζεται από την Υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης Ρόδου, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλίας, Ιονίων Νήσων, Στερεάς Ελλάδος, Αττικής, Νοτίου Αιγαίου και Κρήτης με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 1991.

Δ2: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Ανατολικής Μακεδονίας και Ηπείρου σε απόσταση 20 χλμ από τα σύνορα στην οποία εντάσσονται και οι δήμοι και οι Κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή, τις Β.Ε.ΠΕ της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τη νήσο Θάσο, και τα νησιά

της Ανατολικής Μακεδονίας, Ηπείρου, Δυτικής Ελλάδας, και Πελοποννήσου με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 1991
Δ3: Περιλαμβάνει τους Νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου.

- **ΠΕΡΙΟΧΗ Γ':** Περιλαμβάνει τη Ζώνη Λαυρεωτικής του Νομού Αττικής, όπως αυτή καθορίστηκε με την 37349/5.11.1991 (ΦΕΚ Β'950) κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Εθνικής Οικονομίας και Εσωτερικών καθώς και τις περιφέρειες, τους νομούς ή τα τμήματα νομών της Επικράτειας που δεν εντάσσονται στις περιοχές Δ', Β' και Α'.
- **ΠΕΡΙΟΧΗ Β':** Περιλαμβάνει τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ)., την Επαρχία Λαγκαδά και το τμήμα δυτικά του ποταμού Αξιού του Νομού Θεσσαλονίκης και την επαρχία Τροιζηνίας του Νομού Αττικής.
- **ΠΕΡΙΟΧΗ Α':** Περιλαμβάνει τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης, πλην των τμημάτων τους που εντάσσονται στις λοιπές περιοχές.

Άρθρο 4

Παρεχόμενες ενισχύσεις

1. Για τα επενδυτικά σχέδια των κατηγοριών της παραγράφου 1 του άρθρου 3 παρέχονται κατά περιοχή οι ακόλουθες ενισχύσεις:
 - a. Επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 4	30%	30%	35%	35%	40%	40%

b.

Στα παραπάνω ποσοστά, εκτός των επενδύσεων των περιοχών όπου εξαντλείται το όριο του Χάρτη Περιφερειακών Ενισχύσεων, προστίθεται επιπλέον ποσοστό 5% συνολικά, εφόσον συντρέχει μία ή και περισσότερες από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Εγκατάσταση των επιχειρήσεων εντός Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ)
- Φορέας νεοϊδρυόμενος θεωρείται η επιχείρηση όταν δεν έχει παρέλθει έτος από την σύστασή της ή την έναρξη επιτηδεύματος μέχρι το χρόνο υποβολής αίτησης υπαγωγής της. Δεν θεωρούνται νεοϊδρυόμενοι φορείς εταιρίες που προήλθαν από μετατροπή άλλης εταιρίας ή ατομικής επιχείρησης ή από συγχώνευση εταιρειών ή και ατομικών επιχειρήσεων ή εκείνες που απορρόφησαν άλλη εταιρία ή ατομική επιχείρηση ή κλάδο άλλης, καθώς και εκείνες που απορροφήθηκαν από άλλη εταιρία.

c. Φορολογική απαλλαγή κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 4	100%	100%	100%	100%	100%	100%

d.

e. Ή εναλλακτικά:

f.

g. Επιχορήγηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 4	35,0%	35,0%	40,0%	40,0%	45,5%	48,1%

h.

2. Δεν επιτρέπεται οι παρεχόμενες ενισχύσεις επί του κόστους του επενδυτικού

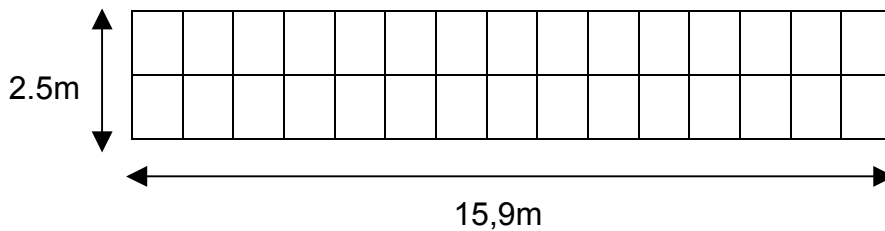
σχεδίου, αναγόμενες σε Καθαρό Ισοδύναμο Επιχορήγησης, να υπερβούν τα ποσοστά του εγκεκριμένου από την Ε.Ε. Χάρτη Περιφερειακών Ενισχύσεων.

3. Στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις όπως αυτές ορίζονται εκάστοτε από την Κοινοτική νομοθεσία **παρέχεται επιπλέον ποσοστό ενίσχυσης έως 15%**, εκτός των επιχειρήσεων του τομέα των μεταφορών. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης καθορίζεται το συγκεκριμένο ποσοστό ανά νομό, βάσει του κριτηρίου του κατά κεφαλή Ακαθαρίστου Εγχωρίου Προϊόντος (ΑΕΠ) σε Μονάδες Ισοδύναμης Αγοραστικής Δύναμης με βάση τα τελευταία διαθέσιμα, έτους 2001, στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος ως εξής:
 - ο Για τους παραμεθόριους νομούς Δράμας, Δωδεκανήσου, Έβρου, Θεσπρωτίας, Ιωαννίνων, Καστοριάς, Κιλκίς, Λέσβου, Ξάνθης, Πέλλας, Ροδόπης, Σάμου, Σερρών, Φλώρινας, Χίου, καθώς και για τους νομούς με κατά κεφαλή ΑΕΠ μικρότερο ή ίσο του εξήντα πέντε τοις εκατό (65%) του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του ίδιου έτους 2001, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το δεκαπέντε τοις εκατό (15%) επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.
 - ο Για νομούς με κατά κεφαλή ΑΕΠ μεγαλύτερο του εξήντα πέντε τοις εκατό (65%) του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του ίδιου έτους 2001, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το πέντε τοις εκατό (5%) επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.
4. Σε κάθε περίπτωση τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης και επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης καθώς και της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης από το επενδυτικό σχέδιο απασχόλησης δεν δύναται να υπερβούν το **55%**. Τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης για αμοιβές μελετών συμβούλων δεν μπορούν να υπερβούν κατ' ανώτατο το 50% αυτών.

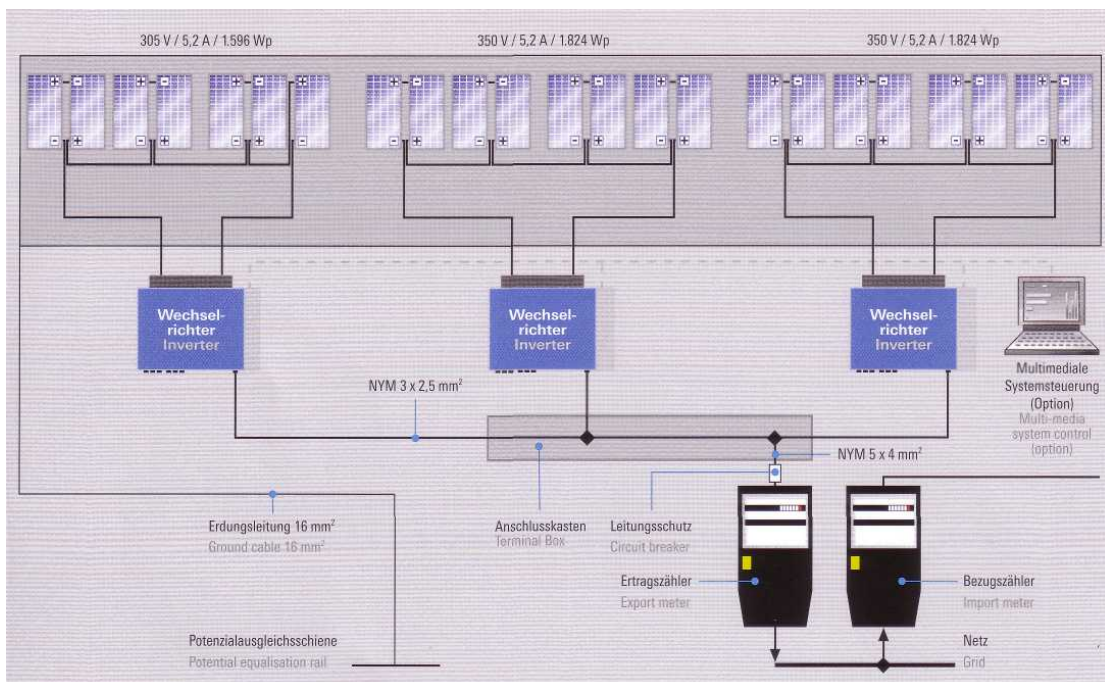
5. Για επενδυτικά σχέδια που υπερβαίνουν τα πενήντα εκατομμύρια (50.000.000) ευρώ το ανώτατο χορηγούμενο ποσό ενίσχυσης προσδιορίζεται ως εξής:
- . για το τμήμα μέχρι πενήντα εκατομμύρια (50.000.000) ευρώ παρέχεται το 100% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,
 - a. για το τμήμα από πενήντα εκατομμύρια (50.000.000) ευρώ έως εκατό εκατομμύρια (100.000.000) ευρώ παρέχεται το 50% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,
 - b. για το τμήμα που υπερβαίνει τα εκατό εκατομμύρια (100.000.000) ευρώ παρέχεται το 34% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης.

Παράδειγμα

Το ένα τραπέζι αποτελείται από 30 ηλιακά Panels . Καλύπτουν 39,75 τ.μ και αν υποθέσουμε ότι ένα ηλιακό Panel είναι περίπου σε ονομαστική ισχύ τα 165W με δομή πολυκρυσταλική, αν αθροίσουμε την ισχύ αυτή με τα 30 στοιχεία τότε έχουμε εγκατεστημένη ισχύ 4.950W δηλαδή 4,95KW το κάθε τραπέζι. Με δομή πολυκρυσταλική έχουνε περίπου 8 τμ σε αντιστοιχία 1KW



Το κάθε τραπέζι έχει και ένα inverter (μετατροπέα) από DC σε AC . Τα τραπέζια συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα και καταλήγουν μετά από έλεγχο στο ρολόι της ΔΕΗ. Όλοι οι inverters επικοινωνούν με συστήματα επικοινωνίας όπως GPS ή μέσω του δικτύου του ΟΤΕ , ώστε ο κάτοχος των φωτοβολταϊκών να ελέγχει την ροή ισχύος από μακριά. Όπως το σχήμα:



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Πρώτο Εθνικό Συνέδριο Τόμος Α, Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής)
- Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Δεύτερο Εθνικό Συνέδριο Τόμος Α, Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής)
- Διαχείριση Φυσικών Πόρων και Ενέργειας (Δημήτρη. Ε. Κοδοσάκη Επίκουρου Καθηγητή Πανεπιστημίου Πειραιώς)
- Θερμική Άνεση και Εξοικονόμησης Ενέργειας. Ηλιακά Σπίτια – Ηλιακή Θέρμανση (ΦΡ. ΚΩΤΣΙΑΝΑΣ)
- Θέρμανση και Μόνωση (Πρακτικός Τεχνικός Οδηγός)
- Ηλεκτρική Κίνηση (Π. Μαλατέσιος Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π M.Sc στα συστήματα Αυτοματισμού)
- Φωτοτεχνία – Ηλεκτρικές Συσκευές (Φιλίππου Ι. Δημοπούλου Διπλ. Ηλ/γου – Μηχ/γου Ε.Μ.Π)
- Βιομηχανική Ψύξη και Κλιματισμός με Ηλιακή Ενέργεια
- Ενέργεια από τον Ήλιο (Δρα Ν. ΜΥΛΩΝΑ)
- Χρήση Εξοικονόμησης Ενέργειας (Ν. Κουμούτσου Δ.Σ. Μαρίνου – Κουρή Επίκουρου Καθηγητή Ε.Μ.Π)
- Energy and Buildings (C.A Balanas, K. Droutsas, A.A Arginiou, D.N. Asimakopoulos.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟ INTERNET

- Έκδοση Συνδέσμου Εταίρων Φωτοβολταϊκών SENERS (Ιούνιος 2006)