

Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού - Θερμότητας - Ψύξης

στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου του Ε.Μ.Π.

1. Εισαγωγή.

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η παρουσίαση εγκατάστασης πειραματικού σταθμού ημβιομηχανικής κλίμακας, για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Η εγκατάσταση αποτελείται από Μηχανή Εσωτερικής Καύσης, με λέβητα ανάκτησης θερμότητας ατμού, 9 bar και ψύκτη απορρόφησης, για την παραγωγή ψύξης.

Η κύρια χρήση της εν λόγω εγκατάστασης είναι :

- η κάλυψη των εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων του Ε.Μ.Πολυτεχνείου, ενώ παράλληλα θα καλύπτονται:

- οι ανάγκες σε θέρμανση και κλιματισμό των κτιρίων Μ,Ν,Ο του Κτιριακού Συγκροτήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, και

- μέρος των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια (έως την ικανότητα της μονάδας) του συνόλου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

2. Υφιστάμενη Ενεργειακή Κατάσταση.

Με χρήση στοιχείων που αφορούν τη μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, τα χαρακτηριστικά του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς και τις θερμοκρασιακές απαιτήσεις των θερμαινόμενων χώρων, προκύπτει η ωριαία ζήτηση θερμότητας, που αφορά το εξεταζόμενο κτιριακό συγκρότημα. Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων, λαμβάνονται υπόψη τυπικά χαρακτηριστικά κλιματιζόμενων χώρων και για την κάλυψη αυτών, αντίστοιχα

χαρακτηριστικά ψυκτών απορρόφησης.

Η ετήσια ενεργειακή απαίτηση του συγκροτήματος Μηχανολόγων για θέρμανση, εκτιμάται σε 790 MWhth και η αντίστοιχη απαίτηση για κλιματισμό τους, είναι 650 MWhth. Τα Σχήματα 1, 2, παρουσιάζουν τη διακύμανση των θερμικών απαιτήσεων για τους δυσμενέστερους μήνες του έτους.

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού για την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, ανήλθε σε 6800 MWhel κατά το έτος 1996.

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ανέρχεται σε 146,3 εκ. δρχ., ενώ αντίστοιχα για την θέρμανση, δαπανώνται 6,8 εκ. δρχ. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εκτιμώμενη αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σημειώνεται, που κατά το έτος 1997 παρουσίασε αύξηση, περίπου, 6%.

2. Εκπαιδευτική - Ερευνητική - Επιδεικτική σημασία του έργου.

Η εγκατάσταση συμπαραγωγής, εξυπηρετεί κυρίως εκπαιδευτικές ανάγκες του Τμήματος Μηχανολόγων και διαθέτει - πέρα από το σύστημα ελέγχου που αναφέρθηκε ανωτέρω - όλες τις απαραίτητες μετρητικές διατάξεις για τη διεξαγωγή εργαστηριακών α-σκήσεων σε θέματα παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας.

Εκτιμάται ότι θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς καθ' όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους, ενώ θα δύναται να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων ερευνητικού χαρακτήρα, σε θέματα ορθολογικής χρήσης ενέργειας.

Αποτελεί δε, επιδεικτικό έργο, το οποίο συμβάλλει στην προώθηση της συμπαραγωγής στην Ελλάδα και εντάσσεται στα πλαίσια της δραστηριοποίησης, για την εφαρμογή τεχνολογιών που υποστηρίζουν την ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων.

3. Δημοπράτηση - Κατασκευή.

Η ανάθεση του έργου διενεργήθηκε μέσω μειοδοτικού διαγωνισμού, με προϋπολογισμό 400 εκ. δρχ., το Σεπτέμβριο 1999, ενώ σήμερα, έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή του.

Το έργο εντάσσεται στα πλαίσια του προγράμματος έργων υποδομής εκπαίδευσης του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών (χρηματοδότηση από Β' ΚΠΣ).

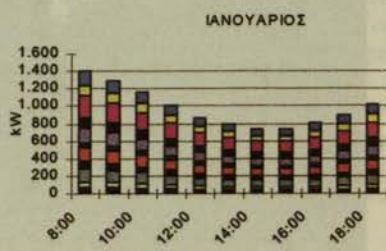
Επίσης, η εξέταση των δυνατοτήτων χρήσης της συμπαραγωγής στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, περιλαμβάνεται ως υπόεργο σε πρόγραμμα Save II, με τίτλο: «Κατευθυντήριες γραμμές για την Βελτίωση της Ενεργειακής Απόδοσης σε Ευρωπαϊκά Πανεπιστημιακά Συγκροτήματα», το οποίο ενεκρίθη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

4. Τεχνική Περιγραφή.

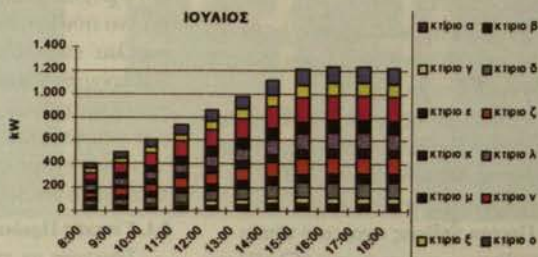
Η μονάδα Συμπαραγωγής που εγκαταστάθηκε περιλαμβάνει:

➤ Εμβολοφόρο μηχανή εσωτερικής καύσεως, τύπου 1500 CHP NEDALO UK, βασισμένου στο μοντέλο CW18V του οίκου Cummins-Wartsila, ο οποίος σε πλήρη λειτουργία (100%) αποδίδει 1.573 kW_{th} και γεννήτρια Stamford τύπου CG734H, που αποδίδει 1.527 kW_e. Η μηχανή λειτουργεί με χρήση - ως καυσίμου - το φυσικό αέριο, όπως αυτό

των
Δ. Κουρεμένου,
καθηγητή,
Ε. Κακαρά,
αναπλ. καθηγητή
Τμ. Μηχ/γων Μηχ/κών
ΕΜΠ.

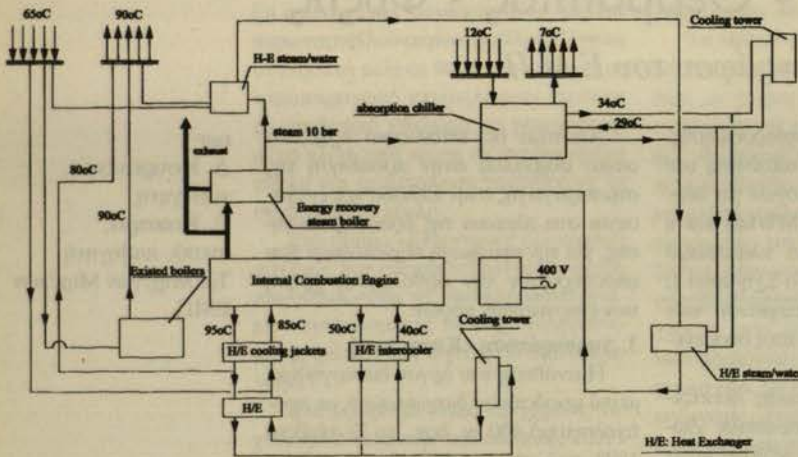


Σχήμα 1 : Ωριαία θερμική απαίτηση για τον μήνα Ιανουάριο.



Σχήμα 2 : Ωριαία θερμική απαίτηση για τον μήνα Ιούλιο.

INDICATIVE LAY-OUT



Ενδεικτικό Διάγραμμα Εγκαταστάσεως Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού - Θερμότητας - Ψύξης.

διατίθεται από το δίκτυο της ΔΕΠΑ. Η παραγόμενη από τη γεννήτρια ηλεκτρική ενέργεια, είναι υπό τάση 400V και οδηγείται σε μετασχηματιστές, όπου και ανυψώνεται η τάση, ώστε τελικά να διατεθεί μέσω του κρυσταμένου δικτύου μέσης τάσης της Πολυτεχνειούπολης, στα υπόλοιπα κτιριακά συγκροτήματα.

Στην περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια υπερβαίνει τις ανάγκες του συνόλου της Πολυτεχνειούπολης, εξέρχεται προς το δίκτυο της ΔΕΗ (μέσω αμφίδρομης σύνδεσης), εκφραζόμενη τελικά σε οικονομικό όφελος για το ΕΜΠ.

➤ Διάταξη ανάκτησης της θερμότητας των καυσαερίων της μηχανής με λέβητα ανάκτησης θερμότητας CLAYTON/ZECO304, με:

- Παροχή ατμού 1150 kg/h,
- Πίεση ατμού 9 barg,
- Αξιοποιούμενη θερμότητα 820 KW.

➤ Εναλλάκτες για την ψύξη του περιβλήματος της μηχανής και του κυκλώματος λίπανσης του κινητήρα, που αποδίδουν 620 kW ζεστού νερού, υπό θερμοκρασία 85-95°C.

➤ Εναλλάκτης κυκλώματος intercooler, με αποδοόμενη θερμότητα 380 kW, υπό θερμοκρασία 40-50°C.

➤ Ψύκτης απορρόφησης διπλής βαθμίδος τύπου McQUAY/NC-22 ψυ-κακής απόδοσης 845 kW cooling (240 RT).

➤ Εναλλάκτες ατμού/νερού.

➤ Πύργοι ψύξεως ανοικτού τύπου Interclima με ψυκακή ισχύ 652 kW και 1.365 kW ($\Delta T=5^{\circ}C$).

- Εγκατάσταση τροφοδοσίας φυσικού αερίου.
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης.
- Μετασχηματιστής ανύψωσης, ξηρού τύπου.
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις μέσης τάσης.
- Κεντρική μονάδα ελέγχου.

Στο τέλος του παρόντος, παρατίθεται ενδεικτικό διάγραμμα της εγκαταστάσεως.

5. Προδιαγραφές - Κανονισμοί - Διατάξεις ασφαλείας.

Η χωροθέτηση της εγκαταστάσεως συμπαραγωγής ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης, έχει γίνει στο κτιριακό συγκρότημα Μηχανολόγων Μηχανικών. Συγκεκριμένα:

- το ηχομονωμένο κέλυφος με τη μηχανή εσωτερικής καύσεως και τη γεννήτρια, ανάμεσα στα κτίρια N και O,
- το συγκρότημα διαχείρισης α-τιού, σε ιδιαίτερο χώρο του κτιρίου E,
- το κέντρο ελέγχου της εγκατάστασης (control room), σε χώρο του κτιρίου N,
- η σύνδεση με το δίκτυο μέσης τάσης στο συγκρότημα υποσταθμών του κτιρίου N, ενώ
- οι λοιπές εγκαταστάσεις (ψύκτης απορρόφησης, αντλίες, εναλλάκτες, επεξεργασία νερού), σε υπόγειο χώρο του κτιρίου E.

Δεδομένου ότι η εγκατάσταση έχει γίνει πλέον χώρων εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων, χώρων δηλαδή με ιδιαίτερες απαιτήσεις έναντι των οχλήσεων και αφ' ετέρου πρόκειται για ένα σύνθετο ενεργειακό σύστημα με ποικιλία ενεργειακών διεργασιών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, αναφέρονται ακολούθως λεπτομερώς οι κανονισμοί και οι προδιαγραφές, οι οποίες έχουν ληφθεί υπόψη για την κατασκευή του έργου.

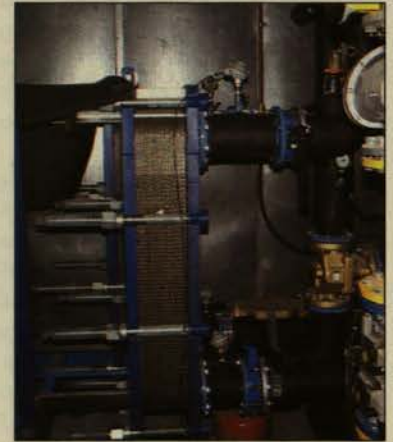
5.1. Γενικές Προδιαγραφές.

Σύμφωνα με τη διακήρυξη του διαγωνισμού που διενεργήθηκε από το

Ε.Μ.Π., τέθηκαν οι εξής ελάχιστες προδιαγραφές:

- Ελάχιστη συνεχής ωφέλιμη ηλεκτρική ισχύς 1500 KVA,
- Ελάχιστος βαθμός απόδοσης $\eta_{el} = 0.30$,
- Ελάχιστη ανάκτηση θερμότητας (στο μέγιστο συνεχές φορτίο MEK):
- 40% της προσφερόμενης θερμικής ισχύος, κατά τους χειμερινούς μήνες,
- 18% της προσφερόμενης θερμικής ισχύος, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ειδικότερα, για επιμέρους τμήματα του έργου, όπως αυτά αναφέρονται ακολούθως, έχουν καθορισθεί εντός των τευχών δημοπράτησης όλοι οι κανονισμοί που πρέπει να πληρούνται, ώστε, τόσο η κατασκευή όσο και η λειτουργία της εν λόγω εγκατάστασης, να είναι ασφαλείς για τους χρήστες και σύμφωνες με την Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία.



Εναλλάκτες ανάκτησης θερμότητας κυκλωμάτων ψύξεως κινητήρα.



Γενική άποψη χώρου εγκατάστασης.

- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης,
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κίνησης - φωτισμού,
- Εγκαταστάσεις μέσης τάσης υ-ποσταθίου ανύψωσης τάσης,

- Εγκαταστάσεις ύδρευσης - επεξεργασίας νερού,
- Εγκαταστάσεις θερμού - ψυχρού νερού,
- Εγκαταστάσεις ατμού και συμπυκνωμάτων,
- Εγκαταστάσεις φυσικού αερίου,
- Πυροπροστασία.

5.2. Στοιχεία ασφαλείας - λειτουργίας του κινητήρα.

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσεως, μπορεί να λειτουργήσει στο 115% της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής (ανεξάρτητα με τη ρύθμιση του συστήματος προστασίας από υπερτάχυνση) χωρίς κανένα κίνδυνο παραμόρφωσης των μερών του.

Έχει προβλεφθεί αυτοματισμός που θα θέτει εκτός δικτύου τη γεννήτρια και θα σταματά τον κινητήρα. Ο αυτοματισμός είναι προγραμματιζόμενος (στο τοπικό PLC ελέγχου) ως προς τα κριτήρια με τα οποία θα θέτει εκτός την γεννήτρια και θα σταματά τον κινητήρα.

Σύμφωνα με τη διακήρυξη του έργου, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές θορύβου και καυσαερίων, τις οποίες ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να εγγυηθεί γραπτώς, κατά τη θέση σε λειτουργία της όλης εγκατάστασης, είναι:

- Εκπομπές NO_x σύμφωνα με τις προδιαγραφές IMO.
- Εκπομπές σωματιδίων : όριο 100 mg/Nm³.
- Μέγιστο επιτρεπόμενο επίπεδο θορύβου εντός Container 110 dB.
- Επίπεδο θορύβου σε απόσταση 2m από το Container, σε οποιοδήποτε σημείο, όχι μεγαλύτερο από 60 dB.
- Επίπεδο θορύβου στον αγωγό καυσαερίων (2m απόσταση από την κορυφή του οχετού), όχι μεγαλύτερο από 60 dB.

Τα επίπεδα θορύβου στο εξωτερικό του Container, κατά μήκος του οχετού εξαγωγής καυσαερίων και στην έξοδο της καμινάδας, θα είναι εγγυημένα για το 100% της ισχύος.

6. Συμπεράσματα.

- ✓ Δεδομένου ότι με τη χρήση της εγκατάστασης συμπαραγωγής κατά την περίοδο θέρμανσης, γίνεται υποκατάσταση του πετρελαίου θέρμανσης προς χρήση φυσικού αερίου, τα περιβαλλοντικά οφέλη για την περιοχή είναι προφανή.
- ✓ Η αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ε-νέργειας για το σύνολο της Πολυ-τεχνειούπολης (κάλυψη σημαντικού τμήματος των αναγκών), καθώς και η πώληση του πλεονάσματος προς τη ΔΕΗ, αποφέρουν σημαντικό οικονομικό όφελος για το ΕΜΠ.
- ✓ Ο κεντρικός έλεγχος των μονάδων θέρμανσης - ψύξης των εξυπηρετούμενων κτιρίων, αποφέρει οικονομικό όφελος στο ΕΜΠ, μέσω της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας.
- ✓ Κατά τη θερινή περίοδο η κάλυψη των αναγκών κλιματισμού των κτιρίων, γίνεται με χρήση θερμικής και όχι ηλεκτρικής ενέργειας (ψύξης απορρόφησης), συμβάλλοντας στην μερική αποφόρτιση του τοπικού δικτύου διανομής της ΔΕΗ, κατά τη θερινή περίοδο αιχμής.



Εγκαταστάσεις ανάκτησης θερμότητας καυσαερίων, παραγωγής και διανομής ατμού.



Εγκαταστάσεις παραγωγής ψυχρού νερού, διανομής νερού, επεξεργασίας νερού πλήρωσης.



Ψύξης απορρόφησης.

Πύργοι ψύξεως.



Γενική άποψη χώρου εγκατάστασης κινητήρα εσωτερικής καύσεως.