

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

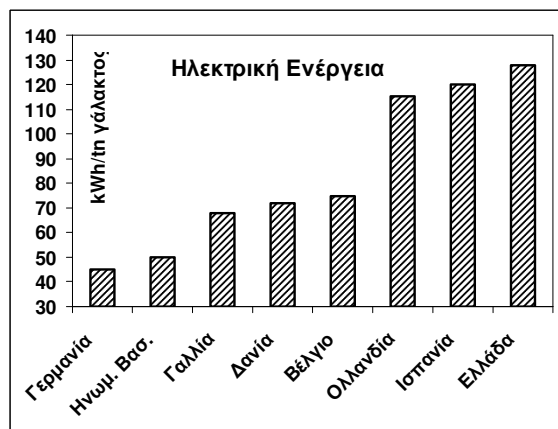
Καλδέλλης Ι., Εξηγτάρης Αντ., Κιούση Βασ.
Εργ. Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος
Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Πειραιά
Τηλ. 210-5381237, FAX 210-5381467, sealab@gdias.teipir.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

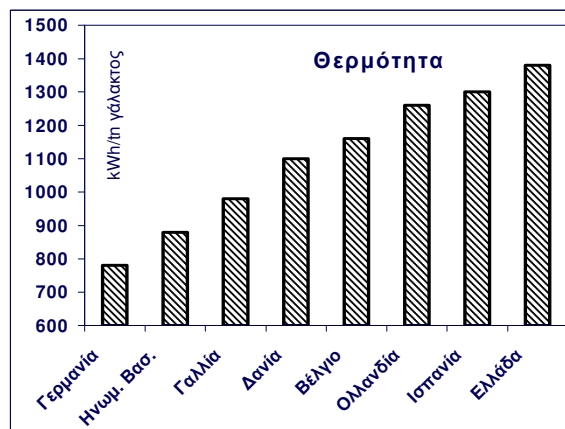
Η ελληνική βιομηχανία, συμμετέχοντας με ποσοστό περίπου 29% στην εθνική ενεργειακή κατανάλωση, χαρακτηρίζεται από κακή διαχείριση των ενεργειακών πόρων, χρησιμοποιώντας διπλάσια των καθιερωμένων ποσά ενέργειας ανά μονάδα παραγομένου προϊόντος. Η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται σε ορισμένες απλές προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα, οι οποίες εξασφαλίζουν ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στα επίπεδα του 20%. Πέρα από την παρουσίαση των τεχνικών χαρακτηριστικών των προτεινόμενων εφαρμογών, έμφαση δίνεται στον προσδιορισμό της διαχρονικής εξέλιξης του κόστους ίδρυσης, συντήρησης και λειτουργίας, σε αντιπαραβολή με τα προκύπτοντα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια αποτελεί μια από τις κυριότερες παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα και το κόστος παραγωγής, συνεπώς και την ανταγωνιστική θέση μιας βιομηχανικής μονάδος. Η ελληνική βιομηχανία, συμμετέχοντας με ποσοστό περίπου 29% στην εθνική ενεργειακή κατανάλωση [1], χαρακτηρίζεται από κακή διαχείριση των ενεργειακών πόρων, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιεί διπλάσια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ανά μονάδα παραγομένου προϊόντος [2], σε σχέση με το μέσο όρο των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βλέπε για παράδειγμα σχήματα /1/ και /2/.



Σχήμα 1: Βιομηχανία Γάλακτος, Κατανάλωση Η/Ε



Σχήμα 2: Βιομηχανία Γάλακτος, Καταν. Θερμότητας

Από τα διαθέσιμα στοιχεία [3] το συνολικό κόστος της κατανάλωσης ενέργειας στην ευρωπαϊκή βιομηχανία εκτιμάται σε 80,000Μευρο ετησίως. Η οριοθέτηση ενός ρεαλιστικού στόχου εξοικονόμησης της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 5% θα οδηγήσει σε μείωση των βιομηχανικών δαπανών κατά 4,000Μευρο. Στα πλαίσια αυτά, τα τελευταία χρόνια, κάτω από την πίεση των ευρωπαϊκών αποφάσεων και οδηγιών, επιχειρούνται ορισμένα δειλά βήματα προς την κατεύθυνση της ορθολογικής χρήσης και της εξοικονόμησης της ενέργειας στον εγχώριο βιομηχανικό τομέα.

Υιοθετώντας στη συνέχεια το διαχωρισμό των προσπαθειών εξοικονόμησης ενέργειας σε εξοικονόμηση συμπεριφοράς και σε τεχνολογική εξοικονόμηση, η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται στον τεχνολογικό τομέα, παρουσιάζοντας (με χρήση επιλεγμένων παραδειγμάτων) ορισμένες σχετικά απλές προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα, οι οποίες κατατάσσονται στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μηδενικού ή χαμηλού κόστους, που υπό κατάλληλες προϋποθέσεις εξασφαλίζουν ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στα επίπεδα του 20÷25%.

2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ

Με στόχο την εξοικονόμηση ενός σημαντικού ποσού των λειτουργικών εξόδων [4] μιας βιομηχανικής μονάδος και τη συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος από τις εκπομπές ρυπαντών, επιχειρείται τα τελευταία χρόνια η ενθάρρυνση της εξοικονόμησης ενέργειας με τον εκσυγχρονισμό και τη συμπλήρωση του υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου. Ο αρχικός νόμος Ν.40/75 "Περί λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας" ακολούθησε την πρώτη ενεργειακή κρίση του 1974 και επιχείρησε (με οικονομικά – ελεγκτικά μέτρα), τον περιορισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας σε διάφορους τομείς της ελληνικής οικονομίας. Η ενίσχυση των προσπαθειών για την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω "Συμπαράγωγής" επιχειρείται τόσο από το Ν.1559/85 όσο και από το νεότερο Ν.2244/94, ο οποίος αναφέρεται σε "Ρύθμιση Θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμβατικά καύσιμα", καθώς και στο νεότερο νομοθετικό πλαίσιο. Τέλος, οι επενδύσεις στον τομέα εξοικονόμησης ενέργειας υπάγονται και στις χρηματοδοτήσεις όλων των Αναπτυξιακών Νόμων.

Στον τομέα παροχής οικονομικών κινήτρων για τη λήψη πρόσθετων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, είναι χρήσιμο να επισημανθούν τα ακόλουθα:

α. Χρηματοδότηση έργων εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την ένταξη της επένδυσης σε εθνικά ή ευρωπαϊκά προγράμματα.

β. Ο εκάστοτε αναπτυξιακός νόμος θέτει ανάμεσα στους στόχους του την αύξηση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων, τη συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας. Για την ενίσχυση της προσπάθειάς του αυτής επιχορηγεί δαπάνες ενεργειακών επενδύσεων σε ποσοστό 15% έως και 40%, ενώ παρέχει και τις δυνατότητες επιδότησης της αξίας χρηματοδοτικής μίσθωσης ενεργειακού εξοπλισμού, καθώς και ανάλογου ύψους φορολογικές απαλλαγές στη διάρκεια μιας δεκαετίας.

γ. Τα ευρωπαϊκά προγράμματα ενισχύουν οικονομικά τις επιλέξιμες δαπάνες στην περιοχή "Τεχνολογία για καθαρή και αποδοτική χρήση της ενέργειας". Στο παρελθόν εκτελέστηκαν με σχετική επιτυχία αντίστοιχα έργα, όπως τα προγράμματα "Joule –Thermie", "Save I, II".

δ. Πρόσφατα έγινε κατανοητή και στη χώρα μας η προοπτική "σύμβασης απόδοσης ενέργειας" στη βιομηχανία με χρηματοδότηση από τρίτους (T.P.F.). Η βασική ιδέα στηρίζεται στη χρηματοδότηση βελτιώσεων, που αφορούν την αποτελεσματικότητα στη χρήση ενέργειας σε κτίρια και βιομηχανικές μονάδες από ανεξάρτητη (τρίτη) εταιρεία παροχής υπηρεσιών, ενώ η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιείται για οικονομική κάλυψη της επένδυσης και την επίτευξη κέρδους.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Φωτισμός

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το φωτισμό μιας παραγωγικής μονάδας αποτελεί ένα ποσοστό μεταξύ του 15% και του 30% της συνολικά καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εξαρτάται δε σημαντικά από το είδος των δραστηριοτήτων της

επιχείρησης. Ανάμεσα στα απλούστερα τεχνολογικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα του φωτισμού περιλαμβάνεται η επιλογή κατάλληλης στάθμης φωτισμού, ανάλογη της εργασίας που εκτελείται, η χρήση συστημάτων αυτοματισμού, η κανονική συντήρηση του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και η επιλογή αντίστοιχου εξοπλισμού. Η καταναλισκόμενη ετησίως ενέργεια "E_φ" από έναν αριθμό "N" φωτιστικών σωμάτων δίνεται σαν:

$$E_{\varphi} = \sum_{i=1}^N PR_i \cdot AOH_i \cdot BCF_i \quad (1)$$

όπου με "PR" συμβολίζεται η ονομαστική ισχύς των χρησιμοποιούμενων λαμπτήρων, με "AOH" οι ετήσιες ώρες λειτουργίας και με "BCF" ο διορθωτικός συντελεστής σταθεροποίησης. Η ύπαρξη τελευταίας τεχνολογίας λαμπτήρων φθορισμού με ενσωματωμένη ηλεκτρονική τροφοδοσία μειώνει την (ανά m² και αποδιδόμενο kLx φωτεινής ροής) κατανάλωση στα 15 W/m²kLx σε σύγκριση με την τιμή των 200 ÷ 240 W/m²kLx των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως. Έτσι είναι δυνατή η αντικατάσταση λαμπτήρα πυρακτώσεως 100 W με αντίστοιχο ηλεκτρονικό λαμπτήρα 20 W ίσης ή μεγαλύτερης τελικής φωτεινότητας. Επιπλέον ο ηλεκτρονικός λαμπτήρας παρουσιάζει σαφώς μεγαλύτερο χρόνο λειτουργίας (≈10000 h), βλέπε σχήμα /3/, εφ' όσον η συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου υπακούει τις διεθνείς και εθνικές προδιαγραφές ποιότητας. Το βασικό επιχείρημα "μη αντικατάστασης" ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως με αντίστοιχης ισχύος ηλεκτρονικό λαμπτήρα αποτελεί το υψηλό αρχικό κόστος του ηλεκτρονικού λαμπτήρα (20÷30 φορές υψηλότερο), που όμως όπως αποδεικνύεται στην παράγραφο 4.1 αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, αφήνοντας και σημαντικά κέρδη στην επιχείρηση.

3.2 Αντλιοστάσια - Ανεμιστήρες

Η χρήση αντλητικών συγκροτημάτων για τη διακίνηση ρευστών (νερό, πετρέλαιο κ.λπ.) και ανεμιστήρων για τη διακίνηση αερίων (αέρα, καυσαέρια κ.λπ.) απορροφά αξιόλογα ποσά ενέργειας σε αρκετές παραγωγικές μονάδες. Στην περίπτωση δε που το σημείο λειτουργίας της εγκατάστασης μεταβάλλεται με το χρόνο (μεταβολή διακινούμενης παροχής ή μεταβολή μανομετρικού της εγκατάστασης) οι αντλίες και οι ανεμιστήρες σταθερών στροφών αναγκάζονται να δουλεύουν σε σημεία εκτός σχεδιασμού με χαμηλό βαθμό απόδοσης στραγγαλίζοντας μέρος της "επιτυγχανόμενης" αύξησης πίεσης, βλέπε σχήμα /4/. Πράγματι στην περίπτωση της λειτουργίας του σχήματος /4/, με σταθερές στροφές της αντλίας, η καταναλισκόμενη ισχύς "N" δίνεται σαν:

$$N_B = (\rho \cdot g \cdot H_B \cdot \dot{V}_B) / \eta_B \quad (2)$$

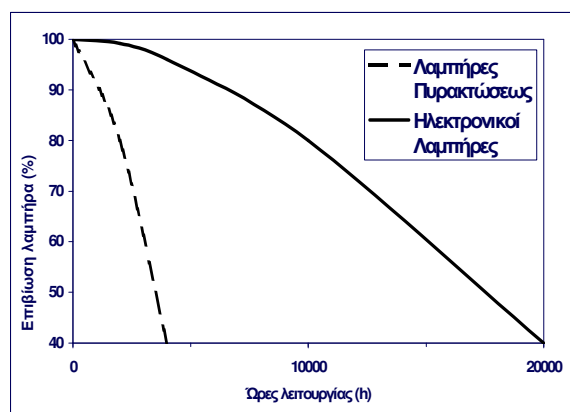
Με τη χρήση κινητήρα μεταβλητών στροφών (VSD) είναι δυνατή η επιλογή των κατάλληλων στροφών "n'" της αντλίας, έτσι ώστε η νέα χαρακτηριστική να προσαρμόζεται στο νέο σημείο "Γ", σχήμα /4/ οπότε:

$$n' = n \cdot (\dot{V}_\Gamma / \dot{V}_A) \quad (3)$$

Στην περίπτωση αυτή η αύξηση πίεσης θα είναι "H_Γ" (mΣΥ) και ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης πλησιάζει το μέγιστο δυνατό, καθώς η_Γ=η_Δ. Η νέα απορροφούμενη ισχύς δίνεται:

$$N_\Gamma = \rho \cdot g \cdot \dot{V}_B \cdot \frac{H_B - \delta H}{\eta_B + \Delta \eta'} \cong \rho \cdot g \cdot \dot{V}_B \cdot \frac{H_B}{\eta_B} \cdot \left[1 - \frac{\Delta \eta'}{\eta_B} - \frac{\delta H}{H_B} \right] \quad (4)$$

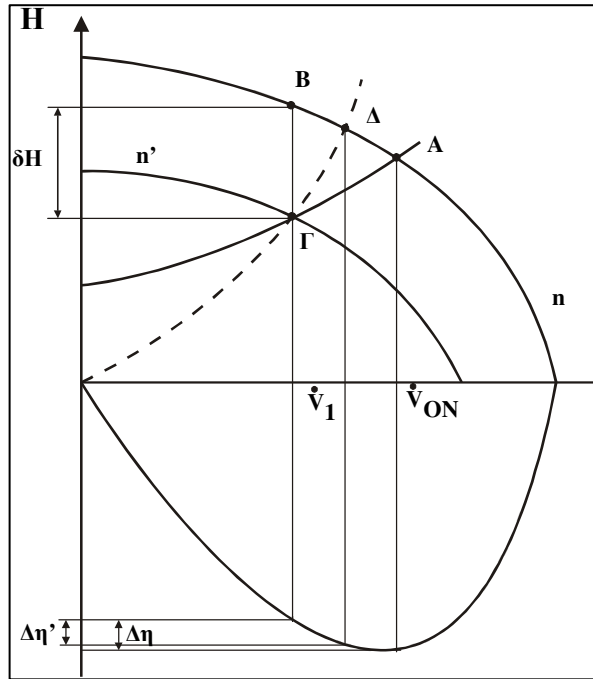
Οπότε η εξοικονόμηση ενέργειας "ΔE" για λειτουργία "Δt" ωρών ετησίως δίνεται:



Σχήμα 3: Χρόνος επιβίωσης λαμπτήρα.

$$\Delta E = \rho \cdot g \cdot \dot{V}_B \cdot \frac{H_B}{\eta_B} \cdot \left(\frac{\Delta \eta'}{\eta_B} + \frac{\delta H}{H_B} \right) \cdot \Delta t \quad (5)$$

Ο ακριβής έλεγχος των στροφών μιας αντλίας ή ενός ανεμιστήρα επιτυγχάνεται τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερο με τη χρήση ηλεκτρονικών μονάδων ισχύος, όπως ο μετατροπέας συχνότητας "Inverter". Η εν λόγω συσκευή παρέχει απολύτως ρυθμιζόμενο έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής σε κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος, ρυθμίζοντας τη συχνότητα τροφοδοσίας του κινητήρα. Το κόστος των συστημάτων ηλεκτρονικής ρύθμισης εξαρτάται από τη μορφή της κυματομορφής του παραγόμενου ρεύματος και κυμαίνεται μεταξύ των 200 euro/kW για τετραγωνική κυματομορφή και των 500 euro/kW για καθαρά ημιτονοειδή κυματομορφή, με ενσωματωμένο φίλτρο εξάλειψης αρμονικών και πυκνωτή αντιστάθμισης. Επιπρόσθετα οφέλη από τη χρήση συστημάτων μεταβλητών στροφών είναι ο περιορισμός των μηχανικών καταπονήσεων των συσκευών, ο περιορισμός του θορύβου αλλά και η μη αλλοίωση των ιδιοτήτων των διακινούμενων ρευστών κατά τη διόδό τους από στραγγαλιστικές βαλβίδες.



Σχήμα 4: Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιοστασίου

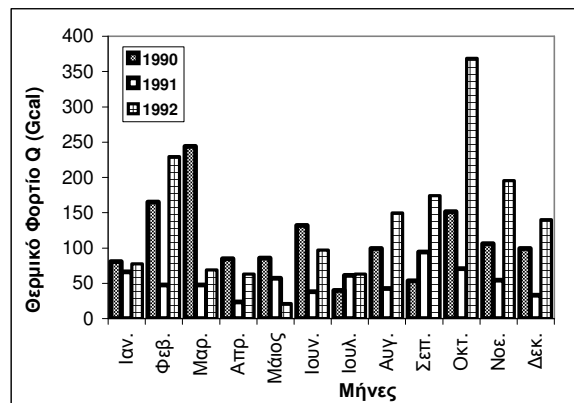
3.3 Συστήματα Θέρμανσης

Οι περισσότερες βιομηχανικές μονάδες καταναλώνουν σημαντικά ποσά (βλέπε και σχήμα /2/) θερμότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγικής τους διαδικασίας, αλλά και για τη θέρμανση (αντίστοιχα και για τη ψύξη) των χώρων τους. Για το σκοπό αυτό καταναλώνουν μεγάλα ποσά πετρελαίου και σε ορισμένες περιπτώσεις "φθηνής" ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει αποδειχθεί και από προηγούμενες έρευνες [5], ότι οι κυριότερες πηγές ενεργειακής σπατάλης στο σύστημα λέβητα-καυστήρα είναι η παλαιότητα και η μη συντήρηση του βασικού εξοπλισμού, η λανθασμένη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων, η κακή ρύθμιση του λόγου αέρα καύσης και κυρίως η υπερδιαστασιολόγηση του λέβητα της εγκατάστασης. Πράγματι η θερμική ισχύς " \dot{Q}_Λ " του λέβητα μιας εγκατάστασης υπολογίζεται ως:

$$\dot{Q}_\Lambda = (1 + \alpha + \beta + \gamma) \cdot \dot{Q} \quad (6)$$

όπου " \dot{Q} " οι υπολογισμένες θερμικές απώλειες του συστήματος, " α " συντελεστής απωλειών λέβητα και σωληνώσεων ($\alpha=0.05 \div 0.1$), " β " συντελεστής απωλειών διακοπτόμενης λειτουργίας ($\beta=0 \vee \beta=0.2$) και " γ " συντελεστής προσαύξησης απωλειών λόγω απρόβλεπτων συνθηκών λειτουργίας ($\gamma=0.15$).

Με βάση τα δεδομένα αυτά και με μεταβλητό το θερμικό φορτίο, βλέπε σχήμα /5/ που αναφέρεται στη μηνιαία ζήτηση θερμότητας εργοστασίου παραγωγής σταφίδας (στοιχεία τριετίας), είναι σχεδόν βέβαιο ότι ο υπερδιαστασιολογημένος λέβητας της επιχείρησης θα εργάζεται σε μερικά φορτία (έως και 50%) με αποτέλεσμα την



Σχήμα 5: Κατανάλωση θερμότητας.

εμφάνιση χαμηλού βαθμού απόδοσης (έως και 60%). Η προτεινόμενη λύση [5] για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ζήρασης της σταφίδας βασίζεται στη χρήση δύο λεβήτων εν παραλλήλω με ισχύ 2x1,000,000 Kcal/h και αρχικού κόστους αγοράς περίπου 15,000euro. Το κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται στις 1200euro. Η ετήσια επιβάρυνση της εγγυημένης απόδοσης (βαθμός απόδοσης μεγαλύτερος του 88%) βάσει προγραμματισμένης συντήρησης ισούται με 700euro/έτος. Η υπό μελέτη επιχείρηση, ακολουθώντας το προτεινόμενο πλάνο λειτουργίας, επέτυχε εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου ίση με 27%, γεγονός που μεταφράζεται σε ετήσια "έσοδα" ίσα με 9000euro, σημερινές τιμές.

3.4 Αντιστάθμιση Άεργου Ισχύος- Αντιμετώπιση Αρμονικών

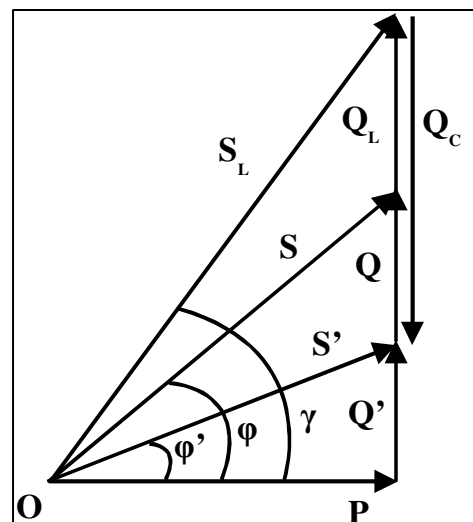
Είναι γνωστό ότι οι κυριότερες βιομηχανικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας (επαγωγικοί ηλεκτροκινητήρες, μετασχηματιστές, λυχνίες φθορισμού κ.λπ.) απορροφούν πραγματική "P" αλλά και άεργο ισχύ "Q", που συνήθως είναι επαγωγική. Η συνύπαρξη πραγματικής και άεργου ισχύος συνεπάγεται υψηλότερο (του απολύτως απαραίτητου) συνολικό ρεύμα, το οποίο αφενός προκαλεί ανεπιθύμητες απώλειες (χαλκού), αφετέρου οδηγεί σε αύξηση της μέγιστης ζήτησης ισχύος μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, σχήμα /6/. Επιπλέον των προβλημάτων της άεργου ισχύος, η παραγωγή μη γραμμικών φορτίων σε εξαρτήματα που περιέχουν ελεγχόμενες διόδους (thyristors) οδηγεί στην εμφάνιση μίγματος ημιτονοειδών κυματομορφών εντάσεως ρεύματος (και τάσης), που αναλύονται σε επαλληλία αρμονικών κυματομορφών με συχνότητα που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της βασικής ή θεμελιώδους συχνότητας των 50 Hz. Η παρουσία των αρμονικών (σημαντικότερη αποδεικνύεται η 5η αρμονική, 250Hz) επιβαρύνει (σχήμα /6/), το ποσοστό της άεργου ισχύος της εγκατάστασης ($\gamma > \phi$), ενώ αυξάνει σημαντικά τις απώλειες σιδήρου των μετασχηματιστών (ή άλλων συσκευών), δεδομένου ότι αυτές είναι ανάλογες του τετραγώνου της συχνότητας του δικτύου, [6].

Για την αξιολόγηση της καταναλισκόμενης άεργου ισχύος μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, χρησιμοποιείται ο συντελεστής ισχύος "Σ.Ι." της εγκατάστασης, που ορίζεται (σχήμα /6/) σαν:

$$\text{Σ.Ι.} = \text{συν}\phi = \frac{\text{Ενεργός Ισχύς σε kW}}{\text{Φαινόμενη Ισχύς σε kVA}} \quad (7)$$

Ο "Σ.Ι." μιας εγκατάστασης δεν πρέπει για λόγους τιμολόγησης να είναι μικρότερος του 0.8, ενώ συνίσταται να υπερβαίνει το 0.85, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση της χρεωστέας ζήτησης της εγκατάστασης. Η διόρθωση του "Σ.Ι." επιτυγχάνεται μέσω κινητών συστημάτων (σύγχρονοι κινητήρες διεγερόμενοι καταλλήλως – υψηλό κόστος) και μέσω στατών συστημάτων, που χρησιμοποιούν κατάλληλες συστοιχίες πυκνωτών (για επαγωγική συμπεριφορά καταναλωτή) και ηλεκτρονικά ισχύος. Η χρήση πυκνωτών κατάλληλης χωρητικότητας "C" περιορίζει την καταναλισκόμενη φαινόμενη ισχύ κατά "Q_c", σχήμα /6/, και μειώνει το "Σ.Ι." της εγκατάστασης, οπότε ισχύει:

$$\tan \phi' = \tan \gamma - \frac{Q_c}{P} = \tan \gamma - \frac{U^2 \cdot C \cdot \omega}{P} \quad (8)$$



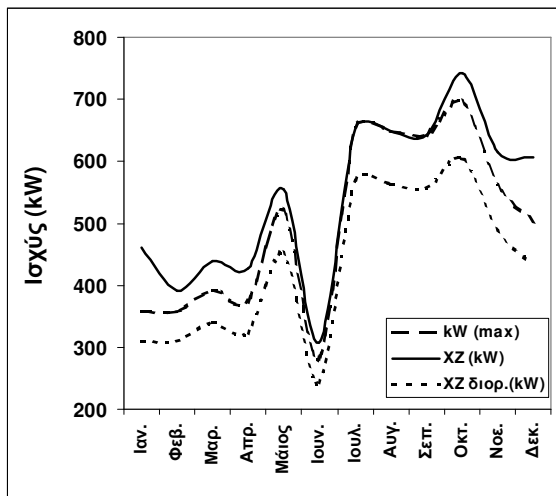
Σχήμα 6: Τρίγωνο ισχύος εγκατάστασης.

με "U" την τάση και "ω" την κυκλική συχνότητα του δικτύου. Η χρήση κατάλληλων πυκνωτών, συνδεδεμένων κατά τρίγωνο σε τριφασική κατανάλωση, βελτιώνει σημαντικά το "Σ.Ι." της εγκατάστασης, περιορίζοντας σημαντικά τη χρεωστέα ζήτηση της βιομηχανικής

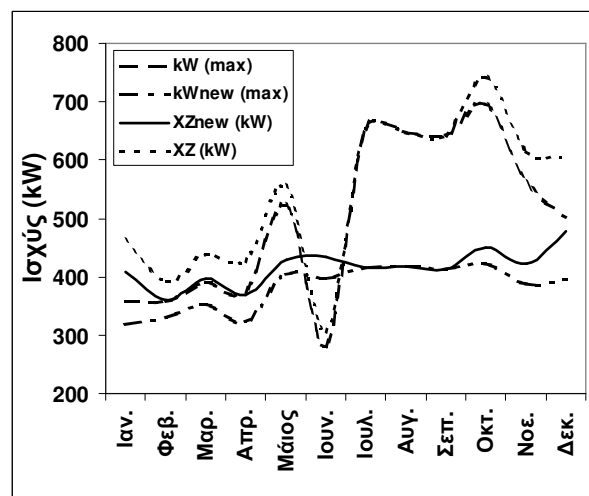
μονάδας, σχήμα /7/. Το εκτιμώμενο συνολικό κόστος εγκατάστασης των πυκνωτών αντιστάθμισης (μέση τιμή βάσης 25euro/kVAr) υπολογίζεται σε 3.3 εκατ. δρχ., ενώ η ετήσια εξοικονόμηση κόστους ενέργειας υπολογίζεται σε 8200euro περίπου. Με τη διόρθωση του "Σ.Ι." και την τοποθέτηση φίλτρων αρμονικών επιτυγχάνεται παράλληλα μείωση της στιγμιαίας ζήτησης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, περιορισμός των θερμικών απωλειών και καταπονήσεων των γραμμών μεταφοράς και των μετασχηματιστών, αλλά και παροχή καλύτερης ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές.

3.5 Οργάνωση Παραγωγής-Αξιοποίηση Τιμολογίων Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι δυνατότητες μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας και περιορισμού της στιγμιαίας ζήτησης ισχύος μέσω της αριστοποίησης της οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας είναι θεωρητικά απεριόριστες.



Σχήμα 7: Κέρδος αντιστάθμισης.



Σχήμα 8: Κέρδος οργάνωσης παραγωγής.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η περίπτωση της προηγούμενης επιχείρησης, οπότε και επιτυγχάνεται μείωση της μέγιστης απορροφούμενης ισχύος σε ώρες αιχμής, βλέπε σχήμα /8/, με επανακαθορισμό και ελαφρά χρονική μετάθεση του ημερήσιου πλάνου παραγωγής, που επιβαρύνει την επιχείρηση με πρόσθετο μηνιαίο κόστος 600euro. Στην περίπτωση αυτή και επειδή ο συντελεστής χρησιμοποίησης "ΣΧ" της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερος του 30%, γίνεται (βάσει υφισταμένων βιομηχανικών τιμολογίων) μείωση της χρέωσης ισχύος [6] κατά "[1-(μ/MZ)]·50%", οπότε η νέα χρεωστέα ζήτηση της εγκατάστασης δίνεται σαν:

$$(XZ)' = 0.5 \cdot (XZ) \cdot (1 - \mu / MZ) \quad (9)$$

όπου "μ" η μέγιστη ζήτηση ισχύος κατά τις ώρες αιχμής και "MZ" η καταγραφείσα μέγιστη ζήτηση του μήνα. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες των βιομηχανικών τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας [6], με την υιοθέτηση του αναθεωρημένου πλάνου παραγωγής επιτυγχάνεται μείωση του κόστους ηλεκτρικής ισχύος κυρίως το δεύτερο εξάμηνο του έτους, σχήμα /8/.

4. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Για το σύνολο των προτεινόμενων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιούνται αντιπροσωπευτικοί μέσοι οικονομικοί δείκτες της εγχώριας αγοράς [7], που αναφέρονται στα επόμενα τρία έως πέντε έτη. Για το σκοπό αυτό το κόστος του χρήματος εκτιμάται σε $i=7\%$, η μέση απόδοση ιδίων κεφαλαίων προσδιορίζεται σε $i_0=10\%$, ενώ ο ετήσιος ρυθμός αναπροσαρμογής της ενέργειας λαμβάνεται ίσος με 5% , δηλαδή $e=0.05$.

4.1 Φωτισμός

Η παρούσα εργασία αποτελεί ανασκευή της επιστημονικής ανακοίνωσης των Καλδέλλη Ι., Εξηντάρη Αντ., Κιούση Βασ., 1999, "Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Μεθόδων Εξοικονόμησης Ενέργειας στην Ελληνική Βιομηχανία", 6ο Εθνικό Συνέδριο ΙΗΤ-Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Διεργασιών, Τόμος Β', pp.211-218, Βόλος.

Με βάση τα ανωτέρω μεγέθη αναλύεται η περίπτωση αντικατάστασης "N" λαμπτήρων πυρακτώσεως ονομαστικής ισχύος 100W (τιμή αγοράς 0.6euro) και ωφέλιμου χρόνου λειτουργίας 2000h με αντίστοιχης φωτεινότητας ηλεκτρονικούς λαμπτήρες 20W (τιμή αγοράς 1euro) και ωφέλιμου χρόνου λειτουργίας 10,000h. Για απλοποίηση των υπολογισμών θέτουμε $AOH=2000$ h/έτος και $BCF=1.0$. Στην προτεινόμενη μελέτη η τιμή μιας kWh λαμβάνεται 0.1euro/kWh. Από την ανάλυση των υπολογισμών για μια πενταετία προκύπτει ονομαστικό κέρδος πενταετίας ($70 \times N$) euro και αποπληθωρισμένος βαθμός απόδοσης της επένδυσης [7] ίσος με 370% ($\eta^* \cong 3.72$).

4.2 Αντλιοστάσιο – Σύστημα "VSD"

Στην περίπτωση του αντλιοστασίου της παραγράφου 3.2 χρησιμοποιείται μετατροπέας συχνότητας ("Inverter") για τη συνεχή ρύθμιση των στροφών των αντλιών, ο οποίος τροφοδοτεί τον κινητήρα της αντλίας με τετραγωνοειδούς κυματομορφής εναλλασσόμενο ρεύμα. Το αρχικό κόστος "C" αγοράς και τοποθέτησης του "Inverter" εκτιμάται στις 1300euro (4 kW), ενώ ανά πενταετία αντικαθίσταται ο πυκνωτής του συστήματος με κόστος αντικατάστασης 4% του αρχικού. Η εξοικονομούμενη ετησίως ενέργεια από κάθε αντλία του συγκροτήματος "ΔΕ" ισούται με 3550 kWh, εξίσωση (5), που μεταφράζεται σε ετήσια έσοδα ("R"=) 180euro, με μέση τιμή ηλεκτρικής (βιομηχανικό τιμολόγιο) ενέργειας ίση με 0.05euro/kWh. Από τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής ανάλυσης του προβλήματος δίνονται προκύπτει χρόνος απόσβεσης της επένδυσης ίσος με επτά έτη (χωρίς καμία εξωτερική χρηματοδότηση), ενώ ο καθαρός βαθμός απόδοσης της επένδυσης εκτιμάται στο 150%, για δεκαπενταετή περίοδο λειτουργίας, με ετήσια χρήση αντλιών 2500 ώρες.

4.3 Σύστημα Θέρμανσης

Με ανάλογη ανάλυση, από τα στοιχεία της παρ. 3.3 προκύπτει χρόνος απόσβεσης της προτεινόμενης παρέμβασης στο σύστημα θέρμανσης της υπό μελέτη βιομηχανίας περίπου δύο έτη και οικονομικός βαθμός απόδοσης ίσος με 400% για δεκαετή περίοδο ζωής της εγκατάστασης, [5].

4.4 Αντιστάθμιση Άεργης Ισχύος

Αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας τα κεντρικά οικονομικά στοιχεία της παραγράφου 4 και τα αποτελέσματα της παραγράφου 3.4, ο χρόνος απόσβεσης του επενδεδυμένου κεφαλαίου δεν υπερβαίνει τους 15 μήνες, ενώ ο καθαρός οικονομικός βαθμός απόδοσης για πενταετή λειτουργία του εξοπλισμού αντιστάθμισης εκτιμάται στο 360%, [6].

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από το σύνολο των προηγηθέντων παραδειγμάτων προκύπτει η ιδιαίτερη οικονομική ελκυστικότητα ενεργειακών παρεμβάσεων σε ελληνικές βιομηχανικές επιχειρήσεις, όπως αυτή εκφράζεται μέσα από το μικρό χρόνο απόσβεσης και τον υψηλό βαθμό οικονομικής απόδοσης. Πέραν του καθαρού οικονομικού κέρδους των επιχειρήσεων, τα απαιτούμενα κεφάλαια δεν είναι απαγορευτικά, ιδιαίτερα μάλιστα αν ληφθεί υπόψη η δυνατότητα επιχορήγησης (έως και 40%) αλλά και δανειακής συμμετοχής. Επιπλέον του χρηματοοικονομικού οφέλους για την ενδιαφερόμενη βιομηχανική μονάδα, προκύπτουν σημαντικά εθνικά και κοινωνικά οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και τον περιορισμό της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Επιπροσθέτως των προτεινόμενων δράσεων αναφέρεται στη βιβλιογραφία σημαντικός αριθμός ανάλογων παρεμβάσεων, που κατά περίπτωση συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας με παράλληλα οικονομικά οφέλη. Για το λόγο αυτό αποτελεί απορίας άξια η χαμηλή πρόοδος των έργων εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν ενταχθεί στα εκάστοτε χρηματοδοτικά

προγράμματα, ενώ με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναμένονται τα αποτελέσματα εφαρμογής του πιλοτικού σχεδίου χρηματοδότησης τρίτων, που αναφέρεται στη συνεργασία της εταιρείας "Achaia Clauss" – Πάτρα και του Κ.Α.Π.Ε.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να επισημανθούν για μια ακόμη φορά αφ' ενός οι τεράστιες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία με μέτρα χαμηλού κόστους, αφ' ετέρου η αδράνεια και η ατολμία των εμπλεκόμενων μερών, γεγονός που επιδεινώνει ακόμα περισσότερο την ανταγωνιστικότητα των ελληνικών επιχειρήσεων, επιβαρύνοντας ταυτόχρονα και τα μεγέθη της ελληνικής οικονομίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καλδέλλης Ι., Κων/νίδης Π., 1995, "Καταγραφή και Ποσοτικοποίηση του Κοινωνικού-Περιβαλλοντικού Κόστους Παραγωγής Ενέργειας στη Χώρα μας", 4^ο Συν. Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας, Παν. Αιγαίου, Λέσβος.
- [2] Κ.Α.Π.Ε., 1997, "Ενέργεια & Βιομηχανία", ΕΠΕΤ II, Πρόγραμμα "Ανοιχτές Θύρες", Αθήνα.
- [3] E.C., DG XVII, 1995, "Energy Investment Opportunities in European Industry – A Booklet for Financial Institutions", Thermie Programme Action.
- [4] Kleinpeter M., 1995, "Energy Planning and Policy", ed. John Wiley & Sons, New York.
- [5] Κιούση Β., Καλδέλλης Ι., 1999, "Μέθοδοι Εξοικονόμησης Ενέργειας στη Βιομηχανία. Εφαρμογές στα Αντλιοστάσια και στη Θέρμανση των Βιομηχανιών", Πτυχιακή Εργασία, D-24, Εργ. Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
- [6] Εξηντάρης Α., Καλδέλλης Ι., 1999, " Μέθοδοι Εξοικονόμησης Ενέργειας στη Βιομηχανία. Εφαρμογές σε Συστήματα Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας ", Πτυχιακή Εργασία, D-28, Εργ. Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
- [7] Καλδέλλης Ι., 1999, "Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας", Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.