

Ανάπτυξη, Ασφάλεια και Περιβάλλον

Προκλήσεις και Προβλήματα για τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, στο κατώφλι του 21ου αιώνα

του Β. Κ. Παπαδιά*

1. Εισαγωγικά

Η διαθεσιμότητα της ενέργειας είναι θεμελιώδης για την ευημερία της σύγχρονης κοινωνίας και απαραίτητη για την οικονομική ανάπτυξη οπουδήποτε της γης. Η ζήτηση ενέργειας, ειδικά στη μορφή του ηλεκτρισμού, αυξάνει και θα συνεχίσει να αυξάνει όσο ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνει και τα έθνη αγωνίζονται για κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη. Όσο αυξάνει εντούτοις η κατανάλωση ενέργειας, ο κόσμος συνειδητοποιεί όλο και περισσότερο τις συνεπαιγόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας. Οι ανησυχίες έχουν επεκταθεί από την ατμοσφαιρική καπνισμιά (smog) στην όξινη βροχή και από εκεί στα παγκόσμια κλιματολογικά προβλήματα λόγω φαινομένου θερμοκηπίου (greenhouse). Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) στην ατμόσφαιρα από την καύση των στερεών καυσίμων έχει συμβάλει στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακος (CO₂) και άλλων αερίων που συμβάλλουν στην δημιουργία στην ατμόσφαιρα φαινομένου θερμοκηπίου, οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην καύση στερεών καυσίμων όπως και σε άλλες ενεργειακές

διαδικασίες και μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα της γης.

Δεν υπάρχει μονοσήμαντη, ή απλή λύση στα σχετιζόμενα με τη χρήση της ενέργειας περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία μας απασχολούν. Είναι βασική ανάγκη να βρεθεί η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης, της σχετικής χρήσεως της ενέργειας και του περιβάλλοντος. Δεν τίθεται θέμα επιλογής μεταξύ των τριών, διότι τα χρειαζόμαστε προφανώς όλα. Ο κόσμος πρέπει να χρησιμοποιήσει τεχνολογίες και να προωθήσει ενεργειακές επιλογές που θα εξασφαλίσουν στο μέλλον μια επαρκή και αξιόπιστη παροχή οικονομικής και περιβαλλοντικά καθαρής ενέργειας. Παρότι είναι βέβαιοι ότι θα χρειαστεί ένα μίγμα ενεργειακών επιλογών για να εξασφαλισθούν οι ενεργειακές και περιβαλλοντικές μας ανάγκες, πιστεύεται γενικά ότι οι επιλογές που πρέπει να παίξουν το σπουδαιότερο ρόλο, είναι οι ακόλουθες:

- (α) εξοικονόμηση και καλλίτερη αποδοτικότητα της ενέργειας
- (β) ανανεώσιμες πηγές (φωτοβολταϊκή, αιολική, ωκεανική)
- (γ) πυρηνική ενέργεια

(δ) βελτιωμένη χρήση ορυκτών καυσίμων (συμπαραγωγή, καθαρή καύση)

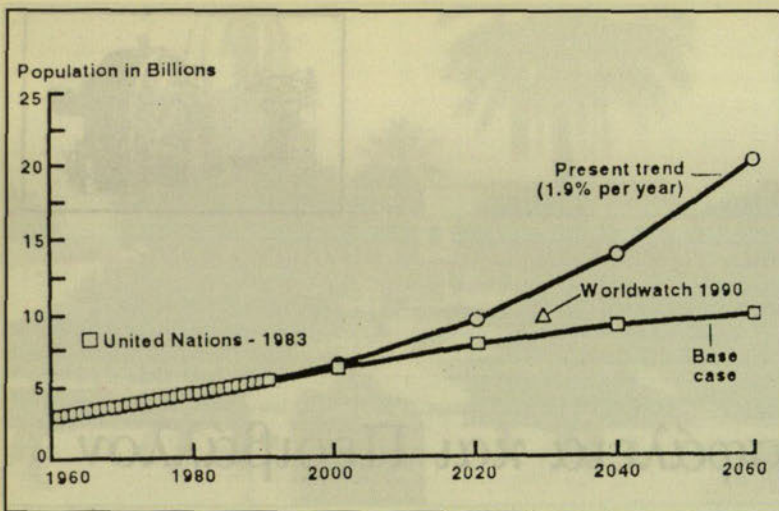
(ε) διεθνής μετάδοση τεχνολογίας

Η εξοικονόμηση ενέργειας (energy conservation) θεωρείται βασικός στόχος, έχει πολλά περιθώρια επιτεύξεως και θεωρείται βασικός παράγων για τη μείωση της μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, όλες οι προβλέψεις γίνονται με την παραδοχή πλήρους εξοικονόμησης της ενέργειας.

2. Η εξέλιξη της παγκόσμιας ζήτησης και παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

Αναγνωρίζεται γενικά ότι η ενέργεια, και ειδικότερα η ηλεκτρική, σχετίζεται ιστορικά και εξαρτάται άμεσα από την οικονομική και πληθυσμιακή ανάπτυξη. Παράμετρος-κλειδί είναι ο παγκόσμιος πληθυσμός, ο οποίος θα συνεχίσει να αυξάνει κατά τη διάρκεια του επόμενου αιώνα. Πόσο πολύ δεν είναι βέβαιο. Το σχ. 1 δείχνει τις προβλέψεις από ένα συνδυασμό εκτιμήσεων της Διεθνούς Τράπεζας και των Ηνωμένων Εθνών. Το σχ. 2 διαχωρίζει τους ρυθμούς αύξησης ανεπτυγμένων και μη ανεπτυγμένων χωρών, όπου

(*) Ο Β.Κ. Παπαδιάς είναι καθηγητής στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ



Σχ.1: Παγκόσμιος Πληθυσμός

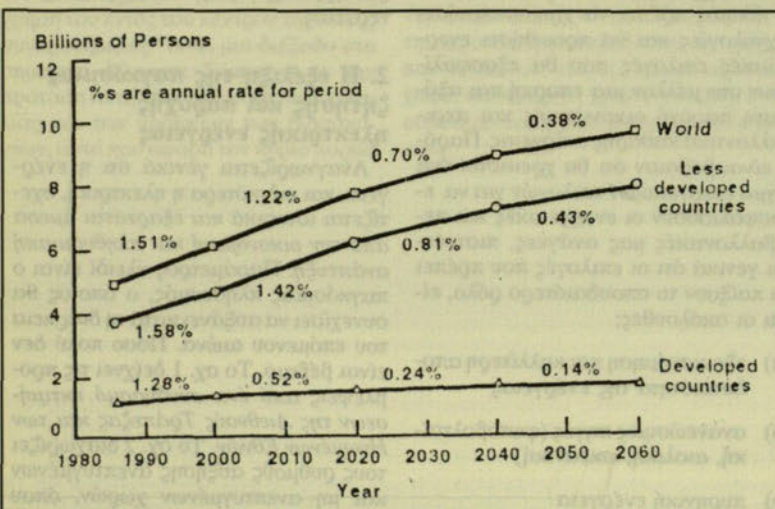
φαίνεται ότι το μεγάλο μερίδιο στην αύξηση έχουν οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, αν και ο συλλογικός ρυθμός κλιμακώνεται παντού.

Βασίζόμενοι σε ιστορικά δεδομένα κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας και ηλεκτρισμού (στοιχεία του EPRI) και χωρίς ιδιαίτερες προσπάθειες εξοικονόμησης ενέργειας, οι παραδοχές για μακροπρόθεσμες προβλέψεις στο μέλλον μπορούν να είναι 1,1% ετησίως για την ενέργεια γενικά και 1,75% ετησίως για την ηλεκτρική ενέργεια. Με τους ρυθμούς αυτούς η πρόβλεψη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2060, φαίνεται στον πίνακα 3.

Ο πίνακας δίνει την κατά κεφαλήν ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας χωριστά για τις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες

(LDC) και τις ανεπτυγμένες (DC) όπως και συνολικά, καθώς και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας το 2060 για σταθερή κατά κεφαλήν ζήτηση (μηδενική αύξηση) και για πλήρη εξοικονόμηση. Η τελευταία παραδοχή, η οποία είναι και αισιόδοξη, αλλά επιβάλλεται να επιτευχθεί γιατί αλλιώς η εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να αποβεί επικίνδυνη για την οικονομική ανάπτυξη των λαών, θα έχει ως αποτέλεσμα - όπως εκτιμάται - τη μείωση της μη ηλεκτρικής ενέργειας στο ήμισυ, της δε ηλεκτρικής στα 2/3.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, οι LDC θα χρησιμοποιήσουν το 41% περίπου της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας, έναντι 19% περίπου σήμερα. Αυτές βέβαια οι προβλέψεις γίνονται



Σχ.2: Παγκόσμιος και κατά περιοχές πληθυσμός

με ορισμένες παραδοχές λογικής οικονομικής ανάπτυξης για τις χώρες αυτές οι οποίες μπορεί να μην επιτευχθούν. Απομένει τώρα το ερώτημα για το πώς η ενέργεια αυτή θα παραχθεί και τί επιπτώσεις θα έχει στο κλίμα του πλανήτη μας.

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει μερικά από τα πιθανά σενάρια. Για διάφορους λόγους έχει γίνει η παραδοχή ότι σε παγκόσμια κλίμακα η αναλογία των ορυκτών καυσίμων, άνθρακα-πετρέλαιο-φυσικό αέριο, δεν θα μεταβληθεί ουσιαστικά. Έχει επίσης γίνει η παραδοχή ότι, μέχρι το 2060 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική και η βιομάζα θα έχουν αναπτυχθεί εμπορικά και θα συμβάλουν κατά το μέγιστο δυνατόν. Η αιολική και η γεωθερμική όμως συμβολή, θεωρήθηκαν πολύ μικρές για να ληφθούν υπόψη και έτσι δεν εμφανίζονται στον πίνακα. Παρ' όλα αυτά και η ηλιακή ενέργεια και η βιομάζα συμμετέχουν με σημαντική αβεβαιότητα (λόγω κόστους και διαθεσιμότητας). Με αυτά λοιπόν και πλήρη εξοικονόμηση ενέργειας, φθάνουμε στον πίνακα 4. Όπως φαίνεται σ' αυτόν, με βάση το 1986 (10.0) η συνολική ηλεκτρική ενέργεια το 2060, θα είναι 47 κατανεμόμενη σύμφωνα με δύο σενάρια: (α) με τα ορυκτά καύσιμα και υδροηλεκτρικά να μένουν στα επίπεδα του 1986, οπότε αυξάνεται πολύ η συμμετοχή των πυρηνικών και (β) με αύξηση των πρώτων από 8 σε 15 οπότε τα πυρηνικά περιορίζονται από 22 σε 15. Τα ορυκτά καύσιμα λοιπόν (δηλ. άνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) παραμένουν για πολλά χρόνια σημαντική πηγή ενέργειας, λόγω της αφθονίας τους και του σχετικά χαμηλού κόστους τους. Η καύση τους συνοδεύεται από εκπομπές CO₂ και συμβολή στη δημιουργία όξινης βροχής και αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

Θεωρώντας την πολύ πιθανή έκβαση, μερικής μόνο εξοικονόμησης ενέργειας και χρήσης των ανανεώσιμων πηγών, θα πρέπει να περιμένουμε τουλάχιστο διπλασιασμό των ετήσιων εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα. Μια αύξηση του ετήσιου ρυθμού εκπομπής CO₂ που είναι σήμερα 1% περίπου, σε 2%, μειώνει το χρόνο διπλασιασμού του εκπεμπόμενου CO₂ από 70 σε 35 χρόνια. Η κλιματική σημασία μιάς τέτοιας αύξησης, μπορεί να είναι εξαιρετικά σοβαρή, παρότι οι σημερινές γνώσεις της δυναμικής των διεργασιών της βιοσφαίρας είναι ανεπαρκείς για ασφαλή πρόβλεψη. Εντούτοις, δεν επιτρέπεται να περιμένουμε και θα προέ-

	Υπάρχον 1986	Τάση	Πλήρης Εξοικονόμηση	Μηνενιαία κατά κεφαλή μεγέθυνση
Ηλεκτρισμός (KWh/capita)				
LDC	500	3,590	2,390	500
DC	6,850	24,730	16,480	6,850
Κόσμος*	2,010	7,240	4,830	1,600
Σύνολο KWh (τρισεκατομμύρια)				
LDC	2	29	19	4
DC	8	41	28	12
Κόσμος*	10	70	47	16

(*) Σταθμισμένος μέσος όρος πληθυσμού των λιγότερο αναπτυγμένων χωρών (LDC) και των ανεπτυγμένων χωρών (DC)

Πιν. 3: Ζήτηση ενέργειας το έτος 2060

πει να ληφθούν από τώρα μέτρα οριστικά για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος. Ένα προφανές μέτρο είναι η προώθηση της αποδοτικότερης χρήσης των ορυκτών καυσίμων, με κατάλληλες μεθόδους και ενέργειες. Μια τεχνολογία η οποία προωθείται και αναπτύσσεται προς το σκοπό αύξησης της απόδοσης χρησιμοποίησης των ορυκτών καυσίμων, (και μείωσης των επιπτώσεων της καύσης τους στο περιβάλλον) είναι η *συνμπαραγωγή*, η οποία χρησιμοποιεί την απομείονσα θερμική ενέργεια κατά τη διαδικασία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια άλλη έρευνα η οποία ενθαρρύνεται, αφορά στην ανάπτυξη τεχνολογιών καθαρού άνθρακος, με τον οποίο μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές που σχετίζονται με την πρόκληση όξινης βροχής. Πολλά ακόμη μπορούν να γίνουν, όπως π.χ. η ηλεκτροκίνηση των οχημάτων. Το ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο για αστικές χρήσεις, θα είναι πιθανώς κοινός τόπος σε λίγες δεκαετίες, και αν η ηλεκτροπαραγωγή προέλθει από μη ορυκτές πηγές η μείωση των εκπομπών CO₂ θα ελαττωθεί δραστικά. *Ούτως*,

ή *άλλως*, πρέπει συνεχώς να ενθαρρύνεται η παραγωγή από μη ορυκτές πηγές, δηλαδή η ηλιακή, αιολική και γεωθερμική, υδροηλεκτρική και πυρηνική ενέργεια. Κάθε μια από τις τελευταίες έχει τα προβλήματα και τους περιορισμούς της, αλλά τίποτε δεν είναι αξεπέραστο και η τεχνολογία συνεχώς προοδεύει.

3. Η σημερινή διεθνής και ευρωπαϊκή ενεργειακή σκηνή

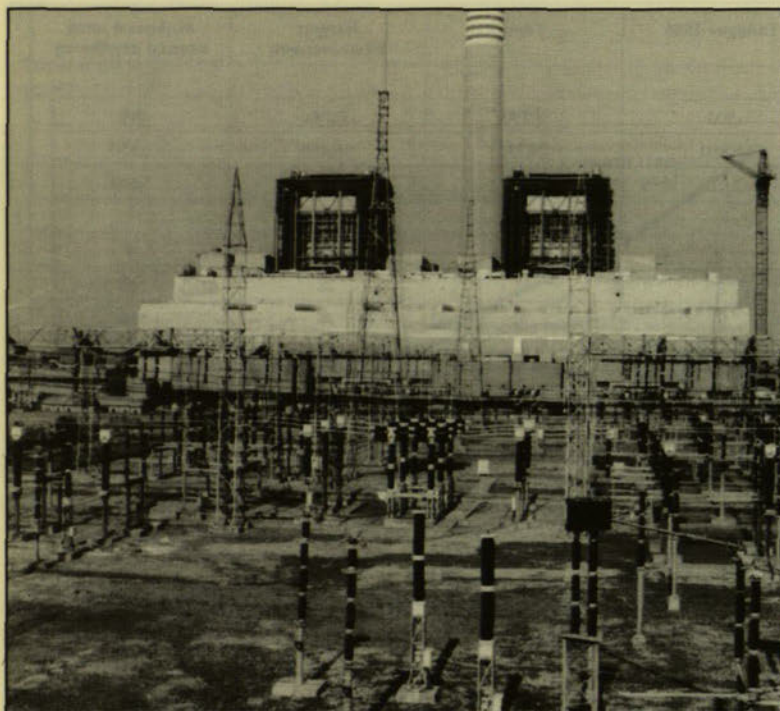
Η ενεργειακή πολιτική που εφαρμόστηκε, ιδιαίτερα στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, οδήγησε στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση της ζήτησης του πετρελαίου. Πράγματι, μέσα σε μία δεκαετία, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα μπόρεσε να μειώσει τις εισαγωγές πετρελαίου κατά το ήμισυ. *Ειδικότερα, ενώ το 1973 το πετρέλαιο κάλυπτε το 62% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της Κοινότητας, το 1985 το ποσοστό αυτό περιορίστηκε στο 31%*. Όμως, παρά την πρόοδο που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια, η Κοινότητα παραμένει εξαιρετικά ελεύθετη στον ενεργειακό τομέα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο εφοδια-

σμός της Κοινότητας σε ενέργεια (πετρέλαιο και άλλες μορφές) από το εξωτερικό κάλυπτε το 1985 πάνω από το 44% των συνολικών της ενεργειακών αναγκών, τη στιγμή που η αντίστοιχη εξάρτηση των ΗΠΑ από ξένες πηγές ενέργειας ανέρχεται, μόνο σε 12%. Η προσπάθεια συνεπώς προς την κατεύθυνση αυτή πρέπει να συνεχισθεί.

Στο χώρο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, οι αντικειμενικοί στόχοι που τέθηκαν το 1986 για το 1995, ισχύουν σε γενικά πλαίσια και σήμερα. Οι στόχοι αυτοί είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%, ο περιορισμός της συμμετοχής του πετρελαίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της ΕΟΚ μέχρι 40% και η διατήρηση των εισαγωγών πετρελαίου, κάτω του 33% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, η διατήρηση του ποσοστού συμμετοχής του φυσικού αερίου, η αύξηση της συμβολής των στερεών καυσίμων με παράλληλη βελτίωση της αποδοτικότητας στη χρησιμοποίησή τους, η συμμετοχή του πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή κάτω από 15% και η ουσιαστική

Πλήρης εξοικονόμηση:		Περιορισμένα ορυκτά καύσιμα και υδροηλεκτρικά			
		Μέγιστη ηλιακή ενέργεια και βιομάζα			
(1000 TWhr)					
Έτος	Σύνολο Ηλεκτρισμού	Ορυκτά καύσιμα και υδροηλεκτρ.	Ηλιακή	Βιομάζα	Πυρηνική
1986	10.0	8.4			1.6
2060	• Ορυκτά καύσιμα και υδροηλ. στο επίπεδο του 1986				
	47	8	6	11	22
2060	• Ορυκτά καύσιμα και υδροηλ. = πυρηνική				
	47	15	6	11	15

Πιν. 4: Παγκόσμια παροχή ηλεκτρισμού το έτος 2060



αύξηση της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών.

Η Εθνική Ενεργειακή Πολιτική

Οι κύριοι στόχοι της Ελληνικής ενεργειακής πολιτικής, συμπίπτουν με τους Κοινοτικούς στόχους και είναι η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, η ένταξη στο ενεργειακό σύστημα του Φυσικού Αερίου, η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πηγών, με παράλληλη έρευνα του ελληνικού χώρου για την ανακάλυψη και αξιολόγηση νέων κοιτασμάτων ενεργειακών πρώτων υλών, η εξοικονόμηση ενέργειας συνδυασμένη με μείωση του κόστους ενεργειακής τροφοδοσίας, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ένταξη στο σχεδιασμό των ενεργειακών έργων της προστασίας του περιβάλλοντος.

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας είναι ένα υδροθερμικό σύστημα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ (τέλος 1991) 8355 MW, το οποίο περιλαμβάνει λιγνιτικές μονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 4533 MW, πετρελαϊκές μονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 830 MW (δεν περιλαμβάνεται ο ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 470 MW, ο οποίος έχει τεθεί σε ψυχρή εφεδρεία), αεριοστροβίλους ισχύος 114 MW και υδροηλεκτρικούς σταθμούς με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 2408 MW. Το κύριο μέρος της εγχώριας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τις λιγνιτικές μο-

νάδες οι οποίες το 1991 κάλυψαν το 69,7% του συνόλου. Οι ΥΗΣ προσφέρουν περιορισμένες ποσότητες (9,7%) ενέργειας που χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη των καθημερινών αιχμών της ζήτησης. Στο προσεχές μέλλον θα ενταχθούν υδροηλεκτρικές μονάδες συνολικής ισχύος 599 MW (περίοδος 1991-96).

Η συμμετοχή του πετρελαίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, παρά την προσπάθεια μείωσής της, εξακολουθεί να είναι υψηλή (64%). Η μείωση που επιτεύχθηκε οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην υποκατάστασή του από εγχώριους πόρους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και από εισαγόμενο λιθάνθρακα σε ορισμένες βιομηχανίες (κυρίως παραγωγής τσιμέντου).

Οι έρευνες για νέα κοιτάσματα στερεών καυσίμων από το ΙΓΜΕ και τη ΔΕΗ επαύξησαν σημαντικά τα βεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη από τα οποία θεωρείται ότι το 60% είναι υπαίθρια απολίψιμο.

Νέα σημαντικά αποθέματα υδρογονανθράκων δεν έχουν εντοπισθεί ενώ η άντληση του κοιτάσματος του Πρίνου εκτιμάται ότι θα ολοκληρωθεί μέχρι το 1992.

Στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και αύξησης της ενεργειακής απόδοσης δεν έχουν επιτευχθεί ουσιαστικά αποτελέσματα. Παρά το γεγονός αυτό, πιστεύουμε ότι με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών -π.χ. νέων υλικών θερμομονώσεως αλλά και νέων τεχνολογιών καύσης

με αυξημένο βαθμό απόδοσης -υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες βελτιώσεων.

Οι βασικές επιλογές πάντως του μεσοπρόθεσμου ενεργειακού προγράμματος της ΔΕΗ, είναι συνοπτικά οι ακόλουθες:

1. Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο
2. Μέγιστη αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πηγών (λιγνίτη, υδροηλεκτρικά)
3. Έντονη προσπάθεια για την ταχύτερη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολικής, ηλιακής, γεωθερμικής).
4. Εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας
5. Εφαρμογή πολιτικής προστασίας του περιβάλλοντος.

4. Ασφαλής και Αξιοπίστη Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συνεχώς αυξανόμενη εξάρτηση της κοινωνίας από την ορθή και αξιοπίστη λειτουργία των διαφόρων ηλεκτρικών συστημάτων, ιδιαίτερα όπου χρησιμοποιείται η πιο προηγμένη τεχνολογία, ή όπου η εκδήλωση ατυχημάτων απειλεί ολόκληρες κοινότητες ή περιοχές, έχει εστιάσει την προσοχή όλων σε όλες τις πλευρές της ασφάλειας των τεχνολογικών συστημάτων. Πολλά ατυχήματα και καταστροφές τα τελευταία χρόνια έχουν υποσκάψει την εμπιστοσύνη του κοινού προς την ακεραιότητα και αξιοπιστία των σύγχρονων τεχνικών συστημάτων, λόγω κυρίως μιας γενικής έλλειψης κατανόησης, θεμελιώδους τεχνικής παιδείας και πληροφόρησης του κόσμου, για τη φύση της ασφάλειας και της σχέσης τους με τον οικονομικά ακόμη και με πολιτικά θέματα. Η αξιοπιστία του εξοπλισμού είναι ένα μέτρο της ασφάλειας λειτουργίας του στην πράξη, αλλά η αξιοπίστη λειτουργία τον εξασφαλίζεται μόνον εάν ο εξοπλισμός χρησιμοποιείται σύμφωνα με τις προδιαγραφές με τις οποίες κατασκευάστηκε.

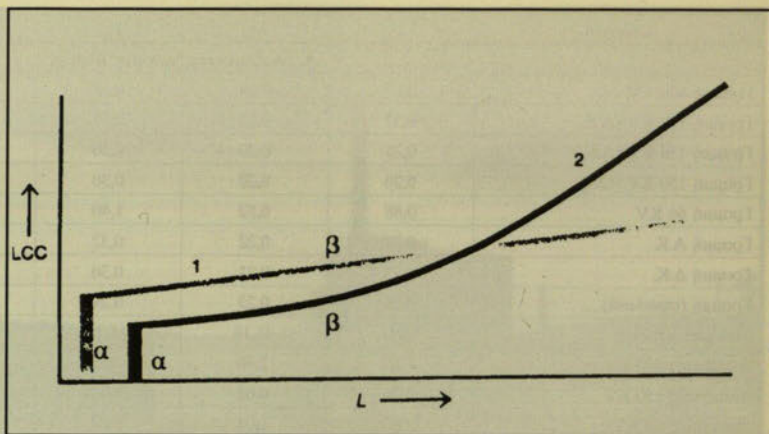
Εάν αυτή η προϋπόθεση δεν τηρείται, ο εξοπλισμός θα είναι γενικά λιγότερο ασφαλής από την εκτιμηθείσα αξιοπιστία του. Η ανθρωπίνη παρέμβαση στη λειτουργία του εξοπλισμού καθιστά αβέβαιο τον υπολογισμό της αξιοπιστίας, και η ποσοτική της προσέγγιση γίνεται πιθανοτική. Πολλά μπορούν να ειπωθούν ακόμη σχετικά με τη θεωρία της αξιοπιστίας, άλλωστε αυτή και μόνο αποτελεί έναν ολόκληρο επιστημονικό κλάδο, με σημαντικό θεωρητικό και πρακτικό βάθος.

Είναι φυσικό, το ευρύ κοινό να μην μπορεί να κατανοήσει όλες αυτές τις έννοιες. Για παράδειγμα, μια εκτίμηση ότι ένα σύστημα θα υποστεί κατά μέσο όρο μια βλάβη (ζημιά, διακοπή, καταστροφή) κάθε 30 χρόνια, μπορεί να ερμηνευθεί μόνο με στατιστική έννοια. Για λειτουργία, δηλ. επί 90 χρόνια, η καλύτερη εκτίμηση είναι ότι θα πάθει 3 βλάβες, αλλά αυτό δεν μπορεί να μας δώσει πληροφορία για το πότε μπορεί να γίνει μια βλάβη. Μπορεί να γίνει μια βλάβη την πρώτη εβδομάδα της λειτουργίας του και μια άλλη τη δεύτερη εβδομάδα χωρίς να θίγεται η ισχύς της αρχικής πρόβλεψης.

Οι απαιτήσεις για μια αξιόπιστη και χωρίς διακοπές παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στη βιομηχανία και το κοινωνικό σύνολο, έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Η μαζική χρησιμοποίηση υπολογιστών, αυτοματισμών, κλιματιστικών και συσκευών κάθε είδους, έχει κάνει την κοινωνία απόλυτα εξαρτημένη από την ηλεκτρική ενέργεια, και συνεπώς ευάλωτη και σε μικρές έστω διάρκειας διακοπές της παροχής. Γίνεται, ή επιβάλλεται να γίνεται κάθε προσπάθεια για την αύξηση της ασφάλειας λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων. Σήμερα, πολλοί υποσταθμιοί του συστήματος έχουν εξοπλισμό ηλικίας 30, ακόμη και 40, ή και περισσότερων ετών, δεδομένου ότι μια σημαντική ανάπτυξη των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλές χώρες, έγινε στη δεκαετία του '50. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν σήμερα παλιοί ελαιδιακόπτες ή διακόπτες αέρος, αλεξικεραυνα διακένων, ηλεκτρομηχανικά ρελαί, παλιά metalclad, κλπ. Τέτοιος εξοπλισμός χρειάζεται αυξημένη φροντίδα συντήρησης, ενώ παράλληλα η ανάγκη για ειδικό τεχνικό προσωπικό αυξάνει. Με τον εκσυγχρονισμό αυτών των υποσταθμίων είναι δυνατό να βελτιωθεί η διαθεσιμότητά τους, η συμπεριφορά τους και η οικονομικότητά τους.

4.1. Στατιστική Βλαβών

Τα σφάλματα (κυρίως βραχυκυκλώματα) στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής είναι υπεύθυνα για το μεγαλύτερο μέρος των βλαβών που επηρεάζουν τους καταναλωτές, τόσο σε πλήθος, όσο και σε συσσωρευμένη απώλεια ενέργειας. Τα ηλεκτρικά δίκτυα σχεδιάζονται πάντοτε για τη μεγαλύτερη δυνατή λειτουργική διαθεσιμότητα, επειδή οι συνέπειες μιας μείζονος βλάβης και διακοπής έχουν πολύ σοβαρό κοινωνικό αντίκτυπο. Υπάρχουν παρ' όλα αυτά σημαντικά περιθώρια για βελτίωση της συμπεριφοράς τους.



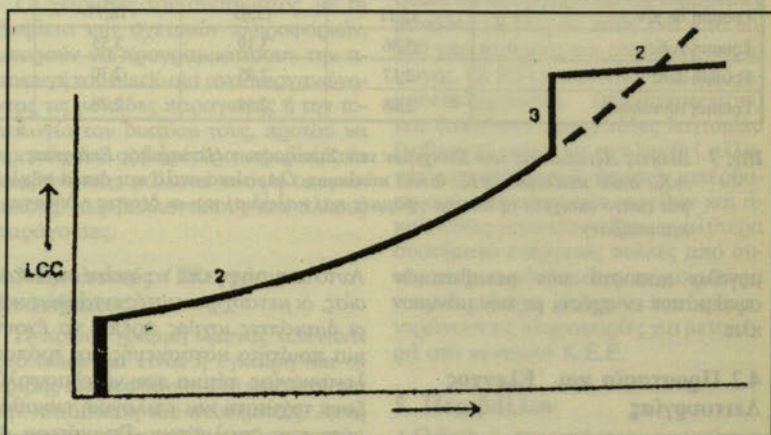
Σχ.5: Κόστος κύκλου ζωής (LCC) κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης α) κόστος εγκατάστασης, β) κόστος λειτουργίας, συντήρησης και απωλειών.

Οι διακόπτες και τα συστήματα προστασίας και ελέγχου, ευθύνονται αρκετά για τις διακοπές της παροχής, αλλά οι νέες τεχνολογίες μπορούν φυσικά να επιφέρουν πολλές βελτιώσεις.

Η παραγωγή, η μεταφορά και η διανομή είναι τα τρία κύρια υποσυστήματα. Η παραγωγή απορροφά εν γένει το 50% των συνολικών επενδύσεων του συστήματος, η μεταφορά το 15% περίπου και η διανομή το υπόλοιπο 35%. Ενώ, όπως φαίνεται λοιπόν, η μεταφορά έχει τις λιγότερες δαπάνες, οι απαιτήσεις για την αξιοπιστία της είναι πολύ αυστηρές. Μια διακοπή λόγω σφάλματος στο σύστημα μεταφοράς θα πλήξει πολλούς καταναλωτές. Επομένως, οι γραμμές, οι υποσταθμιοί και τα συστήματα προστασίας και ελέγχου, πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται για υψηλή διαθεσιμότητα

λειτουργίας. Είναι χαρακτηριστικά τα ακόλουθα δύο διαγράμματα (5 και 6).

Φαίνεται η επίδραση της αξιοπιστίας στο κόστος και αντίστροφα. Υψηλή διαθεσιμότητα, άρα μεγάλη αξιοπιστία εξοπλισμού, συνεπάγεται και μεγαλύτερη επένδυση αλλά αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα μια αντίστοιχη μείωση στο κόστος των διακοπών ηλεκτροδότησης. Η ανάλυση και μελέτη των σφαλμάτων είναι η παραδειγματική βάση για τον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πίνακας 7 παρουσιάζει τους βασικούς δείκτες αξιοπιστίας λ (αριθμός βλαβών κατ' έτος και 100 στοιχεία ή 100 km γραμμής) και γ (ετήσια διάρκεια διακοπών των ίδιων μεγεθών) τόσο σε μέση τιμή λ, όσο και σε ακραίες τιμές (λ_L, λ_U). Στον πίνακα μπορεί να παρατηρήσει κανείς διάφορα ενδιαφέροντα μεγέθη, π.χ. το



Σχ.6: Κόστος κύκλου ζωής (LCC) κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης. 1) κόστος εγκατάστασης, 2) κόστος λειτουργίας, 3) κόστος εκσυγχρονισμού (επέκταση ζωής εξοπλισμού).

Στοιχείο	λ	λ _L	λ _U	τ	τ _L	τ _U
A. Ανεξάρτητες Μόνιμες Βλάβες						
Γραμμή 400 KV	0,27	0,19	0,38	16,0	12,0	22,7
Γραμμή 150 KV (Α.Κ.)	0,27	0,23	0,33	46,6	39,0	56,8
Γραμμή 150 KV (Δ.Κ.)	0,25	0,20	0,30	23,0	19,1	28,2
Γραμμή 150 KV (ΟΛ)	0,26	0,22	0,30	35,2	30,9	40,5
Γραμμή 66 KV	0,88	0,52	1,40	44,0	29,0	74,0
Γραμμή Α.Κ.	0,27	0,22	0,32	46,6	39,0	56,8
Γραμμή Δ.Κ.	0,25	0,21	0,30	21,1	18,0	25,0
Γραμμή (συνολικά)	0,26	0,23	0,29	32,2	28,6	36,7
Μετασχηματιστής	13,14	11,18	15,35	89,0	76,0	104,0
Διακόπτης 400 KV	4,57	2,48	7,75	13,5	8,5	25,0
Διακόπτης 150 KV	7,75	6,62	9,02	21,0	18,0	24,5
Διακόπτης 66 KV	3,80	1,04	9,82	13,5	6,0	50,0
Διακόπτης (συνολικά)	7,20	6,20	8,32	20,0	17,5	23,5
Αποξενύκτης 400 KV	3,12	2,09	4,49	21,0	15,0	31,0
Αποξενύκτης 150 KV	1,33	1,08	1,63	50,0	41,0	61,0
Αποξενύκτης 66 KV	1,96	0,35	6,18	15,0	6,0	85,0
Αποξενύκτης (συνολικά)	1,55	1,29	1,84	42,0	36,0	51,0
Ζυγός 400 KV	3,70					
Ζυγός 150 KV	2,23					
Καλώδιο 150 KV	0,85					
B. Ανεξάρτητες Παροδικές Βλάβες						
Γραμμή 400 KV	0,23	0,16	0,33	0,3	0,2	0,4
Γραμμή 150 KV (Α.Κ.)	0,05	0,03	0,08	0,5	0,3	0,7
Γραμμή 150 KV (Δ.Κ.)	0,07	0,05	0,11	0,3	0,2	0,4
Γραμμή 150 KV (ΟΛ)	0,06	0,05	0,08	0,3	0,2	0,4
Γραμμή (συνολικά)	0,09	0,07	0,11	0,3	0,2	0,4
Γραμμή Α.Κ.	0,05	0,03	0,08	0,4	0,3	0,7
Γραμμή Δ.Κ.	0,11	0,09	0,15	0,3	0,2	0,4
Μετασχηματιστής	4,72	3,37	6,12	1,5	1,2	2,0
Γ. Ανεξάρτητες Μεταβατικές Βλάβες						
Γραμμή 400 KV	2,60	2,34	2,88			
Γραμμή 150 KV (Α.Κ.)	3,12	2,95	3,30			
Γραμμή 150 KV (Δ.Κ.)	2,03	1,90	2,17			
Γραμμή 150 KV (ΟΛ)	2,56	2,45	2,67			
Γραμμή 66 KV	15,11	12,03	18,77			
Γραμμή Α.Κ.	3,36	3,19	3,55			
Γραμμή Δ.Κ.	2,17	2,05	2,30			
Γραμμή (συνολικά)	2,68	2,58	2,78			

Πίν. 7 Δείκτες Αξιοπιστίας των Στοιχείων των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

Α.Κ.: απλό κύκλωμα, Δ.Κ.: διπλό κύκλωμα, ΟΛ: ολικά-απλό και διπλό κύκλωμα. Οι δείκτες λ δίνονται σε βλάβες ανά έτος και εκατό στοιχεία (ή km για γραμμές και καλώδια) και οι δείκτες τ δίνονται σε ώρες/έτος (εκτός λειτουργίας, ανα στοιχείο και συμβάν)

μεγάλο ποσοστό των μεταβατικών σφαλμάτων εν σχέσει με των μόνιμων κλπ.

4.2 Προστασία και Έλεγχος Λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα συστήματα προστασίας και ελέγχου μπορούν να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην αξιοπιστία της συμπεριφοράς και στην ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος.

Αυτό σημαίνει ότι τα ρελαί προστασίας, οι μετασχηματιστές εντάσεως και οι διακόπτες ισχύος πρέπει να έχουν μια ποιότητα κατασκευής και τρόπον λειτουργίας, τέτοια που να εξασφαλίζουν ταχύτητα και επιλογική εκκαθάριση των σφαλμάτων. Γενικότερα όμως, οι δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας, τα διαθέσιμα μέσα και μέθοδοι (δηλ. οι super computers, η ψηφιακή ανάλυση, η τεχνητή νοημοσύνη,

κλπ.) παρέχουν σήμερα πολλές δυνατότητες βελτίωσης των βασικών λειτουργικών διαδικασιών της Σ.Η.Ε., όπως:

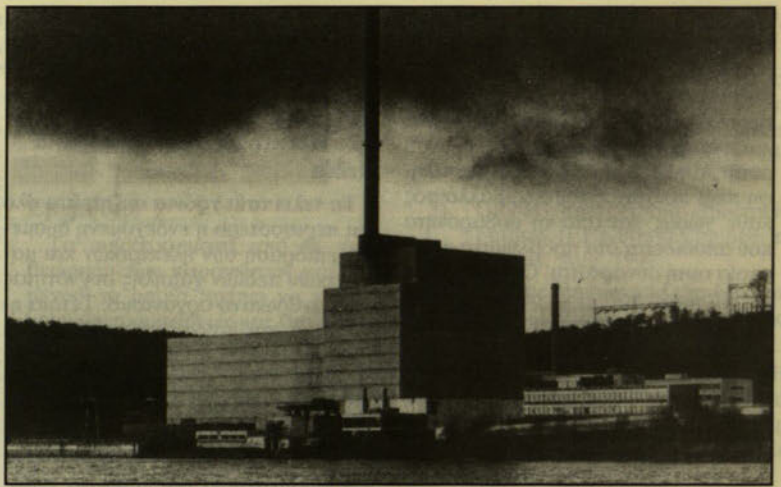
- της απόδοσης στην κανονική κατάσταση λειτουργίας
- της ασφάλειας λειτουργίας υπό ανώμαλες συνθήκες
- της επαναφοράς του συστήματος σε κανονική λειτουργία μετά από κάποια μεγάλη διαταραχή.

Η ασφάλεια λειτουργίας συγκεντρώνει το ιδιαίτερο ενδιαφέρον και τις προσπάθειες των μελετητών και των χειριστών του συστήματος, λόγω της μέγιστης σπουδαιότητας που έχει στην σύγχρονη εποχή η απρόσκοπτη λειτουργία των ηλεκτρικών δικτύων. Προς την κατεύθυνση αυτή, καίρια είναι η συμβολή της σύγχρονης ηλεκτρονικής και ψηφιακής τεχνολογίας των συστημάτων ελέγχου και πληροφορικής, τα οποία εφαρμόζονται στα σημερινά Συστήματα Εποπτείας και Ελέγχου της Λειτουργίας των Σ.Η.Ε. (EMS).

Η ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών μιας περιοχής κάθε χρονική στιγμή αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα που καλούνται να επιλύουν οι Επιχειρήσεις Ηλεκτρισμού σε όλο τον κόσμο. Η πολυπλοκότητά του οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις των καταναλωτών δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων, αλλά εξαρτώνται από μία σειρά τυχαιών και απρόβλεπτους παράγοντες. Ακόμα, η ενεργειακή ζήτηση πρέπει να ικανοποιηθεί με τον πιο οικονομικό τρόπο, ενώ παράλληλα οι Επιχειρήσεις Ηλεκτρισμού πρέπει να είναι έτοιμες να αντιμετωπίσουν έκτακτες καταστάσεις, όπως βλάβες, που μπορεί να ανακύψουν κάθε χρονική στιγμή. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος στα περισσότερα αναπτυγμένα κράτη χρησιμοποιούνται σύγχρονα Συστήματα Ελέγχου Ενέργειας με δυνατότητες επεξεργασίας 10.000 αναλογικών και 30.000 διακριτών μετρήσεων από το σύστημα παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας. Αυτά τα συστήματα ελέγχου σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία όλων των μονάδων παραγωγής και εξασφαλίζουν ότι καταναλώνεται το φθηνότερο καύσιμο από τις πιο αποδοτικές μονάδες. Επιπλέον, παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία όλων του δικτύου μεταφοράς και υπολογίζουν πώς θα ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες, αναλύουν την ασφάλεια και αξιοπιστία του συστήματος και βοηθούν τους χειριστές του συστήματος να καταλάβουν τη συμπεριφορά του δικτύου τους.

Οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες ενός τέτοιου σύγχρονου Συστήματος Ελέγχου, που αφορούν στην Εποπτεία, την Ασφάλεια και τον Έλεγχο, είναι κυρίως οι ακόλουθες:

- Εποπτεία ασφάλειας
- Ανάλυση και ιεράρχηση διαταραχών
- Προληπτικός Έλεγχος
- Έλεγχος Ανάγκης (emergency control)



- Έλεγχος Επαναφοράς

Είναι βέβαιο ότι η ύπαρξη κεντρικού ελέγχου μπορεί να προσφέρει σημαντική υπηρεσία στην ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος. Ένα σύγχρονο Σύστημα Ελέγχου Ενέργειας Σ.Ε.Ε. μπορεί να βοηθήσει τους χειριστές με δύο τρόπους:

- (i) Να τους δώσει τις πληροφορίες και τα μέσα για την ταχύτερη αποκατάσταση του δικτύου τους και την επανατροφοδότηση των καταναλωτών υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι η παραγωγή μπορεί να ανταποκριθεί.
- (ii) Να προειδοποιήσει τους χειριστές για τη λειτουργία του Συστήματός τους υπό κρίσιμες συνθήκες. Ιδιαίτερα η εφαρμογή του προγράμματος Ανάλυσης Διαταραχών μπορεί να προσφέρει στους χειριστές πλέον ασφαλείς διατάξεις λειτουργίας.

Οι χειριστές του συστήματος, με τη βοήθεια των σχετικών πληροφοριών, μπορούν να προγραμματίσουν την αποφυγή του black-out αναδιοργανώνοντας τις μονάδες παραγωγής ή την τοπολογία του δικτύου τους, προτού να προκύψουν σοβαρότερα προβλήματα λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες.

4.3 Εποπτικός Έλεγχος του Συστήματος

Η πρώτη γραμμή άμυνας απέναντι στο black-out είναι η έγκαιρη και ακριβής πληροφόρηση του χειριστή για την κατάσταση του συστήματος. Αυτή θα του επιτρέψει να διαγνώσει επικίνδυνες καταστάσεις που μπορεί να προκαλέσουν απώλειες εξοπλισμού ή διακοπή της παροχής ηλεκτρικής ισχύος. Τη λειτουργία αυτή εκτελεί το υποσύ-

στημα συγκέντρωσης πληροφοριών και εποπτικού ελέγχου, το λεγόμενο SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Για την πληροφόρηση του χειριστή απαιτείται η συλλογή μετρήσεων από το σύστημα, η παρουσίασή τους σε κονσόλες και η επεξεργασία τους για τον εντοπισμό ανώμαλων καταστάσεων ή καταστάσεων συναγερμού. Ένα σύγχρονο Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας Κ.Ε.Ε. μπορεί να απαιτήσει από 5.000 έως 30.000 διακριτές μετρήσεις κάθε 2 δευτερόλεπτα. Οι μετρήσεις αυτές αφορούν κυρίως την κατάσταση (status) διακοπών, ή ενδείξεις συναγερμού (alarms) για τον εξοπλισμό, π.χ. υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία ελαίου μετασχηματιστή. Επίσης, πρέπει να συγκεντρώσει 3.000 με 10.000 αναλογικές μετρήσεις, όπως ισχύος πάνω στις γραμμές μεταφοράς κάθε 2 με 30 δευτερόλεπτα. Αυτές οι μετρήσεις λαμβάνονται ως είσοδοι σε απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (RTU) σε κάθε ένα από 50-500 υποσταθμούς και σταθμούς παραγωγής. Οι RTUs αποτελούνται από μικροεπεξεργαστές (microprocessors) και διαθέτουν στοιχειώδες λογισμικό (software) ικανό να αντιληφθεί αλλαγές καταστάσεων διακοπών, υπέρβαση ορίων αναλογικών μεγεθών και ακολοθίες γεγονότων. Στα μεγαλύτερα συστήματα ενέργειας πολλές από αυτές είναι συνδεδεμένες σε μικρότερα τοπικά κέντρα ελέγχου που συγκεντρώνουν τις πληροφορίες για μεταφορά στο κεντρικό Κ.Ε.Ε.

5. Περιβάλλον

Ο βαθμός ανησυχίας του κοινού, του κόσμου δηλαδή, για την επιδείνωση του περιβάλλοντος, απεικονίζει και το μελλοντικό κοινωνικό και πολιτικό σκηνικό στο οποίο θα ζήσουμε. Η κοι-

νη ανησυχία για το περιβάλλον αντανακλά το βαθμό της δημόσιας ενήμερωσης για τα προβλήματα υγείας και ασφάλειας που δημιουργούνται και την ανάγκη να ελεγχθεί η βιομηχανία και η παραγωγή προς την κατεύθυνση αυτή. Αυτό εξαρτάται από την αντίληψη περί ποιότητας του περιβάλλοντος κάθε χώρας και από τη σοβαρότητα που αποδίδεται στα προβλήματα με τα οποία αυτή συναρτάται. Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις πρέπει να αναγνωρίζουν και να ενδιαφέρονται για τις επιπτώσεις της λειτουργίας των συστημάτων και των δικτύων τους στο περιβάλλον και στην υγεία και την ασφάλεια του κοινού.

5.1. Φαινόμενο θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η όξινη βροχή, τα οποία ήταν κάποτε θέματα ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος, εμφανίζονται σήμερα σαν σημαντικά προβλήματα δημοσίου ενδιαφέροντος και ανησυχίας. Οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂, το οποίο ευθύνεται για το ήμισυ περίπου του φαινομένου του θερμοκηπίου έχουν υπερυψωθεί μετάξυ των ετών 1950 και 1980. Περί το 1/4 των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ προέρχεται από την καύση στερεών καυσίμων στις Η.Π.Α., όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού ευθύνεται για το 75% της συνολικής παγκόσμιας εκπομπής CO₂.

Παρότι οι γνώσεις για την επίδραση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στο κλίμα της γης είναι ακόμα ατελείς, έχουν ήδη θεσπιστεί προστατευτικοί νόμοι, όπως ο *αμερικανικός Νόμος Προστασίας του Παγκόσμιου Κλίματος του 1987* και το *Διεθνές Πρωτόκολλο Μόντρεαλ για το στρώμα του όζοντος*, και η σχετική κίνηση εντείνεται. Με τα σημερινά δεδομένα εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας της γης με πιθανό έλαττωμο αστάθεια κλίματος. Για το έτος 2015 αναμένεται αύξηση θερμοκρασίας σχεδόν 1° C, πράγμα που θα αύξανε σημαντικά και τις ανάγκες για πρόσθετη ηλεκτρική ενέργεια.

Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί επηρεάζουν άμεσα τη βιομηχανία του ηλεκτρισμού. Οι κανονισμοί προστασίας του περιβάλλοντος επηρεάζουν την τοποθεσία, τη σχεδίαση καθώς και τη λειτουργία όλων σχεδόν των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και έχουν αυξήσει σημαντικά τα κόστη της εγκατεστημένης ισχύος παραγωγής, όπως και τον απαιτούμενο χρόνο κατασκευής. Συνεπώς επηρεάζουν αυ-

ξητικά το συνολικό κόστος παραγωγής και διαθέσεως της ηλεκτρικής ενέργειας, δηλ. την τιμή πωλήσεώς της στους καταναλωτές.

5.2. Ηλεκτρικά και Μαγνητικά Πεδία

Τα τελευταία χρόνια συζητείται όλο και περισσότερο η ενδεχόμενη δυσμενής επίδραση των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας στον ανθρώπινο οργανισμό. Τέτοια ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία παράγονται από τις γραμμές μεταφοράς και διανομής των ηλεκτρικών δικτύων ΥΥΤ και ΥΤ αλλά και μέσης και χαμηλής τάσεως, όπως επίσης και από όλους τους αγωγούς και τα καλώδια των βιομηχανικών και οικιακών εγκαταστάσεων και συσκευών που διαρρέονται από ρεύμα 50 περιόδων.

Η πρόσφατη επιστημονική βιβλιογραφία αναφέρει ορισμένα συμπτώματα στην ανθρώπινη υγεία τα οποία πιθανόν να οφείλονται σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50 ή 60 περιόδων. Πολλές έγκυρες εργασίες στο θέμα αυτό έχουν δημοσιευτεί όπως:

- α) του World Health Organisation (WHO) το 1984 και 1987
- β) του IRPA (International Radiation Protection Association) το 1990 και
- γ) του OTA (Office of Technology Assessment) το 1989.

Η μεγαλύτερη αβεβαιότητα αλλά και η μεγαλύτερη φυσικά προσπάθεια, στρέφονται στη σχέση πεδίων και καρκίνου. Σχετικά με το θέμα αυτό και λόγω της εκτάσεως που έχει λάβει σε διεθνή κλίμακα, η CIGRE σύστησε πριν από 3 περίπου χρόνια Ομάδα Ειδικών για τη μελέτη του θέματος και την συναγωγή συμπερασμάτων. Η εργασία αυτή στηρίχθηκε στην ανάλυση των υφισταμένων ήδη έγκυρων ερευνητικών επιδημιολογικών εργασιών, που έχουν διεξαχθεί ως τώρα με σκοπό τη διαπίστωση σχέσεως ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων και καρκίνου, με ιδιαίτερη όμως βαρύτητα στην εργασία του IRPA του 1990. Οι διάφορες όμως αυτές μελέτες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές και αποκλίσεις μεταξύ τους όσον αφορά στους στόχους, την έκταση της έρευνας αλλά και στα συμπεράσματα. Διαφέρουν ως προς το μέγεθος του κινδύνου (μερικές μάλλον είναι αρνητικές) ή ως προς τον τύπο του καρκίνου που πιθανόν να σχετίζεται με την έκθεση στα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Για παράδειγμα, ενώ μερικές μελέτες αναφέρουν μια αύξηση στη συχνότητα των κρουσμά-

των λευκαϊμίας μεταξύ εκτεθειμένων πληθυσμών, μια μελέτη αναφέρει παραδοξώς μια προστατευτική επίδραση μιας τέτοιας εκθέσεως.

Οι μελέτες που ασχολούνται με τους εργαζομένους σε περιβάλλον ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, παρουσιάζουν στο σύνολό τους ελαφρά αυξημένο τον κίνδυνο εμφάνισης ορισμένων καρκίνων, ιδίως λευκαϊμίας και καρκίνου του εγκεφάλου στους εργαζομένους αυτού του είδους. Οι παρατηρήσεις όμως αυτές δεν είναι τελειωτικές και οριστικές και περιέχουν σημαντικές αβεβαιότητες, εξ αιτίας των οποίων η παρακολούθηση του θέματος σε πολλές χώρες συνεχίζεται ακόμη. Επί του σημείου αυτού ένα βασικό συμπέρασμα του IRPA είναι ότι: «Η τρέχουσα μαρτυρία από τις επιδημιολογικές έρευνες η οποία κατατείνει στη συσχέτιση μεταξύ εμφανίσεως καρκίνου και έκθεσης σε ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία 50/60 Hz, δεν είναι πειστική και δεν συνιστά θετική ένδειξη δυσμενούς επίδρασης στην υγεία. Εντούτοις, τα αποτελέσματα εγείρουν μία υπόθεση, η οποία πρέπει να εξετασθεί.»

Τείνει να γίνει πάντως γενικά αποδεκτό ότι τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία δεν προκαλούν την έναρξη καρκίνου. Η υπόθεση που εξετάζεται είναι κατά πόσο τα πεδία αυτά θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων σε άτομα στα οποία είτε έχει αρχίσει μια τέτοια ανωμαλία ή βρίσκονται στο κατώφλι της έναρξεως.

Οι προσωρινές κατευθυντήριες οδηγίες του IRPA (1990) όσον αφορά τα όρια εκθέσεων σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, βασίζονται κυρίως στις διαπιστωμένες ή προβλεπόμενες άμεσες επιπτώσεις των ρευμάτων που επάγονται στο σώμα από εξωτερικά ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία. Δύο τέτοια όρια εκθέσεως σε πεδία τα οποία συνιστά το IRPA, είναι τα ακόλουθα:

		Ένταση ηλεκ. πεδίου (KV/m)	Μαγνητική Ροή (mT)
1.	Για εργαζομένους σε περιβάλλον ηλεκτρικών & μαγνητικών πεδίων Για πλήρη ημέρα εργασίας:	10	0,5
2.	Γενικό κοινό: (ανουκτοί χώροι, χώροι αναψυχής, κ.λπ.):	5	0,1

Τα όρια για έκθεση επί λιγότερο χρόνο είναι φυσικά πολύ μεγαλύτερα, αλλά περισσότερες λεπτομέρειες δεν χρειάζεται να αναφερθούν εδώ.

Το σημαντικό συμπέρασμα τόσο του IRPA όσο και της Ομάδας Εμπειρογνομόνων της CIGRE είναι ότι οι ως τώρα μαρτυρίες για την καρκινογενή επίδραση των πεδίων βιομηχανικής συχνότητας δεν είναι πειστικές, και οποιαδήποτε συσχέτιση είναι απλώς συζητήσιμη. Το πρόβλημα όμως είναι πολύ σημαντικό και επιβάλλει συνεχή έρευνα και παρακολούθηση. Η CIGRE θεωρεί ότι οι περιοχές της έρευνας πρέπει σε πρώτη προτεραιότητα να καλύπτουν τα ακόλουθα σημεία:

- 1) καλύτερη γνώση των πηγών και της κατανομής των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων βιομηχανικής συχνότητας στον περιβάλλοντα χώρο
- 2) Επιδημιολογικές μελέτες, με προσέγγιση κατά το δυνατόν, των πραγματικών συνθηκών εκθέσεως
- 3) εργαστηριακά πειράματα σε ζώα
- 4) επέκταση των κυτταρολογικών μελετών, για να διαπιστωθεί κυρίως ποιές από τις αναγραφόμενες στη βιβλιογραφία επιδράσεις μπορούν να αναπαραχθούν και ποιές όχι, και στη συνέχεια ποιές από αυτές μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην υγεία

- 5) μελέτες βιολογικών αλληλεπιδράσεων πεδίων και μηχανισμών επιδράσεώς τους και ειδικότερα μελέτες προσδιορισμού των σχετικών βιολογικών παραμέτρων εκθέσεως.

Επιμύθιο

Τα συμπεράσματα από τη γενική θεώρηση των παραγόντων και δεδομένων τα οποία πρέπει να κατευθύνουν τις προσπάθειές μας στους τομείς που εξετάστηκαν, είναι πολλά και διάφορα. Πολλά και τα ερωτήματα που τίθενται. Οι δυνατότητες όμως υπάρχουν και είναι επίσης πολλές. Ανάλογες λοιπόν με τις δυνατότητές μας να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα, πρέπει να είναι και η αισιοδοξία μας για το μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Technologies for Twenty-First Century Energy Distribution, K.W. Klein, IEEE Power Engineering Review, April 1989.
- 2) Considerations Concerning the Prospects Offered by Modern Technologies to the Studies of Electric Systems, M. Pavard, paper No 38-14, CIGRE 1988 Session.
- 3) Safety in Engineering Systems - A Review by Electrical and Electronic Engineers, Forum

- organized by the UKRI Section of IEEE, 19-20 April, 1988.
- 4) Current Status of Research on Power-Frequency Electric and Magnetic Fields and Cancer, ELECTRA (CIGRE), No 135, April 1991.
- 5) Global Energy and Electricity Futures, IEEE Power Engineering Review, Aug. 1991.
- 6) Electric Energy and the Environment, IEEE-USA Energy Policy Committee (Doc.), Oct. 1990.
- 7) Σύγχρονα Συστήματα Ελέγχου Ηλεκτρικής Ενέργειας, Β.Κ. Παπαδιά, Γ.Κ. Κονταξή, Ν. Χατζηαργυρίου, TELEVIEW, Τεύχ. 5, Σεπτ.-Οκτ., 1990.
- 8) IRPA 1990: International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee Interim Guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields, Health Physics, Vol. 58, pp 113-122, 1990.
- 9) OTA 1989: Office of Technology Assessment, U.S. Congress Electric Power Wheeling and Dealing: OTA E 409, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, DC 1989.
- 10) ΔΕΗ, Στατιστικά Στοιχεία Λειτουργίας Εθνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας.