

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αριθμός 1611**

**Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια μέσω νέου  
τύπου αυτοματισμών**

**Energy savings in buildings through a new type  
of automation**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΤΣΙΤΣΙΒΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ**

**ΜΑΥΡΟΨΗΣ ΠΑΡΗΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΑΘΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2019**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται το πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια. Το συγκεκριμένο ζήτημα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες στο συνολικότερο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη, καθώς τόσο από τη μεριά της οικολογικής διαχείρισης, όσο και από αυτή της λελογισμένης κατανάλωσής της, αυτή τη στιγμή η καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί προτεραιότητα.

Αρχικά παρουσιάζονται οι πτυχές του ίδιου του ενεργειακού προβλήματος. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, ιδιαίτερα στον κτιριακό τομέα, ειδικότερα στην Ελλάδα δημιουργεί την ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων εξοικονόμησης. Εμείς θα ασχοληθούμε με αυτοματισμούς ελέγχου των λειτουργιών που καταναλώνουν ενέργεια.

Το βασικότερο σημείο που όλες οι αναλύσεις στέκονται γύρω από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι ο αυτοματισμός όλων των λειτουργιών ενός κτιρίου, η δημιουργία του λεγόμενου «έξυπνου» σπιτιού. Αυτό προϋποθέτει την ανάπτυξη συγκεκριμένων συστημάτων ελέγχου, που να μπορούν αυτόματα να καθορίζουν τη λειτουργία τους ανάλογα με την αλλαγή του περιβάλλοντος και γενικά των εξωτερικών συνθηκών, αλλά και να δικτυώνονται μεταξύ τους.

Βασικά στοιχεία στην ανάπτυξη των συστημάτων ελέγχου αποτελούν οι αισθητήρες. Είναι τα στοιχεία εκείνα που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον, αυτά που καθορίζουν την αρχή λειτουργίας ενός συστήματος ελέγχου. Τα είδη των αισθητήρων ποικίλλουν ανάλογα με τη λειτουργία τους και τη συγκεκριμένη χρήση τους.

Εξίσου βασικό κομμάτι αποτελούν οι μικροεπεξεργαστές. Στην πραγματικότητα, αυτοί περιλαμβάνουν τόσο το κομμάτι της πιο εύκολης εκτέλεσης των ενεργειών ελέγχου ενός συστήματος ελέγχου αλλά και το κομμάτι της δικτύωσης των διαφορετικών συστημάτων ελέγχου ενός κτιρίου. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται η λειτουργία και η δομή τους, καθώς και οι μικροελεγκτές, κατηγορία μικροεπεξεργαστών με ειδική εφαρμογή στα συστήματα ελέγχου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	5
1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια.....	6
1.3 Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα.....	8
1.4 Οι προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια.....	10
1.5 «Πράσινο» σπίτι.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ.....	14
2.1 Το «έξυπνο σπίτι».....	14
2.2 Οι αυτοματισμοί του σπιτιού.....	14
2.2.1 Σύστημα ασφαλείας.....	15
2.2.2 Σύστημα παρακολούθησης.....	15
2.2.3 Σύστημα φωτισμού / Day-light control.....	16
2.2.4 Σύστημα ηλεκτρικών συσκευών.....	17
2.2.5 Σύστημα free cooling, αερισμού, πρόψυξης, προθέρμανσης.....	17
2.2.6 Σύστημα ρολών, τεντών και θυρών.....	18
2.2.7 Σύστημα διανομής δορυφορικού και τηλεοπτικού Σήματος.....	18
2.2.8 Σύστημα διανομής εικόνας και ήχου.....	19
2.2.9 Σύστημα κεντρικής διαχείρισης και εποπτείας.....	19
2.2.10 Σύστημα ποτίσματος.....	19
2.2.11 Σύστημα πυρανίχνευσης και πλημμύρας.....	20
2.3 Σενάρια.....	20
2.4 Μορφές ελέγχου.....	22
2.5 Βέλτιστη εκκίνηση.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	29
3.1 Γενικά για τους αισθητήρες.....	29
3.1.1 Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων.....	29
3.1.2 Δυναμικά χαρακτηριστικά.....	35
3.2 Είδη αισθητήρων.....	35
3.2.1 Επαγωγικοί, χωρητικοί και μαγνητικοί αισθητήρες.....	35
3.2.2 Αισθητήρες Laser.....	35

3.2.3	Αισθητήρες πίεσεως.....	36
3.2.4	Αισθητήρες θερμοκρασίας.....	38
3.2.5	Αισθητήρες στάθμης.....	39
3.2.6	Αισθητήρες υγρασίας.....	40
3.2.7	Αισθητήρες ταχύτητας.....	40
3.2.8	Αισθητήρες ανίχνευσης αερίων.....	40
3.3	Αισθητήρες θερμοκρασίας.....	41
3.3.1	Αισθητήρες επαφής.....	41
3.3.1.1	Θερμοζεύγη.....	41
3.3.1.2	Αντιστάτες.....	42
3.3.1.3	Θερμίστορες.....	43
3.3.1.4	Ολοκληρωμένοι αισθητήρες.....	44
3.3.1.5	Κρυογενικοί αισθητήρες.....	45
3.3.1.6	Αισθητήρες οπτικών ινών.....	45
3.3.2	Αισθητήρες εξ αποστάσεως.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ.....		47
4.1	Ολοκληρωμένα κυκλώματα.....	47
4.2	Μικροεπεξεργαστές.....	49
4.3	Μικροελεγκτές.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ – ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....		54
5.1	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες.....	54
5.1.1	Φωτοβολταϊκή τεχνολογία.....	54
5.1.2	Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών.....	55
5.1.3	Απόδοση φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	57
5.1.4	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	59
5.2	Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες.....	60
5.2.1	Φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες με χρήση αέρα.....	61
5.2.2	Φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες με χρήση νερού.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		64

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

## **1.1 Εισαγωγή**

Στις μέρες μας, οποιαδήποτε κουβέντα γύρω από το ζήτημα της ενέργειας, αντικειμενικά καταλήγει να περιστρέφεται γύρω από δύο βασικά ζητήματα: το πρόβλημα της εξοικονόμησης και διαχείρισής της, καθώς και την οικολογική χρήση της. Έπειτα από δεκαετίες που τα τεχνολογικά επιτεύγματα άνοιγαν νέους δρόμους στην αξιοποίηση των ενεργειακών αποθεμάτων, τα τελευταία χρόνια το ενεργειακό πρόβλημα, μαζί με το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος, έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και η επίλυσή τους έχει γίνει επιτακτική σε παγκόσμιο επίπεδο.

Βασικό κριτήριο αυτής της συζήτησης αποτελεί η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και πιο ορθολογικής χρήσης της χωρίς να μειώνουμε τα επίπεδα διαβίωσής μας. Ας μην ξεχνάμε ότι πλέον όλες οι όψεις της καθημερινότητάς μας στηρίζονται στην κατανάλωση ενέργειας, και η χρήση ολοένα και περισσότερων νέων εφαρμογών έκανε τη ζωή μας πιο άνετη και μια σειρά από εργασίες πολύ πιο εύκολες. Ωστόσο, σήμερα μπορούμε να πούμε πως οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας είναι σημαντικές σε όλους τους τομείς, όπως στις μεταφορές, τη γεωργία, τη βιομηχανία, στα κτίρια του οικιακού ή τριτογενή τομέα, στον ενεργειακό τομέα (π.χ. στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής). Εκμεταλλευόμενοι νέα συστήματα υψηλής τεχνολογίας βελτιωμένων αποδόσεων, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), τον καλύτερο σχεδιασμό συστημάτων, τους αυτοματισμούς κ.α., μπορούμε να πετύχουμε και τους δύο στόχους, δηλαδή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια αυτά, θα δούμε κάποιες βασικές ορίζουσες του προβλήματος σε ότι αφορά την προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ήδη τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη τεχνολογικών ευρημάτων γύρω από το λεγόμενο «έξυπνο

σπίτι», δηλαδή κτίριο με αυτοματοποιημένα συστήματα εξοικονόμησης και διαχείρισης ενέργειας, είναι αλματώδης δείχνοντας πως στον κτιριακό τομέα οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας παραμένουν πολύ μεγάλες. Αρχικά θα δούμε γενικά στοιχεία γύρω από την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων στην Ελλάδα, κάποιες μόνιμες κατασκευαστικές μεθόδους εξοικονόμησης και έπειτα θα μπορούμε στο ζήτημα των αυτοματοποιημένων λύσεων και των συστημάτων ελέγχου.

## **1.2 Κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια**

Στα κτίρια, πρώτος στόχος μας είναι οι εσωτερικοί χώροι να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, επίπεδα φωτισμού, χρωμάτων, θορύβων ή άλλων ενοχλήσεων και ποιότητας αέρα. Στόχος μας είναι η επίτευξη των επιθυμητών επιπέδων για όλες αυτές τις παραμέτρους, έτσι ώστε ο χρήστης των χώρων αυτών να βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που προσφέρει τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης ή εργασίας, με ορθολογική χρήση ενέργειας. Ένα καλό εσωτερικό περιβάλλον σημαίνει θερμική άνεση, οπτική άνεση, ακουστική άνεση, μέσα σε ένα υγιεινό περιβάλλον, δηλαδή με την κατάλληλη ποιότητα αέρα όπως αυτό γίνεται αισθητό μέσω του δέρματος (θερμοκρασία, υγρασία, κίνηση αέρα), τα μάτια (επίπεδα φωτισμού και θερμοκρασιακές μεταβολές), αυτιά (ατμοσφαιρική πίεση, θόρυβοι), και μύτη (θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα αέρα). Ας δούμε λίγο τον κάθε παράγοντα από αυτούς:

- **Θερμική Άνεση**

Η θερμική άνεση συνδέεται κυρίως με τον έλεγχο της θερμοκρασίας (χειμώνα, καλοκαίρι) και τον έλεγχο της υγρασίας του αέρα (κυρίως ύγρανση τον χειμώνα και αφύγρανση το καλοκαίρι).

- **Οπτική Άνεση**

Ο φωτισμός άρχισε επίσης να αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, ιδιαίτερα με την κατασκευή νέων μεγάλων κτιρίων, την αύξηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και τις υψηλότερες απαιτήσεις για την ποιότητα εσωτερικού φωτισμού. Νέου τύπου λαμπτήρες με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, υψηλότερες αποδόσεις και καλύτερη ποιότητα φωτισμού, μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσουν την ποιότητα του τεχνητού φωτισμού. Ο συνδυασμός φυσικού φωτισμού και ενεργειακά αποδοτικού τεχνητού φωτισμού, μπορεί να επιτύχει τα απαιτούμενα επίπεδα οπτικής άνεσης.

- **Ακουστική Άνεση**

Η ακουστική άνεση, σε σχέση με τους εξωτερικούς θορύβους, ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις, είναι μια παράμετρος άμεσα συνδεδεμένη με την δυνατότητα εργασίας ή άνετης διαβίωσης σε εσωτερικούς χώρους. Άλλες πηγές θορύβου μπορεί να προέρχονται από εσωτερικές πηγές λόγω της λειτουργίας μηχανημάτων. Υψηλά επίπεδα θορύβου προκαλούν δυσφορία, μειώνουν την απόδοση του εργαζόμενου ή μειώνουν την ανθρώπινη ευεξία στο χώρο της κατοικίας.

- **Ποιότητα Αέρα**

Ο αερισμός των κτιρίων, για τον έλεγχο της εσωτερικής ποιότητας του αέρα, είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικός. Το σύνδρομο των “άρρωστων κτιρίων”, αποτελεί ένα θέμα πολύ μεγάλης σημασίας, ιδιαίτερα λόγω των νέων δεδομένων σχετικά με τις επιπτώσεις της ποιότητας του αέρα στον άνθρωπο, την χρήση νέων υλικών και ουσιών που αποτελούν πηγές ρύπων, την επιβαρυσμένη ποιότητα του εξωτερικού αέρα ιδιαίτερα στις μεγάλες αστικές πόλεις και της αρχιτεκτονικής των νέων “σφραγισμένων” κτιρίων.

Μεγάλη αξία έχει να παρατηρήσουμε το ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια σε σχέση με άλλους τομείς. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια αντιπροσωπεύει περίπου 40% της παραγόμενης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και στην Ελλάδα περίπου 34% το 2005. Η καύση υγρών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο, σε κεντρικές μονάδες θέρμανσης, η χρησιμοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας για κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, μικρά και αυτόνομα κλιματιστικά, και τον φωτισμό, επιδεινώνουν το ενεργειακό πρόβλημα και επιβαρύνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το 40% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την ενέργεια που καταναλώνεται στα κτίρια.

Στην Ευρώπη, η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια εμφανίζεται στις χώρες με το μεγαλύτερο κτιριακό απόθεμα (Γερμανία, Γαλλία, Αγγλία, Ιταλία και Ισπανία). Το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας στα κτίρια προς τη συνολική κατανάλωση κυμαίνεται από 20% έως 60%.

Υπάρχουν όμως και λύσεις για το πρόβλημα. Αυτό που απαιτείται είναι η εφαρμογή της υπάρχουσας τεχνογνωσίας στα νέα κτίρια, αλλά ιδιαίτερα στο υπάρχον κτιριακό απόθεμα. Ο κατάλληλος (βιοκλιματικός) σχεδιασμός των κτιρίων για την ελαχιστοποίηση των φορτίων κλιματισμού και γενικότερα των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων άρα και της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας, σε συνδυασμό με τα νέα υλικά και ενεργειακά αποδοτικά ηλεκτρομηχανολογικά (Η/Μ) συστήματα, τον σωστό έλεγχο για την τήρηση των επερχόμενων νομοθετικών ρυθμίσεων για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων κλπ. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις θα πρέπει να εξασφαλίζονται οι συνθήκες άνεσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα. Ταυτόχρονα, η θερμική θωράκιση των κτιρίων, δηλαδή η σωστή θερμομόνωσή τους, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας. Προφανώς, οφείλουμε να σημειώσουμε την διαφορά ανάμεσα στα παλιά και στα νέα κτίρια, δηλαδή στο κτιριακό απόθεμα και στις νέες κατασκευές. Έτσι κι αλλιώς, οι παλιές τεχνολογίας κατασκευές δεν καλύπτουν τις ανάγκες των ενοίκων αλλά και εκτός από αυτό, συνήθως καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια σε σχέση με πρόσφατες. Την ίδια στιγμή, οι απαιτήσεις των ενοίκων – χρηστών των κτιρίων, παράλληλα προφανώς με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου ή με νέες τεχνολογικές πατέντες που βελτιώνουν το επίπεδο των ανέσεων οδηγούν σε μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στις παλιές κατασκευές. Έτσι κι αλλιώς, η αξία του δομημένου περιβάλλοντος (κατασκευές) αντιπροσωπεύει το 50% και πλέον του εθνικού των χωρών εντός της ΕΕ, επομένως καταλαβαίνουμε πως η καλύτερη διαχείριση ενέργειας αποκτά τεράστια σημασία.

Προφανώς, οι παλιές κατασκευές είναι αντικειμενικά πολύ περισσότερες σε σχέση με τις νέες. Άρα, πρώτηιστη ανάγκη είναι η βελτίωση της κατανάλωσης και διαχείρισης ενέργειας στο υπάρχον κτιριακό απόθεμα. Μερικά κράτη μέλη της ΕΕ στη βόρεια Ευρώπη έχουν εφαρμόσει ήδη διάφορα μέτρα, συμπεριλαμβανομένων αυστηρότερων κατασκευαστικών προδιαγραφών, κανονισμών θερμομόνωσης, ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων, ακόμη και φορολόγησης ή κατάλληλων

επιχορηγήσεων, και έχουν κατορθώσει με επιτυχία να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Τα νέα Ευρωπαϊκά κτίρια είναι ενεργειακά πιο αποδοτικά. Παραδείγματα από την Γερμανία και την Δανία τεκμηριώνουν ότι είναι εφικτό να μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια, με την ήδη υπάρχουσα τεχνογνωσία και Η/Μ συστήματα και εγκαταστάσεις.

### 1.3 Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα

Σε ότι αφορά την Ελλάδα, πρώτα απ' όλα χρειάζεται να δούμε τα χαρακτηριστικά του κτιριακού αποθέματος, με βασικότερο την παλαιότητα. Σύμφωνα με τη καταγραφή των ελληνικών κτιρίων, το 71% κατασκευάστηκε πριν από το 1980, δεν διαθέτει θερμομόνωση και παρουσιάζει χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις. Σε ότι αφορά τη χρήση τους, το 77% των ελληνικών κτιρίων αντιστοιχεί σε κτίρια κατοικιών και το 23% σε κτίρια του τριτογενή τομέα.

Πέρα από την κατανομή των ελληνικών κτιρίων σε σχέση με τη χρονολογία κατασκευής ή τη συγκεκριμένη χρήση βασικό ζητούμενο είναι και η κατανάλωση ενέργειας αυτή καθαυτή. Εκεί, λοιπόν, παρατηρούμε ότι το 2005 τα ελληνικά κτίρια κατανάλωσαν 85923 GWh, δηλαδή το 34% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ελλάδας. Στην εσωτερική κατανομή αυτής της κατανάλωσης, οι 63407 GWh καταναλώθηκαν στα κτίρια κατοικιών και οι 22516 GWh στα κτίρια του τριτογενή (εκτός γεωργικών χρήσεων).

Παράλληλα, η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα έχει συνεχή άνοδο, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης της 3% για την εικοσαετία 1985-2005. Ωστόσο, η αντίστοιχη τιμή για τα ελληνικά κτίρια είναι αρκετά ανώτερη, στο 4,5%. Αυτός ο ρυθμός αύξησης δεν συμβαδίζει με τους στόχους της Ελλάδας για τη μείωση των ρύπων. Γι' αυτό θα πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΜΕΕ) σε όλους του τομείς και ιδιαίτερα στα κτίρια.

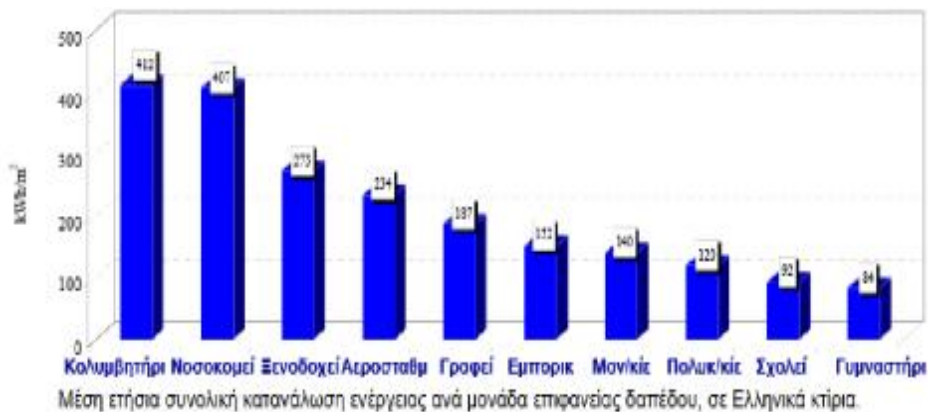
Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην ετήσια έκθεση 2007 για την πρόβλεψη εκπομπών αερίων ρύπων θερμοκηπίου ο κτιριακός τομέας έχει την υψηλότερη συνεισφορά στην κατανομή ρύπων.

Κατανομή ρύπων CO<sub>2</sub>eq (%)

Τελική χρήση	1990	1995	2000	2005	2010 <sup>Α</sup>	2015 <sup>Α</sup>	2020 <sup>Α</sup>
Κτιριακός τομέας	34%	37%	41%	44%	42%	43%	44%
Μεταφορές	19%	21%	20%	21%	20%	21%	22%
Βιομηχανία	39%	34%	31%	28%	31%	29%	27%
Λοιπές χρήσεις	8%	8%	8%	7%	7%	7%	7%

Πίνακας 1: Κατανομή ρύπων ανά τομέα. Πηγή: Κτίριο & Περιβάλλον, 2005.





Πίνακας 2: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά είδος κτιρίων. Πηγή: Κτίριο & Περιβάλλον, 2005.

Σε ότι αφορά τα στοιχεία αυτά και την ερμηνεία όμως, όμως, πρέπει να είμαστε προσεκτικοί και να υπολογίσουμε πέρα απ' τα αριθμητικά αποτελέσματα. Δηλαδή, οι απαιτήσεις των κτιρίων είναι καθοριστικός παράγοντας στο κατά πόσον είναι ενεργοβόρα ή όχι. Για παράδειγμα, τα σχολεία δεν είναι απαραίτητο ότι αποτελούν τα καλύτερα ενεργειακά κτίρια, γιατί πρέπει να λάβουμε υπόψη τη περίοδο λειτουργίας και όμως όμως Η/Μ εγκαταστάσεις. Πέρα απ' αυτό, οφείλουμε να λαμβάνουμε υπόψη και την όμως εσωτερικές συνθήκες και το κατά πόσο πληρούνται αυτές (αυτά που αναφέραμε στην αρχή του κεφαλαίου). Πχ, Ένα κτίριο μπορεί να έχει ακόμη και μηδέν κατανάλωση ενέργειας εάν δεν θερμαίνεται, δεν κλιματίζεται, δεν φωτίζεται με τεχνητό φωτισμό και δεν λειτουργούν οποιεσδήποτε ηλεκτρικές συσκευές. Το ακραίο αυτό παράδειγμα απλώς όμως υπενθυμίζει ότι η σύγκριση όμως καλής ή κακής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων πρέπει να γίνεται σε συνάρτηση με την επίτευξη των εσωτερικών συνθηκών άνεσης. Η εξοικονόμηση ενέργειας δεν σημαίνει ότι πρέπει να θυσιάσουμε όμως συνθήκες άνεσης. Ένα κτίριο που δεν έχει κλιματισμό προφανώς θα έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, αλλά μπορεί να μην ικανοποιεί όμως συνθήκες θερμικής άνεσης των χρηστών.

Παρόλα αυτά, παρατηρώντας τα στοιχεία αυτά, βλέπουμε ότι η κατανομή όμως καταναλισκόμενης ενέργειας για όμως διαφορετικές όμως στα κτίρια του οικιακού και του τριτογενή τομέα (γραφεία) αναδεικνύει ότι η θέρμανση αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό. Με την πάροδο του χρόνου και την αυξανόμενη χρήση του κλιματισμού, τα αντίστοιχα ποσοστά θα διαφοροποιηθούν. Στον οικιακό τομέα, η βασική πηγή ενέργειας είναι η ηλεκτρική κατά 46%, το πετρέλαιο κατά 23%, το υγραέριο κατά 22% και οι όμως πηγές κατά 9%. Σε ότι αφορά την κατανάλωση, η θέρμανση καλύπτει το 61% όμως συνολικής κατανάλωσης, το μαγείρεμα το 13%, η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης το 10%, η διατήρηση των τροφίμων το 5%, ο φωτισμός το 3%, ο δροσισμός το 2% και οι υπόλοιπες όμως το 6%. Το πετρέλαιο αποτελεί την βασική πηγή ενέργειας για θέρμανση αντιπροσωπεύοντας το 33%, η ηλεκτρική ενέργεια το 29%, ο άνθρακας το 24%, το υγραέριο το 4% και οι δευτερεύουσες πηγές το 10%. Προφανώς, η θέρμανση αφορά και μια σειρά από παράγοντες, όμως το κλίμα και την περιοχή, το μέγεθος του κτιρίου, τον τύπο και την κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού κτλ. Σαν γενικό συμπέρασμα, όμως, ειδικά για το κομμάτι αυτό, μπορούμε να πούμε ότι τα ελληνικά κτίρια υπερκαταναλώνουν ενέργεια για θέρμανση, αφού δεν είναι σωστά θερμομονωμένα.

## **1.4 Οι προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια**

Μελετώντας τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια ουσιαστικά πρέπει να παρατηρήσουμε τι διαφορά θα κάνει η εφαρμογή μιας σειράς μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, γνωστών και ως ΜΕΕ. Στη συγκεκριμένη διαδικασία, βλέπουμε λοιπόν για κάθε μέτρο τη συνεισφορά του στη μείωση των ρύπων, Για την εκτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας, μελετήθηκε η εφαρμογή διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (ΜΕΕ) και μείωσης ρύπων, το κόστος των διαφόρων επεμβάσεων, καθώς και η πρόταση και αξιολόγηση διαφόρων οικονομικών κινήτρων για την υλοποίηση των προτάσεων. Το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι σημαντικό αφού, σύμφωνα με προγενέστερα στοιχεία, επί του συνολικού αριθμού των πολυκατοικιών διαθέτει θερμομόνωση μόνο το 5,1% στις τοιχοποιίες, 1,5% στο δάπεδο, 12,7% στην πλοκή, 30,4% στην οροφή, 2,1% διαθέτει διπλά τζάμια και 4,2% έχει θερμομόνωση των σωληνώσεων θέρμανσης.

Κάθε ΜΕΕ εφαρμόστηκε σε καθορισμένο ποσοστό κτιρίων, με βασικό κριτήριο, το είδος και την υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων, καθώς και την δυνατότητα υλοποίησής του κάθε ΜΕΕ. Στη συνέχεια αναφέρονται οι παραδοχές και το ποσοστό (%) εξοικονόμησης ενέργειας ανά ΜΕΕ για τις διαφορετικές χρήσεις κτιρίων: Μονοκατοικίες (Μ) και Πολυκατοικίες (Π), Γραφεία-Καταστήματα (Γ/Κ), Ξενοδοχεία (Ξ), Σχολεία (Σ), και Νοσοκομεία (Ν).

Μ.Ε.Ε	Παραδοχές εφαρμογής μέτρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
#1: Προσθήκη θερμομόνωσης εξωτερικών τοίχων	Σχεδόν όλα τα κτίρια προ-1980 είναι αμόνωτα. Γ/Κ: Εφαρμογή μόνο στο (15%) των αμόνωτων κτιρίων που έχουν κεντρική θέρμανση. Ξ, Σ, Ν: Εφαρμογή σε όλα τα αμόνωτα κτίρια προ-1980. Μ-Π: Σε όλα τα αμόνωτα κτίρια προ- 1980 και στο 10% των κτιρίων της περιόδου 1980-2001.	Γ/Κ, Σ: 28-34% της θερμικής ενέργειας (Θ.Ε) και 4% της ηλεκτ. ενέργειας για ψύξη (Η.Ε.Ψ) Ξ: 38-44% της Θ.Ε και 5% της Η.Ε.Ψ. Ν: 34-40% της Θ.Ε και 4% της Η.Ε.Ψ. Μ-Π: 33-60% της θερμικής ενέργειας.
#2: Προσθήκη θερμομόνωση οροφής	Γ/Κ, Ξ, Σ & Ν: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια προ-1980 και δεν διαθέτουν μόνωση οροφής. Μ-Π: Στο 70% των αμόνωτων κτιρίων προ- 1980 και στο 10% του 1980-2001.	Γ/Κ, Σ: 4-7% της Θ.Ε και 2% της Η.Ε.Ψ. Ξ, Ν: 5-8% της Θ.Ε και 2% της Η.Ε.Ψ. Μ-Π: 2-14% της θερμικής ενέργειας.
#3: Εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων	Γ/Κ: Εφαρμογή στο 15% των κτιρίων (με κεντρική θέρμανση) προ-1980 και στο 50% του 1980-2001. Ξ, Σ & Ν: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια (με κεντρική θέρμανση) προ-1980 και στο 50%-70% του 1980-2001. Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια προ-1985 και στο 10% του 1985-2001.	Γ/Κ, Σ: 10-12% της θερμικής ενέργειας. Ξ: 15-28% της θερμικής ενέργειας. Ν: 15-28% της θερμικής ενέργειας. Μ-Π: 14-20% της θερμικής ενέργειας.
#4: Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα υφιστάμενα κτίρια, που χρειάζονται σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς, ετήσια συντήρηση.	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν: 11% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων. Μ-Π: 10-12% της θερμικής ενέργειας.
#5: Εγκατάσταση νέων κεντρικών θερμάνσεων	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με παλιό σύστημα κεντρικής θέρμανσης.	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: 15-17% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.
#6: Εγκατάσταση κεντρικών θερμάνσεων Φ.Α.	Γ/Κ, Ξ, Ν & Μ-Π: Εφαρμογή σε 15% των κτιρίων με παλιά συστήματα κεντρικής θέρμανσης, στις κλιματικές ζώνες Β και Γ, όπου το Φ.Α. είναι διαθέσιμο.	Γ/Κ, Ξ, Ν & Μ-Π: 19-21% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.
#7: Θερμοστάτες αντιστάθμισης	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με κεντρική θέρμανση που δεν έχουν θερμοστάτες αντιστάθμισης, σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς.	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν: 5% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων. Μ-Π: 2-3% της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.
#8: Θερμοστάτες χώρων	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με κεντρική θέρμανση και δυνατότητα θερμοστάτη χώρου.	Γ/Κ, Ξ, Σ & Ν: 5% της Θ.Ε. για Θ.Χ. Μ-Π: 2-3% της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.
#9: Εξωτερική σκίαση	Γ/Κ, Ξ, Σ, & Ν: Εφαρμογή στο 60% των κλιματιζόμενων κτιρίων, προ-2001. Μ-Π: Στο 50% των κλιματιζόμενων κτιρίων, θεωρώντας ότι κλιματίζεται μόνο το 20% των χώρων τους.	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: 10-20% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
#10: Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής	Γ/Κ, Ξ & Ν: Εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτιρίων με κάλυψη του 50-70% της επιφάνειάς τους. Σ: Εφαρμογή σε όλα κλιματιζόμενα κτίρια με κάλυψη του 80% της επιφάνειάς τους. Μ-Π: Εφαρμογή σε όλα τα κλιματιζόμενα κτίρια με κάλυψη του 20% της επιφάνειάς τους.	Γ/Κ, Ξ, Σ, Ν & Μ-Π: 60% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
#11: Εφαρμογή νυχτερινού αερισμού	Γ/Κ: Εφαρμογή στο 10% των κλιματιζόμενων κτιρίων. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας 0.45 kWh/m <sup>2</sup> , για 5 ACH και 5 ώρες την ημέρα.	Γ/Κ: 15-20% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
#12: Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης (ZNX)	Γ/Κ: Εφαρμογή στο 20% των κτιρίων που δεν διαθέτουν ηλιακούς συλλέκτες. Ξ, Σ & Ν: Εφαρμογή στο 50% των κτιρίων που δεν διαθέτουν ηλιακούς συλλέκτες. Μ-Π: Σε όλα τα κτίρια που δεν έχουν ηλιακούς συλλέκτες.	Γ/Κ: 35-50% της ηλεκ. ενέργειας για ZNX Ξ: 65-80% της ηλεκ. ενέργειας για ZNX Σ: 25-40% της ηλεκ. ενέργειας για ZNX Ν: 55-70% της ηλεκ. ενέργειας για ZNX Μ-Π: 50-80% της ηλεκ. ενέργειας για ZNX
#13: Τοποθέτηση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης	Γ/Κ, Ξ, Σ & Ν: Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια που δεν διαθέτουν λαμπτήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Μ-Π: Σε όλα τα κτίρια που δεν έχουν Λ.Υ.Ε.Α.	Γ/Κ, Ξ, Σ & Ν, Μ-Π: 60% της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό
#14: Εγκατάσταση BMS	Γ/Κ: Για το 20% των κλιματιζόμενων κτιρίων του 1980-2001 και του 50% των κτιρίων του 2001-2010. Ξ, Ν: Για το 10% των κλιματιζόμενων κτιρίων προ-1980, το 30% των κτιρίων του 1980-2001 και το 50% των κτιρίων του 2001-2010.	Γ/Κ, Ξ & Ν: 30% της ηλεκτρικής ενέργειας και 20% της θερμικής ενέργειας
#15: Αεροστεγάνωση	Μ-Π: Σε όλα τα αμόνωτα κτίρια προ- 1990 και στο 10% των κτιρίων της δεκαετίας του '90. Μ-Π: Εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτιρίων	Μ-Π: 16-21% της θερμικής ενέργειας για την θέρμανση των χώρων.
#16: Τοποθέτηση υψηλής απόδοσης κλιματιστικά	Μ-Π: Εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτιρίων που εκτιμήθηκε ότι έχουν παλιά συστήματα κλιματισμού. Αντικατάσταση με νέα υψηλής απόδοσης.	Μ-Π: 65-75% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.

Πίνακας 3: Εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Πηγή: Κτίριο & Περιβάλλον, 2005.

Από την εφαρμογή των μέτρων, υπολογίστηκε σε κάθε περίπτωση η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ανά τελική χρήση κτιρίου. Για τους κατοικίες τα πιο αποδοτικά μέτρα κατά σειρά, είναι η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, η αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων, η τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων και η συστηματική συντήρηση του συστήματος θέρμανσης. Για τα κτίρια του τριτογενή τομέα τα πιο αποδοτικά μέτρα είναι η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων για τα σχολικά κτίρια και νοσοκομεία, ενώ για τα ξενοδοχεία και γραφεία/καταστήματα είναι η εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ενέργειας στο κτίριο (BMS).

Προφανώς, για να μπορέσουμε περαιτέρω να αξιολογήσουμε κάθε MEE για να καταλήξουμε στα προτιμότερα οφείλουμε να δούμε το κόστος συγκριτικά με το κέρδος που θα έχουμε. Μια διαδικασία που αφορά κάθε φορά και τους συγκεκριμένους στόχους που μπορεί να έχουμε, τους πόρους που μπορούμε να διαθέσουμε, το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κέρδος (και κόστος αντίστοιχα) και όχι μόνο τα ιδιωτικό κτλ. Επομένως, είναι μια πολυσύνθετη διαδικασία.

Ωστόσο, παρατηρούμε ότι η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι σημαντική, και μάλιστα ως επί το πλείστον μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς μεγάλη οικονομική υποστήριξη, αφού τα περισσότερα MEE είναι οικονομικά βιώσιμα. Ιδιαίτερα στη σημερινή περίοδο, που το ενεργειακό κόστος (πετρέλαιο, ρεύμα) αυξάνεται συνέχεια.

Το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζεται στα κτίρια των κατοικιών, όπου κάποια από τα προτεινόμενα MEE θα μπορούσαν να εφαρμοστούν από τους ιδιοκτήτες χωρίς ιδιαίτερες δαπάνες, όπως η συχνή συντήρηση και έλεγχος των Η/Μ συστημάτων (λέβητες, κλιματιστικά), η αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων, η εγκατάσταση θερμοστατών, η αντικατάσταση των λαμπτήρων με ενεργειακούς κλπ. Με αντίστοιχες χαμηλές δαπάνες τα μέτρα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν και στα κτίρια του τριτογενή τομέα. Τέλος, η θερμομόνωση των υφιστάμενων παλιών κτιρίων είναι το πιο ενεργειακά αποδοτικό MEE για τις κατοικίες, νοσοκομεία και ξενοδοχεία και το δεύτερο σε σειρά ενεργειακά αποδοτικό MEE για τα γραφεία/καταστήματα και σχολεία.

## **1.5 «Πράσινο» σπιτι**

Πέρα από τα διορθωτικά μέτρα για την καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας στο ήδη υπάρχον κτιριακό απόθεμα, υπάρχει και το κομμάτι του σχεδιασμού ενός νέου κτιρίου προκειμένου να πετύχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα σε ότι αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, η κατασκευή του λεγόμενου «πράσινου» σπιτιού. Δηλαδή σπιτιού φιλικού προς το περιβάλλον, με όλες τις δυνατότητες και προβλέψεις οικολογικής και χαμηλής ταυτόχρονα ενεργειακής κατανάλωσης, μέσα από τις κατάλληλες τεχνολογίες κλιματισμού, διαχείρισης της ηλιακής ακτινοβολίας, ψύξης, αερισμού κτλ, όπως και τα κατάλληλα πλέον αυτοματοποιημένα συστήματα. Πρώτα από όλα, η κατασκευή ενός «φιλικού» «πράσινου» κτιρίου δεν σημαίνει μόνο χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση για να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, αλλά παράλληλα και χρήση υλικών που έχουν τις μικρότερες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Δυστυχώς, οι δυο αυτές απαιτήσεις δεν είναι πάντα εύκολο να ικανοποιούνται ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας διπλά τζάμια με πλαστικά κουφώματα, κατά την διάρκεια της ζωής ενός κτιρίου, θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από την αξία του πρόσθετου CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται στην

ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια παραγωγής των πλαστικών κουφωμάτων. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν ξύλινα κουφώματα, πρέπει να συνυπολογιστεί ενέργεια που θα καταναλωθεί για την εισαγωγή/μεταφορά του ξύλου, ή την αντικατάστασή του λόγω του μικρότερου κύκλου ζωής που έχει. Για το ξύλο, γίνονται προσπάθειες η χρήση του να μην έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον με την καταστροφή δασών. Στην Αγγλία, για παράδειγμα, εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα πιστοποίησης του ξύλου που χρησιμοποιείται στις οικοδομές, ώστε να χαρακτηρίζεται περιβαλλοντικά φιλικό, απαιτώντας την χρήση πρώτης ύλης που προέρχονται από αναδάσωση. Η διάθεση τέτοιου είδους ξύλου δεν καλύπτει όμως τις ανάγκες της αγοράς, με αποτέλεσμα το κόστος του να είναι συγκριτικά υψηλό.

Σημαντικό είναι εδώ να σημειώσουμε ότι αξιολογώντας την ενέργεια που εμπεριέχουν τα διάφορα υλικά οφείλουμε να προσμετράμε και το είδος της πρωτογενούς ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του εκάστοτε υλικού. Αν δούμε το αλουμίνιο, μπορεί να έχει μια ενεργοβόρα παραγωγική διαδικασία, ωστόσο το μεγαλύτερο κομμάτι της ενέργειας προέρχεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (άρα αντισταθμίζει το μέγεθος της σπατάλης ενέργειας). Ακόμα, η δυνατότητα ανακύκλωσης του υλικού επίσης παίζει σημαντικό ρόλο.

Ωστόσο, το ζήτημα των υλικών είναι αυτό που έχει τη μικρότερη σημασία. Το βασικό είναι ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων, δηλαδή η προσπάθεια να πετύχουμε το καλύτερο δυνατό ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

### 2.1 Το «έξυπνο σπίτι»

Είναι ένας φυσικός χώρος που διαθέτει διασυνδεδεμένα μεταξύ τους διάφορα υποσυστήματα, όπου με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού και ειδικών χειριστηρίων για τον έλεγχο τους παραγοντοποιούνται και συνεργάζονται μεταξύ τους σαν ένα.

Το έξυπνο σπίτι λοιπόν είναι ένας χώρος φυσικός ο οποίος διαθέτει τεχνητή νοημοσύνη, το οποίο ελέγχει, συγκρίνει, εκτελεί, απορρίπτει, ενημερώνει, ενημερώνεται, λειτουργεί εντελώς αυτόματα ή κατά βούληση του ιδιοκτήτη ημιαυτόματα και χειροκίνητα. Δεν “τρελαίνεται” όταν χαλάει ένα εξάρτημά του και πάνω απ’ όλα δεν εξαρτάται από έναν “γιατρό” –τεχνικό ή μια εταιρεία αλλά από πλήθος τεχνικών ή καλύτερα από πρότυπα τεχνολογίας και υποδομών που δεν αλλοιώνονται στο χρόνο ούτε από επιχειρηματικούς παράγοντες αλλά ούτε από τεχνολογικές εξελίξεις, αλλά αντιθέτως ακολουθούν την εξέλιξη σε παγκόσμιο επίπεδο ανεξάρτητα από εταιρίες και ελεύθερους επαγγελματίες της μιας νύχτας.

Η βασική ιδέα πίσω από το έξυπνο σπίτι και τον κτιριακό αυτοματισμό γενικότερα είναι να τροφοδοτήσουμε μια κατοικία με αισθητήρες και συστήματα ελέγχου και σύμφωνα με αυτά να έχουμε παροχή θερμότητας, κλιματισμού, φωτισμού και πολλών άλλων υπηρεσιών. Προσαρμόζοντας περαιτέρω τους μηχανισμούς του σπιτιού στις ανάγκες του κατόχου του, το έξυπνο σπίτι μπορεί να παρέχει ένα πιο ασφαλές, πιο άνετο και πιο οικονομικό κατάλυμα.

Σίγουρα δεν είναι κάτι δύσκολο να πατήσεις ένα διακόπτη για να ανάψεις ένα φως, μιας και είναι σίγουρα πολύ ευκολότερο από το να σκαρφαλώσεις σε μια σκάλα και να ρυθμίσεις μια λάμπα πετρελαίου. Κι όμως έχουμε φτάσει σε μια φάση που πλέον δεν χρειάζεται καν να πατήσουμε αυτόν το διακόπτη, θα το κάνει ο υπολογιστής μας για μας. Κάποιος θα μπορούσε αυτό να το αποκαλέσει τεμπελιά, αλλά στην τεχνολογική γλώσσα λέγεται σίγουρα πρόοδος.

### 2.2 Οι αυτοματισμοί του σπιτιού

Οι αυτοματισμοί του σπιτιού απαρτίζουν όλες εκείνες τις τεχνολογίες που δίνουν την δυνατότητα στο σπίτι να έχει νοημοσύνη, να σκέφτεται και να εκτελεί αυτοματοποιημένες και έξυπνες λειτουργίες. Τα βασικά συστατικά στοιχεία της έννοιας των αυτοματισμών είναι πολυάριθμα και αυξάνουν κάθε μέρα. Συγκεκριμένα, ορισμένες από τις λειτουργίες ενός σπιτιού που μπορούν να αυτοματοποιηθούν με στόχο να γίνει εύχρηστο, άνετο και γρήγορο είναι:

- Σύστημα ασφάλειας
- Σύστημα παρακολούθησης
- Σύστημα φωτισμού / Day-light control
- Σύστημα ηλεκτρικών συσκευών (Κουζίνα, Θερμοσίφωνα, TV, Στερεοφωνικό, VIDEO, κλπ.)
- Σύστημα free cooling, αερισμού, πρόψυξης, προθέρμανσης
- Σύστημα ρολών-τεντών και θυρών
- Σύστημα διανομής δορυφορικού και τηλεοπτικού σήματος
- Σύστημα διανομής εικόνας και ήχου
- Σύστημα κεντρικής διαχείρισης και εποπτείας

- Σύστημα ποτίσματος
- Σύστημα πυρανίχνευσης και πλημμύρας

Ας δούμε λοιπόν αναλυτικά τι προσφέρει το καθένα από τα συστήματα μεμονωμένα.

### 2.2.1 Σύστημα ασφαλείας

Έξυπνο σπίτι χωρίς ασφάλεια δεν υπάρχει, και ας δοθούν τεράστια ποσά σε έλεγχο ρολών και φωτισμού, σε πανάκριβες οθόνες και σκινηές φωτισμού.

Υπάρχουν πολλοί και ισχυροί λόγοι για την εγκατάσταση ενός συστήματος ασφαλείας. Μια κατοικία χωρίς σύστημα ασφαλείας είναι σαφώς ευκολότερος στόχος και η ύπαρξή του λειτουργεί αποτρεπτικά.

Αυξάνεται το αίσθημα ασφάλειας, ειδικά όταν βρισκόμαστε εντός κατοικίας όπως επίσης και η αποτελεσματικότητα άλλων μέτρων ασφαλείας που έχουμε λάβει. Το σύστημα αυτό μπορεί εκτός από τη διάρρηξη να μας ειδοποιήσει για ένα πλήθος άλλων συμβάντων.

Με το σύστημα ασφαλείας οι ένοικοι μπορούν:

- Να ειδοποιηθούν ότι επιχειρείται διάρρηξη και να προκληθεί πανικός στους επίδοξους διαρρήκτες. Η σειρήνα θα ειδοποιήσει τους ενοίκους και τους γείτονες για την διάρρηξη, ενώ παράλληλα θα επιτείνει το αίσθημα πανικού στον διαρρήκτη. Ο τηλεφωνητής του συστήματος θα ειδοποιήσει τον ιδιοκτήτη στο κινητό του τηλέφωνο, ενώ ο κωδικοποιητής θα ενημερώσει το Κέντρο Λήψεως Σημάτων και αν έχει γίνει σχετική συνεννόηση θα ειδοποιηθεί και η αστυνομία.
- Αν αντιληφθούν ύποπτους θορύβους, κατά τη διάρκεια της νύχτας, να πραγματοποιήσουν φωταψία σε ολόκληρη την ιδιοκτησία με ένα “click” πάνω από το προσκέφαλο του κρεβατιού τους.
- Να διακόψουν την παροχή ρεύματος σε ορισμένες ή όλες τις πρίζες, προκειμένου να προστατέψουν μικρά παιδιά από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, αλλά και τις stand-by συσκευές όταν το επιθυμούν, η αυτόματα όταν πηγαίνουν για ύπνο.
- Να ειδοποιούνται όταν βρίσκονται εντός ή εκτός του σπιτιού για συναγερμό παραβίασης, πλημμύρα, πυρκαγιά, ισχυρό άνεμο, υπερθέρμανση Ζεστού Νερού Χρήσης ή ηλεκτρικού πίνακα, παγετού, βροχής και επικίνδυνης υγρασίας σε σχέση με τη θερμοκρασία.
- Να ενημερώνονται όταν το σύστημα διαγνώσει οποιαδήποτε βλάβη στον εξοπλισμό.

### 2.2.2 Σύστημα παρακολούθησης

Δίνεται στον ένοικο η δυνατότητα να ελέγξει την κατοικία του μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή είτε βρίσκεται μέσα στην κατοικία είτε οπουδήποτε στον κόσμο, συνδεδεμένος μέσω του Διαδικτύου (Internet).

Έτσι μέσω του υπολογιστή έχει οπτική αναπαράσταση των λειτουργιών της κατοικίας του. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση μίας ή περισσότερων καμερών, μεταφέροντας την εικόνα τους στον υπολογιστή (εντός της κατοικίας ή οπουδήποτε στον κόσμο) ή στο έξυπνο κινητό (smartphone) του. Με τον τρόπο αυτό επιτηρείται σε πολύ μεγάλο βαθμό η κατοικία, ιδίως όταν υπάρχουν μικρά παιδιά και απουσιάζει

ή όταν πληροφορηθεί μέσω υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου ότι κάποιος έκτακτο γεγονός συμβαίνει, όπως για παράδειγμα παραβίαση από άγνωστο άτομο.

Υπάρχει ακόμη και η δυνατότητα καταγραφής των εικόνων αυτών οι οποίες αποστέλλονται στη συνέχεια μέσω Διαδικτύου (Internet) στο ηλεκτρονικό του ταχυδρομείου. Τέλος, μπορεί να δει και εικόνες λίγο πριν από την παραβίαση ενός άγνωστου ατόμου, πράγμα ιδιαίτερης σημασίας, δίνοντας του σε κάποιες περιπτώσεις τη δυνατότητα να παρέμβει.

### 2.2.3 Σύστημα φωτισμού / Day-light control

Οι λαμπτήρες φέρουν πλέον ενεργειακή ταυτότητα όπως και τα κλιματιστικά και οι υπόλοιπες συσκευές, και σίγουρα αυτό είναι κάτι που θα πρέπει να μας απασχολεί και άρα να το απαιτούμε την ώρα που ζητάμε τον λαμπτήρα στο Super-Market ή στο κατάστημα ηλεκτρικών ειδών.

Ωστόσο ένα σύστημα που “σκέφτεται” μας αποτρέπει να τους χρησιμοποιούμε, όταν δεν το χρειαζόμαστε, να κάνει πραγματική εξοικονόμηση ενέργειας όταν είναι ρυθμιζόμενης έντασης (dimming), και η ένταση φωτεινότητας να είναι ανάλογη της ενέργειας που καταναλώνουν και όχι ανεξάρτητη από αυτή. Επίσης ένα έξυπνο σύστημα μπορεί να αυτορυθμίζεται με βάση τον φυσικό φωτισμό, ώστε να κρατάει σταθερά τα lux στην επιφάνεια εργασίας που επιθυμούμε, χωρίς τη δική μας παρέμβαση (Day-light control). Εδώ αυτό που πρέπει να θυμόμαστε για ορισμένες κατηγορίες λαμπτήρων όπως οι φθορισμού, χρειάζεται να διαθέτουν ηλεκτρονικό ballast, άλλο για απλό on/off και άλλο για dimming.

Ανεξάρτητα από τον τύπο των λαμπτήρων το σύστημα ρυθμίζει το επίπεδο φωτισμού στην επιθυμητή τάση διατηρώντας έτσι τον συνδυασμό άνεσης και οικονομίας στα πιο υψηλά επίπεδα. Οι δυνατότητες που έχει το σύστημα είναι οι εξής:

- Άνοιγμα και κλείσιμο οποιασδήποτε πηγής φωτισμού σε προγραμματισμένα διαστήματα και σε καθορισμένες ώρες και μέρες, σύμφωνα με την ύπαρξη συγκεκριμένων συνθηκών ή τυχαία. Για παράδειγμα όταν οι ένοικοι βρίσκονται σε ένα δωμάτιο, έχουν προσκεκλημένους, κατά τη διάρκεια του γεύματος, η στην παρακολούθηση μιας ταινίας τα φώτα αλλάζουν σύμφωνα με τη διάθεση τους. Το βράδυ κατά την είσοδο τους σε επιλεγμένα δωμάτια το σύστημα ανάβει αυτόματα το φως και θα το σβήσει μετά που θα διαπιστώσει ότι δεν είναι κανείς πλέον στο δωμάτιο. Επίσης, κατά την διάρκεια της νύχτας τα φώτα στους διαδρόμους ή τα λουτρά ανάβουν αυτόματα όταν διακρίνουν κίνηση στο χώρο. Ακόμη, το σύστημα μπορεί αυτόματα να ανάβει τα φώτα του περιβάλλοντος χώρου όταν η φωτομετρία θα δείχνει σούρουπο και να τα κλείνει όταν ξημερώνει.
- Προσημείωση της ανθρώπινης παρουσίας όταν οι ένοικοι λείπουν από το σπίτι, για την πρόληψη παραβίασης. Για παράδειγμα όταν εντοπιστεί κάποια ύποπτη κίνηση ανάβουν αυτομάτως τα φώτα στο σημείο αυτό.
- Ρύθμιση της έντασης του φωτισμού στα κατάλληλα σημεία (συνήθως το σαλόνι και το υπνοδωμάτιο). Ο ένοικος μπορεί να αυξάνει ή να μειώνει την ένταση του φωτισμού κρατώντας πατημένο το διακόπτη μέχρι να πετύχει την επιθυμητή ένταση. Σίγουρα αρκετές λειτουργίες μπορούν να ελεγχθούν από ένα μόνο διακόπτη, ενώ η ίδια λειτουργία μπορεί να ελεγχθεί από διάφορα σημεία και από διαφορετικές συσκευές. Οι ένοικοι μπορούν επίσης να ελέγχουν πολλές διαφορετικές ζώνες φωτισμού από έναν προγραμματιζόμενο διακόπτη, να ελέγχουν τα φώτα ακόμα και αν βρίσκονται μακριά από το σπίτι



με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή μέσω του σταθερού/κινητού τηλεφώνου.

## 2.2.4 Σύστημα ηλεκτρικών συσκευών

Με το σύστημα των οικιακών συσκευών δίνεται η δυνατότητα να ελέγχονται ομάδες συσκευών από ένα σημείο (διακόπτη). Για παράδειγμα, οι ένοικοι:

- Όταν ξυπνάνε το πρωί μπορούν να βρουν ζεστό νερό χρήσης για να απολαύσουν το μπάνιο τους, και τον καφέ τους έτοιμο την ώρα που επιθυμούν.
- Μπορούν να ακούσουν την αγαπημένη τους μουσική η οποία θα διαχέεται στους χώρους που εκείνοι έχουν επιλέξει.
- Έχουν τη δυνατότητα μέσω ασύρματης οθόνης να επιλέξουν τη μουσική που επιθυμούν στο υπνοδωμάτιο ενώ τα παιδιά έχουν τον ραδιοφωνικό σταθμό της επιλογής τους να παίζει, και ενώ η σύζυγος ακούει ραδιόφωνο στο καθιστικό.
- Μπορούν να ελέγξουν τις συσκευές και όταν βρίσκονται μακριά από το σπίτι με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή μέσω του σταθερού/κινητού τηλεφώνου.
- Εισάγοντας μια ταινία σε κάποιο DVD Player στο σαλόνι, εκείνη μπορεί να προβληθεί σε οποιαδήποτε συσκευή τηλεόρασης στο σπίτι.

## 2.2.5 Σύστημα free cooling, αερισμού, πρόψυξης, προθέρμανσης

Με τον έλεγχο οποιουδήποτε ηλεκτρολογικού ή μηχανολογικού εξοπλισμού και την ενεργοποίηση σεναρίων για την επιλογή συγκεκριμένων λειτουργιών και προγραμμάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού εξασφαλίζεται η διαβίωση σε ευχάριστες και άνετες περιβαλλοντικές συνθήκες.

- Είναι ένα σύστημα που σκέφτεται, φροντίζει έξυπνα να προκλιματίζει τον εσωτερικό χώρο, γνωρίζοντας τις εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας-υγρασίας, ανέμου ή βροχής, οπότε εξοικονομεί ενέργεια αφού θέτει για λιγότερο χρόνο τον κλιματισμό σε λειτουργία και φροντίζει να ανανεώνει τον αέρα με φρέσκο όταν αυτό επιβάλλεται. Το ίδιο φροντίζει και τις ζεστές μέρες του χειμώνα, όπου η θέρμανση λειτουργεί όσο πρέπει.
- Δίνεται η δυνατότητα να ελέγχεται η θερμοκρασία σε κάθε δωμάτιο ανεξάρτητα, ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την παρουσία ατόμων. Όρια θερμοκρασιών μπορούν να καθοριστούν για κάθε χώρο ανεξάρτητα ενώ οι θερμοκρασίες μπορούν να παρακολουθούνται από έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου ή τοπικά. Για παράδειγμα να παρέχεται θέρμανση τη νύχτα μόνο στα υπνοδωμάτια (ηλεκτρονικά ελεγχόμενη με sensors ανά δωμάτιο) ενώ η υπόλοιπη κατοικία να παραμένει στη ζώνη διατήρησης της θερμοκρασίας. Το αντίθετο μπορεί να προγραμματιστεί κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Αν ο ένοικος φύγει από ένα δωμάτιο και ξεχάσει το κλιματιστικό αναμμένο, η ενέργεια σπαταλιέται χωρίς λόγο. Κάποιες φορές, μάλιστα, αφήνει και το παράθυρο ανοιχτό, οπότε η σπατάλη μεγαλώνει. Τότε το σύστημα μπορεί, εάν το παράθυρο παραμείνει ανοιχτό, μετά από εύλογο χρόνο για τον αερισμό του δωματίου, να κατεβαίνει το ρολό και το κλιματιστικό να σβήνει αυτόματα.

- Επίσης αν το παράθυρο είναι κλειστό, αλλά δεν υπάρχει κανείς στο δωμάτιο για αρκετή ώρα, μπορεί η θερμοκρασία του δωματίου να χαμηλώνει αυτόματα το χειμώνα μέχρι τους 18οC ή ν' ανεβαίνει το καλοκαίρι μέχρι τους 28οC, ώστε όταν ξαναμπει κάποιος στο δωμάτιο, σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο χώρος ν' αποκτήσει πάλι την επιθυμητή θερμοκρασία άνεσης.
- Οι αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας και έντασης ανέμου και ηλιακής ακτινοβολίας αντιλαμβάνονται π.χ. το χειμώνα ότι οι συνθήκες θα είναι για το επόμενο διάστημα ήπιες. Αμέσως τότε μπορούν να κλείσουν τη θέρμανση, πριν η εσωτερική θερμοκρασία φτάσει τη τιμή του θερμοστάτη. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει πάρα πολλές φορές στη Ελλάδα, και το κτίριο λόγω της σχετικής του θερμοκρασιακής αδράνειας δεν αντιλαμβάνεται εγκαίρως στο εσωτερικό ότι υπάρχει διαφορά των εξωτερικών συνθηκών.
- Με την ενσωμάτωση της ηλιακής θέρμανσης στο σύστημα μπορεί μόνο του να πραγματοποιεί τις απαραίτητες κινήσεις που θα αποδίδουν τα βέλτιστα οφέλη χωρίς την παρέμβαση του ιδιοκτήτη. Θα ενεργεί για πάντα, από μόνο του και μόνο αν υπάρξει δυσλειτουργία θα τον ενημερώνει.
- Τέλος κατά τη διάρκεια του ύπνου το "έξυπνο" σπίτι θα μπορούσε να ελέγχει τη θερμοκρασία και να τη ρυθμίζει στη βέλτιστη για τον ιδιοκτήτη τιμή.

## 2.2.6 Σύστημα ρολών, τεντών και θυρών

Το «έξυπνο σπίτι» έχει τη δυνατότητα να αναλάβει πρωτοβουλίες.

- Μπορεί να ανεβάσει ή να κατεβάσει τις τέντες των εξωτερικών χώρων ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες όπως, την ταχύτητα του ανέμου ή την ηλιοφάνεια, μέσω αισθητήρων.
- Όταν οι ένοικοι λείπουν από το σπίτι οι κουρτίνες και οι τέντες ανοίγουν και κλείνουν σε τυχαίες χρονικές στιγμές για να δηλώσουν εικονική παρουσία.
- Εάν ο ήλιος «καίει» το πάτωμα, το σύστημα θα κατεβάσει την ηλεκτρική τέντα, χωρίς ο ένοικος ν' ασχολείται μ' αυτό. Εάν, όμως, ο άνεμος απειλεί να σχίσει την τέντα, τότε θα τη μαζέψει και θα κατεβάσει το ρολό για να προστατέψει το πάτωμα.

Τα ρολά μπορούν να ελεγχθούν είτε ομαδικά, είτε ανεξάρτητα. Ο έλεγχος γίνεται με Μπουτόν ή τηλεχειριστήριο.

Οι πόρτες και τα παράθυρα ελέγχονται με μαγνητικές επαφές ή ανιχνευτές θραύσης υαλοπινάκων. Τα στοιχειά αυτά σε συνδυασμό με τους ανιχνευτές κίνησης αποτελούν τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος συναγερμού.

Μπορούν να συνδυαστούν με τον έλεγχο θερμοκρασίας δωματίων έτσι ώστε η θέρμανση να είναι απενεργοποιημένη όταν το παράθυρο είναι ανοικτό. Επίσης με ειδικούς μηχανισμούς είναι δυνατό το άνοιγμα και κλείσιμο των πορτών και των παραθύρων.

## 2.2.7 Σύστημα διανομής δορυφορικού και τηλεοπτικού Σήματος

Με το σύστημα αυτό δίνεται η δυνατότητα αποστολής τηλεοπτικού σήματος, σε σημεία που προβλέπεται η προσθήκη μετάδοσης τηλεφωνικού σήματος, όπου υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς εικόνας σε οποιαδήποτε τηλεοπτική συσκευή. Σύμφωνα με το σύστημα διανομής δορυφορικού και τηλεοπτικού σήματος:

- Αν ο ένοικος έχει δορυφορική τηλεόραση μπορεί να στείλει την εικόνα σε οποιαδήποτε τηλεόραση του σπιτιού, όχι μόνο σε μία, στην οποία συνδέεται ο αποκωδικοποιητής.
- Αν κάποιος χτυπάει το κουδούνι από την εξώπορτα της πολυκατοικίας ή του διαμερίσματος, ο ένοικος μπορεί να μεταφέρει την εικόνα της θυροτηλεόρασης ή της κάμερας (της εξώπορτας του διαμερίσματος) σε οποιαδήποτε τηλεόραση της κατοικίας και τον ήχο σε οποιαδήποτε τηλεφωνική συσκευή. Επομένως, αν κάποιος χτυπάει το κουδούνι τη νύχτα, δεν θα σηκωθεί από το κρεβάτι, αλλά θα έχει οπτική και ακουστική επαφή μαζί του από το σημείο που βρίσκεται. Θα τον βλέπει δηλαδή στην τηλεόραση του δωματίου του και θα συνομιλεί μαζί του από το τηλέφωνο του δωματίου του. Έτσι, εφ' όσον πρόκειται για γνωστό του άτομο, υπάρχει η δυνατότητα ν' ανοίξει την εξώπορτα της πολυκατοικίας χωρίς να σηκωθεί από το κρεβάτι ή και ακόμη, εάν έχει την κατάλληλη εξώπορτα στο διαμέρισμά του, μπορεί ν' ανοίξει ακόμη κι αυτήν.

## **2.2.8 Σύστημα διανομής εικόνας και ήχου**

Το σύστημα αυτό αναφέρεται στη διανομή ήχου και εικόνας σε κάθε χώρο που επιθυμεί ο ένοικος, από μια κεντρική πηγή, όπως το στερεοφωνικό, TV, DVD, Video. Με το σύστημα διανομής εικόνας και ήχου ο κάτοικος μπορεί:

- Να απολαύσει την αγαπημένη του μουσική και εικόνα από οποιαδήποτε πηγή έχοντας τον απόλυτο έλεγχο. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που ξεχάσει να προγραμματίσει το video για να μαγνητοσκοπήσει την αγαπημένη του ταινία, μπορεί να το ενεργοποιήσει όπου και αν βρίσκεται μέσω του προσωπικού Υπολογιστή ή της τηλεφωνικής συσκευής και η εγγραφή θα αρχίσει.
- Να χρησιμοποιήσει το DVD player απ' οπουδήποτε, χωρίς να πηγαίνει στο δωμάτιο που είναι εγκατεστημένο. Για παράδειγμα, όταν κάποιος βρίσκεται στο υπνοδωμάτιο και επιθυμεί ν' ανάψει το DVD player, μπορεί ν' αλλάξει λειτουργίες επ' αυτού και κάποια στιγμή να το σβήσει. Έτσι δεν απαιτείται να φύγει από το δωμάτιό του ούτε καν να σηκωθεί από το κρεβάτι του.

## **2.2.9 Σύστημα κεντρικής διαχείρισης και εποπτείας**

Η λειτουργία της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής διαχείρισης και εποπτείας, μπορεί να ελεγχθεί από διάφορα σημεία της εγκατάστασης, μέσω μιμικών διαγραμμάτων με led, οθόνες κειμένου, οθόνες επαφής με γραφικά, ενδεικτικά αναλογικών τιμών και σημάτων on/off κλπ. Μέσω κάποιας κινητής τηλεφωνίας ο ένοικος μπορεί επίσης να ελέγξει οποιαδήποτε συσκευή ή να ειδοποιηθεί από το σύστημα για την λειτουργική του κατάσταση.

## **2.2.10 Σύστημα ποτίσματος**

Με το σύστημα ποτίσματος, δίνεται στον ένοικο η δυνατότητα να ποτίσει τον κήπο του ή το γκαζόν, μόνο όταν είναι απαραίτητο, σύμφωνα με την υγρασία του εδάφους και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ή εάν έχει ξεχάσει να τον ποτίσει, έχει τη δυνατότητα να το κάνει από το γραφείο του μέσω της τηλεφωνικής γραμμής.

## 2.2.11 Σύστημα πυρανίχνευσης και πλημμύρας

Ανιχνευτές καπνού, σειρήνες και μπουτόν αναγγελίας πυρκαγιάς σε διαφορετικούς χώρους του κτιρίου είναι τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος πυρανίχνευσης. Το σύστημα μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες λειτουργίες όπως το άναμμα φωτισμού ασφαλείας, το κλείσιμο των ανεμιστήρων, η διακοπή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Συγκεκριμένα το σύστημα πυρανίχνευσης και πλημμύρας:

- Παρέχει προστασία από πλημμύρα, λόγω διαρροής νερού, στο ηλεκτρικό πλυντήριο και το θερμοσίφωνα. Σ' αυτή την περίπτωση το σύστημα αυτοματισμού διακόπτει την παροχή ρεύματος προς το πλυντήριο ή το θερμοσίφωνα και κλείνει το γενικό διακόπτη του νερού. Με τον τρόπο αυτό προστατεύει τους κατοίκους από μεγάλες καταστροφές, ιδίως όταν η διαρροή νερού γίνεται κατά την απουσία τους από την κατοικία.
- Αυξάνει την προστασία των κατοίκων έναντι της ηλεκτροπληξίας, πέραν εκείνης που παρέχει η γνωστή διάταξη (ρελέ) κατά της ηλεκτροπληξίας, διότι μπορεί να διακόψει την παροχή ρεύματος σε κάποιες ή όλες τις πρίζες, προκειμένου να προστατευτούν άλλα άτομα (π.χ., μικρά παιδιά) από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Αυτό μπορεί να γίνει ακόμη και τηλεφωνικώς, όταν βρίσκονται μακριά από την κατοικία.

Με τα συστήματα αυτοματισμού ο ιδιοκτήτης μπορεί να διαχειρίζεται και να ελέγχει την κατανάλωση ενέργειας. Έχει τον έλεγχο κάθε οικιακής συσκευής, της κατανάλωσης του νερού και μπορεί να δει τα δεδομένα οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Ο έξυπνος ελεγκτής βρίσκεται σε επιφυλακή και τον ενημερώνει για κάθε περίπτωση υπερβολικής κατανάλωσης οποιασδήποτε συσκευής και οι έξυπνοι θερμοστάτες ελέγχουν συνεχώς το επίπεδο θερμοκρασίας και την ομαλή λειτουργία της θέρμανσης και του κλιματισμού.

## 2.3 Σενάρια

Σε γενικές γραμμές η τεχνολογία του έξυπνου σπιτιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτοματοποίηση ορισμένων καθημερινών λειτουργιών του σπιτιού ή για την επίτευξη βελτιωμένης ευχρηστίας και αυξημένων δυνατοτήτων στις υπάρχουσες οικιακές συσκευές.

Ο αυτοματισμός του κτιρίου δεν είναι τίποτα άλλο από την επικοινωνία των επιμέρους τμημάτων που απαρτίζουν μια ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση μεταξύ τους. Ο συνδυασμός τους οδηγεί στην δημιουργία σεναρίων με την οποία επιτυγχάνεται ο πλήρης έλεγχος των εγκαταστάσεων. Όταν αναφερόμαστε στα σενάρια εννοούμε κάποιες προγραμματισμένες λειτουργίες που έχει επιλέξει ο ιδιοκτήτης για να τις εκτελέσει το σύστημα αυτοματισμού, επιτρέποντας έτσι την πλήρη εκμετάλλευση του υφιστάμενου εξοπλισμού. Τα σενάρια μπορούν να έχουν την ονομασία και τις ιδιότητες που επιθυμεί ο χρήστης. Ενδεικτικά κάποια από τα σενάρια που μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή είναι:

- “ΗΜΕΡΑ” : Με την ενεργοποίηση του σεναρίου αυτού κατά την ώρα της αφύπνισης των ενοίκων, το πρωινό ξύπνημα καθίσταται πιο ευχάριστο. Μπορεί να δυναμώνει σταδιακά η ένταση του φωτισμού ή να ανοίγουν τα ρολά σιγά-σιγά και να διαχέεται το φως στα δωμάτια, να ρυθμίζεται η τηλεόραση στο αγαπημένο πρωινό κανάλι και να προβάλλονται στον υπολογιστή τα νέα που τους ενδιαφέρουν και τα οποία εντόπισε κατά τη διάρκεια της νύχτας στο ιντερνέτ. Επίσης, ενεργοποιείται το σύστημα

συναγερμού για προστασία διάρρηξης παραθύρων και πορτών ενώ οι ένοικοι μπορούν να κινούνται ελεύθερα σε όλους τους χώρους.

- “ΝΥΧΤΑ” : Ενεργοποιώντας το σενάριο με την ονομασία “νύχτα” σβήνουν τυχών αναμμένα φώτα και συσκευές μόνο στο ισόγειο της κατοικίας και ενεργοποιείται το σύστημα συναγερμού μόνο στους χώρους του ισόγειου έτσι ώστε οι ένοικοι να κινούνται ελεύθερα στους χώρους των υπνοδωματίων. Αν κάποιος σηκωθεί τη νύχτα από το κρεβάτι του, το σύστημα αυτοματισμού θα ανάψει ήπια το φωτισμό του δωματίου, ξεκινώντας με ένα επίπεδο φωτισμού, π.χ. 30% του μέγιστου και μέσα σε 30 δευτερόλεπτα θα τον φέρει στο 60%, όπου και θα σταματήσει να αυξάνει την ένταση. Παράλληλα θα ανάψει το φως του διαδρόμου και του λουτρού ή του wc, διευκολύνοντας τον. Όταν επιστρέψει στο δωμάτιο του και σβήσει το φως το σύστημα θα σβήσει αυτόματα και όσα άλλα φώτα άναψε για τη διευκόλυνση του. Ακόμη θα παρέχεται θέρμανση μόνο στους χώρους των υπνοδωματίων, και το υπόλοιπο σπίτι θα βρίσκεται στην ζώνη διατήρησης της θερμοκρασίας.
- “ΦΕΥΓΩ” : Με το σενάριο αυτό όταν οι ιδιοκτήτες φεύγουν από την κατοικία ενεργοποιείται το σύστημα συναγερμού. Το σύστημα αυτοματισμού σβήνει τυχών αναμμένα φώτα, κλείνει τις συσκευές οι οποίες μπορεί να έχουν ξεχαστεί σε λειτουργία, μαζεύει της ηλεκτρικές τέντες, κατεβάζει τα ηλεκτρικά ρολά, κλείνει το γενικό διακόπτη νερού και ρυθμίζει κατάλληλα τη θέρμανση ώστε να εξοικονομείται ενέργεια.
- “ΕΡΧΟΜΑΙ” : Ενεργοποιώντας αυτό το σενάριο, κατά την επιστροφή των ενοίκων στο σπίτι τίθεται σε εφαρμογή η θέρμανση ή ο κλιματισμός, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, και ανάβουν τα φώτα σε συγκεκριμένους χώρους του σπιτιού. Ανάβει ο θερμοσίφωνας για να υπάρχει ζεστό νερό να απολαύσουν το μπάνιο τους μετά από μια κουραστική μέρα.
- “ΔΙΑΚΟΠΕΣ” : Η θέση λειτουργίας “διακοπές” είναι πανομοιότυπη με το σενάριο “φεύγω”. Επιπλέον όμως, το σύστημα θα αναβοσβήνει τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα σε τυχαίες, λογικές ώρες δίνοντας την εντύπωση ότι το σπίτι κατοικείται και θα σβήσει την κεντρική θέρμανση για όσο διάστημα οι ένοικοι βρίσκονται σε διακοπές. Επίσης, στο σενάριο αυτό μπορεί να οριστεί και το πότισμα των φυτών, μέσω του συστήματος άρδευσης. Εκτός από τη ρύθμιση των ωρών ποτίσματος μπορούν να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, π.χ. εάν βρέξει να μην εκτελεστεί το πότισμα, η εάν υπάρξει υψηλότερη θερμοκρασία να παραταθεί ο χρόνος ποτίσματος. Ακόμη, μπορεί το σύστημα να ελέγχει την ομαλή λειτουργία κάθε υποσυστήματος και να αποστέλλει λεπτομερή μηνύματα μέσω e-mail στους ιδιοκτήτες, περιγράφοντας κάθε πρόβλημα που μπορεί να προκύψει.
- “HOME CINEMA” : Θέτοντας σε λειτουργία το σενάριο αυτό ο ένοικος μπορεί να απολαύσει την προβολή μιας ταινίας με τις καλύτερες ανέσεις. Ο συνδυασμός του χαμηλού φωτισμού με το κατάλληλο για τον χώρο ηχοσύστημα, που να παρέχει βελτιστοποιημένο και πολυκατευθυνόμενο ήχο, μπορεί να κάνει το σπίτι να μοιάζει με αίθουσα κινηματογράφου. Το ίδιο σενάριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ένα πάρτι, αν αντί για ταινία ο ένοικος επιλέξει την αγαπημένη του μουσική, μετατρέποντας έτσι την κατοικία σε αίθουσα συναυλιών.
- “ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ” : Με το σενάριο αυτό, ο ιδιοκτήτης έχει τη δυνατότητα να ενημερώνεται για την κατάσταση που επικρατεί στο σπίτι του.

Την εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία , την ηλιοφάνεια, την ταχύτητα του ανέμου, τη στάθμη του πετρελαίου και νερού.

- “ΠΑΡΑΒΙΑΣΗ” : Αν το σύστημα εντοπίσει κάποια ανεπιθύμητη εισβολή στο σπίτι μπορεί να ενεργοποιηθεί το σενάριο παραβίαση. Σ’ αυτήν την περίπτωση, γίνεται άμεση εγγραφή από τις κάμερες ασφαλείας και ενεργοποιείται κρυφή κλήση κινητής σε κάποιο συγγενή ή στην αστυνομία.

Τα σενάρια σε μια κατοικία μπορούν να τα δημιουργήσουν οι ένοικοι σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες και προτιμήσεις, και έχουν τη δυνατότητα να τα ενεργοποιήσουν ή να τα ακυρώσουν κατά βούληση όποια χρονική στιγμή επιθυμούν εκείνοι. Επίσης, το έξυπνο σπίτι παρέχει τη δυνατότητα άμεσης επέκτασης καθώς και του συνδυασμού του με συστήματα ασφαλείας και συστήματα θέρμανσης.

## 2.4 Μορφές ελέγχου

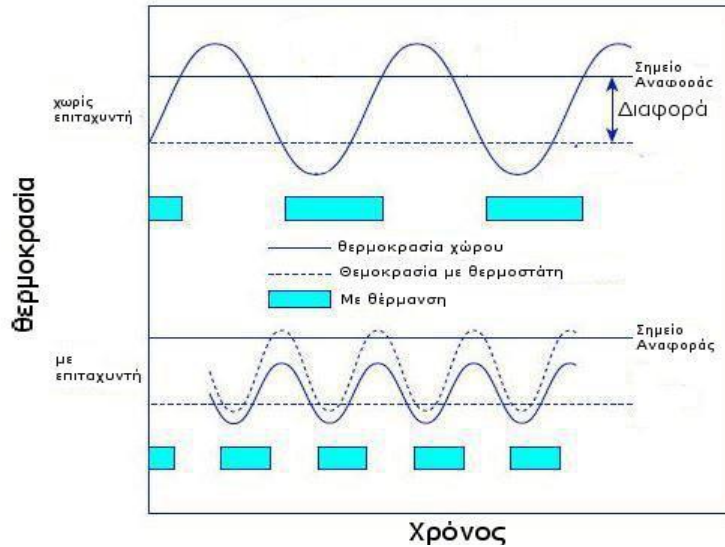
### 1.Έλεγχος 2 θέσεων (on-off)

Σε αυτήν την περίπτωση, η συσκευή ελέγχου δίνει είτε μέγιστο είτε ελάχιστο αποτέλεσμα, ουσιαστικά λειτουργεί ή όχι. Έστω ένα τέτοιο σύστημα για ένα σύστημα θέρμανσης. Στόχος είναι να ελέγξουμε τη θερμοκρασία σ’ ένα σημείο αναφοράς. Είναι αναγκαίο, για λόγους που θα εξηγήσουμε, να υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της λειτουργίας on και off της συσκευής ελέγχου.

Έτσι, με τη θέρμανση να λειτουργεί, η θερμοκρασία ανεβαίνει μέχρι να ξεπεράσει το σημείο αναφοράς. Τότε η θέρμανση κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρις ότου η διαφορά θερμοκρασίας ξεπεράσει το χαμηλότερο επίπεδο. Τότε ξανανοίγει και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ανώτερου και του κατώτερου ορίου λέγεται διαφορικό διάκενο ή απλά διαφορά.

Μέσα στο διάκενο αυτό η λειτουργία θα είναι είτε on είτε off, ανάλογα με την τελευταία εντολή της συσκευής ελέγχου. Το σημείο αναφοράς είναι συνήθως το ανώτερο όριο του διαφορικού διακένου, αν και νεότερες συμβάσεις το θέτουν στη μέση του. Η θερμοκρασία δωματίου συνεχίζει να αυξάνεται για ένα μικρό χρονικό διάστημα αφότου το σύστημα θέρμανσης έχει κλείσει, για διάφορους τεχνικούς παράγοντες.

Ένα σύστημα ελέγχου 2 θέσεων καταλήγει σε μια θερμοκρασία που παίρνει τιμές γύρω απ’ το σημείο αναφοράς (από λίγο χαμηλότερες έως λίγο υψηλότερες) και μια μέση θερμοκρασία λίγο πάνω απ’ αυτό. Το εύρος αυτής της απόκλισης των τιμών της θερμοκρασίας μπορεί να μειωθεί μειώνοντας το διαφορικό διάκενο μέσω βοηθητικών στοιχείων στο σύστημα, έχοντας όμως κόστος στη συχνότητα της αυξομείωσης της τιμής της θερμοκρασίας. Η απόκλιση κορυφής-κορυφής (στην παράσταση της θερμοκρασίας) είναι η διαφορά του ελεγκτή ή λειτουργική διαφορά, ενώ η διαφορά που γίνεται εμφανής μέσω του θερμοστάτη είναι η μηχανική διαφορά.

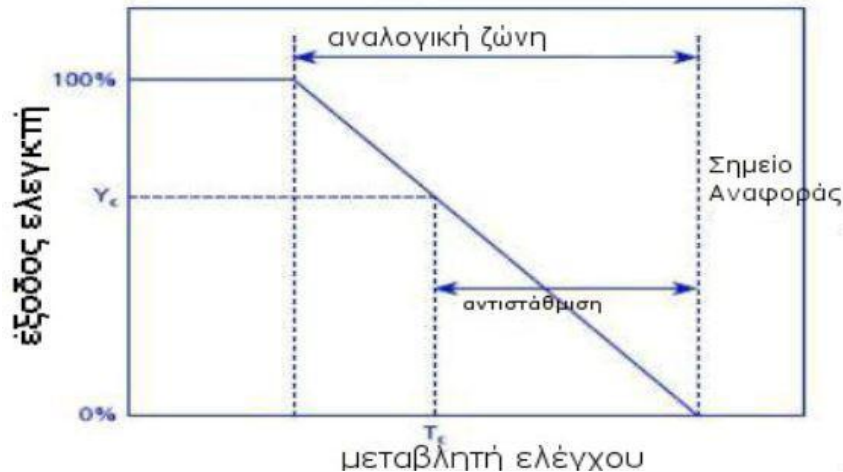


Σχήμα 2.1: Συμπεριφορά συστήματος ελέγχου on-off. Πηγή: Διαδίκτυο,2019.

Κλασικό παράδειγμα ελέγχου 2 θέσεων αποτελεί ο συνηθισμένος θερμοστάτης δωματίου. Η εσωτερική (και άρα μόνιμη, λόγω μηχανικών λόγων) διαφορά του θερμοστάτη είναι ενός τάξης των 3 K, η οποία μειώνεται με την χρήση ενός επιταχυντή θέρμανσης στον θερμοστάτη. Ενός χαμηλής έντασης θερμαντήρας στο εσωτερικό του θερμοστάτη (συνδεδεμένος παράλληλα με το φορτίο και καταλήγοντας στο σύστημα θέρμανσης) αυξάνει τη θερμοκρασία που «αντιλαμβάνεται» ο θερμοστάτης, κλείνοντας νωρίτερα. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η συχνότητα ενός αυξομειώσεως ενός τιμής ενός θερμοκρασίας, μειώνοντας τη λειτουργική διαφορά. Ουσιαστικά, η επίδραση του επιταχυντή είναι να μειώσει τη θερμοκρασία δωματίου που επιτύχαμε μέσω του θερμοστάτη λίγο πιο κάτω απ' τη θερμοκρασία αναφοράς.

## 2.Αναλογικός Έλεγχος (proportional control)

Ο αναλογικός έλεγχος προϋποθέτει μια συνεχή μεταβλητή έξοδο απ' τη συσκευή ελέγχου. Το σύστημα ελέγχου παράγει μια έξοδο που είναι αναλογική στο σήμα σφάλματος, πχ η διαφορά ανάμεσα στην τιμή ενός μεταβλητής που ελέγχουμε και στο σημείο αναφοράς. Για να μπορέσει ο ελεγκτής να παράξει την κατάλληλη έξοδο, είναι απαραίτητο να υπάρξει μια αντιστάθμιση ενός ελεγχόμενης μεταβλητής και του σημείου αναφοράς. Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η λειτουργία ενός αναλογικού ελεγκτή ενός συστήματος θέρμανσης. Η έξοδος του ελέγχου αυξάνει από 0 έως 100% όσο η είσοδος πέφτει απ το σημείο αναφοράς. Φαίνεται πως σε συνθήκες σταθερής κατάστασης η τιμή ισορροπίας του σημείου ελέγχου θα είναι κάτω απ' το σημείο αναφοράς και ότι η αντιστάθμιση θα αυξάνει με το φορτίο, δηλαδή σε πιο κρύο καιρό όταν θερμική φόρτιση θα είναι μεγαλύτερη. Για συστήματα ψύξης, αντίστοιχα, η τιμή ισορροπίας θα είναι πάνω απ' το σημείο αναφοράς.

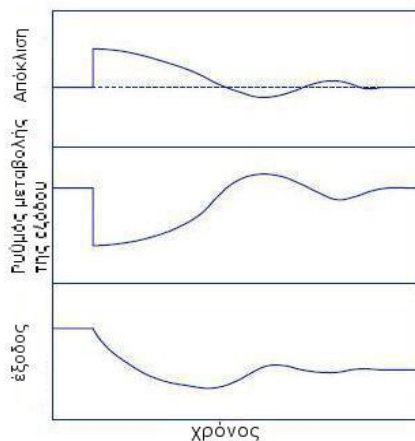


Σχήμα 2.2: Λειτουργία αναλογικού ελεγκτή. Πηγή: Διαδίκτυο,2019.

Η αναλογική ζώνη μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες της φυσικής ποσότητας που ελέγχουμε. Αν, για παράδειγμα, ο ελεγκτής έχει ένα εύρος κλίμακας από 0 έως 80 C και ένα αναλογικό εύρος ζώνης 20 K, η αναλογική ζώνη είναι 25%. Το κέρδος του αναλογικού ελεγκτή είναι ανάλογο της αναλογικής ζώνης, εκφραζόμενα σε φυσικά μεγέθη.

### 3. Ακέραιος Έλεγχος (integral control)

Ο ακέραιος έλεγχος δεν είναι μια μορφή ελέγχου που συναντάμε συνήθως μόνη της, αλλά σε συνδυασμό με τον αναλογικό στον αναλογικό-ακέραιο έλεγχο (PI controller). Στην αυθεντική του μορφή παράγει ένα ρυθμό μεταβολής της εξόδου του ελεγκτή αναλογικά με την απόκλιση απ' το σημείο αναφοράς. Όταν η ελεγχόμενη μεταβλητή είναι στο σημείο αναφοράς, ο ρυθμός μεταβολής της εξόδου είναι μηδέν. Το σύστημα τότε θα έπρεπε κανονικά να ρυθμιστεί σε μια σταθερή συνθήκη, με σταθερή έξοδο και μηδενική αντιστάθμιση. Στο σχήμα 2.3. φαίνονται οι τιμές αυτής της μορφής ελέγχου.



Σχήμα 2.3: έξοδος, ρυθμός μεταβολής και απόκλιση. Πηγή: Διαδίκτυο,2019.

Όταν ο ακέραιος έλεγχος χρησιμοποιείται μόνος του, πρέπει να χρησιμοποιείται σε συστήματα με σταθερές μικρής διάρκειας και γρήγορες μεταβολές. Δεν ταιριάζει σε συστήματα με αργές αποκρίσεις ή μεγάλες καθυστερήσεις. Μια κλασική συσκευή



ελέγχου είναι μια βαλβίδα ελεγχόμενη από έναν ενεργοποιητή μεταβλητής ταχύτητας, που δίνει τους απαραίτητους ρυθμούς μεταβολής του ελέγχου.

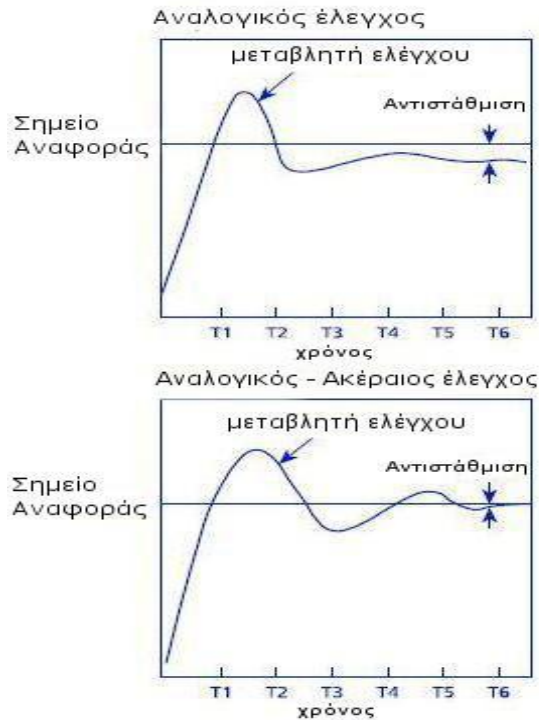
#### **4. Αναλογικός - ακέραιος έλεγχος (proportional-integral control)**

Προσθέτοντας ακέραιο έλεγχο σε έναν αναλογικό ελεγκτή αντισταθμίζουμε το σφάλμα φόρτισης. Αυτή είναι πιθανότατα και η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μορφή σε συστήματα ελέγχου θέρμανσης, εξαερισμού, κλιματισμού (HVAC) και όταν είναι σωστά τοποθετημένη μπορεί να παρέχει σταθερό έλεγχο ακόμα και με μηδενική απόκλιση.

Ο ελεγκτής ενσωματώνει σταδιακά την απόκλιση απ' το σημείο αναφοράς και χρησιμοποιεί την τιμή αυτή για να προσαρμόσει την έξοδο του ελέγχου ώστε να έχει την ελεγχόμενη τιμή πίσω προς το σημείο αναφοράς. Η αναλογική ζώνη μπορεί έτσι να αυξηθεί για να δώσει σταθερό έλεγχο, και η απόκλιση φόρτισης που θα μπορούσε αλλιώς να υπάρξει εξαλείφεται σταδιακά από τον ακέραιο έλεγχο. Η ακέραια ρύθμιση χαρακτηρίζεται από τον χρόνο ακέραιας ενέργειας, που είναι ο χρόνος που χρειάζεται στο ακέραιο κομμάτι της εξίσωσης της εξόδου ελέγχου να ταιριάζει με την αλλαγή της εξόδου λόγω του αναλογικού κομματιού.

Οι περισσότεροι αναλογικοί-ακέραιοι ελεγκτές είναι διαδραστικοί, όπου το ακέραιο κέρδος πολλαπλασιάζεται εσωτερικά με το αναλογικό κέρδος. Αυτό συμβαίνει γιατί η αναλογική ζώνη μπορεί να ρυθμιστεί χωρίς να επηρεάζει τον ακέραιο χρόνο. Ένας μη διαδραστικός ελεγκτής έχει ανεξάρτητα ρυθμιζόμενα κέρδη για τις αναλογικές και τις ακέραιες ενέργειες, οπότε ρυθμίζοντας το αναλογικό κέρδος μεταβάλλει τον χρόνο των ακέραιων ενεργειών.

Επίσης, ένας μεγάλος ακέραιος χρόνος αυξάνει τα σφάλματα φόρτισης σταθερής κατάστασης, στο όριο του άπειρου ακέραιου χρόνου ένας αναλογικός-ακέραιος ελεγκτής γίνεται απλώς ένας αναλογικός ελεγκτής. Τέλος, αν ο ακέραιος χρόνος μειωθεί σε μια τιμή περίπου όσο και ο σταθερός χρόνος του συστήματος ελέγχου, θα καταλήξουμε σε αστάθεια.



Σχήμα 2.4. Αναλογικός (proportional) και αναλογικός-ακέραιος (proportional-integral) έλεγχος. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.

## 5. Ψηφιακός έλεγχος (digital control)

Οι ελεγκτές με μικροεπεξεργαστές λειτουργούν δειγματοληπτώντας τιμές από την ελεγχόμενη μεταβλητή σε διακριτές χρονικές στιγμές. Τότε, ο μικροεπεξεργαστής υπολογίζει την απαιτούμενη έξοδο του ελεγκτή. Για το μεγαλύτερο κομμάτι, η επεξεργασία είναι ίδια με τον αναλογικό έλεγχο όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Ο ελεγκτής μπορεί να αποθηκεύει προηγούμενες τιμές της ελεγχόμενης μεταβλητής, που είναι απαραίτητες για να υπολογίσει το παράγωγο και το ακέραιο κομμάτι. Μια διαφορά ανάμεσα στους αναλογικούς και ψηφιακούς ελεγκτές αφορά την επίδραση του ρυθμού δειγματοληψίας. Η συχνότητα της δειγματοληψίας περιορίζεται από την ταχύτητα του επεξεργαστή και οποιαδήποτε πολυπλοκότητα της εισόδου του ελεγκτή, όπως και η δυνατότητα του δικτύου να μεταδώσει τακτικά μηνύματα. Αν ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι πολύ χαμηλός, το σύστημα μπορεί να καταλήξει σε αστάθεια αν ο ελεγκτής αναβάλλει τις κατάλληλες λειτουργίες ελέγχου. Όπου υπάρχει πολύ γρήγορος ρυθμός δειγματοληψίας, κάποιοι ελεγκτές αναβαθμίζουν την έξοδο σε μεσοδιαστήματα (μεταξύ των αλλαγών της) που είναι μεγαλύτερα από τα διαστήματα δειγματοληψίας.

Κάποιοι ελεγκτές επιτρέπουν τα διαστήματα αυτά (ανάμεσα σε αλλαγές της εξόδου) να ρυθμίζονται ανεξάρτητα από τα διαστήματα δειγματοληψίας του ελεγκτή.

## 6. Έλεγχος αλληλοεπικάλυψης

Για κάποιες εφαρμογές είναι ένα πλεονέκτημα να μπορέσουμε να χωρίσουμε τον ελεγκτή σε δύο υποσυστήματα: ένα υποελεγκτή που ελέγχει ένα ενδιάμεσο κομμάτι του ελεγχόμενου συστήματος, και έναν κεντρικό ελεγκτή που ρυθμίζει το σημείο αναφοράς του βρόχου του υποελεγκτή. Μια κλασική εφαρμογή είναι για τον έλεγχο θερμοκρασίας ενός μεγάλου χώρου, που ο κεντρικός ελεγκτής ελέγχει το σημείο

αναφοράς της θερμοκρασίας αέρα σαν μια συνάρτηση της θερμοκρασίας χώρου, και ένας υποελεγκτής ελέγχει τη θερμοκρασία του αέρα μεταβάλλοντας τη θέρμανση. Στη κλασική του μορφή, ο υποελεγκτής παρέχει έλεγχο της θερμοκρασίας αέρα έναντι σε μεταβολές της θερμοκρασίας (πχ λόγω του εισερχόμενου αέρα). Ο κεντρικός ελεγκτής επαναφέρει το σημείο αναφοράς μέσω της θερμοκρασίας του χώρου χρησιμοποιώντας αναλογικό-ακέραιο έλεγχο. Εδώ χρειάζεται να προσέξουμε για να αποφύγουμε την αστάθεια αν και οι δύο βρόχοι χρησιμοποιούν ακέραιες λειτουργίες. Ένας ξεκάθαρος όρος για αυτό το σύστημα ελέγχου είναι ο έλεγχος αλληλοεπικάλυψης (επίσης γνωστός και ως έλεγχος επαναφοράς – reset control).

## 7. Χρονικές καθυστερήσεις

Σε οποιοδήποτε βρόχο με ανατροφοδότηση, η απόκριση του συστήματος, όπως γίνεται αντιληπτή από την έξοδο του αισθητήρα του συστήματος, δεν συμβαίνει ακαριαία με την αλλαγή της εξόδου ελέγχου. Υπάρχουν 2 τύποι καθυστερήσεων.

Η καθυστέρηση μεταφοράς, περιγράφει τον χρόνο που παίρνει για τη θέρμανση ή οποιαδήποτε άλλη λειτουργία να ενεργοποιηθεί (να «ταξιδέψει» από την πηγή στο σημείο όπου μεταφέρεται στο χώρο). Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, οι αποστάσεις μπορεί να είναι πολύ μεγάλες και η συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να πάρει ακόμα και μερικά λεπτά.

Ο δεύτερος τύπος καθυστέρησης, αφορά το χρόνο που χρειάζεται για να αυξήσεις τη θερμοκρασία ενός στοιχείο ανάλογα με τη θερμική του χωρητικότητα. Αν δούμε ένα απλό σύστημα θέρμανσης, θα δούμε ότι όταν ο ελεγκτής δίνει να ανοίξει η βαλβίδα, ζεστό νερό φεύγει προς τους σωλήνες θέρμανσης και απαιτείται ένας χρόνος προκειμένου να τους φτάσει. Συμβαίνουν μια σειρά από μεταφορές: το πρώτο νερό στους σωλήνες θέρμανσης, από εκεί στο καλοριφέρ, μετά στο κυλινδρικό υλικό και από εκεί στον αισθητήρα.

Όλες οι καθυστερήσεις συμβάλλουν σε προβλήματα ελέγχου. Ο ακέραιος έλεγχος είναι ακατάλληλος για συστήματα με σημαντικό «νεκρό» χρόνο, αφού ο ελεγκτής θα συνεχίζει να αλλάζει την έξοδό του κατά τη διάρκεια του χρόνου αυτού. Εκεί ο αναλογικός-ακέραιος έλεγχος ταιριάζει περισσότερο. Ο αναλογικός έλεγχος, με ευρεία αναλογική ζώνη, προσφέρει ένα σταθερό έλεγχο, και η ακέραια λειτουργία, με μεγάλο ακέραιο χρόνο, απομακρύνει την πιθανότητα σφάλματος φόρτισης.

## 8. Λογικός έλεγχος

Η χρήση μικροεπεξεργαστή βασισμένου σε όλες αυτές τις μορφές ελέγχου προσφέρει τεράστιες δυνατότητες, αφού κάθε τακτική ελέγχου μπορεί να προγραμματιστεί. Πρακτικά, οι ίδιοι οι ψηφιακοί ελεγκτές είναι βασισμένοι στις μορφές ελέγχου που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Εν πάσει περιπτώσει, οι ελεγκτές χρησιμοποιούν έναν αριθμό λογικών ελεγκτικών λειτουργιών για να βελτιώσουν συνολικά την λειτουργία του συστήματος ελέγχου. Τέτοιες λειτουργίες είναι:

- Μνήμη-σύγκριση: Η είσοδος αλλάζει βάσει μιας τιμής που είναι μεγαλύτερη από μια προηγούμενη μέτρηση. Χρησιμοποιείται για να σταματήσει το σύστημα ελέγχου να αποκρίνεται σε μικρές μεταβολές της ελεγχόμενης μεταβλητής.
- Εύρεση μέσου όρου: Μέσω αυτής της λειτουργίας το σύστημά μας βρίσκει τον μέσο όρο μιας σειράς εισόδων. Λόγω αυτού, μπορεί να αγνοεί ακραίες τιμές (που μπορεί να οφείλονται σε σφάλματα μέτρησης κτλ)

- Λογικές πράξεις: Παρέχουν όλο το σύνολο της άλγεβρας Boole, δηλαδή πύλες AND, NOT, OR και XOR. Χρησιμοποιούνται για να αποφεύγουν «λογικά» σφάλματα πχ να απαγορεύουν τη χρήση συστήματος θέρμανσης όταν τα παράθυρα είναι ανοιχτά.

Προφανώς υπάρχουν και άλλες πάρα πολλές λειτουργίες, προκειμένου να καλύψουν τις περισσότερες απαιτήσεις ελέγχου. Παρόλα αυτά, για συγκεκριμένες περιπτώσεις, μπορεί κάποιος να γράψει συγκεκριμένη τακτική ελέγχου χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού όπως BASIC ή C.

## 2.5 Βέλτιστη εκκίνηση

Μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες ενός συστήματος ελέγχου κτιρίου είναι ο χρονικό έλεγχος, το να διασφαλίσουμε δηλαδή ότι το σύστημα δεν θα λειτουργεί όταν δεν χρειάζεται. Αν συγκρίνουμε την ελεγχόμενη θέρμανση ή κλιματισμό ενός κτιρίου σε σχέση με τις αντίστοιχες συνεχόμενες λειτουργίες, θα διαπιστώσουμε ότι έχουμε πολύ μεγάλο ενεργειακό κέρδος. Αυτό ωστόσο δεν είναι απόλυτο για όλες τις κατασκευές, οφείλεται σε μια σειρά από παράγοντες: πχ σε κτίρια που θερμαίνονται εύκολα τα κέρδη είναι μεγαλύτερα.

Απλός έλεγχος ενός χρονομετρητή μπορεί να είναι αποτελεσματικός και κατάλληλος για συστήματα θέρμανσης με έξοδο περίπου στα 30kW. Για μεγαλύτερες αποδόσεις, απαιτείται ένας ελεγκτής βέλτιστης εκκίνησης. Γιατί συμβαίνει αυτό; Μ' έναν απλό χρονομετρητή που αλλάζει από την κεντρική λειτουργία στη λειτουργία διαμονής έχουμε μια ικανοποιητική θερμοκρασία όταν αλλάζουμε για την τελευταία. Αυτό μπορεί να συμβαίνει στις περιόδους που έχουμε ψυχρό καιρό, αλλά σε πιο ήπιο κλίμα μας δίνει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από την αναγκαία. Αντίστοιχα, σε περιπτώσεις όπου το σπίτι έχει μείνει άδειο για ένα διάστημα επίσης χρειάζεται διαφορετική διαδικασία θέρμανσης.

Ο ελεγκτής βέλτιστης εκκίνησης υπολογίζει την τελευταία αλλαγή βάσει ενός εύρους συνθηκών, αντιμετωπίζοντας τα παραπάνω προβλήματα. Η κυρίαρχη λειτουργία του είναι να υπολογίζει την τελευταία χρονική αλλαγή, προσμετρώντας μια ελάχιστη θερμοκρασία για το κτίριο (10 βαθμούς Κελσίου), προστασία απ' το ψύχος και την υγρασία.

Επίσης, μια λειτουργία βέλτιστης διακοπής είναι κατάλληλη για τις περιπτώσεις που η θέρμανση ή ο κλιματισμός πρέπει να μεταβληθούν πριν το τέλος της περιόδου διαμονής και πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η θερμοκρασία του χώρου δεν θα ξεφύγει από τα προκαθορισμένα όρια στο τέλος της περιόδου αυτής. Ωστόσο, η βέλτιστη διακοπή έχει λιγότερα κέρδη από την αντίστοιχη εκκίνηση, για αυτό και χρησιμοποιείται λιγότερο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

### 3.1 Γενικά για τους αισθητήρες

Όταν αναφερόμαστε στους αισθητήρες ουσιαστικά μιλάμε για συστήματα μέτρησης. Η ανάγκη του προσδιορισμού διαφόρων φυσικών μεγεθών ήταν αυτή που δημιούργησε και την ανάγκη δημιουργίας και ανάπτυξής τους.

Μέτρηση ονομάζουμε τον προσδιορισμό ενός μεγέθους ή ποσού με βάση πάντα ένα μέγεθος αναφοράς του ίδιου τύπου, που το ονομάζουμε μονάδα μέτρησης. Για την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες διατάξεις, τα συστήματα μέτρησης. Προφανώς, οι μετρήσεις των φυσικών και χημικών φαινομένων αποτελούν βασικό κομμάτι της ζωής του ανθρώπου, για αυτό και από πολύ παλιά ο άνθρωπος προσπαθούσε να βρει τα πιο αποδοτικά και αποτελεσματικά συστήματα μέτρησης προκειμένου να διευκολύνεται σε μια σειρά από δραστηριότητές του.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της βιομηχανίας, οι μετρήσεις εκτός από την έκφραση του μεγέθους μιας ποσότητας άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως στα λεγόμενα συστήματα αυτόματου ελέγχου (automatic control systems). Στα συστήματα αυτά μετράται ένα μέγεθος, η μέτρηση συγκρίνεται με μια επιθυμητή τιμή και στη συνέχεια η διαφορά τους χρησιμοποιείται για να ελέγξει μια διαδικασία, έτσι ώστε το μετρούμενο μέγεθος να συμπίπτει τελικά με την επιθυμητή τιμή. Στις μέρες μας δεν υπάρχει καμία βιομηχανική μονάδα χωρίς συστήματα αυτόματου ελέγχου, μέρος των οποίων είναι τα συστήματα μέτρησης.

Αισθητήρες ονομάζουμε τις διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την του κάθε μετρούμενου φυσικού μεγέθους σε ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρικό αυτό σήμα μπορεί να είναι είτε τάση είτε ρεύμα (ανάλογα με τη λειτουργία του εκάστοτε αισθητήρα). Κλασικά παραδείγματα που φυσικών μεγεθών που μετρώνται με τη βοήθεια αισθητήρων είναι η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός φυσικού αντικείμενου, η στάθμη υγρών, η ταχύτητα και η επιτάχυνση ενός κινούμενου αντικείμενου, η τάση, το ρεύμα, η ακτινοβολία.

Ιδιαίτερη σημασία οφείλουμε να δώσουμε στους «έξυπνους αισθητήρες», τη χρήση των οποίων άλλωστε εξετάζουμε και περισσότερο όταν αναφερόμαστε σε συστήματα ελέγχου.

#### 3.1.1 Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων

Τα στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων αναφέρονται στην κατάσταση κατά την οποία έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ αισθητήρα και μετρούμενου μεγέθους. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο πρέπει το μετρούμενο μέγεθος είτε να είναι σταθερό, είτε να μεταβάλλεται πολύ αργά σε σχέση με τη δυνατότητα του αισθητήρα να αντιληφθεί τη μεταβολή αυτή.

##### **Πιστότητα**

Με τον όρο πιστότητα αποδίδεται ο αγγλικός όρος accuracy. Η πιστότητα δε σχετίζεται με τον αριθμό των δεκαδικών ψηφίων με τον οποίο μπορεί να γίνει η μέτρηση, αλλά με το κατά πόσο το αποτέλεσμα που δίνει ο αισθητήρας πλησιάζει την φυσική πραγματικότητα, μέσα σε ένα λογικό εύρος τιμών. Η πιστότητα δίνεται συνήθως ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα. Αν, για παράδειγμα,

ένας αισθητήρας πίεσης, περιοχής λειτουργίας 0 — 10 *bar* έχει πιστότητα  $\pm 1.0\%$  της πλήρους κλίμακας, τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι ίση με 0,1 *bar*. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 1 *bar*, τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα είναι ίση με το 10% της τιμής αυτής. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει το εύρος λειτουργίας των αισθητήρων να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στο εύρος των μετρουμένων τιμών, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή πιστότητα των μετρήσεων. Αν δηλαδή έχουμε μία εφαρμογή στην οποία οι πιέσεις μεταβάλλονται στο διάστημα 0 — 1 *bar* είναι λάθος να επιλέξουμε αισθητήρα περιοχής λειτουργίας 0 — 10 *bar*.

### **Ακρίβεια, επαναληψιμότητα, αναπαραγωγιμότητα**

Ο όρος ακρίβεια (*precision*) εκφράζει τον βαθμό ελευθερίας του αισθητήρα από τυχαία σφάλματα. Αν πάρουμε μεγάλο αριθμό μετρήσεων από έναν ακριβή αισθητήρα, τότε η μεταξύ τους διασπορά θα είναι μικρή. Η ακρίβεια συγγέεται συχνά με την πιστότητα. Η μεγάλη ακρίβεια δεν σημαίνει κατ' ανάγκην και μεγάλη πιστότητα. Ένας ακριβής αισθητήρας μπορεί να έχει κακή πιστότητα. Κακής πιστότητας μετρήσεις από έναν ακριβή αισθητήρα, σημαίνει ότι η μετρήσεις έχουν συστηματικό σφάλμα (*bias*), γεγονός το οποίο μπορεί να διορθωθεί με βαθμονόμηση (*διακρίβωση*) του αισθητήρα.

Οι όροι επαναληψιμότητα και αναπαραγωγιμότητα είναι ταυτόσημοι, χρησιμοποιούνται όμως ο καθένας σε διαφορετικές περιπτώσεις. Και οι δύο αναφέρονται στο πόσο κοντά είναι τα αποτελέσματα ενός αισθητήρα που μετρά το ίδιο σταθερό μέγεθος, η μέν επαναληψιμότητα όταν οι συνθήκες μέτρησης είναι σταθερές, η δε αναπαραγωγιμότητα, όταν οι συνθήκες μέτρησης μεταβάλλονται.

### Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση (*calibration*) είναι η διαδικασία καθορισμού της συνάρτησης μεταφοράς ενός αισθητήρα ή γενικότερα ενός συστήματος μέτρησης. Η γνώση της συνάρτησης μεταφοράς του αισθητήρα είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία των μετρήσεων, έτσι ώστε μετρώντας την τιμή του ηλεκτρικού σήματος εξόδου που παράγει ο αισθητήρας να υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης μεταφοράς και η αντίστοιχη τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης εφαρμόζονται γνωστές τιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους στον αισθητήρα και μετρώνται οι αντίστοιχες τιμές του ηλεκτρικού σήματος εξόδου του. Η ακρίβεια με την οποία έχει καθοριστεί η συνάρτηση μεταφοράς του αισθητήρα επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων, που λαμβάνονται κατά τη χρήση του αισθητήρα σε ένα σύστημα μέτρησης.

### **Ανοχή**

Η ανοχή συνδέεται στενά με την πιστότητα και ορίζει το μέγιστο αναμενόμενο σφάλμα μιας τιμής. Δεν πρόκειται για στατικό χαρακτηριστικό ενός αισθητήρα, αλλά το αναφέρουμε, γιατί πολλές φορές η πιστότητα δίνεται ως ανοχή.

### **Εύρος**

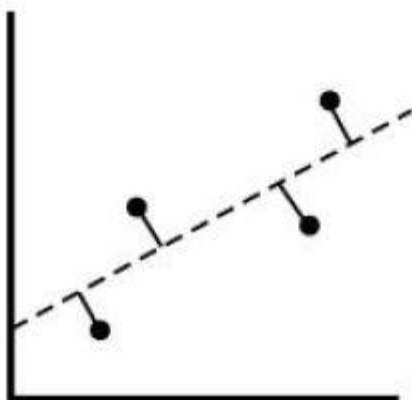
Με τον όρο εύρος αναφερόμαστε στην ελάχιστη και την μέγιστη τιμή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας.

### Συστηματικό σφάλμα

Ως συστηματικό σφάλμα (bias) είναι ένα σταθερό σφάλμα, το ίδιο για όλο το εύρος του αισθητήρα, το οποίο συνήθως μπορεί να μηδενιστεί μέσω βαθμονόμησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συστηματικού σφάλματος εμφανίζεται στις οικιακές ζυγαριές, οι οποίες μπορεί να δείχνουν μή μηδενική ένδειξη, ακόμη και χωρίς φορτίο. Αυτή η μή μηδενική ένδειξη αποτελεί το συστηματικό σφάλμα το οποίο πρέπει να αφαιρέσουμε από την ένδειξη που παίρνουμε κατά τη μέτρηση ώστε να προκύψει η πραγματική τιμή.

### Γραμμική απόκριση

Είναι γενικά επιθυμητό η απόκριση ενός αισθητήρα να μεταβάλλεται γραμμικά με το μετρούμενο μέγεθος. Τα σημεία του Σχήματος 3.1 απεικονίζουν την σχέση μεταξύ σήματος εισόδου (οριζόντιος άξονας) και εξόδου (κατακόρυφος άξονας) ενός αισθητήρα. Η γραμμή μεταξύ των σημείων χαράσσεται εφαρμόζοντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Η μή-γραμμικότητα εκφράζεται ως η μέγιστη απόκλιση μεταξύ των σημείων και της γραμμής. Η μή-γραμμικότητα εκφράζεται συνήθως ως η απόκλιση του εύρους του αισθητήρα.



Σχήμα 3.1: Χαρακτηριστικά εξόδου κινητήρα. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

### Εναισθησία στη μέτρηση

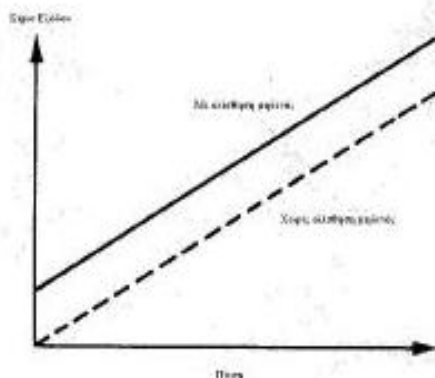
Πρόκειται για το λόγο ενός μεταβολής στην ένδειξη του αισθητήρα, ενός τη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που την προκάλεσε.

### Εναισθησία στη διαταραχή

Η βαθμονόμηση και τα χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα ισχύουν όταν αυτό λειτουργεί εντός συγκεκριμένου εύρους περιβαλλοντικών συνθηκών παραμέτρων ενός η θερμοκρασία, η πίεση, η σχετική υγρασία. Το εύρος καθορίζεται από τον κατασκευαστή του αισθητήρα. Μεταβολή κάποιας από ενός παραμέτρους αυτές ενδέχεται να μεταβάλλει κάποια από τα στατικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Κυρίως, τα χαρακτηριστικά του που μεταβάλλονται είναι η ολίσθηση του μηδενός (zero drift) και η ολίσθηση εναισθησίας (sensitivity drift).

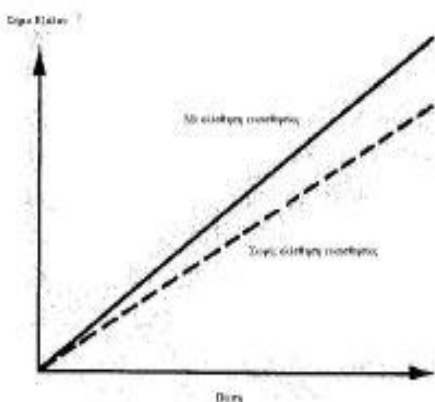
Η ολίσθηση του μηδενός είναι το μη μηδενικό σήμα εξόδου του αισθητήρα όταν το σήμα εισόδου είναι μηδέν, λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η μονάδα μέτρησής του είναι η μονάδα που μετρά ο αισθητήρας ανά το βαθμό μεταβολής του φυσικού μεγέθους που άλλαξε στο περιβάλλον. Αν ένας αισθητήρας επηρεάζεται από περισσότερες από μια παραμέτρους ενός περιβάλλοντος, τότε έχει

αντίστοιχες ολισθήσεις του μηδενός, μια για κάθε παράμετρο. Παρακάτω βλέπουμε τη χαρακτηριστική ολίσθηση μηδενός ενός αισθητήρα πίεσης. (διακεκομμένη γραμμή χωρίς ολίσθηση).



Σχήμα 3.2.: Επίδραση ολίσθησης μηδενός αισθητήρα πίεσης. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

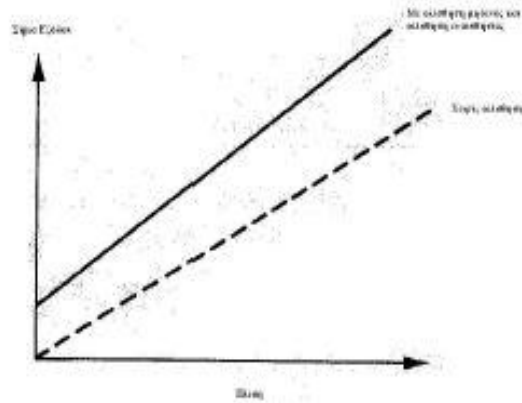
Η ολίσθηση ευαισθησίας ορίζεται ως το ποσό μεταβολής ενός ευαισθησίας ενός αισθητήρα λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Εκφράζεται μέσω των συντελεστών ολίσθησης ευαισθησίας, οι οποίοι εκφράζουν το μέγεθος ενός ολίσθησης ανά μονάδα μεταβολής ενός περιβαλλοντικής παραμέτρου που την προκάλεσε. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την επίδραση ενός ολίσθησης ευαισθησίας στα χαρακτηριστικά εξόδου ενός αισθητήρα. (διακεκομμένη γραμμή χωρίς ολίσθηση).



Σχήμα 3.3.: Επίδραση ολίσθησης ευαισθησίας. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

Εδώ παρατηρούμε την συνδυασμένη επίδραση της ολίσθησης τόσο πίεσης όσο και ευαισθησίας στην έξοδο ενός αισθητήρα. (διακεκομμένη γραμμή χωρίς ολισθήσεις).

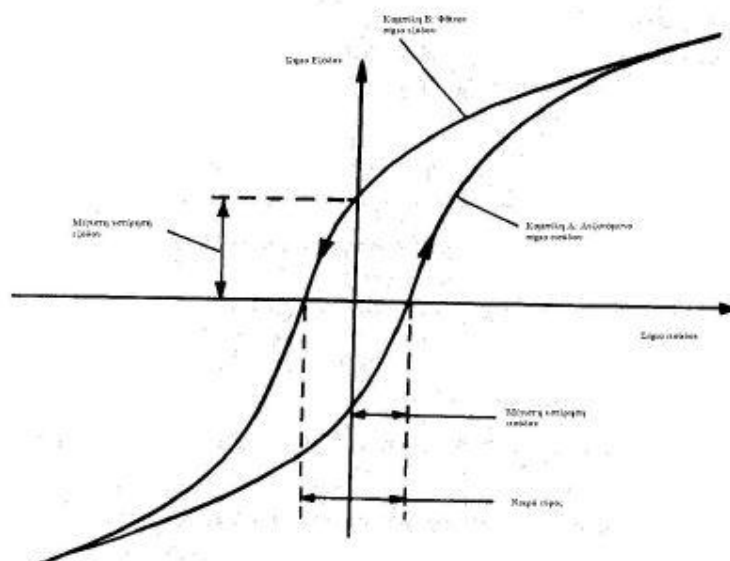




Σχήμα 3.4.: Επίδραση ολίσθησης μηδενός και ευαισθησίας. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

### Υστέρηση

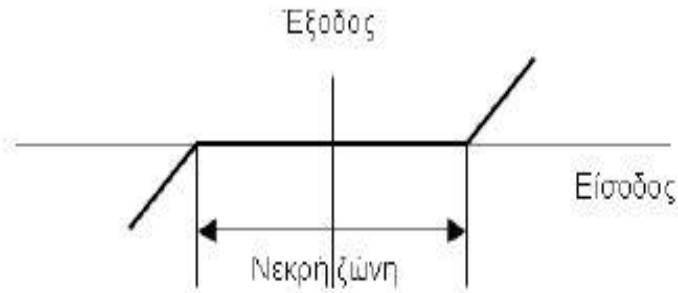
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σήμα εξόδου ενός αισθητήρα ο οποίος παρουσιάζει υστέρηση. Αν η τιμή του σήματος εισόδου μεταβάλλεται σταθερά, ξεκινώντας από αρνητικές τιμές, το σήμα εξόδου περιγράφεται από την καμπύλη Α. Αν κατόπιν το σήμα εξόδου μειώνεται σταδιακά, τότε το σήμα εξόδου περιγράφεται από την καμπύλη Β. Η μή ταύτιση των δύο καμπυλών «φορτίσεως - εκφορτίσεως» είναι γνωστή ως υστέρηση. Η υστέρηση εκφράζεται μέσω της μέγιστης υστέρησης εισόδου και της μέγιστης υστέρησης εξόδου.



Σχήμα 3.5.: Έξοδος αισθητήρα με υστέρηση. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

### Νεκρό εύρος

Ως νεκρό εύρος (dead space) ορίζεται το εύρος του σήματος εισόδου, για το οποίο το σήμα εξόδου είναι μηδενικό. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα, κάθε αισθητήρας ο οποίος εμφανίζει υστέρηση εμφανίζει και νεκρό εύρος. Παρ' όλα αυτά ακόμη και αισθητήρες οι οποίοι δεν εμφανίζουν σημαντική υστέρηση, μπορεί να εμφανίζουν νεκρό εύρος.



Σχήμα 3.6.: Νεκρό εύρος αισθητήρα. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

### **Κατώφλι**

Αν το σήμα εισόδου ενός αισθητήρα αυξάνεται σταδιακά ξεκινώντας από μηδενική τιμή, αυτό θα πρέπει να λάβει μία ορισμένη - μη μηδενική- τιμή πριν ο αισθητήρας δώσει κάποιο μη μηδενικό σήμα εξόδου. Αυτή η ελάχιστη τιμή του σήματος εισόδου, ονομάζεται κατώφλι του αισθητήρα. Το κατώφλι άλλοτε δίνεται ως απόλυτη τιμή και άλλοτε ως ποσοστό του εύρους εξόδου του αισθητήρα.

### **Διακριτική ικανότητα**

Ως διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα ορίζεται η απαιτούμενη ελάχιστη μεταβολή του σήματος εισόδου, ώστε να προκληθεί μεταβολή στο σήμα εξόδου του αισθητήρα.

### Χρόνος λειτουργίας

Ο χρόνος λειτουργίας (operating life) ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή των κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.

### **Εύρος**

Το εύρος λειτουργίας (operating range) μίας συσκευής ισούται με τα όρια, στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους που αναγράφονται συχνά στις προδιαγραφές είναι το «θερμοκρασιακό εύρος», δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να λειτουργεί ο αισθητήρας. Συχνά αναφέρονται επίσης το εύρος τιμών πίεσης και το εύρος τιμών υγρασίας.

### **Απόκριση**

Η απόκριση (response) μίας συσκευής ισούται με το χρόνο που απαιτεί η συσκευή για να λάβει την τελική τιμή εξόδου της για μια δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου, ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου. Για παράδειγμα, εάν οι προδιαγραφές ορίζουν ότι ο χρόνος απόκρισης 95% είναι 3 sec αυτό σημαίνει, ότι η συσκευή χρειάζεται 3 sec για να λάβει η έξοδος της το 95% της τελικής τιμής.

### Ευστάθεια

Η ευστάθεια (stability) αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μίας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά, κατά τη διάρκεια μίας μεγάλης χρονικής περιόδου.

### 3.1.2 Δυναμικά χαρακτηριστικά

Εκτός από τα στατικά χαρακτηριστικά τα οποία αναφέρονται στην περίπτωση όπου έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ σήματος εισόδου και αισθητήρα (δηλαδή όταν πλέον τα σήματα εισόδου εξόδου δεν μεταβάλλονται με το χρόνο), κάθε αισθητήρας διαθέτει και δυναμικά χαρακτηριστικά. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά περιγράφουν τη συμπεριφορά του αισθητήρα μεταξύ της στιγμής κατά την οποία το σήμα εισόδου μεταβάλλεται έως τη στιγμή κατά την οποία το σήμα εξόδου θα σταθεροποιηθεί εκ νέου. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά ισχύουν, όπως και τα στατικά, εντός συγκεκριμένου εύρους συνθηκών λειτουργίας του αισθητήρα. Αν ο αισθητήρας βρεθεί να λειτουργεί εκτός αυτού του εύρους, τότε τα δυναμικά χαρακτηριστικά αναμένεται να μεταβληθούν.

## 3.2 Είδη αισθητήρων

Οι αισθητήρες χωρίζονται σε μια σειρά από διαφορετικές κατηγορίες. Η ταξινόμησή τους γίνεται είτε σύμφωνα με το μέγεθος που μετρούν είτε σε σχέση με τη λειτουργία τους.

### 3.2.1 Επαγωγικοί, χωρητικοί και μαγνητικοί αισθητήρες

Οι επαγωγικοί αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών.

Οι χωρητικοί αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά.

Οι μαγνητικοί αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα στάνταρ ασφαλείας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.

### 3.2.2 Αισθητήρες Laser

Οι αισθητήρες Laser χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:  
Αισθητήρες - Φωτοκύτταρα

Τα φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Όπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης. Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκύτταρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.

Οι αισθητήρες laser αποτελούν τη λύση σε αμέτρητες βιομηχανικές εφαρμογές ειδικά, όταν το μέγεθος του προς ανίχνευση αντικειμένου είναι πολύ μικρό ή όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Η μέτρηση ροής υγρών είναι απαραίτητη σε πολλές βιομηχανίες. Η ροή διακρίνεται σε ροή ανοιχτού καναλιού και σε ροή κλειστού αγωγού. Τα περισσότερα όργανα μετράνε την ροή έμμεσα και διαχωρίζονται σε αυτά που μετράνε ταχύτητα και σε αυτά που μετράνε πίεση ή στάθμη.

#### Αισθητήρες Laser Υπερήχων

Οι αισθητήρες ροής υπερήχων doppler (φαινόμενο Doppler) μετρούν τη ροή εξωτερικά του αγωγού μέσω δετού αισθητήρα. Εκπέμπουν συνεχώς υπέρηχους στα 640 kHz που διασχίζουν τα τοιχώματα του σωλήνα και το τρεχούμενο υγρό. Ο ήχος ανακλάται πίσω στον αισθητήρα από σωματίδια ή φυσαλίδες που υπάρχουν στο υγρό. Για παράδειγμα, αν το υγρό ρέει, η ηχώ επιστρέφει σε διαφορετική συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας ροής. Οι μετρητές ροής doppler μετρούν διαρκώς αυτές τις μεταβολές συχνότητας για να υπολογίσουν τη ροή. Η τεχνική doppler εφαρμόζεται μόνο σε υγρά που περιέχουν σωματίδια ή φυσαλίδες που αντανακλούν το σήμα.

Για καλύτερα αποτελέσματα οι αισθητήρες doppler πρέπει να τοποθετούνται μακριά από αναταράξεις και διαταραχές της ροής, όπως γωνίες σωληνώσεων και μακριά από εξαρτήματα επιτάχυνσης της ροής, όπως πχ βαλβίδες ελέγχου και αντλίες. Η τυπική ακρίβεια είναι  $\pm 2\%$  της πλήρους κλίμακας. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα δετό αισθητήρα, καλώδιο σύνδεσης και μονάδα ελέγχου, που μπορεί να τοποθετηθεί σε μια βολική θέση (εντός 150 m). Οι αισθητήρες αυτού του είδους θεωρούνται εξαιρετικά ασφαλείς για εφαρμογές σε επικίνδυνες περιοχές.

#### Αισθητήρες Laser Θερμιδομετρικοί

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τα υγρά και τα αέρια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον ποιοτικό έλεγχο και στην ασφάλεια λειτουργίας. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμιδομετρική αρχή είναι οι πλέον κατάλληλοι για την ορθή επιτήρηση ροής. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής βασίζονται στην αρχή της θερμικής αγωγιμότητας. Ο επιτηρητής ροής αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει το φυσικό μέγεθος σε ένα ηλεκτρικό σήμα και ένα ελεγκτή που μετατρέπει τα σήματα του αισθητήρα σε δυαδικό σήμα εξόδου. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός του μέσου σε επαφή με αυτό.

### **3.2.3 Αισθητήρες πίεσεως**

Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση, η οποία ασκείται σε υγρά ή αέρια, ονομάζονται αισθητήρες πίεσεως. Ένας μετατροπέας πίεσεως ανιχνεύει ενέργεια με την μορφή πίεσης και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα ή τάση). Η σχέση ανάμεσα στην πραγματική ηλεκτρική έξοδο και στην θεωρητική κλίμακα της πίεσης

του οργάνου ορίζεται ως η ακρίβεια του μετατροπέα ή μεταδότη. Η πίεση είναι μια σημαντική παράμετρος στις βιομηχανικές εφαρμογές, στην διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όπως επίσης και σε μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι αισθητήρες πίεσης είναι από τους πιο πολυχρησιμοποιημένους αισθητήρες για αυτό και υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τις συγκεκριμένες αρχές που διέπουν τη λειτουργία τους. Αυτές είναι:

#### Ποτενσιομετρικοί αισθητήρες πίεσης

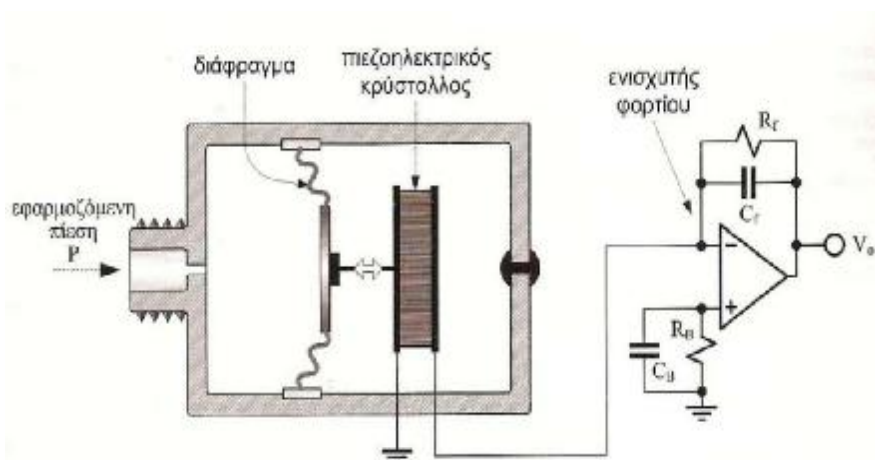
Χρησιμοποιούν μηχανική διάταξη, η παραμόρφωση της οποίας κινεί το δρομέα ενός ποτενσιομέτρου. Για να λειτουργεί αξιόπιστα πρέπει ο δρομέας να συνδέεται με τη μηχανική διάταξη αρκετά ισχυρά, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται σφάλματα υστέρησης και επαναληψιμότητας. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές περιορισμένων απαιτήσεων, όπως π.χ. για τη μέτρηση της πίεσης του λιπαντικού του κινητήρα των αυτοκινήτων.

#### Επαγωγικοί αισθητήρες πίεσης

Η μηχανική κίνηση μετακινεί τον οπλισμό ενός ηλεκτρομαγνήτη. Απαιτούν εξωτερική διέγερση εναλλασσομένου ρεύματος. Αντί για ηλεκτρομαγνήτη χρησιμοποιείται και ο λεγόμενος γραμμικός μεταβαλλόμενος διαφορικός μετασχηματιστής, του οποίου ο οπλισμός μετακινούμενος μεταβάλλει την επαγωγική ζεύξη πρωτεύοντος - δευτερεύοντος. Η απόκριση αυτών των αισθητήρων είναι σχετικά αργή.

#### Χωρητικοί αισθητήρες πίεσης

Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης. Η μεταβολή της χωρητικότητας μπορεί να είναι γραμμική ή μή και είναι της τάξης μερικών pF (pikoFarad) για συνολική χωρητικότητα της τάξης των 50 - 100 pF.



Σχήμα 3.7. Αισθητήρας πίεσης. Πηγή: Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, 2004.

### Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες). Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος. Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες μετατόπισης, η μέθοδος ανίχνευσης της αλλαγής πίεσης χρησιμοποιεί ένα διάφραγμα. Ολοκληρώνοντας οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης μετρούν την πίεση διαφορετικά.

### Αισθητήρες παραμόρφωσης

Η μέτρηση της πίεσης είναι δυνατή και με αισθητήρες παραμόρφωσης (strain). Πρόκειται για διάταξη της οποίας η ηλεκτρική αντίσταση εξαρτάται την παραμόρφωση την οποία υφίσταται. Για παράδειγμα, ο πιεζοαντιστατικός (piezoresistive) αισθητήρας παραμόρφωσης είναι ένας ημιαγωγός, του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση μεταβάλλεται - μη γραμμικά - με την παραμόρφωση.

### Πιεζοηλεκτρικοί ολοκληρωμένοι ημιαγωγοί

Ως μηχανική διάταξη μέτρησης της πίεσης χρησιμοποιείται διάφραγμα, πάνω στο οποίο τοποθετούνται τέσσερις πιεζοαντιστάτες, δύο για τη μέτρηση των εφαπτομενικών και οι άλλοι δύο για τη μέτρηση των ακτινικών παραμορφώσεων, που αναπτύσσονται όταν ασκηθεί πίεση στο διάφραγμα. Οι τέσσερις αντιστάτες συνδέονται ως γέφυρα.

Τα κυκλώματα ενίσχυσης, αντιστάθμισης θερμοκρασίας και βαθμονόμησης, μπορούν να ενσωματωθούν στο ίδιο ολοκληρωμένο στοιχείο. Οι αισθητήρες μπορούν να κατασκευασθούν για ευρεία περιοχή πιέσεων, μεταβάλλοντας κατάλληλα το πάχος του διαφράγματος, ενώ για πολύ χαμηλές πιέσεις τη διάμετρό του. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση όλων των πιέσεων (απόλυτης, διαφορικής και σχετικής). Λόγω των μικρών του διαστάσεων έχει ταχεία απόκριση και χρησιμοποιείται για δυναμική μέτρηση της πίεσης.

## **3.2.4 Αισθητήρες θερμοκρασίας**

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας καλύπτουν ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της χρήσης των αισθητήρων στη σημερινή εποχή, ιδιαίτερα σε ότι αφορά τις πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας σε σπίτια (και αυτό γιατί μια σειρά από ενεργειακές λειτουργίες των κτιρίων έχουν να κάνουν με τη θερμοκρασία). Μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες, τους αισθητήρες επαφής και αυτούς εξ αποστάσεως.

### Αισθητήρες θερμοκρασίας με επαφή

Τα θερμόμετρα επαφής μετρούν ερχόμενα σε επαφή με το σύστημα του οποίου ζητείται η θερμοκρασία, δηλαδή μετρούν ουσιαστικά τη δική τους θερμοκρασία. Αντίθετα, τα εξ αποστάσεως μετρούν τη θερμική ακτινοβολία του συστήματος και εμμέσως υπολογίζουν τη θερμοκρασία. Το είδος του αισθητήρα που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το εύρος διακύμανσης της προς μέτρηση θερμοκρασίας, την απαιτούμενη ακρίβεια (precision) και πιστότητα (accuracy), το περιβάλλον στο οποίο θα τοποθετηθεί ο αισθητήρας - αν δηλαδή θα υποστεί μηχανικές ή άλλες καταπονήσεις - κ.λ.π. Η δυσκολία ή ευκολία της μέτρησης εξαρτάται από την τιμή της θερμοκρασίας, το μέσο του οποίου θέλουμε να

προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία, καθώς και από τις απαιτήσεις για ακρίβεια και πιστότητα. Αισθητήρες επαφής είναι:

- τα θερμοζεύγη,
- οι αντιστάτες (λευκοχρύσου ή νικελίου),
- τα θερμίστορς,
- τα ολοκληρωμένα θερμόμετρα,
- οι αισθητήρες οπτικών ινών,
- οι κρυογενικοί αισθητήρες.

#### Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.

Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγίμα ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή.

### **3.2.5 Αισθητήρες στάθμης**

Η μέτρηση στάθμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των διαδικασιών ελέγχου και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες. Τέτοιες βιομηχανίες παρέχουν αισθητήρες για μέτρηση στάθμης σημείου/σημείων και συνεχούς μετρήσεως.

Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελάχιστου και μέγιστου ύψους στάθμης ή για ενεργοποίηση συναγερμού. Οι αισθητήρες στάθμης συνεχούς μέτρησης χρησιμοποιούνται για μέτρηση της στάθμης εντός ορισμένων ορίων και εξασφαλίζουν συνεχή επιτήρηση στάθμης.

#### Αισθητήρες στάθμης σημείων

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για έλεγχο σημείων είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν λύσεις σε πολλές εφαρμογές.

Παραδείγματα αισθητήρων στάθμης σημείων είναι:

- Προσέγγισης χωρητικοί
- Χωρητικότητας
- Φωτοκύτταρων
- Υπερήχων
- Λείζερ
- Υπερύθρων

Παραδείγματα αισθητήρων συνεχούς στάθμης είναι:

- Χωρητικότητας
- Υπερήχων
- Πίεσης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για συνεχή μέτρηση στάθμης είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν μια αναλογική έξοδο που αντιστοιχεί με το περιεχόμενο της δεξαμενής. Οι αισθητήρες υπερήχων τοποθετούνται στην κορυφή της δεξαμενής ή σε κάποια θέση πάνω από το υπό μέτρηση υλικό. Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας (τυπικά 42 kHz), οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια του υλικού και κατόπιν επιστρέφουν στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του οργάνου μετράνε τον χρόνο που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ηχητικού σήματος. Με αναφορά την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια ( $\pm 0.25\%$  της μέγιστης κλίμακας).

Καθώς η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από την θερμοκρασία του αέρα, οι αισθητήρες στάθμης υπερήχων διαθέτουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Επίσης γίνεται αυτόματη αντιστάθμιση των μετρήσεων στάθμης/απόστασης σε όλη την κλίμακα θερμοκρασίας του αισθητήρα. Ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» απ' ευθείας στην επιφάνεια του υλικού και μακριά από σκάλες, σωλήνες και άλλα εμπόδια.

Συνίσταται μια απόσταση 30 cm από το πλευρικό τοίχωμα για κάθε 3 m βάθους. Η ανεπιθύμητη ηχώ από αναδευτήρες (που κινούνται κάτω από τον αισθητήρα) από αναταραχές και κύματα φιλτράρονται και αγνοούνται από το όργανο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι από απλούς μεταδότες στάθμης 4-20mA μέχρι έξυπνα συστήματα επιτήρησης, ελέγχου και καταγραφής.

### **3.2.6 Αισθητήρες υγρασίας**

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα.

Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι  $\text{gr/m}^3$ . Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας.

### **3.2.7 Αισθητήρες ταχύτητας**

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ( $\text{m/sec}$ ). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό ( $\text{cfm}$ ) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

### **3.2.8 Αισθητήρες ανίχνευσης αερίων**



Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών. Οι διαφορές συνίστανται συνήθως στην μέθοδο ανίχνευσης, που έχει σχέση με τον τύπο του αισθητήρα (gas sensor) και στην κατηγορία του περιβάλλοντος, όπου λειτουργούν (π.χ. αντιεκρηκτικού τύπου).

#### Τύποι Αισθητήρα (GAS SENSOR)

- Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο (Hot-wire catalytic type). Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, κυρίως για ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.
- Ηλεκτροχημικοί (Electrochemical type). Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια και κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.
- Υπέρυθροι (IR). Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.

### **3.3 Αισθητήρες θερμοκρασίας**

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες τους αισθητήρες επαφής και αυτούς χωρίς επαφή. Πρώτα θα εξετάσουμε τα βασικά είδη και τη λειτουργία των αισθητήρων επαφής, που άλλωστε έχουν και πολλές υποκατηγορίες, όπως τα θερμοζεύγη, τους αντιστάτες, τα θερμίστορς.

#### **3.3.1 Αισθητήρες επαφής**

##### **3.3.1.1 Θερμοζεύγη**

Πρόκειται για το συνδυασμό δύο αγωγών από διαφορετικό υλικό το οποίο μπορεί να είναι μέταλλο, ημιαγωγός ή αμέταλλο ενωμένο ο ένας με τον άλλο στο ένα τους άκρο. Το σημείο της ένωσης ονομάζεται επαφή μέτρησης, ενώ τα ελεύθερα άκρα αποτελούν την επαφή αναφοράς.

Η απλή κατασκευή και χρήση των θερμοζευγών καθώς και η αξιοπιστία τους, τα έκαναν τους πιο διαδεδομένους αισθητήρες σε πρακτικές εφαρμογές που έχουν συνήθεις απαιτήσεις σε ακρίβεια. Ωστόσο, όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις χάνεται και το στοιχείο της απλότητας στη χρήση, ενώ η αξιοπιστία δεν είναι τόσο εγγυημένη.

Η λειτουργία των θερμοζευγών στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού (thermoelectricity), ή αλλιώς φαινόμενο Seebeck (Seebeck effect). Ειδικότερα, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ενώνονται σε ένα σημείο, τότε στο σημείο αυτό αναπτύσσεται μία τάση, η οποία λέγεται θερμοηλεκτρική τάση ή δυναμικό επαφής (contact potential) και οφείλεται στο διαφορετικό έργο εξόδου των μετάλλων. Έτσι, ανάμεσα στα ελεύθερα άκρα των συνδεδεμένων μεταλλικών συρμάτων αναπτύσσεται μία τάση  $E$ . Η τάση αυτή όμως εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Έτσι, εάν τα δύο μεταλλικά σύρματα ενωθούν σε δύο σημεία που ευρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, θα δημιουργηθούν δύο θερμοηλεκτρικές τάσεις διαφορετικής τιμής. Η διαφορά των δύο τιμών είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο σημείων.

### Είδη θερμοζευγών

Τα θερμοζεύγη κατασκευάζονται από επιλεγμένα μέταλλα ή κράματα μετάλλων, τα οποία αναπτύσσουν όχι υψηλή απόλυτη τιμή θερμοηλεκτρικής τάσης αλλά θερμοηλεκτρική τάση που μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία. Ονομάζονται από τα ονόματα των δύο μετάλλων ή κραμάτων, και αναφέρεται πρώτο το μέταλλο που γίνεται θετικότερο (και άρα αποτελεί το θετικό πόλο της θερμοηλεκτρικής τάσης). Το καλώδιο που καλύπτει το αρνητικό μέταλλο έχει πάντοτε κόκκινο χρώμα. Τα πιο διαδεδομένα είδη θερμοζευγών είναι τα ακόλουθα:

#### **1. Σιδήρου - Κωνσταντάνης (*iron-constantan*) ή Τύπου J**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα λευκό και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 50  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Το καλώδιο σιδήρου είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης (η κωνσταντάνη είναι κράμα χαλκού/νικελίου).

#### **2. Νικελίου/Χρωμίου - Νικελίου/Αλουμινίου (*chromel-alumel*) ή Τύπου K**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα κίτρινο και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 40  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Το καλώδιο από το κράμα alumel (νικελίου/αλουμινίου) είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση και απαιτούνται ειδικά μέσα συγκόλλησης (άργυρος, ρέοντα υγρά). Το θερμοζεύγος αυτό δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα όταν τα καλώδιά του κάμπτονται και έτσι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε δονούμενα συστήματα, εκτός και αν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα αντιστάθμισης της μηχανικής τάσης.

#### **3. Χαλκού - Κωνσταντάνης (*copper-constantan*) ή Τύπου T**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα μπλε και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου 40  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Κανένα καλώδιο δεν είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης. Το θερμοζεύγος αυτό εμφανίζει σφάλματα στην αγωγή του ρεύματος επειδή ο χαλκός έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται, εκτός εάν μεγάλα μήκη καλωδίου (100 έως 200 φορές η διάμετρος) τίθενται σε περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας.

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που εκτείνονται από βιομηχανικές και επιστημονικές έως ιατρικές. Έτσι, χρησιμοποιούνται σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε κλιβάνους, θαλάμους ψύξης, πυρηνικούς αντιδραστήρες αλλά και εγχειρήσεις για την παρακολούθηση της εσωτερικής θερμοκρασίας οργάνων. Αυτό συμβαίνει επειδή το θερμοζεύγος συνίσταται στην ουσία σε μία επαφή δύο μετάλλων, που μπορεί να λάβει μικροσκοπικές διαστάσεις και να κατευθυνθεί με τη βοήθεια δύο ευλύγιστων καλωδίων σε οποιοδήποτε σημείο μας ενδιαφέρει. Γι' αυτό αποτελούν μία από τις πρώτες επιλογές για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

### **3.3.1.2 Αντιστάτες**

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης μπορεί να οδηγήσει στον προσδιορισμό της θερμοκρασίας. Θεωρητικά αντιστάτες - θερμομέτρα μπορούν να κατασκευαστούν από πληθώρα υλικών. Επειδή όμως η συνάρτηση μεταξύ ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης και θερμοκρασίας δεν είναι η ίδια για όλα τα υλικά, στη θερμομετρία χρησιμοποιούνται, κατά φθίνουσα σημασία, ο λευκόχρυσος, το νικέλιο και ο χαλκός. Οι αντιστάτες λευκόχρυσου (Platinum Resistance Thermometers ή PRTs), είναι ίσως οι καλύτεροι αισθητήρες επαφής. Σε διάφορες μορφές τους, μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις θερμοκρασίας από 14 K έως 960 °C, με ακρίβεια η οποία προσεγγίζει το 1 mK. Ο ίδιος αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιείται σε διάφορες περιοχές θερμοκρασιών χωρίς να εμφανίζει φαινόμενα υστέρησης. Τα χαρακτηριστικά του παραμένουν ιδιαίτερα σταθερά, ακόμη και μετά από πολλούς κύκλους χρήσης. Υπάρχουν διάφορες μορφές PRTs, ξεκινώντας από τον πρότυπο αισθητήρα της Διεθνούς Θερμομετρικής Κλίμακας, μέχρι PRTs βιομηχανικών εφαρμογών, οι οποίοι είναι ιδιαιτέρως ανθεκτικοί και με ακρίβεια της τάξης μεγέθους του δεκάτου του βαθμού. Το χαμηλό κόστος καθώς και η πολύ καλή ακρίβεια των PRTs τους έχει κάνει τους πιο διαδεδομένους αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας. Σε εφαρμογές δε υψηλών απαιτήσεων ακριβείας, χρησιμοποιούνται κατά αποκλειστικότητα.

Οι αντιστάτες λευκοχρύσου, σε αντιδιαστολή με τα θερμοζεύγη, για να λειτουργήσουν απαιτούν εξωτερική διέγερση. Η διέγερση αυτή μπορεί να είναι είτε ρεύμα είτε τάση, η μέτρηση των οποίων οδηγεί στον υπολογισμό της τιμής της ηλεκτρικής τους αντίστασης και, μέσω μιας διαδικασίας βαθμονόμησης, στη θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό πρέπει για τον υπολογισμό της ακρίβειας μιας μέτρησης θερμοκρασίας, να παίρνουμε υπόψη μας, εκτός από τις αβεβαιότητες του ίδιου του αισθητήρα και τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τα όργανα μέτρησης της αντίστασης.

Γενικά, η αντίσταση του λευκόχρυσου χαρακτηρίζεται από πολύ καλή γραμμικότητα στην μεταβολή της, γεγονός που ερμηνεύει, μεταξύ άλλων, την καταλληλότητα του μετάλλου αυτού στη θερμομετρία. Η μη γραμμική συμπεριφορά των άλλων δύο μετάλλων — περισσότερο του Ni και λιγότερο του Cu, ερμηνεύεται κυρίως από την ύπαρξη προσμίξεων και τις ατέλειες του πλέγματός τους. Εκτός από τη γραμμική συμπεριφορά, για να μπορεί ένα μέταλλο να χρησιμοποιηθεί ως αισθητήρας θερμοκρασίας πρέπει να έχει και άλλες ιδιότητες, όπως αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, να είναι χημικώς αδρανές και να μπορεί να βρεθεί εύκολα σε χημικώς καθαρή μορφή. Ο λευκόχρυσος ικανοποιεί το σύνολο των απαιτήσεων αυτών.

### 3.3.1.3 Θερμίστορες

Τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης παρουσιάζουν μια σημαντική αδυναμία: οι μεταβολές της αντίστασής τους ανάλογα με την αλλαγή της θερμοκρασίας είναι μικρή, και επομένως δεν είναι ιδιαιτέρως χρήσιμα όταν θέλουμε να ανιχνεύσουμε μικρές μεταβολές θερμοκρασίας. Για τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούμε τα θερμίστορες. Τα θερμίστορες είναι επίσης αντιστάσεις, κατασκευασμένα από ημιαγωγά υλικά, συνήθως οξειδία μετάλλων. Η μεταβολή της αντίστασής τους είναι σημαντική για αλλαγές της θερμοκρασίας και επίσης έχουν υψηλά όρια ανοχής, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις τους να μην έχουν την ακρίβεια που έχουν άλλοι αισθητήρες. Παρόλα αυτά, είναι εξαιρετικά διαδεδομένη και οικονομική επιλογή για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

Αν το θερμοζεύγος είναι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος ηλεκτρικός αισθητήρας θερμοκρασίας και το PRT ο πιο σταθερός, το θερμίστορ είναι ο πιο ευαίσθητος. Από τις τρεις κατηγορίες, το θερμίστορ είναι αυτό του οποίου η αντίσταση εξαρτάται περισσότερο από τη θερμοκρασία.

Υπάρχουν δύο είδη θερμίστορες, τα *NTC* (negative temperature coefficient, αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή) και τα *PTC* (positive temperature coefficient, θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή). Στα *NTC* η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ στα *PTC* η αντίσταση αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.

Με βάση τα θερμίστορ έχουν κατασκευαστεί και κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (temperature probes).

Τα θερμίστορ NTC εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές αντίστασης όταν υφίστανται μικρές μεταβολές θερμοκρασίας. Ουσιαστικά, χρησιμοποιούνται για θερμοκρασίες μεταξύ των -100 και των 300 βαθμών Κελσίου. Η μεταβολή της αντίστασής του καθορίζεται από το πηλίκο της τιμής της αντίστασης στους 25 °C με αυτήν στους 125 °C και είναι ανάμεσα στο 20 και το 40. Ακόμα, τα θερμίστορ εμφανίζουν υψηλή χρονική σταθερότητα, χαρακτηριστικό είναι ότι η τιμή της αντίστασής τους στους 100 °C έχει μεταβληθεί κατά μόλις 0.1 % έπειτα από 1000 ώρες λειτουργίας.

Αντίθετα, τα θερμίστορ PTC είναι αυτά που οι τιμές τους αυξάνουν με τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, σε συγκεκριμένη τιμή της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από χαμηλής αντίστασης σε υψηλής. Για αυτό το λόγο, η χρήση τους αφορά ευρέως τον περιορισμό του ρεύματος σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 250 °C. Αντίθετα, δεν προτιμούνται για τη μέτρηση συνεχών τιμών θερμοκρασίας, αλλά περισσότερο για τη διακοπή της τροφοδοσίας κυκλωμάτων, ως διακόπτες δηλαδή. Οι τιμές της αντίστασής τους κυμαίνονται από 0.5 έως 20 kΩ σε κανονική θερμοκρασία.

Γενικά η λειτουργία της απότομης μεταβολής της αντίστασης το σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιούμε τα θερμίστορ PTC. Συνήθως τα συναντάμε σε περίπτωση που θέλουμε να ελέγξουμε τη ροή ρευστών. Εάν ένα θερμίστορ PTC ευρίσκεται σε ακίνητο αέρα ή σε ακίνητο υγρό, αδυνατεί να αποβάλλει πολλή θερμότητα και αυτοθεμαίνεται γρήγορα Έτσι γρήγορα μεταβαίνει στην κατάσταση υψηλής αντίστασης, στην οποία μπορεί να διακόψει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα. Έτσι μπορούμε να ελέγξουμε μια διαδικασία ψύξης. Αν τοποθετήσουμε το θερμίστορ στο ψυκτικό υλικό, με τη μείωση της ροής του υλικού (υγρού ή αερίου) η αντίστασή του θα αυξηθεί απότομα, ειδοποιώντας μας για την αλλαγή της ροής.

Ακόμα μια σημαντική λειτουργία του, η δυνατότητα που μας παρέχει να εισάγουμε μια χρονική καθυστέρηση σ' ένα κύκλωμα. Τροφοδοτώντας με συγκεκριμένο ρεύμα το θερμίστορ, μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο που με τη θέρμανση που θα έχει θα μεταβεί στην κατάσταση υψηλής αντίστασης. Μπορούμε να σχεδιάσουμε λοιπόν έτσι το κύκλωμά μας ώστε να μπορεί να ενεργοποιείται σε αυτήν την περίπτωση. Τότε, ουσιαστικά έχουμε εισάγει μια συγκεκριμένη χρονική καθυστέρηση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να έχει το θερμίστορ PTC τη δυνατότητα να ψυχθεί πλήρως μεταξύ δύο διαδοχικών αυτοθερμάνσεων, αλλιώς η χρονική καθυστέρηση στη δεύτερη περίπτωση θα είναι μικρότερη και το θερμίστορ δε θα λειτουργεί αξιόπιστα.

Τέλος, μια ακόμα εφαρμογή αφορά την υπερφόρτιση των μπαταριών. Όταν οι μπαταρίες φορτίζονται στη μέγιστη χωρητικότητά τους, θερμαίνονται. Έτσι ένα θερμίστορ PTC που ευρίσκεται σε επαφή με μία μπαταρία μπορεί να ανιχνεύσει τότε η μπαταρία φορτίζεται πλήρως. Τότε η αντίστασή του αυξάνει απότομα και μηδενίζεται το ρεύμα που το διαρρέει, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας της μπαταρίας.

### 3.3.1.4 Ολοκληρωμένοι αισθητήρες

Οι ολοκληρωμένοι αισθητήρες θερμοκρασίας κατασκευάζονται επάνω σε ημιαγωγούς, όπως όλα τα σύγχρονα ηλεκτρονικά στοιχεία, π.χ. οι μικροεπεξεργαστές. Τα χαρακτηριστικά τους είναι η γραμμικότητα του σήματος εξόδου, το σχετικώς μικρό μέγεθός τους, η περιορισμένη περιοχή λειτουργίας (συνήθως μεταξύ -40 έως +120 °C), το χαμηλό τους κόστος και η καλή ακρίβεια, εφ'όσον βαθμονομηθούν ικανοποιητικά. Σε μερικές περιπτώσεις, οι ολοκληρωμένοι αισθητήρες έχουν κακό

θερμικό σχεδιασμό, με αποτέλεσμα ο αισθητήρας - ημιαγωγός να μην έρχεται σε καλή θερμική επαφή με την εξωτερική επιφάνεια του αισθητήρα, άρα και με το σύστημα του οποίου ζητάμε τη θερμοκρασία. Παίρνοντας όλους αυτούς τους περιορισμούς υπόψη μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους ολοκληρωμένους αισθητήρες αποτελεσματικά σε πολλές εφαρμογές.

Η αρχή λειτουργίας των ολοκληρωμένων αισθητήρων βασίζεται στη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και ρεύματος του τρανζίστορ. Αν δύο τρανζίστορ λειτουργούν υπό διαφορετικό, αλλά σταθερό ρεύμα συλλέκτη, τότε η διαφορά δυναμικού μεταξύ βάσης και εκπομπού είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του τρανζίστορ.

Η τάση μετράται απ' ευθείας ή μετατρέπεται σε ρεύμα.

Οι ολοκληρωμένοι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι ιδανικοί για μετρήσεις στο εσωτερικό διαφόρων συσκευών, ειδικά εφ' όσον χρησιμοποιούνται και άλλα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

### **3.3.1.5 Κρυογενικοί αισθητήρες**

Κρυογενικοί ονομάζονται οι αισθητήρες θερμοκρασίας που μετρούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη φυσική χαμηλών θερμοκρασιών και σε διαστημικές εφαρμογές. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ίδια με αυτή των συνήθων αισθητήρων, αλλά τα υλικά κατασκευής τους διαφέρουν. Οι ηλεκτρικές ιδιότητες διαφόρων υλικών μεταβάλλονται ταχέως και μερικές φορές απότομα, όσο η θερμοκρασία τους προσεγγίζει το απόλυτο μηδέν.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε πειράματα φυσικής χαμηλών θερμοκρασιών πρέπει να υπακούουν σε πολύ αυστηρές προδιαγραφές. Δεν πρέπει π.χ. οι αγωγοί των αισθητήρων να μεταδίδουν θερμότητα στο χώρο μέτρησης. Πρέπει επίσης οι αισθητήρες, αναλόγως του είδους του πειράματος, να μην επηρεάζονται από μαγνητικά πεδία ή την πυρηνική ακτινοβολία.

### **3.3.1.6 Αισθητήρες οπτικών ινών**

Οι αισθητήρες οπτικών ινών μετρούν διάφορες παραμέτρους χρησιμοποιώντας λεπτές οπτικές ίνες ως το μόνο μέσο για τη διέγερση και ανάγνωση του αισθητήριου στοιχείου. Οι χρησιμοποιούμενες ίνες είναι οι ίδιες με αυτές των τηλεπικοινωνιών.

Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αισθητήρες που εξετάσαμε στις προηγούμενες ενότητες. Ένα παράδειγμα είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας στις περιελίξεις ενός μετασχηματιστή ισχύος υψηλής τάσης. Η τάση μπορεί να φθάνει έως και τα 500 kV, οπότε η χρήση αισθητήρων που επικοινωνούν με μεταλλικούς αγωγούς είναι αδύνατη για λόγους ασφαλείας. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται αισθητήρες οπτικών ινών.

Οι οπτικές ίνες διαθέτουν διάφορα χαρακτηριστικά, τη μεταβολή των οποίων εκμεταλλευόμαστε για να τις χρησιμοποιήσουμε ως αισθητήρες. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι οι μικροκάμψεις (micro bendings), συμβολομετρικά φαινόμενα, η μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως, η αλλαγή της πόλωσης, η μεταβολή του μήκους κύματος, τα περιθλαστικά φράγματα καθώς και το φαινόμενο Sagnac το οποίο εφαρμόζεται για την ανίχνευση περιστροφικής κίνησης.

Η θερμοκρασία υπολογίζεται έμμεσα αφού μετρηθούν μεταβολές μήκους κύματος ή διαφορές φάσης και μετατραπούν σε θερμοκρασία, μέσω κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων.

### 3.3.2 Αισθητήρες εξ αποστάσεως

Το χαρακτηριστικό των αισθητήρων εξ αποστάσεων είναι το γεγονός πως μετρούν τη θερμοκρασία ενός συστήματος χωρίς να έρχονται σε φυσική επαφή με αυτό. Ουσιαστικά, οι αισθητήρες επαφής για να μετρήσουν τη θερμοκρασία ενός συστήματος μετρούν τη δική τους θερμοκρασία, καθώς είναι σε επαφή με το σύστημα αυτό. Αντίθετα, οι αισθητήρες εξ αποστάσεως λειτουργούν ανιχνεύοντας τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται. Άλλωστε, όλα τα σώματα θερμοκρασίας μεγαλύτερης του μηδενός εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Τις περισσότερες φορές η ακτινοβολία αυτή βρίσκεται στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, για αυτό και οι αισθητήρες εξ αποστάσεως ονομάζονται και υπέρυθροι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

### 4.1 Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Αρχικά, όλα τα ψηφιακά κυκλώματα κατασκευάζονται με ολοκληρωμένα κυκλώματα. Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα σε σμίκρυνση αποτελούμενο κυρίως από ημιαγώγιμα αλλά και παθητικά στοιχεία όπως τρανζίστορ, δίοδοι, αντιστάσεις, κατασκευασμένο στην επιφάνεια του λεπτού υποστρώματος ενός ημιαγώγιμου υλικού. Το chip τοποθετείται σε ένα κεραμικό ή πλαστικό περίβλημα, ενώνονται και συγκολλούνται οι επαφές του chip με εξωτερικούς ακροδέκτες «pins» για να σχηματιστεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα.

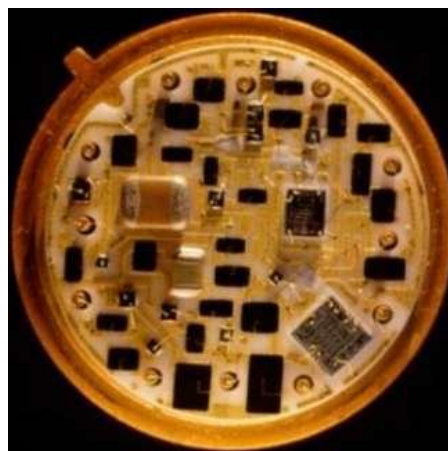
Σύμφωνα με τη διαδικασία κατασκευής και τη δομή τους, διακρίνουμε δύο βασικούς τύπους ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που είναι ριζικά διαφορετικά μεταξύ τους: τα μονολιθικά και τα υβριδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Τα μονολιθικά ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι μικροκυκλώματα των οποίων τα στοιχεία έχουν πραγματοποιηθεί μέσα σε μια στιβάδα γειτονική στην επιφάνεια ενός ημιαγώγιμου υποστρώματος. Αποτελούν τη βάση της μοντέρνας ηλεκτρονικής.



Εικόνα 4.1: Μονολιθικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Πηγή: Μικροεπεξεργαστές, 2001.

Τα υβριδικά είναι ηλεκτρικά κυκλώματα σε σμίκρυνση που αποτελείται από μεμονωμένα ημιαγώγιμα και παθητικά στοιχεία, με τη μορφή διαφόρων υμενίων που αποτίθενται πάνω στην επιφάνεια ενός μονωτικού υποστρώματος ή σε έναν πίνακα κυκλωμάτων.



Εικόνα 4.2: Υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα. Πηγή: Μικροεπεξεργαστές, 2001.

Χρήσιμα χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

Επειδή το ολοκληρωμένο κύκλωμα, αντιπροσωπεύει από κατασκευαστική άποψη ένα σύνολο, το οποίο εκπληρώνει μια καθορισμένη λειτουργία και ικανοποιεί καθορισμένες απαιτήσεις, πρέπει να τοποθετηθεί στην κατηγορία των ηλεκτρονικών διατάξεων. Εν τούτοις, αν συγκριθεί με ένα τρανζίστορ ή με μία δίοδο αποτελεί έναν τύπο διάταξης ριζικά καινούριο.

Το πρώτο και κύριο χαρακτηριστικό του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι ότι πραγματοποιεί, με ανεξάρτητο τρόπο, μια καθορισμένη λειτουργία, συχνά πολύ πολύπλοκη, ενώ οι στοιχειώδεις ηλεκτρονικές διατάξεις (π.χ. αντιστάτες) δεν είναι ικανές να εκπληρώσουν μια ανάλογη λειτουργία παρά μόνο σε συνεργασία με άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι ότι η αύξηση της λειτουργικής πολυπλοκότητάς τους σε σχέση με τις θεμελιώδεις διατάξεις δεν ακολουθείται από υποβάθμιση μιας οποιασδήποτε από τις κύριες παραμέτρους (πιστότητα, κόστος κτλ.). Αντίθετα όλες αυτές οι παράμετροι βρίσκονται βελτιωμένες στα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Ένα τρίτο χαρακτηριστικό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι ότι έχουν προτίμηση στα ενεργά στοιχεία παρά στα παθητικά, στοιχεία δηλαδή που παράγουν ενέργεια (ενεργητικά π.χ. τρανζίστορ), έναντι αυτών που την αποθηκεύουν (παθητικά π.χ. αντιστάτες). Έτσι, ενδιαφερόμαστε να τοποθετήσουμε στο ίδιο τσιπ έναν, όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, αριθμό στοιχείων ελάχιστης επιφάνειας. Η ελάχιστη επιφάνεια είναι χαρακτηριστικό των ενεργών στοιχείων.

Ένα τέταρτο χαρακτηριστικό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων συνδέεται με το γεγονός ότι τα γειτονικά στοιχεία δεν απέχουν μεταξύ τους πάνω από 50 με 100μm και επωφελούμαστε μειώνοντας την επίδραση των θερμικών μεταβολών και της διασποράς των παραμέτρων.

### Ταξινόμηση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων βάσει βαθμού ολοκλήρωσης

Η λειτουργική πολυπλοκότητα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων χαρακτηρίζεται, κατά συνθήκη, από τον βαθμό ολοκλήρωσης δηλ. από τον αριθμό στοιχείων (συνήθως τρανζίστορ) που περιέχονται μέσα σε ένα τσιπ.

Μικρή κλίμακα ολοκλήρωσης ή **SSI** (Small Scale Integration): περιέχουν έως 10 τρανζίστορ ή λίγες πύλες σε ένα ενιαίο πλαστικό περίβλημα, πχ AND, OR, NOT πύλες.

Μεσαίας κλίμακα ολοκλήρωσης ή **MSI** (Medium Scale Integration): μεταξύ 10 και 100 τρανζίστορ ή δεκάδες πύλες σε ένα ενιαίο πακέτο πλαστικό περίβλημα.

Εκτελούν ψηφιακές λειτουργίες, όπως πχ αθροιστές, αποκωδικοποιητές, μετρητές, flip-flops και πολυπλέκτες.

Μεγάλης κλίμακα ολοκλήρωσης ή **LSI** (Large Scale Integration): μεταξύ 100 και 1.000 τρανζίστορ ή εκατοντάδες από τις πύλες. Πραγματοποιούν ειδικές ψηφιακές λειτουργίες όπως πχ την αριθμητική και λογική μονάδα, I / O συστήματα, μνήμη,.

Πολύ μεγάλη κλίμακα ολοκλήρωσης ή **VLSI** (Very-Large Scale Integration): μεταξύ 1.000 και 10.000 τρανζίστορ ή χιλιάδες πύλες. Ικανές για υπολογιστικές εργασίες, όπως επεξεργαστές, μεγάλες συστοιχίες μνήμης και προγραμματιζόμενες διατάξεις λογικής.

Εξαιρετικά μεγάλη κλίμακα ολοκλήρωσης ή **ULSI** (Ultra-Large Scale Integration): πάνω από 1 εκατομμύριο τρανζίστορ. Χρησιμοποιούνται σε CPU υπολογιστών, GPU, επεξεργαστές βίντεο, μικροελεγκτές, FPGA και πολύπλοκες PIC.

Εκτός από το βαθμό ολοκλήρωσης χρησιμοποιούμε και έναν άλλο όρο, την **πυκνότητα στοιχείων**, δηλαδή τον αριθμό των στοιχείων (συνήθως τρανζίστορ) ανά



μονάδα επιφάνειας του τσιπ. Αυτό το μέγεθος χαρακτηρίζει κυρίως τη στάθμη της τεχνολογίας.

## 4.2 Μικροεπεξεργαστές

Το αποτέλεσμα της εμφάνισης της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ήταν η ενσωμάτωση σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα όλης της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, η οποία βέβαια θα έπρεπε να προγραμματίζεται για να περιέχει τις βασικότερες λειτουργίες ενός ψηφιακού υπολογιστή. Αυτό το κύκλωμα ονομάζεται μικροεπεξεργαστής. Η μνήμη του βρίσκεται σε αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα περιορισμένων αποθηκευτικών δυνατοτήτων, τα οποία το συνοδεύουν. Επίσης υποστηρίζεται και από μια πλειάδα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για να διασυνδέεται κατάλληλα και με τον εξωτερικό κόσμο και για να εκτελεί τις διαδικασίες χρονισμού και προώθησης δεδομένων στον τελικό τους προορισμό. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων τις τελευταίες δεκαετίες έδωσε τη δυνατότητα να μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα όλο και πιο πολύπλοκα κυκλώματα. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο πρώτος μικροεπεξεργαστής είχε 2 χιλιάδες τρανζίστορες, ενώ τώρα το αντίστοιχο νούμερο φτάνει τα 7 εκατομμύρια τρανζίστορες σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη γρήγορη ανάπτυξη των μικροεπεξεργαστών και την ολοένα και πιο συχνή χρήση τους τόσο σε πολύπλοκες υπολογιστικές συσκευές όσο και σε απλές οικιακές συσκευές και συστήματα ελέγχου.

Ένας **μικροεπεξεργαστής** («μικρο-» λόγω της απόστασης των τρανζίστορ εντός του IC μετρούμενη σε  $\mu\text{m}$  ή  $1110^{-6} \text{ m}$ ) περιλαμβάνει τις περισσότερες ή όλες τις λειτουργίες μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) ενός Η/Υ σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Ένας σύγχρονος μικροεπεξεργαστής αποτελείται από τις ακόλουθες μονάδες.

**Μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών** (Instruction Decoding Unit): Μονάδα που μετατρέπει τα προγράμματα σε εντολές Assembly.

**Αριθμητική και Λογική Μονάδα** (Arithmetic and Logical Unit, ALU): Η μονάδα στην οποία εκτελούνται μία προς μία οι αριθμητικές ή λογικές πράξεις, όπως απαγορεύονται από τις εντολές που έχουν δοθεί στον Η/Υ.

**Καταχωρητές** (Registers): Μικρά κελιά μνήμης στο εσωτερικό του επεξεργαστή, που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων, καθώς αυτά υφίστανται επεξεργασία. Οι καταχωρητές διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του επεξεργαστή και τον κατασκευαστή, τόσο ως προς την οργάνωση όσο και ως προς τη χωρητικότητά τους.

**Μονάδα ελέγχου** (Control Unit): Ελέγχει τη ροή δεδομένων από και προς την ALU, τους καταχωρητές, τη μνήμη και τις περιφερειακές μονάδες εισόδου/εξόδου.

**Μονάδα προσκόμισης** (Fetch Unit): Μεταφέρει τις εντολές από τη μνήμη στον επεξεργαστή.

**Μονάδα προστασίας** (Protection Unit): Εξασφαλίζει το αποδεκτό της κάθε διεργασίας που εκτελεί ο επεξεργαστής, ώστε να μη τροποποιούνται δεδομένα που δεν πρέπει ή να μην εκτελούνται μη αποδεκτές εντολές, όπως π.χ. διαίρεση αριθμού με το μηδέν. Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής έκανε την εμφάνιση του στις αρχές του 1972, σχεδόν τρεις δεκαετίες μετά από τους πρώτους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών θυμίζει πολύ την αντίστοιχη εξέλιξη των μεσαίων υπολογιστών. Όπως δηλαδή οι σχεδιαστές των μεσαίων υπολογιστών μετέφεραν σε αυτούς τις ιδέες τους από τη σχεδίαση μεγάλων συστημάτων, έτσι και οι σχεδιαστές

των μικροεπεξεργαστών υιοθέτησαν πολλά στοιχεία της οργάνωσης και της αρχιτεκτονικής των μεσαίων και μεγάλων συστημάτων. Στους μικροεπεξεργαστές της τελευταίας γενιάς άρχισαν ήδη να εφαρμόζονται προχωρημένα στοιχεία αρχιτεκτονικής, με αποτέλεσμα σήμερα να είναι ασαφής ο διαχωρισμός ανάμεσα στους μεσαίους υπολογιστές και σε συστήματα βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές.

Χρονολογίες - σταθμοί στην ιστορία των μικροεπεξεργαστών μπορούν να θεωρηθούν οι παρακάτω:

1971: Η Intel παρουσιάζει τον πρώτο μικροεπεξεργαστή, τον 4004. Έχει διάυλο δεδομένων πλάτους 4 bit, κατασκευάζεται με 2.300 τρανζίστορες και έχει συχνότητα λειτουργίας 108 kHz. Μέσα στην επόμενη χρονιά εμφανίζεται ο διάδοχος του 8008.

1974: Εμφάνιση του 8-bit μικροεπεξεργαστή Intel 8080 ως αποτέλεσμα της εξέλιξης του 8008. Έχει συχνότητα λειτουργίας 2 MHz και η κατασκευή του απαιτεί 6.000 τρανζίστορες. Απάντηση της Zilog με τον Z80 και της Motorola με τον 6800, ο οποίος έχει 4.000 τρανζίστορες και ίδια συχνότητα λειτουργίας με τον 8080.

1975: Η Intel αναβαθμίζει τον 8080 σε 8085.

1978: Εμφανίζονται οι πρώτοι 16-bit μικροεπεξεργαστές (δηλαδή ο διάυλος δεδομένων τους έχει πλάτος 16 bit). Η Intel παρουσιάζει τον 8086/8088, του οποίου η συχνότητα λειτουργίας έχει ανέβει πλέον στα 10 MHz και η κατασκευή του απαιτεί 29.000 τρανζίστορες. Η Motorola εμφανίζει τον 68000 με συχνότητα λειτουργίας 8 MHz, ο οποίος περιέχει 68.000 τρανζίστορες (από αυτό το γεγονός πήρε και το όνομά του).

1982: Εμφανίζεται ο Intel 80286, ο οποίος περιέχει 134.000 τρανζίστορες και έχει συχνότητα λειτουργίας 12,5 MHz. Αντίστοιχα η Motorola εμφανίζει τον 68010.

1985: Εμφανίζονται οι πρώτοι 32-bit μικροεπεξεργαστές. Από τη μια ο Intel 80386, ο οποίος περιέχει 275.000 τρανζίστορες και συχνότητα λειτουργίας 33 MHz και από την άλλη ο Motorola 68020 με 200.000 τρανζίστορες και 16 MHz. Οι εξελίξεις πλέον είναι ραγδαίες.

1989: Εμφανίζεται ο 32-bit μικροεπεξεργαστής Intel 80486, ο οποίος έχει 1.200.000 τρανζίστορες και συχνότητα λειτουργίας 50 MHz.

1993: Εμφανίζεται ο Intel Pentium, ο οποίος περιέχει 3.100.000 τρανζίστορες και η συχνότητα λειτουργίας του έχει φτάσει στα 166 MHz.

1993: Η Digital παρουσιάζει τον πρώτο 64-bit μικροεπεξεργαστή Alpha.

1997: Η Intel ανακοινώνει τον Pentium II. Η συχνότητα λειτουργίας του βρίσκεται στα 300 MHz και το ολοκληρωμένο κύκλωμά του αποτελείται από 7.700.000 τρανζίστορες.

1999: Η Intel ανακοινώνει τον Pentium III με συχνότητα λειτουργίας 450 MHz (σήμερα έχει φτάσει στο 1.13 GHz). Το ολοκληρωμένο κύκλωμα αποτελείται από 9.500.000 τρανζίστορες.

Μέχρι σήμερα η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών έχει προχωρήσει πολύ, τόσο στον τομέα της εκτέλεσης παράλληλων λειτουργιών (πολυπύρρηνοι επεξεργαστές) όσο και στην ταχύτητα εκτέλεσης.

### **4.3 Μικροελεγκτές**

Ο μικροελεγκτής είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει.

Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα.

Ο μικροελεγκτής είναι ένα πλήρες υπολογιστικό σύστημα βελτιστοποιημένο για τον έλεγχο hardware (υλικού) και ενσωματώνει μικροεπεξεργαστή, μνήμη και I/O περιφερειακές μονάδες σε μια μονό ψηφίδα πυριτίου. Η ύπαρξη των παραπάνω σε μια και μόνο ψηφίδα πυριτίου σημαίνει ότι η ταχύτητα ενισχύεται, διότι οι I/O περιφερειακές μονάδες απαιτούν λιγότερο χρόνο να διαβάσουν ή να γράψουν από τις εξωτερικές συσκευές. Επίσης ο επεξεργαστής και η μνήμη ανταλλάσσουν δεδομένα γρηγορότερα.

Όμως ένας μικροεπεξεργαστής είναι συνήθως βελτιστοποιημένος για να συντονίζει την ροή των δεδομένων μεταξύ των μονάδων μνήμης και των περιφερικών συσκευών εκτός του περιβάλλοντος του (ψηφίδα πυριτίου). Οι συνδέσεις ενός μικροεπεξεργαστή περιλαμβάνουν τη διευθυνσιοδότηση και τους διαύλους δεδομένων, που του επιτρέπουν να επιλέξει ένα από τα περιφερειακά του και να στείλει ή να ανακτήσετε δεδομένα από αυτά. Επειδή ο επεξεργαστής του μικροελεγκτή και τα περιφερειακά του είναι ενσωματωμένα στην ίδια ψηφίδα πυριτίου, οι μονάδες που περιέχει είναι αυτόνομες και σπάνια έχουν δομές διαύλων που εκτείνονται έξω από τα αυτούς.

### Μικροελεγκτές σε σύγκριση με τους μικροεπεξεργαστές

Ο μικροελεγκτής διαφέρει από έναν μικροεπεξεργαστή σε πολλά σημεία. Πρώτο και το πιο σημαντικό είναι η λειτουργικότητά του. Για έναν μικροεπεξεργαστή, θα πρέπει να του προστεθούν επιπλέον μονάδες όπως π.χ. μνήμη, για να είναι σε θέση για λήψη ή αποστολή δεδομένων. Με λίγα λόγια ο μικροεπεξεργαστής είναι η καρδιά του H/Y. Από την άλλη, ο μικροελεγκτής έχει σχεδιαστεί για να είναι όλα αυτά σε ένα. Δεν απαιτούνται άλλα εξωτερικά εξαρτήματα για την πλήρη χρήση του, επειδή όλα τα απαραίτητα περιφερειακά ήδη ενσωματωμένα σε αυτόν.

### Είδη μικροελεγκτών

Μικροελεγκτές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το εύρος των διαύλων (σε bit), την αρχιτεκτονική, τη μνήμη και το σετ εντολών.

#### **Μικροελεγκτές 8, 16 και 32 bit**

Όταν η μονάδα ALU εκτελεί αριθμητικές και λογικές λειτουργίες μιας εντολής, σε έναν 8-bit διάλο, ο μικροελεγκτής είναι ένα 8-bit. Ομοίως ισχύει για τους μικροελεγκτές 16 και 32 bit.

#### **Ενσωματωμένος μικροελεγκτής**

Όταν ένα σύστημα διαθέτει μονάδα μικροεπεξεργαστή η οποία έχει όλα τα λειτουργικά τμήματα (συμπεριλαμβανομένων μνήμη προγράμματος καθώς και δεδομένων) που είναι τοποθετημένα σε ένα τσιπ, το σύστημα αυτό ονομάζεται ενσωματωμένος μικροελεγκτής.

#### **Μικροελεγκτής εξωτερικής μνήμης**

Όταν ένα ενσωματωμένο σύστημα διαθέτει μονάδα μικροελεγκτή που δεν έχει όλα τα λειτουργικά τμήματα τοποθετημένα σε ένα τσιπ ονομάζεται μικροελεγκτής εξωτερικής μνήμης. Το σύνολο ή μέρος των μονάδων μνήμης είναι διασυνδεδεμένα εξωτερικά χρησιμοποιώντας ένα κύκλωμα διασύνδεσης που ονομάζεται glue circuit

(κύκλωμα συγκόλλησης).

### Βασική δομή του μικροελεγκτή

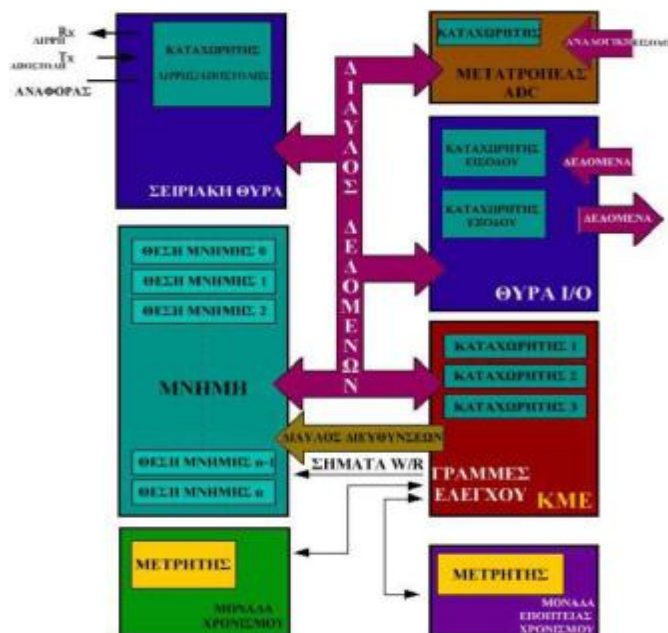
Για να είναι εμφανής η λειτουργία και η διασύνδεση των δομικών στοιχείων του μικροελεγκτή, θα αναλυθούν οι βασικές μονάδες του ξεχωριστά. Λεπτές γραμμές που οδηγούν από το κέντρο προς τις πλευρές του μικροελεγκτή αντιπροσωπεύουν καλώδια που συνδέουν εσωτερικές μονάδες με τις ακίδες στο περίβλημα του μικροελεγκτή τις λεγόμενες γραμμές συγκόλλησης.

Για την υλοποίηση μιας εφαρμογής, ένας μικροελεγκτής δεν αρκεί. Εκτός από ένα μικροελεγκτή, χρειαζόμαστε ένα πρόγραμμα που θα εκτελεστεί, καθώς και μερικά ακόμη στοιχεία που συνθέτουν μια λογική διασύνδεσης. Συνήθως ένας μικροελεγκτής ενσωματώνει πάνω στην ψηφίδα πυριτίου τα ακόλουθα:

- Την CPU (ΚΜΕ)
- Μονάδες Μνήμης
- I/O σε παράλληλη συνδεσμολογία

Ο μικροελεγκτής συνδυάζει και άλλες μονάδες, όπως:

- Μονάδα χρονισμού (Timer) που καθιστά δυνατό στον μικροελεγκτή την εκτέλεση εργασιών για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και στιγμές.
- Σειριακή θύρα I / O για να επιτρέψει τη ροή δεδομένων μεταξύ του μικροελεγκτή και άλλες συσκευές, όπως ένα PC ή ένα άλλο μικροελεγκτή.
- Μονάδα ADC (Analog-to-Digital Converter - Αναλογικό σε Ψηφιακό Μετατροπέα) ώστε να είναι δυνατό ο μικροελεγκτής να δέχεται είσοδο αναλογικών δεδομένων για επεξεργασία.
- Μονάδες μνήμης διαφόρων ειδών που του επιτρέπουν την αποθήκευση και ανάκληση δεδομένων.
- Διαύλους που επιτρέπουν την αποδοτική μεταφορά δεδομένων μεταξύ της CPU και των υπολοίπων μονάδων.
- Μονάδα εποπτείας χρονισμού (Watchdog Timer) που μας επιτρέπει να ελέγχουμε την σωστή εκτέλεση του προγράμματος.



Εικόνα 4.3: Διάγραμμα μικροελεγκτή. Πηγή: Μικροεπεξεργαστές, 2001.

Η μνήμη είναι μέρος του μικροελεγκτή της οποίας η λειτουργία είναι η αποθήκευση δεδομένων. Τα στοιχεία της μονάδας μνήμης λειτουργούν ως εξής. Για μια συγκεκριμένη είσοδο παίρνουμε τα περιεχόμενα μιας θέσης μνήμης που έχει την δική της διεύθυνση. Δύο νέες έννοιες μας χρειάζονται: διευθυνσιοδότηση και θέση μνήμης. Η μνήμη αποτελείται από όλες τις πιθανές θέσεις της και η διευθυνσιοδότηση μνήμης δεν είναι τίποτα άλλο, από την επιλογή μιας θέσης από αυτήν.

Αυτό σημαίνει ότι για να επιλέξουμε την επιθυμητή θέση μνήμης, πρέπει να περιμένουμε για το περιεχόμενο αυτής της τοποθεσίας. Εκτός από την ανάγνωση μιας θέσης μνήμης, θα πρέπει επίσης να υπάρχει και η εγγραφή πάνω σε αυτήν τη θέση.

### Προγραμματισμός μικροελεγκτών

Ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει σε αρκετές γλώσσες, όπως η Assembly2, Basic, C και C++ που είναι από τις πλέον διαδεδομένες γλώσσες. Η Assembly ανήκει σε γλώσσες χαμηλότερου επίπεδου όπου ο προγραμματισμός γίνεται με αργούς ρυθμούς, αλλά καταλαμβάνουν τον ελάχιστο χώρο στη μνήμη και δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, όπου η ταχύτητα της εκτέλεσης του προγράμματος είναι το ζητούμενο. Προγράμματα σε γλώσσα C++ είναι πιο εύκολο να αναπτυχθούν, πιο εύκολο να γίνουν κατανοητά διότι οι εντολές σε C++ είναι πλησιέστερες στην ανθρώπινη λογική, αλλά είναι πιο αργή η εκτέλεση τους από τα προγράμματα σε Assembly.

Μετά που θα αναπτύξουμε το πρόγραμμα, θα μεταφερθεί στον μικροελεγκτή και θα εκτελεστεί. Για να γίνει αυτό πρέπει να προσθέσουμε μερικά ακόμη εξωτερικά εξαρτήματα που απαιτούνται για αυτές τις εργασίες. Πρώτα πρέπει να δώσουμε ενέργεια στον μικροεπεξεργαστή με τη σύνδεσή του σε παροχή ρεύματος (ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία όλων των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων) και ύστερα ο ταλαντωτής ο ρολός του οποίου είναι παρόμοιος με το ρολό που η καρδιά παίζει σε ένα ανθρώπινο σώμα. Τα ρολόγια χρονισμού του ταλαντωτή (συχνότητα ταλάντωσης) με βάση τα οποία ο μικροελεγκτής εκτελεί τις εντολές του προγράμματος. Όσο δέχεται ο μικροελεγκτής εντολές, θα αναζητήσει την έναρξη του προγράμματος και θα αρχίσετε να το εκτελεί. Πώς το πρόγραμμα θα λειτουργήσει/αποδώσει εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, η σημαντικότερη των οποίων είναι η δεξιοτεχνία και η εμπειρία του προγραμματιστή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ – ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

### 5.1 Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες αποτελούν σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των συστημάτων αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή. Αν και μέχρι τα τέλη του προηγούμενου αιώνα η συμμετοχή τέτοιων συστημάτων στην ενεργειακή αγορά ήταν σαφώς περιορισμένη και απευθυνόταν κατά βάση σε μικρό καταναλωτικό κοινό που επιθυμούσε την ύπαρξη ηλεκτροδότησης σε απομονωμένες περιοχές, σήμερα τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μαζί με τα αιολικά την αιχμή του δόρατος των Α.Π.Ε. τόσο σε εφαρμογές μεγάλων εγκαταστάσεων όσο και σε οικιακό επίπεδο. Αν και είναι γεγονός ότι η ευρεία διείσδυση των φωτοβολταϊκών στην αγορά σήμερα προέρχεται σε ένα μεγάλο μέρος από τις υποστηρικτικές πολιτικές που εφάρμοσαν πολλές χώρες, είτε με τη μορφή της εγγυημένης τιμής είτε με τη μορφή απευθείας επιδότησης τέτοιων συστημάτων, δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η στροφή σε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είναι αναπόφευκτη. Η μεγάλη διείσδυση της τεχνολογίας αυτής στην αγορά είχε ως αποτέλεσμα την κατακόρυφη πτώση των τιμών. Ενδεικτικά θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη χώρα μας οι τιμές των φωτοβολταϊκών σήμερα έχουν παρουσιάσει μείωση που υπερβαίνει το 50% συγκριτικά με τις αντίστοιχες πριν από δέκα περίπου χρόνια.

Είναι γεγονός ότι στη χώρα μας οι κλιματολογικές συνθήκες ευνοούν ιδιαίτερα τη λειτουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων εξαιτίας τόσο των αυξημένων επιπέδων ηλιοφάνειας όσο και των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών. Οι δυο αυτοί παράγοντες είναι καθοριστικοί σε σχέση με την απόδοση των φωτοβολταϊκών γεννητριών.

#### 5.1.1 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούν μια τεχνολογία ημιαγωγικών υλικών με δυνατότητα απευθείας μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η λειτουργία τους βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο κατά το οποίο παρουσιάζεται πώληση των ηλεκτρικών φορτίων των ημιαγωγικών υλικών κατά την έκθεση αυτών σε ηλιακή ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε συνεχές (DC) ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μπορεί εν συνεχεία είτε να χρησιμοποιηθεί απευθείας (π.χ. φόρτιση συσσωρευτών) είτε, μέσω της διαδικασίας αντιστροφής, να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο και να αξιοποιηθεί για την τροφοδότηση αντίστοιχων φορτίων, τα οποία αποτελούν και τη συντριπτική πλειοψηφία σε κτίρια με χρήση κατοικίας.



Εικόνα 5.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.

Εξαιτίας της σχετικά χαμηλής ισχύος (μέγιστη τιμή της τάξης μερικών W) που μπορεί να παραχθεί από μεμονωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία, συνήθως περισσότερα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους για την κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ. Εν συνεχεία, περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή/και παράλληλα για να επιτευχθούν οι τιμές ηλεκτρικής τάσης και έντασης σχεδιασμού μιας εγκατάστασης.

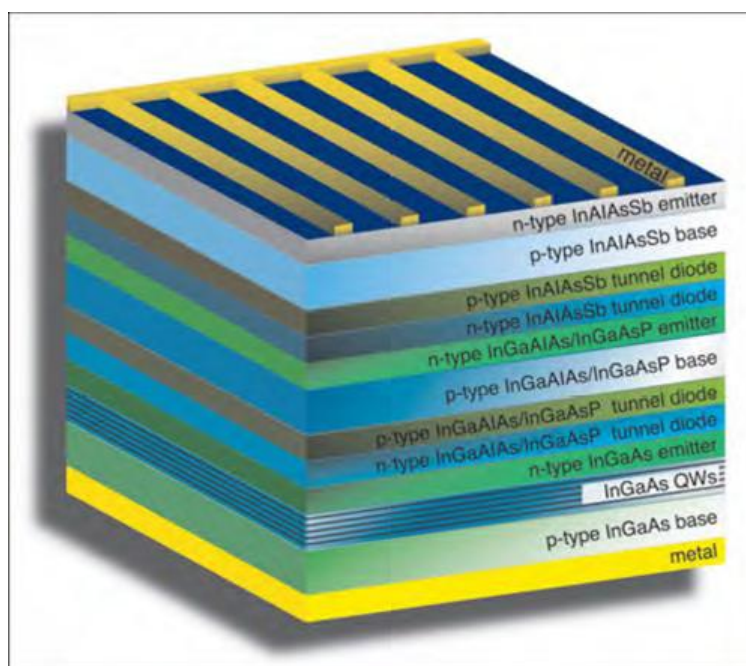
## 5.1.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών

Οι σημαντικότερες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών που είναι σήμερα διαθέσιμες, είτε ως εμπορικά προϊόντα είτε σε εργαστηριακό κυρίως επίπεδο, είναι οι εξής:

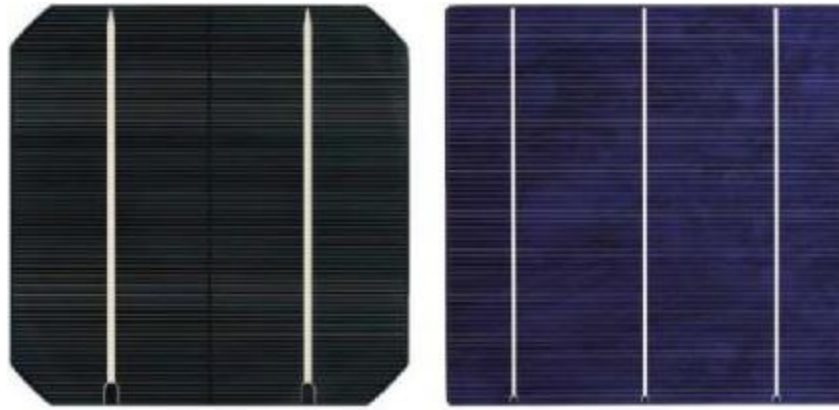
- Κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- Κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- Κυψέλες άμορφου πυριτίου
- Πολυμερείς κυψέλες
- Κυψέλες πολλαπλών επαφών (multi-junction)

Από τις τεχνολογίες αυτές, οι τρεις πρώτες αποτελούν δοκιμασμένες λύσεις, με μεγάλη συνολικά εγκατεστημένη ισχύ ανά τον πλανήτη. Οι πολυμερείς κυψέλες σχετικά πρόσφατα έχουν διατεθεί υπό τη μορφή εμπορικών προϊόντων, ενώ οι κυψέλες πολλαπλής επαφής αποτελούν ουσιαστικά τεχνολογία σε εργαστηριακό αυτή τη στιγμή επίπεδο.

Από άποψη απόδοσης, οι κυψέλες πολλαπλών επαφών αποτελούν μακράν την πιο αποδοτική επιλογή, αγγίζοντας τιμές άνω του 50% σε εργαστηριακή πάντα κλίμακα. Σε κάθε περίπτωση ο χρόνος μέχρι τη διάθεσή τους στην αγορά παραμένει άγνωστος αυτή τη στιγμή, αν και είναι γεγονός ότι μεγάλη μερίδα ερευνητών έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εξέλιξή τους.



Εικόνα 5.2: Διαστρωμάτωση φωτοβολταϊκής κυψέλης πολλαπλών επαφών. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.



Εικόνα 5.3: Φωτοβολταϊκές κυψέλες μονοκρυσταλλικού (αριστερά) και πολυκρυσταλλικού (δεξιά) πυριτίου. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.

Από τις σήμερα εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες, οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου αποτελούν μια επιλογή που συνδυάζει σχετικά υψηλή απόδοση (14 – 18%) με χαμηλό κόστος. Ακολουθούν οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες (11 – 16%), οι οποίες επίσης παρουσιάζουν ακόμη χαμηλότερο κόστος. Η διάκριση μεταξύ τους εμφανισιακά είναι σχετικά εύκολη, καθώς τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου παρουσιάζουν ανομοιόμορφο χρώμα το οποίο τείνει προς το σκούρο μπλε. Αντιθέτως, το χρώμα των μονοκρυσταλλικών κυψελών είναι ομοιόμορφο μαύρο. Αν και οι αποδόσεις των μονοκρυσταλλικών στοιχείων είναι ελαφρώς υψηλότερες, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοσή τους παρουσιάζει περισσότερο έντονη πτωτική τάση σε υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία. Για το λόγο αυτό, φωτοβολταϊκά πάνελ μονοκρυσταλλικής τεχνολογίας συναντά κανείς περισσότερο σε βόρειες χώρες. Αντιθέτως, στη Νότια Ευρώπη, όπως και στη χώρα μας, τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια είναι εξίσου δημοφιλή, ειδικότερα στις νοτιότερες περιοχές (π.χ. Κρήτη, Ρόδος).

Η τεχνολογία άμορφου πυριτίου αποτελεί ουσιαστικά έναν συμβιβασμό μεταξύ κόστους και απόδοσης. Η απόδοση κυμαίνεται από 7 – 11 %, η τιμή των πάνελ άμορφου πυριτίου είναι παρόλα αυτά σημαντικά χαμηλότερο από την κρυσταλλική τεχνολογία. Σημαντικά πλεονεκτήματα αποτελούν επίσης η καλή συμπεριφορά ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες και η καλύτερη εκμετάλλευση της διάχυτης ακτινοβολίας συγκριτικά με την κρυσταλλική τεχνολογία.



Εικόνα 5.4: Εύκαμπτη φωτοβολταϊκή κυψέλη άμορφου πυριτίου. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.



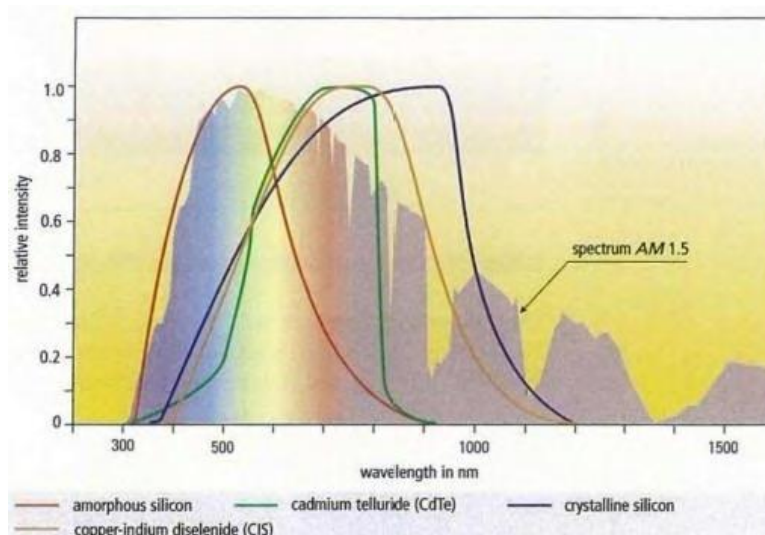
Τέλος, οι πολυμερείς κυψέλες μόλις πρόσφατα απέκτησαν μορφή εμπορικών προϊόντων. Οι αποδόσεις του κυμαίνονται ακόμα σε αρκετά χαμηλά επίπεδα, αγγίζοντας στην καλύτερη περίπτωση το 8%. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα παρόλα αυτά αποτελούν οι πολύ φθηνές διαδικασίες παραγωγής τους. Δεδομένου ότι αναμένεται στα επόμενα χρόνια η απόδοση των πολυμερών στοιχείων να ξεπεράσει το 10%, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τη δυνατότητά τους να διεισδύσουν στην αγορά ενέργειας, ακόμα και σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος.



Εικόνα 5.5: Πολυμερή φωτοβολταϊκά στοιχεία. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.

### 5.1.3 Απόδοση φωτοβολταϊκών στοιχείων

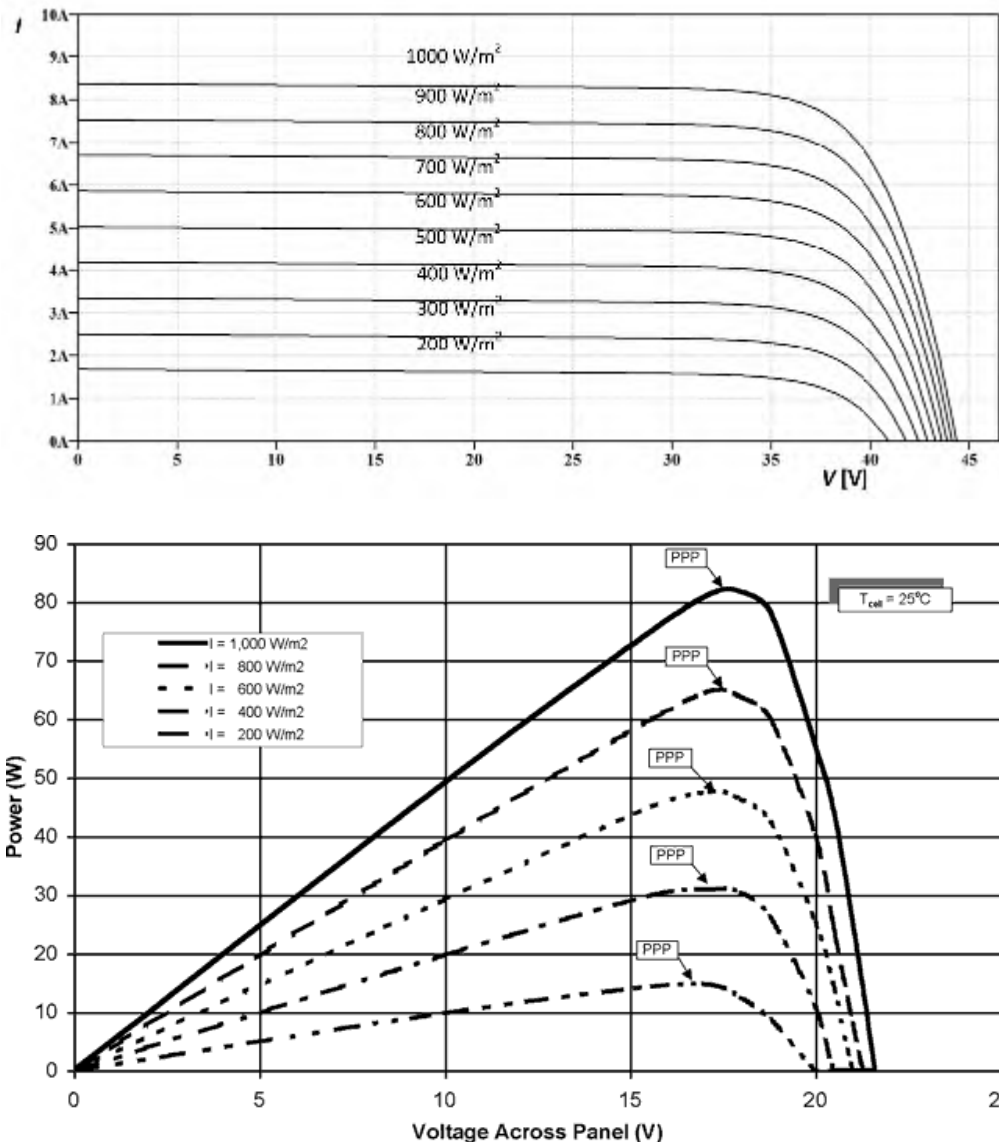
Η απόδοση των συνηθισμένων φωτοβολταϊκών κελιών δεν ξεπερνά αυτή τη στιγμή το 20%. Τα χαμηλά αυτά επίπεδα οφείλονται κυρίως στην αδυναμία των φωτοβολταϊκών στοιχείων να εκμεταλλευτούν πλήρως το ηλιακό φάσμα. Εξαιτίας αυτής της ιδιαιτερότητας, μεγάλο μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα, μειώνοντας ακόμα περισσότερο τα επίπεδα απόδοσης λόγω της πτώσης που εμφανίζει η τάση εξόδου των κυψελών με την άνοδο της θερμοκρασίας.



Εικόνα 5.6: Εκμετάλλευση του ηλιακού φάσματος από διαφορετικές τεχνολογίες κυψελών. Πηγή: A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting, Solar Energy Materials and Solar Cells, 2008.

## Επίδραση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ισχύς εξόδου ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου εξαρτάται άμεσα από την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο μεγαλύτερη η ένταση της προσπίπτουσας στην κυψέλη ηλιακής ακτινοβολίας τόσο μεγαλύτερο το ρεύμα εξόδου. Επομένως και η συνολική ισχύς που το στοιχείο παρέχει στο φορτίο αυξάνεται για μεγαλύτερα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Αντιθέτως, η τάση εξόδου εμφανίζει σχετικά ασήμαντες μεταβολές.

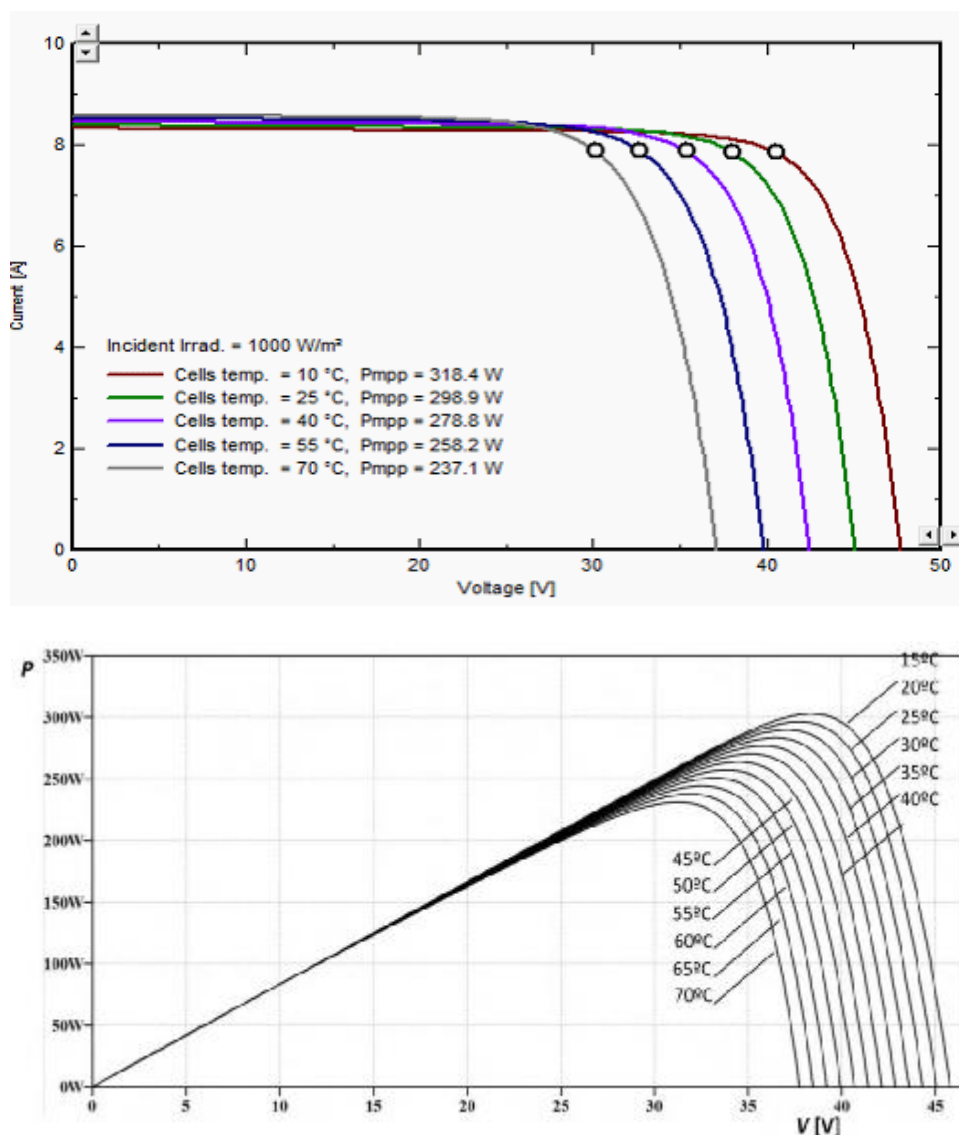


Εικόνα 5.7: Μεταβολή τάσης, ρεύματος και ισχύος εξόδου φωτοβολταϊκού στοιχείου σε συνάρτηση με την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Πηγή: A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting, Solar Energy Materials and Solar Cells, 2008.

## Επίδραση της θερμοκρασίας

Αντίστοιχα, η ισχύς εξόδου μιας κυψέλης επηρεάζεται και από τη θερμοκρασία της και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία της

κυψέλης, η τάση εξόδου αυτής μειώνεται, με αποτέλεσμα μείωση και στη συνολική ισχύ εξόδου.



Εικόνα 5.8: Μεταβολή τάσης, ρεύματος και ισχύος εξόδου φωτοβολταϊκού στοιχείου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του. Πηγή: A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting, Solar Energy Materials and Solar Cells, 2008.

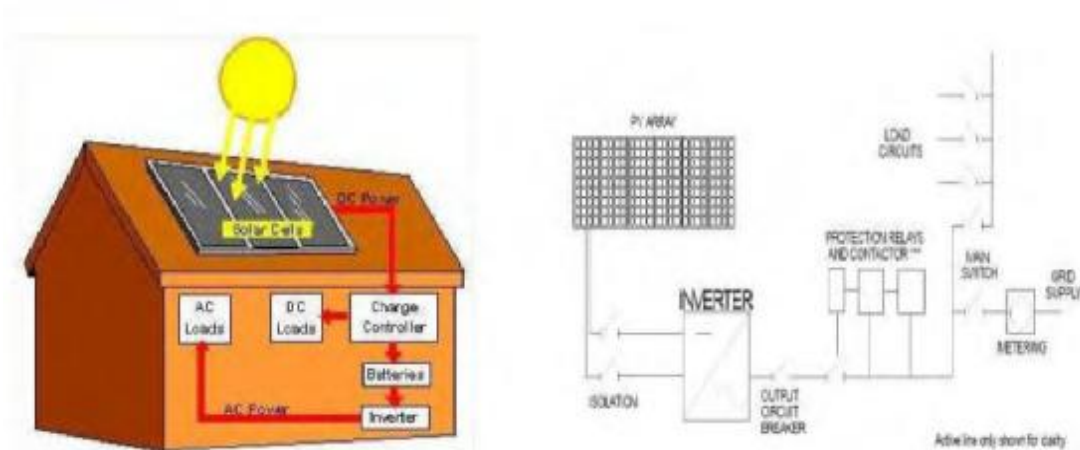
## 5.1.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται εν γένει σε δύο κατηγορίες:

- **Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα:** Πρόκειται για συστήματα όπου ο κύριος στόχος είναι η τροφοδότηση συγκεκριμένων φορτίων σε μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση (σπίτια σε απομακρυσμένες περιοχές κλπ.) ή και μεμονωμένων φορτίων (εξοπλισμός κεραιών κινητής τηλεφωνίας κλπ.). Απαιτείται η ύπαρξη και μονάδων συσσωρευτών προκειμένου να επιτευχθεί εξισορρόπηση μεταξύ παραγωγής και ζήτησης αλλά και κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια σε περιόδους με χαμηλά διαθέσιμα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Το κόστος των συσσωρευτών οπωσδήποτε ανεβάζει σημαντικά το συνολικό κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση όμως, λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων της τιμολόγησης της

ηλεκτρικής ενέργειας, τέτοια συστήματα αναμένεται να γνωρίσουν ιδιαίτερη άνθιση στα αμέσως επόμενα χρόνια και στη χώρα μας.

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα: Στην κατηγορία αυτή ανήκει η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων μεγάλης και πολύ μεγάλης ισχύος αλλά και των οικιακών εγκαταστάσεων που απαντώνται στη χώρα μας. Επιπλέον, πρόσφατα θεσμοθετήθηκε και στη χώρα μας ο θεσμός του net – metering που προβλέπει ενεργειακό συμψηφισμό μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης και ευνοεί την κατασκευή φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σχετικά μικρής ισχύος με στόχο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον καταναλωτή.



Εικόνα 5.9: Σχηματικό διάγραμμα αυτόνομης και διασυνδεδεμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Πηγή: Διαδίκτυο, 2019.

## 5.2 Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες

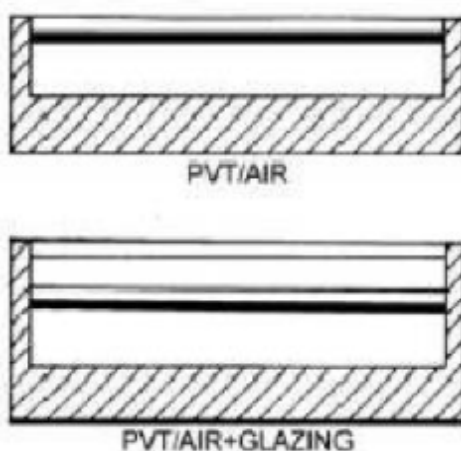
Η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή του καθώς συνεπάγεται πτώση της τάσης και επομένως και της ισχύος εξόδου του. Ειδικά σε εγκαταστάσεις όπου η συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του συλλέκτη και του περιβάλλοντος είναι περιορισμένη (όπως εγκαταστάσεις σε στέγες, περιοχές όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους) το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο. Μια εναλλακτική προσέγγιση, η οποία έχει προταθεί στο παρελθόν προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πάνελ κατά τη λειτουργία τους και να επιτευχθούν υψηλότερες αποδόσεις είναι οι υβριδικοί φωτοβολταϊκοί - θερμικοί συλλέκτες. Στην περίπτωση αυτή ενσωματώνεται στον φωτοβολταϊκό συλλέκτη και ένας εναλλάκτης, συνήθως επίπεδης μορφής, μέσα από τον οποίο απάγεται η θερμότητα από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Ο στόχος στην περίπτωση αυτή είναι διπλός. Αφενός μειώνεται η θερμοκρασία του πάνελ και εξασφαλίζεται υψηλότερη απόδοση αλλά και επιμήκυνση του αναμενόμενου χρόνου ζωής του, καθώς οι λειτουργικές συνθήκες του συλλέκτη είναι πιο ήπιες. Αφετέρου, η θερμότητα η οποία απάγεται από το πάνελ μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες μια εγκατάστασης σε θέρμανση ή και ζεστό νερό.

Τα τελευταία χρόνια μπορεί κανείς να συναντήσει και στο εμπόριο τέτοια προϊόντα, αν και στη χώρα μας η διάδοσή τους αυτή τη στιγμή είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε μια τέτοια εγκατάσταση προτεραιότητα αποτελεί η

παραγωγή όσο το δυνατόν μεγαλύτερων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Κατ' επέκταση, το ζητούμενο είναι να διατηρηθεί η θερμοκρασία των κυψελών στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Το θερμικό περιεχόμενο της εγκατάστασης χρησιμοποιείται συνήθως για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης με συστήματα εκπομπής χαμηλών θερμοκρασιών (π.χ. ενδοδαπέδια θέρμανση) ή/και την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Στη συνέχεια αναλύονται περισσότερο οι δύο βασικοί τύποι τέτοιων συστημάτων, με χρήση δηλαδή αέρα και νερού ως το μέσο απαγωγής της θερμότητας από το φωτοβολταϊκό πάνελ.

### 5.2.1 Φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες με χρήση αέρα

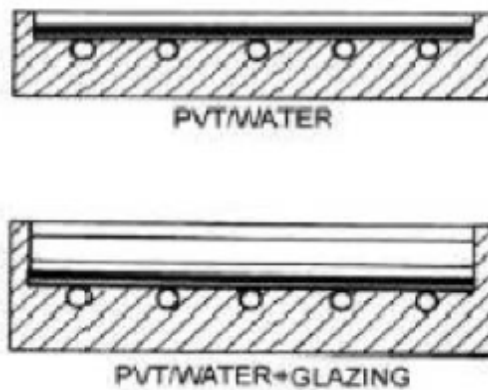
Στην περίπτωση αυτή, το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για την απαγωγή της θερμότητας από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι ο αέρας. Οι συλλέκτες αυτοί είναι περισσότερο οικονομικοί σε σχέση με τους συλλέκτες που χρησιμοποιούν ως θερμοαπαγωγό μέσο το νερό. Παρόλα αυτά εμφανίζουν γενικά χαμηλότερες αποδόσεις εξαιτίας της χαμηλότερης πυκνότητας του αέρα έναντι του νερού, γεγονός που περιορίζει την ικανότητά του να παρέχει ικανοποιητική ψύξη. Επιπλέον, δεν μπορούν να είναι εξίσου αποδοτικοί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς η ικανότητα τους να ψύξουν το φωτοβολταϊκό στοιχείο εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό, σε περιοχές που εμφανίζουν υψηλές θερμοκρασίες σε μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στο έτος η χρήση τους μπορεί να καταστεί ασύμφορη και δεν προτείνεται.



Εικόνα 5.10: Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες αέρα. Πηγή: Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems, Solar Energy, 2007.

### 5.2.2 Φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες με χρήση νερού

Στους υβριδικούς φωτοβολταϊκούς – θερμικούς συλλέκτες νερού αντίστοιχα, το ρευστό μέσο το οποίο αξιοποιείται για την απαγωγή της θερμότητας από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι το νερό. Υπό αυτή την έννοια μοιάζουν αρκετά με τους γνωστούς ηλιακούς συλλέκτες που είναι πολύ συνηθισμένοι σε οικιακές εγκαταστάσεις, με τη διαφορά ότι παρέχουν και ηλεκτρική ενέργεια ταυτόχρονα με τη θερμική.



Εικόνα 5.11: Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί – θερμικοί συλλέκτες νερού. Πηγή: Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems, Solar Energy, 2007.

Εξαιτίας της καλύτερης συμπεριφοράς του νερού ως θερμοαπαγωγού μέσου αλλά και της σχετικά σταθερής θερμοκρασίας του νερού δικτύου μέσα στο έτος συγκριτικά με τον αέρα περιβάλλοντος, οι συλλέκτες αυτοί είναι πιο αποδοτικοί. Για τον ίδιο λόγο η απόδοσή τους παραμένει σε ικανοποιητικά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Αποτελούν όμως σε κάθε περίπτωση πιο ακριβή επιλογή σε σχέση με τα αντίστοιχα συστήματα που χρησιμοποιούν ροή αέρα. Τέτοιου τύπου είναι και ο υβριδικός συλλέκτης η συμπεριφορά του οποίου μοντελοποιήθηκε στα πλαίσια του παρόντος.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της ολοκλήρωσης της πτυχιακής αυτής εργασίας αναφέρθηκαν νέοι τύποι αυτοματισμών για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια που συμβάλουν στην υλοποίηση ενός έξυπνου σπιτιού.

Το έξυπνο σπίτι αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα τεχνολογικά θέματα της εποχής μας και στην έρευνα γύρω από αυτό εμπλέκονται πολυάριθμες επιστήμες και τεχνολογικά πεδία από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, του πανταχού παρόντος προγραμματισμού, της κοινωνικής έρευνας.

Όταν κανείς προσπαθήσει να ασχοληθεί εις βάθος με το θέμα του έξυπνου σπιτιού αντιλαμβάνεται ότι προκύπτουν πολλαπλά ζητήματα και αυξανόμενες πολυπλοκότητες σε όλα τα στάδια κατασκευής του, από τη μελέτη ως την υλοποίηση του. Αυτό που αξίζει να τονιστεί είναι πως αν θέλουμε το έξυπνο σπίτι να αποτελέσει στο άμεσο μέλλον κομμάτι της καθημερινότητας μας θα πρέπει να μεταφέρουμε τη διαδικασία σχεδίασης και ανάπτυξης από τα εργαστήρια στα πραγματικά σπίτια. Οι κάτοικοι του εκάστοτε σπιτιού θα πρέπει να γίνουν στην πράξη έστω με έμμεσο τρόπο οι πραγματικοί σχεδιαστές του, διαφορετικά όσο καλό και να είναι ένα σύστημα έξυπνου σπιτιού ποτέ δε θα γίνει πλήρως επιθυμητό και αποδεκτό.

Είναι πάντως γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει τεράστια τεχνολογική πρόοδος στο χώρο και έχουν γίνει πολλά βήματα μπροστά. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα λίγος δρόμος να διανύσουμε μέχρι να φτάσουμε στη μέρα που θα μπορεί ο καθένας από μας να καθίσει και να απολαύσει το δικό του έξυπνο σπίτι.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]Μπαλαράς Κ.Α., Γαγλία Α.Γ ., «Σεμινάριο εξοικονόμηση ενέργειας ενεργειακή αποδοτικότητα κτιρίων, εφαρμογή Ευρωπαϊκών μεθοδολογιών και λογισμικών της ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων», Αθήνα 2009.
- [2]Γαγλία Α.Γ., Μπαλαράς Κ.Α., Γεωργοπούλου Ε., Μοιρασγεντής Σ., Σαραφίδης Ι., Λάλας Δ., «Ελληνικά Κτίρια – Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας και Μείωση Ρύπων-Μέτρα Αντιμετώπισης, Δελτίο ΠΣΔΜΗ, Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων, Σεπτέμβριος 2007.
- [3]Ευθυμιόπουλος Η., Μπαλαράς Κ.Α., Ψωμάς Σ., Γαβριήλ Π., Κτίριο & Περιβάλλον, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2005.
- [4]Αργυρίου Α., «Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες», Πάτρα, Οκτώβριος 2004.
- [5]Βερυκοκίδης Μ., Κορνήλιος Ν., «Πτυχιακή Εργασία έξυπνοι αισθητήρες «smart sensors», Ηράκλειο 2010.
- [6]Αλεξίου Γ., «Μικροεπεξεργαστές», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα 2001.
- [7]Skoplaki E., Boudouvis A., Palyvos J., A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting, Solar Energy Materials and Solar Cells, 2008.
- [8]Tripanagnostopoulos Y., Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems, Solar Energy, 2007.

Ιστοσελίδες:

- [9] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [10] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας-ΤΕΕ: [www.tee.gr](http://www.tee.gr)
- [11] Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- [12] Ρυθμιστική αρχή ενέργειας: [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- [13] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας: [www.kape.gr](http://www.kape.gr)
- [14] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>