

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Γ. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΨΕ3

**ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ
ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Α΄ έκδοση

Αθήνα, Ιούνιος 2011

Ομάδα εργασίας θεματικής ενότητας ΨΕ3:

Αλέξης Γιώργος	Δρ. μηχανολόγος μηχανικός, αναπληρωτής καθηγητής, τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ ΣΤΕΦ Πειραιά
Νάζος Αντώνης	Μηχανολόγος μηχανικός, καθηγητής εφαρμογών, τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ ΣΤΕΦ Πειραιά
Ψωμόπουλος Κωνσταντίνος	Δρ. ηλεκτρολόγος μηχανικός, επίκουρος καθηγητής, τμήμα Ηλεκτρολογίας, ΤΕΙ ΣΤΕΦ Πειραιά

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	3
1.1.	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	3
1.2.	ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	4
1.3.	ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΓΩΓΩΝ, ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ)	6
1.4.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	12
1.5.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ, ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ	16
1.6.	ΓΕΙΩΣΕΙΣ, ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ, ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ	19
1.6.1.	Γειώσεις – Γειώσεις συσκευών	19
1.6.2.	Θεμελιακή γείωση	23
2.	ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.	27
2.1.	ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, ΓΡΑΜΜΩΝ, ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ	27
3.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	41
3.1.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	41
3.1.1.	Συστήματα αέρα	42
3.1.2.	Γενικές προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας	43
3.2.	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.	48
3.2.1.	Γενικές αρχές	48
3.2.2.	Συστήματα κλιματισμού.	53
3.2.2.1.	Συστήματα που λειτουργούν μόνο με αέρα (All-Air Systems)	53
3.2.2.2.	Σύστημα απλής ζώνης	53
3.2.2.3.	Συστήματα αναθέρμανσης	54
3.2.2.4.	Σύστημα μεταβλητού όγκου (V.A.V.)	55
3.2.2.5.	Σύστημα διπλού αγωγού	57
3.2.2.6.	Πολυζωνικό σύστημα	58
3.2.2.7.	Συστήματα νερού και αέρα	59
3.2.2.8.	Σύστημα αέρα-νερού	60
3.2.2.9.	Συστήματα κλιματισμού με μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου	60
3.2.2.10.	Συστήματα μόνο με νερό	61
3.2.2.11.	Υδραυλική ισορροπία	62
3.2.3.	Στοιχεία συστήματος αυτόματου ελέγχου σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.	65
3.2.3.1.	Αισθητήρια (detectors)	65
3.2.3.2.	Μονάδες ελέγχου (controllers)	67
3.2.3.3.	Μονάδες ρύθμισης (regulating units)	68
3.2.3.4.	Κεντρικό σύστημα ελέγχου	70
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

1.1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα ηλεκτρολογικά υλικά (π.χ. καλώδια, πίνακες), οι συσκευές (π.χ. ηλεκτρικές μηχανές, οικιακές συσκευές) και ο τρόπος εγκατάστασής τους ή σύνδεσής τους περιγράφονται και προσδιορίζονται από πρότυπα. Υπάρχουν εκατοντάδες πρότυπα που αναφέρονται στις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό τους, τα οποία ενημερώνονται και επαυξάνονται ή καταργούνται με την πρόοδο της τεχνολογίας. Υπάρχει π.χ. το πρότυπο καλωδίων PVC ΕΛΟΤ 843-86, πρότυπα στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών, IEC 60034-1, πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΕΛΟΤ HD 384. Τα πρότυπα είναι κείμενα κοινής αποδοχής εγκεκριμένα από διάφορους φορείς τυποποίησης π.χ. IEC, ΕΛΟΤ κ.λπ. Ορισμένα πρότυπα μπορεί να είναι υποχρεωτικά όπως π.χ. τα πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτηρίων, επειδή αυτά αφορούν στην ασφάλεια ατόμων και περιουσιακών στοιχείων. Στην περίπτωση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, εγκυμονούν εκτός άλλων οι εξής δύο σημαντικοί κίνδυνοι:

- Ηλεκτροπληξία ανθρώπων
- Πυρκαγιά ή έκρηξη λόγω υπερθέρμανσης αγωγών, σπινθήρων ή ηλεκτρικού τόξου.

Ο βασικός κανονισμός που διέπει όλες τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα είναι ο ΕΛΟΤ HD 384 Απαιτήσεις για Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις. Ο κανονισμός αυτός κατήργησε τον Κ.Ε.Η.Ε.. Επιπλέον αυτού του κανονισμού εφαρμόζονται τα διάφορα πρότυπα του ΕΛΟΤ τα οποία αφορούν συγκεκριμένες εφαρμογές, ή ηλεκτρολογικές διατάξεις, υλικά και εξαρτήματα καθώς και τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα IEC, DIN, VDE για θέματα που δεν καλύπτονται από τους Ελληνικούς Κανονισμούς. Ενδεικτικά αναφέρονται επιπλέον του HD384, τα ακόλουθα πρότυπα που εφαρμόζονται συχνότερα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:

- Ελληνικά Πρότυπα ΕΛΟΤ: 563, 565, 615, 623, 624, 697, 698, 699, 704, 757, 843, 893, 999, 1117, 1141 (Ηλεκτρικά καλώδια), 369, 387, 446, 557, 798, 799, 81 (Εξαρτήματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων), 291, 415, 695, 773, 789, 802, 892, 898 (Ηλεκτρικά στοιχεία και συσσωρευτές), EN 50110 Λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, EN 60529 Βαθμοί προστασίας παρεχόμενης από περιβλήματα (ΚΩΔΙΚΑΣ IP), EN 61800 Ηλεκτρικά συστήματα οδήγησης μετατροπής ισχύος ρυθμιζόμενης ταχύτητας, ΕΛΟΤ HD 60364.05.54 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτηρίων - Μέρος 5-54 Επιλογή και εγκατάσταση ηλεκτρολογικού υλικού - Διατάξεις γείωσης, αγωγοί προστασίας και προστατευτικοί αγωγοί σύνδεσης, EN 60335-1 για ηλεκτρικές συσκευές οικιακής και παρόμοιας χρήσης.
- Ευρωπαϊκοί ή Διεθνείς Κανονισμοί και Πρότυπα: DIN 57100 Erection of power installation with rated voltages up to 1000V, DIN VDE 0102 Short-circuit current calculation in three-phase AC systems, DIN EN 50110 Operation of power installations, DIN 57106 Protection against electrical shock, DIN VDE 57107 Electrical installations in hospitals and locations for medical use outside hospitals, DIN VDE 0108 Power installations and safety power supply in communal facilities, DIN EN 60071 Insulation coordination, DIN EN 60204 Safety of machinery, VDE 0605 Specification for conduits for electrical installations

Επιπλέον αυτών των προτύπων και κανονισμών, στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις εφαρμόζονται πάντοτε οι οδηγίες και απαιτήσεις ΔΕΗ για καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης και ο Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων της ΔΕΗ (Υπ. Απ. 6242/185, ΦΕΚ 1525/31-12-1973) και τις μεταγενέστερες τροποποιήσεις του, καθώς τα οριζόμενα στο ΦΕΚ Β 269/08.04.71 «περί εγκρίσεως κανονισμού τοποθετήσεως και συντηρήσεως δευτερευουσών εγκαταστάσεων». Οι όροι των τεχνικών περιγραφών και προδιαγραφών ενός έργου, καθώς και οι οδηγίες του κατασκευαστή των

διαφόρων συσκευών, μηχανημάτων, οργάνων, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των κανονισμών των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Το πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας ISO 9001:2000 είναι υποχρεωτικό για τις βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και διασφαλίζει την οργάνωση, τις διαδικασίες και τους πόρους για την παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων και υπηρεσιών, και δεν πιστοποιεί το προϊόν αλλά την ιχνηλασιμότητα κατά την παραγωγική διαδικασία.

1.2. ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις σκοπό έχουν την παροχή της ηλεκτρικής ισχύος που απαιτείται για την ασφαλή και άνετη λειτουργία των κτηρίων και των εγκαταστάσεων σε συνθήκες αιχμής ζήτησης. Στο σχεδιασμό των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων λαμβάνονται υπόψιν μια σειρά από παραμέτρους οι οποίες καθορίζουν σε τον τρόπο και τη λογική σχεδίασης της εγκατάστασης. Οι κυριότερες παράμετροι είναι:

- είδος-κατηγορία χρήσης π.χ. βιομηχανία, οικία, καταστήματα, καθώς και είδος χρήστη της εγκατάστασης, π.χ. αδειούχος ηλεκτρολόγος, μη ειδικευμένος χρήστης, οικιακός καταναλωτής.
- συνθήκες περιβαλλοντικές (χωροθέτηση, εσωτερικές, εξωτερικές, εγκατάσταση σε υψόμετρο κλπ), λειτουργικές (τάση λειτουργίας, εγκατεστημένη ισχύς, προστασίες εξοπλισμού, ισχύς βραχυκύκλωσης, ρεύμα βραχυκύκλωσης, προστασία από διάβρωση, συχνότητα λειτουργίας κλπ) και κλιματικές (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου κ.λπ.)
- κίνδυνοι έκρηξης ή πυρκαγιάς, μηχανικές καταπονήσεις ίδιες ή παραγόμενες
- η απαιτούμενη διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων, οι απαιτήσεις ασφαλείας καθώς και τυχόν ειδικές συνθήκες λειτουργίας.

Οι εγκαταστάσεις πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν την ασφάλεια ατόμων και συσκευών, την καλή λειτουργικότητα και την επάρκεια σε όλους τους χώρους, την αξιοπιστία, την προστασία του περιβάλλοντος, τη δυνατότητα ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης και επέμβασης όπου απαιτείται, να επιτρέπουν τη συντήρηση και την εύκολη επεκτασιμότητα, την ικανοποιητική εφεδρεία, ανοχή σε σφάλματα (Fault Tolerance), την οικονομική λειτουργία και το λογικό κόστος, λαμβάνοντας υπόψιν την υφιστάμενη τεχνολογία και τη διαθεσιμότητα των υλικών και το αισθητικά ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους τρεις παρακάτω κινδύνους που υφίστανται τόσο σε συνθήκες κανονικής ή ομαλής λειτουργίας όσο και σε συνθήκες σφάλματος:

- ηλεκτροπληξία,
- πυρκαγιά προερχόμενη από υπερφόρτιση αγωγών, από βραχυκυκλώματα ή από συσκευές υψηλής θερμοκρασίας (λαμπτήρες, φούρνοι κ.λπ.),
- εκρήξεις λόγω σπινθήρων ή υψηλής θερμοκρασίας.

Η τάση τροφοδοσίας ενός καταναλωτή προσδιορίζεται από την μελέτη που θα γίνει. Συνήθως για εγκατεστημένη ισχύ μέχρι 135kVA (250kVA για ορισμένες περιοχές στις μεγάλες πόλεις), η τροφοδότηση γίνεται κατ' ευθείαν από το δίκτυο της χαμηλής τάσης (230/400V). Από 135kVA και πάνω, η τροφοδότηση γίνεται κατά κανόνα από το δίκτυο μέσης τάσης (20kV). Από 5 MVA-10MVA και πάνω μπορεί να είναι συμφέρουσα η σύνδεση στο δίκτυο μεταφοράς των 150kV (για καταναλωτές υψηλής τάσης). Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως π.χ. νοσοκομεία απαιτείται η συνεχής τροφοδότηση

μέρους των εγκαταστάσεων, οπότε υπάρχει κατάλληλη εφεδρική παροχή από γεννήτριες ή από αδιάλειπτα τροφοδοτικά (Uninterruptable Power Supply, UPS).

Για τον οικονομικό και αξιόπιστο σχεδιασμό μιας εγκατάστασης σε ότι αφορά το θερμικό όριο φόρτισης και το όριο πτώσης τάσης, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της μέγιστης ζήτησης των επί μέρους τμημάτων και του συνόλου της εγκατάστασης. Για τον προσδιορισμό αυτό μπορεί να λαμβάνεται υπόψη ο ετεροχρονισμός των καταναλώσεων.

Όταν η τροφοδότηση της εγκατάστασης γίνεται από ένα δίκτυο διανομής, ο μελετητής της θα πρέπει να συμβουλευτεί τον Διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας για τα χαρακτηριστικά του δικτύου. Γενικά όμως οι τύποι των συστημάτων διανομής διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος των ενεργών αγωγών και του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων. Τα συνήθη δίκτυα χαμηλής τάσης είναι εναλλασσόμενου ρεύματος τριφασικά με σύστημα 4 αγωγών (τρεις φάσεις και ουδέτερος), ή 5 αγωγών (τρεις φάσεις, ουδέτερος και γείωση) είτε μονοφασικά (μια φάση, ουδέτερος και γείωση). Η γείωση και το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων που θα επιλεγεί ή θα απαιτηθεί αποτελεί πολύ σημαντική παράμετρο για την προστασία της εγκατάστασης και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω στην ενότητα 1.6 «Γειώσεις. - Γειώσεις των Συσκευών. - Θεμελιακή Γείωση».

Κάθε εγκατάσταση πρέπει να διαιρείται σε όσα κυκλώματα χρειάζεται, έτσι ώστε:

- να αποφεύγονται οι κίνδυνοι
- να περιορίζονται οι συνέπειες οποιασδήποτε βλάβης
- να διευκολύνονται οι χειρισμοί, οι δοκιμές και η συντήρηση.

Πρέπει να προβλέπονται χωριστά κυκλώματα για τα μέρη της εγκατάστασης που η λειτουργία τους δεν πρέπει να επηρεάζεται από τη βλάβη ή την απομόνωση άλλων κυκλωμάτων. Ο αριθμός των κυκλωμάτων που απαιτούνται και ο αριθμός των συσκευών κατανάλωσης που θα τροφοδοτούνται από κάθε κύκλωμα πρέπει να είναι τέτοιοι ώστε να εξασφαλίζεται συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις του HD 384 περί προστασίας έναντι υπερεντάσεων, περί απομόνωσης και διακοπής και περί του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των αγωγών.

Όταν μια εγκατάσταση περιλαμβάνει περισσότερα από ένα κυκλώματα, κάθε κύκλωμα πρέπει να συνδέεται σε ξεχωριστή αναχώρηση σε πίνακα διανομής. Η τροφοδότηση των κυκλωμάτων από τον κεντρικό πίνακα διανομής ή από δευτερεύοντες πίνακες διανομής πρέπει να γίνεται με κριτήριο τη διευκόλυνση των χειρισμών, της απομόνωσης και της αποκατάστασης της τροφοδότησης μετά από ενδεχόμενη διακοπή εξαιτίας λειτουργίας των διατάξεων προστασίας. Οι ηλεκτρικές γραμμές κάθε κυκλώματος πρέπει να είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητες από τις ηλεκτρικές γραμμές κάθε άλλου κυκλώματος, για να αποφεύγεται η έμμεση ενεργοποίηση οποιουδήποτε κυκλώματος που προορίζεται να είναι απομονωμένο.

Με βάση τα παραπάνω στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων ομαδοποιούνται οι καταναλώσεις - εγκαταστάσεις συνήθως σε τέσσερις βασικές κατηγορίες και γίνεται ξεχωριστή όδευση για αυτές :

- Εγκαταστάσεις ισχύος - κίνησης
- Εγκαταστάσεις φωτισμού
- Εγκαταστάσεις αυτοματισμού και
- Εγκαταστάσεις ασθενών.

Επίσης όπως αναφέρεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.5 στις κτηριακές εγκαταστάσεις με εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος τόσο για φωτισμό όσο και για κίνηση, υπάρχουν ξεχωριστοί ηλεκτρολογικοί πίνακες για φωτισμό και κίνηση, ενώ στις μικρότερης ισχύος (π.χ. κατοικίες, καταστήματα), ανεξάρτητες γραμμές τροφοδοσίας. Επιπλέον των παραπάνω ισχύουν και τα ακόλουθα :

- Κατά τη σχεδίαση των εγκαταστάσεων υπάρχουν και μερικοί ακόμα όλα τα κυκλώματα σχεδιάζονται σε κατάσταση μη λειτουργίας.
- Το διακοπτικό υλικό συνδέεται μόνο στους αγωγούς φάσεων δηλαδή οι δύο λειτουργικές καταστάσεις του κυκλώματος (υπό τάση, εκτός τάσης) επιτυγχάνονται αντίστοιχα με τη ζεύξη και απόζευξη προς αγωγούς φάσης και όχι προς τον αγωγό ουδετέρου. Όπου απαιτείται και απόζευξη του ουδετέρου αυτή γίνεται με διακοπτικό υλικό το οποίο κάνει ζεύξη και απόζευξη ταυτόχρονα στους αγωγούς φάσης και ουδετέρου.
- Οι ακροδέκτες σύνδεσης του διακοπτικού υλικού με τους αγωγούς φάσης είναι εκείνοι των επαφών μέσω των οποίων γίνεται η ζεύξη – απόζευξη και όχι των επαφών που χρησιμεύουν ως θέση περιστροφής του κινητού μέρους.

1.3. ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΓΩΓΩΝ, ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ)

Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως οι παρακάτω βασικοί τύποι καλωδίων χαμηλής τάσης:

- Αγωγοί «H07V-...» (πρώην NYA) χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους στις χωνευτές οδεύσεις μέσω τοίχων (μέσα σε σωλήνες ηλεκτρολογικούς).
- Αγωγοί «H05VV-...» ή «A05VV-...» (πρώην NYM) χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους στις χωνευτές οδεύσεις μέσω τοίχων (μέσα σε σωλήνες ηλεκτρολογικούς).
- Αγωγοί «E1VV-...» σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ή «J1VV-...» με το διεθνές (πρώην NYY) χρησιμοποιούνται στις οδεύσεις εξωτερικών χώρων, σε όλες τις παροχές πινάκων και υποπινάκων χωνευτές ή ορατές, σε ορατές οδεύσεις όπου και αν απαιτείται σε χώρους εγκαταστάσεων και στις γραμμές τροφοδοσίας μηχανημάτων – κινητήρων.

Τα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων στα οποία υπάγονται τα καλώδια τύπου H07V-..., H05VV-... και A05VV-... κατασκευάζονται με χάλκινους αγωγούς δύσκαμπτους (μονόκλωνους ή πολύκλωνους) όταν προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση ή εύκαμπτους (λεπτοπολύκλωνους) όταν προορίζονται για εγκαταστάσεις όπου απαιτείται κινητικότητα των καλωδίων. Ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως PVC ή ελαστικό και ως προστατευτικός μανδύας, αντίστοιχα, PVC ή ελαστικό. Καλώδια που τοποθετούνται σε σταθερές καλωδιώσεις μέσα σε σωλήνες μπορούν να έχουν μόνο μόνωση χωρίς προστατευτικό μανδύα. Οι κυριότεροι τύποι των καλωδίων εσωτερικών εγκαταστάσεων με τα χαρακτηριστικά τους αναφέρονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Τα καλώδια βιομηχανικών χρήσεων και εξωτερικών εγκαταστάσεων κατασκευάζονται με αγωγούς από χαλκό ή αλουμίνιο, μόνωση από διάφορα συμπαγή υλικά και διάφορες στρώσεις από μονωτικά υλικά, μεταλλικές ταινίες ή σύρματα για μηχανική προστασία. Οι αγωγοί είναι μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι αγωγοί κυκλικής μορφής ή κυκλικού τομέα. Οι διαστάσεις των αγωγών και η ηλεκτρική τους αντίσταση καθορίζεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Πάνω στους αγωγούς τοποθετείται η μόνωση για την οποία συνηθέστερα χρησιμοποιούνται είτε θερμοπλαστικά υλικά (PVC ή PE) είτε ελαστικά υλικά (BUTYL, EPR, ειδικά μείγματα άκαυστα, μη τοξικά και μη παράγοντα καπνό για ειδικές χρήσεις) είτε θερμοσκληρυνόμενα υλικά (XLPE). Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό μόνωσης καθορίζεται και η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου και κατά συνέπεια η επιτρεπόμενη φόρτισή τους. Τα καλώδια μέσης τάσης φέρουν πάνω και κάτω από τη μόνωση ημιαγώγιμη στρώση και πάνω από την εξωτερική ημιαγώγιμη στρώση, θωράκιση αποτελούμενη από συρματίδια χαλκού ή χάλκινη ταινία κατάλληλης διατομής. Οι μονωτικές φάσεις των καλωδίων αφού σχηματίσουν το καλώδιο προστατεύονται με στρώσεις θερμοπλαστικών υλικών (PVC ή PE) ή ελαστικών υλικών (Neoprene ή άλλα ειδικά μείγματα άκαυστα, μη τοξικά και μη παράγοντα καπνό για ειδικές χρήσεις).

Ανάμεσα στις στρώσεις αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οπλισμός για μεγαλύτερη μηχανική προστασία από χαλύβδινα σύρματα ή χαλύβδινες ταινίες. Οι κυριότεροι τύποι με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των καλωδίων αυτών αναφέρονται στους πίνακες που ακολουθούν. Ο πίνακας 1.3.1 δείχνει την αντιστοιχία των τύπων των καλωδίων με την παλιά και τη νέα ονομασία, σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα του ΕΛΟΤ.

Πίνακας 1.3.1 Αντιστοιχία τύπων καλωδίων παλιά και νέα ονομασία. Οι τύποι NYM και NYY δεν έχουν καταργηθεί.

Καλώδια Εσωτερικών Εγκαταστάσεων		Καλώδια βιομηχανικών χρήσεων και εξωτερικών εγκαταστάσεων	
Παλαιά ονομασία	Νέα ονομασία	Παλαιά ονομασία	Νέα ονομασία
NYA	H07V-U, H07V-R, H05V-U	NSHou	H07RN-F
NYAF	H05V-K, H07V-K	NYY	J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S ή E1VV-U, E1VV-R, E1VV-S (Ελληνικό πρότυπο)
NYM, A05VV-U(R)	H05VV-U, H05VV-R		
NLH, NMH	H05RR-F		
NYMHY	H05VV-F	NYSY	N2XSY, 2XSY
NYLHY	H03VV-F	NSLF, NSLFFou	H01N2-D, H01N2-E
NYFAZ	H03VH-H		
NYSLYO	H05VV5-F		

Πέραν αυτών των βασικών τύπων που έχουν και ευρεία χρήση υπάρχουν και τα καλώδια ειδικών εφαρμογών για κτηριακές εγκαταστάσεις με ειδικές απαιτήσεις, όπου τα καλώδια είναι βραδύκαυστα, πυράντοχα ή/και ελευθέρα αλογόνων. Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται με αγωγούς από χαλκό, μόνωση από διάφορα συμπαγή υλικά και διάφορες στρώσεις από μονωτικά υλικά ή μεταλλικές ταινίες ή σύρματα για μηχανική προστασία. Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό μόνωσης καθορίζεται και η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου και κατά συνέπεια η επιτρεπόμενη φόρτισή τους. Οι μονωτικές φάσεις των καλωδίων αφού σχηματίσουν το καλώδιο προστατεύονται με στρώσεις θερμοπλαστικών υλικών (LSF) ή ελαστικών υλικών EVA (ειδικά μείγματα άκαυστα, μη τοξικά με μειωμένη εκπομπή καπνού).

Πίνακας 1.3.2 Κώδικας χρωμάτων μονώσεων καλωδίων, για τους συνηθέστερους τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται στον κτηριακό τομέα

Τύπος καλωδίων	Αριθμός πόλων	Χρώματα	
		Κατασκευή με κίτρινο/πράσινο	Κατασκευή χωρίς κίτρινο/πράσινο
H07V-U, R, K	1	κίτρινο/πράσινο, μαύρο, καφέ, γκρι, κόκκινο, λευκό	
H05V-U, K	1	κίτρινο/πράσινο, μαύρο, καφέ, γκρι, κόκκινο, λευκό	
H05VV-U, R, F NYIFY-O, NYIFY-J	2	-	μπλε, καφέ
	3	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ	καφέ, μαύρο, γκρι
	4	κίτρινο/πράσινο, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι
	5	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι, μαύρο
E1VV-R,S,U (J1VV-R,S,U)	1	κίτρινο/πράσινο	μαύρο
	2	-	μπλε, καφέ
	3	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ	καφέ, μαύρο, γκρι
	4	κίτρινο/πράσινο, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι
	5	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι, μαύρο
	>5	κίτρινο/πράσινο, μαύροι με αρίθμηση	μαύροι με αρίθμηση

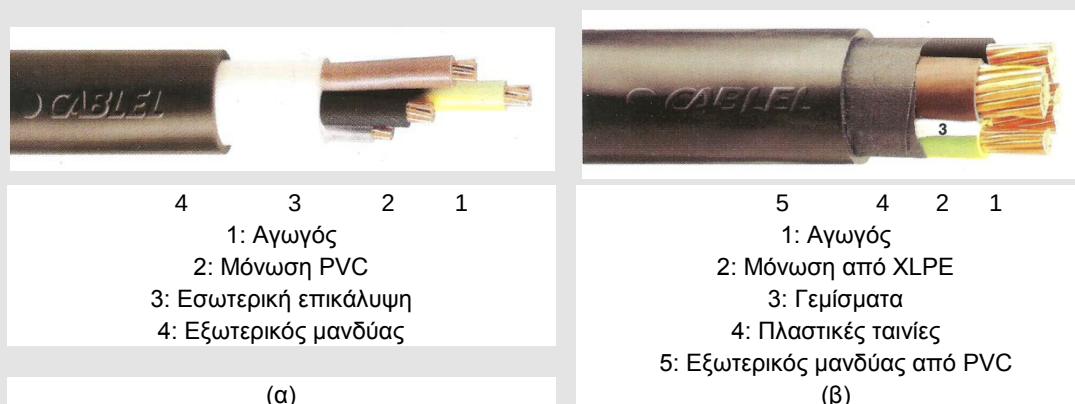
Στον πίνακα 1.3.2 δίνονται τα χρώματα των αγωγών στα καλώδια ανάλογα με τον τύπο και των αριθμό των αγωγών ανά καλώδιο, για τους τύπους των καλωδίων τα οποία χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων στον κτηριακό τομέα. Τα σχήματα 1.3.1 έως 1.3.3 παρουσιάζονται οι κυριότεροι τύποι καλωδίων που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις κτηρίων, μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.



Σχήμα 1.3.1 Συνηθέστεροι τύποι καλωδίων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στον κτηριακό τομέα. (α) Καλώδιο H07V-R,U κατά ΕΛΟΤ 563 – HD 21.3, (β) Καλώδιο H05VV-R,U κατά ΕΛΟΤ 563 – HD 21.4, (γ) Καλώδιο H05VV-F κατά ΕΛΟΤ 563.5 – HD 21.5



Σχήμα 1.3.2 Συνηθέστεροι τύποι καλωδίων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στον κτηριακό τομέα. (α) Καλώδιο NYIFY-O, J κατά VDE 0250.201, (β) Καλώδιο NYY-J, O κατά VDE 0276, (γ) Καλώδιο H05RR-F κατά ΕΛΟΤ 623 – HD 22.4



Σχήμα 1.3.3 Συνηθέστεροι τύποι καλωδίων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στον κτηριακό τομέα. (α) Καλώδιο J1VV-R, S, U και (β) Καλώδιο XLPE/PVC, και τα δύο κατά IEC 60502-1

Πίνακας 1.3.3 Ερμηνεία των συμβολισμών περιγραφής των κυριότερων τύπων των καλωδίων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ PVC
H07V-U, R, K	H = Εναρμονισμένο, 07 = 450/750, V = Μόνωση από PVC, R = Στρογγυλός πολύκλωνος, U = Μονόκλωνο, K = Εύκαμπτο σταθερής εγκατάστασης
H05V-U, H05V-K	H = Εναρμονισμένο, 05 = 300/500V, V = Μόνωση από PVC, U = Μονόκλωνο, K = Εύκαμπτο σταθερής εγκατάστασης
H05VV-U, R, F	H = Εναρμονισμένο, 05 = 300/500V, V = Μόνωση από PVC, V = Μανδύας από PVC, U = Μονόκλωνο, R = Στρογγυλός πολύκλωνος αγωγός, F = Εύκαμπτο
H03VV-F	H = Εναρμονισμένο, 03 = 300/300V, V = Μόνωση από PVC, V = Μανδύας από PVC, F = Εύκαμπτο
NYIFY-O NYIFY-J	N = Κατά VDE, Y = Μόνωση PVC, IF = Επίπεδο, Y = Μανδύας PVC, O = Κατασκευή χωρίς Π/Κ, J = Κατασκευή με Π/Κ
NYM-O, NYM-J	N = Κατά VDE, Y = Μόνωση PVC, O = Κατασκευή χωρίς Π/Κ, J = Κατασκευή με Π/Κ
H03VH-H	H = Εναρμονισμένο, 03 = 300/300V, V = Μόνωση PVC, H = Ορθογωνικής μορφής, H = Εύκαμπτο
ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ	
H05RR-F	H = Εναρμονισμένο, 05 = 300/500V, R = Μόνωση ελαστικού, R = Μανδύας ελαστικού, F = Εύκαμπτο
H05RN-F, H07RN-F	H = Εναρμονισμένο, 05 = 300/500V, 07 = 450/750V, R = Μόνωση ελαστικού, N = Μανδύας ελαστικού, F = Εύκαμπτο
ΣΗΜΑΝΣΕΩΣ	
YYY-J YYY-O	N = Κατά VDE, Y = Μόνωση από PVC, Y = Μανδύας PVC, J = Με ένα πόλο κιτρινοπράσινο, O = Χωρίς πόλο κιτρινοπράσινο
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΧΡΙ 1KV-ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ PVC	
YYY, NAYY	N = Κατά VDE, A = Αγωγός αλουμινίου, Y = Μόνωση από PVC, Y = Μανδύας PVC
NYCWY	N = Κατά VDE, Y = Μόνωση από PVC, CW = Συγκεντρικός αγωγός κυματοειδής, Y = Μανδύας PVC
E1VV-R,S,U (J1VV-R,S,U)	E = Ελληνικό πρότυπο, (J = Κατά IEC), 1 = 1KV, V = Μόνωση από PVC, V = Μανδύας από PVC, R = Αγωγός στρογγυλός πολύκλωνος, S = Αγωγός πολύκλωνος κυκλικού τομέα, U = Αγωγός στρογγυλός μονόκλωνος
ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΑΛΟΓΟΝΩΝ	
NHXCHX	N = Κατά VDE, HX = (EPR) Μόνωση διασταυρωμένου-ελευθέρου αλογόνων - πολυμερισμένου μείγματος, C = Συγκεντρικός αγωγός χαλκού, HX = AF-1 (Μανδύας ελεύθερος αλογόνων διασταυρωμένου δεσμού-πολυμερισμένου μείγματος).
N2XH N2XCH	N = Κατά VDE, 2X = Μόνωση XLPE, C = Συγκεντρικός αγωγός χαλκού, H = AF-1 (Μανδύας μη διασταυρούμενου δεσμού – ελευθέρου αλογόνων – πολυμερισμένου μείγματος)

Κατά την τοποθέτηση των καλωδίων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ακτίνα καμπυλότητας των καλωδίων ώστε να μην καταπονούνται και να μην φθείρονται ούτε οι αγωγοί αλλά ούτε και οι μονώσεις τους. Ο πίνακας 1.3.4 δίνει την ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα καμπυλότητας ή κάμψης κατά την εγκατάσταση σε συνάρτηση με την εξωτερική διάμετρο D του καλωδίου. Επίσης πολύ σημαντικό ρόλο έχει η δύναμη έλξης των καλωδίων, η οποία μπορεί να προκαλέσει εφελκυσμό. Έτσι αν η έλξη γίνεται από τους αγωγούς για μεν τα καλώδια με χάλκινους αγωγούς η δύναμη δεν πρέπει να ξεπερνά τα 50N/mm² διατομής καλωδίου, για δε τα καλώδια με αγωγό από αλουμίνιο 30N/mm². Αν η έλξη των καλωδίων γίνεται με ειδική κάλτσα πάνω στο μανδύα, η δύναμη είναι ανάλογη της διαμέτρου D του καλωδίου. Πιο συγκεκριμένα για καλώδια οπλισμένα με σύρματα η επιτρεπόμενη δύναμη έλξης είναι $1,2xD^2$, ενώ για καλώδια οπλισμένα ή άοπλα που έχουν περιτύλιξη με χάλκινες ή χαλύβδινες ταινίες η επιτρεπόμενη δύναμη έλξης είναι $0,5xD^2$.

Πίνακας 1.3.4 Ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα καμπυλότητας ή κάμψης κατά την εγκατάσταση καλωδίων. D είναι η εξωτερική διάμετρος του καλωδίου

Καλώδια μέχρι και 1kV		Καλώδια 20 kV	
Τύπος καλωδίου	Ακτίνα κάμψης	Τύπος καλωδίου	Ακτίνα κάμψης
Άοπλα με D μέχρι 10mm	3xD	Μονοπολικά	20xD
Άοπλα με D= 10 έως 25mm	4xD	Τριπολικά άοπλα	15xD
Άοπλα με D>25mm	6xD	Τριπολικά οπλισμένα	12xD
Οπλισμένα	6xD		
Καλώδια 1 kV με πλαστική μόνωση και αγωγούς σχήματος κυκλικού τομέα	8xD		

Όταν τα καλώδια τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες η εσωτερική διάμετρος των σωλήνων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο του καλωδίου. Σε περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός καλώδια στον ίδιο σωλήνα τότε η εσωτερική διάμετρος των σωλήνων θα είναι τουλάχιστον 1,5 φορές μεγαλύτερη από την ισοδύναμη διάμετρο όλων μαζί των καλωδίων που περιέχονται στο σωλήνα. (Ως ισοδύναμη διάμετρος εννοείται η διάμετρος ενός καλωδίου του οποίου το γεωμετρικό εμβαδόν της τομής του είναι ίσο με το άθροισμα των εμβαδών). Στον πίνακα 1.3.5 δίνεται η ελάχιστη επιτρεπόμενη εσωτερική διάμετρος σωλήνα για την προστασία καλωδίων. Για καλώδια και αγωγούς μεγαλύτερων διατομών ή αριθμού, χρησιμοποιούνται για εσωτερικά των κτηριακών εγκαταστάσεων πλαστικά κανάλια κατάλληλων διατομών και μεταλλικές σχάρες καλωδίων κατάλληλων διαστάσεων, για δε τους εξωτερικούς χώρους και την υπόγεια όδευση των καλωδίων πλαστικοί σωλήνες από PVC ή HDPE μεγάλης μηχανικής αντοχής (συνήθως 4atm ή 6atm) και χάνδακες όδευσης ή ακόμα και τσιμεντένια κανάλια κατάλληλων διαστάσεων (συνήθως σε περιπτώσεις στις οποίες περνά πολύ μεγάλος αριθμός καλωδίων όπου απαιτούνται πολλές σχάρες ή όταν υπάρχει παράλληλη όδευση και άλλων Η/Μ δικτύων).

Πίνακας 1.3.5 Εσωτερική διάμετρος σωλήνα προστασίας καλωδίων H07V-U, H07V-R (πρώην NYA) και H05VV-... (πρώην NYM)

Αγωγοί (πλήθος x διατομή) [mm ²]	Εσωτερική διάμετρος σωλήνα [mm]	Αγωγοί (πλήθος x διατομή) [mm ²]	Εσωτερική διάμετρος σωλήνα [mm]	Αγωγοί (πλήθος x διατομή) [mm ²]	Εσωτερική διάμετρος σωλήνα [mm]
1x1,5	11	3x1,5	13,5	5x1,5 έως 7x1,5	16
1x2,5	11	3x2,5	16		
1x4	11	3x4	16	8x1,5	23
1x6	11	3x6	16	έως 15x1,5	
1x10	11	3x10	23	1x1 έως 3x1	11
1x16	13,5	3x16	29		
2x1,5	13,5	4x1,5	13,5	4x1 έως 5x1	13,5
2x2,5	16	4x2,5	16		
2x4	16	4x4	16	6x1 έως 7x1	16
2x6	16	4x6	23		
2x10	16	4x10	23	8x1 έως 12x1	23
2x16	23	4x16	29		

Οι τύποι των σωλήνων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι οι εξής :

- Πλαστικοί σωλήνες με τα εξαρτήματά τους, εγκεκριμένοι από το Υπουργείο Βιομηχανίας βαρέως τύπου, πάχους τοιχωμάτων τουλάχιστον 1mm. Χρησιμοποιούνται σε εντοιχισμένες εγκαταστάσεις ξηρών χώρων σε συνήθεις τοιχοποιίες κλπ.
- Πλαστικοί ευθύγραμμοι σωλήνες τύπου Conduir, κατασκευασμένοι σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ 798.1 & 799 και BS 4607. Χρησιμοποιούνται χωρίς προβλήματα σε εγκαταστάσεις μέσα σε μπετόν, υπόγειες κλπ. και γενικά όπου απαιτούνται αυξημένα μέτρα προστασίας εκτός από τα WC και γενικά υγρούς χώρους.
- Χαλυβδοσωλήνες, με ραφή πάχους τουλάχιστον 1mm για ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, με εσωτερική μονωτική επένδυση. Οι χαλυβδοσωλήνες χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που απαιτείται μηχανική αντοχή, καθώς επίσης σε υγρούς χώρους. Στην τελευταία περίπτωση πρέπει να βιδώνονται μεταξύ τους και με τα εξαρτήματά τους (μούφες, καμπύλες, ταυ, συστολές, κουτιά διακλάδωσης κλπ) ώστε να εξασφαλίζεται απόλυτη στεγανότητα στους αγωγούς που περιέχουν. Είναι κατάλληλοι για αγωγούς και καλώδια.
- Εύκαμπτοι σωλήνες PVC τύπου HELIFLEX (ηλεκτρολογικοί), κατασκευασμένοι από μαλακό PVC με εσωτερική σπείρα από σκληρά PVC. Ο συνδυασμός αυτός τους καθιστά ταυτόχρονα εύκαμπτους αλλά με μεγάλη μηχανική αντοχή. Χρησιμοποιούνται όπου χρειάζεται μηχανική αντοχή και ευκαμψία π.χ., σε οδεύσεις μέσα από μπετόν. Είναι κατάλληλοι για αγωγούς και καλώδια.
- Γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες με ραφή, λεπτών τοιχωμάτων κατά DIN 2440/61~ (κίτρινη ετικέτα). Οι συνδέσεις και καμπυλώσεις τους γίνονται όπως των υδραυλικών σωλήνων. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ιδιαίτερα αυξημένων απαιτήσεων μηχανικής αντοχής (π.χ. ορατές οδεύσεις, μέσα σε δάπεδα κλπ). Δεν έχουν εσωτερική μονωτική επένδυση και γι' αυτό απαγορεύεται η τοποθέτηση αγωγών μέσα σε αυτούς.
- Σωλήνες PVC σκληροί, πίεσης λειτουργίας 4at. Χρησιμοποιούνται για την προστασία καλωδίων σε οδεύσεις μεγάλου μήκους μέσα σε τάφρους, κανάλια, κλπ.

1.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα προστασίας, ώστε να μη δημιουργούνται κίνδυνοι από τη λειτουργία της. Οι προστασίες αυτές περιλαμβάνουν προστασίες οι οποίες αφορούν :

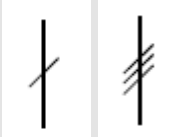
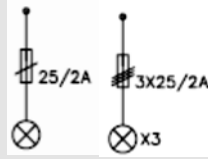
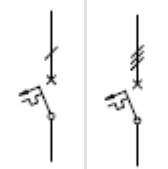
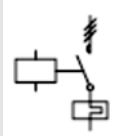
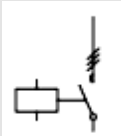
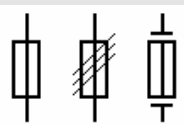
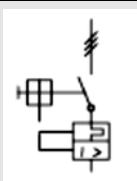
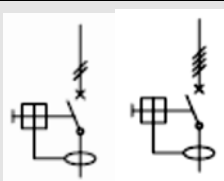
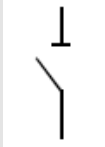
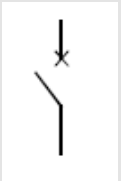
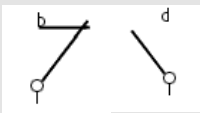
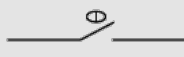
- Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας με χρήση κατάλληλων μεθόδων εγκατάστασης που περιγράφονται στον ΕΛΟΤ HD 384, με χρήση κατάλληλων διακοπών και γειώσεων οι οποίες περιγράφονται στο κεφάλαιο 1.6.
- Προστασία έναντι θερμικών επιδράσεων από τη θερμότητα που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία των ηλεκτρικών διατάξεων, και επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων υλικών και εγκατάσταση των διατάξεων εντός ανθεκτικών σε θερμοκρασία, ηλεκτρικά τόξα και σπινθήρες.
- Προστασία έναντι υπερεντάσεων όπου οι ενεργοί αγωγοί προστατεύονται με μία ή περισσότερες διατάξεις αυτόματης διακοπής της τροφοδότησης, έναντι υπερφορτίσεων ή / και έναντι βραχυκυκλωμάτων. Εξάλλου η προστασία έναντι υπερφορτίσεων και η προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων, πρέπει να συνεργάζονται μεταξύ τους, σύμφωνα με όλους τους ισχύοντες εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς.

Ο χειρισμός των κυκλωμάτων (ζεύξη – απόζευξη) γίνεται από τις ασφάλειες, αλλά από κατάλληλους διακόπτες. Προ των ασφαλειών τοποθετούνται οι διακόπτες και ακολούθως οι ασφάλειες. Η προστασία των γραμμών και των καλωδίων ΧΤ τόσο σε βραχυκυκλώματα όσο και σε υπερφόρτιση γίνεται με τα παρακάτω μέσα, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η προστασία θα είναι πλήρης για γραμμές (κατά ΕΛΟΤ HD 384) :

- μικροαυτόματους προστασίας γραμμών, μέχρι 63 A,
- ασφάλειες τήξης, μέχρι 1250 A περίπου, (χρησιμοποιούνται συνήθως σε κεντρικές παροχές πινάκων και παροχές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με βεβαρυμένο περιβάλλον, κυρίως οι μαχαιρωτές ασφάλειες άνω των 63Α)
- διακόπτες ισχύος με θερμική διέγερση για υπερφόρτιση και ηλεκτρομαγνητική διέγερση για βραχυκυκλώματα, μέχρι και 6300 A.

Σημειώνεται εδώ ότι οι ασφάλειες τήξης ή μικροαυτόματοι ανοίγουν το κύκλωμα σε ρεύματα 160%-210% του ονομαστικού ρεύματος τους, όπως αυτό αναπτύσσεται και στο κεφάλαιο περί διακοπών. Συγκεκριμένα, ασφάλεια των 16Α δεν λειώνει στα 16Α, ούτε καν στα 20Α, αλλά στα 28Α περίπου, σε χρόνους πάνω της μιας ώρας. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384 το ρεύμα απόζευξης πρέπει να είναι μικρότερο το 1,45 της μέγιστης συνεχούς επιτρεπόμενης φόρτισης της γραμμής.

Τα όργανα προστασίας βραχυκυκλωμάτων και υπερέντασης τοποθετούνται στο σημείο τροφοδοσίας της γραμμής. Αν η γραμμή διακλαδίζεται ή αλλάζει διατομή, τότε πρέπει να ελεγχθεί ξανά η προστασία και να τοποθετηθούν νέα μέσα προστασίας στις γραμμές. Ασφάλειες σκόνης και μικροαυτόματοι που είναι εκλεγμένοι για υπερφόρτιση αρκούν κατά κανόνα και για βραχυκυκλώματα μικρής ισχύος ειδικά σε μικρούς καταναλωτές όπως οι οικιακοί. Σε κυκλώματα μικροαυτομάτων τοποθετούνται πριν ασφάλειες σαν εφεδρικό μέσο προστασίας (back up) σε μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλωμάτων. Έτσι, οι μικροί πίνακες διανομής ΧΤ έχουν προστασία στις γραμμές με μικροαυτόματους και ασφάλειες στην τροφοδοσία του πίνακα. Η προστασία των παράλληλων καλωδίων γίνεται συνήθως με ένα κοινό όργανο προστασίας και σπάνια με ένα επιμέρους όργανο. Το πλεονέκτημα της ξεχωριστής προστασίας είναι ότι μόνο η γραμμή με το σφάλμα θα αποχωρισθεί.

Σύμβολο	Περιγραφή	Σύμβολο	Περιγραφή
	Μονοφασική γραμμή Τριφασική γραμμή		Ενδεικτική Λυχνία στους Ζυγούς 3 Ενδεικτικές Λυχνίες στους Ζυγούς
	Γείωση		1-Πολικός Μικροαυτόματος 3-Πολικός Μικροαυτόματος
	3- Πολικός Τηλεχειριζόμενος Διακόπτης με θερμικά		3- Πολικός Τηλεχειριζόμενος Διακόπτης
	1- Πολική Κοχλιωτή Ασφάλεια 3-Πολική Κοχλιωτή Ασφάλεια Μαχαιρωτή Ασφάλεια		3- Πολικός Ασφαλειοαποζεύκτης
	3- Πολικός Αυτόματος Διακόπτης Κινητήρων		2- Πολικός Αυτόματος Διακόπτης Διαρροής 4-Πολικός Αυτόματος Διακόπτης Διαρροής
	2-Πολικός Διακόπτης Φορτιού 3-Πολικός Διακόπτης Φορτιού		Αποζεύκτης
	Διακόπτης ισχύος		Διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική προστασία (έναντι υπερφόρτισης και υπερέντασης)
	Χρονοδιακόπτης		Διακόπτης ρευματοθήσεων
	Θερμικό		Επαφές Κανονικά κλειστή (NC) Κανονικά ανοιχτή (NO)
	Θερμικός διακόπτης υπερφόρτισης		Διακόπτης ελεγχόμενος από πίεση
	Διακόπτης ελεγχόμενος από θερμοκρασία		Διακόπτης ελεγχόμενος από ροή

Οι ηλεκτρονόμοι διαρροής ή διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος χρησιμοποιούνται για την προστασία ατόμων και εγκαταστάσεων από ρεύματα διαρροής και λειτουργούν μαζί με τα συστήματα γειώσεων. Είναι διπολικοί για τις μονοφασικές παροχές ή τετραπολικοί για τις τριφασικές ονομαστικής τάσεως 400/230V. Τοποθετούνται υποχρεωτικά για την προστασία των ατόμων και όπου υπάρχει ανάγκη για προστασία από πυρκαγιά. Το επιτρεπόμενο ρεύμα διαρροής θα είναι 30mA για τα μεγέθη μέχρι 63A και προστασία του προσώπικου (άμεση προστασία) και 300mA για τα μεγαλύτερα μεγέθη (έμμεση προστασία). Οι ηλεκτρονόμοι διαρροής ή διακόπτες διαφυγής έντασης, τοποθετούνται πριν το γενικό διακόπτη χειρισμού των κυκλωμάτων ώστε να αποξέυουν τόσο τις φάσεις όσο και τον ουδέτερο του κυκλώματος. Χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά στους οικιακούς καταναλωτές, και σε μεγάλες καταναλώσεις για την προστασία από διαρροή των εγκαταστάσεων φωτισμού, ρευματοδοτών και συσκευών. Δε χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις κίνησης.

Οι μικροαυτόματοι χρησιμοποιούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους σε παρατεταμένη υπερένταση και βραχυκύκλωμα, για οικιακά κυκλώματα (φωτισμού, κίνησης, κουζίνες, θερμοσίφωνες, κλπ) και κυκλώματα φωτισμού ρευματοδοτών. Έχουν τυποποιημένες τιμές ρεύματος από 4 έως 63 A με ικανότητες διακοπής 3, 6 και 10kA. Η χαρακτηριστική τους καθορίζει και το είδος του φορτίου που μπορεί να ασφαλιστεί. Η χαρακτηριστική B ή L (ανάλογα με την εταιρία) αφορά συνήθως τα κυκλώματα φωτισμού ενώ οι χαρακτηριστικές K, G ή M (ανάλογα με την εταιρία) συσκευές.

Οι ασφάλειες τήξης είναι διατάξεις διακοπής υπερεντάσεων οι οποίες λειτουργούν μέσω της τήξης του τηκτού (μεταλλικός αγωγός συγκεκριμένης κατασκευαστικής γεωμετρίας ώστε να λιώσει σε συγκεκριμένες συνθήκες) και τοποθετούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους. Οι ασφάλειες τήξης επιλέγονται σύμφωνα με την ονομαστική τάση, το ονομαστικό ρεύμα και την ονομαστική ισχύ ή ρεύμα διακοπής. Ο τύπος της ασφάλειας προσδιορίζεται με βάση την ισχύ ή ρεύμα διακοπής και οι τρεις βασικοί τύποι που υπάρχουν D, DO, NH αντιστοιχούν σε μέγιστα ρεύματα διακοπής 50kA, 25kA και 100kA αντίστοιχα. Στις εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι ασφαλειών ασφάλειες D (μεγάλες βιδωτές λέγονται ασφάλειες Diazed), ασφάλειες DO (μικρές βιδωτές λέγονται ασφάλειες Neozed), ασφάλειες NH ή HRC (μαχαιρωτές, από τον γερμανικό όρο Niederspannung-Hochleistungssicherungen ή αντίστοιχα από τον αγγλικό όρο High Rupture Capacity). Στις συσκευές χρησιμοποιούνται οι ασφάλειες τύπου G (είναι οι μικροασφάλειες σε κυλινδρικό γυάλινο σωλήνα, από τον γερμανικό όρο Gerateschutzsicherungen). Οι ασφάλειες D, DO και NH χρησιμοποιούν σκόνη χαλαζία για τη σβέση του τόξου. Η λειτουργία τους δεικνύεται από δύο γράμματα το πρώτο το οποίο παίρνει την τιμή g στην περίπτωση πλήρους προστασίας των γραμμών σε όλη την περιοχή ρευμάτων και a στην περίπτωση μερικής προστασίας σε υψηλά ρεύματα (χρήσιμες σε κινητήρες λόγω ρευμάτων εκκίνησης). Το δεύτερο γράμμα δεικνύει τη λειτουργία ή την εγκατάσταση που προστατεύεται και έχει τιμές G για γραμμές, καλώδια και γενικές εφαρμογές, M για κινητήρες και διακόπτες, R για ημιαγωγικά στοιχεία, B για εγκαταστάσεις ορυχείων, και Tr για μετασχηματιστές. Χρησιμοποιούνται σε συνεργασία με αποξέυκτες ή διακόπτες φορτίου.

Οι διακόπτες κλείνουν ή ανοίγουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα, κατόπιν εντολής λειτουργίας, από χειριστή ή από ένα σήμα. Αποτελούνται από κινητά και σταθερά μέρη. Τα μεταλλικά τμήματα των μερών αυτών, με τα οποία επιτυγχάνεται η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζονται επαφές. Οι θέσεις σύνδεσης των αγωγών στους διακόπτες ονομάζονται ακροδέκτες. Όλες οι επαφές ενός διακόπτη κλείνουν ή ανοίγουν ταυτόχρονα κατά τον αντίστοιχο χειρισμό. Οι διακόπτες μπορεί να έχουν θερμική διέγερση για υπερφόρτιση και ηλεκτρομαγνητική διέγερση για βραχυκυκλώματα, ώστε να παρέχουν τις αντίστοιχες προστασίες στα κυκλώματα, και διακρίνονται, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής, στις βασικές κατηγορίες που ακολουθούν στις επόμενες παραγράφους.

Οι αποζεύκτες, ανοίγουν και κλείνουν εν κενό ή πολύ χαμηλές τιμές ρεύματος. Δεν έχουν ισχύ διακοπής και χρησιμοποιούνται για την απομόνωση του κυκλώματος από το δίκτυο (διακοπή της τάσης) αφού έχει γίνει η απόζευξη του φορτίου, ώστε οι διάφορες εργασίες συντήρησης να είναι ακίνδυνες. Σε μικρά ονομαστικά μεγέθη είναι διακόπτες ράγας οι οποίοι προσομοιάζουν τους διακόπτες τύπου μικροαυτόματου.

Οι διακόπτες φορτίου συνδέουν και αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία με ένταση το πολύ ίση με την ονομαστική τους, ενώ δεν έχουν ικανότητα διακοπής σε συνθήκες βραχυκυκλώματος. Η λειτουργία τους μπορεί να είναι χειροκίνητη ή με ηλεκτρομαγνητικούς μηχανισμούς (για απομακρυσμένο χειρισμό, ή μεγάλα φορτία, συνήθως). Οι διακόπτες αυτοί δεν προστατεύουν τα κυκλώματα από υπερεντάσεις και συνδυάζονται πάντα με ασφάλειες (είτε τήξης, είτε τύπου μικροαυτόματους) για την προστασία των κυκλωμάτων. Χαρακτηρίζονται από την ονομαστική τάση και την ονομαστική ένταση λειτουργίας. Σε μικρά ονομαστικά μεγέθη είναι διακόπτες ράγας οι οποίοι προσομοιάζουν τους διακόπτες τύπου μικροαυτόματου, και έχουν αντίστοιχες τιμές ισχύος βραχυκύκλωσης.

Οι διακόπτες ισχύος μπορούν να χειρίζονται (ζεύξη, απόζευξη) κυκλώματα ακόμα και σε συνθήκες βραχυκυκλώματος. Ονομάζονται και απλώς αυτόματοι ενώ χρησιμοποιούνται για την προστασία σε υπερρεύματα ή και ταυτόχρονα σαν γενικό μέσο ζεύξης (όχι όμως για ζεύξεις και αποζεύξεις μικρών φορτίων). Ο αυτόματος διακόπτης δηλαδή την εκδήλωση του ηλεκτρικού τόξου, χωρίς κίνδυνο για το χειριστή και την εγκατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ειδικών μηχανισμών ελατηρίων και επαφών, για την ταχύτατη κίνηση των επαφών (συγκριτικά προς τους άλλους διακόπτες), καθώς και μέσα σβέσης του ηλεκτρικού τόξου και απαγωγής της θερμότητας του (θάλαμοι σβέσης του τόξου στον αέρα στην περίπτωση των διακοπών χαμηλής τάσης). Συνήθως έχουν θερμικό και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο ρυθμιζόμενα ή σταθερά, ενώ ανάλογα την εφαρμογή μπορούν να έχουν, στοιχείο έλλειψης τάσης, βοηθητικές επαφές σήμανσης και μανδάλωσης, καθώς και στοιχεία καθυστέρησης της απόζευξης. Οι διακόπτες ισχύος κατασκευάζονται από 20 A έως 6300 A για λίγους κύκλους λειτουργίας, π.χ. για 2000-10000 ανοίγματα και κλεισίματα. Οι επαφές ισχύος απομακρύνονται με τη βοήθεια κατάλληλου ελατηρίου που πρέπει να οπλιστεί μετά την πτώση του διακόπτη. Ο οπλισμός γίνεται χειροκίνητα με κουμπί, μοχλό ή με κινητήρα, οπότε ο οπλισμός μπορεί να γίνει από μακριά (τηλεχειριζόμενος).

Οι διακόπτες εκκινητές κινητήρων είναι μία ειδική κατηγορία διακοπών φορτίου, κατάλληλη για τις βαριές συνθήκες εκκίνησης, σταματήματος και αλλαγής φοράς περιστροφής κινητήρων, όπου τα ρεύματα είναι πολλαπλάσια του ονομαστικού. Για την προστασία των κινητήρων χρησιμοποιούνται αυτόματοι με ρυθμιζόμενο θερμικό ή και ρυθμιζόμενο ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο. Η διαφορά από τους κοινούς διακόπτες γραμμών είναι ότι, η κατηγορία χρήσης τους είναι AC3 (κινητήρες μιας φοράς περιστροφής χωρίς έντονη πέδηση) ή AC4 (κινητήρες με γρήγορη αναστροφή ή και πέδηση). Οι αυτόματοι κινητήρων χρησιμοποιούνται και για την εκκίνηση των κινητήρων και έτσι η διάρκεια ζωής τους και η αντοχή τους σε ρεύμα είναι μεγαλύτερη από ότι σε αυτόματους γραμμών ή συσκευών.

Οι ασφαλειοαποζεύκτες αποτελούνται από συνδυασμό μαχαιρωτών συνήθως ασφάλειες, τύπου NH, με μαχαιρωτούς αποζεύκτες σε τριφασικά συστήματα κυρίως. Υπάρχουν και ασφαλειοαποζεύκτες οι οποίοι είναι μονοφασικοί και χρησιμοποιούνται σπάνια σε μικρής ισχύος φορτία. Έχουν διπλή λειτουργία σε πίνακες διανομής αφού αντικαθιστούν τις ασφάλειες και τους αποζεύκτες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται συχνά σε εγκαταστάσεις ισχύος. Γενικά, οι ασφαλειοαποζεύκτες μπορούν να κλείνουν ή να ανοίγουν χειροκίνητα υπό φορτίο. Η κίνηση αυτή πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρήγορα για να μη διαρκεί πολύ χρόνο το ηλεκτρικό τόξο. Γενικά συνίσταται να αποφεύγονται για εγκαταστάσεις τις οποίες δε χειρίζεται ειδικευμένο προσωπικό. Υπάρχουν ασφαλειοαποζεύκτες μέχρι και 1250 A. Συνδυάζονται συχνά και με βοηθητικές επαφές για σήμανση ή έλεγχο.

Στις οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν εφαρμογή οι αποξεύκτες (μονοπολικοί, διπολικοί και τριπολικοί, ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος του φορτίου). Οι μονοπολικοί αποξεύκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως γενικοί διακόπτες στους μονοφασικούς πίνακες. Οι διπολικοί ως διακόπτες στις αναχωρήσεις προς την ηλεκτρική κουζίνα και τον θερμοσίφωνα (για να κάνουν απόξευση και στον ουδέτερο). Οι τριπολικοί αποξεύκτες χρησιμοποιούνται σε τριφασικούς οικιακούς πίνακες και τριφασικές αναχωρήσεις. Επίσης αντίστοιχη εφαρμογή έχουν οι αποξεύκτες και στην περίπτωση εγκαταστάσεων ή πινάκων που προσομοιώνουν τους οικιακούς, ελέγχοντας πάντα την ισχύ βραχυκύκλωσης του κυκλώματος και την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν. Σημειώνεται εδώ ότι η μέγιστη τιμή ρεύματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας κοινός αποξεύκτης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 63A για λόγους ασφαλείας του χειριστή της εγκατάστασης.

Στις περιπτώσεις που το ονομαστικό ρεύμα της εγκατάστασης είναι πάνω από 63A χρησιμοποιείται ως μέσο χειρισμού της ο αυτόματος διακόπτης, ενώ ο αποξεύκτης χρησιμεύει μόνο ως μέσο απομόνωσης της από την τάση, αφού όμως γίνει διακοπή της τάσης προς το φορτίο μέσω του αυτόματου διακόπτη.

Τα μέσα προστασίας που τοποθετούνται μέσα στους πίνακες πρέπει να συντονισμένα ώστε να επιτυγχάνεται επιλεκτική προστασία των εγκαταστάσεων και των γραμμών.

1.5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ, ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

Οι ηλεκτρικοί πίνακες χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ενέργειας σε διάφορα κυκλώματα και συσκευές και για το χειρισμό και την προστασία αυτών. Εντός των πινάκων τοποθετούνται τα μέσα προστασίας (αυτόματοι, ασφάλειες, κ.τ.λ.) τα μέσα χειρισμού και ελέγχου, (χρονοδιακόπτες, ρελαί), τα όργανα μέτρησης (αμπερόμετρα, βολτόμετρα, μετρητές ενέργειας, κ.τ.λ.), οι σημάνσεις, (ενδεικτικές λυχνίες) και γενικότερα όλες οι διατάξεις που απαιτούνται για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν.

Σε μικρούς καταναλωτές, όπως π.χ. μικρές κατοικίες, τοποθετείται ένας μόνο πίνακας. Όταν υπάρχουν όμως πολλά σημεία κατανάλωσης εκτεταμένα σε διάφορους χώρους, ή αλλάζουν οι όροφοι του κτηρίου τοποθετούνται περισσότεροι ηλεκτρικοί πίνακες για λόγους λειτουργικότητας χώρου και εύκολου χειρισμού. Υπάρχει ένας κεντρικός ή κύριος πίνακας (γενικός πίνακας) που τροφοδοτεί όλους τους υπόλοιπους πίνακες (υποπίνακες). Οι καταναλώσεις ομαδοποιούνται ανά χώρο (π.χ. 1ος όροφος, ισόγειο, υπόγειο) ή και ανά είδος κατανάλωσης (φωτισμός, κίνηση). Κάθε τέτοια ομάδα φορτίων εξυπηρετείται από ένα υποπίνακα. Σε μία τυπική διώροφη κατοικία ο διαχωρισμός και η ομαδοποίηση γίνεται ανά όροφο και τοποθετείται ένας πίνακας σε κάθε όροφο και ένας στο λεβητοστάσιο. Ένας βασικός κανόνας ομαδοποίησης σε μεγάλους καταναλωτές είναι σε πίνακες κίνησης, φωτισμού και γενικών λειτουργιών (π.χ. μηχανοστάσιο). Σε μεγάλα κτήρια του τριτογενή τομέα τοποθετείται τουλάχιστον ένας πίνακας φωτισμού και πιθανόν και ένας πίνακας κίνησης ανά όροφο. Επίσης σε ξεχωριστό υποπίνακα πρέπει να συνδέονται και οι καταναλώσεις για τις οποίες υπάρχει απαίτηση εφεδρικής παροχής για λόγους ασφαλείας (π.χ. φορτία που τροφοδοτούνται από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος)

Η γραμμή παροχής ενός πίνακα ή αντίστοιχα υποπίνακα ασφαρίζεται πάντα έναντι υπερφόρτισης και υπερέντασης με χρήση των μέσων προστασίας που περιγράφησαν στην προηγούμενη παράγραφο. Συνήθως χρησιμοποιούνται ως μέσα ασφάλισης στους οικιακούς πίνακες και τους πίνακες ή υποπίνακες μικρών καταναλώσεων που προσομοιάζουν τους οικιακούς (έως 63A), αποξεύκτες ή διακόπτες φορτίου με ασφάλειες τύπου D ή DO και διακόπτη διαφυγής έντασης 30mA. Σε γενικούς πίνακες ή υποπίνακες (φωτισμού ή κίνησης) ορόφων η ασφάλιση της παροχής γίνεται με

χρήση διακοπών ισχύος με θερμικά και μαγνητικά στοιχεία, ή με διακόπτες φορτίου και ασφάλειες, και οι διακόπτες διαφυγής έντασης τοποθετούνται εσωτερικά σε ομάδα φορτίων όπου χρειάζεται. Αν χρησιμοποιηθούν διακόπτες ισχύος με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά δεν απαιτείται η χρήση διακόπτη φορτίου και ασφαλειών. Οι γραμμές αναχώρησης ενός πίνακα ασφαρίζονται με μικροαυτόματους ή αποξεύκτες και μικροαυτόματους μέχρι 63A, ασφαλειοαποξεύκτες ή ασφάλειες με διακόπτες φορτίου μέχρι 400A, και διακόπτες ισχύος μέχρι 4000A. Σε κάθε περίπτωση τα μέσα προστασίας συνεργάζονται ώστε να επιτυγχάνεται επιλεκτική προστασία.

Η επιλογή, η διαστασιολόγηση και η κατασκευή ενός πίνακα γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- Ισχύς παροχής: Αυτή δίνεται σε Ampere ή kVA και προσδιορίζει το μέγεθος της υποδοχής των καλωδίων, των διακοπών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού. Κατά συνέπεια προσδιορίζει και τις διαστάσεις του πίνακα.
- Εισερχόμενα και εξερχόμενα κυκλώματα και ισχύεις αυτών καθώς και πρόβλεψη εφεδρείας για μελλοντικές ανάγκες της εγκατάστασης (συνήθως εφεδρεία χώρου μέσα στους πίνακες). Καθορίζουν το υπόλοιπο ηλεκτρολογικό υλικό που τοποθετείται στον πίνακα και κατά συνέπεια προσδιορίζουν μαζί με την ισχύ της παροχής τις διαστάσεις του πίνακα.
- Βαθμός προστασίας: Αυτός προσδιορίζει την καταλληλότητα του πίνακα σε σκόνη, νερό και υγρασία. Αναλυτικά ο βαθμός προστασίας παρουσιάζεται στους πίνακες 1.5.1.α και β.
- Μηχανικές και περιβαλλοντολογικές συνθήκες: Αυτές προσδιορίζουν το υλικό του πίνακα και επηρεάζουν το βαθμό προστασίας. Π.χ, αν υπάρχει οξειδωτική ατμόσφαιρα και μηχανικές κρούσεις επιλέγονται ανοξειδωτοι στεγανοί πίνακες.

Πίνακας 1.5.1α Δείκτης ή βαθμός προστασίας ηλεκτρικών πινάκων και ερμαρίων σύμφωνα με το EN60529

1ος αριθμός: προστασία από στερεά σωματίδια		2ος αριθμός: προστασία από υγρά	
P	περιγραφή	P	περιγραφή
0	καμιά προστασία	0	καμιά προστασία
1	προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από Ø50 mm (π.χ. από τυχαία επαφή με το χέρι)	1	προστασία από κάθετη πτώση σταγόνων νερού
2	προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από Ø12,5 mm (π.χ. από τυχαία επαφή με το δάχτυλο). Είναι η ελάχιστη προστασία από άμεσες επαφές	2	προστασία από πτώση σταγόνων νερού από γωνιά έως 15° από την κατακόρυφο
3	προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από Ø2,5 mm (π.χ. εργαλεία, καλώδια)	3	προστασία από πτώση νερού βροχής, υπό γωνιά έως 60° από την κατακόρυφο
4	προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από Ø1 mm (π.χ. λεπτά καλώδια, μικροεργαλεία)	4	προστασία από πτώση νερού από κάθε κατεύθυνση
5	προστασία από τη σκόνη. Δεν επιτρέπει τη διείσδυση σκόνης σε ποσότητα που να μπορεί να επηρεάσει την ικανοποιητική λειτουργία των υλικών που βρίσκονται μέσα	5	προστασία από εκτόξευση νερού από όλες τις κατευθύνσεις
6	απόλυτη προστασία από τη σκόνη	6	προστασία από εκτόξευση νερού με πίεση ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα
		7	προστασία σε περίπτωση βύθισης σε μικρό βάθος
		8	προστασία σε περίπτωση βύθισης διαρκείας σε βάθος

Πίνακας 1.5.1β Προαιρετικά γράμματα συμπληρωματικά του δείκτη ή βαθμός προστασίας ηλεκτρικών πινάκων και ερμαρίων σύμφωνα με το EN60529

Πρόσθετο γράμμα (προαιρετικό)		Συμπληρωματικό γράμμα (προαιρετικό)	
IP	Περιγραφή προστασίας έναντι επαφής επικίνδυνων μερών	P	Περιγραφή συμπληρωματικής πληροφορίας για
A	Με το πίσω μέρος χεριού	H	Συσκευές – Διατάξεις υψηλής τάσης
B	Με το δάκτυλο	M	Κίνηση κατά τη διάρκεια της δοκιμής με νερό
C	Με εργαλείο	S	Ακίνησια κατά τη διάρκεια της δοκιμής με νερό
D	Με καλώδιο Ø1,0mm και μήκους 100mm	W	Καιρικές συνθήκες

Ο βαθμός προστασίας πινάκων και ερμαρίων ηλεκτρολογικού υλικού χαμηλής τάσης καθορίζεται από το δείκτη ή βαθμό προστασίας IP, που καθορίζεται από τους κανονισμούς EN 60529 και αφορά τις εξωτερικές επιδράσεις. Ο δείκτης προστασίας χαρακτηρίζεται από 2 αριθμούς όπου ο 1ος αριθμός (από 0 ως 6) αφορά στην προστασία από τη διείσδυση στερεών σωματιδίων και ο 2ος αριθμός (από 0 ως 8) στην προστασία από τη διείσδυση υγρών. Επιπλέον αυτών υπάρχουν και δύο επιπλέον ψηφία προαιρετικά τα οποία ακολουθούν τους αριθμούς και δίνονται στον πίνακα 1.5.1.β. Έτσι η πλήρης μορφή του βαθμού προστασίας ενός πίνακα ή ερμαρίου είναι IPXXYY, όπου XXYY αντιστοιχούν στο πρώτο και δεύτερο ψηφίο πρόσθετο γράμμα και συμπληρωματικό γράμμα αντίστοιχα. Οι συνθήκες τύποι ηλεκτρικών πινάκων είναι :

- εντοιχιζόμενοι πίνακες για μέχρι 100 A (τριφασικοί),
- πίνακες επιτοίχιοι, τύπου ερμαρίου, συνήθως μέχρι 630A ή 800A και σπανιότερα μέχρι 1250A,
- πίνακες τύπου πεδίων, κατάλληλοι για ελεύθερη έδραση στο δάπεδο, μέχρι 6300A.

Σε οικιακούς και μικρούς καταναλωτές συνηθίζονται χαλύβδινοι με ηλεκτροστατική βαφή ή πλαστικοί πίνακες με σύστημα ράγας. Στις ράγες προσαρμόζονται (κουμπώνουν) τα διάφορα υλικά, όπως διακόπτες, ρελαί χρονοδιακόπτες, ενδεικτικές λυχνίες, ηλεκτρονικά εξαρτήματα κ.λπ. Η ράγα έχει πλάτος, όπως και οι συσκευές, και μήκος που αντιστοιχεί σε πολλαπλάσια μιας μονάδας σύγκρισης, συνήθως 18 mm (πλάτος μονοπολικού μικροαυτόματου, ή στοιχείου). Οι αποστάσεις μεταξύ των παραλλήλων ράγιων είναι 125 mm, κατά DIN 43880 ενώ στο εμπόριο υπάρχουν και πίνακες με 100 mm απόσταση. Οι πίνακες αυτοί έχουν προστασία συνήθως IP30, IP41 και IP43.

Οι εξωτερικοί πίνακες είναι μεταλλικοί, στεγανοί, και αποτελούνται από τυποποιημένα πεδία ή ερμάρια και φέρουν στο εμπρός τμήμα τους θύρες επίσκεψης με κλειδαριά. Είναι κατασκευασμένοι από μεταλλικό έλασμα πάχους τουλάχιστον 1,5 - 2mm με επικάλυψη θερμικά πολυμερισμένης εποξειδικής πούδρας, συνήθως με απόχρωση γκρι RAL7032. Προσφέρουν συνήθως προστασία IP54 ή IP65 ανάλογα με τη χωροθέτηση τους κατά EN 60529 με χρήση κατάλληλων στυπιοθλήπτες. Σε ειδικές εφαρμογές κατασκευάζονται από ανοξείδωτο φύλλο πάχους 1,5-2mm, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατάλληλα πλαστικά υψηλής αντοχής ερμάρια.

Εσωτερικά στους επίτοιχους ή τύπου πεδίων πίνακες υπάρχει συνήθως κατάλληλο σύστημα μπαρών χαλκού ορθογωνικής διατομής για την συνεχή λειτουργία και υπό πλήρες φορτίο όλων των καταναλωτών του πίνακα καθώς και για τις μελλοντικές προσθήκες που θα μπορεί ο πίνακας να τροφοδοτήσει. Το σύστημα των μπαρών στηρίζεται σε κατάλληλους μονωτήρες μετά από μελέτη της μηχανικής και ηλεκτρικής καταπόνησής τους. Η τροφοδοσία των καταναλωτών με το σύστημα μπαρών γίνεται με καλώδια κατάλληλης διατομής για την συνεχή λειτουργία του αντίστοιχου

καταναλωτή. Σε πολλές περιπτώσεις οι αναχωρήσεις προς τους καταναλωτές καταλήγουν σε κατάλληλες κλέμμες, όπου βρίσκονται και οι κλεμμοσειρές για τα καλώδια αυτοματισμού (προς τα χειριστήρια / αισθητήρια) με κατάλληλη σήμανση των κυκλωμάτων. Συνήθως στο κάτω μέρος αυτών των πινάκων τοποθετείται ζυγός (μπάρα) γείωσης κατάλληλης διατομής όπου θα συνδεθούν όλοι οι αγωγοί γείωσης των καλωδίων τροφοδοσίας των καταναλωτών, ενώ υπάρχει ζυγός ουδέτερου με πλήρη διατομή.

1.6. ΓΕΙΩΣΕΙΣ, ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ, ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ

1.6.1. Γειώσεις – Γειώσεις συσκευών

Η γείωση απαιτείται σε κάθε εγκατάσταση και συσκευή, καθώς μέσω αυτής παροχετεύεται το ρεύμα από τα σφάλματα προς τη γη. Η έλλειψη γείωσης ή η μεγάλη τιμή στην αντίσταση της γείωσης μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη σημαντικών τιμών στα μεταλλικά εκτεθειμένα μέρη των συσκευών ή των εγκαταστάσεων αυξάνοντας τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας για τους χρήστες ή της βλαβών στον εξοπλισμό. Οι βασικοί ορισμοί έχουν ως εξής:

- Γείωση ορίζεται η αγωγή σύνδεση, σκόπιμη ή τυχαία, μέσω της οποίας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή μια συσκευή συνδέεται με τη γη ή με αγωγίμο σώμα τέτοιας έκτασης που να θεωρείται γη.
- Ως ηλεκτρόδιο γείωσης ορίζεται ένα αγωγίμο σώμα ή ένα σύνολο αγωγίμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, το οποίο εξασφαλίζει την ηλεκτρική σύνδεση με αυτήν.
- Αγωγός γείωσης είναι ο αγωγός που συνδέει τον κύριο ακροδέκτη γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Αγωγός προστασίας (σύμβολο PE) είναι ο αγωγός που απαιτείται για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων προστασίας και προορίζεται για την ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών προς ξένα αγωγίμα στοιχεία, τον κύριο ακροδέκτη γείωσης ή το ηλεκτρόδιο γείωσης, ή το γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητό ουδέτερο κόμβο.
- Αγωγός PEN είναι ο γειωμένος αγωγός που συνδυάζει τις λειτουργίες του αγωγού προστασίας και του ουδέτερου αγωγού.
- Κύριος ακροδέκτης γείωσης, κύριος ζυγός γείωσης είναι ένας ακροδέκτης ή ζυγός που προορίζεται για τη σύνδεση των αγωγών προστασίας (περιλαμβανομένων των αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης), των αγωγών γείωσης, και ενδεχομένως, των αγωγών σύνδεσης μιας γείωσης λειτουργίας (αν υπάρχει).
- Ισοδυναμική σύνδεση είναι η ηλεκτρική σύνδεση που διατηρεί στο ίδιο ή περίπου στο ίδιο δυναμικό τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία.
- Αγωγός ισοδυναμικής σύνδεσης είναι ένας αγωγός που εξασφαλίζει ισοδυναμική σύνδεση.
- Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης το οποίο ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας. Η γείωση λειτουργίας μπορεί να μην περιλαμβάνει άλλες αντιστάσεις, εκτός της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης ή να περιλαμβάνει πρόσθετες ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές αντιστάσεις. Ανοικτές γειώσεις δεν μπορούν να θεωρούνται γειώσεις λειτουργίας.
- Γείωση προστασίας είναι η χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων (πλην της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης) γείωση ενός αγωγίμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας για την προστασία ατόμων και ζώων έναντι υψηλών τάσεων επαφής.

Ένα επιπλέον είδος γείωσης είναι η γείωση του συλλεκτήριου συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας. Η γείωση αυτή οδηγεί προς τη γη το κεραυνικό ρεύμα σε περίπτωση που το συλλεκτήριο σύστημα δεχθεί άμεσο κεραυνικό πλήγμα, και προστατεύει την εγκατάσταση από τους κεραυνούς. Συνήθως μεταξύ του συλλεκτήριου και της γείωσης παρεμβάλλεται κατάλληλη διάταξη σπινθηριστή. Υπό προϋποθέσεις που έχουν να κάνουν με τις ιδιαιτερότητες των εγκαταστάσεων και την τιμή των επιμέρους γειώσεων είναι δυνατή η σύνδεση αυτής της γείωσης με τις υπόλοιπες της εγκατάστασης.

Ένας παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την αντίσταση της γείωσης είναι το είδος του εδάφους. Ανάλογα με το είδος του εδάφους αλλάζει η ειδική αντίσταση του, η οποία επηρεάζει την τιμή της αντίστασης γείωσης την οποία θα πετύχει η μέθοδος γείωσης που θα επιλεγεί για την προστασία της εγκατάστασης. Έτσι επηρεάζεται και η τιμή της τάσης που αναπτύσσεται στα μεταλλικά σε περίπτωση σφάλματος. Στον πίνακα 1.6.1 φαίνονται ενδεικτικές μέσες τιμές ειδικής αντίστασης για διάφορα είδη εδαφών.

Πίνακας 1.6.1 Ενδεικτικές μέσες τιμές ειδικής αντίστασης για διάφορα είδη εδαφών και σκυροδέματος

Έδαφος	Ελώδες υγρό	Άργιλος, πηλός, αγρός	Υγρή άμμος	Υγρά χαλίκια	Ξηρή άμμος, χαλίκια	Βράχος	Σκυρόδεμα με αναλογία άμμος/χαλίκι 3/1	Σκυρόδεμα με αναλογία άμμος/χαλίκι 5/1
ρ (Ωm)	30-50	100	200	500	1000	3000	150	400

Πίνακας 1.6.2 Τύποι υπολογισμού της αντίστασης γείωσης R_A για διάφορες βασικές μορφές ηλεκτροδίων.

α/α	Μορφή γείωσης	Τύπος	Προσεγγιστικός τύπος	Παρατηρήσεις
1	Ηλεκτρόδιο ράβδου μπηγμένο κατακόρυφα ή υπό κλίση	$R_A = \frac{\rho}{2\pi l_{EFF}} \ln \frac{4l_{EFF}}{d}$	$R_A = \frac{\rho}{l_{EFF}}$	$d = \sqrt{4A / \pi}$ $l_{EFF} \approx l - 0,5m$ ή $l_{EFF} \approx l$
2	Ηλεκτρόδιο από n-ράβδους στις κορυφές n-γώνου πλευράς α	$R_{An} = k \frac{1}{n} R_A$	---	$k = (1...1,5)$ π.χ. για $n=5$ $k \approx 1,2$
3	Οριζόντιο ηλεκτρόδιο με αγωγό σε ευθύγραμμο όρυγμα βάθους $0,5 \div 1m$	$R_A = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$R_A = \frac{2\rho}{l}$	$d = \sqrt{4A / \pi}$
4	Πλέγμα διαστάσεων $b \times l = A$ εντός ορύγματος βάθους $0,5 \div 1m$, με συνολικό μήκος αγωγού l_g	$R_A \approx \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{l_g}$	$R_A \approx \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{l_g}$	$D = \sqrt{4A / \pi}$
5	Οριζόντιο ηλεκτρόδιο με αγωγό περιμετρικά του κτηρίου σε βάθος $0,5 \div 1m$ που περικλείει εμβαδό A	---	$R_A = \frac{2\rho}{\pi D}$	$D = \sqrt{4A / \pi}$
6	Ηλεκτρόδιο γείωσης πλάκας εμβαδού A σε κατακόρυφη θέση, εντός του εδάφους σε βάθος $0,5 \div 1m$	---	$R_A = \frac{\rho}{4,5a}$	$a = \sqrt{A}$
7	Γειωτής ημισφαιρικής μορφής, όγκου V, με ηλεκτρόδιο οριζόντιων αγωγών	$R_A = \frac{\rho}{\pi D}$	---	$D = 1,57 \sqrt[3]{V}$

Όπου R_A είναι η αντίσταση γείωσης σε Ω , ρ είναι η ειδική αντίσταση της γης σε Ωm , l το μήκος του ηλεκτροδίου.

Σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις οι συνηθέστεροι τρόποι γείωσης πριν την καθιέρωση της θεμελιακής γείωσης ως υποχρεωτικής, ήταν η χρήση ηλεκτροδίου γείωσης ή η σύνδεση στο δίκτυο ύδρευσης (συνήθης γείωση σε παλιές οικιακές εγκαταστάσεις). Σε αυτές τις περιπτώσεις το ηλεκτρόδιο γείωσης κατασκευαζόταν από χαλκό, ή από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα, και είχε διάφορες διαστάσεις και σχήματα όπως κυλινδρικές συμπαγείς ράβδοι, σωλήνες με κατάλληλες κεφαλές έμπηξης, πλάκες. Τα ηλεκτρόδια αυτά τοποθετούνταν στο έδαφος (μπήγονταν ή θάβονταν) σε διάφορα γεωμετρικά σχήματα, με πλέον κοινό το ισόπλευρο κατά το δυνατόν τρίγωνο, πολύγωνο, δακτύλιο, κυκλικά, πλέγμα, κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές η αντίσταση γείωσης ήταν συνήθως πάνω από 10Ω, ενώ η γείωση παρουσίαζε και αρκετές φθορές εάν τα ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα σε ορισμένα σφάλματα να μην μπορεί να επιτελέσει τη λειτουργία της. Ο πίνακας 1.6.2 δίνει τους τύπους υπολογισμού της αντίστασης γείωσης R_A για διάφορες βασικές μορφές ηλεκτροδίων.

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων είναι της μορφής XX-Y δύο κύρια γράμματα και ένα επόμενο (αν υπάρχει) και είναι ο ακόλουθος:

Το πρώτο γράμμα αφορά τη σχέση του συστήματος τροφοδότησης με τη γη,

T = άμεση σύνδεση του ουδέτερου με τη γη,

I = όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείο συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής.

Το δεύτερο γράμμα αφορά τη σχέση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη :

T = άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδέτερου του συστήματος τροφοδότησης.

N = άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης

Τα επόμενα γράμματα (αν υπάρχουν) αφορούν τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας.

S = η προστασία εξασφαλίζεται από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο.

C = οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγό PEN).

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, μπορεί να συνδέεται με τη γη ένα άλλο σημείο του συστήματος τροφοδότησης. Σε αυτή την περίπτωση όσα αναφέρθηκαν για τη σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τον ουδέτερο ισχύουν για τη σύνδεσή τους με τον γειωμένο αγωγό του συστήματος τροφοδότησης.

Τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384, στα τριφασικά και στα μονοφασικά συστήματα τροφοδότησης περιγράφονται παρακάτω αναλυτικότερα:

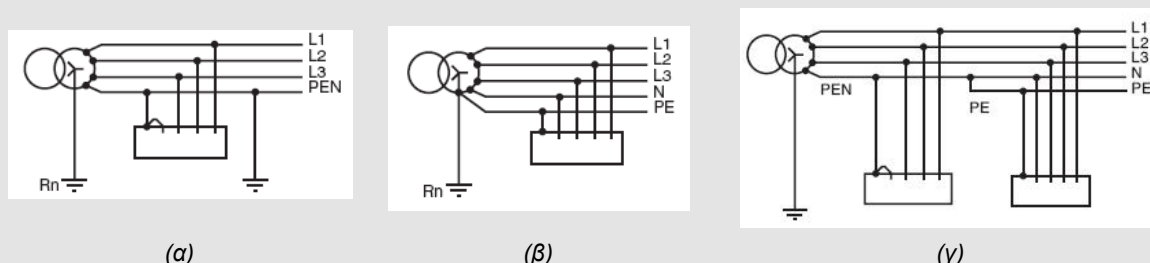
Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN. Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, έχουν τον ουδέτερο (ή, αν δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους) άμεσα (δηλ. χωρίς ηθελημένη αντίσταση) γειωμένο, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο (ή με το γειωμένο σημείο) μέσω αγωγών προστασίας. Διακρίνονται τρεις ειδικότερες μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN, ανάλογα με τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας, ως εξής:

- Σύστημα TN-C, στο οποίο οι λειτουργίες ουδέτερου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα (σχήμα 1.6.1α).
- Σύστημα TN-S, στο οποίο ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας είναι χωριστοί σ' ολόκληρο το σύστημα (σχήμα 1.6.1β).

- Σύστημα TN-C-S, στο οποίο οι λειτουργίες ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος (σχήμα 1.6.1γ).

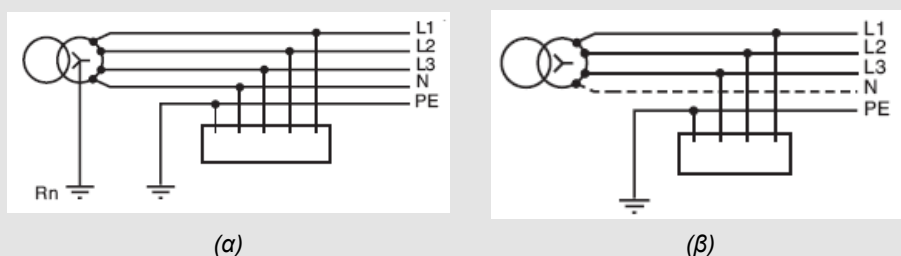
Σημειώνεται εδώ ότι κάθε ρεύμα πλήρους (δηλ. χωρίς αντίσταση) σφάλματος μεταξύ φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας γίνεται ρεύμα στερεού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσης και ουδετέρου.

Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT. Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, έχουν τον ουδέτερο (ή, στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους) άμεσα συνδεδεμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικά ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης. Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT παριστάνεται σχηματικά στο σχήμα 1.6.2.α. Επειδή παρεμβάλλονται οι αντιστάσεις γείωσης το ρεύμα σφάλματος μεταξύ φάσης και εκτεθειμένων αγωγίμων μερών είναι μικρότερο από το ρεύμα ενός στερεού βραχυκυκλώματος, αλλά μπορεί να έχει τέτοια τιμή, ώστε να είναι δυνατή η εμφάνιση επικίνδυνων τάσεων επαφής.



Σχήμα 1.6.1 Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN α) TN-C, β) TN-S, γ) TN-C-S

Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων IT. Στα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη, ή ένα σημείο συνδέεται με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι είτε ο ουδέτερος, είτε μία φάση, είτε ένας τεχνητός ουδέτερος. Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι. Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, με γείωση του συστήματος τροφοδότησης μέσω μιας σύνθετης αντίστασης, παριστάνεται στο σχήμα 1.6.2.β. Εξαιτίας της απουσίας γείωσης του συστήματος τροφοδότησης ή της μεγάλης τιμής της σύνθετης αντίστασης γείωσης του συστήματος, το ρεύμα σφάλματος είναι τόσο μικρό, ώστε να μην προκαλεί την εμφάνιση επικίνδυνης τάσης επαφής. Επικίνδυνη τάση επαφής είναι δυνατόν να εμφανισθεί στην περίπτωση ενός δεύτερου σφάλματος.



Σχήμα 1.6.2 Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων α) TT, β) IT

Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες έχουν εκτεθειμένα μεταλλικά τμήματα θα πρέπει να γειώνονται ώστε να προστατεύονται οι χρήστες. Σε περίπτωση που υπάρξει σφάλμα ή γήρανση στη μόνωση των ενεργών μερών της συσκευής, ή διαρροή ρεύματος είναι πιθανό τα μεταλλικά μέρη αναπτύξουν διαφορά δυναμικού επικίνδυνη για το χρήστη. Η ύπαρξη αγωγού γείωσης σε περίπτωση διαρροής θα οδηγήσει το ρεύμα στη γη θα προστατεύσει το χρήστη της συσκευής. Με δεδομένη την απαίτηση ύπαρξης ηλεκτρονόμων διαφυγής έντασης στις οικιακές εγκαταστάσεις και τα κυκλώματα ρευματοδοτών σε περίπτωση που η διαρροή φτάσει τα 30mA ο διακόπτης θα ενεργοποιηθεί και θα διακόψει την τροφοδοσία προστατεύοντας το χρήστη.

Σημειώνεται εδώ, ότι σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία θα πρέπει να γειώνονται τα μεταλλικά μέρη των συσκευών, οργάνων, μηχανημάτων, φωτιστικών σωμάτων, ρευματοδοτών, κ.λ.π. του κτηρίου, δια μέσου ιδιαιτέρου αγωγού γειώσεως, τοποθετημένου μαζί με τους ρευματοφόρους αγωγούς, ο οποίος αρχίζει από τη μπάρα ή επαφή γειώσεως του τοπικού πίνακα και καταλήγει στους ακροδέκτες γειώσεως των συσκευών, οργάνων, μηχανημάτων, φωτιστικών σωμάτων και τις επαφές γειώσεως των ρευματοδοτών. Όλοι οι ρευματολήπτες, συσκευές, μηχανήματα θα πρέπει να είναι γειωμένα μέσω του αγωγού γείωσης του καλωδίου τροφοδοσίας τους.

1.6.2. Θεμελιακή γείωση

Στα πρότυπα ΕΛΟΤ HD384 και ΕΛΟΤ HD 60364-5-54 προβλέπεται η θεμελιακή γείωση ως βασική γείωση προστασίας και λειτουργίας στα νέα κτήρια. Σύμφωνα με τον ορισμό 541.3.8 του Προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, θεμελιακή γείωση είναι ένα αγωγίμο σώμα θαμμένο στο έδαφος κάτω από τα θεμέλια ενός κτηρίου ή προτιμότερο, εγκιβωτισμένο στο σκυρόδεμα θεμελίωσης του κτηρίου, σε μορφή κλειστού δακτυλίου (βρόχου).

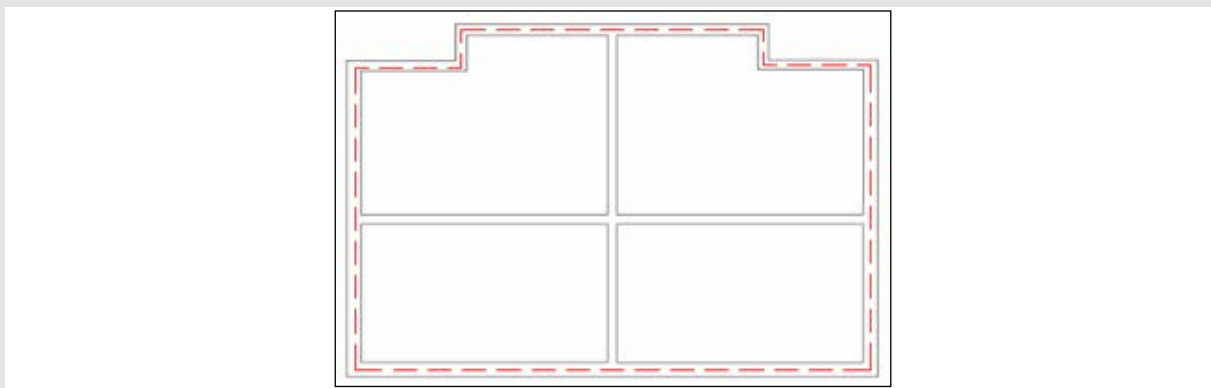
Η θεμελιακή γείωση αποτελεί ένα ηλεκτρόδιο γείωσης, συνήθως από μεταλλική ταινία, που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτηρίων, μέσα στο σκυρόδεμα, και συνδέεται με κατάλληλους μεταλλικούς συνδέσμους με τον οπλισμό (σχήμα 1.6.3). Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων (σχήμα 1.6.4) και είναι ένας κλειστός βρόγχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως, ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης. Οι συνήθεις τιμές της γείωσης με εφαρμογή της μεθόδου αυτής δίνουν τιμές στην περιοχή των 2 – 5 Ω ενώ υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που οι τιμές είναι ακόμα μικρότερες. Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι:

- γαλβανισμένος εν θερμώ χάλυβας ελάχιστης διατομής 90mm² για ταινία (διαστάσεις 30mmx3mm κατ' ελάχιστον) ή 78mm² για κυλινδρικό αγωγό (Φ10 κατ' ελάχιστον). Το πάχος επικάλυψης πρέπει να είναι κατά μέσο όρο 50μm ή 300gr/m² για τους κυκλικούς αγωγούς και 70μm ή 500gr/m² για τις ταινίες. Συνιστώνται διαστάσεις 40x3 ή 30x3,5 για την ταινία ή Φ10 για τον αγωγό.
- χαλκός ή ηλεκτρολυτικά επικασσιτερωμένος χαλκός ελάχιστης διατομής 50mm² (διαστάσεις για ταινία 25mmx2mm, ή για κυλινδρικό αγωγό Φ8 κατ' ελάχιστον). Το πάχος επικάλυψης πρέπει να είναι 250μm κατ' ελάχιστον. Συνιστώνται διαστάσεις 25x2 επικασσιτερωμένη ή 30x2 για την ταινία ή Φ8 για τον αγωγό.
- ανοξείδωτος χάλυβας ελάχιστης διατομής 100mm² για ταινία (πάχος 3mm κατ' ελάχιστον) ή 78mm² για κυλινδρικό αγωγό (Φ10 κατ' ελάχιστον). Ο ανοξείδωτος χάλυβας κατηγορίας V2A κατά DIN 17440 και DIN 17441 ή V4A κατά DIN 17440 και DIN 17441 είναι κατάλληλοι. Συνιστώνται διαστάσεις 40x3 ή 30x3,5 για την ταινία ή Φ10 για τον αγωγό.

Το ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτηρίου και συνδέεται κατάλληλα με τον οπλισμό. Σε περιπτώσεις που υπάρχει μόνωση κατά της υγρασίας, πρέπει το ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί προς την πλευρά του εδάφους, ώστε να υπάρχει αγωγή με το έδαφος. Αν οι διαστάσεις των πλευρών του κτηρίου είναι μεγάλες ($>10\text{ m}$), συνιστώνται και εγκάρσιες συνδέσεις του περιμετρικού γειωτή, έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει πάνω από 10 m από τον γειωτή. Γενικά δεν απαιτείται κάτι τέτοιο από τον ΕΛΟΤ HD 384 ή τον ΕΛΟΤ HD 60364-5-64, όπως δεν απαιτείται και η δημιουργία βρόχων $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, ειδικά για τις κατοικίες, αλλά σε μεγάλα κτήρια και ειδικά κτήρια που έχουν ειδικές απαιτήσεις γειώσεων (π.χ. νοσοκομεία για τα χειρουργεία ή τις μονάδες εντατικής) ή έχουν ηλεκτρονικό εξοπλισμό (π.χ. computer room) είναι συνήθης πρακτική.



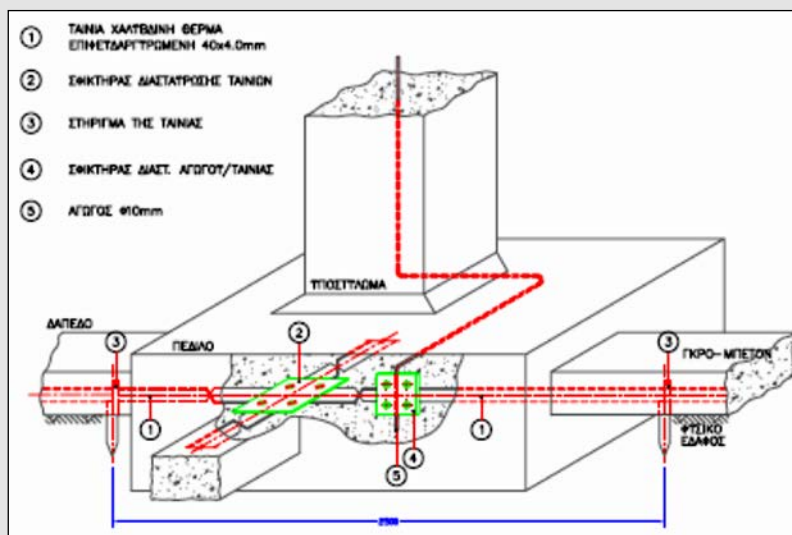
Σχήμα 1.6.3 Φωτογραφίες από την τοποθέτηση και τη σύνδεση ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης από χαλύβδινη θερμά γαλβανισμένη ταινία. Φαίνονται και οι συνδέσεις με τον οπλισμό του σκυροδέματος.



Σχήμα 1.6.4 Κάτοψη θεμελίου όπου έχει σχεδιαστεί η θεμελιακή γείωση.

Ο γειωτής πρέπει να είναι εγκιβωτισμένος παντού από σκυρόδεμα θεμελίωσης και μάλιστα πρέπει να απέχει από την επιφάνεια του σκυροδέματος τουλάχιστον 5 cm (συνήθως $6-10\text{ cm}$), γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Αντίθετα όντας εγκιβωτισμένος σωστά και συνδεδεμένος σωστά, εντός του αλκαλικού περιβάλλοντος που δημιουργεί το σκυρόδεμα, δεν διαβρώνεται και έχει μια διάρκεια ζωής η οποία πλησιάζει τη διάρκεια του οπλισμού, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συστήματα (ηλεκτρόδιο εντός εδάφους ή γείωση στην ύδρευση). Μετά την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μία στρώση από σκυρόδεμα καθαριότητας σε αρκετές περιπτώσεις, πάχους $6-10\text{ cm}$. Αν το πάχος του σκυροδέματος είναι επαρκές μπορεί να τοποθετηθεί εκεί ο αγωγός της θεμελιακής γείωσης Εκεί μέσα τοποθετείται ή η ταινία με την πλατιά της πλευρά όρθια ή ο αγωγός κυκλικής διατομής και στηρίζεται με κατάλληλα

στηρίγματα τα οποία καρφώνονται στη γη. Ακολούθως μπαίνει ο οπλισμός του σκυροδέματος καθαριότητας και το σκυρόδεμα. Αν όχι τότε τοποθετείται εντός των θεμελίων, αφού τοποθετηθεί ο οπλισμός. Η σύνδεση με τον οπλισμό γίνεται με κατάλληλα στηρίγματα και όχι με αυτοσχέδιες συνδέσεις. Στα σχήματα 1.6.3 και 1.6.5 φαίνεται ο τρόπος αυτός σύνδεσης του ηλεκτροδίου με τον οπλισμό. Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα στη βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στη διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Επί πλέον, ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη.



Σχήμα 1.6.5 Σχέδιο λεπτομέρειας για την τοποθέτηση της θεμελιακής γείωσης εντός των πεδילוδοκών.

Οι απολήξεις του γειωτή έχουν την ίδια διατομή με το ηλεκτρόδιο του γειωτή. Το μήκος τους είναι περίπου 2-2,2m ώστε να βρίσκεται σε ύψος περίπου 1m από το τελικό δάπεδο του χώρου εγκατάστασης των πινάκων ή του κύριου ζυγού γείωσης. Τοποθετούνται στον τοίχο του κτηρίου εσωτερικά. Η σύνδεση με την λοιπή εγκατάσταση γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 16mm^2 τουλάχιστον ή 25mm^2 ή ενδεχομένως και μεγαλύτερη διατομή, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Σε οικιακούς ή μικρούς καταναλωτές η διατομή των 16mm^2 είναι συνήθως αρκετή.

Αν και εφόσον μετά την ολοκλήρωση της γείωσης η τιμή παραμένει πάνω από τα όρια των προδιαγραφών τότε θα πρέπει στη θεμελιακή γείωση να προστεθούν επιπλέον ηλεκτρόδια. Αυτά μπορούν να είναι όπως αυτά που αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου, αλλά απαιτείται επιτήρηση και επανέλεγχος αυτών σε τακτικά χρονικά διαστήματα (ανά 5 έτη το πολύ σε κατοικίες, ή 3 έτη σε κτήρια του τριτογενή τομέα, ή συχνότερα, εφόσον αυτό απαιτείται από το είδος της εγκατάστασης). Για το λόγο αυτό είναι σύνηθες να υπάρχουν αναμονές για εξωτερικά ηλεκτρόδια κατά την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης. Στην περίπτωση στη θεμελιακή γείωση συνδέεται και το συλλεκτήριο σύστημα της αντικεραυνικής, ενδεχομένως να απαιτούνται σπινθηριστές.

Μετά την ολοκλήρωση της θεμελιακής γείωσης αλλά και μετά με βάση τον ΕΛΟΤ HD 384 πρέπει να γίνονται μετρήσεις ώστε να ελέγχεται η εγκατάσταση γείωσης. Οι μετρήσεις γίνονται με κατάλληλα όργανα (γειωσόμετρα) τα οποία μετράνε συνήθως τόσο την αντίσταση της γείωσης όσο και την ειδική αντίσταση του εδάφους. Η συνηθέστερη μέθοδος που εφαρμόζεται και με τα όργανα αυτά είναι η μέθοδος Wenner με τα τέσσερα ηλεκτρόδια η οποία θεωρείται η μέθοδος που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ακρίβεια.

2. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.

2.1. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, ΓΡΑΜΜΩΝ, ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ

Για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης απαιτείται υπολογισμός των καταναλώσεων. Πιο συγκεκριμένα απαιτείται να υπολογιστούν οι τόσο οι αγωγοί όσο και τα συστήματα προστασίας έναντι υπερφορτίσεων. Για τον υπολογισμό αυτό απαιτείται σε κάθε περίπτωση υπολογισμός της έντασης του ρεύματος που διαρρέει κάθε γραμμή τροφοδοσίας της εγκατάστασης μας. Από τους υπολογισμούς αυτούς προκύπτει η απαιτούμενη ελάχιστη διατομή αγωγού ώστε το ρεύμα που περνάει από τη γραμμή να είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου και ταυτόχρονα η προκύπτουσα πτώση τάσης να είναι μικρότερη από την επιθυμητή (προκύπτει από τις σχέσεις που φαίνονται παρακάτω). Οι βασικές σχέσεις υπολογισμού για το εναλλασσόμενο ρεύμα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.1. Αν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αναφορικά με τη λειτουργία των συσκευών ή, ενδεχομένως ειδικών διατάξεων προστασίας, συνιστάται στην πράξη, η πτώση τάσης από την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384 (προσωρινές συνθήκες, όπως μεταβατικές τάσεις και μεταβολή τάσης λόγω αντικανονικής λειτουργίας συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη). Στην πράξη αυτό που εφαρμόζεται είναι η πτώση τάσης από την αναχώρηση του πίνακα μέχρι τον τελευταίο καταναλωτή να μην υπερβαίνει για τις μεν εγκαταστάσεις φωτισμού και οικιακών καταναλωτών το 1% και τις δε εγκαταστάσεις κίνησης το 3%, σε κανονική λειτουργία. Επίσης πολλές φορές ο υπολογισμός γίνεται για όλες τις εγκαταστάσεις με πτώση τάσης ίση με το 2,5% της ονομαστικής. Και οι δύο εμπειρικοί κανόνες καλύπτουν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ HD 384, παρ' όλο που δεν υπολογίζεται η πτώση τάσης από την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Στις σχέσεις του πίνακα 2.1.1 η τάση U είναι για τα μεν μονοφασικά η τάση μεταξύ φάσης και ουδετέρου, για τα δε τριφασικά κυκλώματα η τάση μεταξύ δύο φάσεων. U_n είναι η ονομαστική τάση του δικτύου σε κάθε μία περίπτωση (230V για μονοφασικά κυκλώματα και 400V για τριφασικά). R'_L είναι η αντίσταση και X'_L είναι η επαγωγική αντίσταση ανά km των αγωγών και δίνεται από τους πίνακες των κατασκευαστών καλωδίων. Το μήκος l του αγωγού υπολογίζεται για τη διαδρομή που κάνει από την αναχώρηση του πίνακα μέχρι την άφιξη στον καταναλωτή. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η ενεργός ισχύς του κάθε καταναλωτή. Το υλικό του αγωγού επίσης επηρεάζει τους υπολογισμούς αφού η ειδική αντίσταση ρ εξαρτάται από αυτό. Για το χαλκό που αποτελεί το πλέον κοινό υλικό κατασκευής αγωγών η ειδική αντίσταση είναι $\rho=0,0175\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Η επιλογή της κατάλληλης διατομής καλωδίου γίνεται από πίνακες τυποποιημένων διατομών όπως αυτοί που παρατίθενται παρακάτω. Για την εύρεση του επιτρεπόμενου ρεύματος λαμβάνονται υπόψη το είδος του καλωδίου, το μέσο οδευσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καλωδίου, και ο τρόπος διάταξης και λειτουργίας. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν την τιμή του ρεύματος φόρτισης του αγωγού σε μια εγκατάσταση. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384 η φόρτιση των αγωγών υπολογίζεται ως ακολούθως, επιπλέον των τύπων υπολογισμού που υπάρχουν στον πίνακα 2.2.1. Οι αγωγοί για τον υπολογισμό μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Αγωγοί στον αέρα, επίτοιχοι ή εντοιχισμένοι και
- Υπόγειοι αγωγοί

Πίνακας 2.1.1 Βασικοί τύποι υπολογισμών του ρεύματος, της πτώσης τάσης και της διατομής των αγωγών για διαστασιολόγηση της εγκατάστασης

Υπολογιζόμενο Μέγεθος	Σχέση υπολογισμού για μονοφασικό κύκλωμα	Σχέση υπολογισμού για τριφασικό κύκλωμα
Ρεύμα	$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cos \varphi}$
Πτώση τάσης	$\Delta U = I \cdot 2l \left(\frac{\rho \cos \varphi}{A} + \omega L \cdot \sin \varphi \right)$ $\Delta U = I \cdot 2l (R'_L \cdot \cos \varphi + X'_L \cdot \sin \varphi)$	$\Delta U = \sqrt{3} I \cdot l \left(\frac{\rho \cos \varphi}{A} + \omega L \cdot \sin \varphi \right)$ $\Delta U = \sqrt{3} I \cdot l (R'_L \cdot \cos \varphi + X'_L \cdot \sin \varphi)$
Επί της εκατό πτώση τάσης	$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{I \cdot 2l \left(\frac{\rho \cos \varphi}{A} + \omega L \sin \varphi \right)}{U_n}$ $\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{I \cdot 2l (R'_L \cos \varphi + X'_L \sin \varphi)}{U_n}$	$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \left(\frac{\rho \cos \varphi}{A} + \omega L \sin \varphi \right)}{U_n}$ $\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l (R'_L \cos \varphi + X'_L \sin \varphi)}{U_n}$
Διατομή αγωγού	$A = \frac{2l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U}{I} - 2l \cdot \omega \cdot L \sin \varphi \right)}$ $A = \frac{2l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U}{I} - 2l \cdot X'_L \sin \varphi \right)}$ $A = \frac{2l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U \cdot U_n}{I \cdot 100\%} - 2l \cdot X'_L \sin \varphi \right)}$	$A = \frac{l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U}{\sqrt{3} I} - l \cdot \omega \cdot L \sin \varphi \right)}$ $A = \frac{l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U}{\sqrt{3} I} - l \cdot X'_L \sin \varphi \right)}$ $A = \frac{2l \rho \cos \varphi}{\left(\frac{\Delta U \cdot U_n}{\sqrt{3} I \cdot 100\%} - l \cdot X'_L \sin \varphi \right)}$
Απώλειες ισχύος στον αγωγό	$\Delta P = I^2 \cdot 2l \frac{\rho}{A} = I^2 R'_L \cdot 2l = \frac{2l \rho \cdot P^2}{A \cdot U^2 \cos^2 \varphi}$	$\Delta P = 3I^2 \cdot l \frac{\rho}{A} = 3I^2 R'_L \cdot l = \frac{l \rho \cdot P^2}{A \cdot U^2 \cos^2 \varphi}$
Ρεύμα εισόδου κινητήρων	$I = \frac{P_{\text{mech}}}{U \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$	Κινητήρες επαγωγής $I = \frac{P_{\text{mech}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$
		Σύγχρονοι κινητήρες $I = \frac{P_{\text{mech}}}{\sqrt{3} U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \sqrt{1 + \tan^2 \varphi}$

Σημειώνεται εδώ ότι για αγωγούς με διατομές μικρότερες των 16mm² μπορεί να αγνοηθεί χωρίς σφάλμα η επαγωγική αντίσταση των κυκλωμάτων, για μονοφασικά όσο και για τριφασικά κυκλώματα.

Στην πρώτη περίπτωση αγωγού στον αέρα, επίτοιχοι ή εντοιχισμένοι, ο υπολογισμός της μέγιστης έντασης I_Z που μπορεί να φορτιστεί ένας αγωγός γίνεται από τη σχέση :

$$I_Z = I_0 \cdot k_{\theta\pi} \cdot k_{\text{OK}} \Rightarrow I_0 = \frac{I_Z}{k_{\theta\pi} \cdot k_{\text{OK}}} \quad (2.1.1)$$

όπου:

- I_0 είναι η ένταση του ρεύματος που μπορεί ο αγωγός να μεταφέρει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C (θερμοκρασία αναφοράς). Επιλέγονται αγωγοί οι οποίοι μπορούν να φορτιστούν σε τιμές ρεύματος $I \geq I_0$, το οποίο προκύπτει από τους πίνακες 52-K1 και 52-K2 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384.
- $k_{\theta\pi}$ είναι ο συντελεστής διόρθωσης για θερμοκρασίες περιβάλλοντος διαφορετικές των 30°C. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία περιβάλλοντος του χώρου εγκατάστασης ενός αγωγού ή

καλωδίου στον αέρα, επίτοιχα ή εντοιχισμένα είναι διαφορετική, θα πρέπει από τον πίνακα 52-Δ1 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384, να επιλέγεται η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διόρθωσης $k_{\theta\pi}$.

- k_{ok} είναι ο συντελεστής διόρθωσης για περισσότερα του ενός ομαδοποιημένα κυκλώματα ή περισσότερων από ένα πολυπολικά καλώδια σε επαφή ή μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η ικανότητα φόρτισης ενός αγωγού ή καλωδίου, επηρεάζεται από την παρουσία άλλων καλωδίων ή φορτιζόμενων αγωγών που μπορεί να βρίσκονται εγκατεστημένα κοντά του. Ο συντελεστής $k_{\theta\pi}$ επιλέγεται ανάλογα από τους πίνακες 52-E1 ή 52-E4 ή 52-E5 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384, με βάση το αν τα καλώδια είναι εγκατεστημένα το ένα κοντά στο άλλο, ομαδοποιημένα ή συνωστισμένα σε ένα ή περισσότερα «στρώματα» και ανάλογα με τον τρόπο στερέωσης και το μέσο διεύθετησής τους. Οι συντελεστής διόρθωσης $k_{\theta\pi}$ για τα ομαδοποιημένα καλώδια ή τους αγωγούς, υπολογίζεται υποθέτοντας ότι αυτοί έχουν την ίδια μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Για την περίπτωση ομάδων μονωμένων αγωγών ή καλωδίων με διαφορετικές μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας, θα πρέπει η χαμηλότερη θερμοκρασία να λαμβάνεται υπόψη ως αναφορά για όλους τους αγωγούς ή καλώδια της ομάδας (ΕΛΟΤ HD384.52.523.4.1 και 522.1.3).

Στη δεύτερη περίπτωση που οι αγωγοί είναι υπόγειοι, ο υπολογισμός της μέγιστης έντασης I_z που μπορεί να φορτιστεί ένας αγωγός γίνεται από τη σχέση :

$$I_z = I_0 \cdot k_{\theta\epsilon} \cdot k_{\theta\alpha} \cdot k_{ok} \Rightarrow I_0 = \frac{I_z}{k_{\theta\epsilon} \cdot k_{\theta\alpha} \cdot k_{ok}} \quad (2.1.2)$$

όπου:

- I_0 είναι η ένταση του ρεύματος που μπορεί ο αγωγός να μεταφέρει σε θερμοκρασία εδάφους 20°C (θερμοκρασία αναφοράς) και ειδικής θερμικής αντίστασης εδάφους 2,5K.m/W (τιμή αναφοράς). Επιλέγονται αγωγοί οι οποίοι μπορούν να φορτιστούν σε τιμές ρεύματος $I \geq I_0$ το οποίο προκύπτει από τον πίνακα 52-K3 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384.
- $k_{\theta\epsilon}$ είναι ο συντελεστής διόρθωσης για θερμοκρασίες εδάφους διαφορετικές των 20°C. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του εδάφους εγκατάστασης ενός αγωγού ή καλωδίου είναι διαφορετική από αυτήν των 20°C, θα πρέπει από τον πίνακα 52-Δ2 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384, να επιλέγεται η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διόρθωσης $k_{\theta\epsilon}$.
- $k_{\theta\alpha}$ είναι ο συντελεστής διόρθωσης για τιμές ειδικής θερμικής αντίστασης εδάφους διαφορετικές των 2,5K.m/W. Στην περίπτωση που η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους εγκατάστασης ενός αγωγού ή καλωδίου είναι διαφορετική, θα πρέπει από τον πίνακα 52-Δ3 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384, να επιλέγεται η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διόρθωσης $k_{\theta\alpha}$.
- $k_{\theta\pi}$ είναι ο συντελεστής διόρθωσης για περισσότερα του ενός ομαδοποιημένα κυκλώματα ή περισσότερων από ένα πολυπολικά καλώδια σε επαφή ή μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η ικανότητα φόρτισης ενός αγωγού ή καλωδίου, επηρεάζεται από την παρουσία άλλων καλωδίων ή φορτιζόμενων αγωγών που μπορεί να βρίσκονται εγκατεστημένα κοντά του. Ο συντελεστής $k_{\theta\pi}$ επιλέγεται ανάλογα από τους πίνακες 52-E2 ή 52-E3 του πρότυπου ΕΛΟΤ HD384, με βάση το αν τα καλώδια είναι εγκατεστημένα το ένα κοντά στο άλλο, ομαδοποιημένα ή συνωστισμένα σε ένα ή περισσότερα «στρώματα» και ανάλογα με τον τρόπο στερέωσης και το μέσο διεύθετησής τους. Οι συντελεστής διόρθωσης $k_{\theta\pi}$ για τα ομαδοποιημένα καλώδια ή τους αγωγούς, υπολογίζεται υποθέτοντας ότι αυτοί έχουν την ίδια μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Για την περίπτωση ομάδων μονωμένων αγωγών ή καλωδίων με διαφορετικές μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας, θα πρέπει η χαμηλότερη θερμοκρασία να λαμβάνεται υπόψη ως αναφορά για όλους τους αγωγούς ή καλώδια της ομάδας (ΕΛΟΤ HD384.52.523.4.1 και 522.1.3).

Για τον υπολογισμό των αγωγών πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ως φορτισμένοι αγωγοί για ένα κύκλωμα θεωρούνται αυτοί που διαρρέονται από το ονομαστικό ρεύμα του φορτίου που τροφοδοτούν. Οι αγωγοί προστασίας (PE) δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του πλήθους των φορτισμένων αγωγών, γιατί δε διαρρέονται από ρεύμα. Στην περίπτωση που στο σύστημα τροφοδοσίας υπάρχει συνδυασμός αγωγού προστασίας και ουδέτερου PEN, αυτός αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως και ο ουδέτερος αγωγός (ΕΛΟΤ HD384.52.523.5.3). Στην περίπτωση τριφασικών φορτίων, το ρεύμα είναι ίσο με το ονομαστικό ρεύμα κάθε φάσης του φορτίου. Όταν το τριφασικό φορτίο είναι συμμετρικό, στο πλήθος των φορτισμένων αγωγών δε λαμβάνεται υπόψη τον ουδέτερο, γιατί δε διαρρέεται από ρεύμα. Στην περίπτωση όμως των μη συμμετρικών φορτίων, (π.χ. τριφασική παροχή που τροφοδοτεί και μονοφασικά φορτία), ο ουδέτερος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο πλήθος των φορτισμένων αγωγών καθώς διαρρέεται από ρεύμα (ΕΛΟΤ HD384.52.523.5.1). Στις ειδικές περιπτώσεις όπου ο ουδέτερος των τριφασικών παροχών τροφοδοσίας διαρρέεται από ρεύμα αρμονικών συνιστωσών, θα πρέπει και ο ουδέτερος αγωγός να υπολογίζεται στον αριθμό των φορτισμένων αγωγών (ΕΛΟΤ HD384.52.523.5.2).

Τα όργανα προστασίας υπολογίζονται για κάθε αναχώρηση ξεχωριστά. Σε κάθε γραμμή επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής, και το μέγεθός του να είναι το αμέσως μικρότερο της επιτρεπόμενης έντασης του καλωδίου. Όσον αφορά τυπικούς καταναλωτές οικιακούς ή άλλους που προσομοιάζουν τους οικιακούς στους τυποποιημένους πίνακες που ακολουθούν δίνονται οι τυπικές τυποποιημένες διατομές και οι διατάξεις προστασίας. Για εγκαταστάσεις κινητήρων ισχύουν τα ακόλουθα :

- Οι κινητήρες είτε είναι μονοφασικοί είτε τριφασικοί, κατά την εκκίνηση τους παρουσιάζουν ρεύμα πολλαπλάσιο του ρεύματος ονομαστικής λειτουργίας τους. Ο τρόπος εκκίνησης τους είναι πολύ σημαντικός και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις διατάξεις προστασίας τους.
- Σε περίπτωση που επιλεγεί η λειτουργία του κινητήρα μέσω μετατροπέα τάσης-συχνότητας (inverter), τότε ασφαλίζεται η γραμμή τροφοδοσίας με κατάλληλη διάταξη προστασίας που αφορά τη γραμμή και υπολογίζεται με χρήση της μεθόδου και των σχέσεων που προαναφέρθηκαν.
- Στην περίπτωση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα που λειτουργούν με απευθείας εκκίνηση και έχουν ονομαστικό ρεύμα I_N , η γραμμή ασφαλίζεται έναντι βραχυκυκλώματος με ασφάλειες που έχουν τιμή $I=2,5I_N$ αν χρησιμοποιηθούν ασφάλειες με καμπύλη gG και $I=1,5I_N$ για ασφάλειες με καμπύλη aM αντίστοιχα. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί άλλο μέσο προστασίας ακολουθείται η ίδια λογική. Το θερμικό που προστατεύει τον κινητήρα και τη γραμμή από υπερένταση ρυθμίζεται στο $I= I_N$ αν έχουν συνδεσμολογία αστέρα, και στο $I=0,58I_N$ αν έχουν συνδεσμολογία τριγώνου.
- Στην περίπτωση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα που λειτουργούν με εκκίνηση αστέρα – τριγώνου και έχουν ονομαστικό ρεύμα I_N , η γραμμή ασφαλίζεται έναντι βραχυκυκλώματος με ασφάλειες που έχουν τιμή $I=2I_N$ και ενδείκνυνται ασφάλειες με καμπύλη aM. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί άλλο μέσο προστασίας ακολουθείται η ίδια λογική. Το θερμικό που προστατεύει τον κινητήρα και τη γραμμή από υπερένταση ρυθμίζεται στο $I=0,58I_N$.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 υπάρχουν περιορισμοί και στις διαστάσεις των αγωγών που θα χρησιμοποιηθούν στα κυκλώματα ενώ υπάρχουν προδιαγραφές και για τους αγωγούς προστασίας. Αυτές έχουν ως ακολούθως :

Πίνακας 2.1.2α Ελάχιστες διατομές αγωγών κατά ΕΛΟΤ HD384 (Πίνακας 52 Z του προτύπου)

Είδος ηλεκτρικής γραμμής		Χρήση του κυκλώματος	Αγωγοί	
			Υλικό	Διατομή mm ²
Μόνιμες εγκαταστάσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Κυκλώματα ισχύος και κυκλώματα φωτισμού.	Χαλκός Αλουμίνιο	1,5 16 ⁽¹⁾
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης.	Χαλκός	0,50 ⁽²⁾
	Γυμνοί αγωγοί	Κυκλώματα ισχύος	Χαλκός Αλουμίνιο	10 16
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης.	Χαλκός	4
Εύκαμπτες συνδέσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Τροφοδότηση συγκεκριμένης συσκευής.	Χαλκός	Σύμφωνα με το αντίστοιχο Πρότυπο
		Οποιαδήποτε άλλη χρήση.	Χαλκός	0,75 ⁽³⁾
		Κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης για ειδικές εφαρμογές.	Χαλκός	0,75

Σημειώσεις: 1 . Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς αλουμινίου πρέπει να έχουν δοκιμασθεί και να είναι εγκεκριμένοι για αυτή τη χρήση.
 2. Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό επιτρέπονται αγωγοί διατομής 0,1 mm²
 3. Σε πολυπολικά καλώδια με 7 ή περισσότερους από 7 αγωγούς, εφαρμόζεται η σημείωση 2.

Πίνακας 2.1.2β Διατομές αγωγών προστασίας σε συσχετισμό με τις διατομές των αγωγών φάσεων κατά ΕΛΟΤ HD384 (Πίνακας 54- Z του προτύπου)

Διατομή των αγωγών φάσεων της εγκατάστασης S (mm ²)	Ελάχιστη διατομή του αντίστοιχου αγωγού προστασίας Sp (mm ²)
S<16	S
16<S<35	16
S> 35	S/2

Ο ουδέτερος αγωγός, αν υπάρχει, πρέπει να έχει την ίδια διατομή με τον αγωγό (ή τους αγωγούς) φάσεων στα μονοφασικά κυκλώματα δύο αγωγών, ανεξάρτητα από την τιμή της διατομής και στα πολυφασικά κυκλώματα, καθώς και στα μονοφασικά κυκλώματα τριών αγωγών, αν η διατομή των αγωγών φάσεων είναι μικρότερη ή ίση με 16mm² για τους αγωγούς χαλκού ή 25mm² για τους αγωγούς αλουμινίου. Στα πολυφασικά κυκλώματα με αγωγούς φάσεων που έχουν διατομή μεγαλύτερη από 16mm² για αγωγούς χαλκού ή 25mm² για αγωγούς αλουμινίου, ο ουδέτερος αγωγός επιτρέπεται να έχει μικρότερη διατομή από τη διατομή των αγωγών φάσεων, αν πληρούνται ταυτόχρονα οι ακόλουθες συνθήκες α), β) και γ):

Πίνακας 2.1.3 Συνήθεις ελάχιστες διατομές αγωγών χαλκού ανάλογα με τη χρήση.

Χρήση του αγωγού		Ελάχιστη χρησιμοποιούμενη διατομή αγωγού (mm ²)
Γραμμές μόνιμης εγκατάστασης φωτισμού		1,5
Γραμμές ρευματοδότησης κινητήρων (εγκατ. κίνησης)		2,5
Παροχές καταναλωτών Χ.Τ. (ΔΕΗ)		6 (συνήθως 10)
Σύνδεση φωτιστικών σημείων		0,75
Εύκαμπτα καλώδια σύνδεσης συσκευών μέσω ρευματοληπτών για:		-
1 < 2,5 A		0,5
2,5 < 1 < 10 A		0,75
1 > 10 A		1,0
Αιωρούμενες γραμμές μήκους:	< 20 m	4
	20-40 m	6
Γείωση μετρητή		16
Ενταφιασμένοι ή απρόσιτοι αγωγοί γείωσης προστασίας		25
Ανεξάρτητοι μονωμένοι αγωγοί γείωσης		2,5
Ανεξάρτητοι γυμνοί αγωγοί γείωσης		6

Πίνακας 2.1.4 Διατομές αγωγών και οι αντίστοιχες μέγιστες εντάσεις φόρτισης συνεχούς λειτουργίας καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη ασφαλειών προστασίας, για κυκλώματα και εγκαταστάσεις φωτισμού

Είδος μονοφασικής κατανάλωση	Μέγιστη ισχύς kW	Διατομή αγωγού σε mm ²	Ασφαλιστικό μέσο έναντι υπερφόρτισης]
Γραμμή φωτισμού	2,3	1,5	Τηκτή ασφάλεια gG ή μικροαυτόματος 10A
Γραμμή πριζών	3,68	2,5	Τηκτή ασφάλεια gG ή μικροαυτόματος 16A
Γραμμή πλυντηρίου πιάτων ή ρούχων	3,68	2,5	Τηκτή ασφάλεια gG ή μικροαυτόματος 16A
Θερμοσίφωνο	4,6	4	Αποζεύκτης 40A Τηκτή ασφάλεια gG ή μικροαυτόματος 20A
Ηλεκτρική κουζίνα	5,75	6	Αποζεύκτης 40A Τηκτή ασφάλεια gG ή μικροαυτόματος 25A

α) το μέγιστο ρεύμα που αναμένεται ότι μπορεί να διαρρέει τον ουδέτερο αγωγό σε κανονική λειτουργία, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται και οι ενδεχόμενες αρμονικές, δεν υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα που αντιστοιχεί στη μειωμένη διατομή του ουδέτερου αγωγού. Το φορτίο του κυκλώματος σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, πρέπει να είναι πρακτικά, ισοκαταμεμημένο στους αγωγούς φάσεων.

β) ο ουδέτερος αγωγός προστατεύεται έναντι υπερεντάσεων σύμφωνα με τους κανόνες της παραγράφου 473.3.2 του ΕΛΟΤ HD384

γ) η διατομή του ουδέτερου αγωγού είναι τουλάχιστον ίση με 16mm² για τους αγωγούς χαλκού ή 25mm² για τους αγωγούς αλουμινίου.

Ακολουθούν οι πίνακες υπολογισμών των φορτίων, των καλωδίων και των διατάξεων προστασίας αυτών :

Πίνακας 2.1.5 Προσεγγιστικές τιμές της απορροφημένης έντασης σε φορτία οικιακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Είδος φορτίου	απορροφημένη ένταση σε A
φωτιστικό σημείο μέχρι 100 W	0,5
φωτιστικό σημείο από 100 έως 200 W	1
Πολύφωτο	2
ένας ρευματοδότης σε μία γραμμή	2
πολλοί ρευματοδότες σε μία γραμμή α) κάθε ένας από τους τρεις πρώτους β) κάθε ένας από τους υπόλοιπους	2 0,5
ηλεκτρική κουζίνα	25
θερμοσίφωνας	20
Ενισχυμένος ρευματοδότης	16

Πίνακας 2.1.6 Διατομές αγωγών και οι αντίστοιχες μέγιστες εντάσεις φόρτισης συνεχούς λειτουργίας καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη ασφαλειών προστασίας, για γενικά κυκλώματα και εγκαταστάσεις

Διατομή αγωγού από χαλκό [mm ²]	Μέγιστη ένταση συνεχούς λειτουργίας [A]	Ονομαστική ένταση της ασφάλειας [A]
1,5	16	10
2,5	21	16
4	27	20
6	35	25
10	48	35
16	60	50
25	83	63
35	100	80
50	127	100
70	147	125
95	181	160
120	208	200
150	238	225
185	266	250
240	310	300

Πίνακας 2.1.7 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοίχιων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών με μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K1 ΕΛΟΤ HD 384)

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζό- μενων αγωγώ ν	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
				Γυμνό		Σε σωλήνα				
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο			
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599
	300	298	328	367	396	435	486	-	576	693

Πίνακας 2.1.8 Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στους Πίνακες 52-K1, και 52-K2 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ1 ΕΛΟΤ HD 384)

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	10	15	20	25	35	40	45	50	55
Μόνωση PVC	1,22	1,17	1,12	1,06	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
Μόνωση EPR ή XLPE	1,15	1,12	1,08	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76

Πίνακας 2.1.9 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά) με μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE . (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K2 ΕΛΟΤ HD 384)

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζό- μενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυπο- λικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε επαφή μεταξύ τους				Σε απόσταση μεταξύ τους			
			Διάταξη επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη Τριγωνικ ή	Διάταξη Επίπεδη οριζόντια	Διάταξη Επίπεδη Κατακόρυφη				
PVC	2	2	5	-	-	-				
	3	1	4	4	7	5				
EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-				
	3	2	7	6	9	8				
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	

Πίνακας 2.1.10 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) καλωδίων τοποθετημένων στο έδαφος με μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE . (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ3 ΕΛΟΤ HD 384)

Αγωγός	mm ²	Μόνωση			
		PVC		EPR ή XLPE	
		Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών			
		2	3	2	3
Χαλκός	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	178	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
	300	408	336	474	396

Πίνακας 2.1.11 Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία εδάφους διαφορετική από 20 °C Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-Κ3 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ2 ΕΛΟΤ HD 384)

Θερμοκρασία Εδάφους °C	10	15	25	30	35	40	45	50	55
Μόνωση PVC	1,10	1,05	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
Μόνωση EPR ή XLPE	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76	0,71

Πίνακας 2.1.12 Συντελεστές διόρθωσης για ειδική αντίσταση εδάφους διαφορετική από 2.5 K.m/W Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-Κ3 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ3 ΕΛΟΤ HD 384)

Ειδική θερμική αντίσταση K.m/W	1	1,5	2	2,5	3
Συντελεστής διόρθωσης	1,18	1,10	1,05	1	0,96

Πίνακας 2.1.13 Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων ή περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που στους Πίνακες 52-K1 και 52-K2 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E1 ΕΛΟΤ HD 384)

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	- Ελεύθερα στον αέρα ή - επάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή - εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή επάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

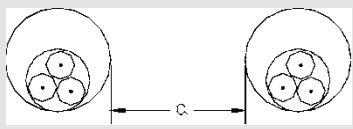
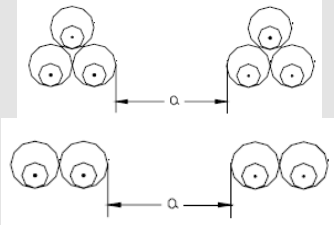
- Σημειώσεις:
1. Αυτοί οι συντελεστές εφαρμόζονται σε ομοιόμορφες ομάδες ισοφορισμένων καλωδίων
 2. Όταν η οριζόντια απόσταση γειτονικών καλωδίων υπερβαίνει το διπλάσιο της διαμέτρου τους δεν απαιτείται καμία διόρθωση.
 3. Οι ίδιοι συντελεστές χρησιμοποιούνται για ομάδες δύο ή τριών μονοπολικών καλωδίων και πολυπολικά καλώδια.
 4. Αν ένα σύστημα περιλαμβάνει διπολικά και τριπολικά καλώδια, το συνολικό πλήθος των καλωδίων λαμβάνεται ως πλήθος κυκλωμάτων και ο αντίστοιχος συντελεστής πολλαπλασιάζεται επί τις τιμές του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται από τους Πίνακες για διπολικά και για τριπολικά καλώδια αντιστοίχως.
 5. Αν μια ομάδα αποτελείται από n μονοπολικά καλώδια μπορεί να θεωρηθεί είτε ως $n/2$ κυκλώματα δύο φορτιζόμενων αγωγών είτε ως $n/3$ κυκλώματα τριών φορτιζόμενων αγωγών.

Πίνακας 2.1.14 Συντελεστές διόρθωσης για περισσότερα από ένα κυκλώματα με μονοπολικά ή πολυπολικά καλώδια θαμμένα κατευθείαν στο έδαφος Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-Κ3 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Ε2 ΕΛΟΤ HD 384)

Πλήθος κυκλωμάτων	Απόσταση μεταξύ καλωδίων (α)*				
	Μηδενική (σε επαφή)	Μια διάμετρος	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

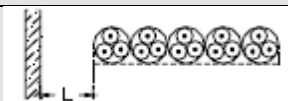
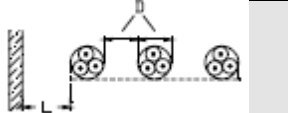
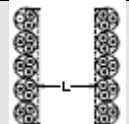
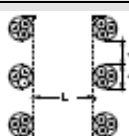
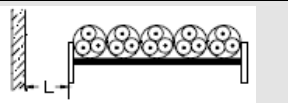
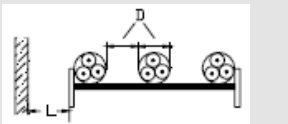
Σημείωση: Οι τιμές ισχύουν για βάθος εγκατάστασης 0,70 m και θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K.m/W

Πίνακας 2.1.15 Συντελεστές διόρθωσης για περισσότερα από ένα κυκλώματα με καλώδια τοποθετημένα σε οχετούς μέσα στο έδαφος Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-Κ3 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Ε3 ΕΛΟΤ HD 384)

Πολυπολικά καλώδια σε οχετούς					Μονοπολικά καλώδια σε οχετούς				
Απόσταση μεταξύ οχετών (α)					Απόσταση μεταξύ οχετών (α)				
									
Πλήθος καλωδίων	Μηδενική (σε επαφή)	0,25 m	0,50 m	1,00 m	Πλήθος των δύο ή τριών καλωδίων	Μηδενική (σε επαφή)	0,25 m	0,50 m	1,00 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95	2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95	3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,70	0,80	0,85	0,90	4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90	5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90	6	0,60	0,70	0,80	0,90

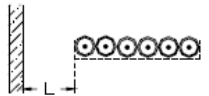
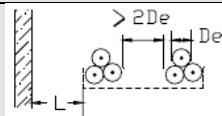
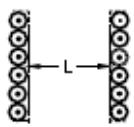
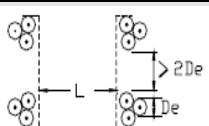
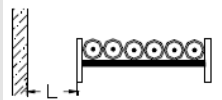
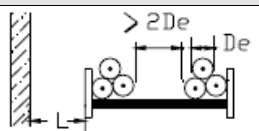
Σημείωση: Οι τιμές ισχύουν για βάθος εγκατάστασης 0,70 m και θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K.m/W

Πίνακας 2.1.16 Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα μονοπολικών καλωδίων
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των πολυπολικών καλωδίων που δίνονται στον Πίνακα 52-K2 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E5 ΕΛΟΤ HD 384)

Τρόπος εγκατάστασης		Πλήθος φορέων	Πλήθος καλωδίων					
			1	2	3	4	6	9
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 2)		1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
	$L > 20 \text{ mm}$ σε επαφή	2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 3)		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
		3	1,00	0,86	0,80	0,77	0,73	0,68
		1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
Εσχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχίονες, κλπ (βλ σημείωση 2)		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,93
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,93
			$L > 20 \text{ mm}$ σε απόσταση					

- Σημειώσεις: 1. Οι συντελεστές ισχύουν για απλές σειρές (στρώσεις) καλωδίων όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Δεν ισχύουν για καλώδια τοποθετημένα σε περισσότερες στρώσεις σε επαφή μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση οι συντελεστές πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότεροι και πρέπει να προσδιορίζονται με μια κατάλληλη μέθοδο.
2. Οι συντελεστές δίνονται για κατακόρυφη απόσταση μεταξύ φορέων τουλάχιστον 300mm και μεταξύ φορέων και τοίχου τουλάχιστον 20 mm. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.
3. Οι συντελεστές δίνονται για οριζόντια απόσταση μεταξύ φορέων 225 mm με τους φορείς τοποθετημένους όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

Πίνακας 2.1.17 Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των πολυπολικών καλωδίων που δίνονται στον Πίνακα 52-K2 του ΕΛΟΤ HD 384. (ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E4 ΕΛΟΤ HD 384)

Τρόπος εγκατάστασης		Πλήθος φορέων	Πλήθος καλωδίων		
			1	2	3
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 2)	 $L > 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1 2 3	0,98 0,96 0,95	0,91 0,87 0,85	0,87 0,81 0,78
	 $L > 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1 2 3	1,00 0,97 0,96	0,98 0,93 0,92	0,96 0,89 0,86
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 3)	 $\Sigma \varepsilon$ επαφή $L > 225 \text{ mm}$	1 2	0,96 0,95	0,86 0,84	- -
	 $\Sigma \varepsilon$ απόσταση $L > 225 \text{ mm}$	1 2	1,00 1,00	0,91 0,90	0,89 0,86
Εσχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχίονες, κλπ (βλ. σημείωση 2)	 $L > 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1 2 3	1,00 0,98 0,97	0,97 0,93 0,90	0,96 0,89 0,86
	 $L > 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1 2 3	1,00 0,97 0,96	1,00 0,95 0,94	1,00 0,93 0,90

Σημειώσεις: 1. Οι συντελεστές ισχύουν για απλές σειρές (στρώσεις) καλωδίων σε τριγωνικές διατάξεις όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Δεν ισχύουν για καλώδια τοποθετημένα σε ανήκουν περισσότερες στρώσεις σε επαφή μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση οι συντελεστές πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότεροι και πρέπει να προσδιορίζονται με μια κατάλληλη μέθοδο.

2. Οι συντελεστές δίνονται για κατακόρυφη απόσταση μεταξύ φορέων τουλάχιστον 300mm. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

3. Οι συντελεστές δίνονται για οριζόντια απόσταση μεταξύ 225 mm με τους φορείς τοποθετημένους όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

4. Για κυκλώματα με περισσότερα από ένα καλώδια σε παράλληλη σύνδεση σε κάθε φάση, κάθε ομάδα τριών αγωγών, πρέπει, για την εφαρμογή αυτού του Πίνακα, να θεωρείται ως ένα κύκλωμα.

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

3.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Είναι γνωστό ότι ένα μεγάλο τμήμα της κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων αφορά την κάλυψη αναγκών σε θέρμανση και κλιματισμό. Βέβαια η κατανάλωση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι ο τύπος και η κατασκευή του κτηρίου, οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, από τα χρησιμοποιούμενα συστήματα θέρμανσης της περιοχής, από τη χρονική διάρκεια λειτουργίας του κτηρίου κ.λπ. Στον πίνακα 3.1.1 παρουσιάζεται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία η κατανομή της κατανάλωσης σε θέρμανση και κλιματισμό στον οικιακό και τριτογενή τομέα ως ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης των κτηρίων.

Πίνακας 3.1.1. Κατανομή της κατανάλωσης σε θέρμανση και κλιματισμό στον οικιακό και τριτογενή τομέα ως ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης των κτηρίων

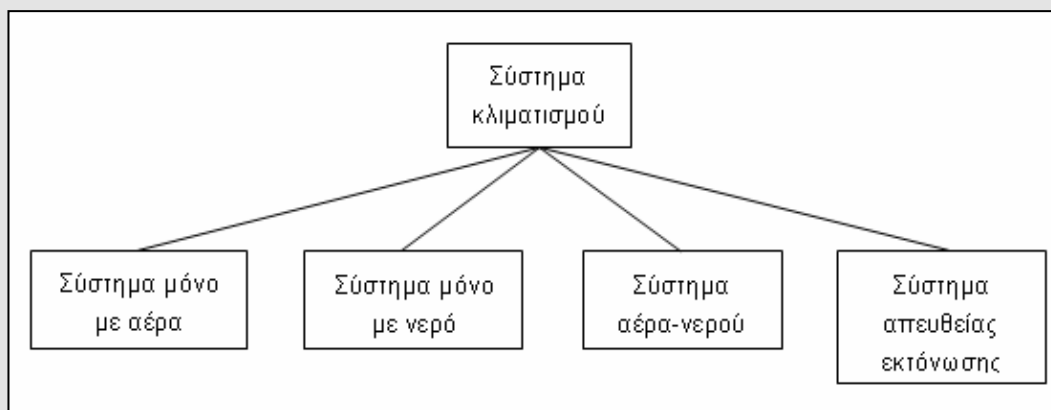
Τομέας	Συνολική κατανάλωση (%)	Θέρμανση (%)	Κλιματισμός (%)
Οικιακός	73	61	2
Τριτογενής	27	52	17

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια με ενθάρρυνση και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Οι προσπάθειες αυτές επιγραμματικά αναφέρονται:

- Στη θερμομόνωση των κτηρίων,
- Στο βιοκλιματικό σχεδιασμό,
- Στο φυσικό δροσισμό,
- Στα αποδοτικότερα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού,
- Στα ηλιακά συστήματα (παθητικά και ενεργητικά),
- Στους αυτοματισμούς για τον έλεγχο των συστημάτων,
- Στη συντήρηση των συστημάτων.

Οι εγκαταστάσεις κλιματισμού έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία σε επίπεδα (20°C - 27°C) και (35°C - 65°C) αντίστοιχα, ώστε οι ένοικοι των κλιματιζόμενων χώρων να αισθάνονται άνετα.

Τα συστήματα κλιματισμού ανάλογα με τον ενεργειακό φορέα χαρακτηρίζονται ως συστήματα αέρα, συστήματα νερού, συστήματα αέρα-νερού και συστήματα απ' ευθείας εκτόνωσης, διάγραμμα 3.1.1.



Διάγραμμα 3.1.1. Συστήματα κλιματισμού ανάλογα με τον ενεργειακό φορέα

3.1.1. Συστήματα αέρα

Τα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα διακρίνονται σε συστήματα σταθερού όγκου αέρα και συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα.

Συστήματα σταθερού όγκου αέρα

- Απλού αγωγού
- Διπλού αγωγού
- Πολλαπλού αγωγού

Σύστημα μεταβλητού όγκου αέρα. Στα συστήματα αυτά ο κλιματιζόμενος αέρας παράγεται σε κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση και στη συνέχεια διανέμεται μέσω αγωγών στους προς κλιματισμό χώρους. Η ψύξη του αέρα και η θέρμανση του γίνεται με τη βοήθεια ψυκτικής μονάδας και λέβητα και τους αντίστοιχους εναλλάκτες που βρίσκονται στην κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση.

Στα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό, θερμό ή ψυχρό, παράγεται σε ψυκτικές μονάδες και λέβητες και στη συνέχεια μεταφέρεται με σωληνώσεις σε τερματικές μονάδες (fan coils) όπου με τη βοήθεια ανεμιστήρων γίνεται ή κυκλοφορία του αέρα διαμέσου των τερματικών μονάδων. Οι μονάδες αυτές είναι εφοδιασμένες με θερμοστάτη χώρου.

Τα συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού συνδυάζουν τη μεθοδολογία κλιματισμού των δύο παραπάνω περιπτώσεων. Δηλαδή στον προς κλιματισμό χώρο προσάγεται τόσο νερό (θερμό ή ψυχρό), όσο και κλιματισμένος αέρας.

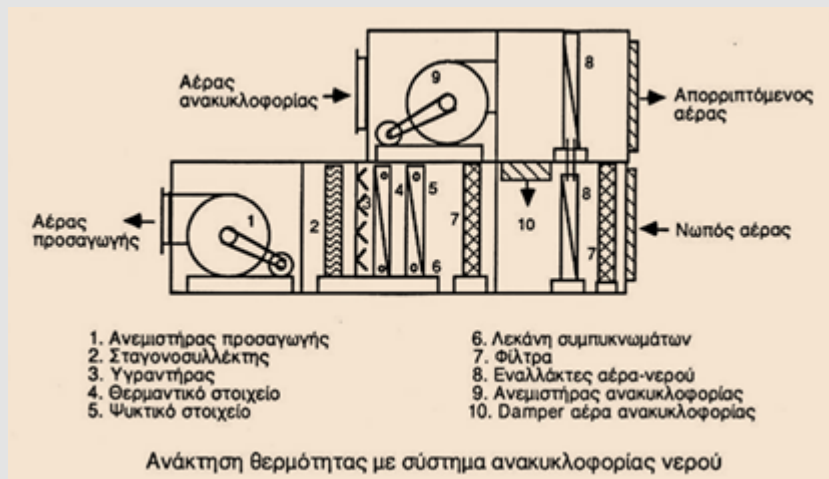
Στα συστήματα απευθείας εκτόνωσης ανήκουν τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα, είναι τα γνωστά αυτόνομα κλιματιστικά δωματίου (self contained) και τα διαιρούμενα κλιματιστικά (split units). Στα συστήματα αυτά ο αέρας του δωματίου αναγκάζεται να διέλθει άμεσα εξωτερικά του ψυκτικού στοιχείου (evaporator) ή θερμαντικού στοιχείου (condenser) και να ψυχθεί ή να θερμανθεί αντίστοιχα. Στην περίπτωση των διαιρούμενων κλιματιστικών μονάδων, υπάρχει δυνατότητα να υπάρχει μια εξωτερική μονάδα και πολλαπλές εσωτερικές, είναι τα γνωστά συστήματα VRV.

Για τη εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα κλιματισμού θα πρέπει κανείς να επικεντρωθεί στα σημεία εκείνα της εγκατάστασης όπου καταναλώνεται ενέργεια. Τα συστήματα αυτά εστιάζονται στο σύστημα θέρμανσης του αέρα ή του νερού (λέβητας, εναλλάκτες αέρα-νερού κ.λπ.), στο σύστημα ψύξης αέρα ή νερού (ψυκτική εγκατάσταση συμπίεσης ατμών ή απορρόφησης, εναλλάκτες αέρα-νερού κ.λπ.), το σύστημα απόρριψης θερμότητας (αντλίες, πύργοι ψύξης κ.λπ.), ανεμιστήρες κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και απαγωγής του αέρα), διάφορες αντλίες καθώς και οι αεραγωγοί του συστήματος κλιματισμού.

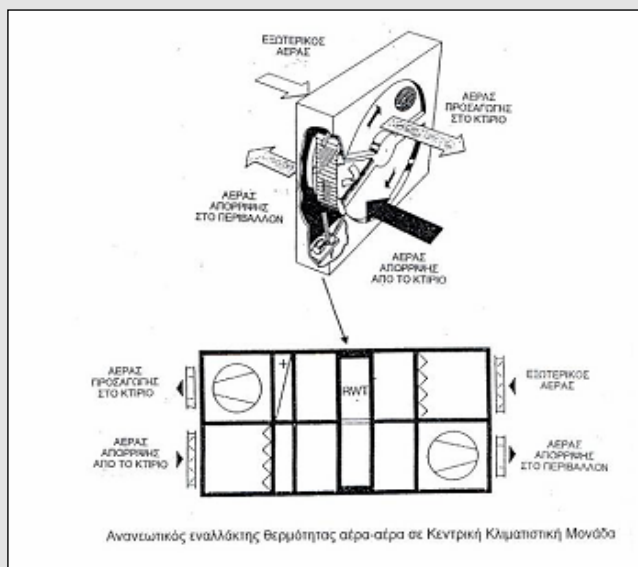
3.1.2. Γενικές προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω τμήματα της κλιματιστικής εγκατάστασης μπορούν να αναφερθούν ενδεικτικά δράσεις που στοχεύουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

1. Σωστή μελέτη υπολογισμού των θερμικών και ψυκτικών φορτίων των προς κλιματισμό χώρων, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κτηρίου και της τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν.
2. Ορθή επιλογή του συστήματος κλιματισμού για κάθε περίπτωση ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου. Συνήθως στα μικρά κτήρια επιλέγονται συστήματα απευθείας εκτόνωσης, ενώ στα μεγαλύτερα κτήρια (π.χ. γραφεία) επιλέγονται κεντρικά συστήματα νερού ή αέρα και νερού. Στις περιπτώσεις αιθουσών συγκεντρώσεων (π.χ. θέατρα) συνήθως επιλέγονται συστήματα με αέρα.
3. Σωστή επιλογή μεγέθους των συσκευών (λέβητες, ψυκτικές μονάδες, ανεμιστήρες κ.λπ.) χωρίς υπερδιαστασιολόγηση.
4. Επιλογή εγκατάστασης/μηχανημάτων με όσο γίνεται μεγαλύτερη απόδοση. Ψυκτικές εγκαταστάσεις με συντελεστή συμπεριφοράς (COP) μεγαλύτερο του 3, λέβητες με βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 90% αντλίες με βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 50% ή 60% κ.λπ. Επομένως οι παλαιές συσκευές με χαμηλούς βαθμούς απόδοσης θα πρέπει να αντικατασταθούν στα πλαίσια της εξοικονόμησης θερμότητας.
5. Σε κτήρια όπου υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε κλιματισμό σε διάφορους χώρους θα πρέπει το κτήριο να χωρίζεται σε θερμικές ζώνες (δηλαδή χώροι με κοινές απαιτήσεις σε κλιματισμό) και να εφαρμόζεται το κατάλληλο σύστημα κλιματισμού.
6. Σωστή διαστασιολόγηση των αεραγωγών και σωληνώσεων ώστε να μειώνονται οι απώλειες πίεσης και να εξοικονομείτε ενέργεια από τους ανεμιστήρες και τις αντλίες.
7. Η θερμική μόνωση τόσο των αεραγωγών όσο και του ψυχρού/θερμού νερού είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.
8. Είναι σημαντικό στα κεντρικά συστήματα κλιματισμού να χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό (60%-70%) ο αέρας που απορρίπτεται από τους κλιματιζόμενους χώρους. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται η μείωση της συμμετοχής του νωπού αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται εντός της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.
9. Από τον αέρα που δεν ανακυκλώνεται εντός της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας και απορρίπτεται στο περιβάλλον μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια για θέρμανση ή για ψύξη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους:
 - Με εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα: Είναι εναλλάκτες διασταυρούμενης ροής που ο νωπός αέρας ανακτά άμεσα ενέργεια από τον απορριπτόμενο αέρα.
 - Με εναλλάκτες θερμότητας αέρα-νερού: Η θερμότητα του απορριπτόμενου αέρα μεταφέρεται σε δίκτυο ανακυκλοφορίας νερού και στη συνέχεια μέσω ενός δεύτερου εναλλάκτη αέρα-νερού, ο νωπός αέρας προθερμαίνεται ή προψύχεται, (σχήμα 3.1.2).
 - Με ανανεωτικούς εναλλάκτες θερμότητας: Είναι ένας περιστρεφόμενος δίσκος κάποιου πάχους με τα εξής χαρακτηριστικά: Αποτελείται από κατάλληλο μεταλλικό κυψελωτό υλικό (π.χ. Αλουμίνιο, χάλυβας γαλβανιζέ, ανοξείδωτος χάλυβας κ.λπ.) με ικανότητα κατακράτησης θερμότητας ή ψύξης, περιστρέφεται αργά με (5-10 rpm) και διαρρέεται στη μια κατεύθυνση από τον απορριπτόμενο στο περιβάλλον αέρα και στην άλλη κατεύθυνση από τον εξωτερικό νωπό αέρα (σχήμα 3.1.3). Εναλλάσσεται τόσο αισθητή θερμότητα όσο και υγρασία. Όσο μεγαλύτερη είναι η απαίτηση σε νωπό αέρα μιας κλιματιστικής εγκατάστασης π.χ. νοσοκομεία, θέατρα κ.λπ.), τόσο περισσότερη είναι η δυνατότητα για ανάκτηση θερμότητας.



Σχήμα 3.1.2. Κλιματιστική μονάδα με εναλλάκτη θερμότητας αέρα-νερού



Σχήμα 3.1.3. Κλιματιστική μονάδα με ανανεωτικό εναλλάκτη αέρα-αέρα

10. Από τα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα, τα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα εμφανίζουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι ο εισερχόμενος αέρας στους αγωγούς προς κλιματισμό χώρου διατηρεί σταθερή θερμοκρασία, ενώ η κάλυψη της διακύμανσης των αισθητών και λανθανόντων φορτίων του χώρου, αντιμετωπίζεται με τη ρύθμιση της παροχής του αέρα εντός θερματικών μονάδων με την τοποθέτηση ανεμιστήρων μεταβλητού αριθμού στροφών. Με τον τρόπο αυτόν παρέχεται στο χώρο μόνο η σε κάθε χρονική στιγμή απαραίτητη ποσότητα αέρα. Επομένως η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των συστημάτων σταθερής παροχής όγκου.
11. Επίσης η τεχνολογία της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας/ψύξης προσφέρεται για εξοικονόμηση ενέργειας τους θερινούς μήνες όπου η θερμοκρασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία μονάδων απορρόφησης.



Σχήμα 3.1.4. Σύστημα μικρο-τριπαραγωγής με στρόβιλο

Οι μονάδες συμπαραγωγής προσφέρονται κυρίως για μεγάλες εγκαταστάσεις αλλά τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί η λεγόμενη μικρο-τριπαραγωγή που προσφέρεται για εγκαταστάσεις με ηλεκτρική ισχύ περί τα 10 kW (σχήμα 3.1.4). Οι μονάδες συμπαραγωγής έχουν βαθμό απόδοσης που φθάνει και το 90% και χρησιμοποιούν πρωτογενή ενέργεια σε συντριπτικό ποσοστό (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλιακή ενέργεια, θερμικά απόβλητα κ.λπ.). Οι μονάδες αυτές εκτός της μείωσης της συνολικής ηλεκτρικής ισχύος σ' ένα κτήριο κατά 40-50%, προσφέρουν και περιβαλλοντικό κέρδος.

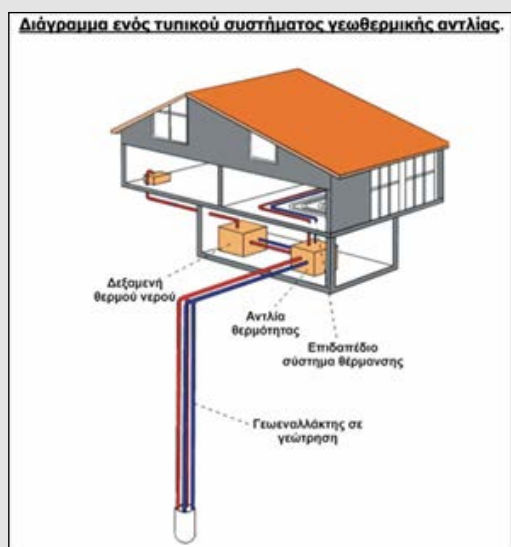
12. Στο πνεύμα της εξοικονόμησης ενέργειας τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί το σύστημα του λεγόμενου «αφυγραντικού τροχού» (σχήμα 3.1.5). Ένας περιστρεφόμενος δίσκος (~10 rpm) που περιέχει υγροσκοπικό υλικό (συνήθως silica gel, ή lithium-chloride), ως υλικό προσρόφησης, πότε εισέρχεται στον αγωγό του νωπού αέρα οπότε αφαιρείται η υγρασία και πότε στον αγωγό του απορριπτόμενου αέρα, όπου με τη βοήθεια ηλιακής ενέργειας ή φυσικού αερίου απορρίπτεται στο περιβάλλον. Συχνά, η άνεση το καλοκαίρι δεν είναι μόνο συνάρτηση της εξωτερικής θερμοκρασίας, αλλά και της σχετικής υγρασίας. Επομένως κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης σε ίσες θερμοκρασίες του αέρα, οι άνθρωποι συχνά αισθάνονται πιο άνετα με χαμηλότερη σχετική υγρασία. Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση του «αφυγραντικού τροχού», μπορεί να ανέλθει στο 25% σε υγρές περιοχές.



Σχήμα 3.1.5. Αφυγραντικός τροχός

13. Μια άλλη τεχνολογία είναι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (σχήμα 3.1.6). Η τεχνολογία αυτή παρουσιάζει συντελεστή συμπεριφοράς της τάξης του 4 έως 5,5 ενώ η συμβατική αντλία

θερμότητας (αέρα-νερού) της τάξης του 3 ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Λειτουργεί δε σε οποιοσδήποτε καιρικές και θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος υπό το μηδέν το χειμώνα και πάνω από 40°C το καλοκαίρι και τούτο διότι η γεωθερμική αντλία τροφοδοτείται από το γεωθερμικό εναλλάκτη (κατακόρυφο ή οριζόντιο) με νερό σταθερής θερμοκρασίας, αυτής που επικρατεί στο υπέδαφος της περιοχής που είναι η εγκατάσταση. Το κόστος εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα συμβατικά συστήματα, αλλά η απόσβεση πραγματοποιείται εντός χρονικού διαστήματος 6-8 χρόνια λόγω του ελάχιστου κόστους συντήρησης.



Σχήμα 3.1.6. Γεωθερμική αντλία θερμότητας με κατακόρυφο εναλλάκτη

14. Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων (BMS) βελτιώνουν συνήθως τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης και ελαχιστοποιούν το κόστος λειτουργίας λόγω της μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης. Εφαρμόζεται κυρίως σε μεγάλα κτήρια και ελέγχει βασικά τη θερμοκρασία και την υγρασία των χώρων αλλά και άλλα συστήματα όπως είναι ο φωτισμός, η πυρόσβεση κ.λπ.. Αποτελείται από τα εξής:

- Κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου που συνήθως είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής με εγκατεστημένο το κατάλληλο λογισμικό.
- Συσκευές εκτέλεσης εντολών που είναι προγραμματισμένες εκ των προτέρων να εκτελούν συγκεκριμένες εντολές οι οποίες αλλάζουν από την κεντρικό σταθμό εάν κάποιος το επιθυμεί.
- Αισθητήρια όργανα που βρίσκονται σε επιλεγμένα κεντρικά σημεία των εγκαταστάσεων και μετρούν τις διάφορες παραμέτρους (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.λπ.)
- Τα αισθητήρια όργανα συνδέονται με τις συσκευές εκτέλεσης εποχών οι οποίες με τη σειρά τους μέσω συνδετήριων καλωδίων συνδέονται με τον κεντρικό σταθμό.

Κτήρια με Building Management System συνήθως παρουσιάζουν 40% εξοικονόμηση ενέργειας και εφόσον συμπεριληφθεί και ο φωτισμός η εξοικονόμηση μπορεί να αγγίξει και το 70%.

15. Για τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων και τη μείωση του ενεργειακού κόστους, θα πρέπει οι συσκευές που απαρτίζουν τα συστήματα κλιματισμού (λέβητες, ψυκτικές μονάδες, ανεμιστήρες,

αντλίες, φίλτρα κ.λπ.) να συντηρούνται τουλάχιστον μια φορά το χρόνο από εξειδικευμένο προσωπικό.

Για τη σύγκριση δύο κλιματιστικών εγκαταστάσεων συνήθως χρησιμοποιούνται δύο λόγοι:

- Ο λόγος ενεργειακής αποδοτικότητας (EER), που μετρά το ποσό του ηλεκτρισμού που απαιτήθηκε από μια μονάδα κλιματισμού για να παρέχει το απαιτούμενο επίπεδο ψύξης σε πρότυπες συνθήκες.

$$EER = P_{cooling} / P_{electric}$$

$P_{cooling}$ = Ψυκτική ισχύς που τροφοδοτείται από την μονάδα (kW)

$P_{electric}$ = Ηλεκτρική ισχύς που απορροφάται από την μονάδα (kW)

Ο εποχιακός λόγος ενεργειακής αποδοτικότητας (SEER), που καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

$$SEER = E_{cooling} / E_{electric}$$

$E_{cooling}$ = Ψυκτική ενέργεια που τροφοδοτείται από την μονάδα κατά την διάρκεια μιας περιόδου (J ή kWh)

$E_{electric}$ = Ηλεκτρική κατανάλωση της μονάδας κατά την διάρκεια μιας περιόδου (J ή kWh)

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτών των λόγων τόσο καλύτερη είναι η κλιματιστική εγκατάσταση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

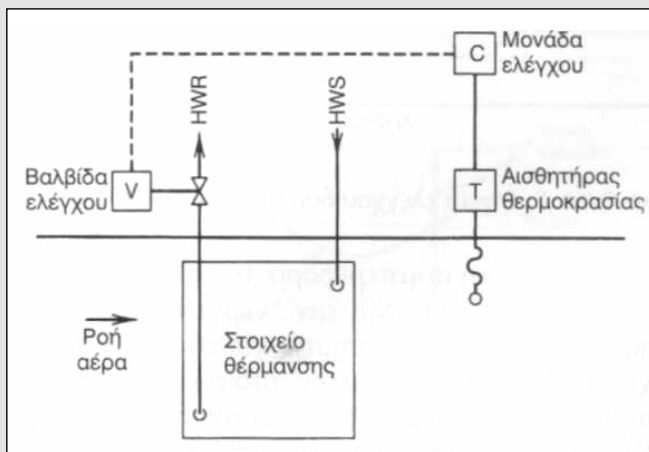
1. Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια – ΚΑΠΕ.
2. Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας σε συστήματα HVAC – ΚΑΠΕ.
3. Ευρωπαϊκή Κοινότητα – Γενική Διεύθυνση Ενέργειας και Μεταφορές - Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Greenbuilding.
4. Παπακώστας Κ.Τ., (2009), Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, Κτήριο, τεύχος 7, σελ. 124-132.
5. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: www.cres.gr
6. Υπουργείο Περιβάλλοντος & Κλιματικής Αλλαγής: www.yeka.gr

3.2. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.

3.2.1. Γενικές αρχές

Επειδή τα φορτία στις διάφορες ζώνες του κτηρίου μεταβάλλονται χρονικά, πρέπει να υπάρχουν συστήματα ελέγχου, ώστε η έξοδος του συστήματος κλιματισμού (HVAC) να ανταποκρίνεται στα φορτία αυτά. Ένα σύστημα κλιματισμού σχεδιάζεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται σε ακραίες συνθήκες αλλά κατά το μεγαλύτερο διάστημα θα λειτουργεί με μέρος του μέγιστου δυνατού φορτίου. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα ελέγχου θα διατηρεί καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα παρέχοντας άνεση ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες, με το ελάχιστο δυνατό κόστος λειτουργίας.

Τα συστήματα ελέγχου μπορεί να είναι διαφόρων τύπων: ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά, αέρα ή ανεξάρτητα τα οποία δεν απαιτούν εξωτερική πηγή ενέργειας. Ορισμένα συστήματα κλιματισμού έχουν συνδυασμό συστημάτων, π.χ. ηλεκτρονικό και αέρα. Οι σύγχρονες τάσεις προσανατολίζονται περισσότερο στα ηλεκτρονικά συστήματα, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ψηφιακά συστήματα ελέγχου που συχνά ονομάζονται και άμεσος ψηφιακός έλεγχος ή DDC (direct digital control). Η ανάπτυξη των αναλογικών και ψηφιακών ηλεκτρονικών, αφενός έκαναν τα συστήματα ελέγχου να είναι υψηλότερης απόδοσης και αφετέρου να επιτρέψουν την εκτέλεση σχεδόν απεριόριστων λειτουργιών ελέγχου μέσα στις φυσικές δυνατότητες του συστήματος. Εκτός από τον καλύτερο έλεγχο έχει επιτευχθεί και ακόμη μεγαλύτερη δυνατότητα παρακολούθησης των λειτουργιών που εκτελούνται, έτσι ώστε τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (BEMS) να είναι πλέον συνηθισμένα. Αυτό έχει επιτρέψει τον καλύτερο προσδιορισμό των συνθηκών επικίνδυνης λειτουργίας καθώς και τον καλύτερο έλεγχο της εξάπλωσης πυρκαγιάς ή ρύπανσης. Ελαχιστοποιώντας τον ανθρώπινο παράγοντα στη λειτουργία του συστήματος, η πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος έχει επίσης ελαχιστοποιηθεί.



Σχήμα 3.2.1. Στοιχειώδες σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής.

Όλα τα συστήματα ελέγχου συμπεριλαμβανομένων και των πιο απλών, διαθέτουν τρία απαραίτητα εξαρτήματα: τον αισθητήρα, τον ελεγκτή και τη διάταξη ελέγχου. Θεωρήστε τον έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα πρόσπτωσης σ' ένα στοιχείο θέρμανσης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.1., η θέση της βαλβίδας ελέγχου προσδιορίζει το βαθμό κυκλοφορίας του θερμού νερού στο στοιχείο θέρμανσης. Καθώς το θερμό νερό διέρχεται μέσα από το στοιχείο με μεγαλύτερο ρυθμό, ο αέρας (του οποίου η ροή λαμβάνεται ως σταθερή) θα αποκτήσει μεγαλύτερη θερμοκρασία. Ένας αισθητήρας

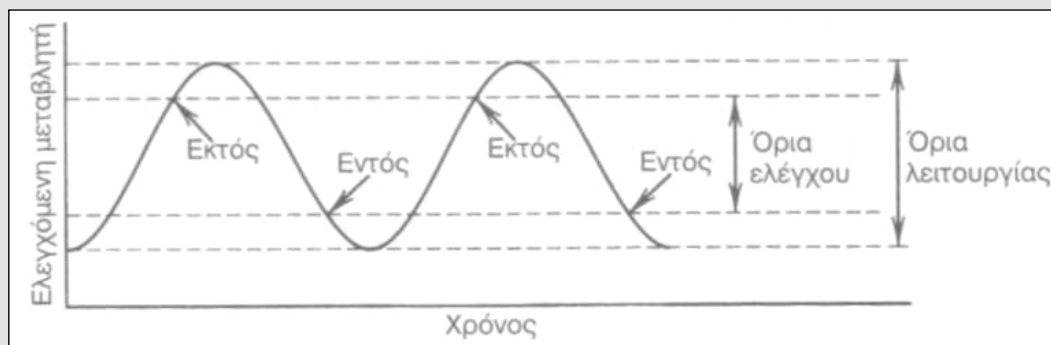
θερμοκρασίας τοποθετείται σε μια θέση του στοιχείου στη διεύθυνση ροής του αέρα έτσι ώστε να μετρά τη θερμοκρασία του αέρα που φεύγει από το στοιχείο. Ο αισθητήρας στέλνει ένα σήμα (τάσης ρεύματος ή αντίστασης) στον ελεγκτή που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του αισθητήρα. Ο ελεγκτής στον οποίο έχει τοποθετηθεί η επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας του αέρα, συγκρίνει την τιμή αυτή με τη θερμοκρασία που λαμβάνει από τον αισθητήρα.

Εάν η θερμοκρασία του αισθητήρα είναι μεγαλύτερη από την προρυθμισμένη, ο ελεγκτής θα στέλνει ένα σήμα για να κλείσει προσωρινά τη βαλβίδα ελέγχου. Αυτό ονομάζεται σύστημα κλειστού βρόγχου επειδή η μεταβολή στην ελεγχόμενη διάταξη (βαλβίδα ελέγχου) επιφέρει μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (ελεγχόμενη μεταβλητή), που με τη σειρά της ανιχνεύεται από τον αισθητήρα. Η διαδικασία μέσω της οποίας ανιχνεύεται η μεταβολή στη έξοδο ονομάζεται ανάδραση ή ανατροφοδότηση. Σ' ένα σύστημα ανοικτού βρόγχου ο αισθητήρας δεν επηρεάζεται άμεσα από τη δράση της ελεγχόμενης διάταξης. Ένα παράδειγμα συστήματος ανοικτού βρόγχου είναι με βάσει την εξωτερική θερμοκρασία να ρυθμιστεί η θερμοκρασία του νερού σ' ένα θερμικό κύκλωμα. Στην περίπτωση αυτή, η ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού δεν έχει επίδραση στον αισθητήρα της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Διατίθενται διάφοροι τύποι λειτουργιών ελέγχου για διάφορες απαντήσεις ελέγχου. Οι περισσότεροι περιλαμβάνονται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

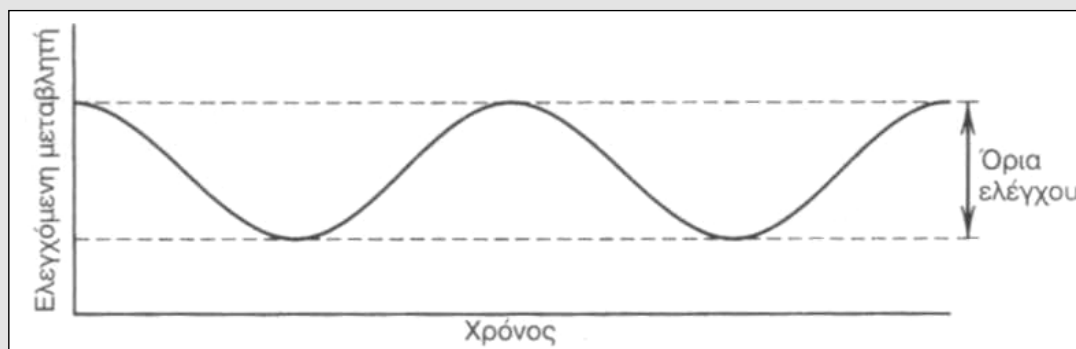
- Δύο θέσεων ή λειτουργίας ON - OFF
- Χρονικής λειτουργίας δύο θέσεων
- Κυμαινόμενης λειτουργίας
- Διαμορφωμένης λειτουργίας

Η λειτουργία δύο θέσεων ή ON - OFF είναι η απλούστερη και είναι κοινή σε όλους τους τύπους των εξοπλισμών. Παράδειγμα αποτελεί ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας που ενεργοποιείται και κλείνει μ' ένα θερμοστάτη ή μια αντλία που τίθεται εντός και εκτός από ένα διακόπτη πίεσης. Για να εμποδίζεται σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας η υπερβολικά γρήγορη εναλλαγή μεταξύ των δύο θέσεων λειτουργίας πρέπει οι τιμές που έχουν τοποθετηθεί στον ελεγκτή και αντιστοιχούν στις θέσεις ON και OFF να διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους. Στο σχήμα 3.2.2 απεικονίζεται πως η ελεγχόμενη μεταβλητή μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά με τη λειτουργία δύο θέσεων. Παρατηρήστε ότι υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση στην απόκριση της μεταβλητής ελέγχου με αποτέλεσμα η πραγματική διαφορά λειτουργίας να είναι μεγαλύτερη της προρυθμισμένης διαφοράς ή διαφοράς ελέγχου. Αυτή η διαφορά μπορεί να μικρύνει μέσω τεχνητής μείωσης του χρόνου On ή OFF. Για παράδειγμα ένας θερμοστάτης σε λειτουργία θέρμανσης μπορεί να έχει ένα μικρό εσωτερικό θερμαντήρα που ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της περιόδου ON με αποτέλεσμα το σήμα OFF να ενεργήσει νωρίτερα απ' ότι θα ενεργούσε κανονικά. Ένας θερμοστάτης με αυτή τη διάταξη λέγεται ότι έχει πρόβλεψη ή θερμική πρόβλεψη.



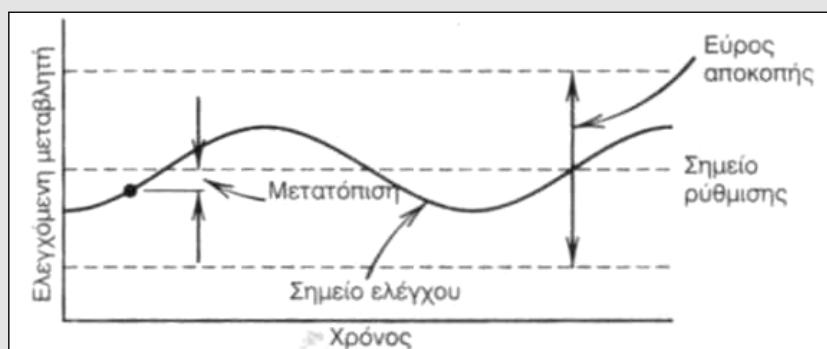
Σχήμα 3.2.2. Έλεγχος δύο θέσεων (εντός – εκτός)

Το σχήμα 3.2.3 απεικονίζει τη συμπεριφορά της ελεγχόμενης μεταβλητής όταν η ενέργεια ελέγχου είναι κυμαινόμενη. Με την ενέργεια αυτή η ελεγχόμενη συσκευή μπορεί να σταματήσει σε οποιοδήποτε σημείο και να εκτελέσει ανάστροφη λειτουργία. Ο ρυθμιστής έχει μια νεκρή περιοχή στην οποία κανένα σήμα δεν στέλνεται στην ελεγχόμενη συσκευή που έχει δυνατότητα διακύμανσης σε μια μερικώς ανοικτή θέση. Η ελεγχόμενη μεταβλητή πρέπει να έχει σχετικά γρήγορη απόκριση στο σήμα ελέγχου γι' αυτόν τον τύπο λειτουργίας, ώστε να λειτουργεί σωστά.



Σχήμα 3.2.3. Ενέργεια ελέγχου ροής.

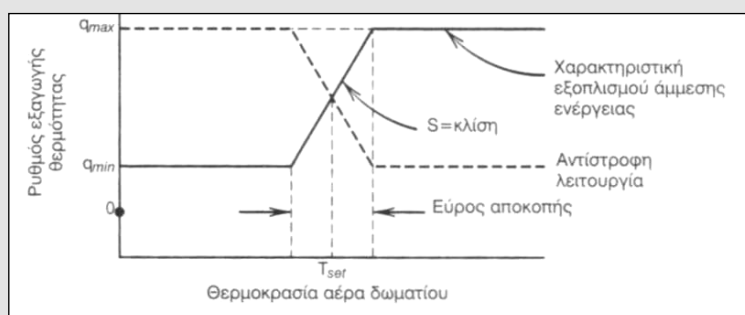
Η διαμορφωμένη λειτουργία απεικονίζεται στο σχήμα 3.2.4. Με τη λειτουργία αυτή η έξοδος από το ρυθμιστή μπορεί να μεταβάλλεται απεριόριστα σε σχέση με τα αρχικά όρια. Η ελεγχόμενη συσκευή θα αναζητήσει μια θέση αντίστοιχη με τα όρια της και την έξοδο από το ρυθμιστή. Το σχήμα 3.2.4 βοηθά στον ορισμό τριών όρων που είναι σημαντική στο διαμορφωμένο έλεγχο και που δεν έχουν νωρίτερα οριστεί. *Περιοχή αποκοπής* (throttling range) είναι το εύρος της μεταβολής που απαιτείται να έχει η ελεγχόμενη μεταβλητή για να δραστηριοποιήσει την ελεγχόμενη συσκευή από την μια οριακή θέση στην αντίθετη.



Σχήμα 3.2.4. Διαμόρφωση λειτουργίας ελέγχου.

Το σχήμα 3.2.5 απεικονίζει την περιοχή αποκοπής ενός τυπικού συστήματος ψύξης, που ελέγχεται από ένα θερμοστάτη στην οποία ο θερμοστάτης ενεργοποιείται λόγω ελάχιστης θερμοκρασίας. Η πραγματική τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής ονομάζεται σημείο ελέγχου. Το σύστημα θεωρείται ότι είναι εντός ελέγχου όταν το σημείο ελέγχου είναι μέσα στην περιοχή αποκοπής, και εκτός ελέγχου όταν είναι έξω από αυτήν. Η διαφορά μεταξύ του σημείου ελέγχου και του αντίστοιχου προρυθμισμένου (set point) λέγεται μετατόπιση του *σημείου ελέγχου* (πολλές φορές ονομάζεται και απόκλιση ή παρέκκλιση). Η ενέργεια που αντιπροσωπεύεται από τη συνεχή γραμμή

στο σχήμα 3.2.5 ονομάζεται ευθεία γραμμή επειδή αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της απαγωγής θερμότητας ή ψύξη. Η διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει ανάστροφη ενέργεια, όπου η αύξηση στη θερμοκρασία θα προκαλούσε μείωση της ελεγχόμενης μεταβλητής για παράδειγμα, εισαγωγή θερμότητας.



Σχήμα 3.2.5. Έλεγχος θερμοκρασίας χώρου με σημείο ελέγχου εντός περιοχής αποκοπής.

Η απλούστερη διαμορφωμένη ενέργεια αναφέρεται σαν αναλογικός έλεγχος, άνομα που πολλές φορές περιγράφει το διαμορφωμένο σύστημα ελέγχου. Αυτή είναι η ενέργεια ελέγχου που χρησιμοποιείται στα περισσότερα συστήματα πεπιεσμένου αέρα καθώς και στα παλιότερα ηλεκτρικά. Η έξοδος ενός αναλογικού ρυθμιστή ισούται με μια σταθερά συν το γινόμενο του σφάλματος του κέρδους:

$$O = A + e \cdot K_p \quad (3.2.1.)$$

Όπου:

O = έξοδος ρυθμιστή

A = έξοδος ρυθμιστή με μηδενικό σφάλμα (σταθερά)

e = το σφάλμα που ισούται με την προ-ρυθμισμένη τιμή μείον τη μετρηθείσα τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής

Kp = σταθερά αναλογικού κέρδους

Το κέρδος είναι ποσότητα που συνήθως μπορεί να ρυθμιστεί δίνοντας μια επιθυμητή έξοδο. Το υψηλό κέρδος δίνει στο σύστημα τη δυνατότητα ταχύτερης απόκρισης, αλλά παράλληλα το καθιστά πιο ασταθές. Μειώνοντας το κέρδος η απόκριση μειώνεται αλλά το σύστημα γίνεται πιο σταθερό. Το κέρδος του συστήματος ελέγχου που απεικονίζεται στο σχήμα 3.2.5 εκφράζεται με την κλίση της γραμμής εξαρτήματος S στην περιοχή αποκοπής. Στην περίπτωση αυτή οι μονάδες του κέρδους θα ήταν αυτές του ρυθμού θέρμανσης ανά βαθμό, π.χ. Btu/hr-°F ή W/°C.

Τα σχήματα 3.2.6. και 3.2.7. απεικονίζουν ευστάθεια. Στο σχήμα 3.2.6. η ελεγχόμενη μεταβλητή απεικονίζεται με μέγιστο σφάλμα τη χρονική στιγμή μηδέν και μια απόκριση που οδηγεί το σημείο ελέγχου γρήγορα σε μια τιμή ευστάθειας με μια μικρή απόκλιση. Το σχήμα 3.2.7. απεικονίζει ένα ασταθές σύστημα από το σημείο ελέγχου συνεχίζει να ταλαντώνεται γύρω από το προ-ρυθμισμένο σημείο, χωρίς ποτέ να σταθεροποιείται σε μια τιμή μικρής απόκλισης, όπως το ευσταθές σύστημα. Θα υπάρχει πάντα μια απόκλιση με τον αναλογικό έλεγχο, σε ένα κοινό σύστημα.

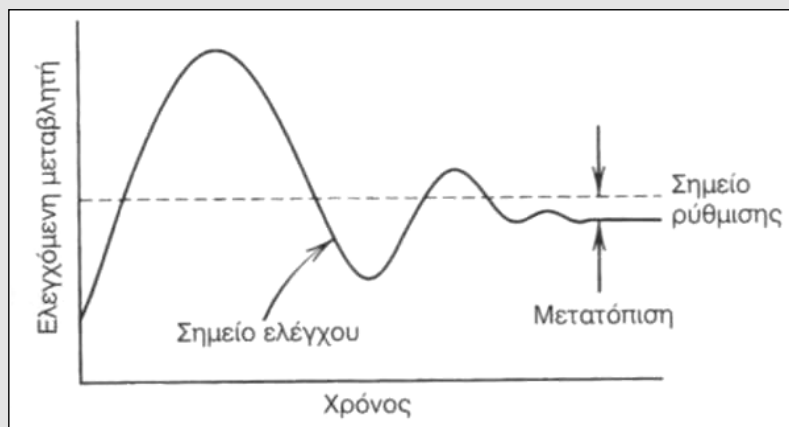
Η άνεση, η απόδοση του συστήματος κλιματισμού και η κατανάλωση ενέργειας συνήθως βελτιώνεται όσο μειώνεται η τιμή απόκλισης και το αντίθετο. Η απόκλιση αυτή μπορεί να εξαλειφθεί με βελτίωση του αναλογικού ελέγχου που αναφέρεται και ως αναλογικός με ολοκλήρωση έλεγχου (PI). Ο

ρυθμιστής σχεδιάζεται να ενεργεί με τον εξής τρόπο:

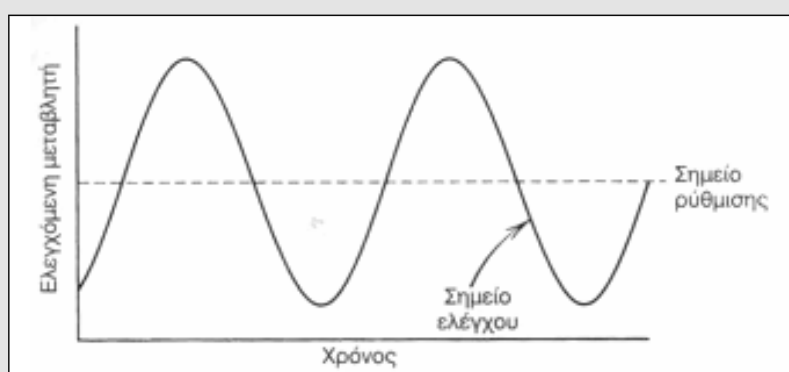
$$O = A + e \cdot K_p + K_i \int e \cdot dt \quad (3.2.2.)$$

Όπου K_i = σταθερά κέρδους ολοκλήρωσης.

Στη λειτουργία αυτή προστίθεται στην έξοδο του ρυθμιστή η ολοκλήρωση του σφάλματος στο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι η τιμή του σφάλματος της απόκλισης μπορεί ουσιαστικά να μηδενιστεί για κάθε πρακτική εφαρμογή. Η σταθερά του κέρδους ολοκλήρωσης K_i , ισούται με χ/t , όπου χ είναι ο αριθμός των δειγμάτων της μετρούμενης μεταβλητής στη μονάδα του χρόνου, που πολλές φορές αποκαλείται μονάδα μηδενισμού ή επαναφοράς. Πολλές φορές στη βιομηχανία συστημάτων HVAC, ο έλεγχος αυτός αναφέρεται και ως *αναλογικός με επαναφορά*, αλλά ο σωστός όρος "*αναλογικός με ολοκλήρωση*" χρησιμοποιείται ευρύτερα. Οι περισσότεροι ηλεκτρονικοί ρυθμιστές καθώς και πολλοί ρυθμιστές αερίου χρησιμοποιούν έλεγχο P.I., καθώς οι υπολογιστές μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα για τη λειτουργία αυτή.



Σχήμα 3.2.6. Σταθερό σύστημα με αναλογικό έλεγχο.



Σχήμα 3.2.7. Ασταθές σύστημα με αναλογικό έλεγχο.

Μια επιπρόσθετη διαμόρφωση που εμπλέκει την παράγωγο του σφάλματος χρησιμοποιείται στη λειτουργία αναλογικού με ολοκληρωτική παράγωγο έλεγχου (PID). Αυτό αυξάνει το ρυθμό διορθώσεων καθώς το σφάλμα αυξάνεται παρέχοντας ταχεία απόκριση όπου απαιτείται. Τα

περισσότερα συστήματα κλιματισμού αποκρίνονται σχετικά αργά στις μεταβολές εξόδου του ρυθμιστή και τα συστήματα PID χάνουν τον έλεγχο. Παρόλο που πολλοί ηλεκτρονικοί ρυθμιστές τίθενται σε λειτουργία PID, η επιπλέον χρήση της παραγώγου συνήθως δεν βοηθά στον καλό έλεγχο των συστημάτων κλιματισμού.

Η παρακολούθηση των συστημάτων συνδέεται στενά με τον έλεγχο τους και είναι σημαντική η παροχή του απαραίτητου για τον σκοπό αυτό εξοπλισμού. Κατά το χρόνο της εγκατάστασης όλα τα εξαρτήματα θα πρέπει να συνδέονται με τους απαραίτητους μετρητές, θερμόμετρα, μετρητές ροής και διατάξεις ισοστάθμισης έτσι ώστε η απόδοση του συστήματος να είναι η επιθυμητή. Επιπρόσθετα, για κάθε μεγάλο και πολύπλοκο σύστημα κλιματισμού θα πρέπει να υπάρχει ένα κέντρο ελέγχου παρακολούθησης και ελέγχου μεγάλου αριθμού σημείων ελέγχου. Πολλές φορές τα συστήματα ασφαλείας και πυροπροστασίας συνδέονται στο σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου των συστημάτων κλιματισμού.

3.2.2. Συστήματα κλιματισμού.

3.2.2.1. Συστήματα που λειτουργούν μόνο με αέρα (All-Air Systems)

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν μόνο με αέρα και παρέχουν αισθητή θέρμανση και ύγρανση καθώς και αισθητή και λανθάνουσα ψύξη μέσω παροχής αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο. Σε τέτοια συστήματα μπορούν να υπάρχουν σωληνώσεις που συνδέουν τους ψύκτες και τα στοιχεία θέρμανσης με τη διάταξη διαχείρισης του αέρα. Καμία επιπρόσθετη ψύξη δεν απαιτείται στη ζώνη.

Το σύστημα αυτό μπορεί να προσαρμοστεί σε όλους τους τύπους συστημάτων κλιματισμού για εξασφάλιση άνεσης ή εκτέλεση κάποιας διεργασίας. Εφαρμόζεται σε κτήρια που απαιτούν ξεχωριστό έλεγχο συνθηκών περιλαμβάνοντας πολλαπλές ζώνες όπως τα κτήρια γραφείων, τα σχολεία και τα πανεπιστήμια, τα εργαστήρια, τα νοσοκομεία, τα καταστήματα, τα ξενοδοχεία και τα πλοία. Τα συστήματα αέρα χρησιμοποιούνται επίσης για κάθε ειδική εφαρμογή όπου απαιτείται ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας, περιλαμβάνοντας καθαρούς χώρους υπολογιστών, χώρους χειρουργικών νοσοκομείων, καθώς και εργοστάσια υφασμάτων και καπνού.

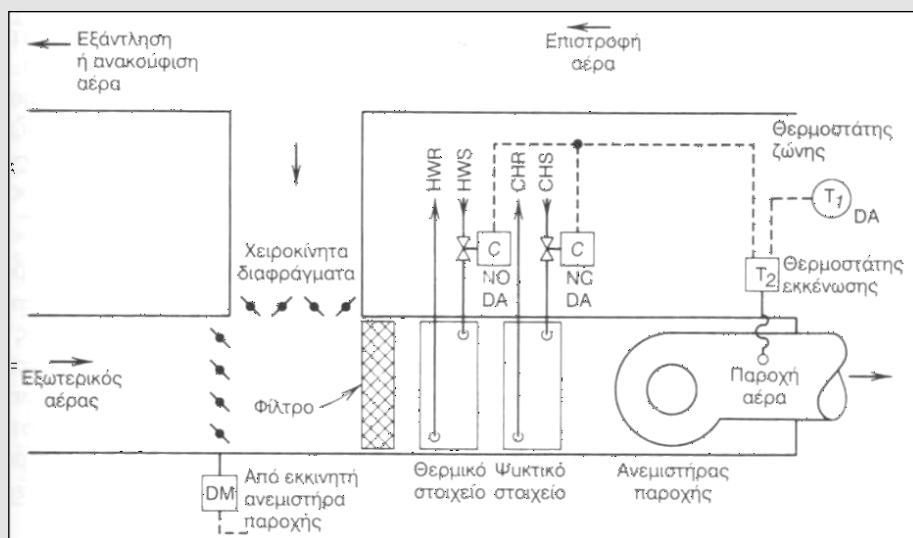
Η θέρμανση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του συστήματος αγωγών που χρησιμοποιείται για ψύξη, μέσω ενός συστήματος αέρα, ή μέσω ενός ξεχωριστού περιμετρικού επιδαπέδιου συστήματος που χρησιμοποιεί ζεστό νερό, ατμό και θερμαντικά στοιχεία. Αποτελεί λειτουργία του συστήματος περιμετρικής θέρμανσης να αντισταθμίσει τις θερμικές απώλειες στο εξωτερικό περίβλημα του κτηρίου. Τις χρονικές περιόδους όπου η θέρμανση απαιτείται μόνο στις περιμετρικές ζώνες που εξυπηρετούνται από τα επιδαπέδια συστήματα, το σύστημα αέρα παρέχει τον απαραίτητο αερισμό αλλά όχι ψύξη. Η πιο συνήθης εφαρμογή περιμετρικής θέρμανσης είναι με τα συστήματα μεταβλητού ολικού αέρα (VAV) .

3.2.2.2. Σύστημα απλής ζώνης

Το απλούστερο σύστημα που λειτουργεί μόνο με αέρα είναι μια μονάδα παροχής (επεξεργαστής αέρα) που εξυπηρετεί μια απλή ζώνη. Η μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί είτε μέσα στη ζώνη είτε εκτός του χώρου που εξυπηρετεί και μπορεί να λειτουργεί με ή χωρίς δίκτυο αγωγών. Το σύστημα απλής ζώνης αποκρίνεται μόνο σε ένα σύνολο παραμέτρων κλιματισμού. Έτσι περιορίζεται σε εφαρμογές όπου σχετικά ομοιόμορφες θερμοκρασίες μπορούν να διατηρηθούν μέσα στη ζώνη.

Στο σχήμα 3.2.8. απεικονίζεται το διάγραμμα του επεξεργαστή αέρα, καθώς και των διαφραγμάτων και των μονάδων ελέγχου ενός συστήματος ολικού αερισμού απλής ζώνης και σταθερού όγκου. Σε αυτό το συγκεκριμένο σύστημα ο θερμοστάτης του δωματίου διατηρεί την

επιθυμητή θερμοκρασία στη ζώνη ελέγχοντας τη θερμοκρασία του αέρα παροχής. Ο θερμοστάτης εκροής αέρα (εκκένωσης) λαμβάνει ένα σήμα από το θερμοστάτη της ζώνης, και ανοίγει ή κλείνει την κατάλληλη βαλβίδα στο στοιχείο ψύξης ή θέρμανσης για να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία του δωματίου. Επειδή η βαλβίδα θερμότητας είναι συνήθως ανοικτή (ON) και ενεργεί άμεσα όπως και ο θερμοστάτης ζώνης μια αύξηση της θερμοκρασίας δωματίου θα προκαλέσει τη μείωση τη ροής στη βαλβίδα του ζεστού νερού. Η βαλβίδα του ψυχρού νερού θα κλείσει εφόσον υπάρχει απαίτηση για αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν απαιτηθεί ψύξη η βαλβίδα του ζεστού νερού θα κλείσει και η βαλβίδα του νερού ψύξης θα αποκριθεί στην κατάλληλη διεύθυνση στο θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης εκκένωσης θα μπορούσε να απαλειφθεί από το κύκλωμα και οι βαλβίδες να ελέγχονται απευθείας από το θερμοστάτη ζώνης κάτι που θα είχε όμως συνέπεια τη μείωση της ταχύτητας απόκρισης.



Σχήμα 3.2.8. Συστήματα ελέγχου των επεξεργαστών αέρα για απλό σύστημα σταθερής παροχής αέρα και απλού συστήματος αέρα.

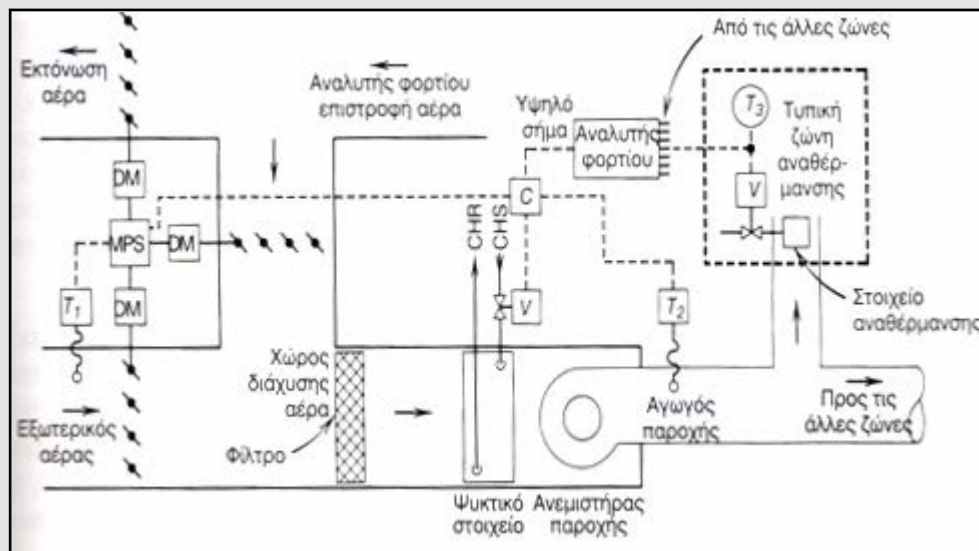
Στην περίπτωση αυτή, όπου ο ανεμιστήρας αποδίδει σταθερό αέρα, ο ρυθμός, εξόδου του αέρα καθορίζεται από τη θέση των ρυθμιστικών διαφραγμάτων. Τα εξωτερικά διαφράγματα έχουν έναν κινητήρα για να μεταβάλλουν τη θέση τους από κλειστή σε ανοικτή όταν ο ανεμιστήρας τίθεται σε λειτουργία. Στην περίπτωση αυτή τα διαφράγματα κατά την επανακυκλοφορία του αέρα ρυθμίζονται χειροκίνητα. Συχνά τίθενται να λειτουργήσουν συγχρόνως με τα διαφράγματα του εξωτερικού αέρα και με απόρριψη και ανακύκλωση (ανακυκλοφορία) των διαφραγμάτων του αέρα.

3.2.2.3. Συστήματα αναθέρμανσης

Το σύστημα αναθέρμανσης είναι μια τροποποίηση του συστήματος απλής ζώνης και σταθερού όγκου. Ο σκοπός του είναι να επιτρέπει τον έλεγχο του χώρου ή της ζώνης σε επιφάνεια διαφορετικών φορτίων ή να εξασφαλίζει ψύξη και θέρμανση σε περιμετρικές επιφάνειες διαφορετικής έκθεσης ή σε εφαρμογές όπου απαιτείται αυστηρός έλεγχος των συνθηκών του χώρου. Η λέξη αναθέρμανση υποδηλώνει ότι η λειτουργία της θέρμανσης είναι δευτερεύουσα διαδικασία, εφαρμοζόμενη στο προκλιματισμένο αέρα. Ένα απλό σύστημα αναθέρμανσης χαμηλής πίεσης παράγεται όταν ένα στοιχείο θέρμανσης εισάγεται σε ένα σύστημα αγωγών. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα χρησιμοποιούν αγωγούς υψηλότερης πίεσης ώστε να επιτρέπουν την εξισορρόπηση του συστήματος στη ζώνη αναθέρμανσης. Το μέσο θέρμανσης μπορεί να είναι ζεστό νερό, ατμός ή ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο κλιματιζόμενος αέρας παρέχεται από μια κεντρική μονάδα σε σταθερή και χαμηλή θερμοκρασία

αέρα υπολογισμένη να καλύπτει το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του χώρου. Ο θερμοστάτης ελέγχου ενεργοποιεί τη μονάδα αναθέρμανσης όταν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από το ανώτατο όριο που έχει τεθεί στο σύστημα ελέγχου. Στο σχήμα 3.2.9. απεικονίζεται η διάταξη των εξαρτημάτων ενός τυπικού συστήματος αναθέρμανσης. Για εξοικονόμηση ενέργειας, η αναθέρμανση δεν πρέπει να εφαρμόζεται εκτός εάν είναι τελείως απαραίτητο. Τελικά, θα πρέπει να υφίσταται και έλεγχος επαναφοράς για τη διατήρηση του ψυχρού αέρα στην υψηλότερη θερμοκρασία ικανοποιώντας τις απαντήσεις ψύξης του χώρου.



Σχήμα 3.2.9. Απλή διάταξη ελέγχου ενός συστήματος αναθέρμανσης σταθερού όγκου.

Το σχήμα 3.2.9. δείχνει επίσης τη διάταξη ενός οικονομητήρα, όπου ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται για ψύξη όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι επαρκώς χαμηλή. Ο αισθητήρας T1 ρυθμίζει τις θέσεις των διαφραγμάτων και συνεπώς την εισαγωγή εξωτερικού αέρα. Το εξωτερικό διάφραγμα πρέπει να παραμένει ανοικτό επαρκώς για να εξασφαλίζει τον ελάχιστο εξωτερικό αέρα που απαιτείται για να διατηρεί καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Επειδή η υγρασία μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα, πολλοί μελετητές χρησιμοποιούν υγραστάτες στην εισαγωγή του εξωτερικού αέρα για να εξασφαλίσουν ότι δεν χρησιμοποιείται αέρας για ψύξη όταν η εξωτερική υγρασία είναι πολύ υψηλή.

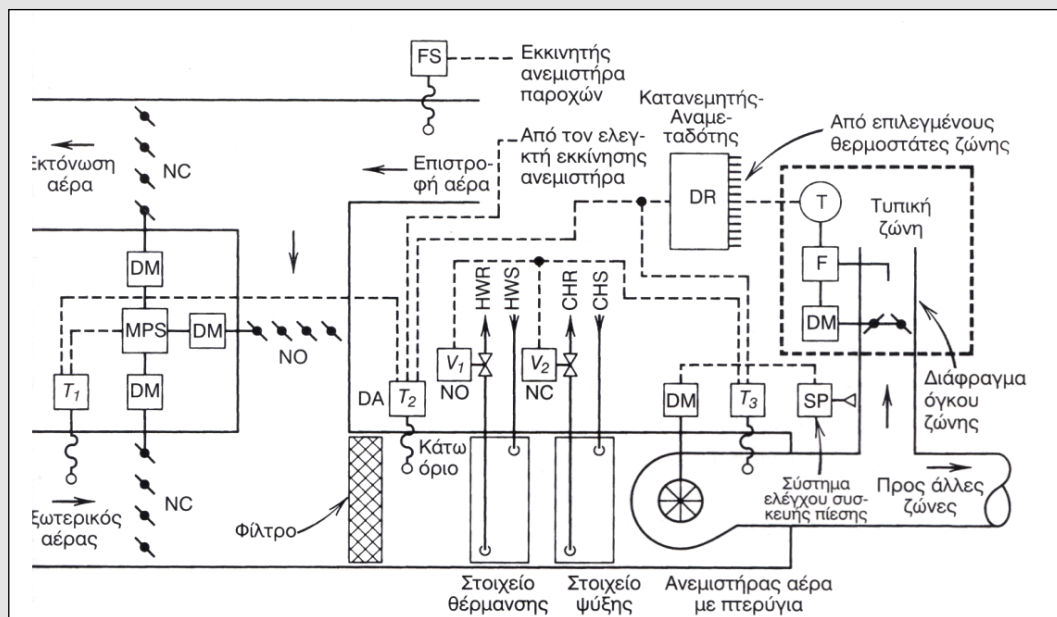
3.2.2.4. Σύστημα μεταβλητού όγκου (V.A.V.)

Το σύστημα μεταβλητού όγκου αντισταθμίζει το μεταβαλλόμενο φορτίο του χώρου ρυθμίζοντας τον όγκο του αέρα που παρέχεται μέσω ενός απλού αγωγού. Δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών ζωνών διότι κάθε χώρος που τροφοδοτείται από έναν ελεγχόμενο αγωγό αποτελεί μια ξεχωριστή ζώνη. Το σχήμα 3.2.10. απεικονίζει ένα σύστημα μεταβλητού όγκου απλού αγωγού.

Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων μεταβλητού όγκου είναι το χαμηλό αρχικό κόστος καθώς επίσης και το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Το αρχικό κόστος είναι πολύ χαμηλότερο συγκρινόμενο με άλλα συστήματα που παρέχουν ξεχωριστό έλεγχο του χώρου διότι απαιτείται απλές μόνο διαδρομές αγωγών καθώς και απλό έλεγχο στην κατάληξη του αέρα (air terminal). Όπου απαιτείται διαφοροποίηση (diversity) των φορτίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρότερος εξοπλισμός και το λειτουργικό κόστος είναι γενικά το χαμηλότερο μεταξύ των συστημάτων αερισμού. Επειδή ο όγκος του αέρα μειώνεται για τη μείωση του φορτίου οι ιπποδυνάμεις του ανεμιστήρα και του ψύκτη

προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό το φορτίο κλιματισμού του κτηρίου. Κατά τη διάρκεια των εποχών που επικρατεί μέση ή χαμηλή θερμοκρασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξωτερικός αέρας για οικονομία στην ψύξη. Επιπρόσθετα, το σύστημα είναι ουσιαστικά αυτορυθμιζόμενο.

Μέχρι πρότινος υπήρχαν δύο λόγοι για τους οποίους τα συστήματα μεταβλητού όγκου δεν προτεινόταν για εφαρμογές όπου τα φορτία μεταβάλλονταν πάνω από 20%. Κατ' αρχήν στραγγαλίζοντας τις συμβατικές εισαγωγές κάτω από 50 ή 60% από το μέγιστο όγκο ροής για τον οποίο σχεδιάστηκαν μπορούσε να προκαλέσει απώλεια ελέγχου της ροής του αέρα δωματίου με ανάπτυξη θερμών ρευμάτων. Δεύτερον, η χρήση μηχανικών στραγγαλιστικών διαφραγμάτων παράγει θόρυβο που αυξάνει ανάλογα με το ποσό του στραγγαλισμού.



Σχήμα 3.2.10. Διάταξη ελέγχου συστήματος μεταβλητού όγκου.

Βελτιώσεις στις διατάξεις μεταβλητής παροχής και αεροδυναμικά σχεδιασμένες εισαγωγές βοήθησαν να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα και επέτειναν την εφαρμογή των συστημάτων μεταβλητού όγκου. Τα σημερινά συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν κτήρια με περιμετρικές επιφάνειες όπου οι διακυμάνσεις των φορτίων είναι μέγιστες και όπου ο στραγγαλισμός τους 10% του όγκου ροής είναι συχνά απαραίτητος.

Παρ' όλο που μπορεί να επιτευχθεί θέρμανση με συστήματα μεταβλητού όγκου, τα τελευταία αποτελούν πρωτίστως συστήματα ψύξης και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται ψύξη κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους. Κτήρια με εσωτερικούς χώρους που έχουν μεγάλα εσωτερικά φορτία είναι οι κύριοι υποψήφιοι για τέτοια συστήματα. Ένα δευτερεύον σύστημα θέρμανσης θα μπορούσε να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της περιόδου όπου απαιτείται θέρμανση. Συχνά χρησιμοποιείται περιμετρική επιδαπέδια θέρμανση. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, το σύστημα VAV απλά εξασφαλίζει θερμοκρασία αέρα στους εξωτερικούς χώρους.

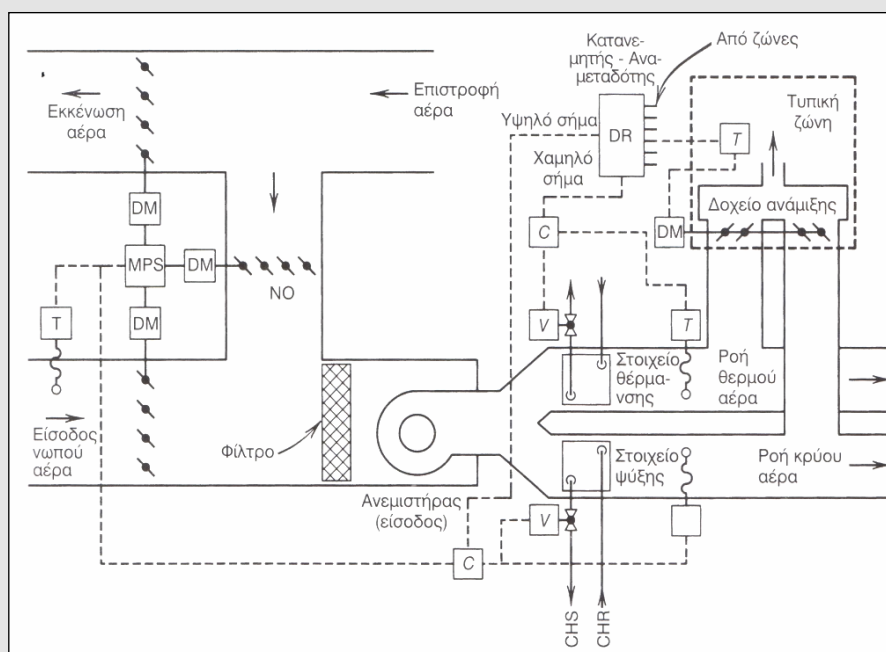
Η αναθέρμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το σύστημα VAV. Στην περίπτωση αυτή ο αέρας στραγγαλίζεται σε μια προκαθορισμένη αναλογία κατόπιν εκτελείται αναθέρμανση του αέρα.

Μια σημαντική παράμετρος στη σχεδίαση συστημάτων VAV είναι ο έλεγχος του ανεμιστήρα. Υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση της ισχύος του ανεμιστήρα όπου η ταχύτητα του ανεμιστήρα μειώνεται σε σχέση με τον όγκο του αέρα που κυκλοφορεί.

Τα συστήματα μεταβλητού όγκου απλού αγωγού θα πρέπει να εφαρμόζονται στις περιπτώσεις όπου γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων τους, δηλαδή του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Στις εφαρμογές τους περιλαμβάνονται κτήρια γραφείων, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, διαμερίσματα και σχολεία.

3.2.2.5. Σύστημα διπλού αγωγού

Στο σύστημα διπλού αγωγού ο κεντρικός σταθμός παρέχει θερμό αέρα μέσω μιας διαδρομής αγωγού και ψυχρό μέσω μιας άλλης. Η θερμοκρασία σ' ένα ξεχωριστό χώρο ρυθμίζεται με ανάμιξη θερμού και ψυχρού αέρα σε κατάλληλη αναλογία. Στα συστήματα αυτά μπορεί να υπάρχουν παραλλαγές, μια εκ των οποίων απεικονίζεται στο σχήμα 3.2.11.



Σχήμα 3.2.11. Σύστημα ελέγχου διπλών αεραγωγών.

Για την καλύτερη απόδοση κάποιας μορφής ρύθμισης σταθερού όγκου θα πρέπει να συμπεριληφθεί στο σύστημα για τη διατήρηση σταθερής ροής του αέρα. Χωρίς αυτήν την προσθήκη το σύστημα είναι δύσκολο να ελεγχθεί εξαιτίας των μεγάλων διακυμάνσεων της στατικής πίεσης που προέρχεται από την απαίτηση διαφοροποίησης των φορτίων.

Πολλά συστήματα διπλού αγωγού είναι εγκατεστημένα σε κτήρια γραφείων, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία και μεγάλα εργαστήρια. Ένα κοινό χαρακτηριστικό αυτών των κτηρίων είναι ότι παρουσιάζουν υψηλές διακυμάνσεις στο αισθητό θερμικό φορτίο. Το σύστημα αυτό παρέχει μεγάλη ευελιξία στην εξυπηρέτηση πολλαπλών φορτίων καθώς επίσης και ευθεία και αντίθετη θερμοκρασία όταν απαιτείται.

Οι θερμοστάτες ζώνης ή χώρου μπορούν να τεθούν άπαξ για τον έλεγχο των συνθηκών θερμοκρασίας για όλο το χρόνο. Όλος ο εξωτερικός αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή για να χειριστεί το ψυκτικό φορτίο. Ένα σύστημα διπλού όγκου πρέπει να συνδέεται μ' ένα σύστημα ελέγχου που επαναφέρει αυτόματα την παροχή ψυχρού αέρα στην υψηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία και την παροχή ζεστού αέρα στη χαμηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία.

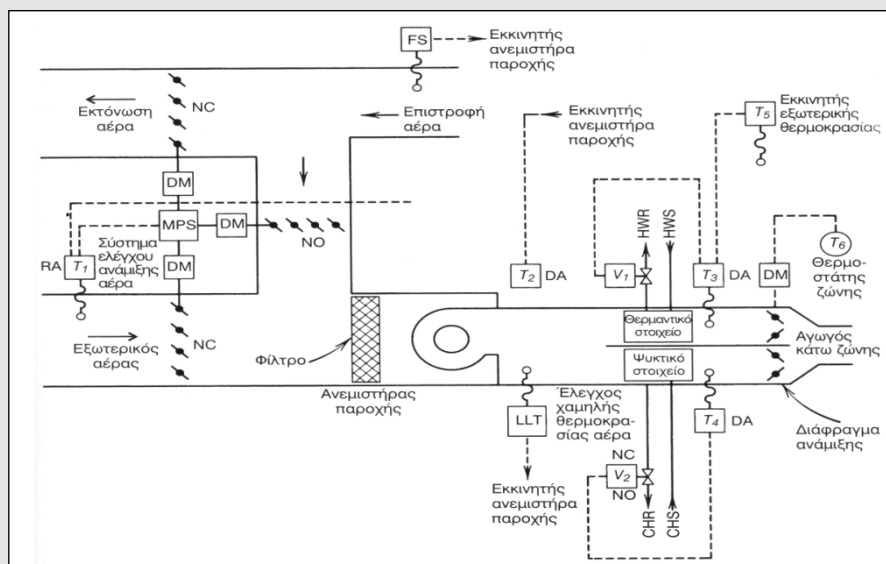
Μεταβλητός όγκος αέρα μπορεί να συνδυαστεί σ' ένα σύστημα διπλού αγωγού, με ποικίλες

διατάξεις. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται συνήθως δύο ανεμιστήρες παροχής, ο ένας για το θερμό αγωγό, και ο άλλος για τον ψυχρό αγωγό, όπου ο καθένας τους ελέγχεται από τη στατική πίεση του κάτω ρεύματος σε κάθε αγωγό.

Από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας, το σύστημα διπλού αγωγού έχει τα ίδια μειονεκτήματα με την αναθέρμανση. Παρ' όλο που πολλά τέτοια συστήματα βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, εντούτοις λίγα σχεδιάζονται ή εγκαθίστανται σήμερα.

3.2.2.6. Πολυζωνικό σύστημα

Οι μονάδες του κεντρικού πολυζωνικού σταθμού έχουν ένα απλό αγωγό παροχής για κάθε ζώνη και εξασφαλίζουν έλεγχο της κάθε ζώνης με ανάμιξη ψυχρού και θερμού αέρα στην κεντρική μονάδα αποκρινόμενοι στους θερμοστάτες των ζωνών ή των σωμάτων. Για ένα συγκρίσιμο αριθμό από ζώνες το σύστημα αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη ευελιξία από τους απλούς αγωγούς και μικρότερο κόστος από τους διπλούς αγωγούς, αλλά περιορίζεται φυσικά από τον αριθμό ζωνών που μπορούν να συνδεθούν σε κάθε κεντρική μονάδα.



Σχήμα 3.2.12. Πολυζωνικό σύστημα με διαφορετικό χώρο θερμού και ψυχρού αέρα.

Ο τυπικός πολυζωνικός εξοπλισμός είναι παρόμοιος από μια άποψη με αυτό του συστήματος του διπλού αγωγού, αλλά τα δύο ρεύματα αέρα αναμειγνύονται με την κατάλληλη αναλογία μέσα στα μηχανήματα εξοπλισμού αντί αυτό να γίνεται στον κάθε χώρο που εξυπηρετείται. Στο σχήμα 3.2.12. απεικονίζεται το σχέδιο ενός πολυζωνικού συστήματος. Το σύστημα κλιματίζει ομάδες δωματίων ή ζωνών μέσω κεντρικού συστήματος ανάμιξης που διαθέτει ψυκτικά και θερμικά στοιχεία σε παράλληλο ρεύμα από τον ανεμιστήρα.

Το πολυζωνικό σύστημα αεραγωγίων εφαρμόζεται σε περιοχές και τοποθεσίες με υψηλά αισθητά θερμικά φορτία και περιορισμένες απαιτήσεις αερισμού. Η χρήση πολλών διαδρομών αγωγών και συστημάτων ελέγχου μπορεί να αυξήσει πολύ το αρχικό κόστος του συστήματος αυτού, συγκριτικά με άλλα συστήματα ολικού αερισμού. Επίσης για να πετυχαίνει πολύ ακριβή έλεγχο το σύστημα ενδέχεται να απαιτεί μεγαλύτερα συστήματα ψύξης και διαχείρισης αέρα, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη στον προσδιορισμό του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας.

Η χρήση των συστημάτων αυτών για ταυτόχρονη δυνατότητα ψύξης και θέρμανσης δεν ενδείκνυται σήμερα για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Όμως, μέσω της χρήσης εξωτερικού αέρα

και είτε για ψύξη είτε για θέρμανση, μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός έλεγχος σε πολλές εφαρμογές.

3.2.2.7. Συστήματα νερού και αέρα

Στα συστήματα που λειτουργούν μόνο με αέρα που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι εσωτερικοί χώροι του κτηρίου ψύχονται αποκλειστικά από αέρα που παρέχεται σ' αυτούς από τον κεντρικό κλιματιστικό εξοπλισμό. Αντίθετα, στο σύστημα νερού και αέρα τόσο το νερό όσο και ο αέρας διανέμονται ξεχωριστά στον κάθε χώρο για την επίτευξη της ψύξης. Σε όλα ουσιαστικά τα συστήματα νερού-αέρα οι λειτουργίες της ψύξης και της θέρμανσης επιτυγχάνονται μεταβάλλοντας τις θερμοκρασίες του νερού ή του αέρα (ή και τις δύο) για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του χώρου κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Υπάρχουν διάφοροι βασικοί λόγοι χρήσης τέτοιου συστήματος. Εξαιτίας της μεγαλύτερης ειδικής θερμότητας και της πολύ μεγαλύτερης πυκνότητας του νερού σε σχέση με τον αέρα, η απαιτούμενη διατομή των σωληνώσεων διανομής είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που απαιτείτο δίκτυο αγωγών για να πετύχει το ίδιο έργο ψύξης. Κατά συνέπεια, η πυκνότητα του αέρα που διανέμεται μπορεί να είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή ενός συστήματος ολικού αέρα, και μικρότερος χώρος του κτηρίου απαιτείται για το σύστημα διανομής ψύξης.

Η μειωμένη ποσότητα αέρα συνήθως συνδυάζεται με μια μέθοδο υψηλής ταχύτητας διανομής του αέρα για την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χώρου. Εάν το σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε η παροχή του αέρα να ισούται με τον αέρα που απαιτείται για ανανέωση ή να λαμβάνεται υπόψη η διείσδυση αέρα στο χώρο ή και στα δύο ταυτόχρονα. Για την περίπτωση της διείσδυσης αέρα το δίκτυο αέρα δεν είναι χρήσιμο.

Η ιπποδύναμη των αντλιών που απαιτούνται για την κυκλοφορία του νερού στο κτήριο συνήθως είναι σημαντικά μικρότερη από την ιπποδύναμη του ανεμιστήρα που στέλνει και επιστρέφει αέρα. Έτσι εκτός από εξοικονόμηση χώρου μπορεί να επιτευχθεί και μείωση του λειτουργικού κόστους.

Συστήματα αυτού του τύπου εφαρμόζονται συνήθως σε κτήρια γραφείων, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, σχολεία, ερευνητικά εργαστήρια και άλλα κτήρια. Η εξοικονόμηση χώρου καθιστά τα συστήματα αυτά επωφελή και σε κατασκευές με μεγάλο ύψος.

Το υποσύστημα αέρα των συστημάτων νερού-αέρα περιλαμβάνει τον κεντρικό εξοπλισμό κλιματισμού, το σύστημα αγωγών διανομής, και ένα τερματικό δωμάτιο. Ο αέρας παρέχεται με σταθερό όγκο και συνήθως αναφέρεται σαν πρωταρχικός αέρας για να διακρίνεται από τον αέρα του δωματίου επανακυκλοφορεί μέσω του στοιχείου δωματίου.

Το υποσύστημα του νερού στη βασική του μορφή αποτελείται από μία αντλία και τις σωληνώσεις για τη μεταφορά του νερού στην επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας μέσα σε κάθε κλιματιζόμενο χώρο. Η επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας μπορεί να είναι ένα στοιχείο που αποτελεί ένα ολοκληρωμένο τμήμα του τερματικού αέρα (όπως στις μονάδες απαγωγής), ένα τελείως ξεχωριστό εξάρτημα μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο (radiant panel), ή συνδυασμός τους (όπως στις μονάδες fan-coil).

Ο έλεγχος θερμοκρασίας του κάθε δωματίου ξεχωριστά επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας τη χωρητικότητα του στοιχείου (ή των στοιχείων) μέσα στο δωμάτιο ρυθμίζοντας είτε την ροή του νερού μέσα στο στοιχείο είτε τη ροή του αέρα πάνω από αυτό. Το στοιχείο μπορεί να μετατρέπεται σε θερμαντικό κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ή ένα δεύτερο στοιχείο ή θερμαντική διάταξη μέσα στο χώρο μπορεί να αποδίδει θέρμανση, ανάλογα με το τύπο του συστήματος.

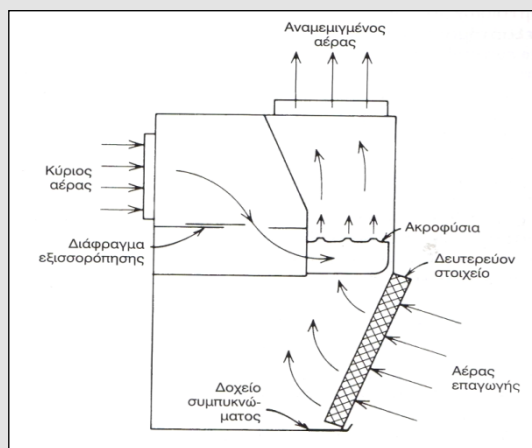
Τα συστήματα αέρα-νερού υποδιαιρούνται σε συστήματα δύο αγωγών, τριών αγωγών και τεσσάρων αγωγών. Η λειτουργία τους είναι βασικά η ίδια και όλα ενσωματώνουν λειτουργίες ψύξης και θέρμανσης για κλιματισμό κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Παρ' όλα αυτά οι διατάξεις των

δευτερευόντων κυκλωμάτων νερού καθώς και τα συστήματα ελέγχου διαφέρουν σημαντικά.

3.2.2.8. Σύστημα αέρα-νερού

Η βασική διάταξη του συστήματος αέρα-νερού απεικονίζεται στο σχήμα 3.2.13. Ο κεντρικά κλιματιζόμενος πρωταρχικός αέρας παρέχεται στη μονάδα διάχυσης σε υψηλή πίεση. Ο διαχύτης λειτουργεί και ηχοαπορροφητικά για να μείνει μέρος του θορύβου που παράγεται στο σύστημα αγωγών και στη μονάδα. Ένα διάφραγμα εξισορρόπησης χρησιμοποιείται για να καθορίζει την ποσότητα του πρωταρχικού αέρα μέσα σε προκαθορισμένα όρια.

Ο αέρας υψηλής πίεσης κυκλοφορεί μέσω των ακροφυσίων απαγωγής και απάγει δευτερεύοντα αέρα από το δωμάτιο επάνω στο δευτερεύον στοιχείο. Αυτός ο δευτερεύον αέρας είτε ψύχεται είτε θερμαίνεται στο στοιχείο ανάλογα με την εποχή, τις απαιτήσεις του δωματίου, ή και τα δύο. Συνήθως υφίσταται λανθάνουσα ψύξη στο στοιχείο του δωματίου, αλλά υπάρχει ένα δοχείο συμπυκνωμάτων που συλλέγει τους συμπυκνωμένους υδρατμούς που προέρχονται από μη συνήθη λανθάνοντα φορτία μικρής διάρκειας. Ο πρωτεύον και ο δευτερεύον αέρας αναμειγνύονται και προωθούνται στο δωμάτιο.



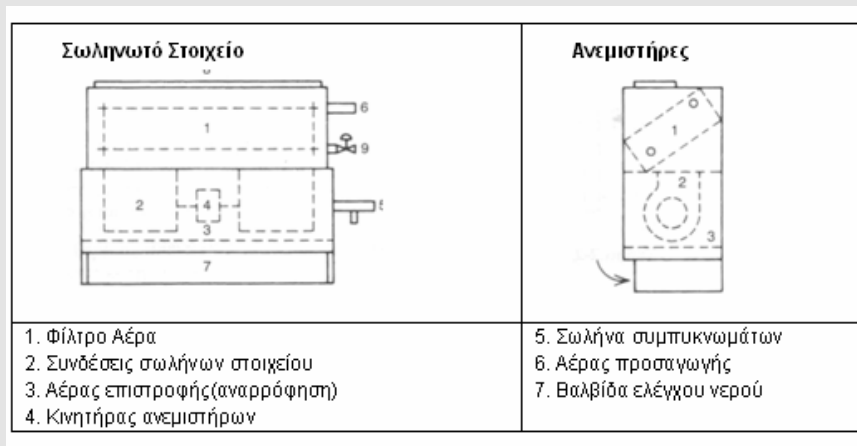
Σχήμα 3.2.13. Μονάδα συστήματος αέρος – νερού.

Οι μονάδες απαγωγής συνήθως τοποθετούνται στον περιμετρικό τοίχο κάτω από ένα παράθυρο αλλά διατίθενται και μονάδες σχεδιασμένες για τοποθέτηση ψηλά στον τοίχο ή στην οροφή. Κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης η μονάδα απαγωγής που είναι τοποθετημένη στο δάπεδο μπορεί να λειτουργήσει σαν μετατροπέας κατά τη διάρκεια εκτός κύριας χρήσης, με ζεστό νερό στο στοιχείο και χωρίς κύρια παροχή αέρα.

3.2.2.9. Συστήματα κλιματισμού με μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου

Η μονάδα κλιματισμού ανεμιστήρα στοιχείου είναι ένα χρήσιμο τερματικό δωματίου που εφαρμόζεται στα συστήματα αέρα-νερού και αποκλειστικά νερού.

Τα βασικά εξαρτήματα των μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου είναι ένας σωληνωτός εναλλάκτης και ένα τμήμα ανεμιστήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.14. Το τμήμα του ανεμιστήρα επανακυκλοφορεί διαρκώς τον αέρα από τον περιμετρικό χώρο προς το στοιχείο, στο οποίο γίνεται παροχή ψυχρού ή ζεστού νερού.



Σχήμα3.2.14. Τοπική μονάδα κλιματισμού με νερό (Fan Coil).

Επιπρόσθετα, η μονάδα μπορεί να περιλαμβάνει ένα βοηθητικό θερμαντικό στοιχείο το οποίο είναι συνήθως τύπου ηλεκτρικής αντίστασης αλλά μπορεί και να είναι τύπου ατμού ή ζεστού νερού. Έτσι, ο επανακυκλοφορούμενος αέρας του δωματίου ψύχεται ή θερμαίνεται. Ο κύριος αέρας που συμπληρώνεται και από τον εξωτερικό για τη διατήρηση της σωστής ποιότητας παρέχεται από ένα ξεχωριστό κεντρικό σύστημα στο ύψος της οροφής. Ο κύριος αέρας θερμαίνεται στη θερμοκρασία δωματίου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, ενώ υφίσταται ψύξη και αφύγρανση κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης. Επίσης η παροχή του μπορεί να διακόπτεται σε περιόδους για λόγους διατήρησης ενέργειας.

3.2.2.10. Συστήματα μόνο με νερό

Τα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού με νερό είναι εκείνα με τοπικές μονάδες με ανεμιστήρα στο στοιχείο. Ο αερισμός των δωματίων εκτελείται με τον άνευ όρων αερισμό που παρέχεται μέσα από τα ανοίγματα του τοίχου από διείσδυση. Η ψύξη και αφύγρανση παρέχονται με τη κυκλοφορία του ψυχρού ύδατος ή άλμης μέσω μιας σερπαντίνας (στοιχείου) στη μονάδα. Η θέρμανση παρέχεται με την παροχή του θερμού νερού μέσω του ίδιου κυκλώματος ή μιας χωριστής σερπαντίνας χρησιμοποιώντας την διανομή ύδατος από το κεντρικό κύκλωμα. Ηλεκτρική θέρμανση ή μια χωριστή σερπαντίνα ατμού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί. Η υγρανση δεν εφαρμόζεται στα σύστημα της θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού αποκλειστικά με νερό, εκτός αν ένας χωριστός υγραντήρας παρέχεται σε κάθε δωμάτιο. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η ευελιξία και η προσαρμογή του.

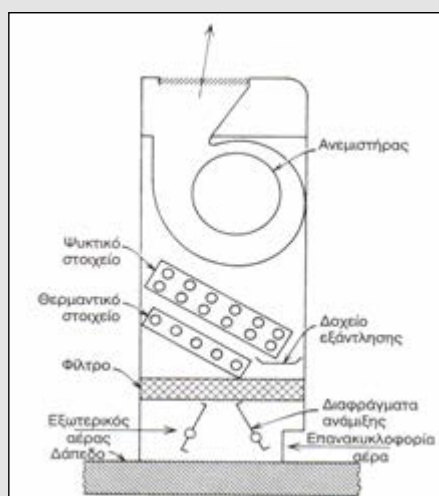
Το σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού νερού εφαρμόζεται χωρίς την Θετική παροχή για τον εξαερισμό ή παίρνει τον αέρα εξαερισμού μέσω ενός διαφράγματος είναι ένα από τα συστήματα μικρών απαιτήσεων και παρουσιάζει μικρό σχετικά κόστος. Δεν απαιτεί αγωγή αέρα εξαερισμού, είναι συγκριτικά εύκολο να εγκατασταθεί σε υπάρχουσες οικοδομές και με οποιοδήποτε κεντρικό σύστημα Θέρμανσης – Αερισμού – Κλιματισμού (HVAC) που χρησιμοποιεί σωληνώσεις με νερό αντί των αεραγωγών, τα αποτελέσματα χρήσης του είναι άκρως ικανοποιητικά. Εντούτοις, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι αυτό το σύστημα μπορεί να μην ικανοποιεί τις αυστηρές εσωτερικές απαιτήσεις άνεσης και υγιεινής (IAQ) αέρα.

Τα συστήματα νερού έχουν ανεξάρτητο έλεγχο δωματίων με γρήγορη απόκριση στους θερμοστάτες και ελευθερία από την επανακυκλοφορία του αέρα από άλλο κλιματιζόμενο χώρο. Αυτά τα συστήματα HVAC διαθέτουν κεντρικό ψύξης και Θέρμανσης. Όταν οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι κάθε μια ανεξάρτητες η επιλογή της θέρμανσης ή της ψύξης δεν απαιτεί

εποχιακή μεταστροφή. Όλα τα συστήματα HVAC νερού μπορούν να είναι ενσωματωμένα στα υπάρχοντα κτήρια και ελάχιστα παρεμβαίνουν στη χρήση του χώρου, δεν υπάρχει θετικός εξαερισμός εκτός αν στις συνδέσεις με το εξωτερικό περιβάλλον χρησιμοποιείται ο εξαερισμός ο οποίος επηρεάζεται και από τις πιέσεις αέρα και την ενέργεια των καπνοδόχων στο κτήριο.

Για την ανανέωση του αέρα μέσω των στοιχείων απαιτούνται ειδικές προφυλάξεις για αποφυγή του παγώματος στο στοιχείο. Μια εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι η τοποθέτηση ηλεκτρικής αντίστασης, κάτι που οδηγεί σε μη οικονομική συμπεριφορά. Για το λόγο αυτό στις εγκαταστάσεις αυτές εφαρμόζονται άλλα συστήματα ανανέωσης αέρα.

Κάθε μονάδα απαιτεί μια γραμμή αγωγών συμπυκνωμάτων, ενώ ταυτόχρονα είναι δύσκολο να προστατευτεί από την ανάπτυξη βακτηριδίων. Εξαιρετικά στο κρύο καιρό είναι απαραίτητο να κλείσουν οι πεταλούδες εξωτερικού αέρα για να αποτραπεί το πάγωμα των σερπαντίνων, που μειώνουν τον αέρα εξαερισμού σε αυτόν που λαμβάνεται μόνο από τη διείσδυση. Τα φίλτρα είναι συνήθως μικρά και ανεπαρκή και απαιτούν τη συχνή αλλαγή για να διατηρήσουν την ένταση του ήχου αέρα.



Σχήμα 3.2.15. Τοπική κλιματιστική μονάδα (fan coil unit) με χωριστά στοιχεία.

Στο σχήμα 3.2.15 παρουσιάζεται ένας χαρακτηριστικός εξαεριστήρας, που χρησιμοποιείται σε σύστημα HVAC νερού, με μια χαρακτηριστική μονάδα με εξαερισμό δύο χωριστές σερπαντίνες, μια που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και μια άλλη για την ψύξη με σύστημα τεσσάρων σωληνώσεων. Σε μερικές περιπτώσεις η τοπική μονάδα μπορεί να έχει μόνο μια σερπαντίνα, όπως του σχήματος 3.2.14.

Η σερπαντίνα θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιήσει το θερμό νερό, τον ατμό ή την ηλεκτρική ενέργεια. Η ψυκτική σερπαντίνα μπορεί να είναι είτε σερπαντίνα ψυκτικού νερού είτε άμεση σερπαντίνα ψυκτικού ρευστού. Οι θερμικές και ψυκτικές σερπαντίνες συνδυάζονται μερικές φορές σε μια ενιαία με παροχή και των δυο χωριστών κυκλωμάτων για κάθε λειτουργία. Σε τέτοιες περιπτώσεις η επίδραση της είναι όπως έχοντας δύο χωριστές σερπαντίνες.

Ο δυναμικός έλεγχος της μονάδας είναι όπως περιγράφεται για τις σερπαντίνες ανεμιστήρων προηγούμενα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εντούτοις, το σύστημα ελέγχου HVAC είναι ελαφρώς περιπλοκότερο.

3.2.2.11. Υδραυλική ισορροπία.

Κατά την σχεδίαση τα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού μπορούν να ικανοποιούν τις υψηλότερες συνθηκών άνεσης στους χώρους, αλλά στη πράξη ακόμα και τα πιο προσεκτικά μελετημένα

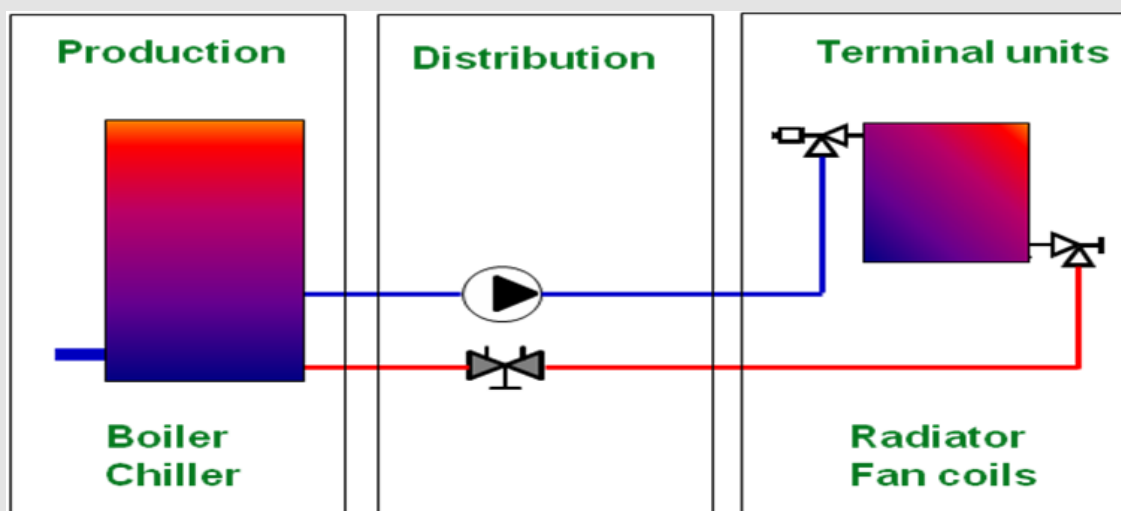
συστήματα δεν αποδίδουν όσα υπόσχονται με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συνθήκες στους χώρους και τα λειτουργικά κόστη να είναι υψηλότερα από τα αναμενόμενα. Αυτό συμβαίνει συχνά γιατί ο μηχανολογικός σχεδιασμός των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης δεν πληροί αναγκαίες συνθήκες για σταθερό και ακριβή έλεγχο. Οι τρεις σημαντικές συνθήκες είναι:

- Η απαιτούμενη παροχή πρέπει να είναι διαθέσιμη σε όλα τα στοιχεία (κεντρικές κλιματιστικές, fan coils, αερόθερμα κ.ά).
- Οι διαφορικές πιέσεις στις βαλβίδες ελέγχου (Controllers) να μην μεταβάλλονται σημαντικά.
- Οι παροχές πρέπει να είναι συνεργάσιμες μεταξύ των επιμέρους κυκλωμάτων του δικτύου (πρωτεύον – δευτερεύον).

Σε περίπτωση που δεν πληρείται η πρώτη συνθήκη, δηλαδή να είναι διαθέσιμη η υπολογισμένη απ' τη μελέτη παροχή σε όλα τα θερμαντικά σώματα παρατηρούνται τα ακόλουθα προβλήματα:

- Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από την αναμενόμενη.
- Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος δεν μεταφέρεται στα στοιχεία – καταναλώσεις σε μεσαία ή και μεγάλα φορτία.
- Υψηλές θερμοκρασίες σε κάποιους χώρους του κτηρίου και ταυτόχρονα χαμηλές θερμοκρασίες σε άλλους.
- Μεγάλη καθυστέρηση στην επίτευξη των επιθυμητών θερμοκρασιών στους χώρους κυρίως με την έναρξη λειτουργίας το πρωί.

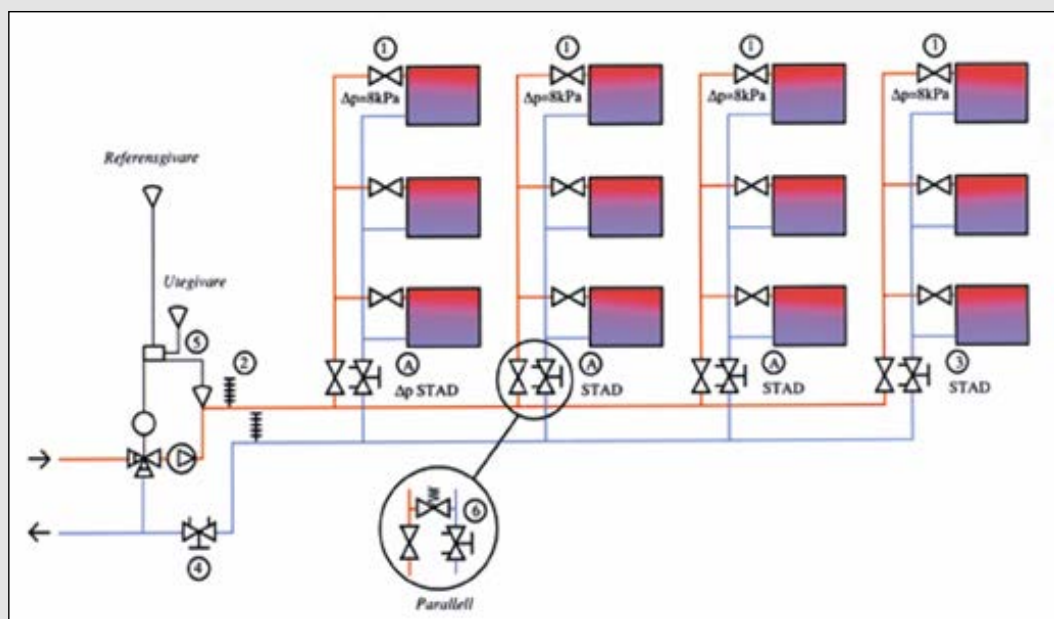
Η ενέργεια που μεταφέρει ένα σώμα στο χώρο εξαρτάται απ' τη θερμοκρασία εισόδου και από τη παροχή του νερού. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου αυτοί οι δύο παράμετροι ελέγχονται και ο έλεγχος αυτός είναι δυνατός μόνο όταν οι απαιτούμενες παροχές είναι διαθέσιμες. Φαίνεται να υπάρχει η σκέψη, ότι είναι επαρκή η αναγραφή των επιθυμητών παροχών στα σχέδια, ώστε να επιτευχθούν στις σωληνώσεις των δικτύων. Αυτό επιτυγχάνεται στη πράξη μόνο όταν μπορούμε να μετρήσουμε και να επέμβουμε ρυθμίζοντας. Γι' αυτό οι ειδικοί είναι πεπεισμένοι ότι οι βαλβίδες εξισορρόπησης είναι αναγκαίες.



Ένα κλειστό κύκλωμα βρόχων στο οποίο η ενέργεια μεταφέρεται με το νερό και τις αντλίες κυκλοφορίας από τις μονάδες παραγωγής στους καταναλωτές καλείται Υδρονικό κύκλωμα. Στα συστήματα HVAC η ενέργεια μεταφέρεται με τη βοήθεια του αέρα στους αγωγούς ή/και του νερού

στους σωλήνες. Αυτή η ενέργεια μεταφέρεται τελικά στο δωμάτιο από τις τελικές μονάδες (θερμαντικά σώματα, Fan Coils...)

Μονάδες παραγωγής (λέβητες, ψύκτες), σωληνώσεις, αντλίες και κάθε είδους σώματα είναι επιλεγμένα ώστε να καλύπτουν τις μέγιστες ανάγκες. Εάν ένας κρίκος της αλυσίδας δεν διαστασιολογηθεί ιδανικά επηρεάζονται όλοι οι υπόλοιποι. Ορισμένες υπερδιαστασιολογήσεις είναι αναπόφευκτες αφού η επιλογή του εξοπλισμού-εξαρτημάτων γίνεται βάσει των υπαρχουσών επιλογών του εμπορίου και βέβαια αυτές οι επιλογές σπανίως συμπίπτουν με τους υπολογισμούς. Κατά τη σχεδίαση τα χαρακτηριστικά ορισμένων εξοπλισμών του δικτύου δεν είναι γνωστά και θα επιλεγούν αργότερα απ' τον κατασκευαστή. Κατά την υλοποίηση της μελέτης μπορούν να προκύψουν αναθεωρήσεις ή κατασκευαστικές αλλαγές και διαφοροποιήσεις.



Σχήμα 3.2.16. Ολική Εξισορρόπηση σε μια τυπική εγκατάσταση θέρμανσης με δισωλήνιο σύστημα.

Είναι επομένως απαραίτητο στο στάδιο της μελέτης να ληφθεί υπόψη το γεγονός των συχνών διαφοροποιήσεων της εγκατάστασης κατά τη κατασκευή. Η υδραυλική εξισορρόπηση είναι ο μοναδικός τρόπος να αποκτηθούν οι απαιτούμενες παροχές στη πράξη ανεξαρτήτως τροποποιήσεων, να αντισταθμιστούν οι υπερδιαστασιολογήσεις και να αποδώσουν έργο οι επενδύσεις που έγιναν.

Τα εργαλεία που απαιτούνται για την εξισορρόπηση δικτύου πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες συνθήκες:

- Να υπάρχει δυνατότητα μέτρησης και ρύθμισης της παροχής με ακρίβεια $\pm 5\%$.
- Η σωστή μέθοδος εξισορρόπησης δίνει τη δυνατότητα να ελέγξουμε εάν το δίκτυο λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε και απαιτείται, να ανιχνεύσουμε σφάλματα και να επέμβουμε μετρώντας στις βαλβίδες εξισορρόπησης.
- Οι επαφές μέτρησης πρέπει να εγγυώνται μακροπρόθεσμα την αξιοπιστία τους (ανθεκτικές στις επικαθήσεις).
- Η θέση ρύθμισης κάθε βαλβίδας πρέπει να είναι εύκολα αναγνώσιμη και να προστατεύεται – ασφαρίζεται. Η περιοχή στραγγαλισμού απαιτείται να παίρνει τουλάχιστον τέσσερις πλήρεις περιστροφές, ώστε να δίνεται η δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης.

- Οι βαλβίδες μεγάλων διατομών θα πρέπει να διατίθενται με ισορροπημένο κώνο ρύθμισης, ώστε να μειώνονται οι δυνάμεις στρέψης που απαιτούνται για τις ρυθμίσεις απέναντι σε υψηλές διαφορικές πιέσεις.
- Η βαλβίδα εξισορρόπησης πρέπει να έχει δυνατότητα λειτουργίας και ως διακόπτης.
- Πρέπει να είναι διαθέσιμο μετρητικό όργανο, ώστε να μπορούν να μετρηθούν εύκολα οι παροχές, χωρίς τη χρήση διαγραμμάτων. Το όργανο θα πρέπει να περιλαμβάνει λογισμικό μία απλή μέθοδο εξισορρόπησης και τη δυνατότητα εκτύπωσης (αναφοράς) των αποτελεσμάτων. Θα πρέπει επίσης να έχει τη δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης παροχών, διαφορικών πιέσεων και θερμοκρασιών νερού.

Ο ευκολότερος και γρηγορότερος τρόπος να εξισορροπήσουμε ένα δίκτυο είναι η χρήση ηλεκτρονικού οργάνου. Ύστερα από μετρήσεις που κάνουμε πάνω στις βαλβίδες εξισορρόπησης του δικτύου, το όργανο υπολογίζει και δίνει τις σωστές θέσεις ρύθμισής τους, οι οποίες είναι και οι τελικές. Το ζήτημα σε κάθε σύστημα θέρμανσης – ψύξης είναι να παρέχονται άνετες συνθήκες στους χώρους με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους και των λειτουργικών προβλημάτων. Θεωρητικά, νέες τεχνολογίες ελέγχου (Control Systems) το επιτυγχάνουν. Μια τέτοια απαραίτητη προϋπόθεση – συνθήκη, είναι οι απαιτούμενες παροχές να είναι διαθέσιμες σε κάθε στοιχείο – κατανάλωση. Η υδραυλική εξισορρόπηση είναι αναγκαία για να ικανοποιηθεί αυτή η συνθήκη. Η υδραυλική εξισορρόπηση αποτρέπει τις μεγάλες παροχές (overflows) σε κάποια κυκλώματα να προκαλέσουν μικρές παροχές σε άλλα κυκλώματα (underflows), ανιχνεύοντας στη πράξη τον βαθμό υπερδιαστασιολόγησης της αντλίας και γενικά εξασφαλίζει ότι το δίκτυο λειτουργεί όπως απαιτείται από τον μελετητή.

3.2.3. Στοιχεία συστήματος αυτόματου ελέγχου σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των λειτουργιών των διαφόρων στοιχείων ενός συστημάτων αυτόματου ελέγχου και η διάκριση που γίνεται ανάμεσα σ' αυτά τα στοιχεία.

3.2.3.1. Αισθητήρια (detectors)

3.2.3.1.1. Αισθητήρια θερμοκρασίας

Τα αισθητήρια αυτά ανάλογα με την κατασκευή τους, στηρίζονται για την μέτρηση της θερμοκρασίας είτε στην θερμική διαστολή των υλικών, είτε στην μεταβολή που προκαλεί η μεταβολή της θερμοκρασίας, στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (π.χ. αντίσταση, τάση) ενός υλικού ή ενός ηλεκτρονικού στοιχείου (π.χ. ημιαγωγός). Διακρίνονται αναλόγως την τοποθέτησή τους σε :

- Αισθητήρια θερμοκρασίας Χώρου (εικ.1)
- Αισθητήρια θερμοκρασίας Αεραγωγού (εικ.2)
- Αισθητήρια θερμοκρασίας Εμβαπτιζόμενα (εικ.3)
- Αισθητήρια θερμοκρασίας Επαφής (εικ.4)
- Αισθητήρια θερμοκρασίας Περιβάλλοντος (εικ.5)
- Αισθητήρια θερμοκρασίας Fan Coils (εικ.6-7)



3.2.3.1.2. Αισθητήρια υγρασίας

Τα αισθητήρια αυτά ανάλογα με την κατασκευή τους στηρίζονται για την μέτρηση της υγρασίας είτε στην μεταβολή του μήκους καταλλήλων οργανικών υγροσκοπικών υλικών είτε στην μεταβολή, που προκαλεί η μεταβολή της υγρασίας, στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (π.χ. αντίσταση) μιας διάταξης.

Διακρίνονται σε:

- Αισθητήρια υγρασίας χώρου (εικ.8)
- Αισθητήρια υγρασίας αεραγωγού (εικ.9)
- Αισθητήρια υγρασίας περιβάλλοντος (εικ.10)



3.2.3.1.3. Αισθητήρια πίεσης

Τα αισθητήρια αυτά χρησιμοποιούν για την μέτρηση της πίεσης κατάλληλες διατάξεις διαφραγμάτων. Τα αισθητήρια πίεσης διακρίνονται σε αισθητήρια για την χαμηλή πίεση και αισθητήρια για την υψηλή πίεση. Μπορούν συνδυαζόμενα με κατάλληλα όργανα σωλήνα PITOT, μετρητή VENTURI κλπ., να μετρούν και την ταχύτητα ή την παροχή.

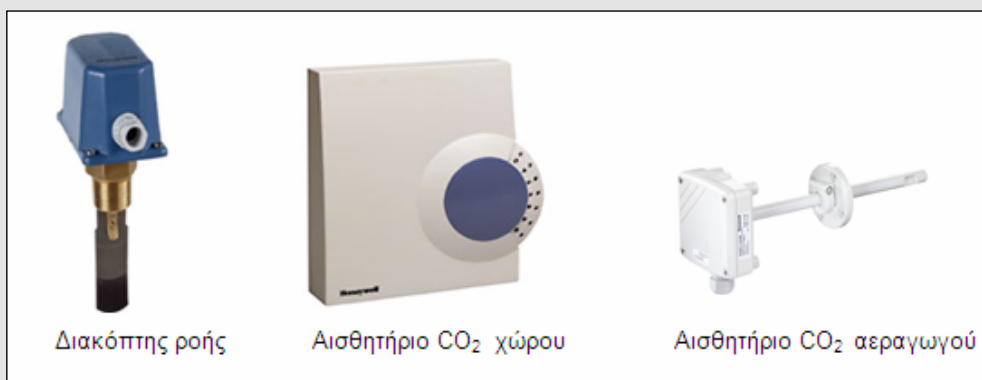
Διακρίνονται σε:

- Αισθητήρια πίεσης υγρών και
- Αισθητήρια πίεσης αερίων.



3.2.3.1.4. Ειδικά αισθητήρια

Τα αισθητήρια αυτά συμπληρώνουν ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ή μέτρηση ειδικών καταστάσεων π.χ. ανίχνευση ροής ρευστού, μέτρηση περιεκτικότητας σε μονοξείδιο ή διοξείδιο του άνθρακα, ανίχνευση πυρκαγιάς κλπ.



3.2.3.2. Μονάδες ελέγχου (controllers)

Οι μονάδες ελέγχου συνήθως ρυθμίζουν, ανάλογα με το σήμα που λαμβάνουν από τα αισθητήρια, την ενέργεια (ηλεκτρική ή πνευματική) που στέλνεται στις μονάδες. Ανάλογα με το είδος του ελέγχου που επιτελούν οι μονάδες ελέγχου διακρίνονται στις παρακάτω δυο κατηγορίες:

- (α) Μονάδες ελέγχου δυο θέσεων (ON-OFF CONTROLLERS).
- (β) Μονάδες ελέγχου προοδευτικής λειτουργίας (MODULATING CONTROLLERS) .

Η έξοδος τους μπορεί να λάβει οποιαδήποτε ενδιάμεση τιμή μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής (περιοχή εξόδου). Ανάλογα με την μεταβλητή που ελέγχεται οι μονάδες ελέγχου διακρίνονται στις παρακάτω 3 κατηγορίες:

- (α) Μονάδες ελέγχου θερμοκρασίας (θερμοστάτες).
- (β) Μονάδες ελέγχου υγρασίας (υγροστάτες).
- (γ) Μονάδες ελέγχου πίεσης (πιεζοστάτες ή πρεσσοστάτες).



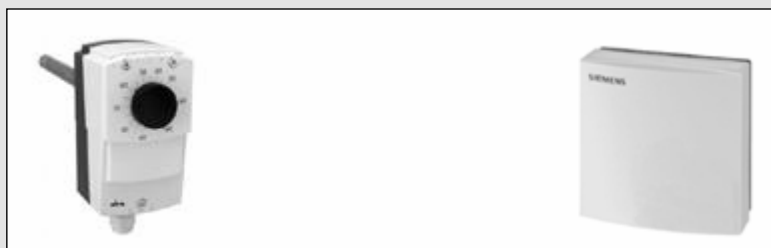
Είδη θερμοστατών: Ανάλογα με την χρησιμοποίησή τους οι θερμοστάτες διακρίνονται σε :

- (α) Θερμοστάτες χώρου.
- (β) Θερμοστάτες κατάλληλοι για αεραγωγό.
- (γ) Θερμοστάτες εμβυπτίσεως (κατάλληλοι για τοποθέτηση στους σωλήνες).
- (δ) Θερμοστάτες επαφής.
- (ε) Θερμοστάτες με πρόγραμμα ημέρας/νύκτας.
- (στ) Θερμοστάτες με μεταγωγικό διακόπτη χειμώνα-θέρους.

Γενικά προβλέπονται δυο είδη υγραστατών, οι υγραστάτες χώρου και οι υγραστάτες οι κατάλληλοι για αεραγωγό.



Οι πιεζοστάτες κατασκευάζονται για απευθείας τοποθέτηση σε σωληνώσεις ή αεραγωγούς.

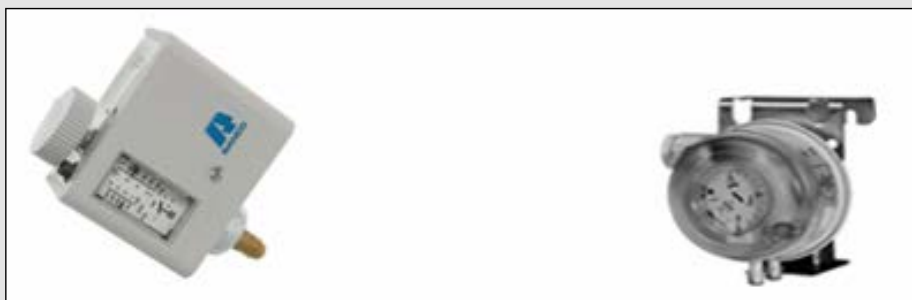


3.2.3.3. Μονάδες ρύθμισης (regulating units)

Αυτόματες βαλβίδες ελέγχου: Οι αυτόματες βαλβίδες ελέγχου αποτελούνται από τα εξής μέρη:

- Το σώμα της βαλβίδας.
- Τον κινητήρα.
- Τον κινητήριο μηχανισμό.

Οι βαλβίδες ελέγχουν την ποσότητα του υγρού που περνά μέσα από το σώμα της με την βοήθεια της μεταβλητού στομίου. Η μεταβολή της διατομής του στομίου επιτυγχάνεται με κατάλληλο κινητήρα και κινητήριο μηχανισμό που ενεργοποιείται από το σήμα της αντίστοιχης μονάδας ελέγχου.



Η σωστή επιλογή των βαλβίδων αποτελεί καθοριστικά παράγοντα για την σωστή λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού δεδομένου ότι τουλάχιστο το 75% των εγκαταστάσεων χρησιμοποιούν κάποιο είδος αυτόματης βαλβίδας ελέγχου. Τα κυριότερα είδη βαλβίδων είναι τα εξής:

- Βαλβίδες μονής έδρας (SINGLE SEATED VALVES).
- Βαλβίδες διπλής έδρας (DOUBLE SEATED VALVES).
- Βαλβίδες μικρής ροής (LOW FLOW VALVES).
- Τρίοδες βαλβίδες ανάμιξης (THREE-WAY MIXING VALVES).
- Τρίοδες βαλβίδες διανομής (THREE-WAY DIVERTING VALVES)
- Βαλβίδες τύπου "πεταλούδας" (BUTTERFLY VALVES).
-



Βαλβίδα έδρας

Τρίοδη βαλβίδα

Βαλβίδα τύπου "πεταλούδας"

Είδη κινητήρων και κινητήριων μηχανισμών: Οι κινητήρες των βαλβίδων συνήθως διακρίνονται σε:

- Ηλεκτρομαγνήτες.
- Ηλεκτρικούς κινητήρες.
- Κινητήρες πεπιεσμένου αέρα.

Οι κινητήριοι μηχανισμοί αποτελούνται τέλος από κατάλληλους συνδυασμούς οδοντωτών τροχών, μοχλίσκων ελατηρίων επαναφοράς κλπ.



Αυτόματα διαφράγματα ελέγχου: Τα αυτόματα διαφράγματα ελέγχου αποτελούνται από τα εξής μέρη:

- Τα διαφράγματα.
- Τον κινητήρα.
- Τον κινητήριο μηχανισμό.



Τα αυτόματα διαφράγματα ελέγχουν την ροή του αέρα σ' ένα δίκτυο αεραγωγών μεταβάλλοντας την αντίσταση ροής του συστήματος. Είναι εν γένει μονόφυλλα και πολύφυλλα.

Τα μονόφυλλα διαφράγματα χρησιμοποιούνται μόνο σε αεραγωγούς μικρής διατομής, δεν παρέχουν ακριβή ρύθμιση και όταν χρησιμοποιούνται σε αεραγωγούς κυκλικής διατομής αναφέρονται και ως διαφράγματα τύπου "πεταλούδας" (BUTTERFLY DAMPERS).

Τα πολύφυλλα διαφράγματα και ιδίως εκείνα με αντιθέτως κινούμενα πτερύγια χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ρύθμιση της ροής του αέρα σε αεραγωγούς μεγάλης διατομής.

Τέλος οι κινητήρες των διαφραγμάτων διακρίνονται σε ηλεκτρικούς και σε κινητήρες πεπιεσμένου αέρα.

3.2.3.4. Κεντρικό σύστημα ελέγχου.

Σε μεγάλα κτήρια ή συγκροτήματα κτηρίων, είναι σκόπιμο να προβλέπεται η κατασκευή κεντρικού συστήματος ελέγχου των εγκαταστάσεων με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Σε γενικές γραμμές ένα τέτοιο κεντρικό σύστημα αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

(α) Τον κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή με τις κατάλληλες για κάθε περίπτωση περιφερειακές μονάδες π.χ. οθόνη, όργανα καταγραφής εξόδου εισόδου, πίνακα ηχητικής σήμανσης βλαβών σύστημα ενδοεπικοινωνίας κλπ.

(β) Τις γραμμές μεταφοράς, από ομοαξονικό ή τηλεφωνικό καλώδιο, προς και από τους περιφερειακούς πίνακες συλλογής στοιχείων.

(γ) Τους περιφερειακούς πίνακες συλλογής στοιχείων με τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση αισθητήρια και κυκλώματα εισόδου - εξόδου. Τα κυκλώματα εισόδου μετατρέπουν κατάλληλα τα σήματα των αισθητήριων ώστε να είναι συμβατά με τον περιφερειακό πίνακα και τον κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αντίστοιχα τα κυκλώματα εξόδου μετατρέπουν τις εντολές του συστήματος σε σήματα συμβατά με τα όργανα ελέγχου.

3.2.3.4.1. Κεντρικές διατάξεις αυτοματισμών και διαχείρισης λειτουργίας συστημάτων HVAC.

Τα συστήματα αυτά έχουν αναλάβει την αφή και σβέση του φωτισμού, ρυθμίζουν την λειτουργία του κλιματισμού, της διανομής ηλεκτρισμού, των αντλιοστασίων, παρακολουθούν τη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρογεννητριών, ανελκυστήρων, πυρόσβεσης, ασφαλείας κλπ. Η εξέταση των υφιστάμενων συστημάτων δείχνει ότι η ενεργειακή παράμετρος δεν έχει ληφθεί σοβαρά υπόψη στην διαμόρφωση της πλειονότητας των συστημάτων αυτών. Επιπλέον οι παράμετροι λειτουργίας των κτηρίων σπάνια καταγράφονται για μακρά χρονικά διαστήματα και σπανιότερα αξιοποιούνται.

Με την πάροδο του χρόνου γίνεται αναγκαίο να περάσουμε από τα συνήθη Συστήματα Αυτοματισμού Κτηρίων (BAS) ή Συστήματα Διαχείρισης Κτηρίων (BMS) σε συστήματα Ενεργειακού Διαχείρισης Κτηρίων (Building Energy Management System – BEMS).

Καθίσταται έτσι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των ενεργειακών εγκαταστάσεων από έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και η καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων τα οποία είναι εγκατεστημένα στο κτήριο και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία.

Το σύστημα BEMS βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και το σύστημα EUROPEAN INSTALLATION BUS (EIB).

Τα συστήματα BEMS μπορούν να εφαρμοστούν είτε τοπικά σε μεμονωμένα μεγάλα κτήρια είτε, μέσω τηλεφωνικής ή διαδικτυακής επικοινωνίας, σε απομακρυσμένα κτήρια και σε ομάδες κτηρίων.

Το σύστημα BEMS χαρακτηρίζει ένα κτήριο ως “έξυπνο”. Αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου (επιτελεί τον προγραμματισμό και ο χειρισμός του συστήματος).
- Αισθητήρια όργανα(μετρούν τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου – όπως, για παράδειγμα, τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα αέρα, τη στάθμη φωτισμού και λοιπά)
- Ενεργοποιητές: Συσκευές εκτέλεσης εντολών (μεταβάλλουν τον τρόπο λειτουργίας των διαφόρων εγκαταστάσεων - όπως, για παράδειγμα, θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπά - οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το σύστημα BEMS).
- Ελεγκτές (καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονίζουν όλες τις εγκαταστάσεις). Αποτελούν τον «εγκέφαλο» του συστήματος.
- Συνδετήριες καλωδιώσεις.

Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή των διαφόρων καταστάσεων εκτελείται / γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν επιλογείς καταστάσεων. Επομένως, τα στάδια λειτουργίας είναι:

1. Μέτρηση των παραμέτρων ελέγχου
2. Διενέργεια απαραίτητων διορθώσεων και ρυθμίσεων
3. Επίβλεψη εγκαταστάσεων και κατανάλωσης ενέργειας
4. Παρέμβαση για τυχόν βελτιώσεις

Ένα B.E.M.S θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί την λειτουργία και να καταγράψει τις καταναλώσεις των παρακάτω κτιριακών εξοπλισμών, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας:

- Θέρμανσης, Ψύξης – Κλιματισμού
- Ποιότητας αέρα – υγρασίας, Εξαερισμό
- Φωτισμό
- Ηχορύπανση
- Εναλλαγή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Διαχείριση Υδάτων
- Ασφάλεια
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις: διακύμανση αιχμής του ηλεκτρικού φορτίου αναλόγως της χρέωσης τιμολογίου και περιορίζει την αιχμή ηλεκτρικής ζήτησης
- Σύστημα σκίασης

Το σύστημα BEMS εξασφαλίζει τα εξής:

- Εύκολο κεντρικό έλεγχο, από ένα σημείο, όλων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων
- Καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας
- Τήρηση αρχείων - στατιστικών στοιχείων - για εντοπισμό των σημείων στα οποία χρειάζεται επέμβαση
- Εξοικονόμηση ενέργειας

Προφανώς, το σύστημα BEMS αποτελεί την μοναδική λύση όσον αφορά στην ορθολογική λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων σε κτήρια μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Η εγκατάστασή του έχει νόημα μόνον εφ' όσον έχουν προηγηθεί όλες οι απαραίτητες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας όπως, για παράδειγμα, θερμομόνωση, διπλοί υαλοπίνακες, συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης και λοιπά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- T.O.T.E.E. 2423/86. Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων.
T.O.T.E.E. 2421/86.Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Λεβητοστάσια παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών χώρων.
KENAK 2010 : Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.
B.H.ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ : Θέρμανση – Κλιματισμός.
F.C. McQuiston – J.D.Parker : Θέρμανση – Αερισμός και Κλιματισμός, Σχεδιασμός και Ανάλυση.
Recknagel – Sprenger, Θέρμανση και Κλιματισμός, Γκιούρδας, 1997.
ΕΛΟΤ EN ISO 13790 (E2):2009. Ενεργειακή επίδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Haines W. Roger ,Control Systems for Heating , Ventilating and Air Conditioning,3rd ed., Van Nortrand Reihold, New York, 1983.
Petitjean Robert, Total Hydronic Balancing ,Tour & Andersson AB,Ljung,Sweden,2004.
McDowall Robert ,Fundamentals of HVAC Systems, Ashrae ,Inc. and Elsevier Inc., 2006.
Hordeski, Michael F.HVAC control in the new millennium/by Michael F. Hordeski.p. cm.2001.
Guy W. Gupton, Jr HVAC controls: operation & maintenance.-- 3rd ed p. cm.2002.
ASHRAE Handbook «Fundamentals». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2009.
ASHRAE Handbook «HVAC-Systems and Equipment». American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2008.
ASHRAE Green Guide (3rd edition). The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2010.
ASHRAE Standard 55:2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.
ASHRAE Standard 62.1:2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, GA.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- TEE: www.tee.gr
Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: www.ypeka.gr
Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: www.elot.gr
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: www.cres.gr
Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: www.energycon.org