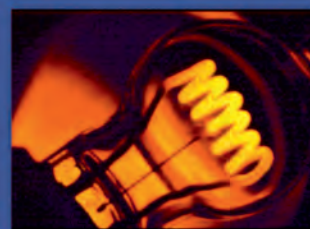
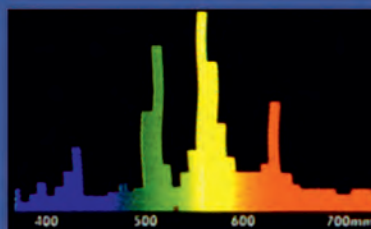
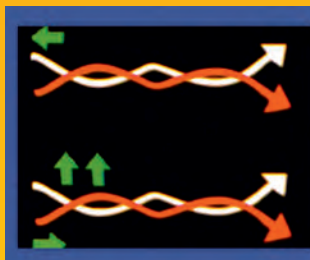


# Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

Γ' ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.





Ειδικές  
Ηλεκτρικές  
Εγκαταστάσεις

Α΄ τεύχος

### **ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ**

**Βαρβατσουλάκης Μιχάλης:** Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

**Γεωργάκης Θεόδωρος:** Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπ/κός Β/θμιας Εκπ/σης

**Δημητρόπουλος Βασίλης:** Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Διδάκτωρ ΕΜΠ,  
Σχολικός Σύμβουλος

**Κουτουλάκος Χρήστος:** Τεχνολόγος Ηλεκτρολόγος & Ηλεκτρονικός Μηχανικός, Εκπ/κός  
Β/θμιας Εκπ/σης

### **ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ**

**Παγιάτης Χαράλαμπος:** Τεχνολόγος Ηλ/γος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπαίδευσης

### **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ**

**Τοπαλής Φραγκίσκος,** Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Τσίλης Βασίλειος,** Διπλ. Ηλ/γος Μηχανικός, Εκπ/κός Β/θμιας Εκπ/σης

**Τσολακόπουλος Ανδρέας,** Σχολικός Σύμβουλος Ηλεκτρολόγων ΠΕ17

### **ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

**Αλεξιάδου Θεοδούλη,** Φιλολόγος

### **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σιμισής Αλκιβιάδης**

#### **ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Μιχάλης Παπαδόπουλος**

**Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.**

**Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

**Έργο: “Βιβλία Τ.Ε.Ε.”**

**- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου:**

**Γεώργιος Βούτσινος**

**Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

**- Υπεύθυνος του Ηλεκτρολογικού Τομέα:**

**Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου**

**Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

### **ΜΑΚΕΤΑ - ΣΤΟΙΧΕΙΟΘΕΣΙΑ**

Διαχωρισμοί- Ενθέσεις - Φίλμς: **Αικ. Καραμπίλα & ΣΙΑ Ο.Ε. «Απεικόνιση»**

Ηλεκτρονική Σελιδοποίηση: **Μπαζάκας Γιάννης**

#### **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ**

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας  
Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

• ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

• ΚΟΥΤΟΥΛΑΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

• ΒΑΡΒΑΤΣΟΥΛΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

• ΓΕΩΡΓΑΚΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

# Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

## Α΄ τεύχος

Γ΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Τεχνικός Ηλεκτρολογικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων και Δικτύων

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



# Πρόλογος

**Τ**ο βιβλίο «Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις» απευθύνεται στους μαθητές του 2ου κύκλου σπουδών του Ηλεκτρολογικού Τομέα των ΤΕΕ και αποτελείται από δύο τεύχη. Το Α΄ τεύχος περιλαμβάνει ένα εισαγωγικό κεφάλαιο με τις γενικές ηλεκτρολογικές διατάξεις των μεγάλων κτιρίων, το κεφάλαιο «Φωτοτεχνία» και το κεφάλαιο «Δομημένη καλωδίωση». Το Β΄ τεύχος περιλαμβάνει το κεφάλαιο «Ειδικές εγκαταστάσεις μεγάλων κτιρίων» (στο οποίο περιέχονται οι ενότητες «Εγκαταστάσεις πυρανίχνευσης», «Αυτονομία κεντρικής θέρμανσης», «Κεντρική κεραία τηλεόρασης», «Αλεξικέραυνα-γειώσεις» κ.λπ.) και το κεφάλαιο «Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια- Σύστημα E.I.B. (European Installation Bus)».

Το βιβλίο φιλοδοξεί να ενημερώσει τους μαθητές ηλεκτρολόγους σε σύγχρονους τομείς της ειδικότητάς τους, με παιδαγωγική προσέγγιση που να αναπτύσσει την κριτική τους σκέψη. Στην προσέγγιση αυτή εντάσσονται και οι ποικίλες ασκήσεις που παρατίθενται στο τέλος κάθε κεφαλαίου και οι οποίες είναι μόνο ενδεικτικές για τον διδάσκοντα. Οι ασκήσεις χωρίζονται σε τρεις ομάδες. Επισημαίνεται πάντως ότι στην πρώτη και στη δεύτερη ομάδα ασκήσεων δεν αρκεί μία μονολεκτική απάντηση για το σωστό, αλλά είναι απαραίτητη και η πλήρης αιτιολόγηση. Ορισμένες ασκήσεις της τρίτης ομάδας είναι πιθανόν να απαιτούν και συνεργασία μεταξύ των μαθητών.

Ορισμένα τμήματα του βιβλίου (π.χ. πίνακες, παραρτήματα) έχουν παρατεθεί για μια σφαιρική ενημέρωση του μαθητή και δεν προσφέρονται για απομνημόνευση. Άλλωστε η απομνημόνευση, πλην ορισμένων βασικών στοιχείων, μακράν απέχει της επιθυμίας των συγγραφέων. Ο διδάσκων, ανάλογα με τη δυναμική της τάξης του, θα εκτιμήσει σε ποια τμήματα της ύλης χρειάζεται να επιμείνει περισσότερο και σε ποια να κάνει απλή αναφορά.

Τα μέλη της επιτροπής κρίσης του βιβλίου, κ.κ. Τοπαλής Φραγκίσκος, Τσίλης Βασίλειος και Τσολακόπουλος Ανδρέας, με τις εύστοχες επιστημονικές και παιδαγωγικές υποδείξεις τους βοήθησαν σημαντικά στη σωστή ανάπτυξη της ύλης.

Η φιλόλογος κυρία Αλεξιάδου Λίλυ, με την επιστημονική της σχολαστικότητα και τις επίπονες προσπάθειες διόρθωσης συνέβαλε αποτελεσματικά στην κατά το δυνατόν καλύτερη παρουσίασή του.

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Χατζηευστρατίου Ιγνάτιο, μόνιμο πάρεδρο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τον κ. Κραβαρίτη Δημήτριο της Δημόσιας Επιχείρησης Ανέγερσης Νοσηλευτικών Μονάδων (ΔΕΠΑΝΟΜ) και την κ/α Συνδουκά Ελένη, Ηλ/γο Μηχανικό, για την πολύτιμη συμβολή τους.

Ο γραφίστας Μπαζάκας Γιάννης, με υψηλό πνεύμα συνεργασίας, συνέβαλε κατά πολύ στην όλη εμφάνιση του βιβλίου.

Οι συγγραφείς

# Περιεχόμενα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. ΓΕΝΙΚΑ</b>                                              | 11 |
| <b>2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (νοσοκομείου)</b> | 13 |
| — Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ισχυρών και ασθενών ρευμάτων       | 13 |
| — Εγκατάσταση υποσταθμού μέσης τάσης                          | 14 |
| — Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη (H/Z)                                 | 17 |
| — Διανομή - Ηλεκτρικοί πίνακες                                | 21 |
| — Εγκατάσταση τηλεφώνων – δεδομένων (data)                    | 24 |
| <b>3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ</b>                                | 27 |

## Κεφάλαιο Α΄ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <b>ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ</b>                      | 32 |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>        | 33 |
| 1.1 Η φύση του φωτός                          | 33 |
| 1.2 Φωτεινή δέσμη                             | 36 |
| 1.3 Φωτεινή πηγή                              | 36 |
| 1.4 Ανάκλαση του φωτός                        | 37 |
| 1.5 Απορρόφηση του φωτός                      | 40 |
| 1.6 Φως και χρώμα                             | 40 |
| 1.7 Θερμοκρασία και χρώμα                     | 42 |
| <b>2. ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ</b>                  | 44 |
| 2.1 Στερεά γωνία                              | 44 |
| 2.2 Φωτεινή ροή                               | 45 |
| 2.3 Ένταση φωτεινής πηγής                     | 45 |
| 2.4 Φωτισμός επιφάνειας (Illuminance)         | 48 |
| 2.5 Νόμοι της φωτομετρίας                     | 49 |
| 2.6 Λαμπρότητα (Luminance)                    | 49 |
| 2.7 Φωτιστική απόδοση λαμπτήρων               | 51 |
| 2.8 Τυπολόγιο Φωτομετρίας                     | 52 |
| <b>3. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΗΓΕΣ (ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ)</b> | 53 |
| 3.1 Κριτήρια επιλογής                         | 53 |
| 3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης                      | 55 |
| 3.2.1 Κατασκευαστικά μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης | 56 |
| 3.2.2 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης               | 59 |
| 3.2.3 Λαμπτήρες πυράκτωσης ειδικών χρήσεων    | 60 |
| 3.2.4 Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου           | 61 |
| 3.3 Λαμπτήρες εκκένωσης                       | 64 |

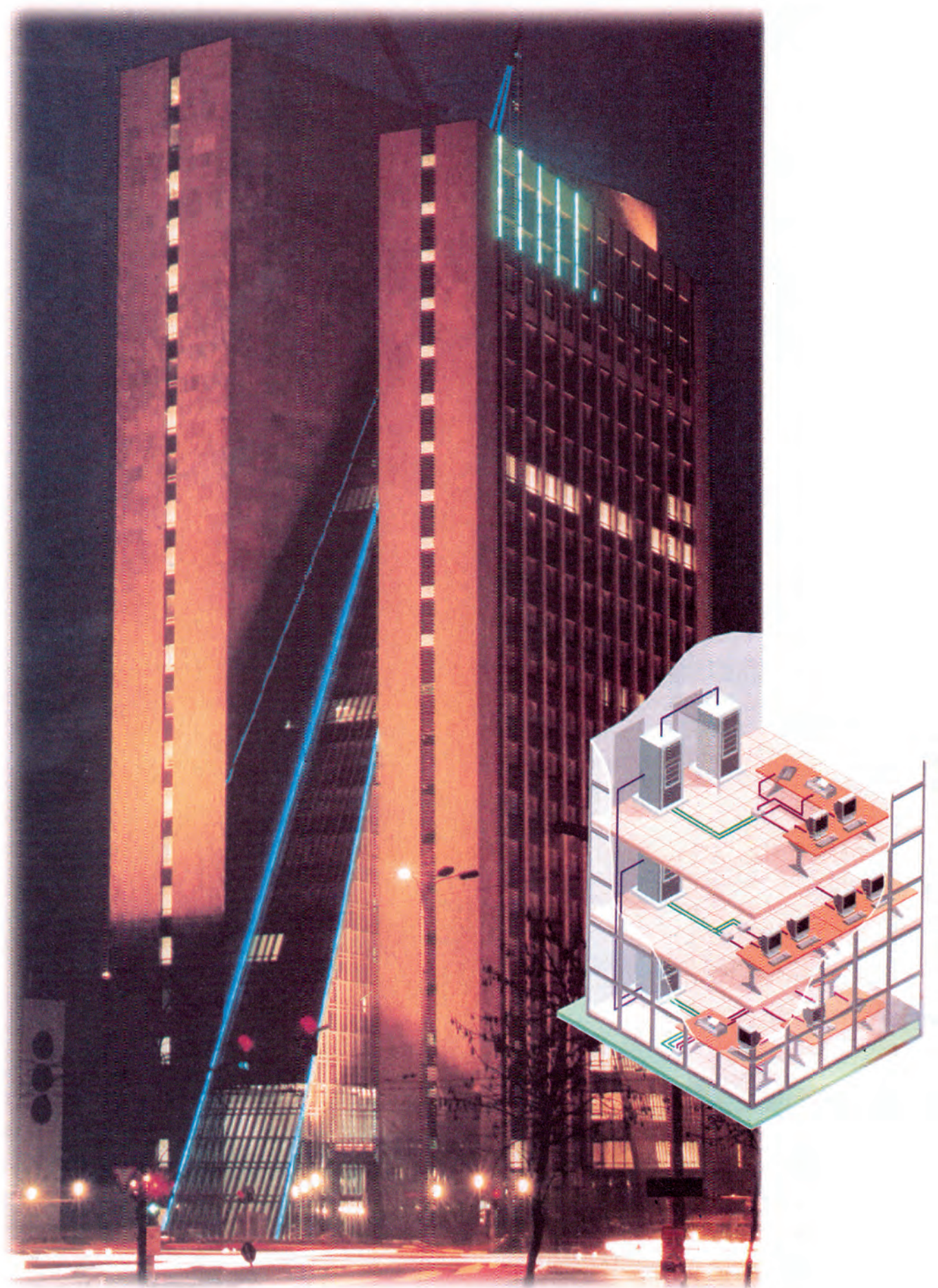
|           |                                                                          |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.1     | Λαμπτήρες φθορισμού .....                                                | 65         |
| 3.3.1.1   | Αρχή λειτουργίας λαμπτήρα φθορισμού .....                                | 66         |
| 3.3.1.2   | Εκκινητής (starter) .....                                                | 67         |
| 3.3.1.3   | Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού .....                                      | 67         |
| 3.3.1.4   | Ειδικοί τύποι λαμπτήρων φθορισμού .....                                  | 68         |
| 3.3.1.5   | Συνδεσμολογίες λαμπτήρων φθορισμού .....                                 | 71         |
| 3.3.1.6   | Συνηθισμένες βλάβες λαμπτήρων φθορισμού .....                            | 73         |
| 3.3.1.7   | Σύγκριση λαμπτήρων φθορισμού με τους λαμπτήρες πυράκτωσης.....           | 74         |
| 3.3.1.8   | Κριτήρια επιλογής λαμπτήρων φθορισμού .....                              | 75         |
| 3.3.2     | Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης .....                           | 78         |
| 3.3.2.1   | Αρχή λειτουργίας.....                                                    | 78         |
| 3.3.2.2   | Είδη λαμπτήρων ατμών υδραργύρου .....                                    | 78         |
| 3.3.3     | Λαμπτήρες ξένου, υψηλής πίεσης .....                                     | 81         |
| 3.3.4     | Λαμπτήρες ατμών νατρίου.....                                             | 82         |
| 3.3.4.1   | Λαμπτήρες ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης .....                            | 82         |
| 3.3.4.2   | Λαμπτήρες ατμών νατρίου, υψηλής πίεσης.....                              | 83         |
| 3.3.5     | Φωτεινοί σωλήνες νέον .....                                              | 84         |
| <b>4.</b> | <b>ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ .....</b>                           | <b>85</b>  |
| 4.1       | Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων .....                                      | 85         |
| 4.2       | Τύποι φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων .....                          | 89         |
| 4.3       | Φωτιστικά ασφαλείας .....                                                | 92         |
| 4.4       | Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή νατρίου..... | 93         |
| 4.5       | Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες LED .....                       | 93         |
| 4.6       | Φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες .....                                   | 94         |
| 4.7       | Ανταυγαστήρες.....                                                       | 95         |
| 4.8       | Στάθμη φωτισμού και χώρος εργασίας.....                                  | 97         |
| <b>5.</b> | <b>ΜΕΛΕΤΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ.....</b>                            | <b>99</b>  |
| 5.1       | Μελέτες φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie).....             | 99         |
| 5.2       | Παραδείγματα φωτοτεχνικών μελετών με τη μέθοδο φωτεινής ροής .....       | 102        |
| <b>6.</b> | <b>ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ.....</b>                                                | <b>106</b> |
| 6.1       | Φωτισμός σηράγγων (Τούνελ) .....                                         | 109        |
| <b>7.</b> | <b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....</b>                                                | <b>110</b> |
| <b>8.</b> | <b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....</b>                                         | <b>117</b> |

## Κεφάλαιο Β΄ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ .....                             | 128        |
| <b>1. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΜΕΝΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ .....</b> | <b>129</b> |
| 1.1 Αναγκαιότητα και πλεονεκτήματα .....            | 129        |

|           |                                               |            |
|-----------|-----------------------------------------------|------------|
| 1.2       | Κύρια μέρη μιας δομημένης καλωδίωσης.....     | 133        |
| 1.2.1     | Κατανεμητές .....                             | 135        |
| 1.2.1.1   | Κεντρικός κατανεμητής.....                    | 135        |
| 1.2.1.2   | Ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου .....           | 137        |
| 1.2.1.3   | Εξαρτήματα κατανεμητών .....                  | 138        |
| 1.2.1.3.1 | Κιβώτιο κατανεμητή.....                       | 138        |
| 1.2.1.3.2 | Οριολωρίδες .....                             | 138        |
| 1.2.1.3.3 | Μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel).....      | 139        |
| 1.2.1.3.4 | Μετώπες διευθέτησης καλωδίων .....            | 140        |
| 1.2.1.3.5 | Συγκεντρωτής (Hub).....                       | 141        |
| 1.2.2     | Καλωδίωση κορμού.....                         | 142        |
| 1.2.2.1   | Εσωτερικό δίκτυο κορμού .....                 | 143        |
| 1.2.2.1.1 | Καλώδια εσωτερικού κορμού .....               | 143        |
| 1.2.2.2   | Εξωτερικό δίκτυο κορμού .....                 | 144        |
| 1.2.3     | Οριζόντια καλωδίωση .....                     | 144        |
| 1.2.3.1   | Καλώδια οριζόντιας καλωδίωσης .....           | 146        |
| 1.2.3.2   | Πρίζες.....                                   | 146        |
| 1.2.4     | Θέση εργασίας .....                           | 148        |
| <b>2.</b> | <b>ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ .....</b>        | <b>151</b> |
| 2.1       | Ethernet .....                                | 154        |
| 2.2       | Τοπολογίες δικτύων .....                      | 155        |
| 2.2.1     | Τοπολογία αστέρα (Star) .....                 | 155        |
| 2.2.2     | Τοπολογία διαύλου (Bus).....                  | 156        |
| 2.2.3     | Τοπολογία δακτυλίου (Ring) .....              | 157        |
| 2.2.4     | Τοπολογία πλέγματος.....                      | 158        |
| <b>3.</b> | <b>ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .....</b>                   | <b>159</b> |
| 3.1       | Κύρια χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης..... | 159        |
| 3.1.1     | Απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια .....   | 160        |
| 3.1.2     | Το ντεσιμπέλ (dB).....                        | 161        |
| 3.1.3     | Λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N) .....         | 163        |
| 3.2       | Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών .....           | 164        |
| 3.2.1     | Καλώδιο UTP.....                              | 167        |
| 3.2.2     | Καλώδιο STP .....                             | 168        |
| 3.2.3     | Καλώδιο FTP.....                              | 168        |
| 3.2.4     | Καλώδιο SFTP .....                            | 169        |
| 3.2.5     | Καλώδιο SSTP.....                             | 169        |
| 3.2.6     | Κωδικοποίηση χρωμάτων καλωδίων 25 ζευγών..... | 170        |
| 3.3       | Καλώδια οπτικών ινών .....                    | 171        |
| 3.3.1     | Αρχή λειτουργίας οπτικών ινών .....           | 173        |
| 3.3.2     | Κατηγορίες οπτικών ινών .....                 | 175        |
| 3.3.3     | Στοιχεία συστήματος οπτικών ινών .....        | 176        |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4. ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ</b>                                  | 180 |
| 4.1 Βασικοί έλεγχοι                                                         | 180 |
| 4.1.1 Χάρτης καλωδίου (Wire Map)                                            | 181 |
| 4.1.2 Εξασθένηση                                                            | 183 |
| 4.1.3 Κοντινή αλληλεπίδραση (NEXT)                                          | 184 |
| 4.2 Πρόσθετοι έλεγχοι                                                       | 186 |
| 4.2.1 Λόγος εξασθένησης/ αλληλεπίδραση (ACR)                                | 186 |
| 4.2.2 Μήκος καλωδίου                                                        | 187 |
| 4.2.3 Καθυστέρηση μετάδοσης                                                 | 188 |
| 4.2.4 Ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης                                       | 188 |
| 4.2.5 Χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση                                      | 189 |
| 4.2.6 Αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος                                    | 190 |
| 4.2.7 Αμοιβαία χωρητικότητα                                                 | 190 |
| 4.3 Προχωρημένοι έλεγχοι                                                    | 190 |
| 4.3.1 Απώλειες λόγω επιστροφής (Return Loss)                                | 190 |
| 4.3.2 Αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT)                     | 191 |
| 4.3.3 Αθροιστική ισχύς λόγου εξασθένησης προς κοντινή αλληλεπίδραση (PSACR) | 192 |
| 4.3.4 Μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT)                                          | 192 |
| 4.3.5 Ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT)                          | 193 |
| 4.3.6 Αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT)     | 194 |
| 4.4 Εξωτερική αλληλεπίδραση                                                 | 194 |
| <b>5. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ</b>                                            | 195 |
| 5.1 Πρότυπα δομημένης καλωδίωσης                                            | 198 |
| 5.2 Η εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης                             | 201 |
| 5.2.1 Ορισμός συνδέσμου και καναλιού                                        | 202 |
| 5.2.2 Νέες κατηγορίες και κλάσεις                                           | 205 |
| <b>6. ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΟΜΗΜΕΝΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ</b>                 | 207 |
| 6.1 Τερματισμοί καλωδίων                                                    | 211 |
| 6.2 Σήμανση καλωδίων και σημείων τερματισμού                                | 212 |
| 6.3 Έλεγχοι                                                                 | 214 |
| <b>7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b>                                                     | 215 |
| <b>8. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ</b>                                              | 229 |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>                                                          | 243 |



# Εισαγωγή

## 1. Γενικά

**Η**λεκτρική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα συνεχώς και παντού στο σύμπαν. Ηλεκτρικές δυνάμεις κρατούν τα μόρια μαζί. Τα νευρικά συστήματα των ζώων και των ανθρώπων λειτουργούν, μέσω ασθενών ηλεκτρικών σημάτων που μεταδίδονται με τους νευρώνες (νευρικά κύτταρα).

Ο ηλεκτρισμός είναι μια από τις βασικότερες μορφές ενέργειας. Παράγεται, μεταδίδεται και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας μέσω φυσικής διαδικασίας αλλά και με συσκευές κατασκευασμένες από ανθρώπους. Μπορεί να παραχθεί με πολλούς τρόπους από διαφορετικές πηγές και να σταλεί σχεδόν στιγμιαία σε πολύ μακρινές αποστάσεις. Μειονέκτημά του είναι ότι αποθηκεύεται δύσκολα.

Λόγω της προσαρμοστικότητάς του, ο ηλεκτρισμός παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε τομέα της σύγχρονης τεχνολογίας. Παρέχει φως, θερμότητα και μηχανική ισχύ. Τα τηλέφωνα, οι υπολογιστές, οι τηλεοράσεις και αμέτρητες άλλες συσκευές λειτουργούν χάρis στον ηλεκτρισμό.

Στην εποχή μας οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια διαρκώς αυξάνονται. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί σήμερα κοινωνικό αγαθό και είδος πρώτης ανάγκης. Η ενεργειακή κατανάλωση αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης μιας χώρας. Οποιαδήποτε παρατεταμένη δυσλειτουργία ή ανεπάρκεια στο ηλεκτρικό σύστημα μιας χώρας, ενός οργανισμού, μιας επιχείρησης ή ενός κτιριακού συγκροτήματος, προκαλεί σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Σε μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα εξυπηρέτησης κοινού οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, αν και στηρίζονται στις ίδιες αρχές διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας των εγκαταστάσεων των μικρών κτιρίων, είναι πιο σύνθετες. Περιέχουν επιπλέον επιμέρους διατάξεις, όπως:

- α.** υποβιβασμό μέσης τάσης (ηλεκτρικός υποσταθμός με μετασχηματιστές),
- β.** κεντρικό γενικό πίνακα χαμηλής τάσης,
- γ.** εφεδρική παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (H/Z - ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη),
- δ.** άμεση τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ευαίσθητους τομείς σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος (UPS),

- Ε. γειώσεις και γειώσεις αλεξικέραυνων,
- ΣΤ. μερικούς πίνακες διανομής ρεύματος για επιμέρους τμήματα,
- Ζ. τροφοδότηση ρεύματος με κατάλληλα όργανα ελέγχου, για ειδικές εγκαταστάσεις όπως:

- ❖ κεντρικής θέρμανσης (με λέβητες θερμού ύδατος ή λέβητες παραγωγής ατμού, με τους επιμέρους θερμικούς υποσταθμούς για τη διανομή ατμού),
- ❖ κεντρικής εγκατάστασης μονάδας κλιματισμού,
- ❖ συστημάτων ασφαλείας (συναγερμού, πυρανίχνευσης),
- ❖ αντλητικών συγκροτημάτων για κατάσβεση πυρκαγιάς,
- ❖ μεταφοράς και κίνησης προσωπικού και αντικειμένων (ανελκυστήρες),
- ❖ επικοινωνίας και διαχείρισης πληροφοριών (τηλεφωνικά κέντρα, μηχανογραφικά κέντρα) κ.λπ..

Η παρουσία του ηλεκτρολόγου είναι πιο αναγκαία από οποιαδήποτε άλλη τεχνική ειδικότητα σε μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα, όπως νοσοκομεία, αεροδρόμια, πανεπιστήμια, μεγάλα ξενοδοχεία, ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς, εμπορικά κέντρα, μεγάλους οργανισμούς και επιχειρήσεις και μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε 24ωρη βάση.

Η αναγκαιότητα αυτή προκύπτει όχι μόνο λόγω της πληθώρας των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών, αλλά κυρίως από την ανάγκη για **εξασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων**. Όλες σχεδόν οι συσκευές και τα μηχανήματα χρειάζονται για τη λειτουργία τους την τροφοδότηση με ηλεκτρικό ρεύμα.

Να συζητήσετε μέσα στην τάξη τις επιπτώσεις από τη διακοπή της παροχής του ηλεκτρικού ρεύματος σε κτιριακό συγκρότημα, με παραμέτρους τη χρήση του κτιρίου και τη χρονική διάρκεια της διακοπής.

## 2. Ηλεκτρική εγκατάσταση μεγάλου κτιρίου (νοσοκομείου)

Για να γνωρίσουμε τον τρόπο ανάπτυξης της ηλεκτρικής εγκατάστασης σε ένα μεγάλο κτιριακό συγκρότημα, ας μελετήσουμε τον τρόπο ανάπτυξης μιας τυπικής ηλεκτρικής εγκατάστασης σε ένα νοσοκομείο, όπου συναντάται όλη σχεδόν η σύγχρονη τεχνολογία σε ηλεκτρικές, μηχανολογικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές.

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις διακρίνονται σε εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων και ασθενών ρευμάτων.

### **A. Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων περιλαμβάνονται:**

- Σύστημα μέσης τάσης 20 kV, 50 Hz.
- Υποσταθμός υποβιβασμού τάσης 20 kV/400V, 50 Hz.
- Σύστημα διανομής 230/ 400 V, 50 Hz.
- Σύστημα διανομής ανάγκης (emergency) 230/400 V, 50 Hz.
- Σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS).
- Καταναλώσεις φωτισμού και κίνησης 230/400 V.
- Σύστημα τροφοδοσίας ηλεκτρονόμων λειτουργίας και προστασίας των γενικών πινάκων μέσης και χαμηλής τάσης.
- Τοπικά συστήματα 42 V, 50 Hz.
- Συστήματα γειώσεων προστασίας και αλεξικεραυνικής προστασίας.
- Ο ιατρικός και ξενοδοχειακός εξοπλισμός.

### **B. Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων περιλαμβάνονται:**

- Εγκατάσταση τηλεφώνων και δεδομένων (data).
- Εγκατάσταση ενδοσυνεννοήσεων, θυροτηλεφώνων, κουδουνιών.
- Εγκατάσταση τηλεόρασης και μετάδοσης ήχου, μεγαφωνικές εγκαταστάσεις.
- Κλήση αδελφής νοσοκόμας.
- Ρολόγια.
- Σύστημα αναζήτησης προσώπων.
- Εγκατάσταση συστήματος προτεραιότητας εξωτερικών ιατρείων.
- Εγκατάσταση συναγερμού έναντι κλοπής.

Οι εγκαταστάσεις εκτός από τους γνωστούς Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων και τους κανονισμούς ΔΕΗ στηρίζονται και στους γερμανικούς κανονισμούς VDE 0107 για νοσοκομεία και VDE 0185, DIN 57815 για την αντικεραυνική προστασία, τις γειώσεις και θέματα εξίσωσης δυναμικού<sup>1</sup>.

### **Πηγές ενέργειας**

Υπό κανονικές συνθήκες το νοσοκομείο εξυπηρετείται από δίκτυο μέσης τάσης εταιρείας παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ).

Για την περίπτωση διακοπής της παροχής από την εταιρεία ή για περίπτωση μερικής βλάβης της εγκατάστασης του Υποσταθμού (αστοχία ενός μετασχηματιστή ή σφάλμα μιας φάσης ή μείωση της τάσης του δικτύου της εταιρείας κάτω από την αποδεκτή στάθμη του 10%), προβλέπεται η τροφοδοσία κρίσιμων καταναλώσεων μέσω ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

Εκτός από τις πιο πάνω πηγές ενέργειας, προβλέπεται και σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS), με συστοιχία μπαταριών που καλύπτει τα κρίσιμα φορτία ιατρικού εξοπλισμού, σύμφωνα με τον κανονισμό VDE 0107.

### **Εγκατάσταση υποσταθμού μέσης τάσης**

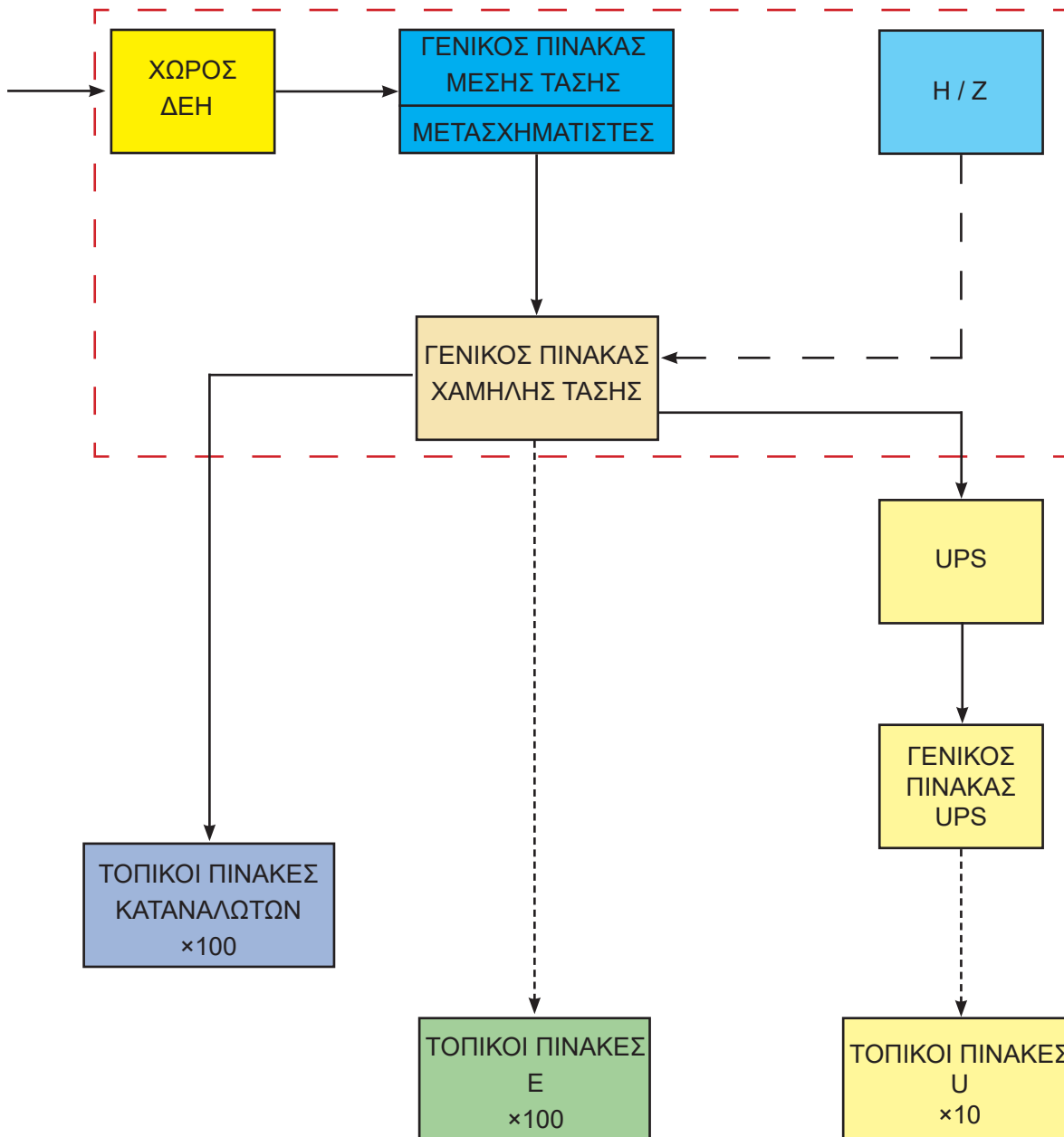
Για την εγκατάσταση του υποσταθμού μέσης τάσης σε ιδιαίτερο χώρο του νοσοκομείου, συνήθως ισόγειο, διατίθενται:

- ❖ χώρος για την εταιρεία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ),
- ❖ χώρος γενικού πίνακα μέσης τάσης του νοσοκομείου,
- ❖ χώροι για καθένα μετασχηματιστή,
- ❖ χώροι γενικών πινάκων χαμηλής τάσης (για τα πεδία χαμηλής τάσης και για τους γενικούς πίνακες),
- ❖ χώρος για τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.

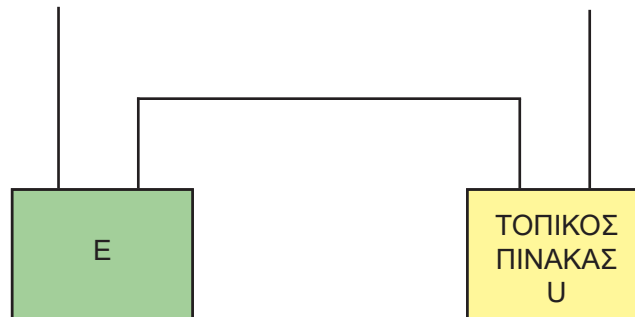
---

<sup>1</sup> Αναμένεται η δημοσίευση ελληνικών κανονισμών για εγκαταστάσεις νοσοκομείων που θα περιλαμβάνει και όλους τους προαναφερόμενους κανονισμούς.

Σχήμα 1.1: Διάγραμμα ηλεκτρικής εγκατάστασης.



Ειδικές περιπτώσεις  
π.χ. χειρουργεία



### Χώρος εταιρείας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ)

Η τροφοδοσία του νοσοκομείου γίνεται συνήθως από το εναέριο δίκτυο μέσης τάσης της εταιρείας (20 kV, 50 Hz) στα όρια του οικοπέδου του. Από εκεί (μέσω υπόγειων σωληνώσεων και φρεατίων τραβήγματος καλωδίων), τα καλώδια των 20 kV οδηγούνται στον ιδιαίτερο ισόγειο χώρο που διατίθεται για την εταιρεία. Σ' αυτό το χώρο, που είναι διαμορφωμένος και εξοπλισμένος σύμφωνα με τις υποδείξεις της εταιρείας, εγκαθίσταται ο πίνακας μέσης τάσης της εταιρείας και τα όργανα μέτρησης της παρεχόμενης ενέργειας.

### Χώρος γενικού πίνακα μέσης τάσης

Στο χώρο αυτό εγκαθίσταται ο γενικός πίνακας μέσης τάσης του νοσοκομείου που είναι τύπου πεδίου (κυψελών) και αποτελείται από:

- το πεδίο ή πεδία άφιξης της μέσης τάσης,
- ένα πεδίο αναχώρησης για κάθε μετασχηματιστή ισχύος,
- ένα πεδίο αναχώρησης προς δεύτερο γενικό πίνακα μέσης τάσης (αν υπάρχει, σε περίπτωση απομακρυσμένου κτιρίου).

Κάθε πεδίο περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα όργανα λειτουργίας, διακοπής και προστασίας. Η τροφοδοσία των μετασχηματιστών γίνεται με μονοπολικά καλώδια των 20 kV.

Στους χώρους κάτω από τον υποσταθμό δημιουργείται υπόγειο καθαρού ύψους τουλάχιστον ενός μέτρου, για την εγκατάσταση των καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης που συνδέουν τους πίνακες με τους μετασχηματιστές. Τα καλώδια οδεύουν πάνω σε σχάρες, ξεχωριστές για τη μέση και τη χαμηλή τάση, με τις απαιτούμενες μεταξύ τους αποστάσεις.

Στην είσοδο των καλωδίων παροχής από την εταιρεία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στο γενικό πίνακα μέσης τάσης προβλέπονται απαγωγείς υπέρτασης, για την αποφυγή εισόδου ατμοσφαιρι-

κών υπερτάσεων στο δίκτυο του νοσοκομείου. Οι απαγωγείς υπέρτασης συνδέονται μεταξύ μπαρών φάσης και μπάρας γείωσης (βλέπε και ενότητα Γειώσεις).

Τα καλώδια παροχής μέσης τάσης στο πεδίο άφιξης του γενικού πίνακα μέσης τάσης και τα καλώδια που αναχωρούν από τα πεδία προς τα πρωτεύοντα τυλίγματα των μετασχηματιστών συνδέονται με καταλλήλου τύπου ακροκιβώτια.

### Μετασχηματιστές

Ανάλογα με την εγκαταστημένη ισχύ του νοσοκομείου, τοποθετούνται δύο ή και περισσότεροι μετασχηματιστές κατάλληλης ισχύος.

Όσον αφορά την ισχύ τους, πρέπει το συνολικό ταυτοχρονισμένο φορτίο κάθε μετασχηματιστή, υπό κανονικές συνθήκες, να μην υπερβαίνει το 80% του ονομαστικού του φορτίου. Οι πλευρές χαμηλής τάσης των μετασχηματιστών (δευτερεύοντα τυλίγματα) συνδέονται με τους γενικούς πίνακες χαμηλής τάσης με μονοπολικά καλώδια ΝΥΥ, σε ξεχωριστές σχάρες.

Στα νοσοκομεία οι μετασχηματιστές δεν παραλληλίζονται μεταξύ τους για λόγους ασφαλείας. Στο διακόπτη διασύνδεσής τους υπάρχει σύστημα αποκλεισμού (με κλειδιά) από τους γενικούς διακόπτες των μετασχηματιστών, ώστε να αποκλείεται ο παραλληλισμός τους. Συνήθως, χρησιμοποιούνται Μ/Σ τύπου ελαίου. Ο κάθε μετασχηματιστής εγκαθίσταται σε ιδιαίτερο χώρο, κατάλληλα διαμορφωμένο με μεταλλική πόρτα. Κάτω από το δάπεδο του κάθε μετασχηματιστή, ο οποίος εδράζεται σε σιδηροδοκούς σχήματος Ι, κατασκευάζεται λεκάνη για τη συλλογή του λαδιού σε περίπτωση διαρροής. Για την είσοδο του αέρα ψύξης και την απαγωγή των θερμικών φορτίων του κάθε

μετασχηματιστή, έχουν κατασκευαστεί ανοίγματα κατάλληλων διατομών. Ο χώρος πρέπει να αερίζεται, έτσι ώστε η θερμοκρασία του να μην υπερβαίνει τους 40 °C, με φυσική ή εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα. Ο τεχνητός αερισμός με ανεμιστήρα λειτουργεί με θερμοστάτη χώρου.

### Γενικοί πίνακες χαμηλής τάσης

Για την εγκατάσταση των γενικών πινάκων χαμηλής τάσης έχει προβλεφθεί ιδιαίτερος χώρος. Ο κάθε μετασχηματιστής τροφοδοτεί το δικό του (ξεχωριστό) τμήμα του γενικού πίνακα. Τα τμήματα που τροφοδοτούν και φορτία ανάγκης χωρίζονται σε δύο υποτμήματα. Το ένα υποτμήμα (που τροφοδοτεί κανονικά φορτία) τροφοδοτείται απευθείας από το μετασχηματιστή. Το άλλο υποτμήμα τροφοδοτείται μεν υπό κανονικές συνθήκες από το μετασχηματιστή, αλλά σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας του μετασχηματιστή, μέσω μεταγωγής (με ζεύγος τετραπολικών αυτόματων διακοπών ισχύος με μηχανική και ηλεκτρική μανδάλωση), παίρνει ρεύμα από τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη. Η ηλεκτρική παροχή από τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη μεταφέρεται στα υποτμήματα ανάγκης του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης με μονοπολικά καλώδια ΝΥΥ, σε ξεχωριστή σωλήνωση ή σχάρα για κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Τα πεδία χαμηλής τάσης χωρίζονται σε κανονικής

λειτουργίας και λειτουργίας ανάγκης (δηλαδή να μπορούν να τροφοδοτηθούν, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, και από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη). Από τους ζυγούς των πεδίων αυτών αναχωρούν οι γραμμές τροφοδοσίας των πινάκων και υποπινάκων.

Η διάταξη και τροφοδοσία των πεδίων είναι τέτοια που να μην επιτρέπει παραλληλισμό των μετασχηματιστών.

#### Κάθε ομάδα πεδίων περιλαμβάνει:

- άφιξη από τον αντίστοιχο μετασχηματιστή,
- αναχωρήσεις κανονικής λειτουργίας,
- σύνδεση αυτόματη με συστοιχία πυκνωτών και
- χειροκίνητη μεταγωγή στο διπλανό πεδίο (περίπτωση βλάβης μετασχηματιστή).

#### Επιπλέον, στα τμήματα του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης που τροφοδοτούν και πεδία ανάγκης περιλαμβάνονται:

- άφιξη από τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και
- αναχωρήσεις λειτουργίας ανάγκης.

Οι αναχωρήσεις από τα πεδία χαμηλής τάσης προς τους πίνακες προστατεύονται καταλλήλως.

Έχουν προβλεφθεί δύο συστήματα συστοιχίας πυκνωτών για διόρθωση του συντελεστή ισχύος (συνφ), ένα για κάθε περιοχή του πίνακα χαμηλής τάσης, ώστε το συνφ να διατηρείται μεγαλύτερο ή ίσο του 0,85.

### Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z)

Για την εξασφάλιση της τροφοδοσίας των φορτίων ανάγκης του νοσοκομείου σε περίπτωση διακοπής ή ακαταλληλότητας του δικτύου της ΔΕΗ, εγκαθίστανται δύο εφεδρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, συνήθως με ισχύ από 500 έως 850 kVA.

Τα H/Z πρέπει να μπορούν να υπερφορτίζονται κατά 10%, επί μία ώρα ανά 12 ώρες λειτουργίας υπό πλήρες φορτίο, και να αποδίδουν ισχύ με συντελεστή ισχύος 0,80 στις παρακάτω συνθήκες:

- ❖ Παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα: τριφασικό (με φασική φάση 230V και πολική τάση 400V), συχνότητα 50 Hz και με ουδέτερο.

- ❖ Καύσιμο: πετρέλαιο ντίζελ της ελληνικής αγοράς.
- ❖ Θερμοκρασία χώρου εγκατάστασης: μέχρι 40 °C.

Τα Η/Ζ είναι εγκατεστημένα σε ιδιαίτερο χώρο στον οποίο βρίσκονται και οι πίνακες αυτοματισμού, ελέγχου και επιτήρησης, που περιλαμβάνουν τα όργανα μέτρησης, τα συστήματα προστασίας και ελέγχου του εναλλακτήρα και του πετρελαιοκινητήρα, καθώς και τα λοιπά βοηθητικά όργανα που δίνουν εντολές εκκίνησης, διακοπής λειτουργίας και παραλληλισμού των δύο Η/Ζ. Επίσης, στον ίδιο χώρο βρίσκονται η δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης καυσίμου, το κύκλωμα καυσαερίων, οι διατάξεις μείωσης θορύβου κ.λπ.. **Τα κυριότερα φορτία ανάγκης που πρέπει να τροφοδοτήσουν τα Η/Ζ, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, είναι:**

- ο φωτισμός ασφαλείας,
- ο φωτισμός νυκτός θαλάμων ασθενών,
- το σύνολο σχεδόν του εξωτερικού φωτισμού,
- ένας ρευματοδότης ανά κλίνη στους θαλάμους νοσηλείας (έχει χρώμα πορτοκαλί αντί του συνήθους κρεμ),
- τα πιεστικά ύδρευσης και πυρόσβεσης,
- τα ψυγεία αίματος και οι ψυκτικοί θάλαμοι (τροφίμων, φαρμάκων),
- το σύστημα πυρανίχνευσης,
- τα συστήματα τηλεφώνου, ενδοεπικοινωνίας, κλήσεως αδελφής και ασύρματης ανεύρεσης προσωπικού,
- ποσοστό ακτινολογικών μηχανημάτων (ο αξονικός τομογράφος, ένα από τα μηχανήματα ακτινοσκοπήσεων, το αγγειογραφικό μηχάνημα),
- όλα τα φορτία (εκτός από αυτά που τροφοδοτούνται από on line UPS) στα χειρουργεία, στους θαλάμους των εντατικών, στα πρόωρα, στα εμφράγματα, στα εγκαύματα και στα πειραματόζωα,
- ο κλιματισμός σε χώρους χειρουργείων, ανανήψεων, μαιευτηρίων, τεχνητού νεφρού, εμφραγμάτων, πρόωρου τοκετού κ.λπ.,
- μέρος των ρευματοδοτών στα εξεταστήρια και στα εργαστήρια (πορτοκαλί πρίζες),
- η τροφοδότηση συστήματος UPS,
- οι ανελκυστήρες (όλοι οι ανελκυστήρες τροφοδοτούνται σταδιακά για τον απεγκλωβισμό ατόμων, αλλά ορισμένοι λειτουργούν συνέχεια μέσω του πίνακα ελέγχου ανελκυστήρων),
- μέρος του φορτίου στα μαγειρεία.

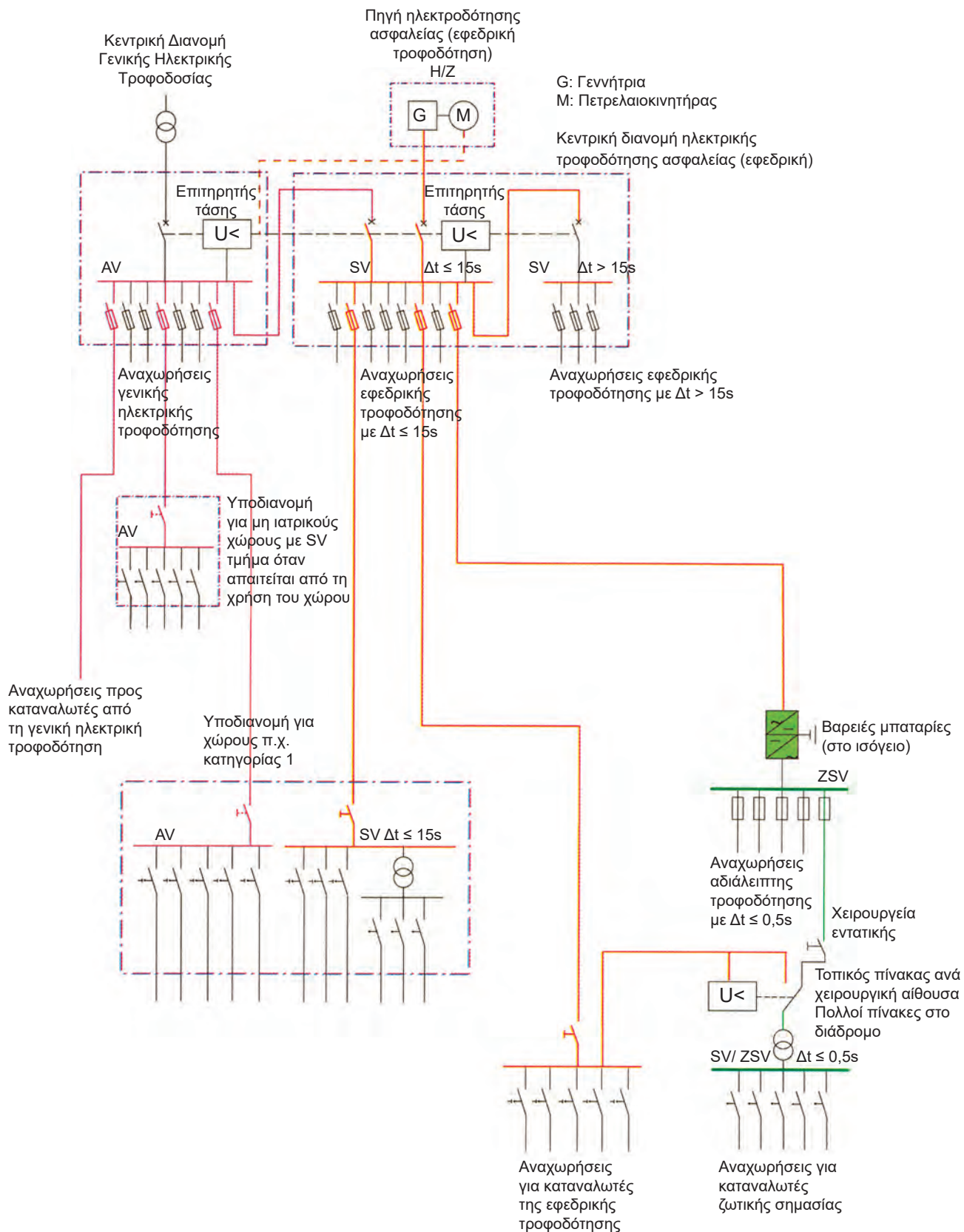
### Περιγραφή και λειτουργία του συστήματος

Τα μισά περίπου φορτία από το σύνολο αποτελούν φορτία ανάγκης και είναι έτσι συνδεδεμένα ώστε σε περίπτωση πτώσης της τάσης από τους μετασχηματιστές να παίρνουν ρεύμα από τα Η/Ζ.

Πρακτικά, σε κάθε τμήμα του νοσοκομείου υπάρχουν **τουλάχιστον** δύο δίκτυα διανομής.

- Το ένα δίκτυο διανομής αφορά τα κανονικά φορτία (δηλαδή τα όχι και τόσο αναγκαία σε μια περίπτωση διακοπής) και έρχεται απευθείας από τους μετασχηματιστές, οπότε αν διακοπεί η τάση τους παύουν να τροφοδοτούνται.
- Το άλλο δίκτυο αφορά τα φορτία ανάγκης και παίρνει και αυτό ρεύμα από τους μετασχηματιστές, αν διακοπεί όμως η τάση τους, τότε με αυτόματη ζεύξη συνδέεται με τα Η/Ζ.  
**Υπόψη ότι το καθένα από τα δύο παραπάνω δίκτυα έχει ξεχωριστές γραμμές για το φωτισμό και την κίνηση.**

Σχήμα 1.2: Γενικό διάγραμμα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.



Η εντολή της έναρξης λειτουργίας των H/Z δίνεται από τον *επιτηρητή τάσης*, ο οποίος είναι ηλεκτρονικού τύπου και επιτηρεί συνεχώς την τάση του δικτύου των τριών φάσεων έναντι του ουδετέρου, με ενσωματωμένο ποτενσιόμετρο για ρύθμιση της περιοχής λειτουργίας του.

Τα δύο H/Z είναι εφοδιασμένα με ενιαίο *σύστημα επιτήρησης*, το οποίο πραγματοποιεί ειδικότερα τις παρακάτω λειτουργίες:

- ❖ Όταν η τάση στη μπάρα που έρχεται από το δευτερεύον του μετασχηματιστή πέσει κάτω από μια τιμή, τότε δίνει εντολή να κλείσει το κύκλωμα εκκίνησης (θέση ON) του πετρελαιοκινητήρα.
- ❖ Δίνει εντολές χειρισμών στους αυτόματους διακόπτες άφιξης και στο μεταγωγικό διακόπτη του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης.
- ❖ Επιτηρεί τη λειτουργία και τον παραλληλισμό των ζευγών.
- ❖ Σταματά αυτόματα το ένα ή και τα δύο H/Z, ανάλογα με το συνολικό φορτίο.
- ❖ Σταματά αυτόματα όποιο H/Z παρουσιάσει βλάβη (χαμηλή πίεση λαδιού λίπανσης, υψηλή θερμοκρασία νερού ψύξης, υπερτάχυνση του πετρελαιοκινητήρα, υπερφόρτιση της γεννήτριας, απόκλιση τάσης, έλλειψη καυσίμου).
- ❖ Σε περίπτωση αστοχίας, επαναλαμβάνει αυτόματα τη διαδικασία εκκίνησης για 8 δευτερόλεπτα περίπου και μέχρι τρεις συνολικά φορές, με ενδιάμεση διακοπή 8 δευτερόλεπτα.
- ❖ Μανδαλώνει τον αυτοματισμό εκκίνησης μετά από τρεις ανεπιτυχείς απόπειρες εκκίνησης.
- ❖ Κατά την αποκατάσταση του δικτύου της εταιρείας (π.χ. ΔΕΗ), κάνει αυτόματη μεταγωγή του φορτίου στην παροχή της εταιρείας. Λειτουργεί το ζεύγος χωρίς φορτίο, για χρόνο μεταξύ 0 και 5 λεπτών (με ρυθμιζόμενο χρονοδιακόπτη), και σταματά. Διατηρεί το ζεύγος σε κατάσταση ετοιμότητας.

Το κάθε H/Z διαθέτει ένα διακόπτη φορτίου αυτόματο και ένα χειροκίνητο (περίπτωση συντήρησης).

Η εκκίνηση του πετρελαιοκινητήρα πραγματοποιείται με τη βοήθεια συστοιχίας μπαταριών. Η συστοιχία μπαταριών πρέπει να είναι πάντα σε ετοιμότητα, γι' αυτό απαιτείται συχνός έλεγχος της κατάστασής τους (στάθμη υγρών, πυκνότητα υγρών κ.λπ.). Συνήθως, για την εκκίνηση υπάρχει ένα τοπικό UPS με τα κατάλληλα όργανα ελέγχου, το οποίο τροφοδοτείται από πίνακα χαμηλής τάσης. Η ετοιμότητα ενός H/Z επιτυγχάνεται επίσης με την προθέρμανση του νερού του ψυγείου και του πετρελαίου, κυρίως το χειμώνα και μέχρι τους 40 °C.

Τα H/Z πρέπει σε περίπτωση διακοπής, το πολύ μέσα σε 15 sec, να έχουν ξεκινήσει και να έχουν φθάσει στον ονομαστικό αριθμό στροφών και κατόπιν, μέσω κατάλληλων διακοπών να παραλληλιστούν και να τροφοδοτήσουν τον πίνακα όπου εμφανίστηκε η έλλειψη τάσης. Δηλαδή, τα φορτία ανάγκης πρώτης προτεραιότητας πρέπει να έχουν τροφοδοτηθεί μέσα σε 15 sec.

Όσον αφορά τους κινητήρες, λόγω του μεγάλου ρεύματος εκκίνησης, προβλέπεται διάταξη που αποτελείται από κύριους και βοηθητικούς ηλεκτρονόμους με χρονικά σε κάθε πίνακα κίνησης, η οποία θέτει σε λειτουργία σταδιακά τους κινητήρες. Η διάταξη αυτή είναι τέτοια ώστε, με ειδική εντολή που παίρνει από το σύστημα αυτοματισμού των H/Z (με τη χρήση PLC), μπορεί και σταματά τους κινητήρες που έχουν τεθεί σε λειτουργία ή δεν τους επιτρέπει καθόλου να ξεκινήσουν, σε περίπτωση που λόγω βλάβης του ενός H/Z δουλεύει μόνο το άλλο. Τέτοιοι κινητήρες είναι:

- οι καυστήρες και ανεμιστήρες των λεβήτων,
- η αντλία πυρόσβεσης,
- οι κινητήρες των κλιματιστικών μονάδων,
- οι κινητήρες αντλιών του συστήματος ψύξης - θέρμανσης.

Όταν επανέλθει η τάση από τη ΔΕΗ και μέσα σε 5 λεπτά περίπου, πραγματοποιούνται κατά σειρά οι παρακάτω λειτουργίες:

- Οι αυτόματοι διακόπτες τροφοδοσίας από τα Η/Ζ τίθενται εκτός λειτουργίας με εντολή από το σύστημα αυτοματισμού.
- Κλείνουν οι αυτόματοι διακόπτες τροφοδοσίας από τους μετασχηματιστές.
- Οι κινητήρες ανάγκης που τροφοδοτούν κρίσιμα φορτία τίθενται σε λειτουργία σταδιακά, μέσω PLC που αναφέρθηκε πιο πάνω.
- Οι υπόλοιποι κινητήρες ξεκινούν χειροκίνητα ή μέσω του PLC.

Τα Η/Ζ εξακολουθούν να δουλεύουν εν κενώ (χωρίς κανένα φορτίο) για 5 περίπου λεπτά.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κάθε μετασχηματιστής καταλήγει σε ξεχωριστά από άλλον μετασχηματιστή τμήματα του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης. Εκεί χωρίζεται σε δύο περιοχές: την περιοχή των κανονικών φορτίων και την περιοχή των φορτίων ανάγκης. Για την περίπτωση σοβαρής βλάβης ενός μετασχηματιστή και μέχρι να αποκατασταθεί η βλάβη, για να μπορέσουν και οι δύο περιοχές να τροφοδοτηθούν από ένα Η/Ζ, έχει προβλεφθεί η χειροκίνητη ζεύξη των μπαρών των δύο περιοχών του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης, μέσω χειροκίνητου τετραπολικού αποζεύκτη ισχύος.

### Διανομή-Ηλεκτρικοί πίνακες

**Η διανομή διακρίνεται σε:**

- ❖ πεδία χαμηλής τάσης (που τροφοδοτούνται από τους γενικούς πίνακες χαμηλής τάσης- κίνησης και φωτισμού- του υποσταθμού),
- ❖ γενικούς πίνακες διανομής (κίνησης και φωτισμού), που τροφοδοτούνται απευθείας από τα πεδία χαμηλής τάσης,
- ❖ δευτερεύοντες πίνακες διανομής, που τροφοδοτούνται από τους γενικούς πίνακες διανομής.

Όλοι οι πίνακες έχουν χωριστές μπάρες ουδετέρου και γείωσης.

Οι γενικοί πίνακες διανομής βρίσκονται ακτινωτά εξαπλωμένοι σε διάφορους χώρους, συνήθως στο υπόγειο, από όπου οι παροχές αναχωρούν για τους υπερκείμενους ορόφους και καταλήγουν σε δευτερεύοντες πίνακες διανομής.

**Για κάθε τμήμα υπάρχουν ξεχωριστοί πίνακες για:**

- κανονικά φορτία,
- φορτία ανάγκης και
- φορτία UPS (ανάλογα με τη λειτουργία του τμήματος).

**Επιπλέον, τα τμήματα χωρίζονται για κάθε είδος ισχύος σε:**

- ιατρικής χρήσης και
- μη ιατρικής χρήσης.

Οι πίνακες των τμημάτων ιατρικής χρήσης φέρουν μπάρα εξίσωσης δυναμικού και χωρίζονται από τους διπλανούς τους με μεταλλικό διαχωριστικό, που εμποδίζει τη δημιουργία τόξου μεταξύ τους.

Η τοποθέτηση των πινάκων διανομής για την εξυπηρέτηση των διαφόρων χώρων γίνεται ως εξής:

- Κάθε τμήμα συγκεκριμένης λειτουργικότητας έχει το δικό του πίνακα.
- Υπάρχει ανεξαρτησία πινάκων φωτισμού και μηχανημάτων.
- Υπάρχει διαχωρισμός των διατμηματικών χώρων του κτιρίου.
- Υπάρχει διαχωρισμός των πυροσβεγανών διαμερισμάτων με την τοποθέτηση ιδιαίτερου πίνακα (ή πινάκων) για κάθε πυροσβεγανό διαμέρισμα, έτσι ώστε να υπάρξει απομόνωση σε περίπτωση πυρκαγιάς σε κάποιο πυροσβεγανό διαμέρισμα.

Υπάρχουν όμως πίνακες διανομής (στους ορόφους, στο ισόγειο ή και στο υπόγειο) που τροφοδοτούνται απευθείας από το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Αυτοί είναι:

- Πίνακες χειρουργείων.
- Πίνακες εντατικών εμφραγμάτων και γενικά χώρων ιατρικής χρήσης κατηγορίας 2.
- Πίνακας UPS.
- Πίνακες ορισμένων ακτινολογικών μηχανημάτων.
- Ορισμένοι πίνακες ανελκυστήρων.
- Πίνακες λεβητοστάσιου.
- Πίνακας πυροσβεστικού συγκροτήματος.
- Πίνακας αντλιοστασίου ποσίμου ύδατος.
- Πίνακας μαγειρείων.
- Πίνακας πλυντηρίων - αποστείρωσης.
- Πίνακες περιβάλλοντος χώρου.

### Τροφοδοσία χώρων ιατρικής χρήσης

Για τους χώρους ιατρικής χρήσης δίνεται ιδιαίτερη φροντίδα και εφαρμόζονται τα συστήματα προστασίας που προβλέπουν οι κανονισμοί VDE 0107.

Ανάλογα με τη χρήση τους, οι χώροι αυτοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

| Κατηγορία | Περιγραφή                                                                                                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0         | Δωμάτια ασθενών στις νοσηλευτικές μονάδες, λουτρό ασθενών, συνήθη δωμάτια θεραπείας, βοηθητικοί χώροι χειρουργείων. |
| 1         | Ανάνηψη, δωμάτια εξέτασης Εντατικής Θεραπείας, δωμάτια Αγγειογραφιών, δωμάτια Τοκετών, δωμάτια Ενδοσκόπησης.        |
| 2         | Χειρουργεία, χώροι χορήγησης Αναισθησίας, Μονάδες Εντατικής Θεραπείας.                                              |

Για να αποφευχθούν ρεύματα που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη ζωή των ασθενών, κάθε χώρος ιατρικής χρήσης περιλαμβάνει **σύστημα εξίσωσης δυναμικού**.

Με το σύστημα αυτό παραλαμβάνονται οι διαφορές δυναμικού μεταξύ αγωγίμων μερών. Έτσι, όλα τα μεταλλικά μέρη, όπως πλαίσια θυρών και παραθύρων, σωληνώσεις αερίων και νερού, θερμαντικά σώματα, αγωγίμα δάπεδα, ιατρικός εξοπλισμός, ρευματοδότες κ.λπ., συνδέονται σε ξεχωριστή μπάρα εξίσωσης δυναμικού. Η μπάρα εξίσωσης δυναμικού συνδέεται με τη μπάρα γείωσης του αντίστοιχου ηλεκτρικού πίνακα με αγωγό χάλκινο, πολύκλωνο, διατομής τουλάχιστον 16 mm<sup>2</sup>. Μεταλλικά ντουλάπια ή άλλα αντικείμενα κρεμασμένα σε μη αγωγίμο τοίχο δεν είναι υποχρεωτικό να οδηγηθούν στη μπάρα εξίσωσης δυναμικού.

Στα κυκλώματα φωτισμού και ρευματοδοτών σε χώρους κατηγορίας 0 και 1 τοποθετούνται ηλεκτρονόμοι διαφυγής. Για τους χώρους κατηγορίας 2, στα κυκλώματα φωτισμού τοποθετούνται ηλεκτρονόμοι διαφυγής, ενώ στα κυκλώματα ρευματοδοτών και τροφοδοσίας ιατρικού εξοπλισμού τοποθετούνται μετασχηματιστές απομόνωσης (με λόγο μετασχηματισμού 1:1).

Οι σκιαλυτικές λυχνίες των χειρουργείων (οι μικροί προβολείς πάνω από το χειρουργικό κρεβάτι) και ο κρίσιμος ιατρικός εξοπλισμός των Χειρουργείων, της Εντατικής Θεραπείας, της Μονάδας Εμφραγμάτων και της Μονάδας Πρόωρων τροφοδοτούνται με on line UPS.

Η κεντρική μονάδα UPS αποτελείται από συστοιχία μπαταριών μολύβδου τρίωρης εκφόρτισης και εξάωρης φόρτισης, ανορθωτικό, μετατροπέα και πίνακα διανομής. Επίσης, περιλαμβάνεται και διάταξη ελέγχου - αναγγελίας, στην οποία φαίνεται η κατάσταση λειτουργίας.

Η ισχύς του συστήματος υπολογίζεται με βάση τον τροφοδοτούμενο ιατρικό εξοπλισμό, αλλά πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από 40 kVA, με τριφασική έξοδο. Στα μεγάλα νοσοκομεία παραλληλίζονται και δύο μονάδες, με ισχύ 80 kVA η καθεμιά, με ικανότητα τροφοδοσίας του συνόλου των κρίσιμων καταναλώσεων για 15 λεπτά.

Λόγω του βάρους των μπαταριών, η κεντρική μονάδα UPS τοποθετείται συνήθως στο ισόγειο ή στο υπόγειο του κτιρίου των χειρουργείων, όπου υπάρχει και ο κεντρικός πίνακας διανομής, ενώ στους διαδρόμους των ορόφων, όπου βρίσκονται τα κρίσιμα φορτία, τοποθετούνται οι δευτερεύοντες πίνακες διανομής.

Η κεντρική μονάδα UPS τροφοδοτείται απευθείας από το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης με το δίκτυο ανάγκης (που σε περίπτωση διακοπής τροφοδοτείται από τα Η/Ζ). Το UPS είναι on line, δηλαδή μέσα από το δίκτυό του τροφοδοτούνται οι προβολείς των χειρουργείων και ο κρίσιμος ιατρικός εξοπλισμός.

**Πρακτικά τα κρίσιμα ιατρικά φορτία τροφοδοτούνται από τη ΔΕΗ. Εάν γίνει διακοπή ρεύματος, μέσα σε χρόνο μικρότερο των 0,5 sec γίνεται αυτόματη μεταγωγή στο σύστημα μπαταριών του UPS, μέχρι να τροφοδοτηθεί το δίκτυο από τα Η/Ζ. Εάν και τα Η/Ζ υποστούν βλάβη, το UPS τροφοδοτεί μέχρι να εξαντληθούν οι μπαταρίες του.**

**Σε περίπτωση βλάβης του UPS, τα κρίσιμα ιατρικά φορτία τροφοδοτούνται απευθείας από το δίκτυο ανάγκης.**

## Εγκατάσταση τηλεφώνων - δεδομένων (data)

Όσον αφορά τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων, θα αναφερθούμε σε γενικές γραμμές μόνο στην εγκατάσταση τηλεφώνων και δεδομένων (data).

**Μετάδοση πληροφοριών με μορφή data (ψηφιακή μορφή) ονομάζουμε τη μετάδοση μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών.**

Το τηλεφωνικό κέντρο, ο κεντρικός υπολογιστής του συστήματος και ο κεντρικός κατανεμητής των τηλεφωνικών εγκαταστάσεων και του συστήματος δεδομένων τοποθετούνται σε ιδιαίτερο χώρο του ισογείου.

### Σκοπός της εγκατάστασης είναι:

- η εξασφάλιση της τηλεφωνικής επικοινωνίας των εσωτερικών συνδρομητών μεταξύ τους και με το εθνικό και διεθνές τηλεφωνικό δίκτυο,
- η μετάδοση και λήψη δεδομένων (data) και
- η συνεργασία με το σύστημα αναζήτησης προσώπων ασυρμάτου τύπου.

Σε κατάλληλες θέσεις των ορόφων του νοσοκομείου εγκαθίστανται κατανεμητές που εξυπηρετούν με ακτινική διάταξη όλες τις λήψεις φωνής ή φωνής και data, σύμφωνα με τα πρότυπα της **δομημένης καλωδίωσης** με την οποία θα ασχοληθούμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Λόγω του πλήθους των ατόμων σε ένα νοσοκομείο (πολλοί ασθενείς σε δωμάτια κλινικών, αρκετό ιατρικό, νοσηλευτικό, διοικητικό και βοηθητικό προσωπικό), είναι δαπανηρό, υπερβολικό και περιττό να επεκταθεί το δίκτυο data παράλληλα με το δίκτυο τηλεφώνων (δηλαδή, να έχουμε τόσες πρίζες για προσωπικούς υπολογιστές όσες και για τα τηλέφωνα).

Έτσι, ακολουθώντας τον τρόπο ανάπτυξης και τα πρότυπα της δομημένης καλωδίωσης, έχουμε τερματικές πρίζες data κυρίως στα εξής σημεία:

- ✓ Στις νοσηλευτικές μονάδες, όπου για καθεμιά από αυτές συνήθως έχουμε:
  - ❖ στα γραφεία ιατρών και εξεταστήρια, 4 πρίζες,
  - ❖ στο γραφείο προϊσταμένης, μία πρίζα,
  - ❖ στη θέση αδελφής, μία πρίζα.
- ✓ Στο λογιστήριο και στα γραφεία της διοίκησης, μία πρίζα τουλάχιστον για κάθε θέση εργασίας.
- ✓ Στα μαγειρεία, επίσης μία τουλάχιστον πρίζα (για να φθάνουν, για παράδειγμα, απευθείας από τον επιβλέποντα γιατρό οι ειδικές οδηγίες διατροφής για τους ασθενείς στο γραφείο της διαιτολόγου).
- ✓ Στο ακτινολογικό τμήμα, μία πρίζα κοντά σε μηχανήματα όπως ο αξονικός τομογράφος.
- ✓ Στο αμφιθέατρο, για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Στην οριζόντια καλωδίωση χρησιμοποιούνται χάλκινα καλώδια UTP, 4 συνεστραμμένων ζευγών, κατηγορίας 5 και πάνω (θα τα γνωρίσουμε αναλυτικά στο κεφάλαιο της δομημένης καλωδίωσης).

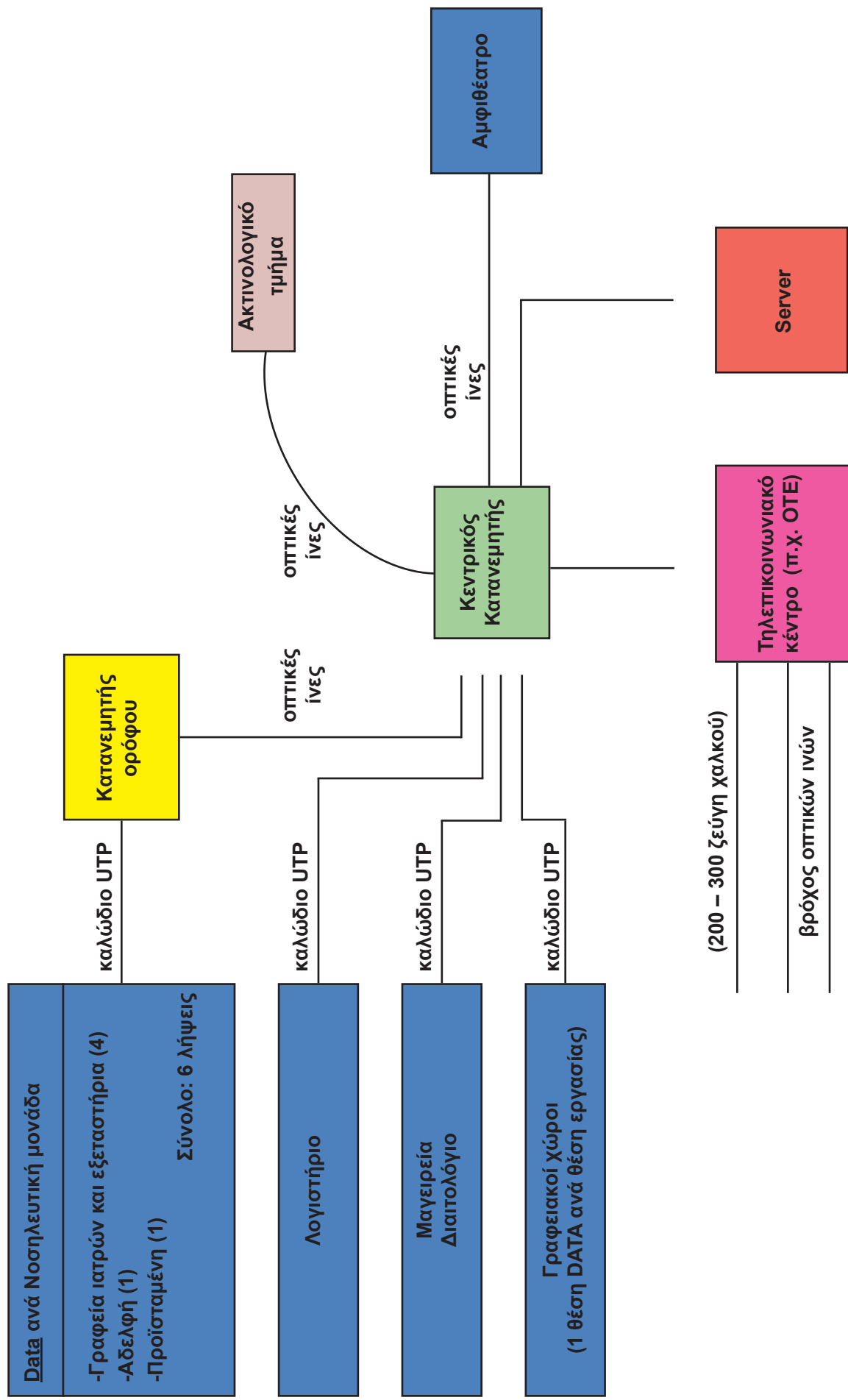
Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως, όπου απαιτείται ταχύτατη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων (data), χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες.

Έτσι, συνήθως έχουμε οπτικές ίνες:

- μεταξύ του τηλεφωνικού κέντρου της εταιρείας τηλεπικοινωνιών (π.χ. ΟΤΕ) και του κεντρικού καταναμεμητή,
- μεταξύ του κεντρικού εξυπηρετητή (server) των υπολογιστών και του κεντρικού καταναμεμητή,
- στην κατακόρυφη καλωδίωση (δηλαδή μεταξύ κεντρικού καταναμεμητή και καταναμεμητών ορόφων),
- στη σύνδεση του κεντρικού καταναμεμητή με το ακτινολογικό τμήμα και με το αμφιθέατρο (η μετάδοση των εικόνων απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων).

Όπου υπάρχουν πρίζες data 4 συνεστραμμένων ζευγών, υπάρχουν και πρίζες τηλεφώνου με τα ίδια ακριβώς καλώδια, τα οποία έρχονται από τον κεντρικό καταναμεμητή. Ακόμη και στους θαλάμους ασθενών, όπου τοποθετούνται μόνο τηλεφωνικές πρίζες, χρησιμοποιούνται τα παραπάνω καλώδια για πιθανή περίπτωση αλλαγής χρήσης (παρόλο που τα καλώδια δύο ζευγών θα επαρκούσαν).

Σε κάθε κρεβάτι ασθενούς καταλήγει ανεξάρτητη γραμμή (καλώδιο) από τον κεντρικό καταναμεμητή. Στον κεντρικό καταναμεμητή γίνονται οι οποιεσδήποτε μεικτονομήσεις (συνδέσεις) μεταξύ θαλάμων και τηλεφωνικού κέντρου. Η αλλαγή του αριθμού κλήσης του θαλάμου π.χ. ρυθμίζεται στον κεντρικό καταναμεμητή με αλλαγή μεικτονόμησης (βλέπε κεφάλαιο δομημένης καλωδίωσης).



Σχήμα 1.3: Σύνδεση γραμμών data και τηλεφώνων.

### 3. Ερωτήσεις - Ασκήσεις

#### Ομάδα Α:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

**1.** Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται με επάρκεια σε μηχανική ενέργεια.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**2.** Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές για τη λειτουργία τους στηρίζονται πάντα στον ηλεκτρισμό.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**3.** Στο ίδιο δωμάτιο τοποθετούνται δύο ή και περισσότεροι μετασχηματιστές ισχύος.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**4.** Στο χώρο του υποσταθμού τα καλώδια μέσης και χαμηλής τάσης οδεύουν στην ίδια σχάρα.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**5.** Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη κατά τη λειτουργία τους συνδέονται παράλληλα.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**6.** Το πυροσβεστικό συγκρότημα περιλαμβάνεται στα φορτία ανάγκης που τροφοδοτούνται άμεσα από τα Η/Ζ.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**7.** Όλες οι εστίες των μαγειρείων περιλαμβάνονται στα φορτία ανάγκης που τροφοδοτούνται άμεσα από τα Η/Ζ.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**8.** Τα φορτία φωτισμού τροφοδοτούνται ξεχωριστά από τα φορτία κίνησης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**9.** Τα κανονικά φορτία και τα φορτία ανάγκης τροφοδοτούνται από τους ίδιους πίνακες.

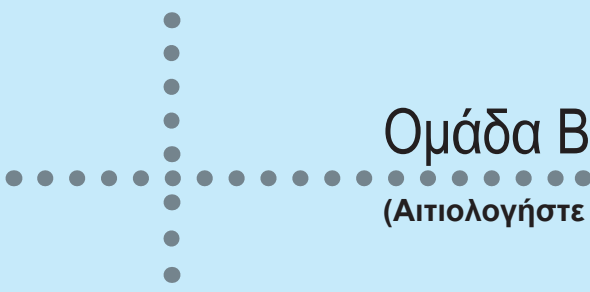
α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**10.** Τα φορτία ανάγκης υπό κανονικές συνθήκες τροφοδοτούνται από τους μετασχηματιστές.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**11.** Η μετάδοση εικόνων μέσω υπολογιστών περιλαμβάνει μεγάλο όγκο δεδομένων (data) γι' αυτό χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐



## Ομάδα Β:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

**1. Η μέση τάση με την οποία τροφοδοτούνται τα μεγάλα κτίρια έχει τιμή:**

- α) 400 V      β) 20 kV      γ) 150 kV      δ) 300 kV

**2. Ένα μεγάλο κτίριο υπό κανονικές συνθήκες εξυπηρετείται για τις ενεργειακές του ανάγκες από:**

- α) ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος  
β) δύο ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη  
γ) το δίκτυο μέσης τάσης εταιρείας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας  
δ) συστήματα αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS)

**3. Κάθε πεδίο αναχώρησης του γενικού πίνακα μέσης τάσης οδεύει προς:**

- α) κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος  
β) κάθε UPS  
γ) τους γενικούς πίνακες χαμηλής τάσης  
δ) κάθε μετασχηματιστή ισχύος

**4. Οι πλευρές χαμηλής τάσης των μετασχηματιστών (δευτερεύοντα τυλίγματα) συνδέονται με μονοπολικά καλώδια ΝΥΥ, σε ξεχωριστές σχάρες, με:**

- α) τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη  
β) τα UPS  
γ) τους γενικούς πίνακες μέσης τάσης  
δ) τους γενικούς πίνακες χαμηλής τάσης

**5. Ο αυτοματισμός εκκίνησης ενός Η/Ζ μανδαλώνεται μετά από τρεις ανεπιτυχείς απόπειρες εκκίνησης:**

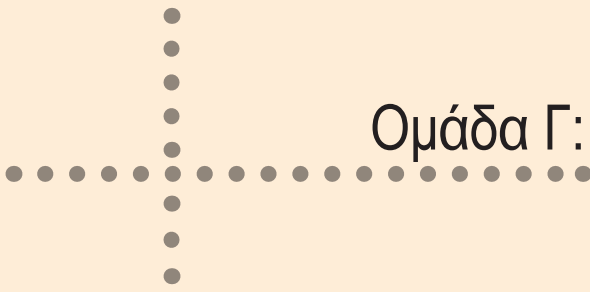
- α) γιατί υπερθερμαίνεται ο κινητήρας του Η/Ζ
- β) για να μην ανέβει η πίεση του λαδιού του κινητήρα του Η/Ζ
- γ) για να εντοπιστεί η βλάβη πριν αδειάσουν εντελώς οι μπαταρίες του
- δ) γιατί υπάρχει περίπτωση να αποκατασταθεί η τροφοδοσία από την εταιρεία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

**6. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                          | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Μετασχηματιστές σε νοσοκομείο</li> <li>2. Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη</li> <li>3. Πεδία γενικού πίνακα μέσης τάσης</li> <li>4. Πεδία γενικού πίνακα χαμηλής τάσης</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. Άφιξη από τον αντίστοιχο μετασχηματιστή</li> <li>β. Αναχώρηση για κάθε μετασχηματιστή ισχύος</li> <li>γ. Τάση 150 kV</li> <li>δ. Ισχύς 20 kVA</li> <li>ε. Δεν παραλληλίζονται μεταξύ τους</li> <li>στ. Παραλληλίζονται</li> <li>ζ. Σύστημα εξίσωσης δυναμικού</li> </ol> |

**7. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                      | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. UPS</li> <li>2. Η/Ζ</li> <li>3. Server</li> <li>4. Data</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. Αναλογικό σήμα</li> <li>β. Ψηφιακή μορφή πληροφοριών</li> <li>γ. Παροχή σε χρόνο μικρότερο των 15 λεπτών</li> <li>δ. Παροχή σε χρόνο μικρότερο των 0,5 sec</li> <li>ε. Παροχή σε χρόνο μικρότερο των 15 sec</li> <li>στ. Κεντρικός υπολογιστής μεγάλης ισχύος</li> <li>ζ. Αποθήκευση πληροφοριών</li> </ol> |

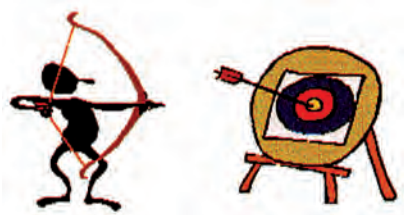


## Ομάδα Γ:

1. «Ο ηλεκτρισμός παράγεται, μεταδίδεται και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας μέσω φυσικής διαδικασίας αλλά και με συσκευές κατασκευασμένες από ανθρώπους». Στην παραπάνω πρόταση αναπτύξτε τη φράση «μέσω φυσικής διαδικασίας» και δώστε παραδείγματα.
2. Πότε και γιατί κρίνεται αναγκαία η παρουσία ηλεκτρολόγου σε 24ωρη βάση σε κτιριακά ή βιομηχανικά συγκροτήματα;
3. Σε ποιες περιπτώσεις εγκαθιστούμε ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) και σε ποιες μονάδες αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS);
4. Γιατί μετά από διακοπή ρεύματος οι ανελκυστήρες τροφοδοτούνται από τα H/Z σταδιακά για τον απεγκλωβισμό ατόμων;
5. Αναλύστε τη λειτουργία μιας «on line» μονάδας αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS) σε ένα πολύ ευαίσθητο τμήμα από πλευράς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
6. Γιατί ο κάθε μετασχηματιστής ισχύος εγκαθίσταται σε ιδιαίτερο χώρο με μεταλλική πόρτα;
7. Τι χρησιμεύει το λάδι στο μετασχηματιστή ισχύος;
8. Γιατί κάθε H/Z διαθέτει εκτός από αυτόματο διακόπτη φορτίου και χειροκίνητο;
9. Γιατί ορισμένοι πίνακες διανομής (όπως πίνακες χειρουργείων, εντατικών εμφραγμάτων, UPS, ορισμένων ανελκυστήρων, πυροσβεστικού συγκροτήματος, λεβητοστασίου κ.λπ.) τροφοδοτούνται απευθείας από το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης;

# Φωτοτεχνία





## Διδακτικοί στόχοι

**Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:**

- αναφέρουν τον τρόπο δημιουργίας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
- αναφέρουν τι περιλαμβάνει το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών
- αναφέρουν τη διαφορά μεταξύ μονοχρωματικής και σύνθετης ακτινοβολίας
- αναφέρουν τη σχέση μεταξύ του χρώματος που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή και της θερμοκρασίας της
- αναφέρουν τα διάφορα είδη φωτεινής δέσμης
- διακρίνουν την ανάκλαση από τη διάχυση
- αναφέρουν τους νόμους της ανάκλασης
- αναφέρουν τη σχέση των χρωμάτων των επιφανειών και τους συντελεστές ανάκλασής τους
- δίνουν τον ορισμό και τις μονάδες μέτρησης των βασικών φωτομετρικών μεγεθών
- ερμηνεύουν την καμπύλη φωτεινής έντασης (πολικό διάγραμμα) μιας φωτεινής πηγής
- αναφέρουν τους νόμους της φωτομετρίας
- αναφέρουν τα γενικά κριτήρια για την επιλογή λαμπτήρων
- αναφέρουν την αρχή λειτουργίας των λαμπτήρων πυράκτωσης
- διακρίνουν τα διάφορα είδη λαμπτήρων πυράκτωσης από τα εξωτερικά τους χαρακτηριστικά
- αναφέρουν για κάθε είδος λαμπτήρα βασικούς τομείς ή χώρους που βρίσκουν εφαρμογή
- αναφέρουν διαφορές μεταξύ των λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου και των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης
- αναφέρουν την αρχή λειτουργίας του λαμπτήρα φθορισμού
- αναφέρουν τα κύρια πλεονεκτήματα των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού
- αποτυπώνουν συνδεσμολογίες λαμπτήρων φθορισμού με τα απαραίτητα εξαρτήματα
- διακρίνουν, από το σύμπτωμα, την πιθανή αιτία βλάβης του λαμπτήρα φθορισμού και να αναφέρουν τον τρόπο αποκατάστασης της βλάβης
- αναφέρουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λαμπτήρων φθορισμού σε σχέση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης
- αναφέρουν και ερμηνεύουν τα ιδιαίτερα κριτήρια επιλογής των λαμπτήρων φθορισμού
- διακρίνουν σε κατηγορίες τα φωτιστικά σώματα, ανάλογα με την κατεύθυνση της φωτεινής ροής
- ερμηνεύουν τους δύο αριθμούς του δείκτη προστασίας των φωτιστικών σωμάτων
- διακρίνουν σε κατηγορίες τα φωτιστικά σώματα, ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής τους μόνωσης
- αναφέρουν την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού σε Lux για συνήθεις χώρους εργασίας ή διαμονής
- αναφέρουν τα 9 βήματα για τη μελέτη φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie)
- συντάσσουν απλή φωτοτεχνική μελέτη μιας αίθουσας ή ενός χώρου με τη βοήθεια πινάκων, όταν δίνονται οι διαστάσεις του χώρου, οι συγκεκριμένες απαιτήσεις φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα και οι λαμπτήρες τους, τα χρώματα των τοίχων και της οροφής καθώς και οι συνθήκες συντήρησης των φωτιστικών

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

## 1. Εισαγωγικές έννοιες φωτισμού

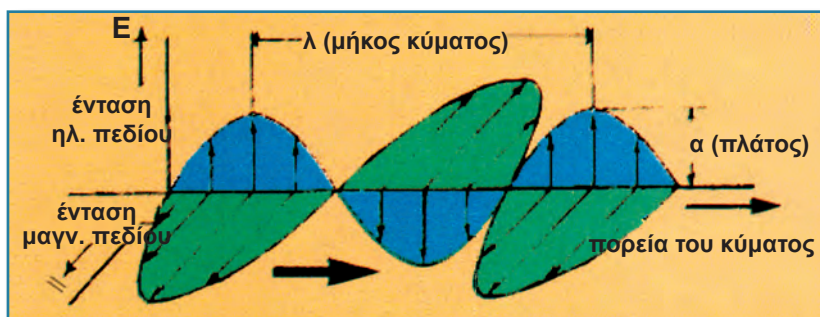
### ■ 1.1 Η φύση του φωτός

**Τ**α άτομα των στοιχείων αποτελούνται από το θετικά φορτισμένο πυρήνα (ο οποίος περιλαμβάνει πρωτόνια και νετρόνια) και από αρνητικά φορτισμένα σωματίδια, τα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα σε συγκεκριμένους ηλεκτρονιακούς δρόμους, οι οποίοι ονομάζονται στοιβάδες ή τροχιές του ατόμου και έχουν συγκεκριμένη ενεργειακή στάθμη. Τα ηλεκτρόνια κάθε τροχιάς διαθέτουν ορισμένη ενέργεια που είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τους από τον πυρήνα.

Όταν ένα άτομο, για κάποιο λόγο, αποκτήσει ενέργεια (π.χ μετά από σύγκρουση με σωματίδιο μεγάλης ταχύτητας), είναι δυνατόν ηλεκτρόνιο να μεταπηδήσει από την τροχιά του σε τροχιά μεγαλύτερης ενεργειακής στάθμης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διέγερση** του ατόμου και αποτελεί μια ασταθή κατάσταση, που έχει πολύ μικρή χρονική διάρκεια. Στη συνέχεια, το ηλεκτρόνιο επανέρχεται στην αρχική του τροχιά (μικρότερης ενεργειακής στάθμης), εκπέμποντας την περίσσεια ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας. Δηλαδή, διαπιστώνουμε ότι η **ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας**. Παρατηρήθηκε ότι ένα σώμα, όταν εκπέμπει ακτινοβολία, δημιουργεί γύρω του δύο μεταβαλλόμενα πεδία, τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους και διαδίδονται ταυτόχρονα στο χώρο. Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματός της. Όταν το μήκος κύματος μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι μεταξύ  $4000 - 7500 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ), τότε η ακτινοβολία έχει την ιδιότητα να διεγείρει το ανθρώπινο μάτι και ονομάζεται

**Σχήμα 1.1:**  
Παράσταση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



φωτεινή ακτινοβολία ή απλά φως. Εκτός από τη μονάδα  $A^\circ$ , χρησιμοποιούνται και οι μονάδες  $\mu m = 10^{-6} m$  και  $nm = 10^{-9} m$ .

Το φως είναι μια μορφή ενέργειας. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει δυαδική φύση, κυματική και σωματιδιακή.

Δηλαδή, το φως διαδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά και με τη μορφή ποσότητας ενέργειας, που είναι ισοδύναμη με πολλαπλάσια σωματιδίου το οποίο διαδίδεται με την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και καλείται **φωτόνιο**. Η ταχύτητα του φωτός στο κενό και με προσέγγιση στον αέρα είναι  $C = 3 \cdot 10^8 m/s$ .

Η ταχύτητα διάδοσης κάθε ακτινοβολίας εξαρτάται από το υλικό μέσα από το οποίο διαδίδεται. Γενικά, ισχύει η σχέση  $C = \lambda f / n$ ,

όπου  $C$  η ταχύτητα σε  $m/s$ ,  $\lambda$  το μήκος κύματος της ακτινοβολίας σε  $m$ ,  $f$  η συχνότητα αυτής σε  $Hz$  και  $n$  ο συντελεστής διάθλασης του υλικού μέσα από το οποίο γίνεται η διάδοση της ακτινοβολίας.

Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συνιστά το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Όλες οι ακτινοβολίες αυτού του φάσματος έχουν την ίδια φυσική υπόσταση και διαφέρουν μόνο στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως το μήκος κύματος και η συχνότητά τους.

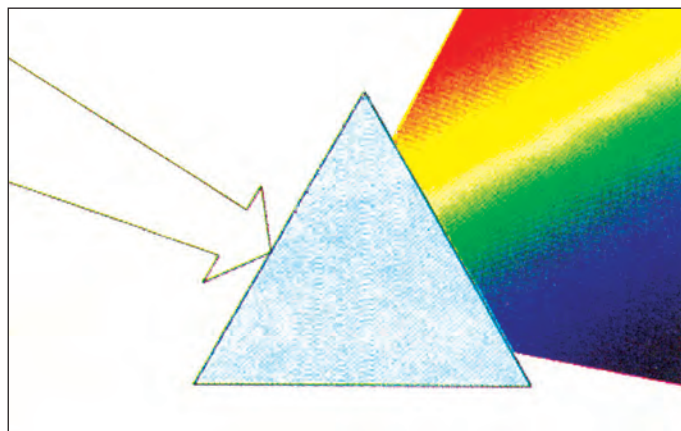
Το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών περιλαμβάνει την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες  $\gamma$  (Gamma Rays), τις ακτίνες  $X$  (X - Rays), την υπεριώδη ακτινοβολία (Ultra Violet), το ορατό φως, τις υπέρυθρες ακτίνες (Infrared Rays) και τα ραδιοκύματα (Hertzian Waves -ραντάρ, τηλεόρασης, ραδιοφώνου κ.λπ.).

**Πίνακας 1.1: Ολικό φάσμα ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών**

| Περιοχές                     | Μήκος κύματος σε nm<br>(1 nm = $10^{-9} m$ )                                                                                                       |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Κοσμικές ακτίνες             | $10^{-5}$                                                                                                                                          |
| Ακτίνες $\gamma$             | $10^{-4}$                                                                                                                                          |
| Ακτίνες $X$                  | $10^{-3} - 10^{-1}$                                                                                                                                |
| Υπεριώδες                    | 1 - 10                                                                                                                                             |
| Ορατό                        | $10^2 - 10^3$ <div> <div>380</div> <div>ιώδες</div> <div>μπλε</div> <div>πράσινο</div> <div>κίτρινο</div> <div>780</div> <div>κόκκινο</div> </div> |
| Υπέρυθρο                     | $10^4 - 10^5$                                                                                                                                      |
| Μικροκύματα                  | $10^6 - 10^9$                                                                                                                                      |
| Μικροκύματα και κύματα RADAR | $10^{10} - 10^{14}$                                                                                                                                |
| Ραδιοφωνικά κύματα           | $10^{15} - 10^{16}$                                                                                                                                |

Μια φωτεινή ακτινοβολία ονομάζεται **μονοχρωματική**, όταν συνίσταται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα με περίπου ίδιο μήκος κύματος. Για παράδειγμα, η ακτινοβολία που αντιστοιχεί στο κόκκινο χρώμα έχει μήκος κύματος περίπου  $7000 \text{ \AA}$  ή  $700 \text{ nm}$ . Αντίθετα, όταν μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα με διαφορετικά μήκη κύματος ονομάζεται **σύνθετη**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σύνθετης ακτινοβολίας αποτελεί το λευκό φως που περιλαμβάνει όλα τα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στην φωτεινή ακτινοβολία.

Αν δέσμη λευκού φωτός προσπέσει σε έδρα τριγωνικού πρίσματος, τότε αν στην άλλη έδρα τοποθετήσουμε ένα διάφραγμα, θα παρατηρήσουμε πάνω του μια έγχρωμη φωτεινή ταινία. Η ταινία θα φέρει τα χρώματα ερυθρό, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό, βαθύ κυανό και ιώδες. Τα χρώματα αυτά αντιστοιχούν στις μονοχρωματικές ακτινοβολίες στις οποίες αναλύεται το λευκό φως.



**Σχήμα 1.2:**  
Ανάλυση του λευκού φωτός

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται τα μήκη κύματος αυτών των ακτινοβολιών σε  $\text{\AA}$ .

Η έγχρωμη ταινία που παίρνουμε στο διάφραγμα καλείται **φάσμα του λευκού φωτός** ή ορατό φάσμα. Με τον όρο φάσμα μιας ακτινοβολίας ονομάζουμε το σύνολο των συχνοτήτων που αντιστοιχούν στα φωτόνια της ακτινοβολίας.

Το ανθρώπινο μάτι παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία στην περιοχή με μήκος κύματος της τάξης των  $5500 \text{ \AA}$ , που αντιστοιχεί στην περιοχή του πρασινοκίτρινου φωτός. Το γεγονός αυτό εξηγεί γιατί ο άνθρωπος βλέπει καλύτερα στο κίτρινο φως του λαμπτήρα νατρίου.

Όπως το λευκό φως αναλύεται σε απλές μονοχρωματικές ακτινοβολίες, έτσι μπορεί και να ανασυντεθεί ξανά σε λευκό φως, με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα με τη συγκέντρωση όλων των μονοχρωματικών ακτινοβολιών σε ένα σημείο, με τη χρήση αντεστραμμένου πρίσματος.

Το λευκό φως, εκτός από τις ακτινοβολίες μεταξύ ερυθρού και ιώδους χρώματος, περιέχει και άλλες ακτινοβολίες που δε διεγείρουν το

| ΧΡΩΜΑ     | Μήκος κύματος σε $\text{\AA}$ |
|-----------|-------------------------------|
| Ερυθρό    | 7700 - 6400                   |
| Πορτοκαλί | 6400 - 5900                   |
| Κίτρινο   | 5900 - 5500                   |
| Πράσινο   | 5500 - 4900                   |
| Κυανό     | 4900 - 4500                   |
| Ιώδες     | 4500 - 4000                   |

**Πίνακας 1.2:**  
Φάσμα ορατού φωτός

ανθρώπινο μάτι, γι' αυτό και ονομάζονται αόρατες.

Οι αόρατες ακτινοβολίες που βρίσκονται πέρα από το ερυθρό χρώμα ονομάζονται υπέρυθρες, ενώ αυτές που βρίσκονται πέρα από το ιώδες ονομάζονται υπεριώδεις.

Η υπέρυθη ακτινοβολία χρησιμοποιείται για τη φωτογράφιση αντικειμένων (με ειδικές ευπαθείς πλάκες), που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση, ανεξάρτητα αν υπάρχει φως. Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει βιολογικές δράσεις, απορροφάται από το κοινό γυαλί και προκαλεί εκτός από τα χημικά φαινόμενα, το φθορισμό ορισμένων ουσιών και τον ιονισμό αερίων.

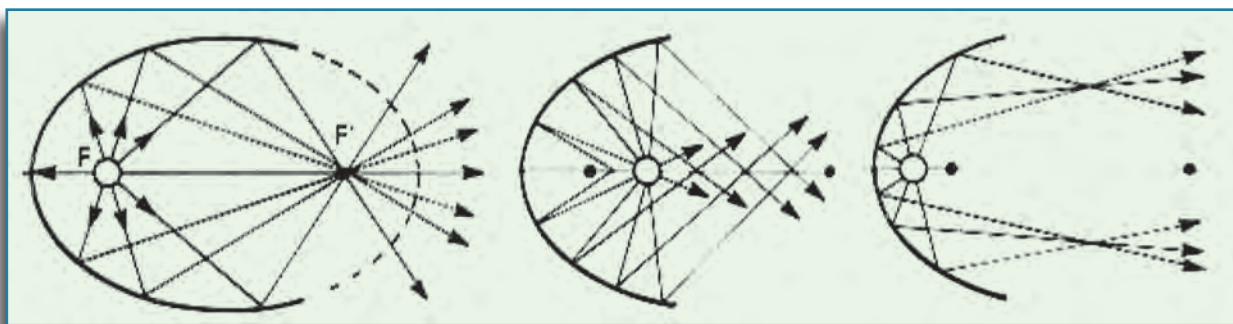
## ■ 1.2 Φωτεινή δέσμη

Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα με τη μορφή φωτεινών ακτίνων, που αποτελούνται από φωτόνια που εκπέμπει η φωτεινή πηγή.

**Φωτεινή ακτίνα** ονομάζουμε την ευθεία τροχιά την οποία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του.

Ένα σύνολο από φωτεινές ακτίνες συνθέτει τη φωτεινή δέσμη. Μια φωτεινή δέσμη μπορεί να είναι *αποκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης προέρχονται από ένα σημείο, *παράλληλη*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης είναι παράλληλες και *συγκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης κατευθύνονται σε ένα σημείο.

**Σχήμα 1.3:**  
*Αποκλίνουσα, παράλληλη, συγκλίνουσα φωτεινή δέσμη*



## ■ 1.3 Φωτεινή πηγή

Το σώμα που εκπέμπει φως ονομάζεται φωτεινή πηγή. Οι φωτεινές πηγές διακρίνονται στα *αυτόφωτα σώματα*, όπως είναι ο ήλιος και οι λαμπτήρες φωτισμού, και στα *ετερόφωτα σώματα*, όπως είναι μια λευκή φωτιζόμενη επιφάνεια. Τα ετερόφωτα σώματα δεν παράγουν από μόνα τους φως, αλλά εκπέμπουν το φως που δέχονται από άλλα αυτόφωτα σώματα. Η εκπομπή φωτός από τα αυτόφωτα σώματα συνήθως οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας τους. Κάθε σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη των  $525\text{ }^{\circ}\text{C}$  εκπέμπει φως. Εκπομπή φωτός μπορεί να γίνει και από τη διέγερση των μορίων ενός αερίου, χωρίς να απαιτείται αύξηση της θερμοκρασίας τους, όπως συμβαίνει στους λαμπτήρες φθορισμού.

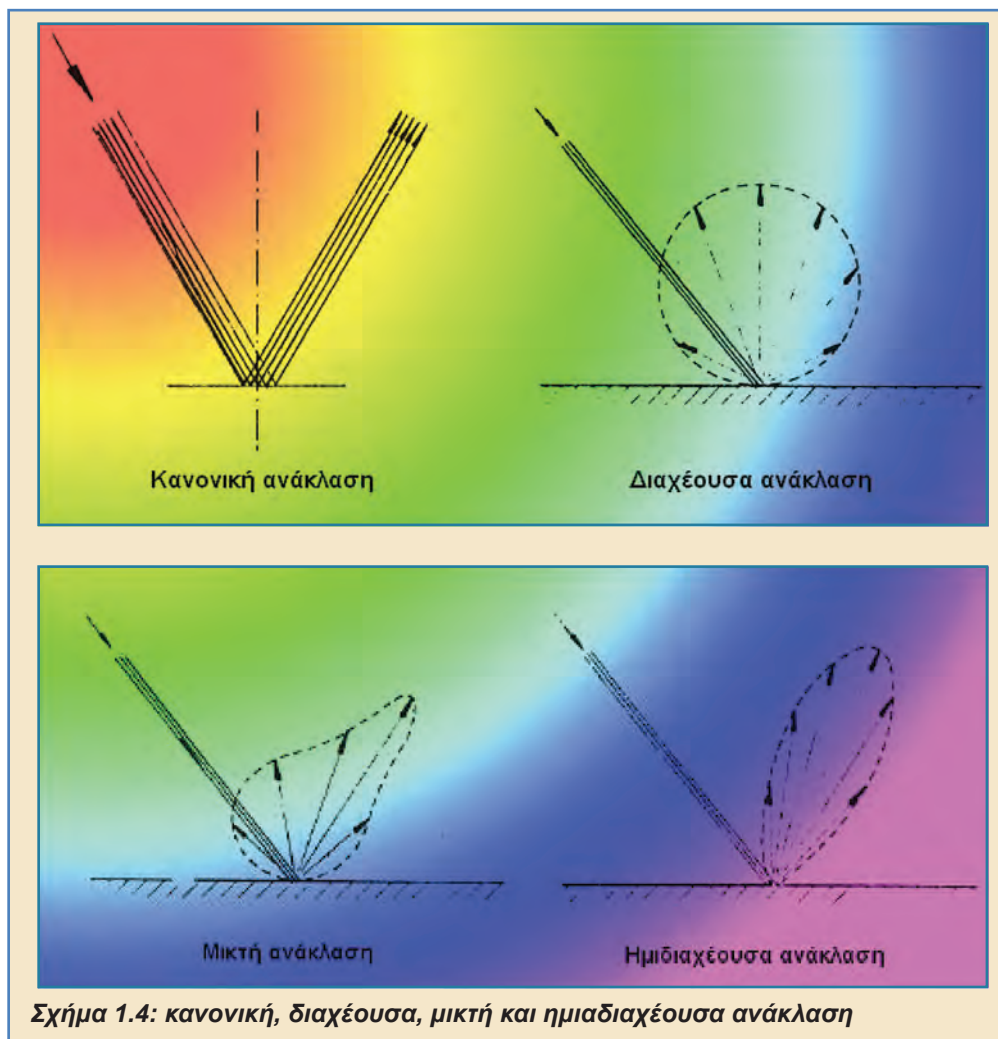
Τα ετερόφωτα σώματα, ανάλογα με το βαθμό που επιτρέπουν να περάσει το φως από τη μάζα τους και τη δυνατότητα να διακρίνουμε πίσω από αυτά, διακρίνονται σε *διαφανή*, *αδιαφανή* και *ημιδιαφανή*.

## ■ 1.4 Ανάκλαση του φωτός

Μια επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως λεία όταν οι ανωμαλίες που παρουσιάζει έχουν βάθος μικρότερο από το μέσο μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας (περίπου  $0,5 \mu\text{m}$ ). Μια επιφάνεια από γυαλί αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα λείας επιφάνειας. Η εξωτερική επιφάνεια κάθε σώματος διαχωρίζει το σώμα από τον αέρα ή οποιοδήποτε άλλο μέσο που το περιβάλλει. Επομένως, η επιφάνεια ενός σώματος αποτελεί τη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων.

Όταν το φως προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων, υφίσταται κανονική ή ανώμαλη ανάκλαση (διάχυση), ανάλογα με το αν η διαχωριστική επιφάνεια είναι λεία ή τραχεία.

Υποθέτουμε ότι στην επίπεδη αλλά όχι λεία επιφάνεια ενός τοίχου προσπίπτει μια παράλληλη φωτεινή δέσμη. Μετά την πρόσπτωση στην επιφάνεια, κάθε ακτίνα της δέσμης ακολουθεί τυχαία διεύθυνση, η



οποία εξαρτάται από την ανωμαλία της επιφάνειας στο σημείο πρόσπτωσης. Το φαινόμενο ονομάζεται **διαχέουσα ανάκλαση** ή **διάχυση** του φωτός. Ως αποτέλεσμα της διάχυσης του φωτός είναι το να βλέπουμε στο εσωτερικό ενός δωματίου χωρίς να φωτίζεται απευθείας από τον ήλιο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ακτίνες του ήλιου διαχέονται στις διάφορες επιφάνειες και διασκορπίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Αν σε μια λεία επιφάνεια, όπως είναι η επιφάνεια από ένα τζάμι, προσπέσει μια παράλληλη δέσμη φωτός, κάθε ακτίνα της δέσμης ακολουθεί μια ορισμένη διεύθυνση, ώστε η δέσμη και μετά την πρόσπτωση να παραμένει παράλληλη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **κανονική**

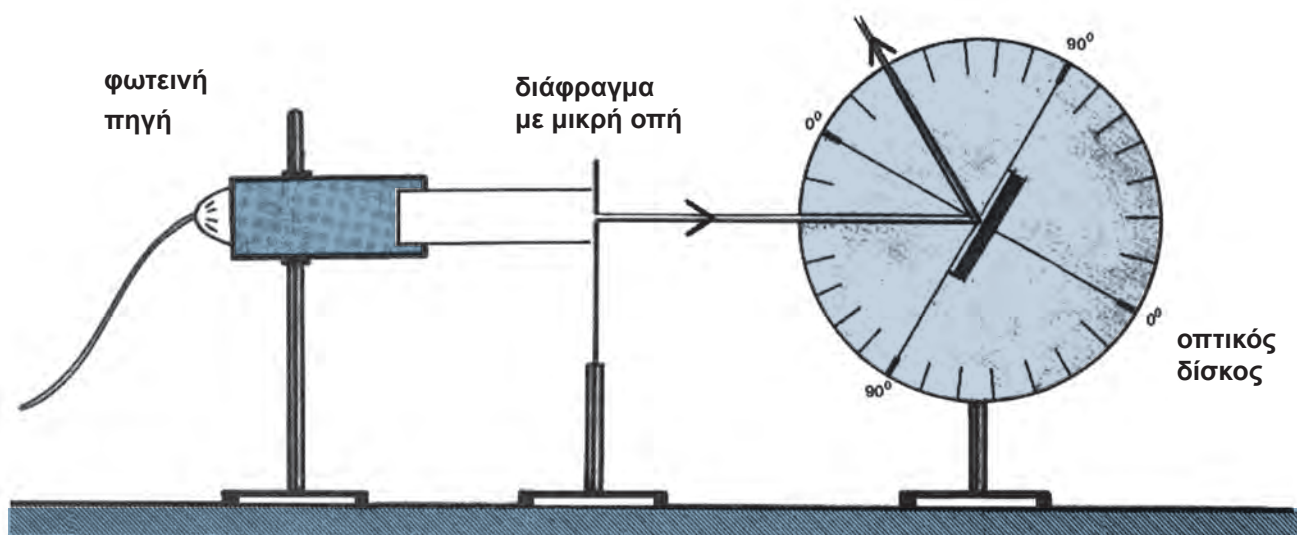
**ανάκλαση** του φωτός. Οι λείες επιφάνειες οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της κανονικής ανάκλασης ονομάζονται ανακλαστικές επιφάνειες ή κάτοπτρα.

Μεταξύ των δύο ακραίων περιπτώσεων που περιγράφηκαν, στην πράξη συμβαίνουν πλήθος ανακλάσεων όπου η κάθε ακραία περίπτωση συμμετέχει σε κάποιο ποσοστό π.χ. **ημιδιαχέουσα ανάκλαση**.

Ο όρος ανάκλαση είναι γενικός και περιλαμβάνει κάθε περίπτωση αλλαγής πορείας της φωτεινής δέσμης, χωρίς να προϋποθέτει αναγκαστικά την ύπαρξη λείας και στιλπνής επιφάνειας.

**Το φαινόμενο της κανονικής ανάκλασης διέπεται από δύο νόμους, που ονομάζονται νόμοι της ανάκλασης του φωτός. Αυτοί είναι:**

- **1ος Νόμος.** Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η ευθεία που είναι κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (επίπεδο πρόσπτωσης), το οποίο είναι κάθετο στην ανακλαστική επιφάνεια.
- **2ος Νόμος.** Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.



Σχήμα 1.5 Ανάκλαση φωτεινής ακτίνας σε πειραματική διάταξη.

Όταν δέσμη φωτός προσπέσει σε λεία επιφάνεια, θα ανακλαστεί από την επιφάνεια αυτή. Αν  $\Phi$  είναι η προσπίπτουσα σε μια επιφάνεια φωτεινή ροή και  $\Phi_r$  η ανακλασθείσα, τότε το πηλίκο  $\Phi_r / \Phi$  ορίζει ένα μέγεθος που καλείται **συντελεστής ανάκλασης**  $\rho$ .

Δηλαδή,  $\rho = \Phi_r / \Phi$ .

Η μορφή της ανακλώμενης δέσμης και πρακτικά το είδος ανάκλασης καθορίζονται από την υφή της ανακλώμενης επιφάνειας. Η σύνθεση όμως της δέσμης, δηλαδή οι ακτινοβολίες από τις οποίες αποτελείται, και οι τυχόν διαφορές μεταξύ προσπίπτουσας και ανακλώμενης δέσμης εξαρτώνται από το υλικό της ανακλώμενης επιφάνειας.

Υπάρχουν υλικά όπου στην ανακλώμενη από αυτά δέσμη φωτός μπορεί να αλλάξει η μορφή και η έντασή της όχι όμως και η σύνθεσή της. Σε αυτά τα υλικά ο συντελεστής ανάκλασης είναι ανεξάρτητος του μήκους κύματος. Κατατάσσονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του συντελεστή ανάκλασης που διαθέτουν και τη χρωματική εντύπωση που δίνουν, όταν προσπέσει πάνω τους δέσμη λευκού φωτός:

**1. Λευκά** με  $\rho > 0,75$  (δίνουν την εντύπωση λευκού χρώματος).

**2. Μέλανα** με  $\rho < 0,05$  (δίνουν την εντύπωση του μαύρου χρώματος).

**3. Γκρίζα** με  $0,05 < \rho < 0,75$  (δίνουν την εντύπωση του γκρίζου χρώματος).

Τα περισσότερα όμως υλικά διαθέτουν μεταβαλλόμενους συντελεστές ανάκλασης, η τιμή των οποίων εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε το φαινόμενο της εκλεκτικής ανάκλασης. Σε υλικά αυτής της κατηγορίας, όταν προσπέσει δέσμη λευκού φωτός, ορισμένες από τις ακτινοβολίες της εξασθενούν ή και απορροφώνται τελείως από το υλικό. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι όταν υλικό φωτίζεται με λευκό φως, το ανθρώπινο μάτι το αντιλαμβάνεται ως πράσινου χρώματος, επειδή αυτό ανακλά πράσινα μήκη κύματος, ενώ απορροφά έντονα τα κόκκινα, κυανά και ιώδη. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται τα όρια των συντελεστών ανάκλασης διάφορων επιφανειών.

| Είδος επιφάνειας      | Συντελεστής ανάκλασης $\rho$ |
|-----------------------|------------------------------|
| Καθρέπτης             | 0,95 - 0,98                  |
| Λευκό πλαστικό χρώμα  | 0,70 - 0,80                  |
| Λευκό μάρμαρο         | 0,60 - 0,85                  |
| Αλουμίνιο (σιλπνόν)   | 0,65 - 0,75                  |
| Χρώμιο (σιλπνόν)      | 0,60 - 0,70                  |
| Νικέλιο (σιλπνόν)     | 0,53 - 0,63                  |
| Αλουμίνιο (θαμπό)     | 0,55 - 0,60                  |
| Χρώμιο (ματ)          | 0,52 - 0,55                  |
| Νικέλιο (θαμπό)       | 0,48 - 0,52                  |
| Μπετόν                | 0,40 - 0,50                  |
| Παραπετάσματα κίτρινα | 0,30 - 0,45                  |
| Τούβλα                | 0,10 - 0,30                  |
| Παραπετάσματα γκρίζα  | 0,15 - 0,25                  |
| Παραπετάσματα ερυθρά  | 0,10 - 0,20                  |
| Μαύρο βελούδο         | 0,005 - 0,01                 |

**Πίνακας 1.3:**  
Πίνακας  
συντελεστών  
ανάκλασης  
επιφανειών που  
φωτίζονται από  
λευκό φως

Για τις περιπτώσεις της διαχέουσας ανάκλασης, στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι συντελεστές ανάκλασης για τα κυριότερα χρώματα, σε τρεις αποχρώσεις για το καθένα, ανοιχτό, μέσο και βαθύ.

| Χρώμα   | Ανοιχτό | Μέσο | Βαθύ |
|---------|---------|------|------|
| Λευκό   | 0,80    | 0,70 | -    |
| Κίτρινο | 0,70    | 0,50 | 0,30 |
| Γκριζο  | 0,60    | 0,35 | 0,20 |
| Πράσινο | 0,60    | 0,30 | 0,12 |
| Καφέ    | 0,50    | 0,25 | 0,08 |
| Μπλε    | 0,50    | 0,20 | 0,05 |
| Κόκκινο | 0,35    | 0,20 | 0,10 |
| Μαύρο   | -       | 0,04 | -    |

**Πίνακας 1.4:** Πίνακας συντελεστών διαχέουσας ανάκλασης χρωματιστών επιφανειών που φωτίζονται από λευκό φως

### **Παρατηρήσεις:**

Οι λευκές επιφάνειες μπορούν να ανακλούν μέχρι και το 80% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Γι' αυτό το καλοκαίρι προτιμώνται τα λευκά και γενικότερα τα ανοιχτόχρωμα ρούχα, που παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή ανάκλασης. Αντίθετα, το χειμώνα προτιμώνται τα σκούρα ρούχα.

## ■ 1.5 Απορρόφηση του φωτός

Το φως, κατά το πέρασμά του στο κενό, δεν υφίσταται καμιά μεταβολή. Όταν όμως διαπερνά υλικά σώματα, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό απορροφάται από αυτά. Αν  $\Phi_r$  είναι το μέρος της φωτεινής ροής που απορροφάται από ένα υλικό πάχους  $x$ , όταν προσπέσει πάνω του φωτεινή ροή  $\Phi$ , τότε το πηλίκο  $\rho = \Phi_r / \Phi$  καλείται συντελεστής απορρόφησης  $\rho$ .

Η επιλεκτική απορρόφηση ακτινοβολιών επιτυγχάνεται στην πράξη με τη χρήση έγχρωμων φίλτρων. Τα φίλτρα δεν απορροφούν ομοιόμορφα στις διάφορες περιοχές του φάσματος. Σε μη μονοχρωματικές ακτινοβολίες πρακτικά αλλάζουν τη φασματική σύνθεση της φωτεινής ροής που πέφτει πάνω τους. Η μεταβολή στο πάχος του φίλτρου προκαλεί και μεταβολή του χρώματος της ακτινοβολίας.

## ■ 1.6 Φως και χρώμα

Καθεμιά από τις ακτινοβολίες του ορατού φάσματος, όταν προσπίπτει στο ανθρώπινο μάτι, προκαλεί διαφορετικό φωτοερέθισμα, που ερμηνεύεται από τον άνθρωπο ως χρώμα.

Η εντύπωση του χρώματος διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο.

Το φως των διάφορων φωτεινών πηγών διαφέρει στα ποσοστά των μονοχρωματικών ακτινοβολιών που εκπέμπει. Αυτή η διαφορά προσδιορίζεται από την ενεργειακή φασματική κατανομή του φωτός της πηγής.

Οι διάφορες επιφάνειες των σωμάτων απορροφούν, ολικά ή μερικά, διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που πέφτει επάνω τους και ανακλούν τα υπόλοιπα. Ο συντελεστής απορρόφησης και ο συντελεστής ανάκλασης ενός υλικού δεν είναι ίδιος για όλα τα μήκη κύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το φως που φτάνει στο ανθρώπινο μάτι μετά από την ανάκλαση στην επιφάνεια ενός υλικού να μην είναι το ίδιο με αυτό που έστειλε η φωτεινή πηγή.

Το χρώμα ενός **διαφανούς** σώματος εξαρτάται από τις ακτινοβολίες που απορροφά το σώμα. Αν ένα διαφανές σώμα απορροφά όλες τις ακτινοβολίες εκτός από την ερυθρή, το σώμα θα έχει ερυθρό χρώμα.

Το χρώμα ενός **αδιαφανούς** σώματος εξαρτάται από τις ακτινοβολίες που το σώμα ανακλά, διαχέει και απορροφά.

Για να αποδώσει σωστά μια επιφάνεια το χρώμα της, πρέπει το φως που θα τη φωτίσει να περιέχει όλα τα μήκη κύματος των ακτινοβολιών, σε σωστή αναλογία. Το φως του ήλιου έχει αυτή την ιδιότητα και θεωρείται ιδανική πηγή φωτισμού, ενώ το φως των κοινών λαμπτήρων φθορισμού υστερεί σημαντικά σε αυτό. Το φως των λαμπτήρων πυράκτωσης προσεγγίζει το φως του ήλιου.

**Επομένως, στον προσδιορισμό του χρώματος ενός αντικειμένου συντελούν δύο παράγοντες:**

- 1. οι ανακλαστικές ιδιότητες του υλικού και**
- 2. η χρωματική απόδοση της φωτεινής πηγής.**

Για τον προσδιορισμό του βαθμού πιστότητας των λαμπτήρων στην απόδοση των χρωμάτων, έχει ορισθεί ο δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra αυτών. Ο δείκτης αυτός συγκρίνει την πιστότητα με την οποία το φως μιας φωτεινής πηγής αποδίδει τα χρώματα, σε σύγκριση με μια άλλη πηγή που θεωρείται πρότυπη (βλέπε και ενότητα 3.3.1.8 Κριτήρια επιλογής λαμπτήρων φθορισμού).

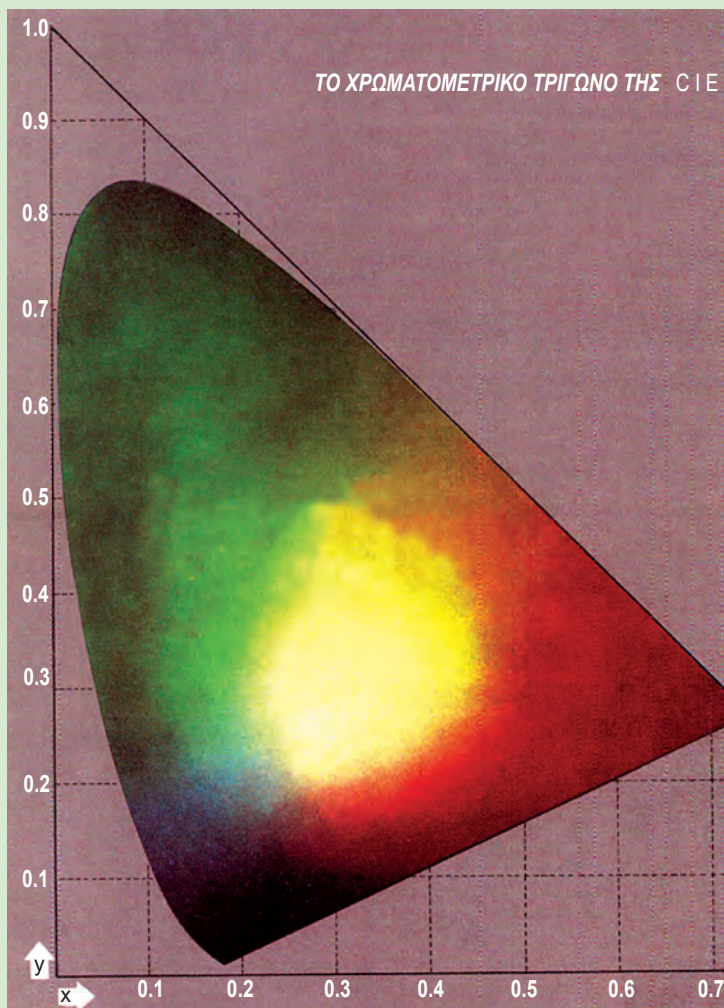
Η τελική όμως ερμηνεία ενός χρώματος επηρεάζεται και από το αισθητήριο της όρασης. Στις μονοχρωματικές ακτινοβολίες (π.χ. πράσινο, κόκκινο χρώμα) υπάρχει πλήρης αντιστοιχία μεταξύ χρώματος

και ερεθίσματος, ενώ στα χρώματα που προκύπτουν από ανάμειξη απλών χρωμάτων (σύνθετα χρώματα) δεν υπάρχει τέτοια αντιστοιχία και η χρωματική εντύπωση δημιουργείται από το αίσθημα του επικρατούντος χρώματος.

Η παραγωγή σύνθετων χρωμάτων μπορεί να γίνει με πρόσθεση απλών χρωμάτων σε διάφορες αναλογίες ή με αφαίρεση με τη βοήθεια φίλτρων.

Η πρόσθεση δύο χρωμάτων παράγει τρίτο χρώμα. Η πρόσθεση των τριών βασικών χρωμάτων, κόκκινου, πράσινου και μπλε δίνει λευκό χρώμα.

Η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (C.I.E - Commission Internationale de l'Éclairage), για την κάλυψη της ανάγκης καθορισμού των φυσικών χαρακτηριστικών ενός χρώματος, υιοθέτησε το 1931 ένα χρωματικό σύστημα που εξακολουθεί να ισχύει μέχρι σήμερα με μικρές τροποποιήσεις. Το σύστημα της C.I.E. βασίζεται στη γενική αρχή κατά την οποία με μείξη τριών βασικών χρωμάτων σε διάφορες αναλογίες μπορεί να δημιουργηθεί οποιοδήποτε χρώμα. Το «χρωματικό επίπεδο» (επίπεδο απεικόνισης των χρωμάτων) αποτελείται από ορθογώνιο τρίγωνο στις κορυφές του οποίου έχουν τοποθετηθεί τρία κύρια χρώματα X (ερυθρό), Y (πράσινο) και Z (κυανό), με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Κάθε χρώμα χαρακτηρίζεται από τρεις συντεταγμένες X, Y, Z, οι οποίες καλούνται χρωματομετρικές συντεταγμένες. Αν είναι γνωστές οι δύο από τις τρεις συντεταγμένες, τότε προσδιορίζεται το σημείο του χρωματικού επιπέδου για το οποίο αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο χρώμα, από το άθροισμα  $X+Y+Z = 1$ . Με το σύστημα του χρωματικού τριγώνου, οποιοδήποτε χρώμα καθορίζεται πλήρως όταν είναι γνωστές οι χρωματομετρικές του συντεταγμένες, γεγονός που επιτυγχάνεται με τη πειραματική βοήθεια της φασματοφωτομετρίας.



Σχήμα 1.6: Απεικόνιση χρωματικού τριγώνου της C.I.E

Στο κέντρο του τριγώνου απεικονίζεται το λευκό χρώμα.

## ■ 1.7 Θερμοκρασία και χρώμα

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή σ' ένα χώρο, επηρεάζει τη γενικότερη εντύπωση που μας δίνει ο χώρος αυτός. Για παράδειγμα, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης δημιουργεί συνήθως μια «θερμή» εντύπωση, λόγω του πλούσιου σε ερυθρές ακτινοβολίες φωτός του λαμπτήρα. Αντίθετα, ένας λαμπτήρας ατμών υδραργύρου μη διορθωμένου φάσματος δίνει μια «ψυχρή εντύπωση», λόγω του μεγάλου ποσοστού κυανής και κίτρινης ακτινοβολίας που περιέχει.

Επίσης, αν παρατηρήσουμε το εκπεμπόμενο φως λαμπτήρα πυράκτωσης για διάφορες τάσεις τροφοδοσίας, θα παρατηρήσουμε ότι όσο πιο μικρή είναι η τάση (μικρότερο

ρεύμα, μικρότερη θερμοκρασία νήματος) τόσο «θερμότερη» εντύπωση μας δίνει το φως που εκπέμπει ο λαμπτήρας.

**Υπάρχει σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας του νήματος και της εντύπωσης του χρώματος του φωτός που αυτό εκπέμπει.**

Για το θέμα αυτό μελετήθηκαν οι ιδιότητες μιας ιδανικής διάταξης που καλείται «μέλαν σώμα» και έχει την ιδιότητα να απορροφά όλες τις ακτινοβολίες που πέφτουν σ' αυτή.

Το μέλαν σώμα εκπέμπει ακτινοβολία με τη μορφή θερμότητας. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από αυτό για κάθε θερμοκρασία αντιστοιχεί και σε ένα χρώμα.

Η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας στην οποία βρίσκεται το μέλαν σώμα και της χρωματικής εντύπωσης που προκαλείται από την

ακτινοβολία που αυτό εκπέμπει εκφράζεται σε βαθμούς της απόλυτης κλίμακας Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ).

Λαμπτήρες που η φωτεινή τους ακτινοβολία αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες χρώματος μικρότερες των  $3300^{\circ}\text{K}$  ονομάζονται «θερμοί» λαμπτήρες και το φάσμα τους είναι πλούσιο σε ερυθρές ακτινοβολίες.

Όσο αυξάνει η θερμοκρασία χρώματος, τόσο το φως του λαμπτήρα γίνεται λευκότερο (μέχρι τους  $5000^{\circ}\text{K}$  περίπου).

Λαμπτήρες που εκπέμπουν φωτεινή ακτινοβολία που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία χρώματος πάνω από  $5000^{\circ}\text{K}$  ονομάζονται «ψυχροί» λαμπτήρες και το φάσμα τους περιέχει μεγάλο ποσοστό κυανής ακτινοβολίας.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι θερμοκρασίες χρώματος μερικών πηγών φωτισμού.

**Πίνακας 1.5: Πηγές φωτισμού και θερμοκρασία χρώματος**

| Είδος φωτεινής πηγής               | Θερμοκρασία χρώματος σε $^{\circ}\text{K}$ |
|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Ηλιακό φως                         | 5800 - 6500                                |
| Σεληνόφως                          | 4100                                       |
| Λαμπτήρας προβολέα                 | 3000 - 3200                                |
| Λαμπτήρας πυράκτωσης με διπλό νήμα | 2700 - 2900                                |
| Λαμπτήρας πυράκτωσης με αέριο      | 2700                                       |
| Λαμπτήρας πυράκτωσης κενού         | 2500 - 2600                                |
| Κερί                               | 1900 - 1950                                |



## 2. Φωτομετρικά μεγέθη

**Φωτεινή ενέργεια  $Q$**  καλείται η ενέργεια που διαδίδεται στο χώρο από μια φωτεινή πηγή με τη μορφή ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μετρείται σε λουμενώρας (lm), που είναι μονάδες αντίστοιχες με τις βατώρες (Wh) της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η **Φωτομετρία** εξετάζει την φωτεινή ενέργεια που εκπέμπουν οι διάφορες φωτεινές πηγές.

**Φωτομετρικά μεγέθη καλούνται τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη Φωτομετρία.**

### ■ 2.1 Στερεά γωνία

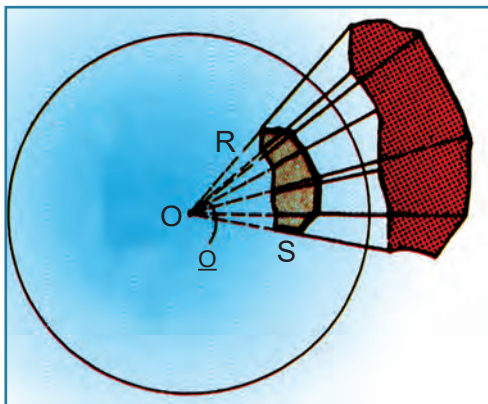
Ας θεωρήσουμε στο χώρο ένα σημείο  $O$  και μια κλειστή γραμμή τυχαιού σχήματος. Διάφορα σημεία αυτής της κλειστής γραμμής μπορούν να ενωθούν με ευθείες γραμμές με το σημείο  $O$ .

Το μέρος του χώρου που περικλείεται και περιορίζεται από αυτές τις ευθείες γραμμές ονομάζεται στερεά γωνία με κορυφή το σημείο  $O$ . Αν με κέντρο το σημείο  $O$  (κορυφή της στερεάς γωνίας) διαγράψουμε σφαίρα ακτίνας  $R$ , τότε ορίζεται μια επιφάνεια  $S$  στην επιφάνεια της σφαίρας.

Το μέτρο της αντίστοιχης στερεάς γωνίας που σχηματίστηκε είναι

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Από αυτή τη σχέση προκύπτει ότι η στερεά γωνία είναι αδιάστατος αριθμός.



**Σχήμα 2.1:**  
Απεικόνιση στερεάς γωνίας

Αν έχουμε σφαίρα ακτίνας  $R$  και μια κλειστή γραμμή που ορίζει στην επιφάνεια της σφαίρας εμβαδόν  $S = R^2$ , τότε το κέντρο της σφαίρας και διάφορα σημεία της κλειστής γραμμής ορίζουν μια στερεά γωνία, που έχει μέτρο 1 sterad.

---

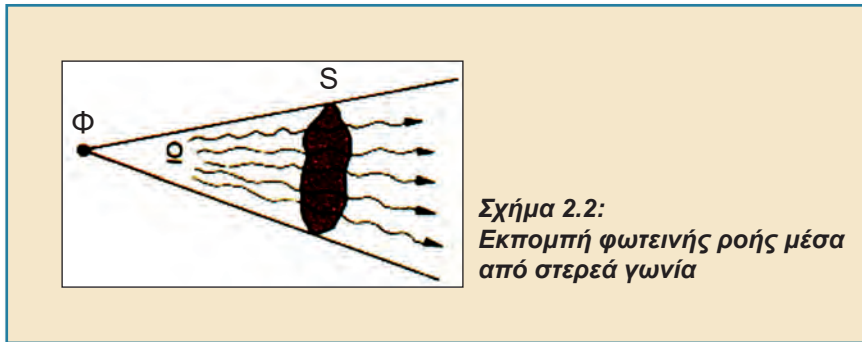
**Μονάδα της στερεάς γωνίας είναι το ένα στερεακτίνιο (1 sterad ή sr).**

---

Επειδή η συνολική επιφάνεια μιας σφαίρας είναι  $S = 4\pi R^2$ , η στερεά γωνία που ορίζεται από ολόκληρη τη σφαίρα αντιστοιχεί σε γωνία  $\Omega = 4\pi R^2 / R^2 = 4\pi$  [sterad]

## ■ 2.2 Φωτεινή ροή

Η μαθηματική έκφραση  $\Phi = dQ/dt$ , δηλαδή το πηλίκο της στοιχειώδους ενέργειας που εκπέμπει μια σημειακή φωτεινή πηγή σε στοιχειώδη χρόνο δια του χρόνου αυτού, εκφράζει το φωτομετρικό μέγεθος που ονομάζεται φωτεινή ροή ή φωτεινή ισχύς.

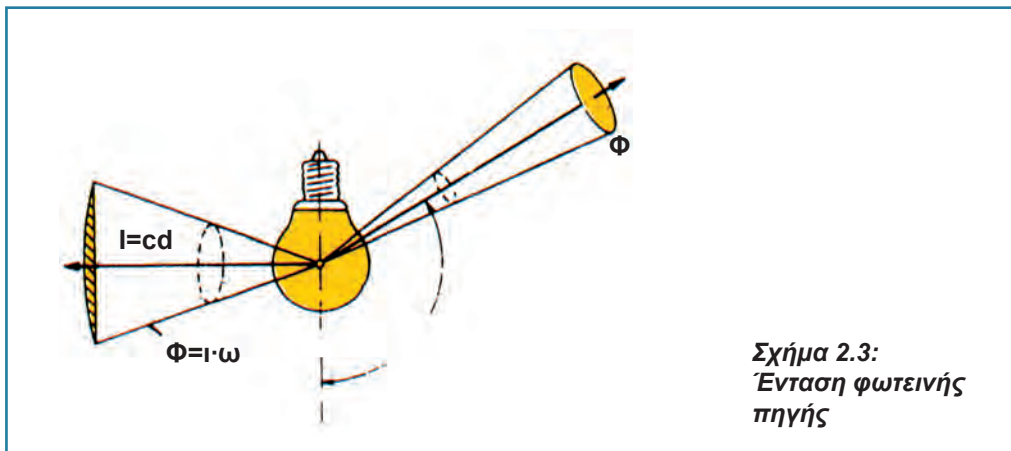


Όταν ο ρυθμός με τον οποίο εκπέμπεται η φωτεινή ενέργεια από την πηγή είναι σταθερός, η φωτεινή ροή είναι  $\Phi = Q / t$ . Η φωτεινή ροή που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο η πηγή εκπέμπει φωτεινή ενέργεια.

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το lumen (lm).

## ■ 2.3 Ένταση φωτεινής πηγής

Ορίζεται ως **ένταση I** μιας φωτεινής πηγής το πηλίκο της στοιχειώδους φωτεινής ροής  $d\Phi$  που εκπέμπεται στο εσωτερικό μιας στοιχειώδους στερεάς γωνίας  $d\omega$  προς τη στερεά αυτή γωνία. Δηλαδή,  $I = d\Phi/d\omega$ .



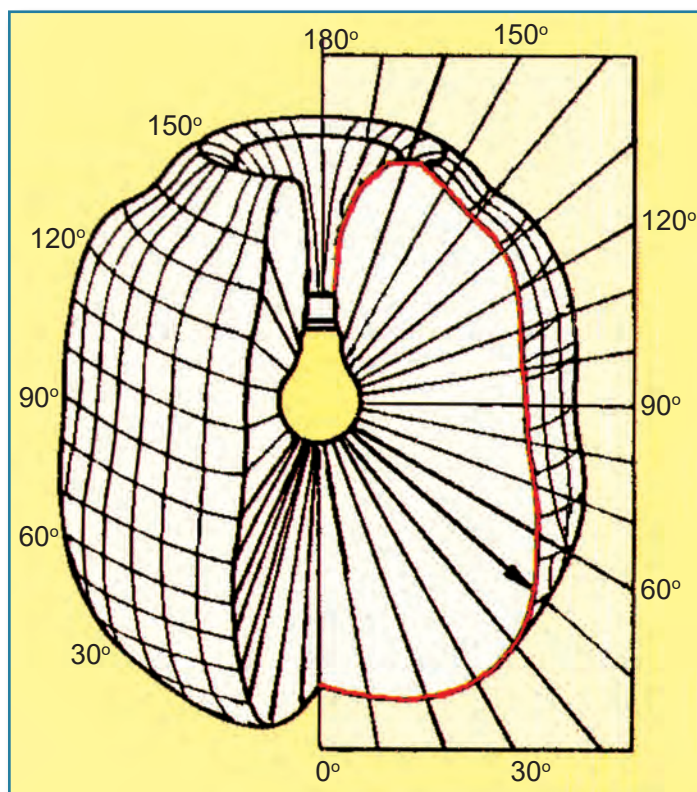
Εάν η ένταση της φωτεινής πηγής είναι η ίδια προς όλες τις κατευθύνσεις (ομοιόμορφη εκπομπή), τότε ισχύει  $I = \Phi/\omega$  ή  $\Phi = I \cdot \omega$ .

Μονάδα μέτρησης της έντασης μιας φωτεινής πηγής είναι η *candela* (cd)<sup>1</sup>.

$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / \text{sr} \text{ ή } 1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$$

Ένα lumen είναι η φωτεινή ροή που εκπέμπεται εντός στερεάς γωνίας ενός sterad από φωτεινή πηγή ομοιόμορφης ακτινοβολίας έντασης μιας candela<sup>2</sup>.

Στην πράξη, επειδή δεν υπάρχουν ιδανικές φωτεινές πηγές με ομοιόμορφη σφαιρική κατανομή του φωτός γύρω τους, η διανομή της φωτεινής έντασης στις διάφορες κατευθύνσεις δίνεται σε διάγραμμα πολικών συντεταγμένων με μορφή καμπύλης, η οποία ονομάζεται **καμπύλη φωτεινής έντασης** ή φωτομετρική καμπύλη ή πολικό διάγραμμα.



Σχήμα 2.4: Καμπύλη φωτεινής έντασης και φωτομετρικό στερεό

<sup>1</sup> Μια *candela* ισούται με το 1/60 της έντασης ενός τετραγωνικού εκατοστού από την επιφάνεια «μέλανος σώματος» που βρίσκεται σε θερμοκρασία 1773 °C (θερμοκρασία τήξης λευκόχρυσου), αν θεωρηθεί ότι η επιφάνεια ακτινοβολεί κάθετα.

<sup>2</sup> Αν μια σημειακή φωτεινή πηγή εκπέμπει ομοιόμορφα ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις, τότε η συνολικά εκπεμπόμενη φωτεινή ροή Φ<sub>ολ</sub> θα είναι η φωτεινή ροή που περνά από στερεά γωνία ω=4π [sterad], δηλαδή θα είναι:

$$\Phi_{\text{ολ}} = 4\pi I$$

Εάν η ένταση της σημειακής φωτεινής πηγής είναι  $I = 1 \text{ cd}$ , τότε από τη σχέση προκύπτει:

$$\Phi_{\text{ολ}} = 4\pi I = 4\pi [\text{sterad cd}] = 4\pi \text{ lumen} = 12,56 \text{ lumen}.$$

Όταν η φωτεινή πηγή παρουσιάζει διανομή της φωτεινής έντασης συμμετρική ως προς άξονα και έχει σε όλα τα επίπεδα την ίδια μορφή, τότε μπορεί να παρασταθεί με το μισό της μορφής της.

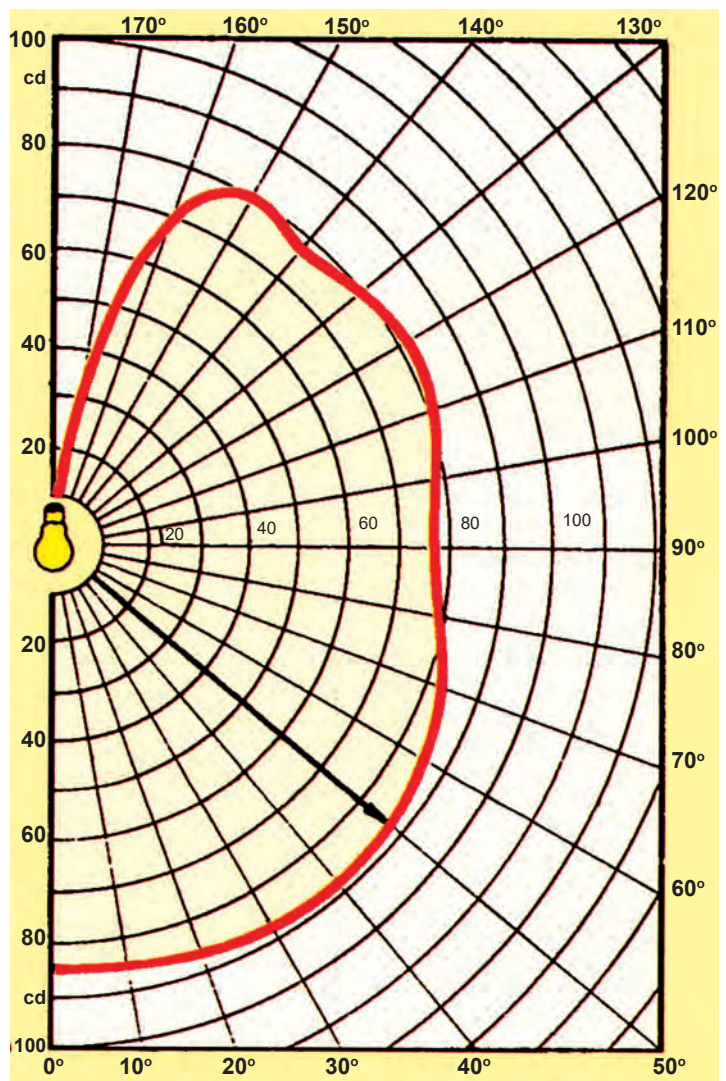
Επίσης, μπορεί να παρασταθεί με ένα στερεό συμμετρικό σώμα, που προκύπτει από την περιστροφή της καμπύλης έντασης φωτισμού του φωτιστικού σώματος γύρω από τον άξονα συμμετρίας του (φωτομετρικό στερεό). Καθένας από τους κύκλους, που συνιστούν το συμμετρικό σώμα αποτελεί το γεωμετρικό τόπο (σύνολο σημείων που έχουν την ίδια ιδιότητα) των κατευθύνσεων της ίδιας φωτεινής έντασης.

Από το παράδειγμα του λαμπτήρα του Σχήματος 2.5 και συγκεκριμένα από τις κατευθύνσεις διάδοσης του φωτός (σε μοίρες) με τα σημεία τομής της καμπύλης φωτεινής έντασης (παχιά γραμμή), παίρνουμε τις αντίστοιχες φωτεινές εντάσεις (με τη βοήθεια των κύκλων ίδιας φωτεινής έντασης):

- στην κατεύθυνση των  $40^\circ$  αντιστοιχεί  $I_{40} = 89 \text{ cd}$
- στην κατεύθυνση των  $90^\circ$  αντιστοιχεί  $I_{90} = 78 \text{ cd}$
- στην κατεύθυνση των  $180^\circ$  αντιστοιχεί  $I_{180} = 0 \text{ cd}$

Άρα η ευνοϊκότερη περίπτωση έντασης φωτισμού από το συγκεκριμένο λαμπτήρα του Σχήματος 2.5 βρίσκεται στην κατεύθυνση μεταξύ  $30^\circ$  και  $50^\circ$  και η χειρότερη στις  $180^\circ$  (πάνω από το λαμπτήρα).

Κάθε καμπύλη φωτεινής έντασης αναφέρεται συνήθως σε λαμπτήρα φωτεινής ροής  $1000 \text{ lm}$ , οπότε για την εύρεση της έντασης κάθε λαμπτήρα πολλαπλασιάζουμε την τιμή του διαγράμματος με τον κατάλληλο συντελεστή. Για παράδειγμα, αν μελετάμε φωτιστικό σώμα λαμπτήρα υδραργύρου υψηλής πίεσης φωτεινής ροής  $13500 \text{ lm}$ , οι τιμές της φωτεινής έντασης που λαμβάνονται από το πολικό διάγραμμα θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή  $13,5$  ( $13500 / 1000 = 13,5$ ).



**Σχήμα 2.5: Καμπύλη φωτεινής έντασης λαμπτήρα πυράκτωσης**

## ■ 2.4 Φωτισμός επιφάνειας (Illuminance)

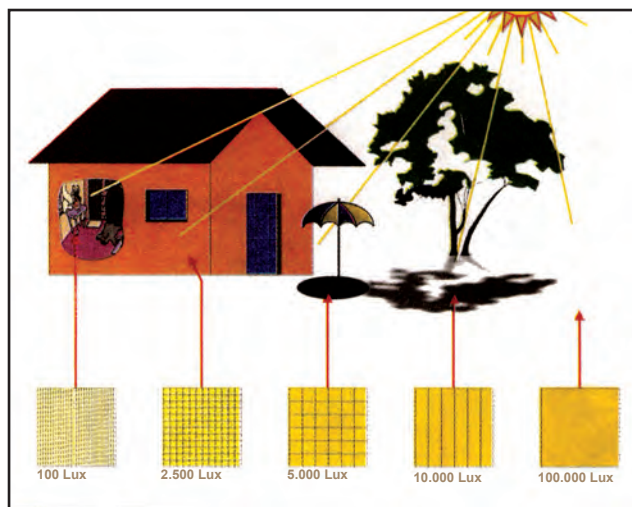
Ένα σώμα που δεν είναι αυτόφωτο, θεωρούμε ότι «φωτίζεται», όταν πάνω του προσπίπτει φωτεινή ροή. Το ποσό της φωτεινής ροής σε μια επιφάνεια, σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, καθορίζει το βαθμό δυσκολίας ή ευκολίας για να διακρίνουμε το σώμα αυτό.

Αν θεωρήσουμε στοιχειώδη επιφάνεια εμβαδού  $dS$  πάνω στην οποία προσπίπτει κάθετα ποσότητα στοιχειώδους φωτεινής ροής  $d\Phi$ , τότε καλούμε φωτισμό  $E$  της επιφάνειας το πηλίκο  $d\Phi/dS$ , δηλαδή:

$$E = d\Phi/dS$$

Μονάδα μέτρησης του φωτισμού είναι το Lux

$$E = 1\text{lm}/1\text{m}^2 = 1 \text{ Lux}$$



Σχήμα 2.6: Φωτισμός επιφανειών με ηλιακό φως

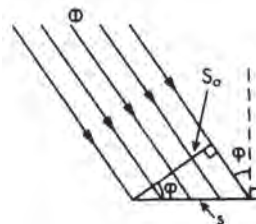
<sup>3</sup> Η μέτρηση της ποσότητας φωτισμού  $E$  μιας επιφάνειας γίνεται με τα λουξόμετρα. Αυτά αποτελούνται από ένα φωτοστοιχείο που συνδέεται με ένα μιλιβολτόμετρο. Το μέγεθος της αναπτυσσόμενης ΗΕΔ στα άκρα του φωτοστοιχείου και επομένως η ένδειξη του μιλιβολτόμετρου εξαρτώνται από την ποσότητα φωτός που προσπίπτει στο φωτοστοιχείο. Τα λουξόμετρα δεν φέρουν ηλεκτρική πηγή και διαφέρουν από τα φωτόμετρα που φέρουν ηλεκτρική πηγή και γαλβανόμετρο και χρησιμοποιούνται στον κινηματογράφο, την τηλεόραση και τα συστήματα προστασίας.

### 2.4.1. Φωτισμός επιφάνειας υπό γωνία

Όταν η φωτεινή ροή  $\Phi$  προσπίπτει υπό γωνία  $\phi$  στην επιφάνεια  $S$  (σχήμα 2.7α) ο ίδιος αριθμός φωτονίων που πέφτουν επάνω σ' αυτή θα πέφτουν επάνω και σε μια επιφάνεια  $S_0$  η οποία είναι κάθετος στη  $\Phi$ . Οι επιφάνειες  $S$  και  $S_0$  συνδέονται με τη σχέση:

$$S_0 = S \sin \phi \Rightarrow S = \frac{S_0}{\sin \phi}$$

Από την σχέση αυτή προκύπτει ότι χρειαζόμαστε μεγαλύτερη επιφάνεια για να συλλέξουμε τον ίδιο αριθμό φωτονίων για δεδομένη φωτεινή ροή  $\Phi$  όταν αυτή πέφτει υπό γωνία.



Σχήμα 2.7α: Φωτισμός επιφάνειας υπό γωνία

Η ένταση φωτισμού στην κάθετη στη φωτεινή ροή  $\Phi$  επιφάνεια  $S_0$  είναι:

$$E_0 = \frac{\Phi}{S_0}$$

Η ένταση φωτισμού στην επιφάνεια  $S$  είναι:  $E = \frac{\Phi}{S}$ , όπου η  $S$  είναι μεγαλύτερη της  $S_0$ .

Από τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει ότι η ένταση φωτισμού στην επιφάνεια  $S$  είναι:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\Phi}{\frac{S_0}{\sin \phi}} = \frac{\Phi}{S_0} \sin \phi = E_0 \sin \phi$$

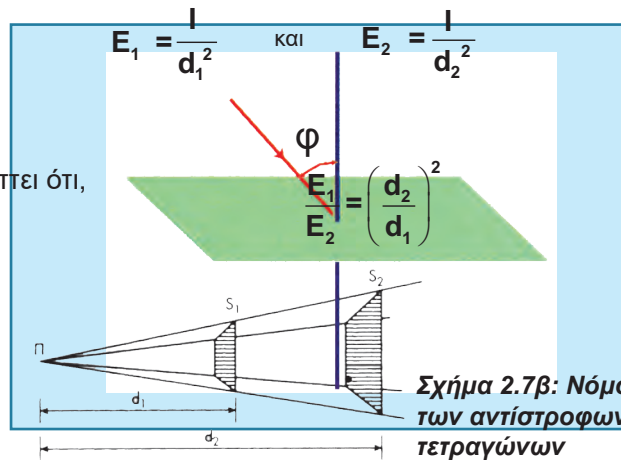
Προκύπτει, δηλαδή, ότι η γωνία πρόσπτωσης των φωτονίων  $\phi$  μειώνει την ένταση φωτισμού<sup>3</sup>, από  $E_0$  σε  $E_0 \sin \phi$  ( $\sin \phi \leq 1$ ). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια (από  $S_0$  σε  $\frac{S_0}{\sin \phi}$ ) για να υποδεχθεί τα φωτόνια ή αλλιώς ότι στην κεκλιμένη επιφάνεια μειώνεται η πυκνότητα των φωτονίων (φωτόνια ανά μονάδα επιφάνειας).

## ■ 2.5 Νόμοι της φωτομετρίας

### Νόμος των αντίστροφων τετραγώνων

Όταν η ένταση ακτινοβολίας μιας σημειακής φωτεινής πηγής είναι  $I$ , ο φωτισμός τον οποίο αυτή προκαλεί σε επιφάνεια  $S_1$ , κάθετη στη διεύθυνση των ακτίνων, η οποία βρίσκεται σε απόσταση  $d$  από την πηγή προσδιορίζεται από την σχέση:  $E = \frac{I}{d^2}$

Στο σχήμα 2.7β οι επιφάνειες  $S_1$  και  $S_2$  είναι κάθετες στη διεύθυνση των ακτίνων και καλύπτουν την ίδια στερεά γωνία της σημειακής φωτεινής πηγής  $\Pi$  ευρισκόμενες σε απόσταση  $d_1$  και  $d_2$  αντίστοιχα. Ο αντίστοιχος φωτισμός των επιφανειών είναι:



### Νόμος του συνημιτόνου

Ο φωτισμός που προκαλεί μια σημειακή φωτεινή πηγή σ' ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι ανάλογος με την ένταση της φωτεινής πηγής, ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες στη στοιχειώδη επιφάνεια και αντιστρόφως ανάλογος με το τετράγωνο της απόστασης της φωτεινής πηγής από το φωτιζόμενο σημείο.

$$E = \frac{I \cdot \cos \varphi}{R^2}$$

## ■ 2.6 Λαμπρότητα (Luminance)

Η λαμπρότητα είναι βασικό μέγεθος της φωτοτεχνίας, γιατί προκαλεί στο ανθρώπινο μάτι το αίσθημα της φωτεινότητας των διαφόρων αντικειμένων. Τα διάφορα αντικείμενα διακρίνονται από τη λαμπρότητα με την οποία ακτινοβολούν το φως προς την κατεύθυνση του παρατηρητή.

Δεν έχει καμιά σημασία αν η επιφάνεια εκπέμπει φως (δηλαδή είναι αυτόφωτη) ή δέχεται ακτινοβολία (είναι ετερόφωτη).

Ιδανικές σημειακές φωτεινές πηγές δεν υπάρχουν. Στην πράξη, οι φωτεινές πηγές έχουν διαστάσεις και η φωτεινή ενέργεια εκπέμπεται από συγκεκριμένη επιφάνεια. Αν παρατηρήσουμε δύο μη σημειακές φωτεινές πηγές διαφορετικών διαστάσεων αλλά ίδιας φωτεινής έντασης  $I$ , τότε έχουμε την εντύπωση ότι η πηγή με τις μικρότερες διαστάσεις είναι «λαμπρότερη» από την άλλη.

Με δεδομένο ότι η ένταση δεν αποτελεί μοναδικό κριτήριο για τη σύγκριση φωτεινών πηγών, καθορίστηκε ένα μέγεθος χαρακτηριστικό της επιφάνειας που φωτοβολεί, το οποίο ονομάζεται λαμπρότητα και συμβολίζεται με το  $L$  (Luminance).

Αν η επιφάνεια παρατηρηθεί με τρόπο ώστε η διεύθυνση της όρασης να είναι κάθετη στην επιφάνεια, ως λαμπρότητα ορίζεται το πηλίκο:

$$L = \frac{I}{S}$$

όπου  $I$  είναι η ένταση της φωτεινής πηγής και  $S$  η επιφάνειά της.

Η λαμπρότητα μιας επιφάνειας σπάνια είναι ομοιογενής, γι' αυτό η παραπάνω σχέση δίνει τη «μέση λαμπρότητα» της επιφάνειας.

**Μονάδα λαμπρότητας είναι το  $1 \text{ Nit} = 1 \text{ cd/m}^2$**

Αν όμως η διεύθυνση της όρασης σχηματίζει με την κάθετο στην επιφάνεια γωνία  $\varphi$  τότε η λαμπρότητα δίνεται από τη σχέση:

$$L_{\varphi} = \frac{I_{\varphi}}{S \sin \varphi} \quad (\text{με } \varphi \neq 90^{\circ})$$

Η σχέση αυτή αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του νόμου του **Lambert**, σύμφωνα με τον οποίο:

**Το μέγεθος της λαμπρότητας μιας επιφάνειας εξαρτάται από τη διεύθυνση παρατήρησης.**

Υψηλές τιμές λαμπρότητας προκαλούν ανεπιθύμητο φαινόμενο της θάμβωσης, που επηρεάζει την ικανότητα της όρασης.

**Πίνακας 2.1: Τιμές μέσης λαμπρότητας φωτεινών πηγών.**

| Είδος πηγής                                | Λαμπρότητα σε $\text{cd/cm}^2$ |
|--------------------------------------------|--------------------------------|
| • Μεσημεριανός ήλιος                       | 150000                         |
| • Λαμπτήρας πυράκτωσης διαφανή κώδωνα      | 200 - 2000                     |
| • Λαμπτήρας ατμών Νατρίου                  | 10 - 14                        |
| • Λαμπτήρας ατμών Υδραργύρου υψηλής πίεσης | 4 - 25                         |
| • Λαμπτήρας πυράκτωσης με ματ κώδωνα       | 1 - 5                          |
| • Φλόγα κεριού                             | 0,7                            |
| • Λαμπτήρας φθορισμού                      | 0,35 - 0,75                    |
| • Σελήνη                                   | 0,25                           |

## ■ 2.7 Φωτιστική απόδοση λαμπτήρων

Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτεινή ενέργεια. Το ποσό της φωτεινής ροής  $\Phi$  το οποίο αποδίδεται από κάποιον λαμπτήρα για κάθε watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος  $P$  καλείται απόδοση  $\alpha$  του λαμπτήρα και εκφράζεται σε lumen / watt.

**Επομένως:  $\alpha = \Phi / P$**

Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν καλύτερο συντελεστή απόδοσης από τους συνηθισμένους λαμπτήρες πυράκτωσης, δηλαδή μπορούμε να έχουμε το ίδιο φως με λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η οικονομία σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση κατάλληλων λαμπτήρων φθορισμού, αντί για τους κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης, συχνά φθάνει έως και το 85%.

### Παράδειγμα υπολογισμού συντελεστή απόδοσης:

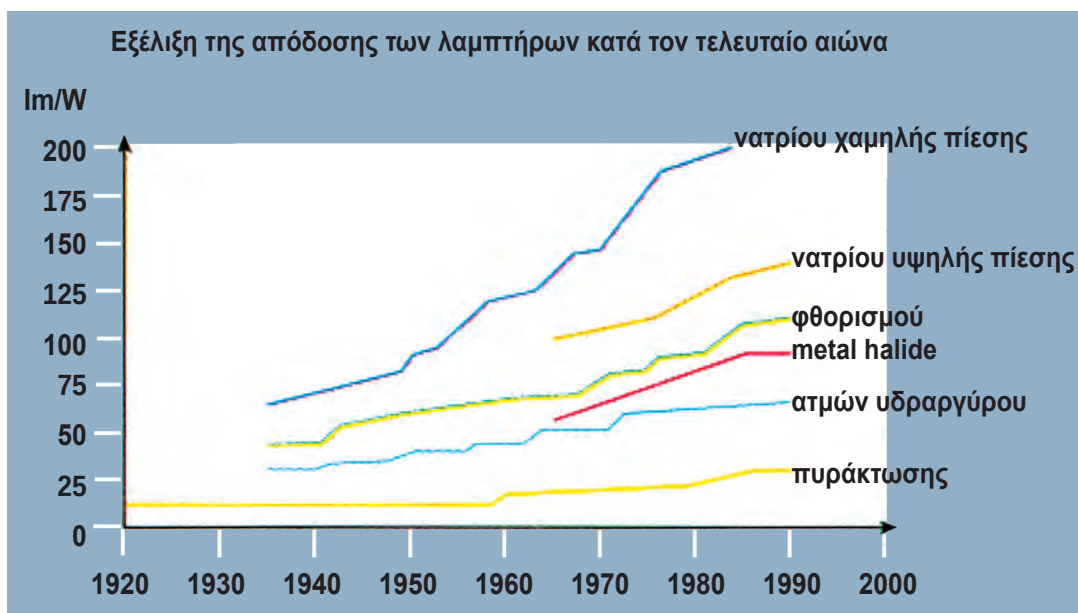
Λαμπτήρας υδραργύρου υψηλής πίεσης ισχύος 250 W, αποδίδει φωτεινή ροή 13500 lm. Για τη λειτουργία του χρησιμοποιείται και στραγγαλιστικό πηνίο, που παρουσιάζει απώλειες 20 W.

**Ζητείται να υπολογιστούν:**

- α)** η απόδοση του λαμπτήρα (μόνο) και
- β)** η απόδοση του συστήματος.

**Επίλυση:**

- α)** Η απόδοση του λαμπτήρα θα ισούται με:  
 $13500 \text{ lm} / 250 \text{ W} = 54 \text{ lm} / \text{W}$
- β)** Η απόδοση του συστήματος θα ισούται με:  
 $13500 \text{ lm} / 250 + 20 \text{ W} = 50 \text{ lm} / \text{W}$



Σχήμα 2.8: Εξέλιξη της απόδοσης των λαμπτήρων κατά τον τελευταίο αιώνα.

## ■ 2.8 Τυπολόγιο Φωτομετρίας

Ο Πίνακας 2.2 δίνει τις σημαντικότερες σχέσεις της φωτομετρίας.

| Μέγεθος                                                   | Τύπος                             | Μονάδες                  |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Μέτρο στερεάς γωνίας                                      | $\Omega = S / R^2$                | Sterad ή sr              |
| Ένταση φωτεινής σημειακής πηγής<br>(ομοιόμορφη εκπομπή)   | $I = \Phi / \omega$               | candela ή cd             |
| Ολική φωτεινή ροή σημειακής πηγής<br>(ομοιόμορφη εκπομπή) | $\Phi_{ολ} = 4\pi I$              | lumen ή lm               |
| Φωτισμός επιφάνειας<br>από παράλληλη δέσμη                | $E = \Phi \text{ συν}\varphi / S$ | Lux ή lm/m <sup>2</sup>  |
| Φωτισμός στοιχειώδους επιφάνειας<br>από σημειακή πηγή     | $E = I \text{ συν}\varphi / R^2$  | Lux ή cd/ m <sup>2</sup> |
| Λαμπρότητα επιφάνειας                                     | $L = I / S \text{ συν}\varphi$    | cd / m <sup>2</sup>      |
| Απόδοση φωτεινής πηγής                                    | $\alpha = \Phi / P$               | lumen /watt              |

Πίνακας 2.2: Σχέσεις φωτομετρίας



## 3. Τεχνητές φωτεινές πηγές (λαμπτήρες)

### ■ 3.1 Κριτήρια επιλογής

**Η**δη από το 1925 είχε διατυπωθεί ο ορισμός του καλού φωτισμού: «Λέμε ότι ο *φωτισμός είναι καλός*, όταν τα μάτια μας μπορούν να διακρίνουν *καθαρά και ευχάριστα* τα αντικείμενα γύρω μας». Ο ορισμός αυτός εξακολουθεί βασικά να ισχύει ακόμη και σήμερα με μια μικρή τροποποίηση: «ο φωτισμός πρέπει να είναι *λειτουργικός και ευχάριστος*».

Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή επιλογή του λαμπτήρα, αφού κάθε λαμπτήρας είναι κατασκευασμένος για να καλύπτει και διαφορετικές ανάγκες. Για την επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα λαμβάνονται υπόψη μια σειρά από κριτήρια που μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω 4 κατηγορίες:

1. Φωτοτεχνικά κριτήρια
2. Οικονομοτεχνικά κριτήρια
3. Τεχνικά κριτήρια
4. Οικολογικά - Περιβαλλοντικά κριτήρια

#### Φωτοτεχνικά κριτήρια

- **Θερμοκρασία χρώματος (Tc)**

Προσδιορίζει την απόχρωση του φωτός και μετριέται σε βαθμούς Kelvin (°K).

Θερμοκρασία χρώματος:

- ✓ μικρότερη από 3300 °K δίνει θερμή εντύπωση,
- ✓ μεταξύ 3300 - 5000 °K δίνει δευτερή λευκή εντύπωση και
- ✓ μεγαλύτερη από 5000 °K δίνει ψυχρή εντύπωση.

- **Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (Ra)**

Προσδιορίζει το βαθμό πιστότητας στην απόδοση των χρωμάτων σε σχέση με την απόδοσή τους, όταν φωτίζονται από πρότυπη φωτεινή πηγή. Πρότυπες φωτεινές πηγές με δείκτη χρωματικής απόδοσης 100 θεωρούνται:

- ✓ ο ήλιος (φυσική φωτεινή πηγή) και
  - ✓ ο λαμπτήρας πυράκτωσης (τεχνητή φωτεινή πηγή).
- Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης έχει ιδιαίτερη σημασία στους λαμπτήρες φθορισμού και στις τιμές:
- ✓ 90 - 100 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων εξαιρετική,
  - ✓ 80 - 90 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων καλή
  - ✓ 50 - 80 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων κακή.

### **Οικονομοτεχνικά κριτήρια**

- **Απόδοση του λαμπτήρα**

Εκφράζει την ποσότητα της φωτεινής ροής που αποδίδει ο λαμπτήρας σε σχέση με την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει.

Π.χ απόδοση λαμπτήρα πυράκτωσης 15 lm / W

- **Χρόνος ζωής του λαμπτήρα**

Αναφέρεται στην αναμενόμενη χρονική διάρκεια ζωής του λαμπτήρα και μετριέται σε ώρες.

Συχνά αναφέρονται και οι όροι:

**Μέσος χρόνος ζωής**, που είναι ο χρόνος μέσα στον οποίο το 50% τουλάχιστον των υπό δοκιμή λαμπτήρων παραμένει σε λειτουργία.

**Οικονομικός χρόνος ζωής**, που είναι ο χρόνος μέσα στον οποίο ο λαμπτήρας διατηρεί το 80% τουλάχιστον της ονομαστικής φωτεινής ροής του.

### **Τεχνικά κριτήρια**

- **Θέση λειτουργίας**

Προσδιορίζει τη θέση του λαμπτήρα κατά την διάρκεια της λειτουργίας του και μετριέται σε μοίρες (°) από τον οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα. Υπάρχει συγκεκριμένη θέση λειτουργίας για κάθε ομάδα λαμπτήρων και πρέπει να ακολουθείται για να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία και η βέλτιστη απόδοση του λαμπτήρα.

- **Συνθήκες λειτουργίας ή θερμοκρασία περιβάλλοντος**

Προσδιορίζει τα όρια της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου του λαμπτήρα, μέσα στα οποία εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη έναυση και λειτουργία του λαμπτήρα. Μετριέται σε βαθμούς της κλίμακας Κελσίου.

- **Τάση λειτουργίας**

Προσδιορίζει την περιοχή τάσης του δικτύου με την οποία τροφοδοτείται ο λαμπτήρας ή τα όργανα έναυσης και λειτουργίας του λαμπτήρα, ανάλογα με τον τύπο του, για την εξασφάλιση της κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα. Μετριέται σε volt.

- **Διαστάσεις του λαμπτήρα**

Όπως αυτές αναγράφονται για τον κάθε λαμπτήρα.

- **Κάλυκας - λυχνιολαβή**

Όπως αυτές αναγράφονται για τον κάθε λαμπτήρα.

### Οικολογικά - Περιβαλλοντικά κριτήρια

- **Περιεκτικότητα πιθανών βλαβερών ουσιών για το περιβάλλον**

Αναφέρεται στην περιεκτικότητα, ή μη, υλικών που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του λαμπτήρα και που ταυτόχρονα μπορεί να είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον<sup>4</sup>.

- **Εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας**

Αναφέρεται στην εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από

το λαμπτήρα. Υπάρχει σχετική οδηγία από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την υποχρεωτική ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας των λαμπτήρων. Η ένδειξη αυτή, που υπάρχει στη συσκευασία των λαμπτήρων (**ENERGY EFFICIENCY LABEL**), ενημερώνει τον καταναλωτή για το πόση εξοικονόμηση ενέργειας εξασφαλίζεται από το συγκεκριμένο λαμπτήρα.

Η ένδειξη αυτή περιλαμβάνει επτά (7) κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας: A, B, C, D, E, F, G.

Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο λαμπτήρας στην κατηγορία A, τόσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνει.

Για παράδειγμα, οι λαμπτήρες τύπου PL κατατάσσονται στην κατηγορία A, ενώ οι κοινοί λαμπτήρες πυράκτωσης κατατάσσονται στην κατηγορία F ή G.

Οι λαμπτήρες διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της φωτεινής ακτινοβολίας την οποία εκπέμπουν. Πρακτικά, έχουμε δύο κύρια είδη λαμπτήρων:

α) **πυράκτωσης** και β) **εκκένωσης**.

## ■ 3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης

Είναι ο παλιότερος τύπος ηλεκτρικής πηγής φωτός, ο οποίος παραμένει ακόμη σε ευρεία χρήση. Οι πρώτοι λαμπτήρες κατασκευάστηκαν από τον Τόμας Έντισον το 1891. Δίνουν ευχάριστο, θερμό λευκό φως, επειδή έχουν θερμοκρασία χρώματος 2800 °K. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων αυτών είναι σχεδόν 100, δηλαδή αποδίδουν τα χρώματα με άριστη ποιότητα. Δεν απαιτούν για τη λειτουργία τους καμία βοηθητική συσκευή.

Οι λαμπτήρες αυτοί στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της θέρμανσης μεταλλικού νήματος, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, σύμφωνα με το φαινόμενο Joule. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και ακτινοβολία φωτός, εντός του ορατού φάσματος.

Από την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ο λαμπτήρας πυράκτωσης μετατρέπει σε φωτεινή ενέργεια μικρό μόνο ποσοστό, με αποτέλεσμα η φωτιστική απόδοση του λαμπτήρα να είναι περίπου 15 lm/W.

Παρατηρήθηκε ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νήματος τόσο υψηλότερος είναι και ο βαθμός απόδοσης του λαμπτήρα. Όμως, η υψηλή θερμοκρασία του νήματος προκαλεί την εξάχνωσή του με απο-

<sup>4</sup>Με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης COM 2001-316, προτείνεται τα κράτη-μέλη να διασφαλίσουν ότι ο νέος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θα τίθεται σε εμπορική κυκλοφορία μετά την 1/1/2006 δε θα περιέχει μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, ασθενές χρώμιο κ.λπ..

τέλεσμα τη γρήγορη καταστροφή του. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του νήματος είναι το τουγκστένιο, επειδή έχει υψηλό σημείο τήξεως και απαιτείται σχετικά μεγάλο έργο για την εξαγωγή των ηλεκτρονίων του.

Αρχικά, επικράτησε η άποψη ότι ο κώδωνας του λαμπτήρα πρέπει να είναι κενός, για να αποφεύγεται το φαινόμενο της οξειδωσης του νήματος στις υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες εργάζεται. Αργότερα, διαπιστώθηκε ότι είναι προτιμότερο ο κώδωνας να περιέχει αδρανές αέριο υπό πίεση, για να περιορίζεται η διαφυγή ηλεκτρονίων από το νήμα και να αυξάνεται ο χρόνος ζωής του.

Σε κάθε περίπτωση όμως, η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης είναι μειωμένη, γιατί το νήμα τους συνεχώς αδυνατίζει ώσπου να λιώσει ή να κοπεί.

Οι λαμπτήρες έχουν μικρό κόστος, χαμηλή απόδοση, μεγάλο πεδίο εφαρμογών σε εσωτερικούς κυρίως χώρους και είναι γνωστοί στο ευρύ κοινό. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε διάφορους τύπους, όπως κανονικοί κώδωνες, λαμπτήρες κεριά, λαμπτήρες με καθρέφτη, διακοσμητικοί λαμπτήρες, με ισχύ από 25 - 200 W.

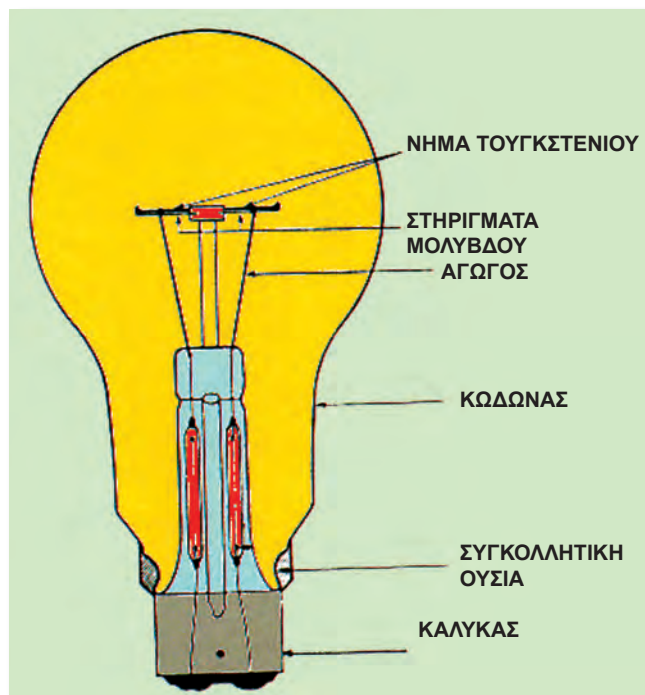
Η παραγόμενη φωτεινή ροή είναι 200 - 2500 lm.

Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες.

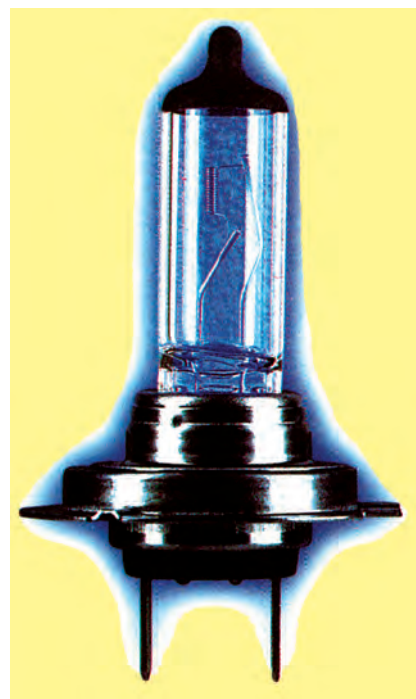
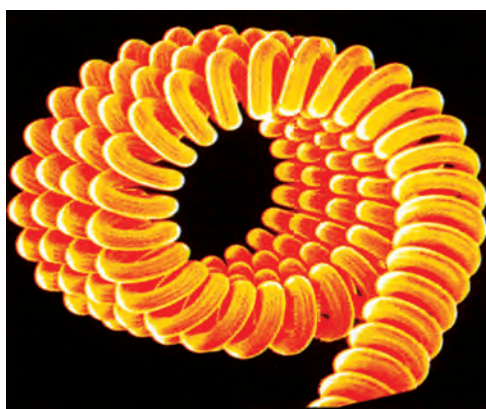
### 3.2.1 Κατασκευαστικά μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης

Τα κυριότερα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας λαμπτήρας πυράκτωσης είναι το νήμα, τα στηρίγματα νήματος, ο κώδωνας, το αέριο και ο κάλυκας.

**1. Το νήμα** κατασκευάζεται από το υλικό τουγκστένιο και έχει διάμετρο της τάξης των 10 μm, όση περίπου μια ανθρώπινη τρίχα. Παράγεται σε τρεις μορφές, την ευθύγραμμη, την ελικοειδή και τη μορφή της διπλής ελικοειδούς περιέλιξης. Με την ελικοειδή και τη διπλή ελικοειδή περιέλιξη, αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης του λαμπτήρα, μειώνεται το μέγεθος του νήματος, απλουστεύεται η στήριξη του νήματος καθώς και η γενικότερη κατασκευή του λαμπτήρα. Επίσης, τέτοιας κατασκευής νήμα παρουσιάζει μικρότερη ενεργή επιφάνεια προς το αέριο το οποίο περιέχει ο κώδωνας. Η τροφοδοσία του νήματος με ρεύμα γίνεται μέσω κατάλληλων αγωγών, που καλούνται αγωγοί προσαγωγής.



**Σχήμα 3.1:**  
Λαμπτήρας πυράκτωσης  
και τα μέρη που τον αποτελούν



**2. Τα στηρίγματα νήματος.** Γενικά κατασκευάζονται από μεγάλης καθαρότητας μολυβδένιο, το οποίο είναι χημικά αδρανές με το τουνγκστένιο.

**3. Ο κώδωνας.** Περιέχει το νήμα και εμποδίζει το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα να το οξειδώσει και να το καταστρέψει. Οι λαμπτήρες μεγάλης ισχύος κατασκευάζονται από διαφανή κώδωνα ενώ οι μικρότερης ισχύος από θαμπό κώδωνα ή από γυαλί με προσμίξεις πυριτίου. Αν το αέριο πλήρωσης είναι το στοιχείο κρυπτό, ο κώδωνας είναι ιδιαίτερα μικρών διαστάσεων.

**4. Το αέριο.** Για την πρόληψη της πρόωρης εξάχνωσης (μετατροπή του στερεού σε αέριο) του νήματος, οι περισσότεροι τύποι λαμπτήρων πυράκτωσης άνω των 40W πληρούνται με αέριο. Έτσι, το νήμα μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της απόδοσης του λαμπτήρα. Το αέριο που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το αργό ή το άζωτο ή μίγμα αργού με άζωτο σε αναλογία 90 / 10. Όσο αυξάνεται η πίεση του αερίου, τόσο περιορίζεται η εξάχνωση του νήματος. Το αέριο βρίσκεται σε πίεση 0,9 ατμοσφαιρών, όταν το νήμα δε διαρρέεται από ρεύμα, και περίπου 1,5 ατμοσφαιρών, όταν ο λαμπτήρας βρίσκεται σε λειτουργία. Τα τελευταία χρόνια, το φαινόμενο της εξάχνωσης περιορίστηκε με τη χρήση των αλογόνων στοιχείων (χλώριο, ιώδιο και βρώμιο). Μέσα στον κώδωνα του λαμπτήρα τοποθετείται συνήθως μικρή ποσότητα ατμών ιωδίου, η οποία σχηματίζει χημική αντίδραση με τα στοι-

**Σχήμα 3.2:**  
Διάφορες μορφές νημάτων  
λαμπτήρων πυράκτωσης

χεία της εξάχνωσης του τουνγκστενίου. Το προϊόν της χημικής αντίδρασης καλείται αλογονίδιο του τουνγκστενίου και επικάθεται στο νήμα του λαμπτήρα. Εκεί, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας διασπάται σε αλογόνο και τουνγκστένιο, το οποίο και αποθέτει πάνω στο νήμα. Το αλογόνο συμμετέχει σε νέο κύκλο αντίδρασης. Με τον τρόπο αυτό, στο νήμα επανέρχεται ποσότητα τουνγκστενίου και η συνολική εξάχνωση αυτού περιορίζεται. Επίσης, περιορίζεται στο ελάχιστο

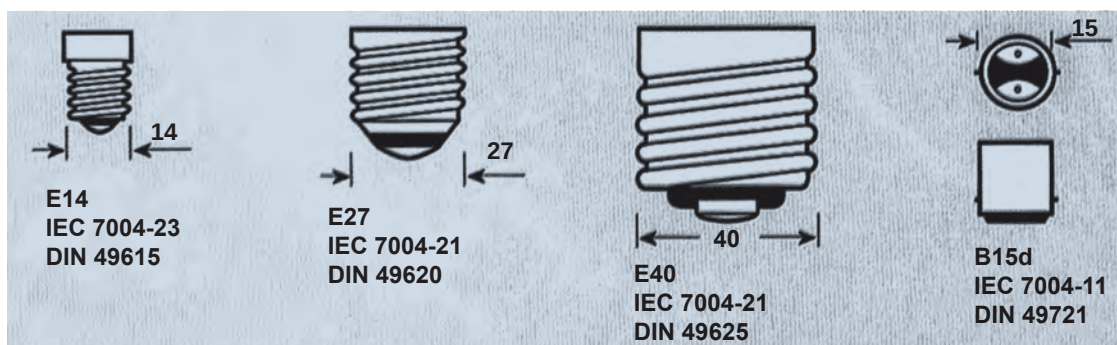
το φαινόμενο αμαύρωσης του λαμπτήρα, ακόμη και αν είναι μικρών διαστάσεων. Οι λαμπτήρες που λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται «λαμπτήρες ιωδίνης» και, επειδή το νήμα τους λειτουργεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες, έχουν και καλύτερο βαθμό απόδοσης. Παρουσιάζουν χρόνο ζωής 2000 ώρες, χρόνο περίπου διπλάσιο από ένα κοινό λαμπτήρα πυράκτωσης. Κατασκευάζονται σε ελάχιστες διαστάσεις και παρέχουν σταθερή φωτεινή ροή.

**5. Ο κάλυκας.** Οι λαμπτήρες πυράκτωσης λειτουργούν ή στο κενό ή στην ατμόσφαιρα κάποιου αδρανούς αερίου. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η απομόνωση του νήματος από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αυτό πετυχαίνεται με την αεροστεγή επαφή του γυάλινου κώδωνα με το μεταλλικό κάλυκα (βάση στήριξης) του λαμπτήρα. Οι κάλυκες κατασκευάζονται σε τυποποιημένες διαστάσεις ύψους και διαμέτρου, τηρώντας διεθνείς προδιαγραφές.

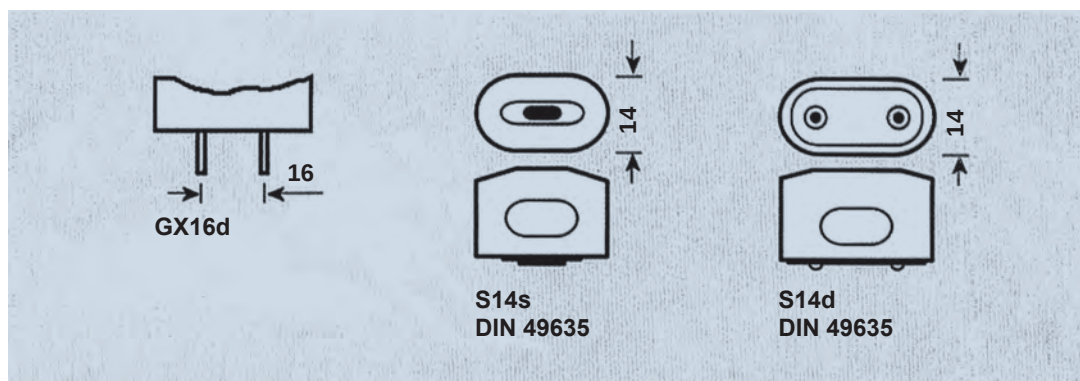
Οι δυο συνήθεις τύποι είναι ο βιδωτός, που βιδώνεται στη λυχνιολαβή (ντουί), και ο μπαγιονέτ, που στηρίζεται στη λυχνιολαβή με τη βοήθεια δύο προεξοχών. Ο πρώτος τύπος χαρακτηρίζεται με το γράμμα E (Edisson) και ο δεύτερος με το γράμμα B (Baïonnette). Τα γράμματα E και B ακολουθούνται από αριθμό που χαρακτηρίζει τη διάμετρο του κάλυκα σε χιλιοστά. Και οι δύο τύποι κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι:

| Βιδωτός τύπος (Edisson ) | Τύπος μπαγιονέτ (Baïonnette) |
|--------------------------|------------------------------|
| E10                      | B15                          |
| E14                      | B22                          |
| E27                      |                              |
| E40                      |                              |

Οι κάλυκες στερεώνονται στον γυάλινο κώδωνα με τη χρήση ειδικής συγκολλητικής ουσίας.



Σχήμα 3.3: Διάφοροι τύποι από κάλυκες



Σχήμα 3.3: Διάφοροι τύποι από κάλυκες

### 3.2.2 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης

#### Κοινοί λαμπτήρες, διαφανείς

Οι κοινοί λαμπτήρες δίνουν ευχάριστο φως και χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακό φωτισμό. Διατίθενται με κάλυκα βιδωτό E27 ή μπαγιονέτ B22.

#### Λαμπτήρες κεριά

Διακρίνονται σε κεριά μινιόν ματ και μινιόν διαφανή. Τα ματ κεριά δίνουν απαλό φως και τα διαφανή λαμπερό. Και οι δύο τύποι είναι κατάλληλοι για διακοσμητικό φωτισμό σε ποικίλους χώρους, όπως σε κατοικίες, ξενοδοχεία, εστιατόρια και ειδικά σε φωτιστικά σώματα τύπου πολυελαίου.



Σχήμα 3.5: Λαμπτήρες κεριά



Σχήμα 3.4: Κοινοί λαμπτήρες πυράκτωσης



Σχήμα 3.6: Σφαιρικός λαμπτήρας

#### Λαμπτήρες σφαιρικοί

Διατίθενται στην αγορά σε κανονικό και σε μινιόν κάλυκα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για διακοσμητικό φωτισμό.



#### **Λαμπτήρες Argenta**

Οι λαμπτήρες τύπου Argenta δίνουν ευχάριστο φως που διαχέεται ομοιόμορφα, δημιουργώντας άνετη και όμορφη ατμόσφαιρα.

Σχήμα 3.7: Λαμπτήρας τύπου Argenta

#### **Λαμπτήρες Softone**

Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν μοντέρνο σχήμα που προσφέρεται για διακοσμητικές λύσεις και δίνουν ευχάριστο απαλό φως.



Σχήμα 3.8: Λαμπτήρας τύπου Softone

### **3.2.3 Λαμπτήρες πυράκτωσης ειδικών χρήσεων**

#### **Λαμπτήρες χαμηλής τάσης**

Διαθέτουν ίδια χαρακτηριστικά με τους κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης, αλλά λειτουργούν σε τάση τροφοδοσίας 24 ή 42 V.



#### **Λαμπτήρες ηλιακού φωτός**

Οι λαμπτήρες ηλιακού φωτός μοιάζουν με τους κοινούς λαμπτήρες, αλλά διαθέτουν γυαλί μπλε χρώματος, αποδίδοντας έτσι το φυσικό φως. Χρησιμοποιούνται για διάβασμα, σχεδίαση και σε εφαρμογές όπου απαιτείται σύγκριση χρωμάτων.

Σχήμα 3.9: Λαμπτήρας ηλιακού φωτός

#### **Λαμπτήρες σηματοδότησης**

Είναι λαμπτήρες ειδικού ενισχυμένου αντικραδασμικού τύπου. Χρησιμοποιούνται για τη σηματοδότηση δρόμων.

#### **Λαμπτήρες εντόμων**

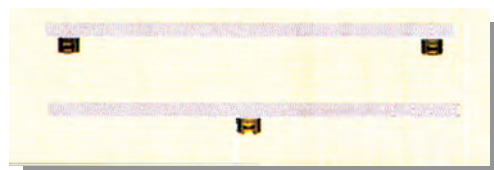
Είναι λαμπτήρες με ειδικό κίτρινο ευχάριστο φως, που δεν προσελκύει τα έντομα. Είναι κατάλληλοι για το φωτισμό εξωτερικών χώρων.

#### **Λαμπτήρες μορφής ράβδου**

Είναι λαμπτήρες πυράκτωσης επιμήκεις σε λεπτή γραμμή. Είναι κατάλληλοι για τον εσωτερικό φωτισμό επίπλων και προθηκών.

#### **Λαμπτήρες για ηλεκτρικές συσκευές**

Είναι σωληνωτοί λαμπτήρες πυράκτωσης, για ραπτομηχανές, φούρνους, ψυγεία.



Σχήμα 3.10: Ραβδόμορφος λαμπτήρας πυράκτωσης

### Λαμπτήρες καθρέφτη με σκληρό γυαλί

Διαθέτουν πολύ ισχυρή δέσμη, έχουν ελλειψοειδή διατομή και έχουν χρόνο ζωής 2000 ώρες. Εκτός του λευκού, διατίθενται και σε τέσσερα ακόμη χρώματα, μπλε, πράσινο, κόκκινο και κίτρινο. Χρησιμοποιούνται για το φωτισμό βιτρινών, μουσείων, εκθέσεων, κήπων, εστιατορίων καθώς και για τη δημιουργία φωτιστικών εφέ. Ο λαμπτήρας με τάση λειτουργίας 12 V είναι κατασκευασμένος για χρήση σε πισίνες και συντριβάνια.



Σχήμα 3.11:  
Λαμπτήρες καθρέφτη  
με σκληρό γυαλί,  
απλοί και έγχρωμοι

### Λαμπτήρες καθρέφτη

Οι λαμπτήρες καθρέφτη έχουν ιδιαίτερο σχήμα και φέρουν ειδικό καθρέπτη για τη δημιουργία ισχυρότερης δέσμης. Παράγουν κατά 20 % περισσότερο φως, έχουν διάρκεια ζωής 1000 ώρες και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές εσωτερικού φωτισμού. Στο εμπόριο, εκτός του απλού, κυκλοφορούν και οι έγχρωμοι.



Σχήμα 3.12: Λαμπτήρες καθρέφτη



### Λαμπτήρες ανεστραμμένου καθρέφτη

Οι λαμπτήρες ανεστραμμένου καθρέφτη τοποθετούνται κυρίως σε φωτιστικά με ανακλαστήρα και χρησιμοποιούνται για τον απαλό φωτισμό αντικειμένων. Λόγω της κατασκευής τους, το νήμα του λαμπτήρα δεν είναι άμεσα ορατό, με αποτέλεσμα την αποφυγή της θάμβωσης.

Σχήμα 3.13: Λαμπτήρες ανεστραμμένου καθρέφτη.

## 3.2.4 Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου

Οι λαμπτήρες αυτοί αποτελούν την εξέλιξη των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης. Το εξατμιζόμενο από το νήμα βολφράμιο απορροφάται από το αλογόνο και στη συνέχεια, μετά από χημική διάσπαση, επικάθεται ξανά πάνω στο νήμα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της συνολικής εξάχνωσής του.

Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης, παρουσιάζουν βελτιωμένη απόδοση και διπλάσια τουλάχιστον διάρκεια ζωής. Οι λαμπτήρες αλογόνων διατίθενται σε πολλούς τύπους.

Λειτουργούν με χαμηλή τάση (π.χ. 12 V) και έχουν διάρκεια ζωής 3000 - 5000 ώρες ή λειτουργούν με την τάση του δικτύου (230 V) και έχουν διάρκεια ζωής περίπου 2000 ώρες.

Κυκλοφορούν στο εμπόριο και με κοινό κάλυκα, για άμεση και εύκολη αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης.

Δίνουν λαμπερό φως, λευκότερο από τους κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης, έχουν θερμοκρασία χρώματος 3000 - 3300 °K και δείκτη χρωματικής απόδοσης  $R_a = 100$ . Παρέχουν φωτισμό 60 - 44000 lm, με απόδοση μέχρι 25 lm / W.

Όσον αφορά το ηλεκτρικό τους κύκλωμα, για τη λειτουργία των λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου απαιτείται μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες. Για τη λειτουργία των λαμπτήρων χαμηλής τάσης απαιτείται επιπλέον μετασχηματιστής στα 6, 12 ή 24 V.

Μερικοί από τους τύπους που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά είναι οι ακόλουθοι:

### **Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης, αλουμινίου**

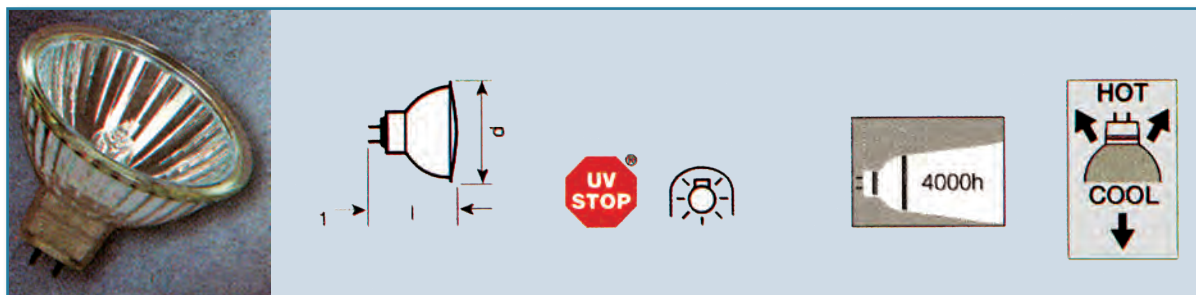
Οι λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης 6 ή 12 V, με κάτοπτρο από αλουμίνιο, χρησιμοποιούνται για την ανάδειξη αντικειμένων σε μουσεία, σε καταστήματα, σε αίθουσες ψυχαγωγίας και στις κατοικίες. Είναι οι πλέον κατάλληλοι λαμπτήρες για ξύλινες ψευδοροφές και γενικότερα σε εφαρμογές όπου η ανάπτυξη θερμότητας είναι ανεπιθύμητη. Έχουν χρόνο ζωής 2000 ώρες.



**Σχήμα 3.14: Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης, αλουμινίου**

### **Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης - dichroic (διχροϊκοί)**

Οι λαμπτήρες αυτοί είναι από τους πλέον αποδοτικούς λαμπτήρες, με 5000 ώρες διάρκεια ζωής και με φωτισμό υψηλής ποιότητας. Έχουν ψυχρή δέσμη φωτός προς τα εμπρός, δηλαδή στέλνουν τη θερμότητα προς τα πίσω και δε θερμαίνουν τα φωτιζόμενα αντικείμενα. Χρησιμοποιούνται για το φωτισμό καταστημάτων, ξενοδοχείων, εστιατορίων και εκθέσεων.



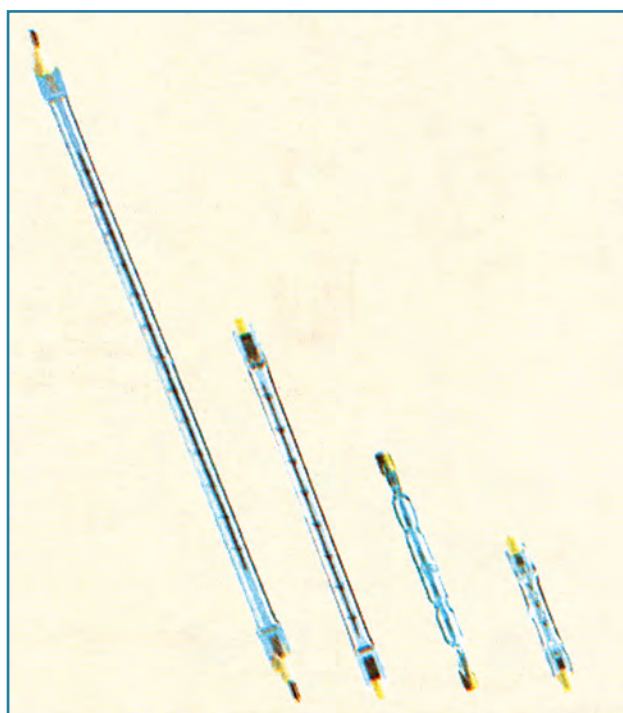
**Σχήμα 3.15: Λαμπτήρας αλογόνων χαμηλής τάσης - dichroic**

### Λαμπτήρες αλογόνων ευθύγραμμης μορφής

Είναι λαμπτήρες ιωδίνης δύο άκρων. Λειτουργούν στα 230 V, με θερμοκρασία χρώματος 2900 °K και χρόνο ζωής 2000 - 3000 ώρες. Χρησιμοποιούνται σε προβολείς για εξωτερικό φωτισμό και σε ειδικά φωτιστικά για το φωτισμό δαπέδου, τοίχων και οροφής εσωτερικών χώρων.

Πρέπει να διατηρούνται καθαροί ακόμα και από δακτυλικά αποτυπώματα. Πριν από την έναρξη λειτουργίας τους, πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα.

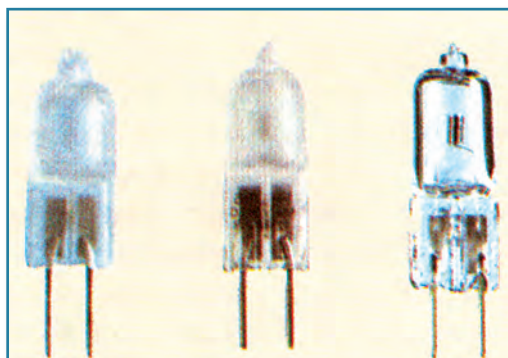
Λειτουργούν σε οριζόντια θέση, με μικρές αποκλίσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές.



Σχήμα 3.16:  
Λαμπτήρες αλογόνων  
ευθύγραμμης μορφής

### Λαμπτήρες αλογόνων μορφής κάψουλας

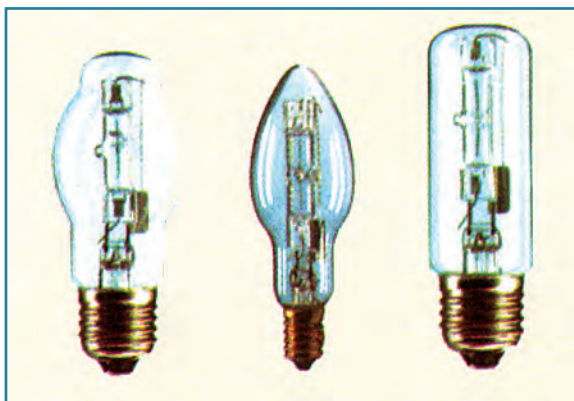
Οι διάφοροι τύποι μορφής κάψουλας μπορούν να παρέχουν λαμπερό πλούσιο φως και είναι ιδανικοί για το φωτισμό χώρων εργασίας, εφόσον τοποθετηθούν στα κατάλληλα φωτιστικά σώματα. Διατίθενται σε διαφανές και ματ γυαλί.



Σχήμα 3.17:  
Λαμπτήρες αλογόνων  
μορφής κάψουλας

### Λαμπτήρες αλογόνων κοινού κάλυκα

Είναι λαμπτήρες κατάλληλοι για εσωτερικό και εξωτερικό γενικό φωτισμό σε κατοικίες, εστιατόρια και ξενοδοχεία. Λειτουργούν στα 230 V και φέρουν κάλυκα E27 ή E14, για άμεση αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης. Διατίθενται σε σχήμα σωληνωτό ή απιοειδές (αχλαδωτό), με διαφανές ή ματ γυαλί. Δίνουν ευχάριστο και λαμπρό φωτισμό. Είναι λαμπτήρες με μεγάλη ισχύ (1000 W) και χρησιμοποιούνται για τον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό αθλητικών χώρων, πάρκων, κήπων και χώρων στάθμευσης. Έχουν διάρκεια ζωής 2000 ώρες.



**Σχήμα 3.18:**  
Λαμπτήρες αλογόνων κοινού κάλυκα

## ■ 3.3 Λαμπτήρες εκκένωσης

Από τους λαμπτήρες εκκένωσης, οι τύποι που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι: ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης (λαμπτήρες φθορισμού), λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης (απλοί, διορθωμένου φάσματος, με μεταλλικά ιωδιδια), λαμπτήρες μικτού φωτισμού, λαμπτήρες ξένου υψηλής πίεσης, λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης, λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης και ειδικοί λαμπτήρες εκκένωσης.

Η λειτουργία όλων των παραπάνω λαμπτήρων στηρίζεται στα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά την εκκένωση αερίου στο εσωτερικό τους.

Η φωτεινή τους ακτινοβολία προέρχεται καταρχήν από τον ιονισμό και στη συνέχεια από τη διέγερση των ατόμων στοιχείου το οποίο βρίσκεται μέσα στο λαμπτήρα δίνοντας και την αντίστοιχη ονομασία του λαμπτήρα.

Έτσι, έχουμε λαμπτήρες υδραργύρου, νατρίου, νέου, αργού κ.λπ..

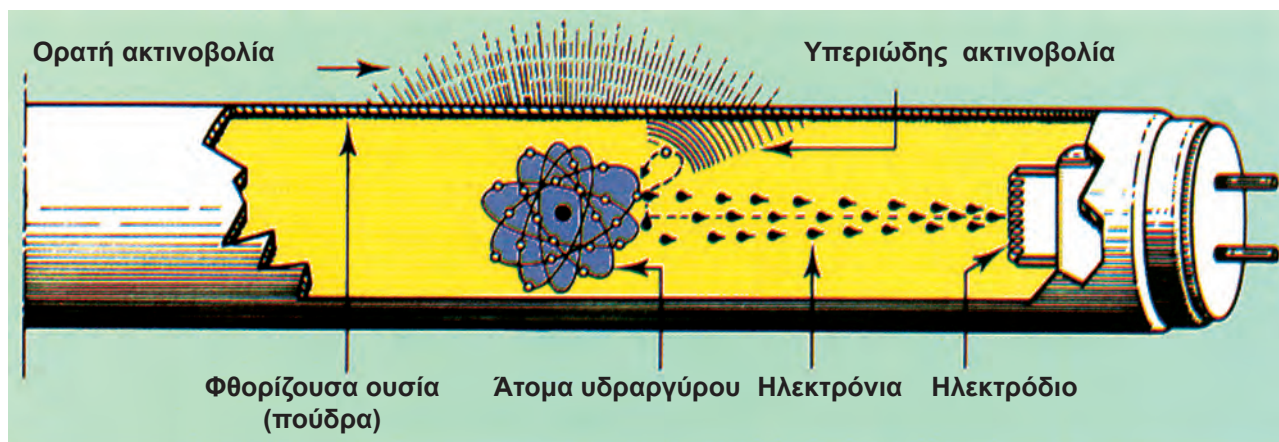
Για πρακτικούς λόγους, οι λαμπτήρες εκκένωσης διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες, τους λαμπτήρες χαμηλής και τους λαμπτήρες υψηλής πίεσης. Ο διαχωρισμός αυτός, αν και είναι γενικός, έχει να κάνει με την πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του λαμπτήρα. Γενικά, λαμπτήρες με πίεση μεγαλύτερη από 200 mm Hg καλούνται ως υψηλής πίεσης και λαμπτήρες με πίεση 5 - 10 mm Hg καλούνται ως χαμηλής πίεσης. Το είδος της εκκένωσης που γίνεται σ' αυτούς τους λαμπτήρες είναι εκκένωση τόξου. Γι' αυτό το λόγο και πρέπει να χρησιμοποιηθεί αντίσταση σε σειρά. Στην πράξη, χρησιμοποιείται στραγγαλιστικό πηνίο (ballast). Εξάιρεση αποτελεί ο λαμπτήρας ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης, για τον οποίο αντί στραγγαλιστικού πηνίου χρησιμοποιείται αυτομετασχηματιστής.

### 3.3.1 Λαμπτήρες φθορισμού

Ο λαμπτήρας φθορισμού είναι λαμπτήρας εκκένωσης ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης, με τοιχώματα καλυμμένα από φθορίζουσα ουσία. Διατίθεται σε ευθύγραμμη ή σε κυκλική μορφή, σε διάμετρο 16, 26 και 38 mm. Περιέχει προσμίξεις ευγενών αερίων (νέον και αργόν) και υδράργυρο, με τη μορφή αραιού αερίου με πίεση  $5 \cdot 10^{-3}$  mmHg, σε θερμοκρασία 40 °C. Στα άκρα του σωλήνα βρίσκονται δύο ηλεκτρόδια που έχουν τη μορφή σύνθετων νημάτων. Με τα ηλεκτρόδια πετυχαίνεται θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων απαραίτητη για τη λειτουργία του λαμπτήρα.

Όταν στο λαμπτήρα ασκηθεί η κατάλληλη τιμή τάσης, στο εσωτερικό του λαμπτήρα προκαλείται εκκένωση αερίου από την οποία παράγεται υπεριώδης (αόρατη) ακτινοβολία. Για τη μετατροπή της αόρατης ακτινοβολίας σε ορατή, η εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα καλύπτεται με φθορίζουσες ουσίες (πούδρα), όπως άλατα πυριτίου, βολφραμίου και βορίου, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε ακτινοβολίες του ορατού φάσματος.

Το είδος της φθορίζουσας ουσίας καθορίζει και το φάσμα του εκπεμπόμενου φωτός.



Σχήμα 3.19: Το εσωτερικό του λαμπτήρα φθορισμού.

Με κατάλληλο συνδυασμό των διαφόρων φθορίζουσών ουσιών πετυχαίνονται διάφορες αποχρώσεις του παραγόμενου φωτός. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν νέοι λαμπτήρες μικρότερου μεγέθους και διατομής, με διάμετρο 16mm.

Οι τύποι που κυκλοφορούν είναι σωληνωτοί, κυκλικοί ή σε σχήμα U.

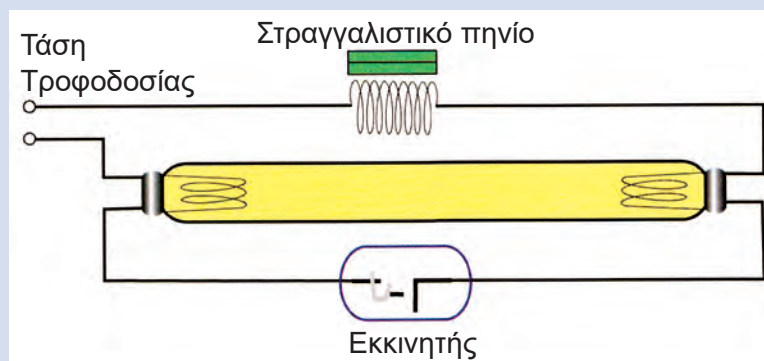
Η παραγόμενη φωτεινή ροή είναι 300 - 7000 lm, με απόδοση μεγαλύτερη των 100 lm/W. Το παραγόμενο φως μπορεί να είναι θερμό, ενδιάμεσο ή ψυχρό.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα των λαμπτήρων φθορισμού μπορεί να περιλαμβάνει μαγνητικό μπάλαστ με εκκινήτη (στάρτερ) ή ηλεκτρονικό μπάλαστ (υψηλής συχνότητας HF).

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά: υψηλή έως πολύ υψηλή απόδοση φωτισμού, καλή έως πολύ καλή χρωματική απόδοση, ευρύ πεδίο εφαρμογών, δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής.

**Εφαρμογές:** γραφεία, καταστήματα, βιομηχανικοί χώροι.

### 3.3.1.1 Αρχή λειτουργίας λαμπτήρα φθορισμού



**Σχήμα 3.20:**  
Συνδεσμολογία λαμπτήρα  
φθορισμού

Στο Σχήμα 3.20 απεικονίζεται η συνδεσμολογία ενός λαμπτήρα φθορισμού. Το στραγγαλιστικό πηνίο (μπάλαστ) είναι συνδεδεμένο σε σειρά με το λαμπτήρα. Επίσης, σε σειρά με τα ηλεκτρόδια είναι συνδεδεμένος και ο εκκινητής (στάρτερ). Ο εκκινητής αποτελείται από διμεταλλικό έλασμα (ηλεκτρόδια τα οποία βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους). Χρησιμεύει για την έναυση του λαμπτήρα. Η έναυση του λαμπτήρα δεν μπορεί να γίνει με την απλή σύνδεσή του με την τάση τροφοδοσίας (230 V), επειδή τα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα είναι ψυχρά και δε μπορούν να εκπέμπουν ηλεκτρόνια. Κατά την εφαρμογή της τάσης του δικτύου, ο λαμπτήρας δεν διαρρέεται από ρεύμα, αλλά η τάση στα άκρα των ηλεκτροδίων του εκκινητή είναι επαρκής για την έναρξη εκκένωσης αίγλης. Η εκκένωση αίγλης θερμαίνει το διμεταλλικό έλασμα του εκκινητή και το παραμορφώνει, κλείνοντας το υπάρχον διάκενο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να σταματά το φαινόμενο της εκκένωσης αίγλης και το κύκλωμα εκκινητής - ηλεκτρόδια λαμπτήρα να διαρρέεται από ισχυρό ρεύμα. Η κυκλοφορία ισχυρού ρεύματος θερμαίνει τα ηλεκτρόδια, προκαλώντας εξαγωγή

ηλεκτρονίων από αυτά. Παράλληλα, λόγω της διακοπής της εκκένωσης αίγλης, το διμεταλλικό έλασμα του εκκινητή ψύχεται και επανέρχεται στην αρχική του θέση διακόπτοντας το κύκλωμα. Η διακοπή αυτή προκαλεί, με τη βοήθεια του στραγγαλιστικού πηνίου, στα άκρα του λαμπτήρα επαγωγική τάση τιμής πολύ μεγαλύτερης της τάσης του δικτύου. Η υψηλή αυτή τάση προκαλεί την έναρξη της εκκένωσης μέσω των ατμών του υδραργύρου που παρήχθησαν από την εξάτμιση σταγόνων υδραργύρου μέσα στο λαμπτήρα, λόγω της θέρμανσης των νημάτων του λαμπτήρα. Επειδή η τάση λειτουργίας του εκκινητή είναι μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας του λαμπτήρα, ο εκκινητής παραμένει εκτός κυκλώματος, για όσο χρονικό διάστημα λειτουργεί ο λαμπτήρας. Για την ορθή λειτουργία κάθε λαμπτήρα φθορισμού συμμετέχουν ενεργά τόσο το στραγγαλιστικό πηνίο όσο και ο εκκινητής. Για την εξασφάλιση της ορθής απόδοσης και της μεγάλης διάρκειας ζωής του λαμπτήρα, πρέπει να τηρούνται οι αντίστοιχες προδιαγραφές που διέπουν τους λαμπτήρες φθορισμού, τα στραγγαλιστικά πηνία και τους εκκινητές.

### 3.3.1.2 Εκκινητής (starter)

Το starter προκαλεί την προθέρμανση των ηλεκτροδίων του λαμπτήρα και δημιουργεί την απαιτούμενη υψηλή τάση, που είναι απαραίτητη για την έναυση του λαμπτήρα. Στα φωτιστικά σώματα αντιστοιχεί ένα starter ανά λαμπτήρα. Αποτελείται από λευκό κυλινδρικό περίβλημα από πολυκαρμπονάτ, το οποίο περιέχει:

- Ένα μικρό σωλήνα εκκένωσης με αέριο νέον που περιλαμβάνει δύο ηλεκτρόδια, το ένα σταθερό και το άλλο κινητό (διμεταλλική επαφή).
- Έναν αντιπαρασιτικό πυκνωτή, για την εξάλειψη των ραδιοφωνικών παρασίτων.



Σχήμα 3.21: Άποψη παραδοσιακού και ηλεκτρονικού starter

Η εξέλιξη των starter έφερε στην αγορά τον τύπο του ηλεκτρονικού εκκινητή (υψηλής συχνότητας ballast - HF ballast) που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, από οικονομικής και λειτουργικής άποψης.

Έχει σχεδιαστεί για την έναυση των λαμπτήρων φθορισμού και παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Παράταση της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων κατά 30 %, χάρη στην προθέρμανση των ηλεκτροδίων έναυσης. Η οικονομία συντήρησης που επιτυγχάνεται επιτρέπει τη γρήγορη απόσβεση του κόστους του ηλεκτρονικού starter.
- Επιτρέπει ένα σημαντικό αριθμό αναμμάτων (100.000), που αντιστοιχεί στη διάρκεια ζωής των φωτιστικών σωμάτων.
- Με το πέρας της ζωής του, ο λαμπτήρας τίθεται εκτός κυκλώματος. Και έτσι αποφεύγονται άσκοπες προσπάθειες ανάμματος, όπως επίσης και οι ενοχλητικοί συνεχείς σπινθηρισμοί, οι επαναλαμβανόμενες ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και οι κίνδυνοι φθοράς του φωτιστικού από υπερθέρμανση των ηλεκτροδίων του λαμπτήρα.
- Τέλεια έναυση χωρίς αναλαμπές.
- Αυτόματη εκ νέου έναυση του λαμπτήρα, σε περίπτωση διακοπών ή αντικατάστασής του.
- Έναυση σε χαμηλές θερμοκρασίες ( $-40^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.3.1.3 Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού

Τα τελευταία χρόνια, όλες οι εταιρείες κατασκευής ηλεκτρικών λαμπτήρων κυκλοφόρησαν στο εμπόριο σειρές λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, με κύρια χαρακτηριστικά τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το μεγάλο χρόνο ζωής.

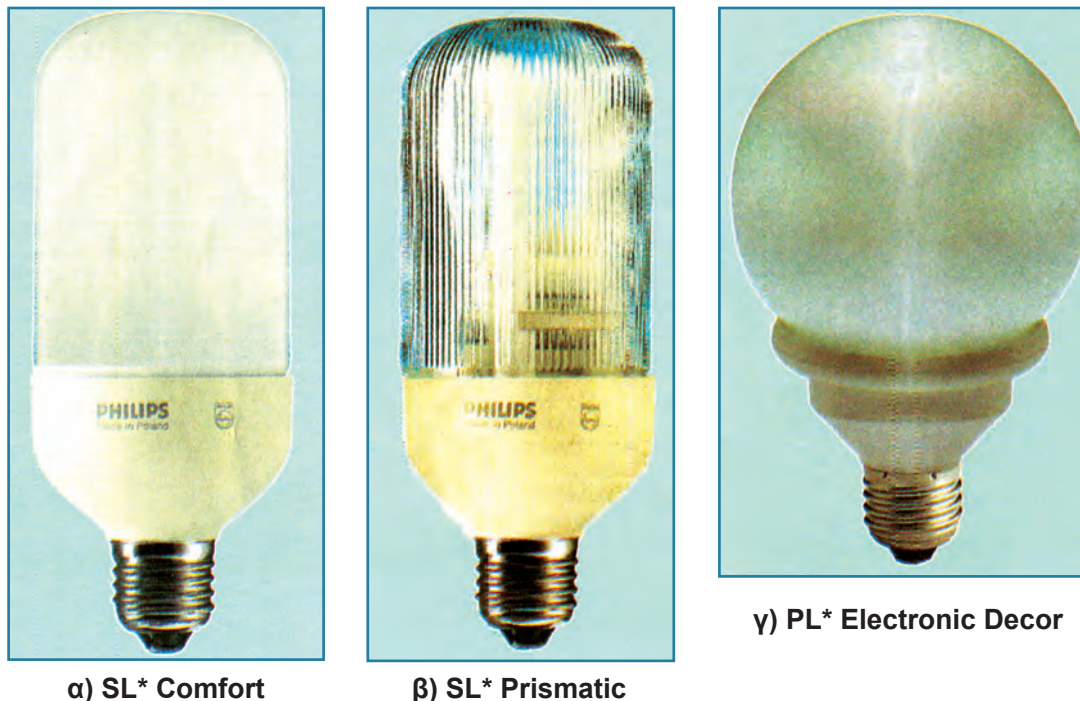
Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:

α. με εξωτερικό μπάλαστ

β. με ενσωματωμένο σύστημα εσωτερικής έναυσης

Στο Σχήμα 3.22 παρουσιάζονται μερικοί τύποι λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας.

**Σχήμα 3.22: Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας.**



α) SL\* Comfort : είναι ιδανικός για μεγάλα φωτιστικά σώματα

β) SL\* Prismatic : είναι ιδανικός για επαγγελματικούς χώρους

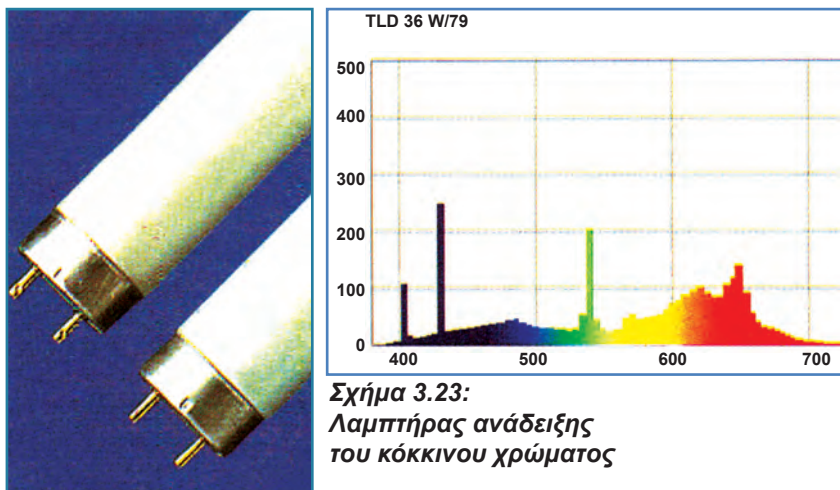
γ) SL\* Electronic Decor : είναι ιδανικός για εφαρμογές με συχνά αναβοσβήματα και προσφέρει άριστη διάχυση φωτός.

### 3.3.1.4 Ειδικοί τύποι λαμπτήρων φθορισμού

Στις εφαρμογές χρησιμοποιούνται και οι ακόλουθοι λαμπτήρες φθορισμού:

#### **Λαμπήρες απόχρωσης 79**

Με θερμοκρασία χρώματος 3800 °K τονίζουν το κόκκινο και ροζ χρώμα και χρησιμοποιούνται σε βιτρίνες κρεοπωλείων, καταστήματα αλλαντικών, ανθοπωλεία, για την ανάδειξη των ζεστών τόνων και των κόκκινων χρωμάτων κ.λπ..



### Λαμπτήρες απόχρωσης 89

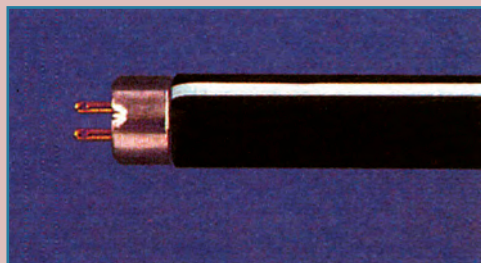
Με θερμοκρασία χρώματος 10.000 °K, ο οποίος δίνει ψυχρή αίσθηση, χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ενυδρείων και συναφών εφαρμογών.



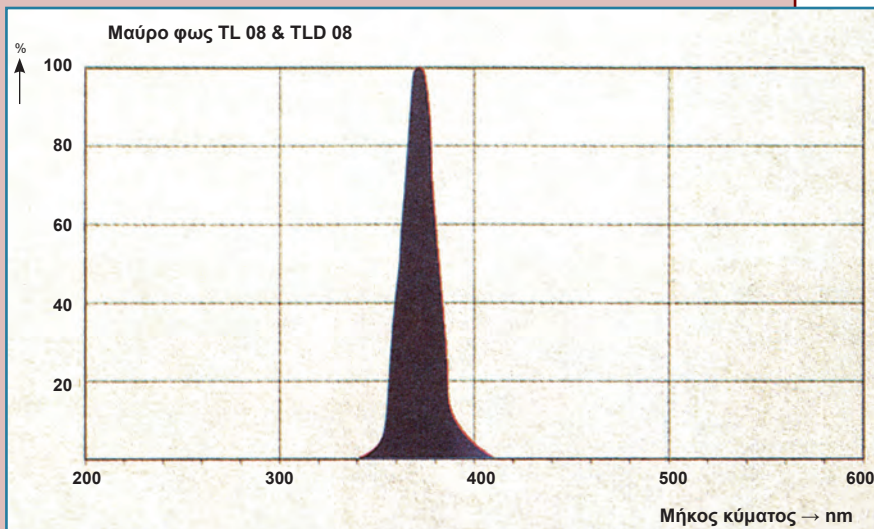
Σχήμα 3.24:  
Λαμπτήρας φωτισμού ενυδρείων

### Λαμπτήρες μαύρου φωτός

Είναι λαμπτήρες υπεριωδών ακτίνων και φέρουν ως περίβλημα γυάλινο φίλτρο με προσμίξεις κοβαλτίου, που έχει ως στόχο τη σημαντική ελάττωση της ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή. Βρίσκει εφαρμογές στην αναζήτηση πλαστών (χαρτονομίσματα, γραμματόσημα), στη διαφήμιση, στην ορτολογία και στην αναζήτηση ελαττωματικών βιομηχανικών προϊόντων (μεταλλουργία, υφαντουργία).



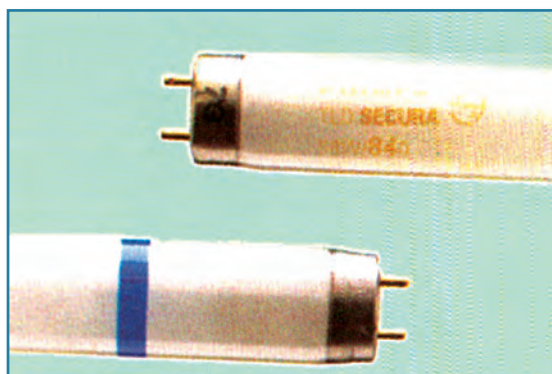
Σχήμα 3.25:  
Λαμπτήρας μαύρου φωτός



### Λαμπτήρες φθορισμού με εξωτερικό κάλυμμα προστασίας

Είναι λαμπτήρες φθορισμού με αντιθραυστική προστασία και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωτισμού χώρων όπου παράγονται, διανέμονται ή πωλούνται είδη τροφίμων. Χάρη στη διαφανή επικάλυψη του λαμπτήρα, σε περίπτωση σπασίματος του, κάθε κομμάτι γυαλιού παραμένει στη θέση του προστατεύοντας τα προϊόντα που φωτίζονται και το περιβάλλον εργασίας.

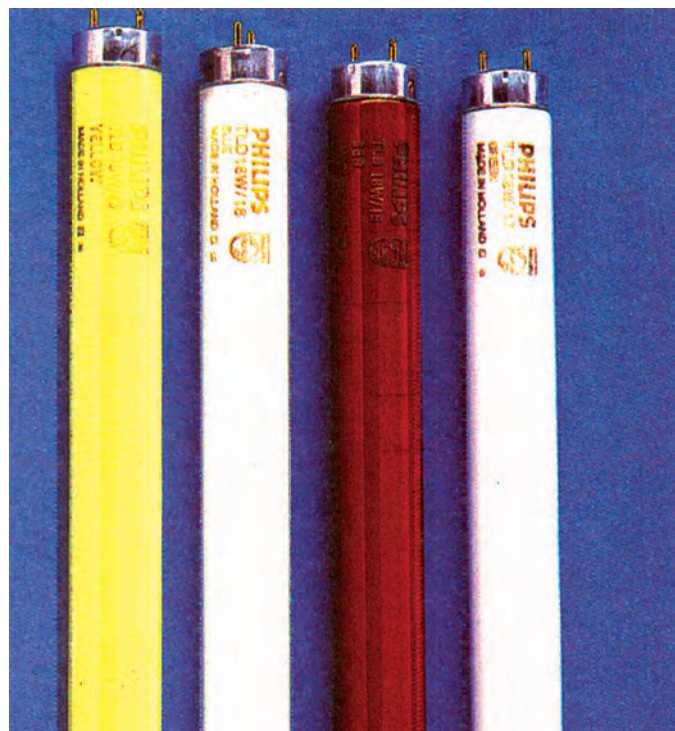
Αναγνωρίζονται από το μπλέ δακτυλίδι που υπάρχει γύρω από το λαμπτήρα.



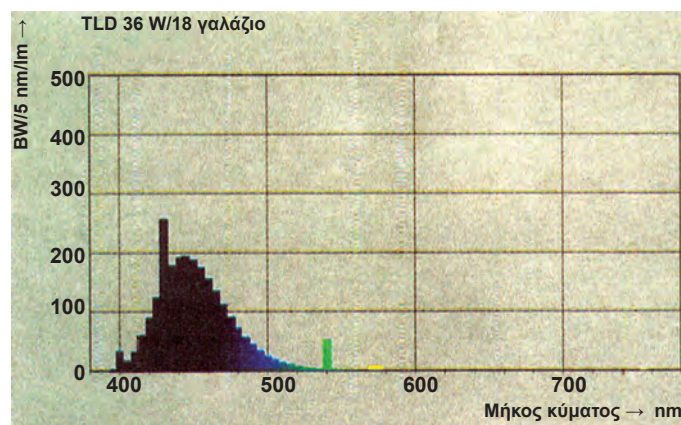
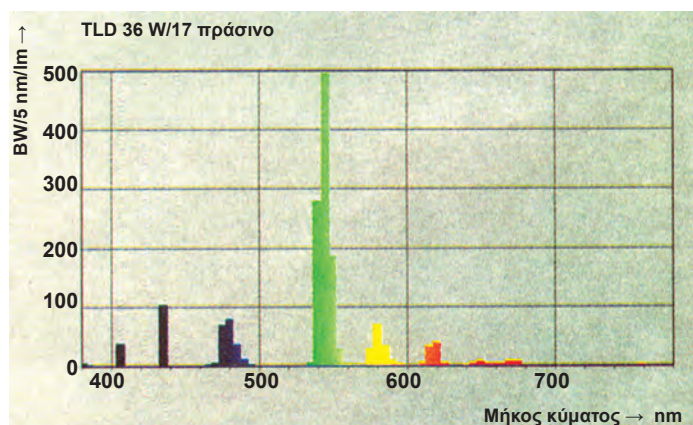
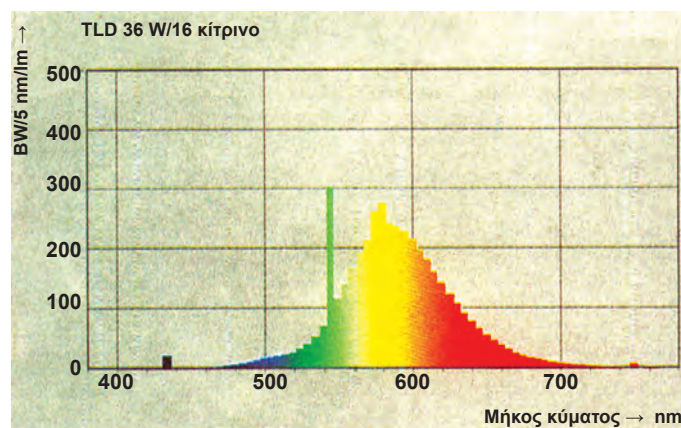
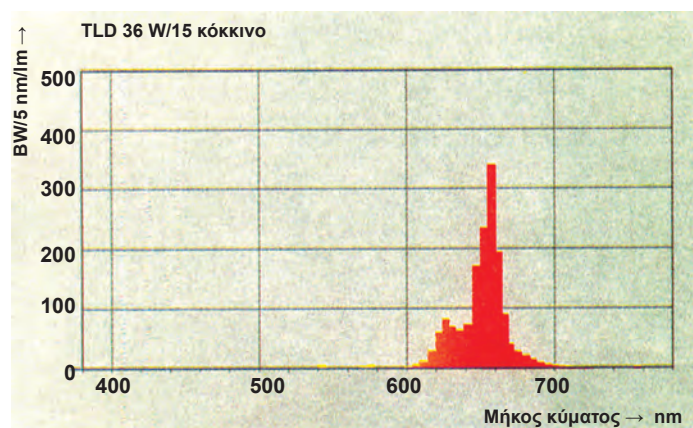
Σχήμα 3.26: Λαμπτήρας με κάλυμμα προστασίας

### Έγχρωμοι λαμπτήρες φθορισμού

Χρησιμοποιούνται για διακοσμητικό φωτισμό και τη δημιουργία φωτιστικών εφέ. Στο σχήμα 3.28 απεικονίζεται η φασματική κατανομή των έγχρωμων λαμπτήρων φθορισμού.



Σχήμα 3.27:  
Έγχρωμοι λαμπτήρες φθορισμού



Σχήμα 3.28: Φασματική κατανομή έγχρωμων λαμπτήρων φθορισμού (κόκκινου, κίτρινου, πράσινου, γαλάζιου).

### Λαμπτήρες φθορισμού με ένα σημείο εφαρμογής

Είναι λαμπτήρες που διαθέτουν ντουί με ένα άκρο και όχι με δύο, όπως όλοι οι άλλοι (μονοπολικό ντουί). Έχουν σχεδιαστεί ειδικά για χρήση σε φωτιστικά αντiekρηκτικού τύπου, για εφαρμογές σε διυλιστήρια, ορυχεία, εργαστήρια και γενικά σε χώρους όπου εγκυμονεί ο κίνδυνος της έκρηξης (αντiekρηκτικοί).



Σχήμα 3.29: Λαμπτήρας αντiekρηκτικού τύπου

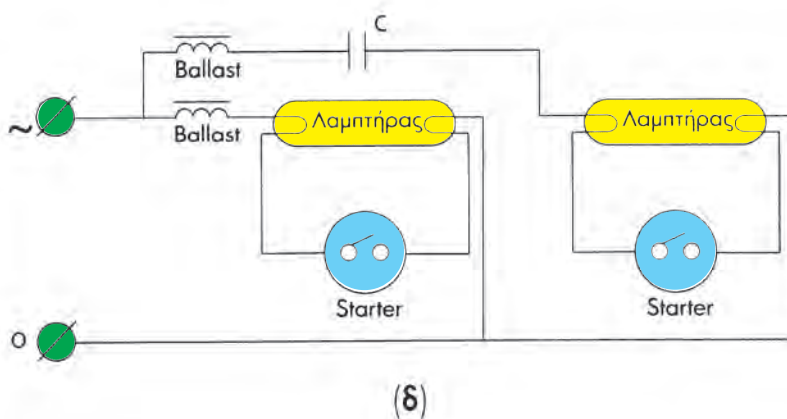
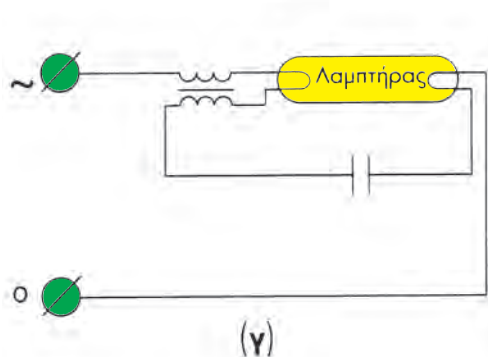
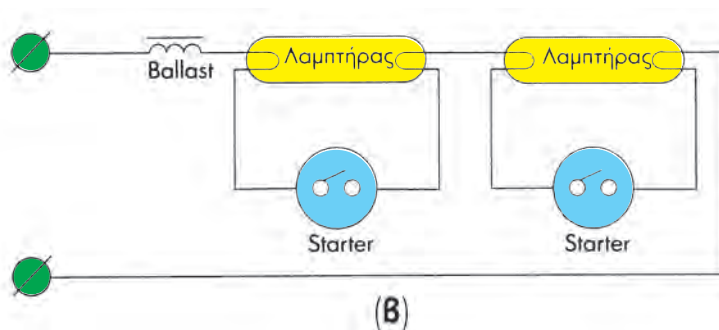
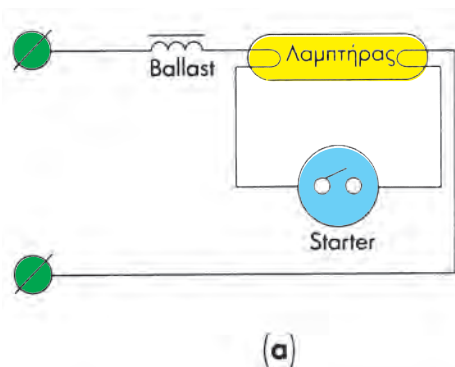
Σχήμα 3.30: Λαμπτήρας ταχείας αφής

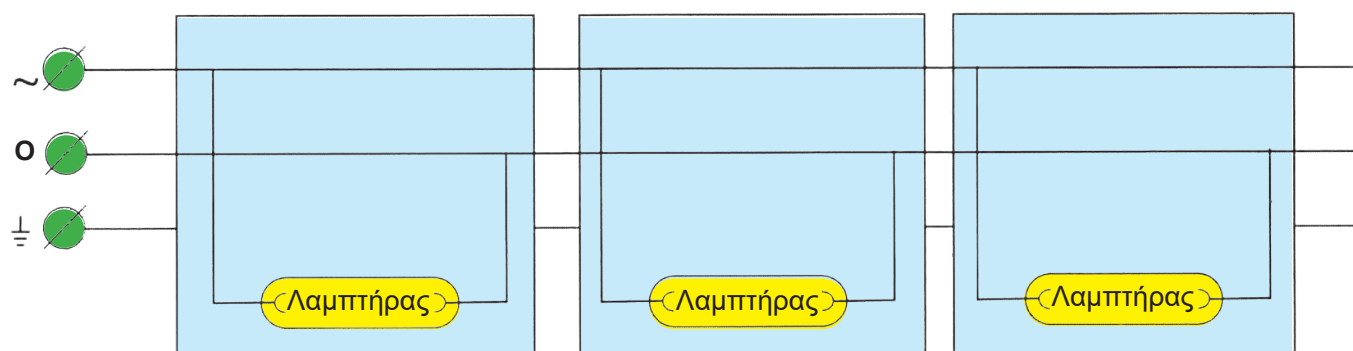


### Λαμπτήρες φθορισμού ταχείας αφής

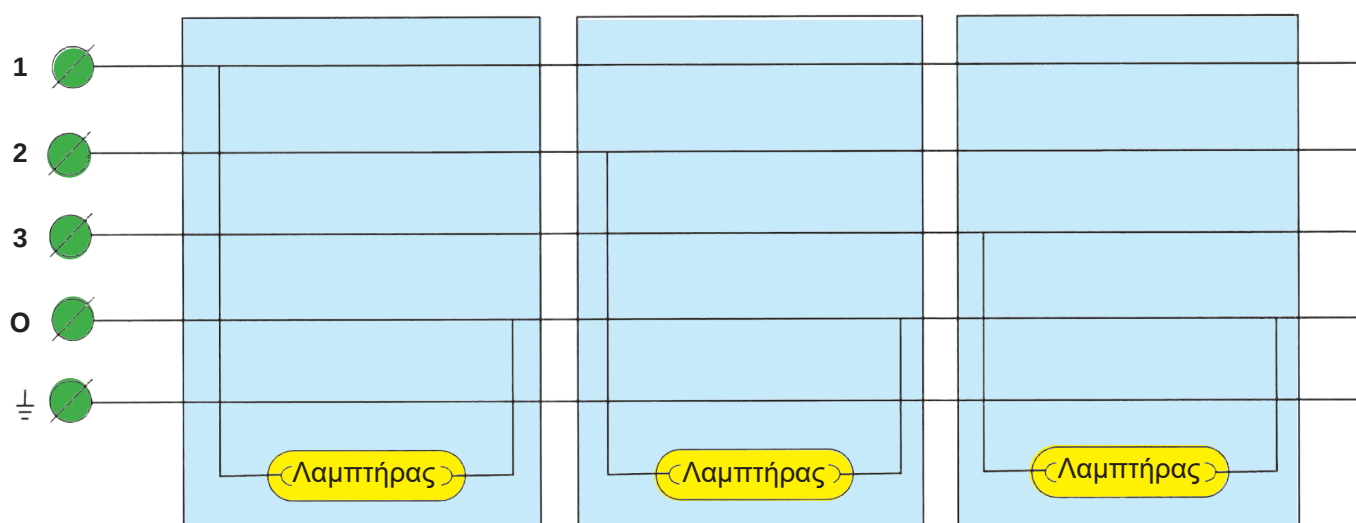
Αυτοί οι λαμπτήρες έχουν εξωτερικό ηλεκτρόδιο εκκίνησης, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται στάρτερ για την έναυση τους. Για αποτελεσματική άμεση έναυση, πρέπει και η εγκατάσταση να είναι εξοπλισμένη με πηνία άμεσης έναυσης (rapid start).

### 3.3.1.5 Συνδεσμολογίες λαμπτήρων φθορισμού





(ε)



(στ)

Σχήμα 3.31: Τυπικές συνδεσμολογίες λαμπτήρων φθορισμού

- α. Συνδεσμολογία ενός λαμπτήρα
- β. Συνδεσμολογία λαμπτήρων ίδιας ισχύος με κοινό μπάλαστ (συνδεσμολογία TANDEM)
- γ. Συνδεσμολογία λαμπτήρα ταχείας έναυσης
- δ. Συνδεσμολογία αποφυγής στροβοσκοπικού φαινομένου (DUO)
- ε. Συνδεσμολογία φωτιστικών σε μονοφασικό δίκτυο
- στ. Συνδεσμολογία φωτιστικών σε τριφασικό δίκτυο

### 3.3.1.6 Συνηθισμένες βλάβες λαμπτήρων φθορισμού

| Σύμπτωμα                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Πιθανή αιτία                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Απαιτούμενη ενέργεια                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ο λαμπτήρας ανάβει με δυσκολία και ύστερα από πολλές προσπάθειες ανάμματος.</li> <li>2. Το εκπεμπόμενο φως δεν είναι σταθερό.</li> <li>3. Τα άκρα του λαμπτήρα μαυρίζουν και συχνά σχηματίζεται προς τα ηλεκτρόδια ένας σκοτεινός δακτύλιος.</li> </ol> | Ο λαμπτήρας πλησιάζει στο τέλος της ζωής του.                                                                                                                                                                                                                                                            | Άμεση αντικατάσταση του λαμπτήρα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Ο λαμπτήρας δεν ανάβει.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>A. Λανθασμένη τοποθέτηση στη λυχνιολαβή (ντουί).</li> <li>B. Λανθασμένη συνδεσμολογία.</li> <li>Γ. Ακατάλληλο κιβώτιο ζεύξης (μπάλαστ).</li> <li>Δ. Ελαττωματικός λαμπτήρας.</li> <li>Ε. Ελαττωματικός εκκινητής.</li> <li>Στ. Διακοπή του κυκλώματος.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>A. Έλεγχος με μικρή στροφή του λαμπτήρα (1/4 της στροφής).</li> <li>B. Πιστή εφαρμογή του διαγράμματος συνδεσμολογίας, σύμφωνα με την υπόδειξη του κατασκευαστή. Συνήθως, είναι τυπωμένο στο μπάλαστ.</li> <li>Γ. Χρησιμοποίηση του κατάλληλου κιβώτιου ζεύξης.</li> <li>Δ. Έλεγχος του λαμπτήρα σε άλλο σημείο της εγκατάστασης και, αν ξανά δε λειτουργήσει, άμεση αντικατάσταση του λαμπτήρα.</li> <li>Ε. Αν τα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα πυρακτώνονται, το σφάλμα είναι στον εκκινητή και πρέπει να αντικατασταθεί. Αν δεν αντικατασταθεί, προκαλείται γρήγορη φθορά του λαμπτήρα και του κιβώτιου ζεύξης.</li> <li>Στ. Έλεγχος της συνέχειας του κυκλώματος και αποκατάσταση της βλάβης.</li> </ol> |

| Σύμπτωμα                                                                           | Πιθανή αιτία                                                                                                                                                                                                                                | Απαιτούμενη ενέργεια                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Ο λαμπτήρας ανάβει και σβήνει συνεχώς.                                          | <b>A.</b> Ο λαμπτήρας πλησιάζει στο τέλος της ζωής του (υπάρχει μαύρισμα στα άκρα του).<br><b>B.</b> Προβληματικός εκκινητής.<br><b>Γ.</b> Κακή επαφή στη λυχνιολαβή, στον εκκινητή ή στο μπάλαστ.<br><b>Δ.</b> Ανεπαρκής τάση τροφοδοσίας. | <b>A.</b> Αντικατάσταση του λαμπτήρα (παράλειψη αντικατάστασης έχει σαν συνέπεια τη γρήγορη φθορά του εκκινητή και του κιβώτιου ζεύξης).<br><b>B.</b> Αντικατάσταση του εκκινητή.<br><b>Γ.</b> Έλεγχος των επαφών και ενδεχόμενη αντικατάστασή τους.<br><b>Δ.</b> Μέτρηση της τάσης. |
| 6. Φωτεινή στήλη φαίνεται να μετατοπίζεται μέσα στο λαμπτήρα με σπειροειδή κίνηση. | Κατασκευαστική ατέλεια του λαμπτήρα.                                                                                                                                                                                                        | Αναβοσβήσιμο του λαμπτήρα μερικές φορές. Αν δεν εξαλειφθεί το φαινόμενο, γίνεται αντικατάσταση του λαμπτήρα.                                                                                                                                                                         |

### 3.3.1.7 Σύγκριση λαμπτήρων φθορισμού με τους λαμπτήρες πυράκτωσης

Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν τα παρακάτω **πλεονεκτήματα** και **μειονεκτήματα** σε σχέση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Έχουν πολλαπλάσια φωτιστική απόδοση (lm/W) και υπερδιπλάσιο χρόνο ζωής (2500 ώρες λειτουργίας). Αυτό σημαίνει οικονομική λειτουργία.
2. Κατά τη λειτουργία τους, δεν αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες, χαρακτηριστικό που τους καθιστά κατάλληλους για το φωτισμό τροφίμων, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος αλλοίωσης τους.
3. Η ποικιλία και η ένταση του φωτισμού των λαμπτήρων φθορισμού, επιτρέπει τη χρήση τους σε πλήθος εφαρμογών στο χώρο της φωτεινής διακόσμησης.
4. Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν μικρή λαμπρότητα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό στο ελάχιστο του ανεπιθύμητου φαινομένου της θάμβωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το εκπεμπόμενο από αυτούς φως εκπέμπεται από μεγάλη επιφάνεια.

#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Για τη λειτουργία τους, οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν την τοποθέτηση τους σε κατάλληλα φωτιστικά σώματα. Αυτό έχει σα συνέπεια τη μεγάλη αρχική δαπάνη εγκατάστασης.
2. Επειδή κατά τη λειτουργία τους δημιουργούνται ηχητικά παράσιτα, απαιτείται η χρήση ειδικής διάταξης απόσβεσης των παρασίτων αυτών.
3. Για την απρόσκοπτη λειτουργία τους, απαιτείται η κατάλληλη ηλεκτρολογική συνδεσμολογία διαφόρων εξαρτημάτων (ντουί, ballast, starter), καθώς και ο σωστός συνδυασμός τους.
4. Αν δε γίνει η κατάλληλη επιλογή λαμπτήρα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως για παράδειγμα το είδος του χώρου εργασίας, τότε ο φωτισμός θα υστερεί, κυρίως στην απόδοση των χρωμάτων.

### 3.3.1.8 Κριτήρια επιλογής λαμπτήρων φθορισμού

Τα γενικά κριτήρια επιλογής λαμπτήρων που αναφέρθηκαν στην ενότητα 3.1 ισχύουν και για τους λαμπτήρες φθορισμού.

Λόγω όμως των πλεονεκτημάτων τους, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης (υψηλή φωτιστική απόδοση, χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας, μεγάλη ποικιλία χρωματικής ακτινοβολίας και έλλειψη θάμβωσης), χρησιμοποιούνται **σε πολλές και διαφορετικές εφαρμογές**. Λόγω του πλήθους των διαφορετικών εφαρμογών, απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή στα κριτήρια επιλογής.

- Ο **δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra** στους λαμπτήρες φθορισμού αποτελεί σημαντικό κριτήριο της ποιότητάς τους.

| Δείκτης Ra | Είδος φωτεινής πηγής                               |
|------------|----------------------------------------------------|
| 92 - 97    | Λαμπτήρας φθορισμού υψηλής ποιότητας               |
| 80 - 90    | Λαμπτήρας φθορισμού καλής ποιότητας, τύπος De Luxe |
| 70 - 80    | Λαμπτήρας φθορισμού Standard white                 |
| 50 - 60    | Λαμπτήρας φθορισμού Standard warm white            |

**Πίνακας 3.1: Δείκτες χρωματικής απόδοσης και ποιότητας λαμπτήρα**

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή ενός λαμπτήρα, όπου υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις στην απόδοση των χρωμάτων (π.χ. σε μια βιομηχανία υφασμάτων), αλλά είναι αμελητέος για τον φωτισμό, για παράδειγμα, ενός αυτοκινητοδρόμου, όπου η ιδανική λύση προσφέρεται από λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης, που παρέχουν μόνο κίτρινο (μονοχρωματικό) φως.

**Στην επιλογή του είδους των λαμπτήρων, αν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις στην απόδοση των χρωμάτων, βαρύνεται δίνεται στη φωτιστική απόδοση ( $lm / W$ ), γιατί αυτό αποτελεί το βασικότερο στοιχείο της οικονομικής λειτουργίας μιας εγκατάστασης φωτισμού.**

- Οι απαιτήσεις στην ποιότητα φωτός είναι διαφορετικές για κάθε χώρο. Οι διάφοροι συνδυασμοί της θερμοκρασίας χρώματος **Tc** και του δείκτη χρωματικής απόδοσης **Ra** δίνουν διαφορετικό φωτιστικό αποτέλεσμα. Ο κατάλληλος συνδυασμός των δεικτών αυτών για κάθε χώρο υποδεικνύεται από σχετικές προδιαγραφές διεθνούς αποδοχής.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται μερικά παραδείγματα εφαρμογών, με παραμέτρους την επιθυμητή ποιότητα φωτός, τον ελάχιστο δείκτη χρωματικής απόδοσης και τη συνιστώμενη θερμοκρασία χρώματος του φωτός.

| Επιθυμητή ποιότητα φωτός | Ελάχιστος δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra | Συνιστώμενη θερμοκρασία χρώματος Tc σε °K | Παραδείγματα εφαρμογών                                    |
|--------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Καλύτερη δυνατή          | 90                                       | 6500 – 7400                               | Βιομηχανίες υφασμάτων, τυπογραφία, γραφικές τέχνες.       |
|                          | 90                                       | 4000                                      | Μουσεία, χώροι ιατρικών εξετάσεων.                        |
| Καλή                     | 80                                       | 4000                                      | Κατοικίες, σχολεία, γραφεία, μεγάλα καταστήματα.          |
|                          | 80                                       | 3000                                      | Καταστήματα τροφίμων, αίθουσες συνεδρίων, χώροι υποδοχής. |
| Μέση                     | 60                                       | -                                         | Διάδρομοι, σκάλες, μηχανουργεία.                          |
| Καμιά                    | -                                        | -                                         | Βαριά βιομηχανία, αποθήκες, χώροι στάθμευσης.             |

Πίνακας 3.2: Συνδυασμοί Ra και θερμοκρασίας χρώματος για διάφορες εφαρμογές

- Το αίσθημα που δημιουργεί ο φωτισμός (ευχάριστο, καταθλιπτικό κ.λπ.) εξαρτάται από τη στάθμη φωτισμού του χώρου σε Lux και από τη θερμοκρασία χρώματος του φωτός.

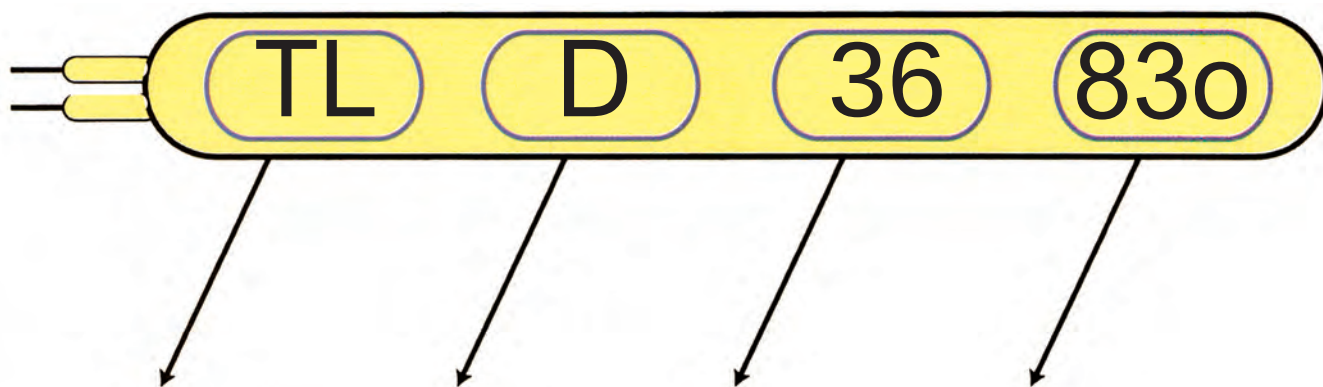
| Στάθμη φωτισμού σε Lux | Χρωματική εντύπωση του φωτός |           |              |
|------------------------|------------------------------|-----------|--------------|
|                        | Θερμό                        | Ενδιάμεσο | Ψυχρό        |
| < 500                  | Ευχάριστο                    | Ουδέτερο  | Καταθλιπτικό |
| 500 - 1000             | Έντονο                       | Ευχάριστο | Ουδέτερο     |
| 1000 - 2000            |                              |           |              |
| 2000 - 3000            |                              |           |              |
| > 3000                 | Αφύσικο                      | Έντονο    | Ευχάριστο    |

Πίνακας 3.3: Δημιουργία αισθημάτων λόγω διαφορών φωτισμού

- Επιπλέον, για την επιλογή των λαμπτήρων φθορισμού υπεισέρχεται ακόμη ένα κριτήριο: τα **ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του λαμπτήρα** που προσδιορίζουν τον τρόπο έναυσης και λειτουργίας του.

Ο τύπος κάθε λαμπτήρα φθορισμού περιλαμβάνει αριθμούς και γράμματα που επιτρέπουν την αναγνώριση αυτών των χαρακτηριστικών. Παρακάτω, παρατίθεται ένα παράδειγμα αποκωδικοποίησης των χαρακτηριστικών αυτών.

Ο τύπος ανάμματος μπορεί να είναι ο κλασικός, δηλαδή με μπάλαστ και στάρτερ (D), ο ηλεκτρονικός (HF) και ο ταχείας εκκίνησης (M).



Λαμπτήρες φθορισμού   Τύπος ανάμματος   Ισχύς σε W   Απόχρωση

**Σχήμα 3.32: Παράδειγμα αποκωδικοποίησης χαρακτηριστικών λαμπτήρα φθορισμού**

Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι και η «απόχρωση». Οι εταιρείες κατασκευής λαμπτήρων τους προσφέρουν σε 11 διαφορετικές αποχρώσεις του λευκού φωτός καθεμία από τις οποίες είναι κατάλληλη για το φωτισμό ορισμένου χώρου. Δηλαδή, ένα γραφείο θα πρέπει να φωτίζεται με λάμπες που δεν κουράζουν τα μάτια, ένα κατάστημα ενδυμάτων με λάμπες που αποδίδουν καλύτερα τα χρώματα, ένας χώρος υποδοχής με λάμπες που δημιουργούν ευχάριστη ατμόσφαιρα κ.λπ..

Κάθε «απόχρωση» αναφέρεται σε συγκεκριμένους δείκτες χρωματικής απόδοσης **Ra** και θερμοκρασίας χρώματος **Tc**. Π.χ. η «απόχρωση» 83<sub>0</sub> του παραδείγματος αναφέρεται σε Ra = 85 και σε Tc = 3000 °K. Ο κωδικός για την απόχρωση 83<sub>0</sub> του παραδείγματος αναφέρεται στην εταιρεία Philips. Άλλες εταιρείες έχουν άλλους κωδικούς.

Για να δημιουργείται ένα ευχάριστο ψυχολογικό αίσθημα στα άτομα που ζουν και εργάζονται σε ένα χώρο, εκτός από την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (ισχύς και αριθμός λαμπτήρων), πρέπει οι λαμπτήρες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν να διαθέτουν και την κατάλληλη «απόχρωση».

### 3.3.2 Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης

#### 3.3.2.1 Αρχή λειτουργίας

Ο λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης αποτελεί χαρακτηριστική εφαρμογή εκκένωσης τόξου μέσω ατμών υδραργύρου. Αποτελείται από ένα μικρό σωλήνα εκκένωσης από γυαλί χαλαζία στα άκρα του οποίου είναι συντηγμένα δύο κύρια ηλεκτρόδια και ένα βοηθητικό.

Ο μικρός σωλήνας εκκένωσης περιέχει το ευγενές αέριο αργό και υδράργυρο με τη μορφή σταγόνων. Σε σειρά με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο συνδέεται ωμική αντίσταση. Η όλη διάταξη τοποθετείται μέσα σε γυάλινο κώδωνα, ο οποίος συνήθως είναι γεμάτος με αδρανές αέριο, για την απαγωγή της θερμότητάς.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την έναυση μέχρι την πλήρη λειτουργία του λαμπτήρα κυμαίνεται από 3 έως 5 λεπτά.

Το υλικό κατασκευής του σωλήνα εκκένωσης είναι ο χαλαζίας, επειδή παρουσιάζει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής και επιτρέπει να περνά από αυτόν, εκτός του ορατού, και το υπεριώδες μέρος της πα-  
ραγόμενης ακτινοβολίας.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, όπως όλοι οι λαμπτήρες εκκένωσης, απαιτούν ένα στραγγαλι-

στικό πηνίο για τη σταθεροποίηση της εκκένωσης και για τον περιορισμό του ρεύματος λειτουργίας. Το στραγγαλιστικό πηνίο δημιουργεί μια διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος, οπότε για την αντιστάθμισή τους συνδέεται πυκνωτής παράλληλα στα άκρα της συνδεσμολογίας.

Για την επαναλειτουργία του λαμπτήρα μετά το σβήσιμό του απαιτείται ορισμένο χρονικό διάστημα για την ψύξη του και

για την υγροποίηση ξανά των ατμών υδραργύρου.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου κατασκευάζονται συνήθως σε δύο τύπους, τους σωληνοειδείς και τους αχλαδωτούς.

Διακρίνονται σε απλούς λαμπτήρες, διορθωμένου φάσματος, με μεταλλικά ιωδίδια και λαμπτήρες μικτού φωτισμού.



**Σχήμα 3.33:**  
Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου, σχήματος αχλαδιού.

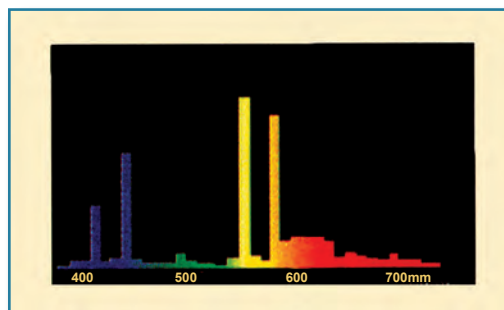
#### 3.3.2.2 Είδη λαμπτήρων ατμών υδραργύρου

##### α) Απλοί λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης

Οι λαμπτήρες εκκένωσης ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης είναι οι παλαιότεροι λαμπτήρες εκκένωσης. Παρότι η ποιότητα του φωτός που παράγουν είναι σχετικά φτωχή και η απόδοσή τους αρκετά περιορισμένη, επειδή οι λαμπτήρες αυτοί είναι φθηνοί χρησιμοποιούνται ακόμη με μεγάλη συχνότητα στον οδικό φωτισμό ή στο φωτισμό βιομηχανικών χώρων.

Χρόνος ζωής: για ισχύ 50 - 400 W 22000 ώρες  
και για ισχύ 700 - 1000 W 14000 ώρες.

Φως: 1600 - 58000 lm, με απόδοση 55 lm / W, θερμό ή ενδιάμεσο.



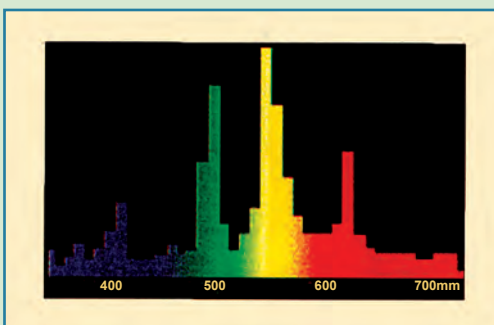
**Σχήμα 3.34:** Φασματική κατανομή λαμπτήρα ατμών υδραργύρου

Ηλεκτρικό κύκλωμα : Μαγνητικό μπάλαστ, χωρίς εκκινητή.

Παρατηρώντας το διάγραμμα, διαπιστώνουμε ότι κυριαρχεί το κίτρινο και το μπλε χρώμα, ενώ λείπει σχεδόν τελείως το ερυθρό που είναι απαραίτητο για την δημιουργία ευχάριστης εντύπωσης του φωτός. Κυκλοφορούν στο εμπόριο με τις εμπορικές ονομασίες HPL, από την εταιρεία Philips, και HQL, από την εταιρεία OSRAM.

### **β) Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, βελτιωμένου φάσματος**

Το πρόβλημα της κακής χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων ατμών υδραργύρου ξεπεράστηκε με την επίχριση των εσωτερικών τοιχωμάτων του εξωτερικού κώδωνα με φθορίζουσα ουσία, η οποία εμπλουτίζει το φάσμα εκπομπής του λαμπτήρα με ερυθρά μήκη κύματος. Επίσης, η φθορίζουσα ουσία μετατρέπει το μεγαλύτερο μέρος της αόρατης υπεριώδους ακτινοβολίας που παράγεται κατά την εκκένωση σε ακτινοβολία ορατού φάσματος, με αποτέλεσμα τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης του λαμπτήρα έως και 60 lm/W.



**Σχήμα 3.35: Φασματική κατανομή λαμπτήρα ατμών υδραργύρου, βελτιωμένου φάσματος**

Ευρέως χρησιμοποιείται και ο λαμπτήρας υψηλής πίεσης, με εσωτερικό καθρέφτη, για τον προσανατολισμό της δέσμης φωτός προς μία κυρίως κατεύθυνση. Έχει χρόνο ζωής 22000 ώρες και λειτουργεί σε οποιαδήποτε θέση λειτουργίας.

### **γ) Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης, με μεταλλικά αλογονίδια**

Στους λαμπτήρες υδραργύρου, για ακόμη μεγαλύτερη ενεργειακή φασματική κατανομή, εκτός της φθορίζουσας ουσίας, ο εμπλουτισμός μπορεί να γίνει και με τη χρήση μερικών ενώσεων ιωδίου. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται μεταλλικά ιωδίδια ή αλογονίδια (Metal Halide) και συμμετέχουν στην εκκένωση των ατμών υδραργύρου αποδίδοντας ακτινοβολίες με μήκη κύματος όπου το ενεργειακό φάσμα είναι φτωχό ή κενό. Οι λαμπτήρες αυτοί αποτελούν μια καλή λύση για το φωτισμό καταστημάτων, επειδή παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Διαθέτουν εξαιρετική φασματική κατανομή, με ικανοποιητικό δείκτη χρωματικής απόδοσης ( $R_a=74-85$ ).
2. Εκπέμπουν ουδέτερο, λευκό φως. Θερμοκρασία χρώματος 3000 - 4000 °K.
3. Έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, λόγω της μεγάλης φωτιστικής απόδοσης που παρουσιάζουν (80 - 90 lm/W).
4. Λειτουργούν χωρίς να αναπτύσσεται στο γύρω χώρο υψηλή θερμοκρασία, επειδή έχουν χαμηλές θερμικές απώλειες.
5. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (6000 ώρες), χαρακτηριστικό το οποίο τους καθιστά ακόμη περισσότερο οικονομικούς.



**Σχήμα 3.36: Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων**

Οι δύο τύποι που κυκλοφορούν, σωληνωτοί ή ελλειψοειδείς, διατίθενται με κάλυκα μονό ή διπλό (δύο άκρων), ισχύος 35 - 2000 W.

Η φωτεινή τους ροή είναι από 2400 έως 20000 lm.

Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μαγνητικό μπάλαστ και κατάλληλη συσκευή έναυσης - εκκίνηση ή ηλεκτρονικό μπάλαστ (μέχρι 150W).

### **δ) Ειδικοί λαμπτήρες εκκένωσης**

Εκτός από τα παραπάνω είδη λαμπτήρων, κατασκευάζονται επίσης λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, πολύ υψηλής πίεσης, για τον εξοπλισμό προβολέων και για τις κινηματογραφικές μηχανές. Σ' αυτούς τους λαμπτήρες η εκκένωση γίνεται σε πολύ μικρό χώρο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία λαμπρότητας πολύ υψηλής τιμής.

Επίσης, κατασκευάζονται λαμπτήρες ειδικών χρήσεων που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές επεξεργασίες, στις γραφικές τέχνες, σε ινστιτούτα αισθητικής, σε θεραπευτικές και αποστειρωτικές συσκευές και σε φωτοτυπικά μηχανήματα. Σ' αυτή τη κατηγορία ανήκουν και οι λαμπτήρες **μαύρου φωτός**. Οι λαμπτήρες αυτοί διατίθενται σε τύπους TL και TLD και χρησιμοποιούνται για διαχωρισμούς χρωμάτων, στη βιομηχανία τροφίμων, στην αρχαιολογία, στην εγκληματολογία και στις τράπεζες, για την ανίχνευση πλαστών χαρτονομισμάτων.



**Σχήμα 3.37:**  
Λαμπτήρες αποστείρωσης,  
αποθεραπείας τραυμάτων,  
μαύρου φωτός

### **ε) Λαμπτήρες μικτού φωτισμού**

Οι λαμπτήρες μικτού φωτισμού συνδυάζουν χαρακτηριστικά λαμπτήρων πυράκτωσης και λαμπτήρων εκκένωσης. Αντικαθιστούν άμεσα τους λαμπτήρες πυράκτωσης και παρέχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Αυτά τα χαρακτηριστικά τους καθιστούν κατάλληλους για εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλότερα επίπεδα φωτισμού από αυτά που έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν οι λαμπτήρες πυράκτωσης. Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου μπορούν να μετατραπούν σε λαμπτήρες μικτού φωτισμού, με την προσθήκη νήματος από βολφράμιο μεταξύ του εξωτερικού κώδωνα και του σωλήνα εκκένωσης. Ο λαμπτήρας μικτού φωτισμού λειτουργεί χωρίς στραγγαλιστικό πηνίο και η σταθεροποίηση της εκκένωσης με τον ταυτόχρονο περιορισμό του ρεύματος γίνεται με τη σύνδεση σε σειρά του νήματος βολφραμίου με το σωλήνα εκκένωσης. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, το νήμα πυρακτώνεται, εκπέμποντας ακτινοβολίες με μήκη κύματος στην ερυθρή περιοχή του φάσματος, με αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του φάσματος της συνολικά εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Οι λαμπτήρες μικτού φωτισμού έχουν ικανοποιητικό σχετικά βαθμό απόδοσης (22 lm/W) και μεγάλη διάρκεια ζωής (5000 ώρες). Μπορούν να αντικαταστήσουν το λαμπτήρα πυράκτωσης, χωρίς προβλήματα εγκατάστασης.

**Χρησιμοποιούνται για το φωτισμό δρόμων, χώρων στάθμευσης, πρατηρίων καυσίμων και εργαστηρίων.**

### **3.3.3 Λαμπτήρες ξένου, υψηλής πίεσης**

Για τον φωτισμό μεγάλων εξωτερικών επιφανειών, χρησιμοποιούνται προβολείς με λαμπτήρες από γυαλί χαλαζία. Περιέχουν το ευγενές αέριο ξένο, υπό υψηλή πίεση. Το μήκος των λαμπτήρων αυτών μπορεί να φτάσει το 1,5 m και η ισχύς τους κυμαίνεται από 150 έως 2000 W.

Για την λειτουργία τους απαιτείται συσκευή παραγωγής υψηλής τάσης.

Μετά την έναυση, ο λαμπτήρας αποδίδει αμέσως την πλήρη φωτιστική του ισχύ.

Το φως των λαμπτήρων αυτών είναι λευκό, παρόμοιο με το φως του ήλιου, και αποδίδει με μεγάλη πιστότητα τα χρώματα των αντικειμένων.

### 3.3.4 Λαμπτήρες ατμών νατρίου

#### 3.3.4.1 Λαμπτήρες ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης

Ο λαμπτήρας ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης είναι ο λαμπτήρας εκκένωσης με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (μέχρι 200 lm/W).

Αποτελείται από το σωλήνα εκκένωσης που μπορεί να είναι μορφής ευθύγραμμης ή σχήματος U.

Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει, σε πολύ μικρή πίεση ( $5 \cdot 10^{-3}$  mm της στήλης υδραργύρου Hg), ποσότητα νατρίου και μίγμα αερίου νέου με αργόν. Η πίεση αυτή μαζί με τη θερμοκρασία 260 °C αποτελούν τις καλύτερες προϋποθέσεις για εκκένωση. Η θερμοκρασία των 260 °C επιτυγχάνεται με την κατάλληλη επιλογή της έντασης λειτουργίας του λαμπτήρα.

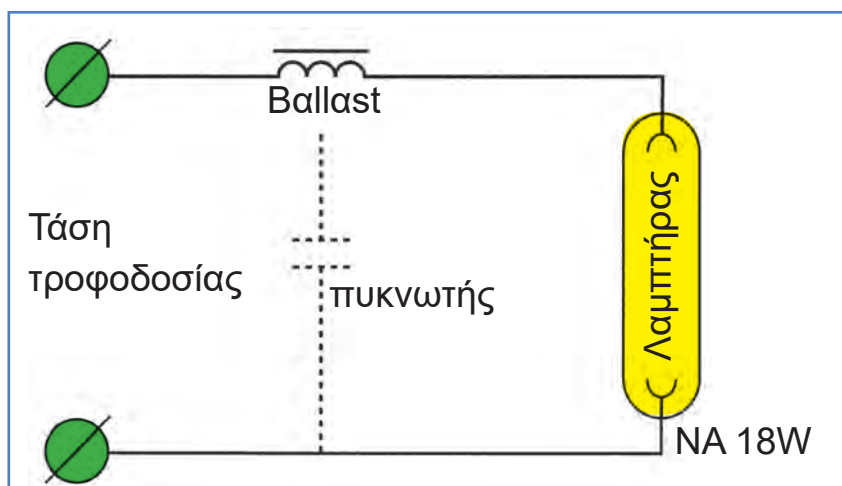
Η λειτουργία του λαμπτήρα αυτού είναι παρόμοια με τη λειτουργία του λαμπτήρα ατμών υδραργύρου. Η εκκένωση γίνεται αρχικά μέσω των ατμών του νέον, δίνοντας φως ερυθρού χρώματος. Στη συνέχεια, το μεταλλικό νάτριο εξαχνούται και ιονίζεται και έτσι επιτυγχάνεται εκκένωση μέσω αυτού.

Το παραγόμενο φως είναι μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος, με μήκος κύματος 5890 Å.

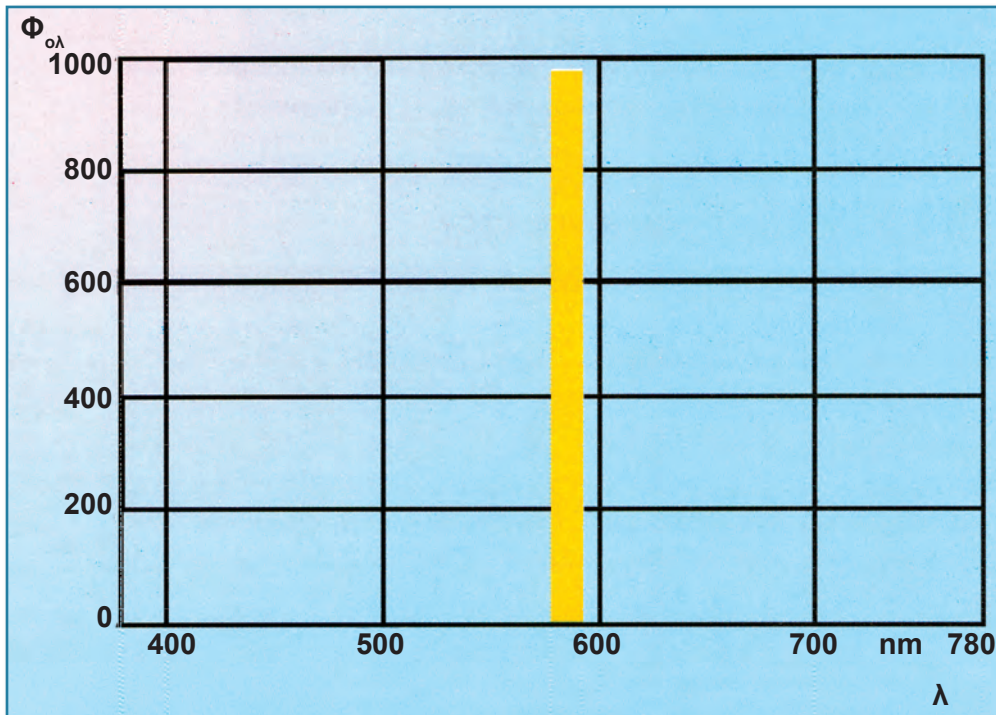
Στην περιοχή αυτή, το ανθρώπινο μάτι παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία του.

Το φως αυτό παρουσιάζει μεγάλη διεισδυτικότητα σε ομιχλώδες περιβάλλον ή σε περιβάλλον με σκόνη. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το μεγάλο βαθμό απόδοσης του λαμπτήρα, τον καθιστά ως την πλέον κατάλληλη πηγή φωτός για το φωτισμό οδικών αρτηριών.

Προφανώς, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου απαιτείται απόδοση χρωμάτων.



**Σχήμα 3.38:**  
Συνδεσμολογία λαμπτήρα ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης



Σχήμα 3.39:  
Φασματική  
κατανομή  
λαμπτήρα νατρίου,  
χαμηλής πίεσης

### 3.3.4.2 Λαμπτήρες ατμών νατρίου, υψηλής πίεσης

Σε λαμπτήρα ατμών νατρίου, αν αυξηθεί η πίεση του μέχρι τα 200 mm Hg, παρατηρείται μείωση της απόδοσης του λαμπτήρα αλλά και εμφάνιση νέων ακτινοβολιών, διαφορετικών από την κίτρινη μονοχρωματική ακτινοβολία.

Το φως του λαμπτήρα ατμών υψηλής πίεσης<sup>5</sup> έχει χρώμα χρυσόλευκο και αντιστοιχεί σε θερμοκρασία χρώματος 2300 °K.

Σε σχέση με τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης, οι λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης παρουσιάζουν περίπου διπλάσιο βαθμό απόδοσης (έως 120 lm/W).

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου οι λαμπτήρες ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λόγω της μονοχρωματικής τους ακτινοβολίας.

Και αυτοί οι λαμπτήρες παράγονται σε δύο διαφορετικές εξωτερικές μορφές:

- ❖ με σωληνοειδή διαφανή κώδωνα
- ❖ με κώδωνα μορφής αχλαδιού με εσωτερικό φθορίζον επίχρισμα

Με ισχύ 35 - 1000 W, η παρεχόμενη φωτεινή τους ροή είναι 2400 - 120000 lm.

Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μαγνητικό μπάλαστ, με κατάλληλη συσκευή έναυσης - εκκινητή, ή ειδικό ηλεκτρονικό μπάλαστ.

<sup>5</sup> Ο όρος «υψηλή πίεση» έχει μόνο σχετική έννοια και χρησιμοποιείται για τη διάκριση από τον αντίστοιχο λαμπτήρα νατρίου, χαμηλής πίεσης.

**Εφαρμογές:** φωτισμός βιομηχανικών χώρων, αυτοκινητοδρόμων εθνικού δικτύου, κεντρικών οδών εντός αστικών περιοχών, μνημείων κ.λπ..

### 3.3.5 Φωτεινοί σωλήνες νέον

Είναι λαμπτήρες εκκένωσης χαμηλής πίεσης που δε διαθέτουν εκκινητές και ηλεκτρόδια πυράκτωσης. Λειτουργούν μόνο με υψηλή τάση την οποία λαμβάνουν από μετασχηματιστές κατάλληλου τύπου. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές φωτεινών επιγραφών.

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπουν εξαρτάται από το είδος του ευγενούς αερίου το οποίο περιέχουν και από το χρώμα των γυάλινων περιβλημάτων των σωλήνων.

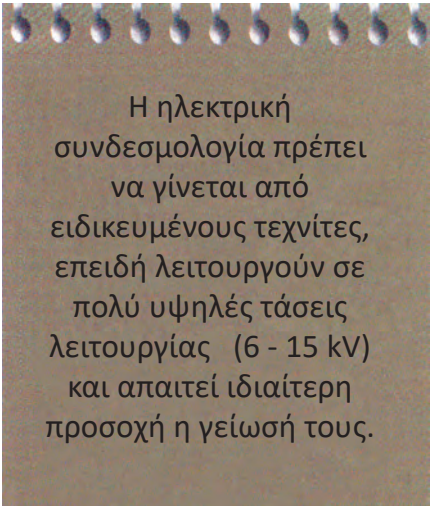
- Το αέριο νέον δημιουργεί κόκκινο χρώμα.
- Το άζωτο, χρυσοκίτρινο χρώμα.
- Το ήλιον, ανοικτό ροζ χρώμα.
- Το μίγμα νέον - ατμοί υδραργύρου, κυανό χρώμα.

Στην πράξη, επιτυγχάνονται μέχρι και τριάντα διαφορετικοί χρωματισμοί, με τη χρησιμοποίηση επικάλυψης από κατάλληλες φθορίζουσες ουσίες.

Η φωτιστική απόδοση των φωτεινών σωλήνων κυμαίνεται μεταξύ 20 και 30 lm / W.

Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 6000 ώρες και δεν επηρεάζεται από τη συχνότητα έναυσης.

Το μέγεθος της απαιτούμενης τάσης στο δευτερεύον του μετασχηματιστή εξαρτάται από την πτώση τάσης κατά μήκος του σωλήνα και από την πτώση τάσης στα ηλεκτρόδιά του.



Η ηλεκτρική συνδεσμολογία πρέπει να γίνεται από ειδικευμένους τεχνίτες, επειδή λειτουργούν σε πολύ υψηλές τάσεις λειτουργίας (6 - 15 kV) και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή η γείωσή τους.



## 4. Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

**Φ**ωτιστικό σώμα είναι κάθε διάταξη που διαμορφώνει την κατανομή στο χώρο της φωτεινής ακτινοβολίας, η οποία παράγεται από έναν ή περισσότερους λαμπτήρες.

**Κάθε φωτιστικό σώμα πρέπει να διαθέτει τις ακόλουθες ιδιότητες:**

1. Να παρέχει την κατάλληλη στήριξη στους λαμπτήρες, στα εξαρτήματα λειτουργίας τους (όπου απαιτείται) και στους αγωγούς σύνδεσης.
2. Να διανέμει κατάλληλα τη φωτεινή ροή του λαμπτήρα.
3. Να έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε η παραγόμενη από τον λαμπτήρα θερμότητα να παραμένει σε τέτοια όρια, που να μην επηρεάζεται η λειτουργία του.
4. Να είναι εύκολη η εγκατάσταση και η συντήρησή του.
5. Να είναι καλαίσθητο και να εναρμονίζεται με το περιβάλλον.

### ■ 4.1 Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- α) Ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής η οποία διαχέεται προς τα κάτω.
- β) Ανάλογα με το βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος έναντι του νερού και της σκόνης.
- γ) Ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος.

Για κάθε κατηγορία, οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν την αντίστοιχη διάκριση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.

α) Κατάταξη ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής

**Πίνακας 4.1: Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ως προς την κατανομή φωτεινής ροής.**

| Κατηγορία Φωτιστικού Σώματος | Κατανομή (%) της φωτεινής ροής ως προς το οριζόντιο επίπεδο |              |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|
|                              | Προς τα πάνω                                                | Προς τα κάτω |
| Άμεσο                        | 0 - 10                                                      | 90 - 100     |
| Ημι - άμεσο                  | 10 - 40                                                     | 60 - 90      |
| Διαχυτικό (Ομοιόμορφο)       | 40 - 60                                                     | 40 - 60      |
| Ημι - έμμεσο                 | 60 - 90                                                     | 10 - 40      |
| Έμμεσο                       | 90 - 100                                                    | 0 - 10       |

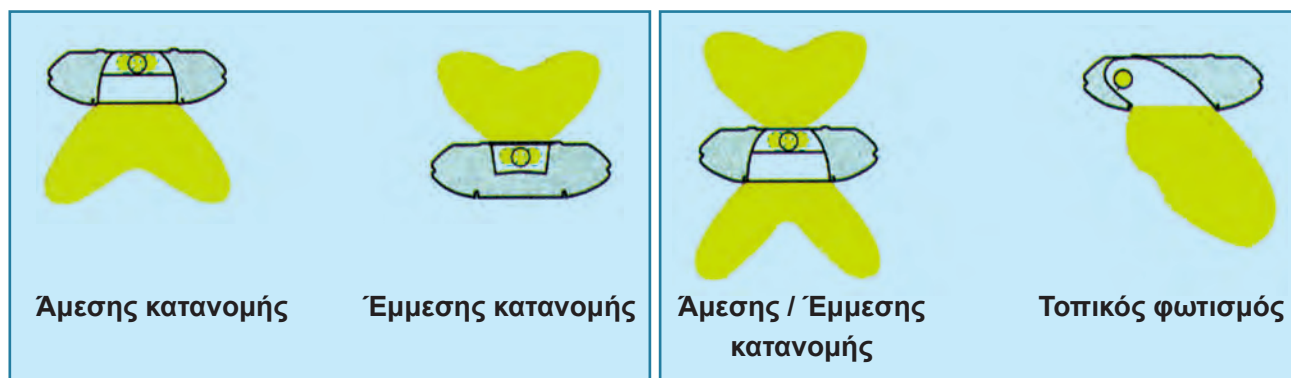
Με τον **άμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % της φωτεινής ροής των λαμπτήρων στέλνεται άμεσα προς τα κάτω, στο επίπεδο εργασίας. Οι απώλειες από απορρόφηση τοίχων και οροφής είναι μικρές και ο βαθμός απόδοσης του φωτισμού του χώρου είναι μεγάλος. Επειδή η οροφή φωτίζεται ελάχιστα, ο φωτισμός αυτός κρύβει τυχόν ακαλαίσθητα στοιχεία της (δοκοί, σιδηροκατασκευές κ.λπ.). Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί σκιές, τονίζοντας έτσι την τρίτη διάσταση των αντικειμένων. Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται να διακρίνουμε λεπτομέρειες, κυρίως σε εφαρμογές τοπικού φωτισμού.

Με τον **έμμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % στέλνεται προς την οροφή, απ' όπου μετά από ανάκλαση επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας. Ο φωτισμός αυτός έχει μεγάλες απώλειες, λόγω απορρόφησης στην οροφή και στους τοίχους του φωτιζόμενου χώρου, με συνέπεια το μικρό βαθμό απόδοσης. Χαρακτηριστικό του είναι ότι οι λαμπτήρες δεν είναι εμφανείς (κρυφός φωτισμός). Επειδή το φως έρχεται στα φωτιζόμενα αντικείμενα από όλες τις κατευθύνσεις, δεν υπάρχουν σκιές, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να μην μπορεί να διακρίνει τις προεξοχές από τις εσοχές στα αντικείμενα που παρατηρεί. Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί μια αίσθηση χαλαρότητας και ενδείκνυται για χώρους αναμονής.

Οι περισσότεροι ήπιες μορφές φωτισμού είναι ο ημιάμεσος και ο ημιέμμεσος. Ο ομοιόμορφος φωτισμός αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση.

Σε πολλές εφαρμογές φωτισμού, για διάφορους λόγους, χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού. Επειδή όμως διαθέτουν μεγάλη φωτιστική επιφάνεια

και το φως το οποίο παρέχουν είναι διάχυτο, πρέπει να συνδυάζονται με προβολείς τοπικού φωτισμού, για να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες των φωτιζόμενων αντικειμένων.



**Σχήμα 4.1: Σχηματική παράσταση φωτιστικών σωμάτων με κατανομή του φωτός**

β) Κατάταξη ανάλογα με το βαθμό προστασίας

Κάθε φωτιστικό σώμα χαρακτηρίζεται από τον κατασκευαστή του με το δείκτη προστασίας IP και με δύο αριθμούς, π.χ. IP 44. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από εισχώρηση στερεών σωμάτων ή σκόνη και ο δεύτερος αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από νερό.

**Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων**

| Προστασία από στερεά σώματα                                                                                                                | Προστασία από υγρά                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0.</b> Δεν υπάρχει καμιά προστασία έναντι της εισχώρησης ξένων σωμάτων.                                                                 | <b>0.</b> Δεν υπάρχει καμιά προστασία έναντι του νερού.<br><b>1.</b> Προστασία από νερό που στάζει κάθετα.                              |
| <b>1.</b> Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μεγάλων διαστάσεων, μεγαλύτερων των 50 mm (π.χ. προστασία από ακούσια επαφή με το χέρι). | <b>2.</b> Προστασία από σταγόνες νερού. Η προστασία αυτή πρέπει να ισχύει για γωνία κλίσης του φωτιστικού μέχρι 15° από την κατακόρυφο. |
| <b>2.</b> Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μέσου μεγέθους, μεγαλύτερων των 12 mm (π.χ. προστασία από επαφή με τα δάκτυλα).          | <b>3.</b> Προστασία από βροχή. Η προστασία αυτή πρέπει να ισχύει για γωνία πτώσης της βροχής μέχρι και 60° από την κατακόρυφο.          |

**Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων**

| Προστασία από στερεά σώματα                                                                                                                                                        | Προστασία από υγρά                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μικρού μεγέθους, μεγαλύτερων των 2,5 mm (π.χ. εργαλεία, καλώδια).                                                                       | 4. Προστασία από υγρό το οποίο ρίχνεται με οποιαδήποτε γωνία στο φωτιστικό σώμα.                                                                            |
| 4. Προστασία από είσοδο στερεών σωμάτων μεγαλύτερων του 1 mm (π.χ. λεπτά εργαλεία, λεπτά σύρματα).                                                                                 | 5. Προστασία από νερό το οποίο εκτοξεύεται πάνω στο φωτιστικό σώμα από όλες τις κατευθύνσεις.                                                               |
| 5. Υπάρχει προστασία από τη σκόνη σε τέτοιο βαθμό, ώστε η σκόνη που εισχωρεί να μη δημιουργεί προβλήματα στη λειτουργία του φωτιστικού και να μην αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά του. | 6. Προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση, ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα, από όλες τις κατευθύνσεις.                                                             |
| 6. Υπάρχει απόλυτη προστασία από τη σκόνη. Το φωτιστικό σώμα είναι κονιορτοστεγές.                                                                                                 | 7. Προστασία από νερό, όταν το φωτιστικό σώμα εμβαπτίζεται μέσα στο νερό σε μικρό βάθος και σε μικρή χρονική διάρκεια. Το φωτιστικό σώμα είναι υδατοστεγές. |
|                                                                                                                                                                                    | 8. Προστασία από βύθιση διάρκειας στο νερό και σε βάθος.                                                                                                    |

γ) Κατάταξη σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία

Τα φωτιστικά σώματα ταξινομούνται σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία ως: Κλάση 0, Κλάση I, Κλάση II και Κλάση III.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει την κατάταξη των φωτιστικών σωμάτων με κριτήριο την ηλεκτρική τους προστασία.

Πίνακας 4.3: Κλάσεις προστασίας φωτιστικών σωμάτων

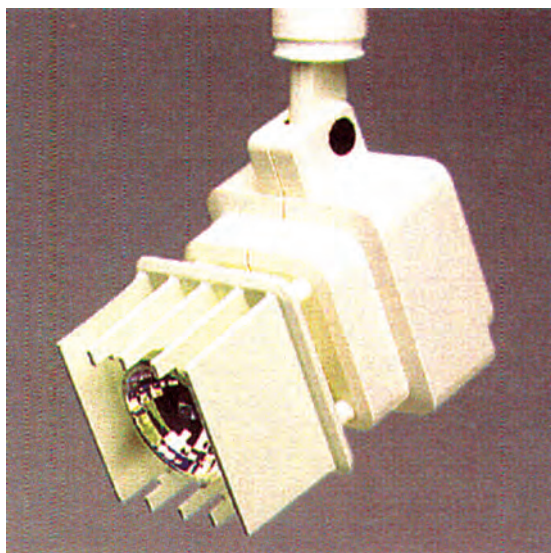
| Κατηγορία φωτιστικού σώματος | Σύμβολο | Περιγραφή ηλεκτρικής προστασίας                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                            |         | Φωτιστικό σώμα το οποίο δε διαθέτει βίδα γείωσης και διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Η προστασία από ηλεκτροπληξία εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1                            |         | Φωτιστικό σώμα το οποίο διαθέτει βίδα γείωσης ή επαφή γείωσης. Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά περιέχει ένα επιπρόσθετο μέτρο ασφαλείας, με τη μορφή μέσων για τη σύνδεση των προσιτών αγωγικών μερών στον αγωγό προστασίας (γείωσης) της σταθερής συρμάτωσης της εγκατάστασης, έτσι που να μην μπορούν να τεθούν υπό τάση τα προσιτά αυτά αγωγίμα μέρη, σε περίπτωση αστοχίας της βασικής μόνωσης. |
| 11                           | II      | Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά έχουν προβλεφθεί επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας, όπως διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Δε διαθέτει επαφή ή βίδα γείωσης.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 111                          | III     | Φωτιστικό σώμα το οποίο προορίζεται για πολύ χαμηλές τάσεις τροφοδοσίας. Η προστασία από ηλεκτροπληξία βασίζεται στο γεγονός ότι το φωτιστικό λειτουργεί με πολύ χαμηλή τάση, η οποία δε δημιουργεί κανένα κίνδυνο για τον άνθρωπο. Ένα φωτιστικό σώμα αυτής της Κλάσης δεν πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μέσα για γείωση προστασίας.                                                                                                          |

## ■ 4.2 Τύποι φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων

Τα φωτιστικά σώματα γενικής χρήσης τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να καταταγούν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες:

### 1. Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες πυράκτωσης

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία φωτιστικών σωμάτων, κυρίως διακοσμητικού χαρακτήρα. Η χρήση των περισσότερων απ' αυτά σωμάτων είναι αποτέλεσμα απλής επιλογής και όχι φωτοτεχνικής μελέτης. Στις μελέτες φωτισμού, δύο τύποι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτοί ανήκουν στην κατηγορία φωτιστικών σωμάτων σημειακού φωτισμού (τύπος SPOT). Τα SPOT μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά σε ψευδοροφές είτε εξωτερικά, με τη μορφή μικρών προβολέων.



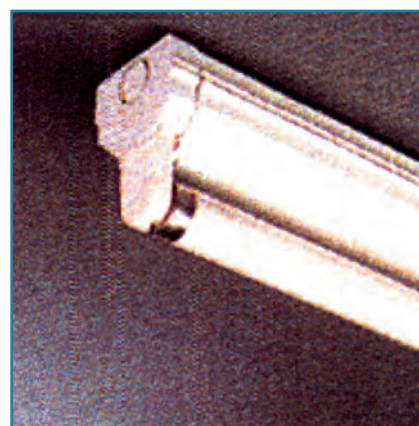
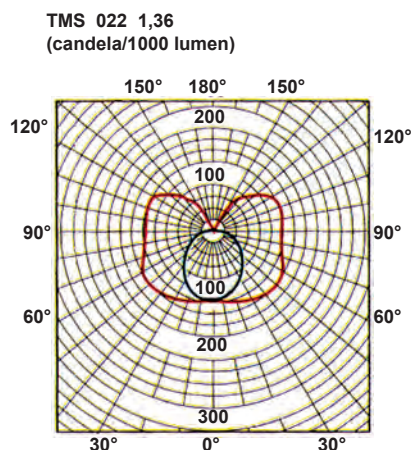
Σχήμα 4.2: Διάφορες μορφές SPOT

## 2. Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες φθορισμού

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι περισσότεροι τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στις μελέτες φωτισμού. Διακρίνονται σε:

### α. Απλά φωτιστικά σώματα ή σκαφάκια

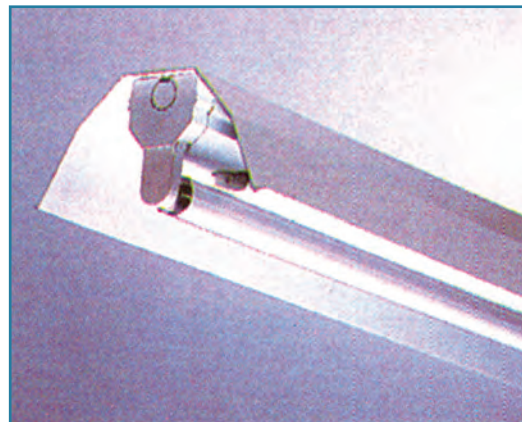
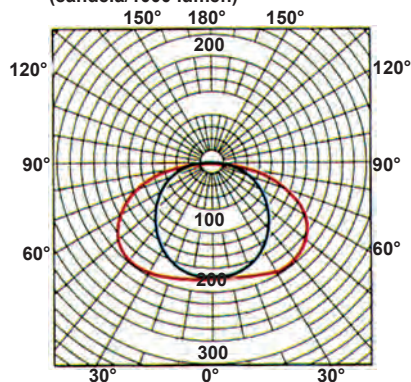
Τα σκαφάκια απλού ή βιομηχανικού τύπου αποτελούν την απλούστερη μορφή φωτιστικού σώματος φθορισμού. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η εξωτερική εμφάνιση του φωτιστικού σώματος δεν έχει σημασία.



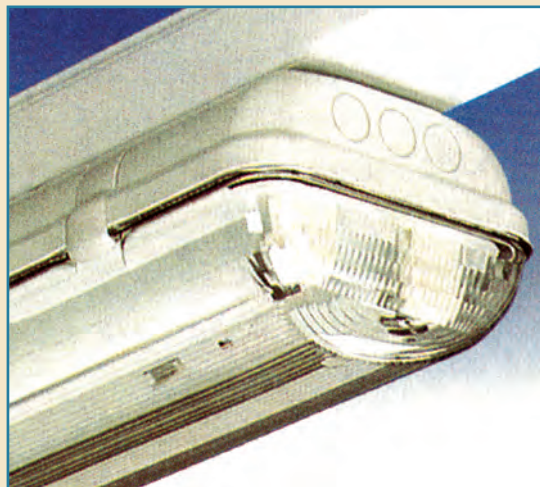
Σχήμα 4.3: Σκαφάκι

**β. Σκαφάκια  
βιομηχανικού τύπου  
με ανταυγαστήρες.**

TMS 022 1,36 + GMS 022  
(candela/1000 lumen)



**Σχήμα 4.4:**  
**Σκαφάκι με ανταυγαστήρα**



**γ. Φωτιστικά σώματα με πλαστικό κάλυμμα**

Υπάρχουν διάφορα είδη πλαστικού καλύμματος, όπως διαφανές, πρισματικό, γαλακτόχρουν κ.λπ.. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωτισμού εσωτερικών χώρων, όπου η εμφάνιση του φωτιστικού σώματος έχει και διακοσμητική σημασία.

**Σχήμα 4.5:** Φωτιστικό σώμα  
με πλαστικό κάλυμμα

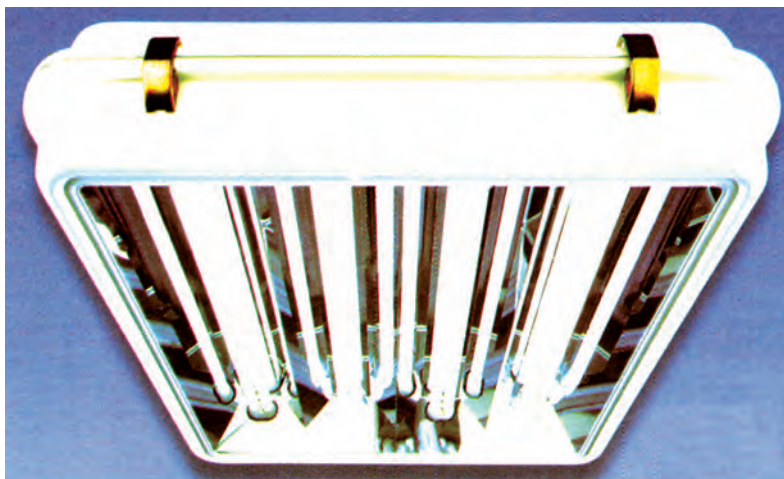
**δ. Φωτιστικά σώματα με περσίδες**



**Σχήμα 4.6:** Φωτιστικό σώμα με περσίδες

### ε. Φωτιστικά σώματα ειδικών εφαρμογών

Τέτοια φωτιστικά σώματα διαθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως το να είναι στεγανά, αντiekρηκτικά, κατάλληλα για ιατρικές εφαρμογές κ.λπ..



Σχήμα 4.6: Φωτιστικό σώμα με περσίδες

## ■ 4.3 Φωτιστικά ασφαλείας

Όλα τα σύγχρονα φωτιστικά σώματα φθορισμού μπορούν να εξοπλιστούν με συνδεσμολογία και εξαρτήματα για λειτουργία με αυτόματο σύστημα φωτισμού ασφαλείας, εφόσον το επιτρέπουν οι διαστάσεις του φωτιστικού. Κατά τη διακοπή της τάσης τροφοδότησης της εγκατάστασης, ανάβει ένας από τους λαμπτήρες του φωτιστικού, περίπου στο 20% της ονομαστικής φωτεινής ροής του. Τα χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι τα εξής:

1. Μόνιμη λειτουργία. Το φωτιστικό λειτουργεί κανονικά, με την τάση τροφοδοσίας του δικτύου.
2. Αντιστροφή της τάσης με ηλεκτρονικό μετατροπέα (inverter), παρέχοντας προστασία έναντι ολικής εκφόρτισης της μπαταρίας.
3. Μπαταρία νικελίου - καδμίου.
4. Ενδεικτική λυχνία (LED), για την παρουσία τροφοδοσίας και τη φόρτιση της μπαταρίας.
5. Χρόνος επαναφόρτισης της μπαταρίας, 24 ώρες.
6. Αυτονομία για μία ώρα. Είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αυτονομία, ανάλογα με το φορτίο που υποστηρίζει η μπαταρία.

Στην πράξη, συνήθως χρησιμοποιούνται αυτόνομα φωτιστικά σώματα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

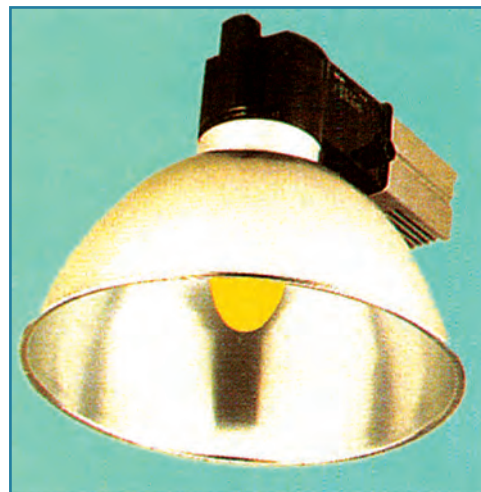
1. Επαναφορτιζόμενο φωτιστικό ασφαλείας με έναν ή δύο λαμπτήρες φθορισμού, ισχύος συνήθως 8 W.
2. Λειτουργεί (ανάβει), όταν υπάρξει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Έχει αυτόματη επαναφορά, όταν αποκατασταθεί η τάση στο δίκτυο, και παραμένει σε κατάσταση ετοιμότητας.
4. Διαθέτει μπουτόν για τον έλεγχο λειτουργίας του λαμπτήρα.
5. Έχει αυτονομία 6 - 7 ώρες για συνεχή λειτουργία ενός λαμπτήρα ή 3,5 ώρες για τη λειτουργία και των δύο.

Έχουν εφαρμογές σε καταστήματα, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, τράπεζες, εργοστάσια, σχολεία, θέατρα, κλιμακοστάσια κ.λπ..

## ■ 4.4 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή νατρίου

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος είναι ο τύπος «καμπάνα», με ανακλαστήρα στενής ή ευρείας δέσμης. Είναι κατάλληλος για εσωτερικούς χώρους με ύψος μεγαλύτερο από 5m και για ένα λαμπτήρα ατμών υδραργύρου ή νατρίου υψηλής πίεσης, ισχύος 250W, 400W.

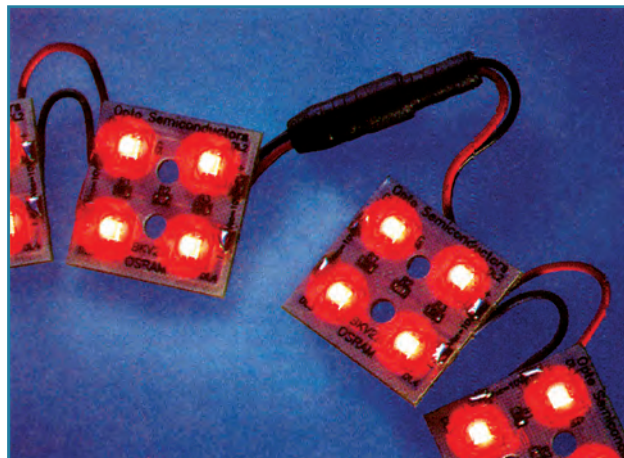
Χρησιμοποιείται για το φωτισμό βιομηχανικών χώρων, αποθηκευτικών χώρων, σταθμών αυτοκινήτων και κλειστών αθλητικών χώρων, όπως γήπεδα, γυμναστήρια κ.λπ..



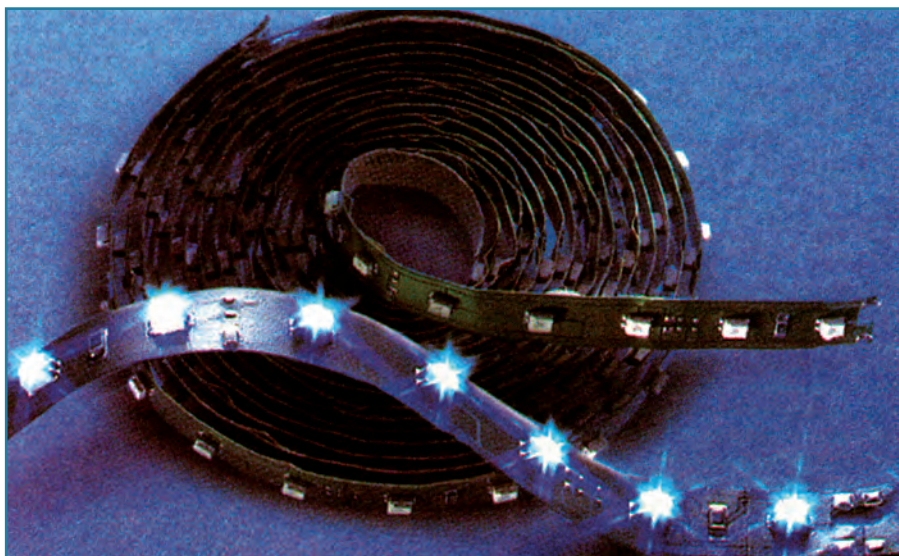
Σχήμα 4.8: Φωτιστικό σώμα ατμών υδραργύρου

## ■ 4.5 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες LED

Είναι φωτιστικά σώματα που μπορούν να περιέχουν σε κατάλληλες επιφάνειες έως και μερικές χιλιάδες διόδους φωτοεκπομπής (LED). Οι διόδοι φωτοεκπομπής έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (100.000 ώρες λειτουργίας), μικρές διαστάσεις (μερικά χιλιοστά), μεγάλη αντοχή σε χτυπήματα και κραδασμούς, δεν εκπέμπουν υπέρυθρες ή υπεριώδεις ακτινοβολίες και έχουν πολύ μικρή κατανάλωση.



Σχήμα 4.9: Δίοδοι φωτοεκπομπής



## ■ 4.6 Φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως είναι:

- ο φωτισμός πολύ μικρών χώρων, όπως οι βιτρίνες καταστημάτων και πίνακες ανακοινώσεων,
- ο φωτισμός σε χώρους με αυξημένη υγρασία, όπως είναι οι πισίνες, σε χώρους με επικίνδυνα εύφλεκτα αέρια και γενικά σε εφαρμογές όπου το ηλεκτρικό ρεύμα θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα,
- ο φωτισμός έργων τέχνης, όπου απαιτείται πολύ μικρή εκπομπή θερμότητας και μηδαμινή υπεριώδης ακτινοβολία,
- ο φωτισμός στη σηματοδότηση της κυκλοφορίας των οχημάτων και διαφημιστικών επιγραφών,

Τα συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται και σε πλήθος άλλων εφαρμογών.

**Κάθε σύστημα οπτικών ινών αποτελείται:**

- α) από τη φωτεινή πηγή,**
- β) από την οπτική ίνα και**
- γ) από την απόληξη της οπτικής.**

Η φωτεινή πηγή περιλαμβάνει την ανάλογη λυχνία, τα απαραίτητα φίλτρα και ένα μικρό ανεμιστήρα ψύξης. Παράγει και εκπέμπει το φως προς το βύσμα, όπου ενώνονται όλες οι οπτικές ίνες της διάταξης. Μέσα στη φωτεινή πηγή και μεταξύ της λυχνίας και του βύσματος, παρεμβάλλονται φίλτρα για τον περιορισμό της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Υπάρχει επίσης και η δυνατότητα χρησιμοποίησης περιστρεφόμενου δίσκου με διάφορα χρωματιστά φίλτρα, για τη δημιουργία φωτιστικών εφέ.

Η οπτική ίνα που φτάνει από την πηγή μέχρι το χώρο που απαιτείται να φωτιστεί, έχει συνήθως μήκος 8 - 9 μέτρα. Η ελεύθερη απόληξη της οπτικής ίνας παρέχει το φως που έχει μεταφερθεί μέσω της ίνας με τη μορφή δέσμης γωνίας  $60^\circ$ .

Με ειδικά μηχανήματα δίνεται η δυνατότητα να μεγαλώσει ή να μικρύνει η δέσμη, δίνοντας στον φωτιζόμενο χώρο την ατμόσφαιρα που απαιτεί η εφαρμογή.

Η πολύ μικρή διατομή των οπτικών ινών και η δυνατότητα πολλαπλών αναχωρήσεων από το βύσμα προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες φωτισμού.



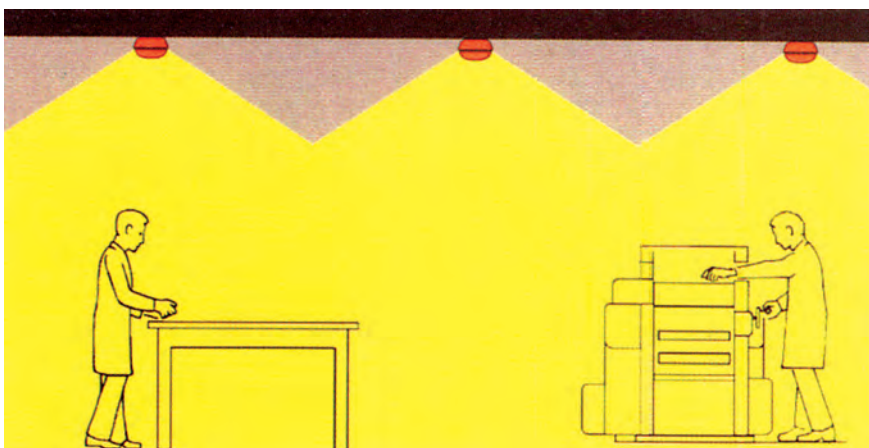
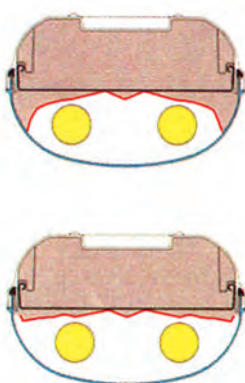
**Σχήμα 4.10:**  
**Διάταξη φωτισμού**  
**με οπτικές ίνες**

## ■ 4.7 Ανταυγαστήρες

Στις φωτοτεχνικές εφαρμογές, πολλές φορές απαιτείται να δώσουμε διάφορες μορφές (παράλληλη, συγκεντρωτική, διαχεόμενη κ.λπ.) στην ανακλώμενη δέσμη. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση στα φωτιστικά σώματα ανταυγαστήρων κατάλληλου σχήματος και υλικού. Χρησιμοποιώντας παραβολικούς ανταυγαστήρες, αυξάνονται οι αποδόσεις του φωτιστικού μέχρι και 25%. Βελτιώνοντας το φωτισμό στο επίπεδο εργασίας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του λειτουργικού κόστους. Συνήθως, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι ανταυγαστήρων:

### A. Ανταυγαστήρες ευρείας δέσμης

Για χρήση σε χώρους με ύψος από 3 έως 6 μέτρα.



Σχήμα 4.11: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα ευρείας δέσμης

### B. Ανταυγαστήρες συγκεντρωτικής δέσμης

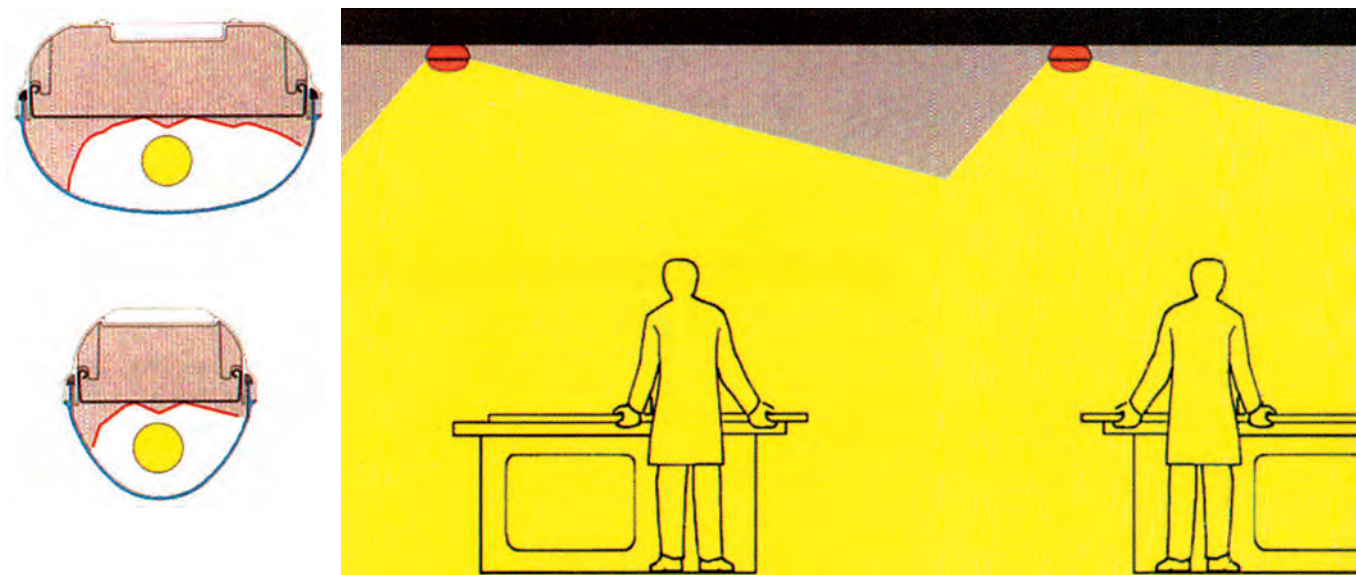
Για χρήση σε χώρους με ύψος πάνω από 4 μέτρα ή όπου απαιτείται έντονος φωτισμός.



Σχήμα 4.12: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα συγκεντρωτικής δέσμης

### Γ. Ανταυγαστήρες ασύμμετρης δέσμης

Για χρήση σε χώρους όπου υπάρχει ανάγκη για ακριβή εστίαση της φωτεινής ροής στο επίπεδο εργασίας.



Σχήμα 4.13: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα ασύμμετρης δέσμης



Σχήμα 4.14: Τύποι ανταυγαστήρων

## ■ 4.8 Στάθμη φωτισμού και χώρος εργασίας

Το ανθρώπινο μάτι αποκτά τη μέγιστη οξύτητα όρασης σε στάθμες φωτισμού από 10.000 έως 20.000 Lux.

**Όμως, στις εγκαταστάσεις φωτισμού λαμβάνουμε υπόψη:**

- ❖ τη λαμπρότητα του επιπέδου εργασίας (επιφάνεια της οποίας ο φωτισμός μας ενδιαφέρει),
- ❖ τη λαμπρότητα των επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου και κυρίως
- ❖ το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας,

οπότε η στάθμη φωτισμού Ε λαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες τιμές:

Για φωτισμό διαδρόμων και εσωτερικών χώρων οι οποίοι δε χρησιμοποιούνται συχνά 20 - 200 Lux,

- για γενικό φωτισμό χώρων εργασίας, 200 - 2000 Lux,
- για τοπικό ή συμπληρωματικό φωτισμό, 2000 - 20000 Lux.

Ο κακός φωτισμός προκαλεί κούραση, βλάπτει την υγεία, μειώνει την απόδοση των εργαζομένων και αποτελεί αιτία ατυχημάτων.

**Ανάλογα με το χώρο και το είδος εργασίας, απαιτείται και διαφορετική ποσότητα φωτισμού.**

Επίσης, στην επιλογή της στάθμης φωτισμού ενός χώρου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ηλικία αυτών που διαμένουν ή εργάζονται σ' αυτόν. Οι ηλικιωμένοι έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις φωτισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρεται η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού για ορισμένους χώρους εργασίας ή διαμονής. Από την προσεκτική μελέτη του πίνακα, ο ενδιαφερόμενος μπορεί κατ' αντιστοιχία να αντιληφθεί τις ανάγκες φωτισμού οποιουδήποτε χώρου, αρκεί να του δοθούν οι σχετικές προδιαγραφές του χώρου.

Έχοντας υπόψη την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού Ε σε Lux μιας επιφάνειας, μπορούμε να επιλέξουμε τους κατάλληλους λαμπτήρες (φωτεινή ροή σε lumen) και τα φωτιστικά (συντελεστή απόδοσης).

**Πίνακας 4.4: Απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού E σε Lux, ανά είδος εργασίας**

| Είδος Εργασίας                                                                                                                                                                                                                                                              | Συνιστώμενα Lux                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ</b><br>Σαλόνι, κουζίνα, υπνοδωμάτιο, διάδρομοι<br>Τοπικός φωτισμός για διάβασμα<br>Τοπικός φωτισμός για τραπέζι κουζίνας, νιπτήρα<br>Τοπικός φωτισμός για κρεβάτια παιδιών, καθρέφτες                                                                          | 150<br>500 - 1000<br>250 - 500<br>70 - 200                                          |
| <b>ΣΧΟΛΕΙΑ</b><br>Νηπιαγωγεία<br>Δημοτικά<br>Αίθουσες διδασκαλίας (Γυμνασίων, Λυκείων, ΤΕΕ)<br>Εργαστήρια<br>Σχεδιαστήρια                                                                                                                                                   | 100 - 200<br>200 - 400<br>250 - 500<br>250 - 500<br>500 - 1000                      |
| <b>ΓΡΑΦΕΙΑ - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ</b><br>Λογιστήρια, δακτυλογράφοι<br>Αίθουσες συνεδριάσεων<br>Αίθουσες αναμονής<br>Γραφεία                                                                                                                                                         | 500 - 1000<br>250 - 500<br>150 - 400<br>250 - 500                                   |
| <b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ</b><br>Γραφεία γιατρών (γενικός φωτισμός)<br>Γραφεία γιατρών (τράπεζα εργασίας)<br>Χειρουργείο (τράπεζα εργασίας)<br>Οδοντιατρείο (πολυθρόνα)<br>Βιβλιοθήκη                                                                                                   | 150<br>500 - 1000<br>20000 - 40000<br>5000 - 10000<br>250 - 500                     |
| <b>ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ</b><br>Βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (γενικός φωτισμός)<br>" " συμπληρωματικός με spots<br>Βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (γενικός φωτισμός)<br>" " συμπληρωματικός με spots<br>Εσωτερικός φωτισμός για καταστήματα μεγάλων πόλεων<br>" " άλλων περιοχών | 1000 - 2000<br>5000 - 10000<br>500 - 1000<br>2500 - 5000<br>500 - 1000<br>250 - 500 |
| <b>ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ - ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ</b><br>Υπνοδωμάτια (γενικός φωτισμός)<br>" (τοπικός κρεβατιών)<br>Λουτρά<br>" συμπληρωματικός φωτισμός καθρεφτών<br>Κουζίνες<br>Διάδρομοι - σκάλες                                                                                               | 150<br>250 - 500<br>150<br>250 - 500<br>250 - 500<br>150                            |
| <b>ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ</b><br>Συνεργεία (γενικός φωτισμός)<br>Χώρος στάθμευσης<br>Λιπαντήριο, πλυντήριο<br>Έκθεση αυτοκινήτων, τράπεζα εργασίας                                                                                                                             | 250 - 500<br>150<br>250 - 500<br>500 - 1000                                         |
| <b>ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ</b><br>Αίθουσες αναμονής, αναψυκτήριο, πλατφόρμα<br>Χώροι έκδοσης εισιτηρίων και γραφεία                                                                                                                                                          | 150<br>500 - 1000                                                                   |



## 5. Μελέτες φωτισμού εσωτερικών χώρων

**Η** φωτεινή ροή που εξέρχεται από ένα φωτιστικό σώμα είναι πάντα μικρότερη από τη φωτεινή ροή  $\Phi_o$ , η οποία αποδίδεται από τον λαμπτήρα ή τους λαμπτήρες του σώματος αυτού, λόγω απορρόφησης. Επίσης, στο επίπεδο εργασίας του φωτιζόμενου χώρου, μόνο ένα μέρος από αυτή τη φωτεινή ροή προσπίπτει σε αυτό. Το υπόλοιπο μέρος προσπίπτει στην οροφή και στους τοίχους του χώρου και κάποιο ποσοστό του επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας.

**Η συνολική φωτεινή ροή που προσπίπτει άμεσα ή έμμεσα στο επίπεδο εργασίας ονομάζεται ωφέλιμη ροή  $\Phi_n$ .**

Η ωφέλιμη φωτεινή ροή εξαρτάται από τον τύπο του φωτιστικού σώματος, κυρίως από τον τύπο διανομής του φωτός από αυτό (π.χ. άμεσος φωτισμός), από τις διαστάσεις του φωτιζόμενου χώρου (μήκος  $l$ , πλάτος του χώρου  $w$  και ύψος  $h$  του φωτιστικού σώματος από το επίπεδο εργασίας) και από την ανακλαστικότητα των τοίχων  $r_w$  και της οροφής  $r_c$ .

Καλείται συντελεστής χρησιμοποίησης  $n$  του φωτιστικού σώματος το πηλίκο:

$$n = \Phi_n / \Phi_o$$

### ■ 5.1 Μελέτες φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie)

Η μέθοδος μελέτης φωτισμού που θα περιγραφεί οφείλεται στο μελετητή φωτισμού J.W Favie και βασίζεται κυρίως σε εμπειρικά δεδομένα.

Αν θεωρήσουμε επίπεδο εργασίας εμβαδού  $S$ , στο οποίο προσπίπτει φωτεινή ροή  $\Phi_n$ , ο μέσος φωτισμός θα δίνεται από τη σχέση:  $E = \Phi_n / S$

Λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή χρησιμοποίησης  $n$ , τότε ο μέσος φωτισμός θα δίνεται από τη σχέση :

$$E = n \Phi_o / S \quad \text{ή}$$

$$\Phi_o = E S / n$$

Η σχέση αυτή παρέχει την απαιτούμενη συνολική φωτεινή ροή  $\Phi_o$  του λαμπτήρα ή των λαμπτήρων, για δεδομένο χώρο και με γνωστό το συντελεστή χρησιμοποίησης  $n$  του φωτιστικού σώματος.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης λαμβάνεται από τους μελετητές φωτισμού από κατάλληλους πίνακες.

Οι πίνακες  $\Pi_1 - \Pi_{11}$  (βλέπε Παράρτημα) δίνουν το **συντελεστή χρησιμοποίησης  $n$**  σε καινούργιες εγκαταστάσεις, για συγκεκριμένους λαμπτήρες και φωτιστικά, σε συνάρτηση με:

- το συντελεστή απόδοσης του φωτιστικού  $\nu$  (με κατανομή % της φωτεινής ροής προς τα κάτω),
- το δείκτη χώρου  $k$  και
- τους συντελεστές ανάκλασης της οροφής  $r_c$  και των τοίχων  $r_w$ .

Επιπλέον, στους πίνακες δίνεται και ο συντελεστής συντήρησης  $\mu$ .

**Ο δείκτης χώρου  $k$** , που αναφέρεται στους πίνακες παίρνει τιμές από 1 έως 10 και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k = (2 l + 8 w) / 10 h$$

όπου:  $l$  = το μήκος του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί

$w$  = το πλάτος του χώρου

$h$  = η κατακόρυφη απόσταση του επιπέδου εργασίας από το φωτιστικό σώμα.

Ως **επίπεδο εργασίας** λαμβάνεται συνήθως οριζόντιο επίπεδο το οποίο απέχει από το δάπεδο 80 εκατοστά. Αυτή η απόσταση αντιστοιχεί στο σύνθηδες ύψος των γραφείων, θρανίων, πάγκων εργασίας κ.λπ.. Στην περίπτωση της μελέτης φωτισμού διαδρόμων, για να μπορούμε να βλέπουμε όταν βαδίζουμε, λαμβάνεται ως επίπεδο εργασίας το ύψος των 25 -30 εκατοστών.

**Οι ανακλαστικές ιδιότητες των τοίχων  $r_w$  και της οροφής  $r_c$**  για πρακτικούς λόγους, κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

| Συντελεστής ανάκλασης τοίχων $r_w$ |                     |
|------------------------------------|---------------------|
| 0,1                                | Για σκούρα χρώματα  |
| 0,3                                | Για μέσα χρώματα    |
| 0,5                                | Για ανοιχτά χρώματα |

Πίνακας 5.1: Συντελεστές ανάκλασης τοίχων

| Συντελεστής ανάκλασης οροφής $r_c$ |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 0,3                                | Για μέσα χρώματα                   |
| 0,5                                | Για ανοιχτά χρώματα                |
| 0,7                                | Για πολύ ανοιχτά έως λευκά χρώματα |

Πίνακας 5.2: Συντελεστές ανάκλασης οροφής

Ο **συντελεστής συντήρησης  $\mu$**  της εγκατάστασης είναι συνδυασμός του βαθμού ρύπανσης του χώρου στον οποίο βρίσκεται το φωτιστικό σώμα και της περιόδου καθαρισμού του<sup>6</sup>.

Κάθε φωτιστικό σώμα δέχεται ρύπανση η οποία μπορεί να είναι ελαφρά, μέση ή υψηλή. Επιπρόσθετα, η κατάσταση του φωτιστικού σώματος δεν εξαρτάται μόνο από τη ρύπανση του χώρου αλλά και από τη συχνότητα καθαρισμού του φωτιστικού σώματος. Έτσι, κάθε κατηγορία ρύπανσης υποδιαιρείται σε τρεις υποκατηγορίες Α, Β, ή C, που αντιστοιχούν στον καθαρισμό του φωτιστικού σώματος μία φορά κάθε ένα, δύο ή τρία έτη αντίστοιχα.

Ο συντελεστής συντήρησης λαμβάνεται υπόψη, για να υπολογίσουμε:

- τον πραγματικό φωτισμό ενός χώρου από δεδομένο φωτιστικό σώμα ή
- τον απαιτούμενο φωτισμό που πρέπει να παρέχει ένα φωτιστικό σώμα σε δεδομένες απαιτήσεις φωτισμού μιας επιφάνειας.

**Παράδειγμα:** Φωτιστικό σώμα, σε ιδανικές συνθήκες λειτουργίας, παρέχει θεωρητικά φωτισμό σε επιφάνεια  $E_{\theta} = 250 \text{ Lux}$ . Σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, η εγκατάσταση έχει συντελεστή συντήρησης  $\mu = 2,5$ . Να υπολογιστεί ο πραγματικός φωτισμός της επιφάνειας  $E_{\pi\rho}$ :

$$E_{\pi\rho} = E_{\theta} / \mu = 100 \text{ Lux}$$

Αν απαιτείται για την ίδια επιφάνεια σταθερός φωτισμός  $E_{\pi\rho} = 250 \text{ Lux}$  σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, με τον ίδιο συντελεστή συντήρησης ( $\mu = 2,5$ ), τότε το φωτιστικό σώμα πρέπει να αποδίδει:

$$E_{\theta} = E_{\pi\rho} \cdot 2,5 = 625 \text{ Lux}$$

#### Σημείωση:

Για την υλοποίηση των φωτοτεχνικών μελετών, οι μελετητές φωτισμού χρησιμοποιούν κατάλληλα λογισμικά προγράμματα διαφόρων εταιρειών, όπως Philips, Hofneistar, Pissano, Zuntobel, Lighting Technologies.

- ❖ Το εντυπωσιακό είναι ότι ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να βλέπει, εκτός από τα πολικά διαγράμματα του φωτιστικού και του λαμπτήρα, την τιμή του φωτισμού σε κάθε σημείο του χώρου (επίπεδο εργασίας, πλαϊνός τοίχος, οροφή κ.λπ.).
- ❖ Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης του χώρου όπου είναι αναρτημένα τα φωτιστικά, προτείνει καλύτερες λύσεις και κάνει πλήρη οικονομοτεχνική μελέτη.

<sup>6</sup> Σε ειδικές φωτοτεχνικές μελέτες, όπως είναι ο φωτισμός μουσείων, αιθουσών τέχνης κ.λπ., στο συντελεστή συντήρησης υπεισέρχεται και ο παράγοντας γήρανσης των λαμπτήρων.

## ■ 5.2 Παραδείγματα φωτοτεχνικών μελετών με τη μέθοδο φωτεινής ροής

### 1ο Παράδειγμα

Να πραγματοποιηθεί μελέτη φωτισμού αίθουσας διδασκαλίας, μήκους  $l=8$  και πλάτους  $W=7$  μέτρων, δηλαδή με εμβαδόν  $S = 8 \times 7 = 56 \text{ m}^2$ , σε δύο περιπτώσεις:

**1.** Εάν η αίθουσα διαθέτει οροφή λευκού χρώματος (συντελεστής ανάκλασης  $r_c = 0,7$ ) και τοίχους με ανοιχτόχρωμο χρώμα (συντελεστής ανάκλασης  $r_w = 0,5$ ). Ο βαθμός ρύπανσης των φωτιστικών είναι μέσος και ο καθαρισμός τους προβλέπεται να γίνεται κάθε δύο χρόνια. Η αίθουσα έχει ύψος 3,2 μέτρα και το ύψος των θρανίων (επίπεδο εργασίας) είναι 0,8 μέτρα. Δηλαδή, η απόσταση φωτιστικού σώματος - επιπέδου εργασίας είναι  $h = 2,4$  μέτρα.

**2.** Εάν η αίθουσα διαθέτει οροφή ανοικτού χρώματος (συντελεστής ανάκλασης 0,5) και τοίχους με σκούρο χρώμα (συντελεστής ανάκλασης 0,1). Ο βαθμός ρύπανσης των φωτιστικών είναι μέσος και ο καθαρισμός τους προβλέπεται να γίνεται κάθε τρία χρόνια.

Και για τις δύο περιπτώσεις, ο απαιτούμενος φωτισμός είναι  $E = 400 \text{ Lux}$ .

Για την υλοποίηση της μελέτης, ακολουθούνται τα ακόλουθα βήματα:

1. Καθορισμός της απαιτούμενης τιμής φωτισμού
2. Επιλογή του κατάλληλου φωτιστικού σώματος
3. Επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα
4. Υπολογισμός του δείκτη χώρου ( $k$ )
5. Εύρεση του δείκτη συντήρησης ( $\mu$ )
6. Εύρεση του συντελεστή χρησιμοποίησης ( $n$ )
7. Υπολογισμός απαιτούμενης φωτεινής ροής
8. Εύρεση απαιτούμενου συνολικού αριθμού φωτιστικών σωμάτων
9. Τοποθέτηση φωτιστικών με βάση τη συμμετρία του χώρου

Εκτός από τα παραπάνω μπορεί να γίνει και οικονομοτεχνική μελέτη (κόστος φωτιστικού, κόστος λαμπτήρα, συνολική εγκατεστημένη ισχύς) της όλης εγκατάστασης.

### Επίλυση

**1.** Από τον Πίνακα 4.4, διαπιστώνουμε ότι ο φωτισμός των 400 Lux για αίθουσα διδασκαλίας είναι ικανοποιητικός.

**2.** Επιλέγουμε τη χρήση φωτιστικού με δύο λαμπτήρες φθορισμού, με περσίδες άμεσου φωτισμού, με συντελεστή απόδοσης 60% και κατανομή φωτός όλη προς τα κάτω και χαρακτηριστικά του Πίνακα Π5 του παραρτήματος.

**3.** Επιλέγουμε λαμπτήρα φθορισμού 36 W, με δείκτη χρωματικής απόδοσης:  $R_a = 84$ , φωτεινής ροής 3300 lm.

## Επίλυση

**4.** Υπολογίζουμε το δείκτη χώρου, ο οποίος είναι:

$$k = 2\ell + 8W / 10h = 2 \times 8 + 8 \times 7 / 10 \times 2,4 = 3$$

**5.** Βρίσκουμε το συντελεστή συντήρησης. Από τον Πίνακα Π5 διαπιστώνεται ότι για την πρώτη περίπτωση ο συντελεστής συντήρησης είναι  $\mu = 1,90$  και για τη δεύτερη  $\mu = 2,15$ .

**6.** Με δεδομένα για την 1<sup>η</sup> περίπτωση  $r_c = 0,7$  και  $r_w = 0,5$  και για την 2<sup>η</sup>  $r_c = 0,5$  και  $r_w = 0,1$  οι αντίστοιχοι συντελεστές χρησιμοποίησης, με βάση τον προαναφερόμενο δείκτη χώρου  $k = 3$ , είναι  $n_1 = 0,46$  και  $n_2 = 0,41$ .

**7.** Υπολογίζουμε την απαιτούμενη φωτεινή ροή. Η φωτεινή ροή για τις δύο περιπτώσεις είναι:

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= E \times S / n_1 = 400 \times 56 / 0,46 = 48696 \text{ lumen και} \\ \Phi_2 &= E \times S / n_2 = 400 \times 56 / 0,41 = 54636 \text{ lumen}\end{aligned}$$

Οι τιμές αυτές ισχύουν για καινούργια εγκατάσταση και θα πρέπει να αυξηθούν ανάλογα με το συντελεστή συντήρησης της κάθε περίπτωσης:

$$\text{για την 1<sup>η</sup> περίπτωση: } \Phi_1 = 48696 \times 1,90 = 92522 \text{ lumen}$$

$$\text{για την 2<sup>η</sup> περίπτωση: } \Phi_2 = 54636 \times 2,15 = 117467 \text{ lumen}$$

**8.** Επειδή το κάθε φωτιστικό σώμα έχει δύο λαμπτήρες ροής 3300 lumen ο καθένας, δηλαδή έχει συνολική ροή 6600 lumen, ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών:

για την 1<sup>η</sup> περίπτωση είναι:

$$92522 / 6600 = 14 \text{ σώματα και 28 λαμπτήρες}$$

για την 2<sup>η</sup> περίπτωση είναι:

$$117467 / 6600 = 18 \text{ σώματα και 36 λαμπτήρες.}$$

**9.** Για αισθητικούς λόγους, δεν περιορίζεται ο μελετητής στις παραπάνω απόλυτες τιμές, αλλά λαμβάνει υπόψη του τη συμμετρία του χώρου. Στη συγκεκριμένη μελέτη, επειδή το μήκος της αίθουσας είναι 8 μέτρα και το μήκος κάθε φωτιστικού 1,22 μέτρα, μπορούν για την 1<sup>η</sup> περίπτωση να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σε 3 στήλες με 5 φωτιστικά η καθεμία και για την 2<sup>η</sup> περίπτωση σε 4 στήλες με 5 φωτιστικά η καθεμία. Δηλαδή, συνολικά 15 και 20 φωτιστικά αντίστοιχα.

## 2ο Παράδειγμα

Με τη βοήθεια του συντελεστή χρησιμοποίησης, να γίνει φωτοτεχνική μελέτη αίθουσας σχολικού σχεδιαστήριου, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μήκος  $\ell = 15 \text{ m}$ , πλάτος  $w = 11 \text{ m}$ , ύψος  $h = 4 \text{ m}$ .

Το επίπεδο εργασίας απέχει από το δάπεδο  $0,8 \text{ m}$ . Η οροφή είναι λευκού χρώματος, δηλαδή έχει συντελεστή ανάκλασης  $r_c = 0,7$ . Οι τοίχοι είναι μέσης απόχρωσης, οπότε έχουν συντελεστή ανάκλασης  $r_w = 0,3$ .

## Επίλυση

### 1ο βήμα:

Καθορίζεται η απαιτούμενη **τιμή φωτισμού** του χώρου με βάση τον Πίνακα 4.4.

Η τιμή που συνίσταται για τα σχολικά σχεδιαστήρια κυμαίνεται από  $500 - 1000 \text{ Lux}$ .

Έστω, ότι επιλέγουμε τιμή  $E = 700 \text{ Lux}$ .

### 2ο βήμα:

Αφορά την **επιλογή** του κατάλληλου **φωτιστικού σώματος**.

Έστω, ότι επιλέγουμε φωτιστικό σώμα άμεσου φωτισμού, το οποίο φέρει:

- γαλακτώδες πλαστικό κάλυμμα,
- δύο λαμπτήρες φθορισμού και
- συντελεστή απόδοσης  $\nu$   $65 \%$ , με  $64,5 \%$  εκπεμπόμενη φωτεινή ροή προς τα κάτω και  $0,5 \%$  προς τα πάνω.

(Αρα αναφερόμαστε στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος).

### 3ο βήμα:

Αφορά την **επιλογή** του κατάλληλου τύπου **λαμπτήρα**.

Λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης αυτού. Επιλέγουμε λαμπτήρα φθορισμού TL, ισχύος  $36 \text{ W}$ , με δείκτη χρωματικής απόδοσης  $R_a = 84$  και φωτεινή ροή  $3450 \text{ lm}$ .

Επειδή έχουμε δύο λαμπτήρες, η συνολική ροή του φωτιστικού σώματος θα είναι:

$$2 \times 3450 \text{ lm} = 6900 \text{ lm}.$$

### 4ο βήμα:

Υπολογίζεται ο **δείκτης χώρου k**.

$$k = (2\ell + 8w) / 10h = (2 \times 15 + 8 \times 11) / 10 \times (4 - 0,8) = 3,7$$

### 5ο βήμα:

Υπολογίζεται ο συντελεστής συντήρησης  $\mu$ .

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο βαθμός ρύπανσης είναι χαμηλός και θεωρούμε ότι ο καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων θα γίνεται κάθε χρόνο. Για το δεδομένο φωτιστικό σώμα, ο Πίνακας 6 του Παραρτήματος δίνει συντελεστή συντήρησης  $\mu=1,3$ .

## Επίλυση

### 6ο βήμα:

Εύρεση του **συντελεστή χρησιμοποίησης  $n$** .

Επειδή ο δείκτης χώρου  $k = 3,7$  και ο Πίνακας 6 περιλαμβάνει μόνο ακέραιες τιμές του  $k$ , θα κάνουμε αναγωγή της τιμής  $k = 3,7$ .

**Η αναγωγή γίνεται ως εξής:**

Με  $k = 3$ ,  $r_c = 0,7$  και  $r_w = 0,3$  τότε  $n = 0,43$

Με  $k = 4$ ,  $r_c = 0,7$  και  $r_w = 0,3$  τότε  $n = 0,48$

Δηλαδή, για διαφορά  $\Delta k = 1$  αντιστοιχεί διαφορά  $\Delta n = 0,05$ .

Οπότε, για  $\Delta k = 0,7$  αντιστοιχεί  $\Delta n = 0,7 \times 0,05 = 0,035 \approx 0,03$ .

Άρα, για  $k = 3,7$  αντιστοιχεί  $n = 0,46$ .

### 7ο βήμα:

Υπολογίζεται η απαιτούμενη **φωτεινή ροή  $\Phi$**  για τη ζητούμενη τιμή φωτισμού ( $E = 700 \text{ Lux}$ ).

**Γνωρίζουμε ότι:**  $\Phi_0 = E S / n$

**Όπου:**  $E = 700 \text{ Lux}$ ,  $S = 15 \times 11 \text{ m}^2 = 165 \text{ m}^2$  και  $n = 0,46$ .

**Άρα προκύπτει:**  $\Phi_0 = 700 \text{ Lux} \times 165 \text{ m}^2 / 0,46 = 251\,086 \text{ lumen}$ .

Η τιμή αυτή, επειδή ισχύει μόνο για καινούργια εγκατάσταση, θα πρέπει να αυξηθεί ανάλογα με την τιμή του συντελεστή συντήρησης:

$\Phi = \Phi_0 \mu = 251\,086 \times 1,3 \approx 326\,411 \text{ lumen}$

### 8ο βήμα:

Υπολογισμός των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων.

$N_{\text{φωτιστικών}} = 326\,411 / 6900 \approx 47$  και  $N_{\text{λαμπτήρων}} = 47 \times 2 = 94$

### 9ο βήμα:

Τοποθέτηση φωτιστικών.

**Επειδή το πλάτος της αίθουσας είναι 11 μέτρα και το μήκος κάθε φωτιστικού 1,22 μέτρα, μπορούν να τοποθετηθούν  $11 / 1,22 = 9,17$ , δηλαδή 9 φωτιστικά ανά σειρά.**

Για λόγους συμμετρίας (αισθητικούς), τα 47 φωτιστικά θα κατανεμηθούν σε σειρές με 9 φωτιστικά η κάθε σειρά, δηλαδή  $47/9 = 5,2$ , οπότε θα έχουμε 5 σειρές.

**Δηλαδή, συνολικά θα χρησιμοποιήσουμε  $5 \times 9 = 45$  φωτιστικά σώματα.**

**Η εγκατεστημένη ισχύς (μόνο των λαμπτήρων) θα είναι  $90 \times 36 \text{ W} = 3240 \text{ watt}$ .**



## 6. Φωτισμός οδών

Τα ατυχήματα στους δρόμους, κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι πιο συχνά και πιο σοβαρά απ' ό,τι την ημέρα. Περίπου το 50% των θανατηφόρων ατυχημάτων γίνονται κατά τη διάρκεια των ωρών της νύχτας, παρόλο που το ποσοστό επί του συνόλου των χιλιομέτρων που διανύονται οδηγώντας ανέρχεται μόνο στο 25%. Αυτό είναι ένα από τα συμπεράσματα μελέτης από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE).

***Ο φωτισμός των οδών αυξάνει την ασφάλεια στους δρόμους κατά την οδήγηση και αποθαρρύνει εγκληματικές ενέργειες.***

Το μεγαλύτερο μέρος της αντίληψης του χώρου που μας περιβάλλει βασίζεται στην όραση. Επομένως, κακές συνθήκες όρασης, μειώνουν το σύνολο των πληροφοριών που φθάνουν στον εγκέφαλό μας. Στην περίπτωση της οδήγησης, επειδή οι πληροφορίες φτάνουν με γρήγορους ρυθμούς, εάν ο φωτισμός τη νύχτα δεν είναι επαρκής οι κίνδυνοι ατυχήματος είναι αυξημένοι.

### ***Παράμετροι οδικού φωτισμού***

Η ασφάλεια για όλους τους χρήστες ενός δρόμου θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις. Οι παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό ενός συστήματος οδικού φωτισμού είναι οι εξής:

1. Υπάρχει ένα επαρκές μέσο επίπεδο λαμπρότητας που επιτρέπει στον οδηγό να αναγνωρίζει γρήγορα τα εμπόδια στο δρόμο. Αποδεκτές τιμές μέσης λαμπρότητας είναι από 0,7 έως 2 cd / m<sup>2</sup>. Υπάρχει μια καλή ομοιομορφία λαμπρότητας που επιτρέπει στον οδηγό να αντιλαμβάνεται την αντίθεση με τα αντικείμενα σε κάθε σημείο του δρόμου.
2. Υπάρχει περιορισμός της θάμβωσης.

Στον οδικό φωτισμό το βασικότερο φωτομετρικό μέγεθος που λαμβάνεται υπόψη είναι η λαμπρότητα και όχι η ένταση φωτισμού.

Κάποιος που κοιτά σε μια φωτισμένη επιφάνεια, «βλέπει» μόνο το φως που αυτή η επιφάνεια αντανακλά προς την κατεύθυνσή του, δηλαδή τη λαμπρότητα (L).

Ένας οδηγός βλέπει το φωτισμένο δρόμο από μικρή γωνία. Έτσι, κατά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση του οδικού φωτισμού είναι λογικό να λαμβάνεται η λαμπρότητα ως το βασικότερο κριτήριο.

Η λαμπρότητα στο δρόμο εξαρτάται από τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων, την κατανομή της φωτεινής έντασης του φωτιστικού σώματος, τη γεωμετρία του χώρου και τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Για φωτοτεχνικούς λόγους, οι δρόμοι ταξινομούνται ως εξής:

**Σχήμα 6.1:**  
*Παράδειγμα καλής ομοιομορφίας  
της λαμπρότητας, εγκάρσια και  
κατά μήκος του δρόμου*



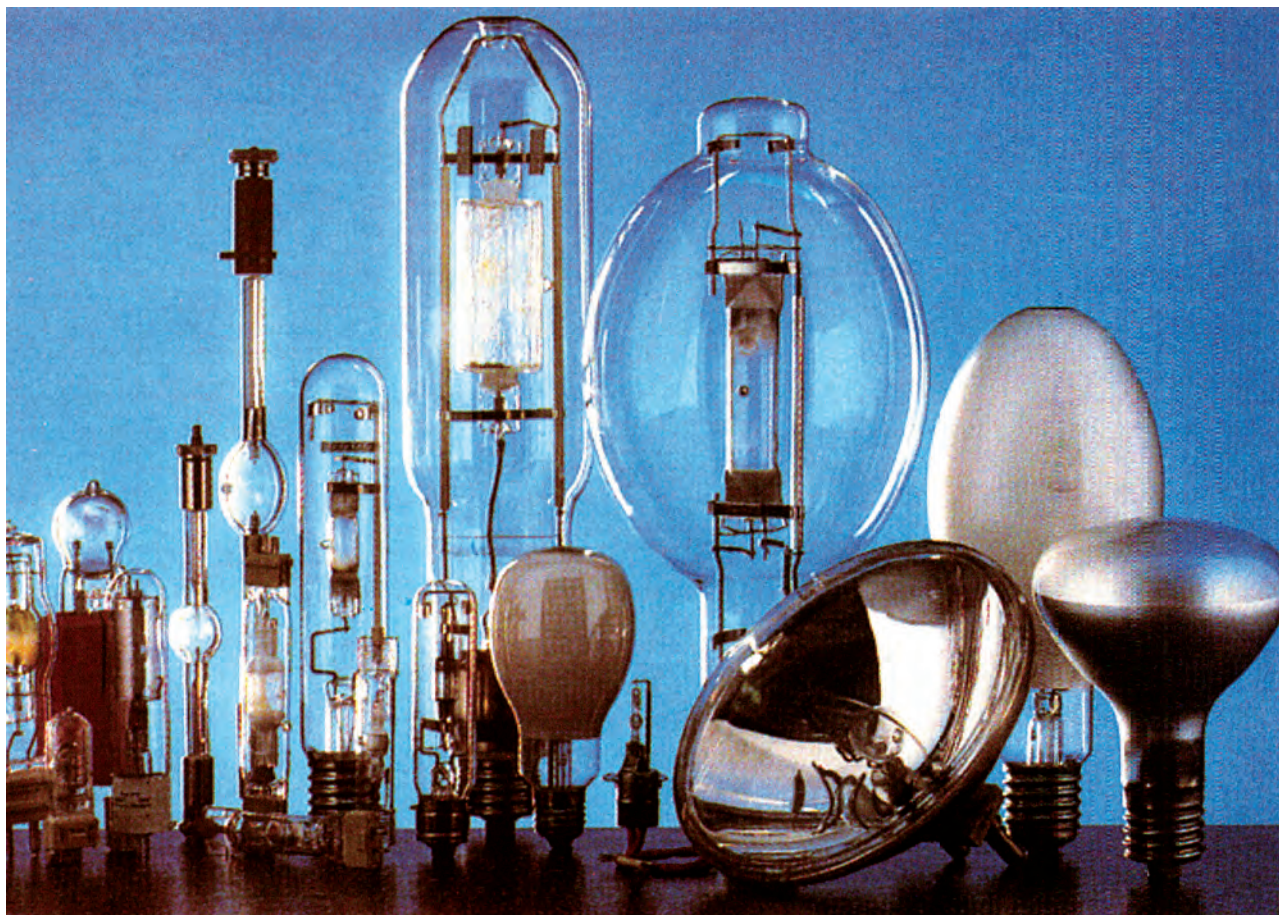
| Κλάση δρόμου | Τύπος & Ένταση κυκλοφοριακής κίνησης                             | Κατηγορία δρόμων                                                                                                                                                            |
|--------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A            | Αυτοκινητόδρομος, έντονη κίνηση οχημάτων με μεγάλη ταχύτητα.     | Δρόμοι διπλής κατεύθυνσης, χωρίς διασταυρώσεις στο επίπεδο και με περιορισμένη πρόσβαση.                                                                                    |
| B            | Αυτοκινητόδρομος, έντονη κίνηση οχημάτων με μεγάλη ταχύτητα.     | Σημαντικός δρόμος για την κίνηση των οχημάτων, με δυνατότητα ύπαρξης ξεχωριστών δρόμων για οχήματα που κινούνται αργά και για πεζούς.                                       |
| C            | Δρόμος με έντονη κίνηση οχημάτων μέτριας ταχύτητας.              | Σημαντικές αστικές και μη αρτηρίες, με όλων των ειδών τους χρήστες.                                                                                                         |
| D            | Δρόμος με έντονη κίνηση οχημάτων και αρκετή παρουσία πεζών.      | Κεντρικές αστικές αρτηρίες, πρόσβαση των δρόμων σε δημόσια κτίρια και περιοχές όπου η κυκλοφορία των οχημάτων επιβραδύνεται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τους πεζούς. |
| E            | Κίνηση κάθε είδους οχήματος με περιορισμένη ταχύτητα και ένταση. | Οδοί που συνδέουν οικιστικές περιοχές με δρόμους των άλλων κατηγοριών.                                                                                                      |

## ■ 6.1 Φωτισμός σήραγγων (Τούνελ)

Για την ασφαλή διέλευση των οχημάτων μέσα από σήραγγες, σημαντικότερο ρόλο παίζει ο φωτισμός τους. Ο κίνδυνος ατυχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι μεγάλος. Η διαφορά στις συνθήκες όρασης μεταξύ του ημερήσιου φωτισμού που επικρατεί έξω από το τούνελ και μιας συγκριτικά σκοτεινής εισόδου απαιτεί έντονη συγκέντρωση της όρασης. Η προσαρμογή από τις σκοτεινές στις φωτεινές συνθήκες που επικρατούν κατά την έξοδο από το τούνελ δεν είναι τόσο κρίσιμη. Απ' έξω, η είσοδος του τούνελ φαίνεται σα μια μαύρη τρύπα. Γι' αυτό, απαιτείται φωτισμός υψηλού επιπέδου, ο οποίος μπορεί να μειωθεί βαθμιαία στη ζώνη εισόδου και αντίστοιχα στη ζώνη μετάβασης. Για το υπόλοιπο τμήμα της σήραγγας, είναι ικανοποιητικό ένα σχετικά μικρό επίπεδο φωτισμού. Προς την έξοδο, το επίπεδο του φωτισμού πρέπει να είναι υψηλότερο απ' ό,τι στο εσωτερικό της σήραγγας, για την ευκολότερη προσαρμογή στη φωτεινότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ο φωτισμός οδών και σήραγγων αποτελεί εργασία εξειδικευμένων ηλεκτρολόγων μηχανικών.

**Σχήμα 6.2:**  
*Διάφοροι τύποι λαμπτήρων  
εξωτερικών χώρων*





## 7. Ανακεφαλαίωση

Το φως είναι ορατή ακτινοβολία που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και αποτελεί μόνο ένα μικρό τμήμα του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία περιλαμβάνει, εκτός από το ορατό φως, τις ακτίνες γ, τις ακτίνες Χ, τις υπέρυθρες, τις υπεριώδεις και τα ραδιοκύματα. Η αόρατη ακτινοβολία επιδρά στον ανθρώπινο οργανισμό, για παράδειγμα, η υπέρυθρη ακτινοβολία γίνεται αντιληπτή ως θερμότητα και κοκκινίζει το δέρμα, ενώ η υπεριώδης το μαυρίζει.

Η φασματική περιοχή του φωτός εκτείνεται μεταξύ 4000-7500 Å ( $1 \text{ Angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Μέσα σ' αυτή την περιοχή των μηκών κύματος μπορούν να διακριθούν τα χρώματα του φάσματος, δηλαδή κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και ιώδες.

Το φως είναι μια μορφή ενέργειας. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει δυαδική φύση, κυματική και σωματιδιακή. Δηλαδή, το φως διαδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά και με τη μορφή ποσότητας ενέργειας, η οποία είναι ισοδύναμη με πολλαπλάσια σωματιδίου που διαδίδεται με την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και καλείται **φωτόνιο**. Η ταχύτητα του φωτός στο κενό και με προσέγγιση στον αέρα είναι  $C \approx 300.000 \text{ km/s}$ .

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή σ' ένα χώρο έχει επίδραση στη γενικότερη εντύπωση που μας δίνει ο χώρος αυτός. Για παράδειγμα, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης δημιουργεί συνήθως μια «θερμή» εντύπωση, λόγω του πλούσιου σε ερυθρές ακτινοβολίες φωτός του λαμπτήρα. Αντίθετα, ένας λαμπτήρας ατμών υδραργύρου μη διορθωμένου φάσματος δίνει μια «ψυχρή εντύπωση», λόγω του μεγάλου ποσοστού κυανής και κίτρινης ακτινοβολίας που περιέχει.

**Φωτεινή ακτίνα** ονομάζουμε την ευθεία τροχιά την οποία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του. Ένα σύνολο από φωτεινές ακτίνες αποτελεί τη **φωτεινή δέσμη**. Μια φωτεινή δέσμη μπορεί να είναι *αποκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης προέρχονται από ένα σημείο, *παράλληλη*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης είναι παράλληλες και *συγκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης κατευθύνονται σε ένα σημείο.

### Φωτεινή πηγή και ενέργεια

Το σώμα που εκπέμπει φως ονομάζεται **φωτεινή πηγή**. Οι φωτεινές πηγές διακρίνονται στα *αυτόφωτα σώματα*, όπως είναι ο ήλιος και οι λαμπτήρες φωτισμού, και στα *ετερόφωτα σώματα*, όπως είναι μια λευκή επιφάνεια. Τα ετερόφωτα σώματα δεν παράγουν από μόνα τους φως, αλλά εκπέμπουν το φως που δέχονται από άλλα αυτόφωτα σώματα. Η εκπομπή φωτός από τα αυτόφωτα σώματα συνήθως οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας τους. Κάθε σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 525 °C εκπέμπει φως. Εκπομπή φωτός μπορεί να γίνει και από τη διέγερση των μορίων ενός αερίου, χωρίς να απαιτείται αύξηση της θερμοκρασίας τους, όπως συμβαίνει στους λαμπτήρες φθορισμού.

**Φωτεινή ενέργεια** καλείται η ενέργεια που διαδίδεται στο χώρο από μια φωτεινή πηγή με τη μορφή ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

### Ανάκλαση του φωτός

Μια επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως λεία όταν οι ανωμαλίες που παρουσιάζει έχουν βάθος μικρότερο από το μέσο μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας (περίπου 0,5 μm). Μια επιφάνεια από γυαλί αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα λείας επιφάνειας.

Όταν το φως προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο υλικών, υφίσταται κανονική ή ανώμαλη ανάκλαση (διάχυση), ανάλογα με το αν

η διαχωριστική επιφάνεια είναι λεία ή τραχεία.

Αν σε μια λεία επιφάνεια, όπως είναι η επιφάνεια από ένα τζάμι, προσπέσει μια παράλληλη δέσμη φωτός, κάθε ακτίνα της δέσμης ακολουθεί μια ορισμένη διεύθυνση, ώστε η δέσμη να παραμένει παράλληλη και μετά την πρόσπτωση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *κανονική ανάκλαση* του φωτός.

Το φαινόμενο της κανονικής ανάκλασης διέπεται από δύο νόμους, οι οποίοι ονομάζονται νόμοι της ανάκλασης του φωτός. Αυτοί είναι:

**1ος Νόμος.** Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η ευθεία η οποία είναι κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (επίπεδο πρόσπτωσης), που είναι κάθετο στην ανακλαστική επιφάνεια.

**2ος Νόμος.** Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.

### Φωτομετρικά μεγέθη

Το σύνολο της ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός ή αντανακλάται από μια επιφάνεια καλείται **φωτεινή ροή**. Συμβολίζεται με το γράμμα  $\Phi$  και μονάδα μέτρησής της είναι το **lumen**.

Το μέτρο του φωτός που ακτινοβολείται προς μία δοθείσα κατεύθυνση ονομάζεται **ένταση του φωτός**. Συμβολίζεται με το γράμμα  $I$  και μονάδα μέτρησής της είναι η **candela**.

Όλες οι τιμές της φωτεινής έντασης που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις παράγουν ένα φωτομετρικό στερεό. Τέμνοντας το φωτεινό στερεό σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, παίρνουμε τις φωτομετρικές καμπύλες (πολικά διαγράμματα), οι τιμές των οποίων αναφέρονται σε καντέλες ανά 1000 lm.

Το μέτρο της φωτεινής ροής που προσπίπτει σε μια επιφάνεια συγκεκριμένου εμβαδού εκφράζει το μέγεθος του **φωτισμού επιφάνειας**.

Συμβολίζεται με το γράμμα **E** και έχει μονάδα το **Lux**.

**Για το φωτισμό επιφάνειας ισχύουν οι δύο νόμοι της φωτομετρίας:**

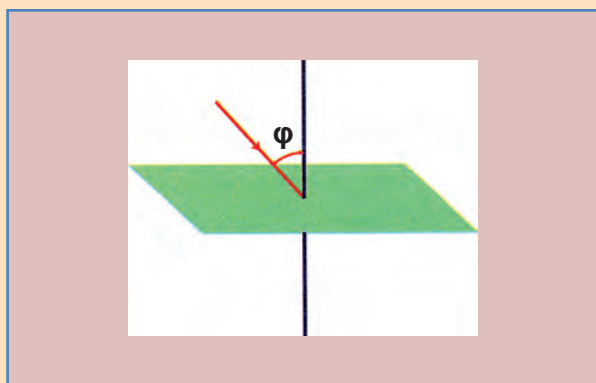
**1ος Νόμος.** Ο φωτισμός μιας επιφάνειας από μια παράλληλη φωτεινή δέσμη είναι ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν στην επιφάνεια οι ακτίνες της δέσμης.

$$E = \Phi \text{ συν}\varphi / S$$

(Η γωνία μετράται ως προς την κάθετο στο φωτιζόμενο επίπεδο, δηλαδή είναι η γωνία που σχηματίζεται από τη διεύθυνση της προσπίπτουσας δέσμης με την κάθετο στο φωτιζόμενο επίπεδο.)

**2ος Νόμος.** Ο φωτισμός που προκαλεί μια σημειακή φωτεινή πηγή σ' ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι ανάλογος με την ένταση της φωτεινής πηγής, ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες στη στοιχειώδη επιφάνεια και αντιστρόφως ανάλογος με το τετράγωνο της απόστασης της φωτεινής πηγής από το φωτιζόμενο σημείο.

$$E = I \text{ συν}\varphi / R^2$$



**Σχήμα 7.1:** Ορισμός προσπίπτουσας γωνίας φωτεινής δέσμης

Το μέγεθος της **λαμπρότητας** είναι πολύ σημαντικό και μετρά την αίσθηση φωτεινότητας μιας επιφάνειας. Συμβολίζεται με το γράμμα

**L** και μονάδα μέτρησής της είναι η **cd / m<sup>2</sup>**. Σύμφωνα με το νόμο του *Lambert* «Το μέγεθος της λαμπρότητας μιας επιφάνειας εξαρτάται από την διεύθυνση παρατήρησης».

Υψηλές τιμές λαμπρότητας προκαλούν το ανεπιθύμητο φαινόμενο της θάμβωσης, το οποίο επηρεάζει την ικανότητα της όρασης.

### **Τεχνητές φωτεινές πηγές (λαμπτήρες)**

Οι φωτεινές πηγές που παράγουν τεχνητό φως, δηλαδή οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, διακρίνονται από ορισμένα κύρια χαρακτηριστικά.

**Αυτά είναι:**

- ❖ Η ονομαστική τάση λειτουργίας του λαμπτήρα, π.χ. 230 V. Είναι η μέγιστη τάση με την οποία τροφοδοτείται ο λαμπτήρας για να αποδώσει τη μέγιστη ακτινοβολία του.
- ❖ Η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα, π.χ. 60 W. Είναι η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνεται από τον λαμπτήρα κατά την λειτουργία του.
- ❖ Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα. Εκφράζει τη συνολική φωτεινή ροή του λαμπτήρα σε lumen.

Οι κατασκευαστές των λαμπτήρων αναφέρονται και σε ορισμένα επιπλέον χαρακτηριστικά, που είναι:

- Ο χρόνος ζωής του λαμπτήρα, π.χ. για λαμπτήρα πυράκτωσης είναι περίπου 1000 ώρες.
- Το φάσμα εκπομπής του λαμπτήρα, π.χ. 4000 - 5000 Å.
- Η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα, π.χ. 3000 °K.
- Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα, π.χ. Ra = 84.
- Οι διαστάσεις του λαμπτήρα, π.χ. μήκος σωλήνα φθορισμού 1,2 m.

Οι λαμπτήρες διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της φωτεινής ακτινοβολίας που εκπέμπουν. Πρακτικά έχουμε δύο κύρια είδη:

τους λαμπτήρες πυράκτωσης και τους λαμπτήρες εκκένωσης.

### **Λαμπτήρες πυράκτωσης**

Δίνουν ευχάριστο, θερμό λευκό φως, επειδή έχουν θερμοκρασία χρώματος 2800 °K. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων αυτών είναι σχεδόν 100, δηλαδή αποδίδουν τα χρώματα με άριστη ποιότητα. Δεν απαιτούν για την λειτουργία τους καμία βοηθητική συσκευή.

Οι λαμπτήρες αυτοί στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της θέρμανσης μεταλλικού νήματος, γι' αυτό και έχουν μικρή σχετικά διάρκεια ζωής. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και ακτινοβολία φωτός εντός του ορατού φάσματος.

Έχουν μικρό κόστος και είναι εύκολοι στην τοποθέτηση, γι' αυτό και έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογών, κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε διάφορους τύπους, όπως: κανονικοί κώδωνες, λαμπτήρες κεριά, λαμπτήρες με καθρέφτη και διακοσμητικοί λαμπτήρες με ισχύ από 25 - 200 W.

Η παραγόμενη φωτεινή ροή είναι 200 - 2500 lm και η φωτιστική τους απόδοση χαμηλή, 15 lm / W. Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες.

Οι *λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου* αποτελούν την εξέλιξη των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης. Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης, έχουν διπλάσια τουλάχιστον διάρκεια ζωής. Όταν λειτουργούν με χαμηλή τάση (π.χ. 12V) έχουν διάρκεια ζωής 3000 - 5000 ώρες, ενώ όταν λειτουργούν με την τάση του δικτύου (230V), έχουν διάρκεια ζωής 2000 ώρες. Παρέχουν φωτισμό 60 - 44000 lm, με απόδοση μέχρι 25 lm / W. Όσον αφορά το ηλεκτρικό τους κύκλωμα, απαιτείται μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες. Για

τη λειτουργία των λαμπτήρων χαμηλής τάσης απαιτείται επιπλέον μετασχηματιστής στα 6, 12 ή 24 V.

### **Λαμπτήρες φθορισμού**

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι λαμπτήρες εκκένωσης ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης, με τοιχώματα καλυμμένα από φθορίζουσα ουσία. Όταν στο λαμπτήρα ασκηθεί η κατάλληλη τιμή τάσης, στο εσωτερικό του λαμπτήρα προκαλείται εκκένωση αερίου, από την οποία παράγεται υπεριώδης (αόρατη) ακτινοβολία. Για τη μετατροπή της αόρατης ακτινοβολίας σε ορατή, η εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα καλύπτεται με φθορίζουσες ουσίες, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε ακτινοβολίες του ορατού φάσματος.

Το είδος της φθορίζουσας ουσίας καθορίζει και το φάσμα του εκπεμπόμενου φωτός.

Με κατάλληλο συνδυασμό των διαφόρων φθορίζουσών ουσιών πετυχαίνονται διάφορες αποχρώσεις του παραγόμενου φωτός. Το παραγόμενο φως μπορεί να είναι θερμό, ενδιάμεσο, ψυχρό. Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν ευρεία εφαρμογή σε γραφεία, καταστήματα και βιομηχανικούς χώρους.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα των λαμπτήρων φθορισμού περιλαμβάνει μαγνητικό μπάλαστ με εκκινητή (στάρτερ) ή ηλεκτρονικό μπάλαστ.

### **Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού**

(εξοικονόμησης ενέργειας) αποτελούν την εξέλιξη των λαμπτήρων φθορισμού τα τελευταία χρόνια. Έχουν κύρια χαρακτηριστικά τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το μεγάλο χρόνο ζωής.

Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν **πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα** σε σχέση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης.

## Πλεονεκτήματα :

1. Έχουν πολλαπλάσια φωτιστική απόδοση ( $\text{lm/W}$ ) και υπερδιπλάσιο χρόνο ζωής (2500 ώρες λειτουργίας). Αυτό σημαίνει οικονομική λειτουργία.
2. Κατά τη λειτουργία τους, δεν αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες, χαρακτηριστικό που τους καθιστά κατάλληλους για το φωτισμό τροφίμων χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος αλλοίωσής τους.
3. Η ποικιλία και η ένταση του φωτισμού των λαμπτήρων φωτισμού επιτρέπουν τη χρήση τους σε πλήθος εφαρμογών στο χώρο της φωτεινής διακόσμησης.
4. Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν μικρή λαμπρότητα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό στο ελάχιστο του ανεπιθύμητου φαινομένου της θάμβωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το εκπεμπόμενο από αυτούς φως εκπέμπεται από μεγάλη επιφάνεια.

## Μειονεκτήματα :

1. Για τη λειτουργία τους, οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν την τοποθέτησή τους σε κατάλληλα φωτιστικά σώματα. Αυτό έχει σα συνέπεια τη μεγάλη αρχική δαπάνη εγκατάστασης.
2. Επειδή κατά τη λειτουργία τους δημιουργούνται παράσιτα, απαιτείται η χρήση ειδικής διάταξης απόσβεσής τους.
3. Για την απρόσκοπτη λειτουργία τους απαιτείται η κατάλληλη ηλεκτρολογική συνδεσμολογία διαφόρων εξαρτημάτων (ντουί, μπάλαστ, στάρτερ).
4. Αν δε γίνει η κατάλληλη επιλογή λαμπτήρα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως για παράδειγμα το είδος της εργασίας, τότε ο φωτισμός θα υστερεί, κυρίως στην απόδοση των χρωμάτων.

Οι λαμπτήρες φθορισμού, λόγω των πλεονεκτημάτων τους, τυχάνουν ευρείας εφαρμογής σε διάφορους χώρους και για διάφορες ανάγκες. Λόγω της υστέρησης τους

όμως στο δείκτη χρωματικής απόδοσης και του «ψυχρού» φωτισμού που εκπέμπουν, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή πριν επιλεγούν, για να χρησιμοποιηθούν σε ένα χώρο. Απαιτείται για κάθε περίπτωση ο κατάλληλος συνδυασμός δείκτη χρωματικής απόδοσης, θερμοκρασίας φωτισμού και στάθμης φωτισμού, για την επίτευξη αποδοτικού και ευχάριστου φωτισμού.

Ανάλογα με τις διάφορες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, ατμών νατρίου και άλλοι, που έχουν κατά περίπτωση ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα.

## Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

Τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων κατατάσσονται σε κατηγορίες:

- Ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής η οποία διαχέεται προς τα κάτω.
- Ανάλογα με το βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος έναντι του νερού και της σκόνης.
- Ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος.

Με τον **άμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90% της φωτεινής ροής των λαμπτήρων στέλνεται άμεσα προς τα κάτω στο επίπεδο εργασίας. Οι απώλειες από απορρόφηση τοίχων και οροφής είναι μικρές.

Με τον **έμμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90% της φωτεινής ροής των λαμπτήρων στέλνεται προς την οροφή, όπου μετά από ανάκλαση επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας. Ο φωτισμός αυτός έχει μεγάλες απώλειες λόγω απορρόφησης στην οροφή και στους τοίχους. Επίσης, δημιουργεί μια αίσθηση χαλαρότητας και ενδείκνυται για χώρους αναμονής.

Ο **ομοιόμορφος φωτισμός** αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση.

Ο κάθε χώρος εργασίας ή διαμονής απαιτεί κατά

περίπτωση μια ελάχιστη ποσότητα φωτισμού σε Lux. Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη τις φωτιστικές απαιτήσεις συγκεκριμένων χώρων, ώστε από αυτές να κάνει την κατάλληλη επιλογή λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων.

### **Μελέτες φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie)**

Η μελέτη φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie) βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ακολουθούμε εννέα (9) βήματα κάνοντας χρήση σχετικών πινάκων.

#### **1ο βήμα:**

Καθορίζεται η απαιτούμενη *τιμή φωτισμού E* του χώρου σε Lux, από σχετικό πίνακα.

#### **2ο βήμα:**

Επιλέγεται το κατάλληλο *φωτιστικό σώματος* (με τους λαμπτήρες του).

#### **3ο βήμα:**

Επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος *λαμπτήρα* (με τη φωτεινή ροή του σε lumen). Λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης αυτού. Εάν η φωτεινή ροή κάθε λαμπτήρα είναι  $\Phi_{\lambda}$  και το κάθε φωτιστικό σώμα έχει  $\lambda$  λαμπτήρες, τότε η φωτεινή ροή του κάθε φωτιστικού σώματος είναι  $\Phi_{\Sigma} = \lambda \Phi_{\lambda}$ .

#### **4ο βήμα:**

Υπολογίζεται ο δείκτης χώρου  $k$ .

$$k = (2 \ell + 8 w) / 10 h$$

όπου:  $\ell$  = το μήκος του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί

$w$  = το πλάτος του χώρου

$h$  = η κατακόρυφη απόσταση του επιπέδου εργασίας από το φωτιστικό σώμα.

(Ως *επίπεδο εργασίας* λαμβάνεται συνήθως ορι-

ζόντιο επίπεδο το οποίο απέχει από το δάπεδο 80 εκατοστά. Αυτή η απόσταση αντιστοιχεί στο σύνηθες ύψος των γραφείων, θρανίων, πάγκων εργασίας κ.λπ.).

#### **5ο βήμα:**

Υπολογίζεται ο *συντελεστής συντήρησης  $\mu$* , από τους πίνακες.

Ο *συντελεστής συντήρησης της εγκατάστασης* είναι *συνδυασμός του βαθμού ρύπανσης του χώρου (ελαφρά, μέση ή υψηλή) που βρίσκεται το φωτιστικό σώμα και της περιόδου καθαρισμού του, δηλαδή αν καθαρίζεται κάθε ένα, δύο, ή τρία έτη.*

#### **6ο βήμα:**

Εύρεση του *συντελεστή χρησιμοποίησης  $\eta$*  για καινούριες εγκαταστάσεις, από τους πίνακες.

Ο *συντελεστής χρησιμοποίησης* βρίσκεται σε συνάρτηση με το *συντελεστή απόδοσης του φωτιστικού  $v$*  (με κατανομή % της φωτεινής ροής προς τα κάτω), το *δείκτη χώρου  $k$*  και τους *συντελεστές ανάκλασης της οροφής  $r_c$  και των τοίχων  $r_w$* .

#### **7ο βήμα:**

Υπολογίζεται η απαιτούμενη *φωτεινή ροή  $\Phi$*  του χώρου για τη ζητούμενη τιμή φωτισμού  $E$ . Πρώτα, βρίσκουμε τη φωτεινή ροή  $\Phi_o$  από τη σχέση  $\Phi_o = E S / \eta$  σε lumen. Η τιμή αυτή, επειδή ισχύει μόνο για καινούργια εγκατάσταση, θα πρέπει να αυξηθεί ανάλογα με την τιμή του *συντελεστή συντήρησης  $\mu$* .

Οπότε  $\Phi = \Phi_o \mu$ .

#### **8ο βήμα:**

Υπολογίζουμε τον αριθμό των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων,

$$N_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\Sigma} \quad \text{και} \quad N_{\lambda} = N_{\Phi} \times \lambda$$

#### **9ο βήμα:**

**Τοποθέτηση φωτιστικών.**

Λαμβάνεται υπόψη η συμμετρία του χώρου και οι

διαστάσεις του κάθε φωτιστικού σώματος.

Συχνά, για την υλοποίηση των φωτοτεχνικών μελετών, χρησιμοποιούνται κατάλληλα λογισμικά προγράμματα διαφόρων εταιρειών, μέσω των οποίων ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να βλέπει, εκτός από τα πολικά διαγράμματα του φωτιστικού και του λαμπτήρα, την τιμή του φωτισμού σε κάθε σημείο του χώρου (επίπεδο εργασίας, πλαϊνός τοίχος, οροφή κ.λπ.).

Τα προγράμματα έχουν τη δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης του χώρου όπου είναι αναρτημένα τα φωτιστικά, προτείνουν καλύτερες λύσεις και κάνουν πλήρεις οικονομοτεχνικές μελέτες.

Για το φωτισμό των οδών και των σηράγγων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη μελέτη που γίνεται από ειδικευμένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς.

# 8 Ερωτήσεις - Ασκήσεις

## Ομάδα Α:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

**1.** Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, κατά τη διάδοσή της, αποτελείται από δύο μεταβαλλόμενα πεδία, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό, τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**2.** Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της διέγερσης των ατόμων.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**3.** Το Angstrom είναι μονάδα μέτρησης του μήκους κύματος μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**4.** Το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών περιλαμβάνει τις ακτίνες Χ.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**5.** Το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών είναι υποσύνολο του ορατού φάσματος.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**6.** Το φάσμα του ορατού φωτός περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την ερυθρή και υπέρυθη ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**7.** Η κόκκινη και η πράσινη ακτίνα φωτός έχουν το ίδιο μήκος κύματος.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**8.** Το λευκό φως συνίσταται από όλα τα μήκη κύματος που αποτελούν τη φωτεινή ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**9.** Το κόκκινο φως έχει μικρότερο μήκος κύματος από το κίτρινο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**10.** Η ακτινοβολία που δεν είναι αντιληπτή από το μάτι δεν επηρεάζει το υπόλοιπο σώμα μας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**11.** Όσο μικρότερη είναι η τάση λειτουργίας ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, τόσο πιο «ζεστή» εντύπωση δίνει το φως του.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**12.** Όταν προσδευτικά αυξάνουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος, το πρώτο φως που θα εκπέμψει το σώμα αυτό είναι το ιώδες.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**13.** Μια φωτεινή δέσμη είναι αποκλίνουσα,

όταν όλες οι ακτίνες της κατευθύνονται προς ένα σημείο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

14. Εκπομπή φωτός συμβαίνει μόνο όταν ένα σώμα θερμανθεί πάνω από τους 525°C.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

15. Η φωτεινή ενέργεια μιας πηγής αναφέρεται μόνο στην ορατή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

16. Αν δέσμη από παράλληλες ακτίνες προσπέσει σε τραχεία επιφάνεια, εξακολουθεί να μένει παράλληλη και μετά την πρόσπτωση.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

17. Το μπετόν έχει μεγαλύτερο συντελεστή ανάκλασης από το μάρμαρο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

18. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα προτιμούμε σκούρα ρούχα, γιατί έχουν μεγάλο συντελεστή ανάκλασης του φωτός.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

19. Η μεταβολή στο πάχος του έγχρωμου φίλτρου προκαλεί και μεταβολή του χρώματος της ακτινοβολίας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

20. Μια λάμπα μπαγιονέτ μπαίνει σε βιδωτό ντουί.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

21. Η ένταση  $I$  μιας φωτεινής πηγής σε ένα σημείο του χώρου είναι ανεξάρτητη από την απόσταση του σημείου αυτού από τη φωτεινή πηγή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

22. Ο φωτισμός  $E$  που προκαλεί μια φωτεινή πηγή σε ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι τόσο μικρότερος όσο περισσότερο απέχει το σημείο της επιφάνειας από τη φωτεινή πηγή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

23. Οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από τους λαμπτήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

24. Οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν υπερδιπλάσιο χρόνο ζωής από τους λαμπτήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

25. Οι λαμπτήρες πυράκτωσης αποδίδουν καλύτερα τα χρώματα από τους λαμπτήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

26. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ντουί των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

27. Στην αίθουσα αναμονής ενός ιατρείου τα φωτιστικά σώματα πρέπει να είναι άμεσου φωτισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

28. Οι λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης έχουν σχεδόν διπλάσιο βαθμό απόδοσης από τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

29. Οι ηλικιωμένοι έχουν ανάγκη μεγαλύτερης στάθμης φωτισμού σε Lux.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

## Ομάδα Β:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

1. Κατά τη διάρκεια έκθεσης στον ήλιο το καλοκαίρι προτιμούνται τα ρούχα με χρώμα:

α) κόκκινο    β) πράσινο    γ) μαύρο    δ) άσπρο

2. Κατατάξτε τα παρακάτω υλικά ως προς το συντελεστή ανάκλασης, αρχίζοντας από το υλικό με το μεγαλύτερο συντελεστή:

μπετόν, αλουμίνιο, μάρμαρο, καθρέφτη, τούβλο.

3. Κατατάξτε τα παρακάτω χρώματα ως προς το συντελεστή ανάκλασης, αρχίζοντας από το χρώμα με το μεγαλύτερο συντελεστή:

κόκκινο, κίτρινο, άσπρο, πράσινο, μαύρο.

4. Δίπλα στον αριθμό του μεγέθους της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την αντίστοιχη τιμή της δεύτερης στήλης:

| Στήλη Α                                                                      | Στήλη Β                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Φωτεινή ροή<br>2. Λαμπρότητα<br>3. Ένταση φωτός<br>4. Φωτισμός επιφάνειας | α. 3,14 sterad<br>β. 80 V<br>γ. 100 lumen<br>δ. 25 cd/m <sup>2</sup><br>ε. 50 cd<br>στ. 100 m <sup>2</sup><br>ζ. 200 Lux |

5. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από το μέγεθος ή τον τύπο της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

| Στήλη Α                                                                                                                               | Στήλη Β                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Φωτεινή απόδοση λαμπτήρα<br>2. Δείκτης χρωματικής απόδοσης λαμπτήρα<br>3. Θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρα<br>4. Φωτεινή ροή λαμπτήρα | α. 200 lm<br>β. 200 Lux<br>γ. 3000 °C<br>δ. 3000 °K<br>ε. $R_a = 84$<br>στ. 4000 °A<br>ζ. 15 lm/watt |

**6. Όταν για ένα λαμπτήρα αναφέρεται χρόνος ζωής 1000 ώρες, αυτό σημαίνει ότι ο λαμπτήρας:**

- α) θα πάψει να ανάβει μετά από 1000 ώρες από την τοποθέτησή του
- β) επί 700 ώρες θα δίνει την ονομαστική του φωτεινή ροή και κατά τις επόμενες 300 ώρες, μειωμένη φωτεινή ροή
- γ) θα πάψει να ανάβει μετά από 1000 ώρες συνεχούς λειτουργίας
- δ) υπάρχει η προσδοκία ότι θα παραμένει αναμμένος για 1000 ώρες συνεχούς λειτουργίας

**7. Δίπλα στον αριθμό των τεχνικών χαρακτηριστικών ενός λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από το μέγεθος ή την έννοια της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                         | Στήλη Β                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 75 W<br>2. E27<br>3. 1030 lm<br>4. 220-230 V | α. Λάμπα μπαγιονέτ<br>β. Τάση τροφοδοσίας<br>γ. Χρόνος ζωής λαμπτήρα<br>δ. Καταναλισκόμενη ισχύς<br>ε. Βιδωτή λάμπα<br>στ. Ένταση φωτισμού λαμπτήρα<br>ζ. Φωτεινή ροή λαμπτήρα |

**8. Δίπλα στον αριθμό των τεχνικών χαρακτηριστικών ενός λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την έννοια ή τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                   | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 40 W<br>2. B22<br>3. CE<br>4. Energy E | α. Λαμπτήρας φθορισμού<br>β. Λαμπτήρας πυράκτωσης μπαγιονέτ<br>γ. Λαμπτήρας πυράκτωσης βιδωτός<br>δ. Προϊόν που πληροί τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης<br>ε. Λαμπτήρας με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας<br>στ. Λαμπτήρας με σχετική εξοικονόμηση ενέργειας<br>ζ. Καταναλισκόμενη ισχύς |

**9. Κατατάξτε το φωτισμό των παρακάτω επιφανειών κατά τη διάρκεια ενός καλοκαιριάτικου μεσημεριού, αρχίζοντας από την επιφάνεια με το μεγαλύτερο φωτισμό:**

*κάτω από δέντρο, κάτω από τέντα, σε ανοιχτό χώρο,  
σε δωμάτιο σπιτιού με παράθυρο προς το βορρά.*

**10.** Το συνημίτονο μιας γωνίας  $\varphi$  ισούται με τη μονάδα ( $\text{συν}\varphi=1$ ) όταν:

α)  $\varphi = 0^\circ$     β)  $\varphi = 30^\circ$     γ)  $\varphi = 60^\circ$     δ)  $\varphi = 90^\circ$

**11.** Όταν μια φωτεινή δέσμη πέφτει κάθετα σε μια επιφάνεια (και  $\varphi$  είναι η γωνία που σχηματίζει η φωτεινή δέσμη με την κατακόρυφο του επιπέδου), τότε:

α)  $\text{συν}\varphi = 0$     β)  $\text{συν}\varphi = 0,5$     γ)  $\text{συν}\varphi = 0,8$     δ)  $\text{συν}\varphi = 1$

**12.** Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα πυράκτωσης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

| Στήλη Α                                                                                                         | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Λαμπτήρες με μπλε χρώμα<br>2. Λαμπτήρες με κίτρινο χρώμα<br>3. Λαμπτήρες κεριά<br>4. Λαμπτήρες μορφής ράβδου | α. Κατάλληλοι για πισίνες<br>β. Δεν προσελκύουν τα έντομα<br>γ. Για εσωτερικό φωτισμό επίπλων<br>δ. Για φωτισμό πινάκων ζωγραφικής<br>ε. Για διάβασμα<br>στ. Για φωτιστικά σώματα τύπου πολυελαίου<br>ζ. Για φωτισμό διαδρόμων |

**13.** Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα πυράκτωσης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                             | Στήλη Β                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Λαμπτήρες καθρέφτη με σκληρό γυαλί και με τάση τροφοδοσίας 12V<br>2. Λαμπτήρες ανεστραμμένου καθρέφτη<br>3. Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης αλουμινίου<br>4. Λαμπτήρες αλογόνων μορφής κάψουλας | α. Κατάλληλοι για πισίνες<br>β. Για φωτισμό δρόμων<br>γ. Για φωτισμό φούρνων<br>δ. Για ξύλινες ψευδοροφές<br>ε. Για να αποφεύγεται το θάμπωμα<br>στ. Για τοπική εργασία<br>ζ. Για φωτισμό πάρκων |

**14.** Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους κατά απαίτηση χρωματικής απόδοσης φωτισμού, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

σχολείο,    σκάλες,    υφαντουργείο,    χώρος στάθμευσης.

**15.** Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους κατά απαίτηση χρωματικής απόδοσης φωτισμού, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

κατοικία,      χώρος ιατρικών εξετάσεων,      μηχανουργείο,      αποθήκη.

**16.** Ένας ήδη τοποθετημένος λαμπτήρας φθορισμού τελευταία αναβοσβήνει συνεχώς και τα άκρα του είναι μαυρισμένα. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Λανθασμένη συνδεσμολογία
- β) Κατασκευαστική ατέλεια του λαμπτήρα
- γ) Προβληματικός εκκινητής
- δ) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του

**17.** Ένας ήδη τοποθετημένος λαμπτήρας φθορισμού τελευταία ανάβει με δυσκολία και ύστερα από πολλές προσπάθειες ανάμματος. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Κακή επαφή στο ντουί
- β) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του
- γ) Προβληματικός εκκινητής
- δ) Ανεπαρκής τάση τροφοδοσίας

**18.** Σε ένα λαμπτήρα φθορισμού φαίνεται μια φωτεινή στήλη να μετατοπίζεται με σπειροειδή κίνηση. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Κακή επαφή στο μπάλαστ
- β) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του
- γ) Κατασκευαστική ατέλεια του λαμπτήρα
- δ) Ανεπαρκής τάση τροφοδοσίας

**19.** Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τις ιδιότητες της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                               | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης</li> <li>2. Λαμπτήρες μαύρου φωτός</li> <li>3. Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης</li> <li>4. Φωτεινοί σωλήνες νέον</li> </ol> | <p><b>α.</b> Η ποιότητα του φωτός που παράγουν είναι φτωχή, αλλά είναι φθηνοί, με μεγάλη διάρκεια ζωής (μέχρι και 22000 ώρες) και χρησιμοποιούνται για το φωτισμό βιομηχανικών χώρων.</p> <p><b>β.</b> Η ηλεκτρική συνδεσμολογία πρέπει να γίνεται από ειδικευμένους τεχνίτες, επειδή λειτουργούν σε πολύ υψηλές τάσεις λειτουργίας (6-15 kV).</p> <p><b>γ.</b> Είναι οι λαμπτήρες εκκένωσης με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (200 lm/W). Αυτό, σε συνδυασμό με την παραγόμενη μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος, τους φέρνει πρώτους στις προτιμήσεις για φωτισμό δρόμων, σε ομιχλώδες περιβάλλον.</p> <p><b>δ.</b> Το εκπεμπόμενο φως έχει χρώμα χρυσόλευκο και χρησιμοποιούνται για φωτισμούς εθνικών δρόμων, κεντρικών οδών εντός αστικών περιοχών και μνημείων.</p> <p><b>ε.</b> Για το φωτισμό μεγάλων εξωτερικών επιφανειών, χρησιμοποιούνται προβολείς με λαμπτήρες από γυαλί χαλαζία και περιέχουν το ευγενές αέριο ξένον.</p> <p><b>στ.</b> Είναι λαμπτήρες μικτού φωτισμού και συνδυάζουν χαρακτηριστικά λαμπτήρων πυράκτωσης και εκκένωσης.</p> <p><b>ζ.</b> Κατάλληλοι για ανίχνευση πλαστών χαρτονομισμάτων.</p> |

**20.** Το φωτιστικό σώμα που έχει τη μεγαλύτερη προστασία έναντι εισχώρησης ύδατος είναι αυτό που έχει δείκτη προστασίας:

α) IP 03      β) IP 31      γ) IP 44      δ) IP 35

**21.** Το φωτιστικό σώμα που έχει τη μεγαλύτερη προστασία έναντι εισχώρησης ξένων σωμάτων ή σκόνης είναι αυτό που έχει δείκτη προστασίας:

α) IP 03      β) IP 31      γ) IP 44      δ) IP 35

**22. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους ενός σπιτιού κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

α) διάδρομος

β) τοπικός φωτισμός για διάβασμα

γ) τοπικός φωτισμός για τραπέζι κουζίνας

δ) τοπικός φωτισμός για κρεβάτια παιδιών

**23. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους σχολείων κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

α) νηπιαγωγεία

β) δημοτικά σχολεία

γ) σχεδιαστήρια

δ) αίθουσα διδασκαλίας Ηλεκτρολογικού Τομέα

**24. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους νοσοκομείου κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

α) γραφεία γιατρών

β) χειρουργείο (τράπεζα εργασίας)

γ) οδοντιατρείο (πολυθρόνα)

δ) βιβλιοθήκη

**25. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους καταστημάτων κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:**

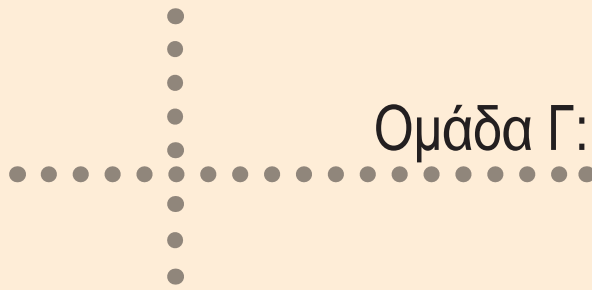
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

α) βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (γενικός φωτισμός)

β) βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (συμπληρωματικός με spots)

γ) βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (γενικός φωτισμός)

δ) βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (συμπληρωματικός με spots)



## Ομάδα Γ:

1. Ποια είναι η φύση του φωτός σύμφωνα με την κβαντική θεωρία;
2. Πώς εξηγείτε, μετά την ύπαρξη καταιγίδας, την εμφάνιση του ουράνιου τόξου;
3. Πώς εξηγείτε τη διάδοση του φωτός σε ένα δωμάτιο, όταν το φως εισέρχεται μόνο από μια χαραμάδα της πόρτας;
4. Να αναφέρετε τους δύο νόμους της ανάκλασης του φωτός και να σχεδιάσετε παραδείγματα με διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.
5. Τι συμβαίνει όταν ένα πουκάμισο φαίνεται μπλε;
6. Γιατί το καλοκαίρι ο ήλιος, αν και είναι μακρύτερα από τη γη απ' ό,τι το χειμώνα, θερμαίνει περισσότερο την επιφάνειά της;
7. Ποιες είναι οι επιπτώσεις σε ένα λαμπτήρα πυράκτωσης, όταν τροφοδοτείται με χαμηλότερη τάση από την ονομαστική του;
8. Τι είδους λαμπτήρες χρησιμοποιούμε στους φωτισμούς τροφίμων και γιατί;
9. Ένας φίλος σας με καθρεφτάκι, από μακριά "ρίχνει τον ήλιο στα μάτια σας". Να ερμηνεύσετε το φαινόμενο με φωτομετρικά μεγέθη.
10. Όλοι οι λαμπτήρες σας θαμπώνουν, όταν τους κοιτάτε; Αιτιολογείστε.
11. Μια φίλη σας παραπονιέται ότι τα ρούχα που φοράει τώρα είχαν διαφορετική απόχρωση όταν τα διάλεξε στο κατάστημα. Πώς ερμηνεύετε το γεγονός;
12. Σχεδιάστε τη συνδεσμολογία δύο λαμπτήρων φθορισμού, ίδιας ισχύος, με κοινό μπάλαστ.
13. Πώς βελτιώνεται το φάσμα των λαμπτήρων ατμών υδραργύρου;
14. Γιατί το φως των λαμπτήρων ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης (μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος) είναι το πιο κατάλληλο για φωτισμό δρόμων με ομίχλη ή σκόνη;
15. Να αναφέρετε τις σχέσεις θερμοκρασίας χρώματος και στάθμης φωτισμού, για τη δημιουργία ευχάριστου αισθήματος.
16. Με τη βοήθεια πινάκων, να κάνετε τη φωτοτεχνική μελέτη μιας αίθουσας διδασκαλίας, διαστάσεων  $9 \times 8 \times 4$  m. Ο κάθε μαθητής να χρησιμοποιήσει τα απαραίτητα στοιχεία για τη μελέτη, σύμφωνα με επιλογές που θα αιτιολογήσει.

# Βιβλιογραφία

## • Ελληνική

---

**Δημόπουλος Φίλιππος**, «Φωτοτεχνία - Τεχνική του φωτισμού», Εκδόσεις ίδιου, Αθήνα 1995.

**Οικονομόπουλος Ιων Α**, «Θεωρητική και εφαρμοσμένη φωτοτεχνία», Εκδόσεις Νίκου Μαυρομμάτη, Αθήνα 1976.

**Optronics EYT**, Τεχνικό φυλλάδιο, 2000.

**Πετρίδης ABEE**, «Φωτισμός» (τεχνικό φυλλάδιο), εκτύπωση “Αρίων” Ο.Ε., 2000.

**Τοπαλής Φραγκίσκος Β.**, «Φωτοτεχνία - Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα 1994.

**Φωτεινόπουλος Βαγγέλης**, «Φυσική - Οπτική», Εκδόσεις Αφοί Βλάσση, 1980.

## • Ξένα

---

**Marukellis S.A.**, «Lighting» εκδόσεις Quark Hi - Teck S.A 1999.

**OSRAM**, «Led in General Lighting», 2000.

**OSRAM**, «Indoor and Outdoor Lighting», Τεχνικό εγχειρίδιο, 2001.

**Philips**, «Lighting Manual», Εκδόσεις Philips Lighting B.V, 1993.

**Philips**, Τεχνικό εγχειρίδιο «Calculux for Windows», 1999.

**Siemens**, «Lighting Applications» Τεχνικό εγχειρίδιο, 2000.



# **Δομημένη καλωδίωση**



## Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαία τη δομημένη καλωδίωση
- απαριθμούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που δίνουν πλεονεκτήματα σε μια δομημένη καλωδίωση
- αναφέρουν τα κύρια μέρη μιας δομημένης καλωδίωσης
- διακρίνουν ένα εξάρτημα καθώς και τη θέση που τοποθετείται
- αναφέρουν τους συνήθεις τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται στην οριζόντια καλωδίωση και στην καλωδίωση κορμού
- αναφέρουν τις μέγιστες αποστάσεις ανάπτυξης της καλωδίωσης και τον ελάχιστο αριθμό πριζών, ανά θέση εργασίας
- αναφέρουν τον τρόπο αποσυστροφής και σύνδεσης των ζευγών των καλωδίων στις πρίζες
- αναφέρουν τους λόγους ύπαρξης των τοπικών δικτύων υπολογιστών
- διακρίνουν τις διάφορες τοπολογίες στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών και τα πλεονεκτήματα ή τα μειονεκτήματά τους
- αναφέρουν τους λόγους απώλειας ενέργειας στα χάλκινα καλώδια
- ερμηνεύουν την έννοια του ντεσιμπέλ
- ερμηνεύουν την έννοια του λόγου σήματος προς θόρυβο
- διακρίνουν τα διάφορα είδη καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών και να αιτιολογούν την ανάγκη τοποθέτησής τους
- ερμηνεύουν την αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών
- αναφέρουν βασικά στοιχεία του συστήματος οπτικών ινών
- αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαίους τους ελέγχους ποιότητας της καλωδίωσης
- ερμηνεύουν τους ελέγχους ποιότητας: του χάρτη καλωδίων, της εξασθένησης και της κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT)
- αναφέρουν τους λοιπούς ελέγχους ποιότητας της καλωδίωσης
- αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαία την τυποποίηση
- αναφέρουν τα πιο γνωστά πρότυπα που αναφέρονται στη δομημένη καλωδίωση
- αναφέρουν την αναγκαιότητα ύπαρξης των κατηγοριών ή κλάσεων στα πρότυπα
- αναφέρουν τους λόγους της εξέλιξης των προτύπων δομημένης καλωδίωσης και της πιστής εφαρμογής τους
- δίνουν τους ορισμούς του συνδέσμου και του καναλιού και να αναφέρουν την αναγκαιότητα αυτών των ορισμών
- αναφέρουν και να ερμηνεύουν την ανάγκη τήρησης λεπτομερειών κατά τη φάση της εγκατάστασης της δομημένης καλωδίωσης

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

## 1. Η ανάπτυξη της δομημένης καλωδίωσης

### ■ 1.1 Αναγκαιότητα και πλεονεκτήματα

**Τ**α τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη ραγδαία αύξηση των εφαρμογών της, με την παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και την ανάγκη για αύξηση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων, κυρίως στον τομέα παροχής υπηρεσιών, με τις αυξημένες απαιτήσεις για ποιότητα ζωής στους τομείς της υγείας, της παιδείας, των μεταφορών, των οικονομικών συναλλαγών κ.ά., προέκυψε η ανάγκη για τη χρήση δικτυακής υποδομής με καλώδια ασθενών ρευμάτων στις εσωτερικές εγκαταστάσεις των κτιρίων, παράλληλα με τα γνωστά καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις αίθουσες και στα γραφεία τα οποία χρησιμοποιεί ένας μεγάλος οργανισμός, ένα νοσοκομείο, ένα πανεπιστήμιο ή μια επιχείρηση, που μπορεί να είναι ένα απλό λογιστήριο αλλά και το μηχανογραφικό κέντρο μιας τράπεζας, οι συσκευές τροφοδοτούνται για τη λειτουργία τους, εκτός από τα ισχυρά ρεύματα (δηλαδή με τάση 230V), και με ασθενή ρεύματα.

Σε ένα σύγχρονο περιβάλλον εργασίας, ο κάθε εργαζόμενος προκειμένου να είναι αποδοτικός θα πρέπει να έχει άμεση πρόσβαση τουλάχιστον σε ένα τηλέφωνο και σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, για να μπορεί επιπλέον να ανταλλάσσει και να επεξεργάζεται αρχεία κειμένου, εικόνες και άλλων δεδομένων.

Στην ηλεκτρολογία και στην τεχνολογία των υπολογιστών, το δίκτυο ορίζεται ως ένα σύστημα κυκλωμάτων ή αλληλοσυνδεόμενων εξαρτημάτων και συσκευών. Έτσι, είναι γνωστά τα δίκτυα ηλεκτροδότησης, τηλεπικοινωνιών, υπολογιστών κ.ά..

Ειδικότερα σε ένα κτίριο που στεγάζει επαγγελματικές, εμπορικές, βιομηχανικές, κοινωνικές και άλλες ποικίλες δραστηριότητες, για την κάλυψη των αναγκών ή την εξυπηρέτηση των εργαζομένων και των επισκεπτών, διακρίνουμε διάφορα επιμέρους δίκτυα, όπως:

1. Το τηλεφωνικό δίκτυο για τη μεταφορά φωνής και την αποστολή ή λήψη γραπτών μηνυμάτων (τηλεομοιοτυπία - fax).
2. Το δίκτυο ενδοεπικοινωνίας.
3. Τα δίκτυα ασφαλείας, όπως πυρανίχνευσης, συναγερμού, σηματοδότησης, ελέγχου προσπέλασης κ.λπ..
4. Τα δίκτυα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων για τον αυτόματο έλεγχο συσκευών θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού και κλιματισμού.
5. Τα τοπικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών (LAN - Local Area Network) για την εκμετάλλευση κοινών και ακριβών πόρων, όπως κεντρικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές (servers), αποθηκευτικά μέσα, εκτυπωτές, σαρωτές (scanners), εκτυπωτές σχεδίων (plotters) κ.λπ..
6. Το δίκτυο κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης.
7. Το δίκτυο μουσικής και αναγγελίας για την ψυχαγωγία και την ενημέρωση των ατόμων εντός του κτιρίου.

Τα παραπάνω δίκτυα απαιτούν στις διάφορες εφαρμογές εξειδικευμένες καλωδιώσεις. Για παράδειγμα αναφέρουμε μερικές εφαρμογές όπου απαιτούνται διάφορα καλώδια:

- Στα τηλεφωνικά κέντρα, πλήθος χάλκινων καλωδίων.
- Στις τηλεομοιοτυπίες (Fax), ένα ζεύγος χάλκινων καλωδίων.
- Στις ψηφιακές τηλεφωνικές συσκευές ή στους διαποδιαμορφωτές (modem), ένα ή δύο ζεύγη χάλκινων καλωδίων.
- Στους υπολογιστές σε σύνδεση τοπικού δικτύου, ομοαξονικό καλώδιο τύπου RG-58 στα 50Ω.
- Στα τερματικά 3270 σε σύνδεση με ελεγκτή (controller) IBM, ομοαξονικό καλώδιο τύπου RG-62 στα 93Ω.
- Από υπολογιστή σε υπολογιστή ή σε σύνδεση τερματικών με υπολογιστή UNIX, καλώδια τύπου RS-232 που καταλήγουν συνήθως σε συνδετήρες των 25 ή 9 ακροδεκτών αρσενικών (pin) ή θηλυκών.
- Στις συνδέσεις υπολογιστή IBM AS 400, διαξονικά καλώδια.

**Η πρόσθετη και εκ των υστέρων καλωδίωση που τοποθετείται για να καλύψει διάφορες νέες ανάγκες σε ένα κτίριο, έχει επίπτωση στην αισθητική του κτιρίου, υψηλό κόστος και συχνά δυσκολίες στην κατασκευή.**

Η ανάπτυξη και λειτουργία πολλών ανεξάρτητων και διαφορετικών μεταξύ τους δικτύων δημιουργούσε κατά το παρελθόν προβλήματα στη σχεδίαση, την κατασκευή, τη χρήση, τη συντήρηση, την αναβάθμιση και γενικότερα τον εκσυγχρονισμό τους.

*Μερικά από τα προβλήματα που παρουσίαζαν τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ήταν:*

**1.** Κατά τη σχεδίαση, έπρεπε να είναι γνωστά από την αρχή η ακριβής χρήση κάθε χώρου και η ακριβής θέση εγκατάστασης των συσκευών ή των μηχανημάτων.

**2.** Το κάθε δίκτυο απαιτούσε διαφορετικό τύπο καλωδίου, ενώ για τα υλικά σύνδεσης και τερματισμού υπήρχε ακόμα μεγαλύτερη πολυμορφία.

**3.** Τα τεχνικά προβλήματα μεγεθύνονταν ακόμα περισσότερο λόγω της έλλειψης τυποποίησης.

Δηλαδή, όταν ένα δίκτυο γινόταν με υλικά μιας εταιρείας, έπρεπε υποχρεωτικά να αγορασθούν τα προϊόντα της ίδιας εταιρείας και δεν υπήρχε δυνατότητα συνεργασίας με προϊόντα άλλης εταιρείας.

**4.** Από τη φάση σχεδίασης του κτιρίου έπρεπε να είναι γνωστές οι συσκευές καθώς και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιούσε ο τελικός χρήστης.

**5.** Επειδή από τη φάση του σχεδιασμού μέχρι τη φάση κατασκευής και παράδοσης του κτιρίου μεσολαβεί συχνά μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμα και η καλύτερη μελέτη και σχεδίαση, μπορούσε να θεωρηθεί ξεπερασμένη λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και των νέων προϊόντων.

**6.** Η ευρεία χρήση των τοπικών δικτύων υπολογιστών και η ανάγκη ταχείας μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων απαιτεί

αποδοτικότερα καλώδια. Η καθολική χρήση του διαδικτύου (Internet) επέβαλε ακόμη περισσότερο την ανάγκη ταχείας μεταφοράς μεγάλου όγκου πληροφοριών (δεδομένα, ήχος, εικόνα, γραπτά κείμενα) σε πραγματικό χρόνο.

**7.** Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μη τυποποίησης των δικτύων ήταν ότι δεν μπορούσαν να δεχτούν συσκευές νεότερης τεχνολογίας με περισσότερες δυνατότητες και πιο οικονομικές, με τελικό αποτέλεσμα να απαιτείται η αντικατάσταση του δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, το πρόβλημα δεν ήταν μόνο το κόστος αντικατάστασης του δικτύου αλλά και οι συνέπειες που αυτή προκαλεί, όπως η διακοπή εργασιών της επιχείρησης για κάποιο χρονικό διάστημα αλλά και η αναστάτωση του προσωπικού και των πελατών.

Αυτά τα προβλήματα οδήγησαν στην επινόηση ενός νέου τύπου δικτύου, το οποίο αντικαθιστά όλα τα προηγούμενα και είναι:

- ❖ ενιαίο,
- ❖ απλό στη κατασκευή,
- ❖ ευέλικτο,
- ❖ επεκτάσιμο και

μπορεί να ανταποκρίνεται στις παρούσες αλλά και σε μελλοντικές ανάγκες.

Το δίκτυο αυτό, λόγω της συγκεκριμένης δομής που πρέπει να έχει για την ανάπτυξη των πλεονεκτημάτων του, ονομάζεται **ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ**.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που συνιστούν πλεονεκτήματα σε ένα δίκτυο δομημένης καλωδίωσης είναι τα παρακάτω:

### **1. Επεκτασιμότητα**

Αν υπάρχει ανάγκη επέκτασης του δικτύου, αυτό γίνεται εύκολα, γρήγορα και χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του υπάρχοντος δικτύου. Μειώνει το χρόνο κατασκευής των νέων εγκαταστάσεων και τις ζημιές που είναι πιθανό να προκαλούνται από εργασίες ανακαίνισης.

## 2. Τυποποίηση

Όλα τα υλικά του δικτύου είναι απολύτως τυποποιημένα, γεγονός που συνεπάγεται τη μείωση του κόστους των υλικών και τη συμβατότητα με όλους τους κατασκευαστές ηλεκτρολογικού υλικού. Η απόσβεση του κόστους της δομημένης καλωδίωσης γίνεται συνήθως σε τρία χρόνια.

## 3. Εύκολη σχεδίαση

Κατά τη σχεδίαση, δεν είναι αναγκαίο να είναι γνωστά το ακριβές πλήθος και η ακριβής θέση των συσκευών και μηχανημάτων. Δίνεται έτσι η δυνατότητα εύκολης προσαρμογής των χώρων σε κάθε αλλαγή υλικών ή θέσεων εργασίας.

## 4. Πολυ-υποστήριξη

Η ταυτόχρονη λειτουργία συσκευών τελείως διαφορετικών μεταξύ τους υποστηρίζεται από το ίδιο δίκτυο (Η/Υ, τηλέφωνο, φαξ, κάμερα, εκτυπωτής), από διαφορετικές κατασκευάστριες εταιρείες.

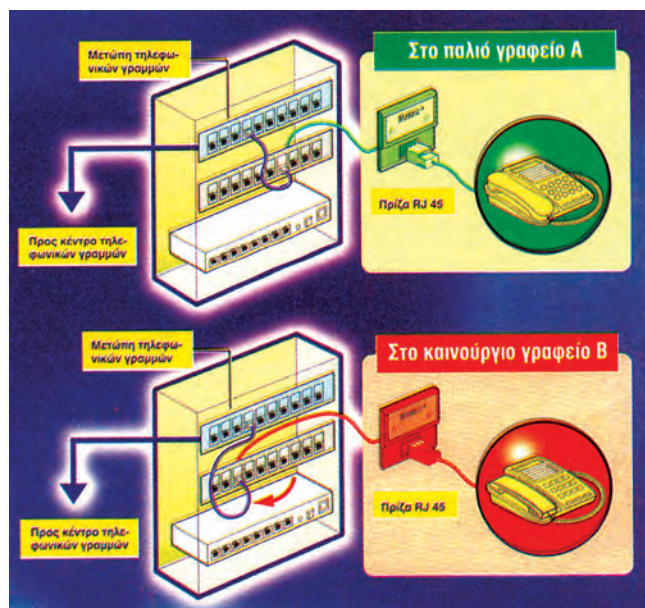
## 5. Εύκολη συντήρηση και διαχείριση

Επιτυγχάνεται γιατί όλες οι συσκευές, πλην των τερματικών, είναι συγκεντρωμένες σε κατάλληλο χώρο (κατανεμητής), με ελάχιστη παρενόχληση στους χρήστες. Το δίκτυο εξαπλώνεται από τον κεντρικό κατανεμητή προς τις συσκευές σε ακτινική διάταξη και παρέχει ευκολίες στη χρήση του και δυνατότητα ελέγχου από μακριά.

## 6. Ευέλικτη καλωδίωση

Σε μια σύγχρονη επιχείρηση, μέχρι και το 40% των υπαλλήλων, αλλάζει θέση εργασίας κατά τη διάρκεια του έτους. Γι' αυτό είναι απαραίτητη μια ευέλικτη καλωδίωση πολλαπλής χρήσης, όπως είναι η δομημένη, ώστε να μειώνεται το κόστος και να αυξάνεται η παραγωγικότητα. Η δομημένη καλωδίωση επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση των καλωδιώσεων καθώς και τη γρήγορη και απλή αλλαγή χρήσης. Χαρακτηριστική εφαρμογή αποτελεί η περίπτωση κατά την οποία υπάλληλος μετακινείται σε άλλο όροφο αλλά διατηρεί τον παλαιό αριθμό τηλεφώνου.

**Σχήμα 1.1: Διατήρηση του παλαιού αριθμού τηλεφώνου και σε νέο γραφείο.**



Με την ίδια καλωδίωση εξυπηρετούνται εφαρμογές, όπως είναι η μεταφορά φωνής και γραπτού κειμένου (τηλεφωνία), εικόνας (σήμα video), δεδομένων (data) υπολογιστών, και άλλες εφαρμογές ασθενών ρευμάτων, όπως είναι η πυρανίχνευση και ο συναγερμός.

Στην επικράτηση της δομημένης καλωδίωσης συντέλεσε αποφασιστικά και η κατασκευή από τις βιομηχανίες καλωδίων ενός συγκεκριμένου τύπου **καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών**, που είναι δυνατόν να συμπεριφερθεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, όπως και η πλειονότητα των διαφόρων καλωδίων, με αποτέλεσμα να μπορεί να τα αντικαταστήσει.

Η ανάπτυξη αυτού του τύπου δικτύου, ιδίως σε κτίρια γραφείων, βιομηχανικούς χώρους, νοσοκομεία, πανεπιστήμια, αεροδρόμια, τράπεζες κ.λπ., απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς αποτελεί βασικό μέρος της υποδομής για την απόδοση του ανθρωπίνου δυναμικού.

**Σύμφωνα με προβλέψεις ειδικών, το δίκτυο της δομημένης καλωδίωσης είναι δυνατόν να καλύπτει τις απαιτήσεις των κτιρίων για περισσότερο από 10 έτη, ενώ ένας Η/Υ έχει ημιπερίοδο ζωής 3 έτη και το λογισμικό των υπολογιστών 1,5 έτος.**

Το κόστος της δομημένης καλωδίωσης είναι δύο φορές τουλάχιστον μικρότερο συγκρινόμενο με το κόστος που επιβάλλουν οι εκ των υστέρων πρόσθετες λύσεις του παλαιού τρόπου καλωδίωσης.

## ■ 1.2 Κύρια μέρη μιας δομημένης καλωδίωσης

Ο όρος δομημένη καλωδίωση περιγράφει ένα πλήρες καλωδιακό σύστημα που αναπτύσσεται σε ένα κτίριο ή συγκρότημα κτιρίων και περιλαμβάνει τη μελέτη, τη σχεδίαση, τους τύπους των υλικών με εγγυημένες επιδόσεις, τους τρόπους υλοποίησης, τον έλεγχο και την πιστοποίηση των επιδόσεών του.

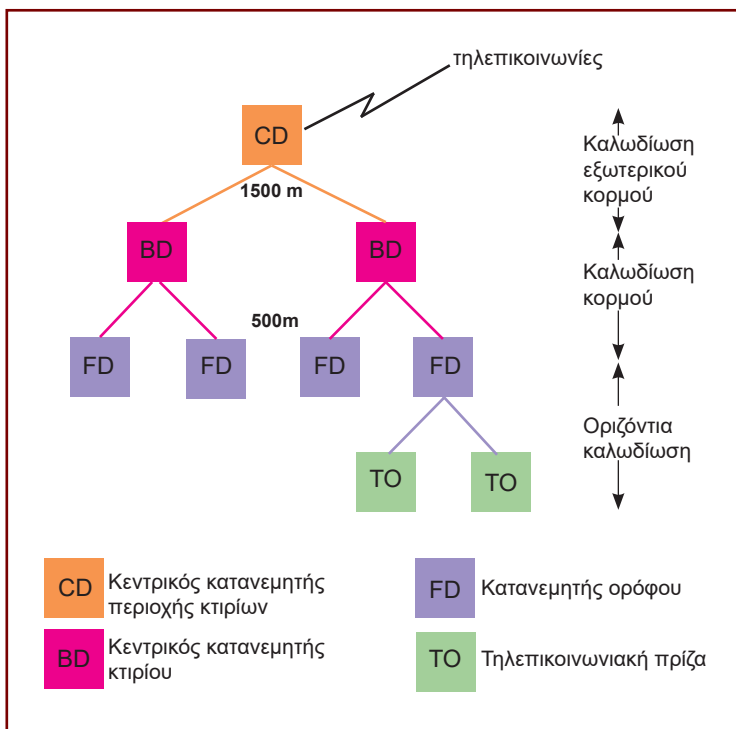
Η δομημένη καλωδίωση ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος κτιρίων αποτελείται από τέσσερα (4) κύρια μέρη:

1. Κατανεμητές
2. Καλωδίωση κορμού (κατακόρυφη)
3. Οριζόντια καλωδίωση
4. Θέση εργασίας

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας και επιδόσεων μιας δομημένης καλωδίωσης, που είναι απολύτως αναγκαία ειδικά σε ένα δίκτυο υπολογιστών εξασφαλίζονται εάν τηρηθούν συστηματικά κατά την εγκατάσταση τα πρότυπα που δημοσιεύουν αναγνωρισμένοι οργανισμοί τυποποίησης και κυρίως:

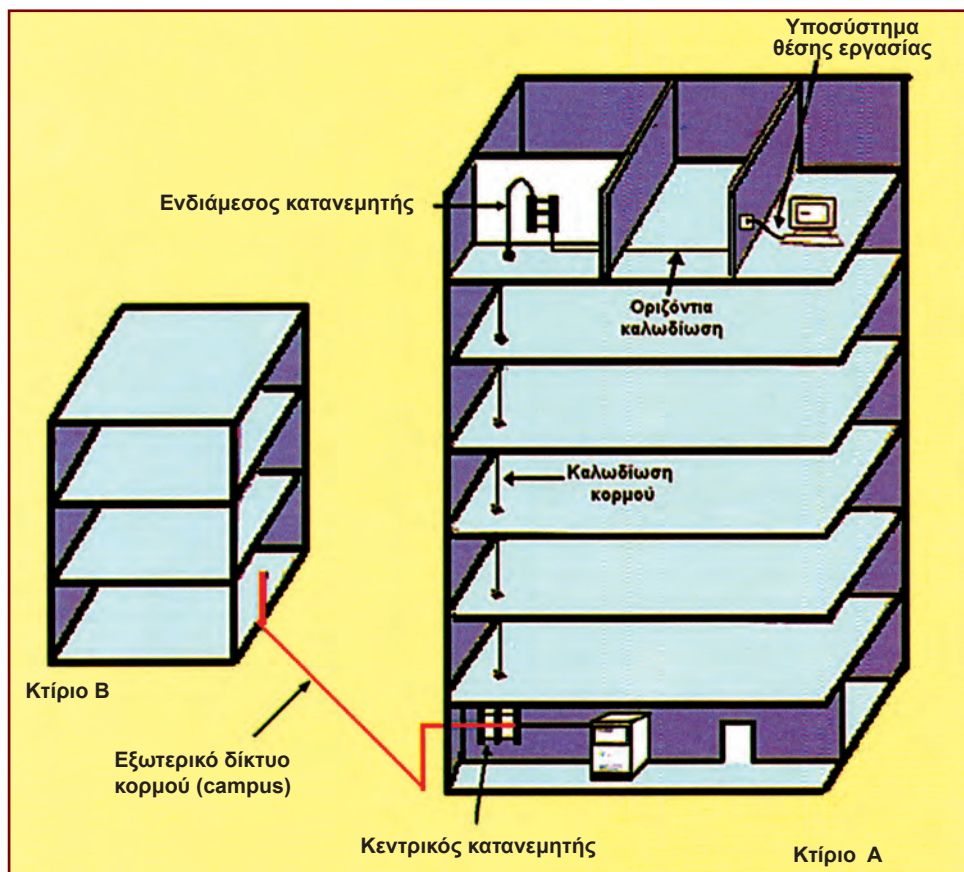
- ✓ η ΕΙΑ/ΤΙΑ (Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών των ΗΠΑ και πιο συγκεκριμένα το τμήμα της, Ένωση Τηλεπικοινωνιακής Βιομηχανίας) και
- ✓ ο ISO/IEC (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης/ Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικών).

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η ιεραρχία στο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης, που συνιστά το πρότυπο ISO 11801.



**Σχήμα 1.2: Ιεραρχία στο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης.**

Στο Σχήμα 1.3 φαίνεται η ανάπτυξη σε κτίριο ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.



**Σχήμα 1.3: Κύρια μέρη δομημένης καλωδίωσης.**

## 1.2.1 Κατανεμητές

Όπως στην εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων υπάρχει ένας γενικός ηλεκτρικός πίνακας και μερικοί ηλεκτρικοί πίνακες (υποπίνακες), έτσι και στη δομημένη καλωδίωση υπάρχει ένας **κεντρικός κατανεμητής** και οι **ενδιάμεσοι κατανεμητές ορόφου**.

Οι θέσεις των κατανεμητών στο κτίριο βρίσκονται σε τέτοιους χώρους ώστε να απαιτείται το μικρότερο δυνατόν μήκος καλωδίων, να είναι εύκολα επισκέψιμοι και γενικά να παρέχουν ευελιξία σε κάθε αλλαγή χρήσης ή μετατροπή.

Στο χώρο που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής (αίθουσα κατανεμητή), τερματίζουν όλα τα καλώδια που έρχονται από τις πρίζες του κτιρίου. Εάν το κτίριο είναι μεγάλο, τοποθετείται και ενδιάμεσος κατανεμητής, ανά όροφο.

Κριτήριο για τον αριθμό των ενδιάμεσων κατανεμητών αποτελεί ο περιορισμός ότι η απόσταση κατανεμητή από υπάρχουσα ή μελλοντική πρίζα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90 μέτρα.

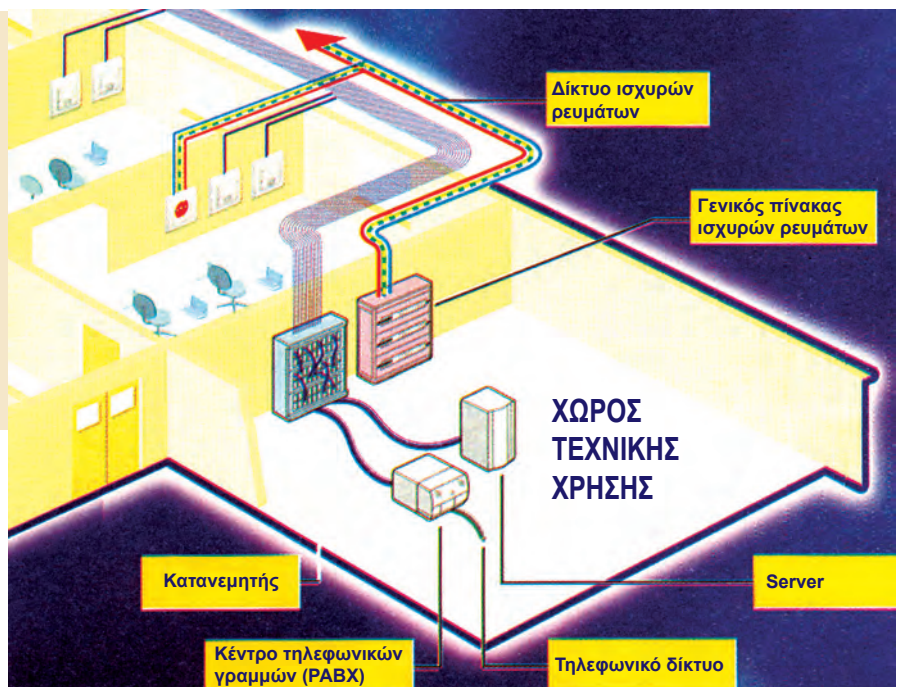
Επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, όπου οι διαδρομές των καλωδίων ξεπερνούν το επιτρεπτό μήκος, χωρίζονται σε περιοχές, η κάθε μία από τις οποίες αντιμετωπίζεται ως διαφορετικός όροφος και, συνεπώς, απαιτείται η χρήση ενδιάμεσου κατανεμητή στον ίδιο όροφο.

### 1.2.1.1 Κεντρικός κατανεμητής

Σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης, ο κεντρικός κατανεμητής εγκαθίσταται σε ειδική αίθουσα, όπου έχουν πρόσβαση μόνο οι τεχνικοί, η οποία διαθέτει εγκατάσταση κλιματισμού με φιλτράρισμα του αέρα, για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας και υγρασίας αλλά και για την αποφυγή της σκόνης.

Στην ίδια αίθουσα συνυπάρχει:

- ❖ το **τηλεφωνικό κέντρο**,
- ❖ ο **κεντρικός εξυπηρετητής (server)** του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών,
- ❖ **συστήματα συναγερμού, πυρανίχνευσης, ήχου** κ.λπ..



Σχήμα 1.4:  
Χώρος τεχνικής χρήσης.

Η αίθουσα αυτή μπορεί να είναι ένα μικρό κλειστό δωμάτιο 5 έως 10 τετραγωνικών μέτρων ή, αν δεν είναι αυτό εφικτό, ένας χώρος απαλλαγμένος από άλλες χρήσεις και που κυρίως δεν περιέχει συσκευές ισχυρών ρευμάτων, π.χ. UPS (μονάδες αδιάλειπτης παροχής ισχύος), οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάζουν με το ηλεκτρομαγνητικό τους πεδίο.

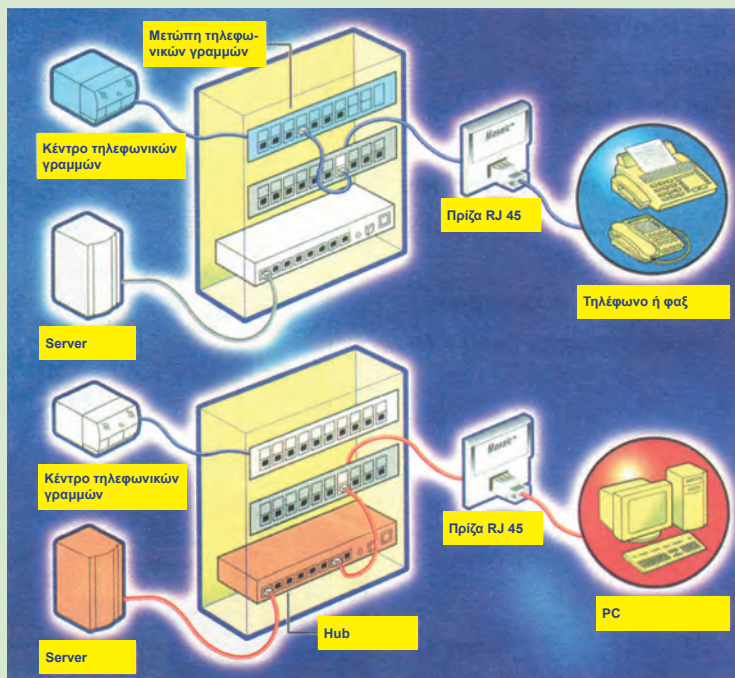
Αν το τηλεφωνικό κέντρο και ο κεντρικός εξυπηρετητής (server) του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών ενός κτιρίου βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία, τότε ο κεντρικός κατανεμητής εγκαθίσταται στο σημείο εισόδου των τηλεφωνικών γραμμών, για τον περιορισμό των καλωδιώσεων.

**Στο χώρο που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής καταλήγει όλη η καλωδίωση των τηλεφώνων και των υπολογιστών του κτιρίου.**

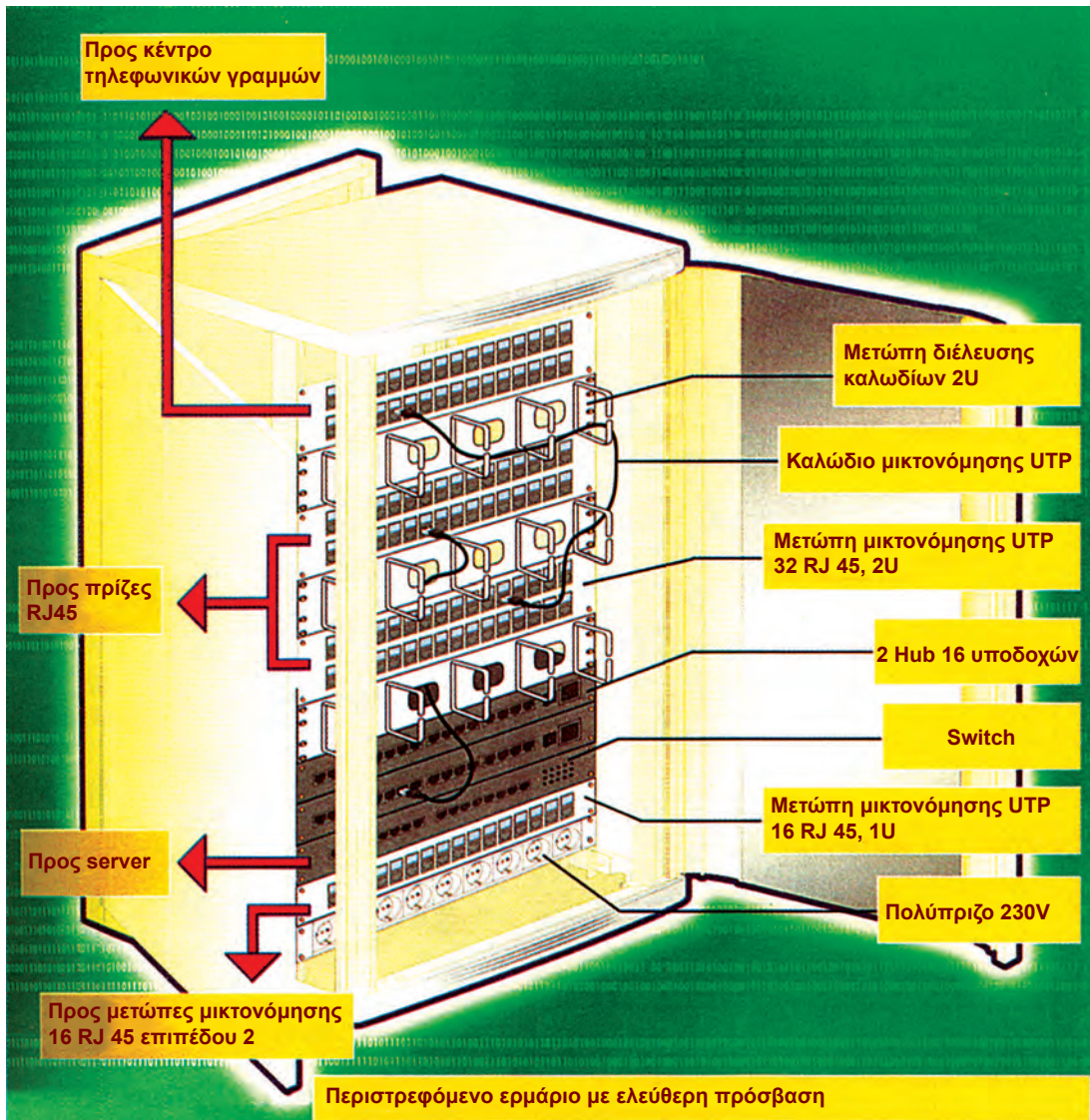
**Βασική αρχή του κατανεμητή είναι η εξασφάλιση της ευελιξίας της καλωδίωσης σε κάθε μετατροπή ή αλλαγή χρήσης.**

Στην πράξη, μέσα στον **κεντρικό κατανεμητή**:

- Όλα τα καλώδια **από το τηλεφωνικό κέντρο** καταλήγουν σε μια **μετώπη μεικτονόμησης (patch panel)**.
- Επίσης, όλα τα καλώδια από τις πρίζες τηλεφώνων καταλήγουν σε μια άλλη μετώπη μεικτονόμησης.
- Οι δύο αυτές μετώπες μεικτονόμησης ενώνονται μεταξύ τους με τα **καλώδια μεικτονόμησης (patch cords)**.
- Ανάμεσα στις δύο μετώπες, για να διευκολύνεται η διέλευση των καλωδίων μεικτονόμησης, μπορεί να τοποθετηθεί μία **μετώπη διευθέτησης**.
- **Από τον κεντρικό εξυπηρετητή (Server)** το καλώδιο καταλήγει σε μία θύρα του **συγκεντρωτή (hub)** που βρίσκεται στο κάτω μέρος του κατανεμητή.
- Όλα τα καλώδια από τις πρίζες υπολογιστών καταλήγουν σε μια μετώπη μεικτονόμησης (patch panel).
- Οι υπόλοιπες θύρες του hub ενώνονται με τη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) μέσω των καλωδίων μεικτονόμησης (patch cords).
- Ανάμεσα στο hub και τη μετώπη μεικτονόμησης, για να διευκολύνεται η διέλευση των καλωδίων μεικτονόμησης, μπορεί να τοποθετηθεί μία μετώπη διευθέτησης.



**Σχήμα 1.5: Διαφορετικές μετώπες μεικτονόμησης για τις εφαρμογές φωνής (τηλέφωνα) και δεδομένων (υπολογιστές).**



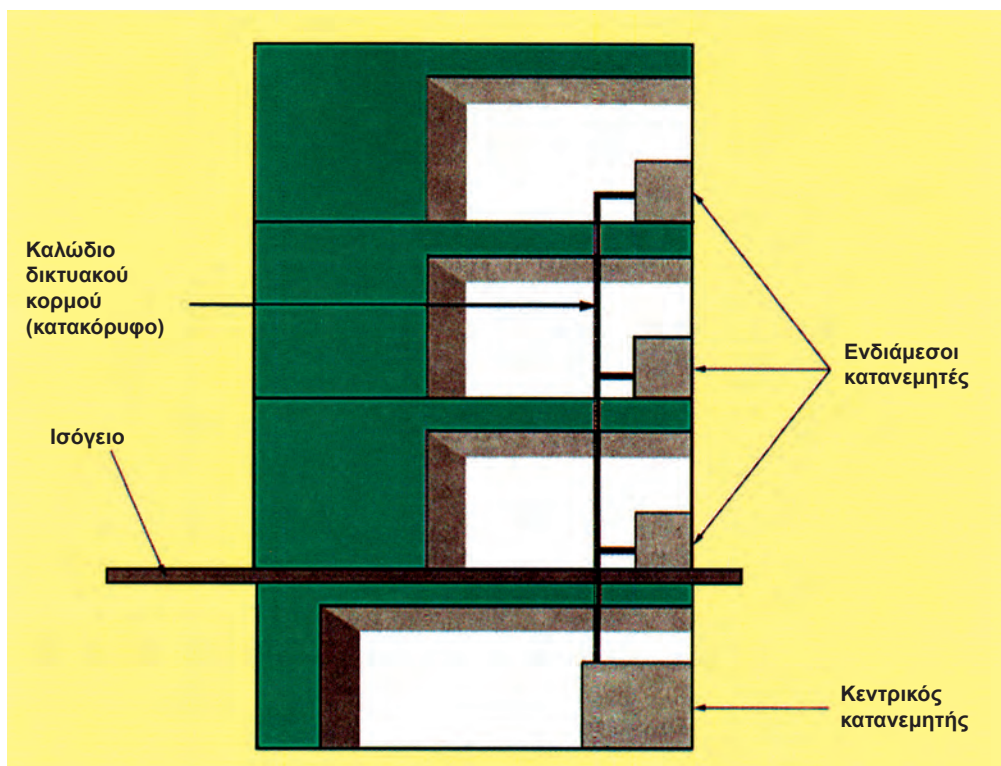
Σχήμα 1.6: Κεντρικός κατανεμητής.

### 1.2.1.2 Ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου

Ο ενδιάμεσος κατανεμητής είναι το σημείο τερματισμού της οριζόντιας καλωδίωσης του κάθε ορόφου. Τοποθετείται σε κεντρικό σημείο κάθε ορόφου και συνδέεται με κατακόρυφη καλωδίωση (καλωδίωση κορμού) με τον κεντρικό κατανεμητή του κτιρίου.

Στον ενδιάμεσο κατανεμητή γίνονται οι *μεικτονομήσεις* (διασυνδέσεις) μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης καλωδίωσης.

Στη γενικότερη έννοια του κατανεμητή συμπεριλαμβάνονται συσκευές και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για τη διανομή των σημάτων στον όροφο, όπως το κιβώτιο του κατανεμητή, οι οριολωρίδες ή οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίων χαλκού, οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίων οπτικών ινών (αν το απαιτεί η εφαρμογή), οι μετώπες διευθέτησης των καλωδίων, τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords) και τα ενεργά στοιχεία hub ή switch.



Σχήμα 1.7: Τοποθέτηση κατανομών σε κτίριο.

### 1.2.1.3 Εξαρτήματα κατανομών

#### 1.2.1.3.1 Κιβώτιο κατανομητή

Είναι τυποποιημένο χαλύβδινο μεταλλικό κιβώτιο, το οποίο επίσης καλείται καμπίνα ή Rack, κατάλληλης βαφής και με διαφανή γυάλινη πόρτα, η οποία φέρει κλειδαριά. Οι διαστάσεις του εξαρτώνται από το μέγεθος του δικτύου. Το εσωτερικό του είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, ώστε να στηρίζει με ευκολία όλα τα εξαρτήματα του κατανομητή ορόφου.

#### 1.2.1.3.2 Οριολωρίδες

Είναι εξαρτήματα τερματισμού των καλωδίων (συνήθως των τηλεφωνικών) με τον τρόπο της ταχείας σφηνωτής σύνδεσης.

Από τη μια πλευρά των οριολωρίδων τερματίζουν τα καλώδια και από την άλλη αναχωρούν (όπως στις κλέμες) για την ίδια ή για άλλες κατευθύνσεις, π.χ. από κάθετη σε οριζόντια καλωδίωση.

Στις οριολωρίδες έχει επικρατήσει η χρήση σφηνωτού τύπου IDC (Insulation Displacement Contacts). Ο τύπος αυτός επιτρέπει γρήγορη και ασφαλή σύνδεση των καλωδίων στην οριολωρίδα, με τη χρήση απλού εργαλείου, χωρίς να προαπαιτείται απογύμνωση του πλαστικού περιβλήματος των αγωγών.



Σχήμα 1.8:  
Οριολωρίδα και εργα-  
λείο καλωδίωσης.

### 1.2.1.3.3 Μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel)

Αντί των οριολωρίδων, μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel). Οι μετώπες μεικτονόμησης είναι εξαρτήματα στα οποία καταλήγουν και σταθεροποιούνται τα καλώδια του οριζόντιου και κατακόρυφου δικτύου. Οι μετώπες μεικτονόμησης πρακτικά δείχνουν την **προέλευση** και τον **προορισμό** κάθε καλωδίου και διακρίνονται σε καλωδίων χαλκού συνεστραμμένων ζευγών και οπτικών ινών.

Για τα καλώδια των υπολογιστών και για τα καλώδια των τηλεφώνων χρησιμοποιούνται ξεχωριστές μετώπες μεικτονόμησης.

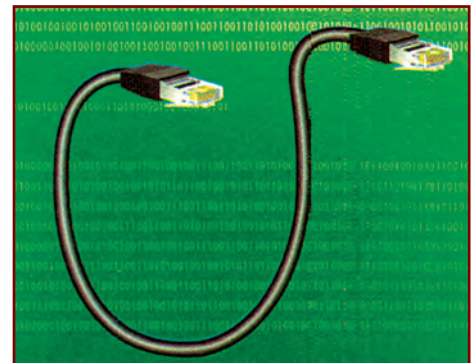
#### Μετώπες μεικτονόμησης καλωδίων χαλκού

Περιέχουν συνήθως 16, 24 ή 48 θέσεις από μηχανισμούς πριζών RJ45. Ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου, χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος μηχανισμός πριζών, RJ45 UTP, RJ45 FTP, RJ45 SFTP.

Οι μετώπες μεικτονόμησης έχουν συνήθως ύψος 4,5 cm και πλάτος 49 cm. Το τυποποιημένο ύψος των 4,5 cm ονομάζεται 1U (1 Unit = 1 μονάδα).



(α)



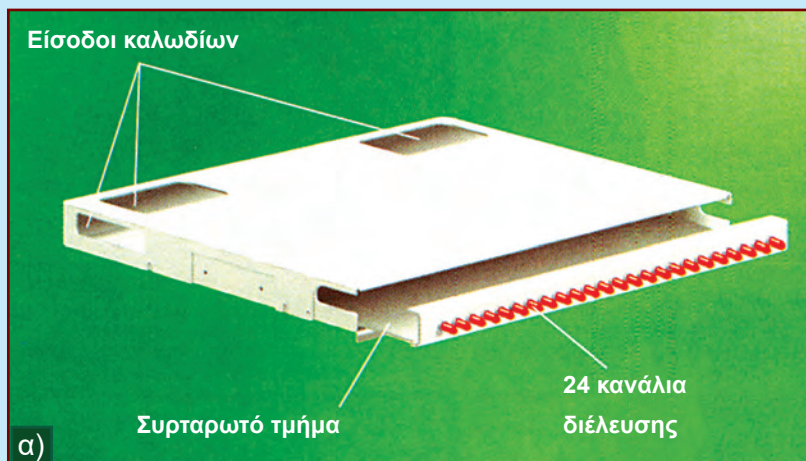
(β)

Σχήμα 1.9: Μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίου χαλκού (α) και καλώδιο μεικτονόμησης (patch cord) (β).

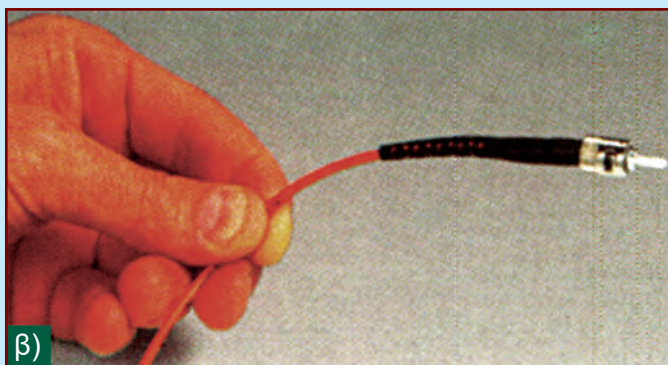
Οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panels) μπορούν να χρησιμοποιούνται μαζί με τις οριολωρίδες ή αντί αυτών. Η χρήση των μετωπών μεικτονόμησης στους ενδιάμεσους καταναμητές (προτιμάται στην περίπτωση συγκέντρωσης των καλωδίων που έρχονται από τους υπολογιστές) αυξάνει την ευελιξία του συστήματος καλωδίωσης, αυξάνει όμως και το κόστος έναντι των οριολωρίδων.

### Μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel) καλωδίων οπτικών ινών

Είναι παρόμοιες με τις μετώπες μεικτονόμησης χάλκινων καλωδίων, αλλά φέρουν μηχανισμούς τερματισμού οπτικών ινών και όχι μηχανισμούς πριζών RJ45.



α)

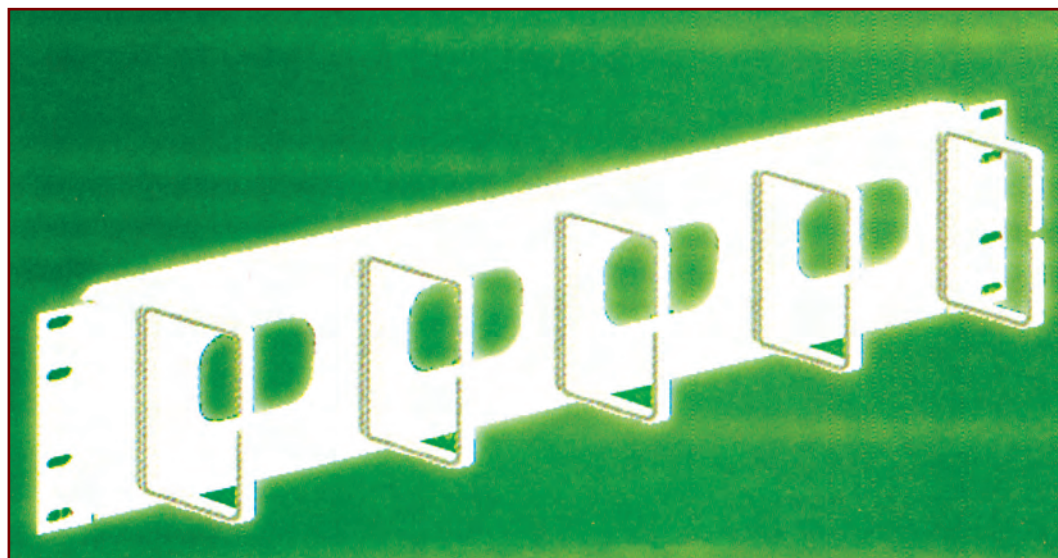


β)

Σχήμα 1.10: Μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) διασύνδεσης οπτικών ινών (α) και καλώδιο μεικτονόμησης (β).

#### 1.2.1.3.4 Μετώπες διευθέτησης καλωδίων

Χρησιμοποιούν για την καλή οργάνωση και κυκλοφορία των καλωδίων μεικτονόμησης (patch cord). Με τις μετώπες διευθέτησης των καλωδίων γίνεται πιο εύκολη η κατακόρυφη, οριζόντια ή εγκάρσια διέλευση των καλωδίων.



Σχήμα 1.11: Μετώπη διευθέτησης καλωδίων.

### 1.2.1.3.5 Συγκεντρωτής (Hub)

Το hub (χαμπ) είναι ενεργή κομβική συσκευή που βοηθάει στην επέκταση ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών με τη χρήση καλωδίωσης. Η συσκευή αυτή έχει συγκεκριμένο αριθμό θυρών (π.χ. 8, 16), στις οποίες μπορούν να συνδεθούν ισόποσες συσκευές περιφερειακών, όπως server, υπολογιστές, εκτυπωτές. Η κάθε συσκευή για παράδειγμα ένας υπολογιστής, συνδέεται μέσω καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών με ακροδέκτη τύπου RJ45 σε μία θύρα (είσοδο) του hub. Το hub παραλαμβάνει το πακέτο δεδομένων που φθάνει στη θύρα εισόδου, το αναπαράγει και το στέλνει στις υπόλοιπες θύρες, για να μπορέσουν να το παραλάβουν οι λοιπές συνδεδεμένες συσκευές, πάλι μέσω ακροδέκτη τύπου RJ45 και καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.

Γενικά, ένα σύστημα δομημένης καλωδίωσης χρησιμοποιεί για το δίκτυο υπολογιστών μια τοπολογία αστέρα με τους σταθμούς εργασίας τοποθετημένους γύρω από το hub.

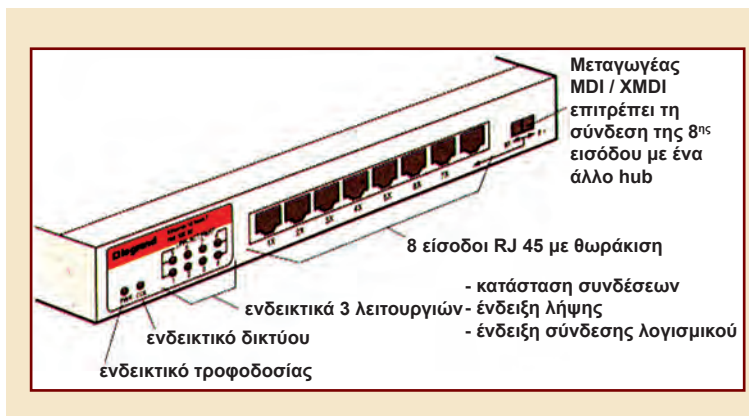
Για τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου, μπορούν να συνδεθούν σε σειρά μέχρι και τρία hub. Για

παράδειγμα, στην περίπτωση σύνδεσης δύο hub 16 θυρών, η τελευταία θύρα του πρώτου hub συνδέεται με ένα καλώδιο γεφύρωσης με την πρώτη θύρα του δεύτερου hub. Με αυτό τον τρόπο μπορούν, αντί των 16 περιφερειακών συσκευών, να συνδεθούν τελικά ακτινωτά 30 περιφερειακές συσκευές.

Σε κάθε κατανεμητή υπάρχει ένα hub που τοποθετείται συνήθως στο κάτω μέρος. Στο hub φθάνουν τα καλώδια που έρχονται από τις περιφερειακές συσκευές του δικτύου υπολογιστών, αφού περάσουν από την αντίστοιχη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή.

Το hub του κεντρικού κατανεμητή ενώνεται με ένα καλώδιο με τον κεντρικό εξυπηρετητή (server). Πάνω από το hub τοποθετούνται η μετώπη διευθέτησης καλωδίων (αν υπάρχει) και η μετώπη μεικτονόμησης. Με καλώδια μεικτονόμησης, ενώνονται οι θύρες (είσοδοι/ έξοδοι) του hub με τη μετώπη μεικτονόμησης.

Κάθε hub τροφοδοτείται στην πίσω του πλευρά από το δίκτυο (230V) μέσω μετασχηματιστή, ενώ στη μπροστινή του πλευρά φέρει ενδεικτικές φωτοδιόδους (led) λειτουργίας και τροφοδοσίας.



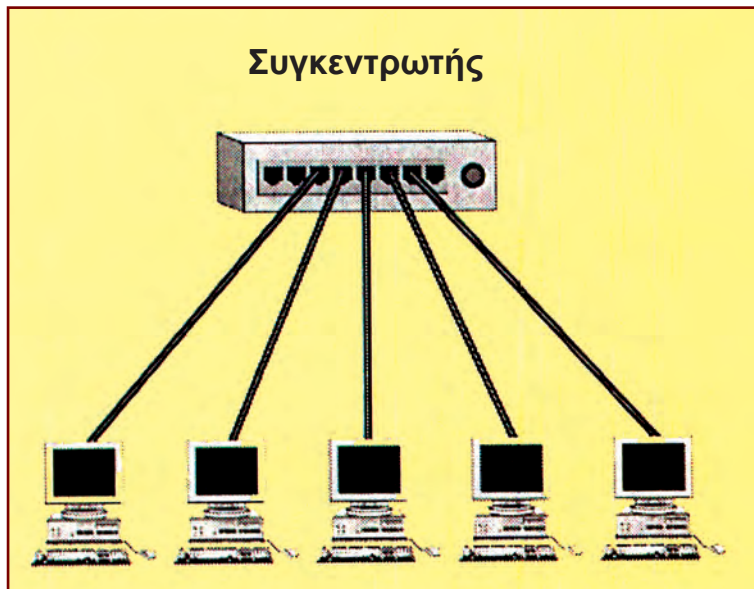
Σχήμα 1.12: Συγκεντρωτής (hub).

Η κομβική ενεργή συσκευή **switching hub** (ή απλά **switch = διακόπτης**) εκτελεί παρόμοια λειτουργία με το hub, δηλαδή προωθεί το πακέτο δεδομένων από τη θύρα εισόδου στις θύρες εξόδου. Μόνο που δεν προωθεί το πακέτο δεδομένων σε όλες τις θύρες εξόδου, όπως το hub, αλλά επιλέγει σε ποια θύρα θα το προωθήσει, αμέσως μετά την ανάγνωση της επικεφαλίδας του και την αναγνώριση του προορισμού του. Δηλαδή, στέλνει τα δεδομένα μόνο σε επιλεγμένο προορισμό (π.χ. τερματικό) και έτσι δε μειώνεται η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων, όπως στο hub.

Για παράδειγμα, σε ένα switch 10 Base T, κάθε θύρα εξόδου μπορεί να έχει ανώτατη χωρητικότητα δεδομένων 10 Mb/s, ενώ σε ένα hub 10 Base T, η ίδια χωρητικότητα μοιράζεται σε όλες τις θύρες εξόδου. Το switch όμως κοστίζει περισσότερο, γι' αυτό και προτιμάται η χρήση του σε εφαρμογές οι οποίες μεταφέρουν μεγάλο όγκο δεδομένων.

Ο **δρομολογητής (router)** είναι ενεργό στοιχείο που δημιουργεί έναν κόμβο δικτύου ικανό να κατευθύνει τα δεδομένα προς διάφορες κατευθύνσεις, επιλέγοντας τη βέλτιστη διαδρομή, μέσω ενός ή περισσότερων ενδιάμεσων σταθμών. Ο δρομολογητής λειτουργεί με βάση τις έννοιες «διαδρομή» και «διεύθυνση».

Ο δρομολογητής παρεμβάλλεται μεταξύ (internet), δηλαδή μας συνδέει με άλλα τοπικά δίκτυα ή με το διαδίκτυο. Τοποθετείται συνήθως στον κεντρικό κατανομητή, μεταξύ της μετώπης μεικτονόμησης (patch panel) και του hub ή μεταξύ της μετώπης μεικτονόμησης και του κεντρικού εξυπηρετητή (server).



Σχήμα 1.13: Τυπική συνδεσμολογία hub.

*Η εφαρμογή της δομημένης καλωδίωσης έχει νόημα όταν:*

- α) κάθε κεντρική συσκευή, για παράδειγμα τηλεφωνικό κέντρο ή κεντρικός υπολογιστής (μέσω hub) τερματίζει πάντα σε μια μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ή σε μια οριολωρίδα,*
- β) κάθε καλώδιο που προέρχεται από τις τερματικές συσκευές (τηλέφωνα, υπολογιστές, εκτυπωτές, fax, κ.λπ.) τερματίζει επίσης πάντα σε μια άλλη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ή σε μια οριολωρίδα,*
- γ) οι μετώπες μεικτονόμησης ή οι οριολωρίδες συνδέονται μεταξύ τους με τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords).*

## 1.2.2 Καλωδίωση κορμού

Η καλωδίωση κορμού συνδέει τους ενδιάμεσους κατανομητές ορόφων με τον κεντρικό κατανομητή. Επίσης, στο δίκτυο κορμού ανήκουν και οι συνδέσεις των σημείων εισαγωγής (παροχή τηλεπικοινωνιακού δικτύου ΟΤΕ) αλλά και οι διασυνδέσεις μεταξύ κτιρίων, σε περίπτωση που εξυπηρετούνται περισσότερα κτίρια με το ίδιο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης. Για λειτουργικούς λόγους, το δίκτυο κορμού διακρίνεται σε εσωτερικό και εξωτερικό δίκτυο.

### 1.2.2.1 Εσωτερικό δίκτυο κορμού

Αυτό αναφέρεται στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Το εσωτερικό δίκτυο κορμού ονομάζεται και κατακόρυφο δίκτυο ή κατακόρυφος κορμός (backbone ή riser). Αποτελείται από τα καλώδια και το σχετικό υλικό διασύνδεσης για τη σύνδεση των ενδιάμεσων κατανεμητών του κτιρίου. Η σύνδεση των καλωδίων κορμού γίνεται σε διάταξη αστέρα, όπου στο κέντρο βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής και στα άκρα οι ενδιάμεσοι κατανεμητές. Δηλαδή, κάθε ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου συνδέεται μόνο με τον κεντρικό κατανεμητή, ενώ οι ενδιάμεσοι κατανεμητές δεν συνδέονται μεταξύ τους.

**Σε ένα εκτεταμένο κτίριο, είναι δυνατόν να τοποθετούνται περισσότερα του ενός συστήματα κατακόρυφης καλωδίωσης.**

#### 1.2.2.1.1 Καλώδια εσωτερικού κορμού

Ανάλογα με την εφαρμογή, χρησιμοποιούνται συνήθως καλώδια UTP ή STP κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, πολλών ζευγών, ή καλώδια οπτικών ινών

Ο όρος UTP (προφέρεται Γιου Τι Πι -Unshielded Twisted Pair) αναφέρεται σε καλώδια από χαλκό με συνεστραμμένα ζεύγη, αθωράκιστα και με χαρακτηριστική αντίσταση 100 Ω.

Ο όρος STP (Shielded Twisted Pair) αναφέρεται σε καλώδια από χαλκό με συνεστραμμένα ζεύγη τα οποία φέρουν θωράκιση.

Το Cat. 5 (Κατηγορία 5) υποδηλώνει ότι τα καλώδια αυτά χρησιμοποιούνται για συχνότητες μέχρι 100 MHz. Η μεγαλύτερη κατηγορία καλωδίων, π.χ. 5E ή 6, υποδηλώνει ότι τα καλώδια αυτά έχουν καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιούνται για συχνότητες μεγαλύτερες των 100 MHz.

(Με τα χαρακτηριστικά των καλωδίων των συνεστραμμένων ζευγών και των οπτικών ινών θα ασχοληθούμε αναλυτικά στο κεφάλαιο «Μέσα Μετάδοσης»).

Ο συνηθέστερος τύπος καλωδίου που χρησιμοποιείται στον εσωτερικό κορμό είναι το UTP των 25 ζευγών, με χάλκινους μονόκλωνους αγωγούς διαμέτρου 24 AWG<sup>1</sup> (Φ= 0,5 mm περίπου).

Το καλώδιο του κορμού μπορεί να αποτελείται από πολλές ομάδες UTP των 25 ζευγών, οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και ξεχωρίζουν γιατί συνήθως περιβάλλονται από πλαστικές ταινίες χρωματικά κωδικοποιημένες.

Το καλώδιο προστατεύεται με θερμοπλαστικό περίβλημα ή άλλο άκαυστο υλικό, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φέρει και μεταλλικό προστατευτικό περίβλημα σε μορφή ταινίας.

Σε δυσμενείς περιπτώσεις, όπως είναι για παράδειγμα οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και οι μεγάλες αποστάσεις, είναι προτιμότερο στην κατακόρυφη καλωδίωση να χρησιμοποιείται καλώδιο οπτικών ινών.

<sup>1</sup>Το AWG (American Wire Gauge) χρησιμοποιείται στη δομημένη καλωδίωση ως πρότυπη μονάδα μέτρησης της διαμέτρου ενός σύρματος.

Η μείξη καλωδίων διαφορετικού τύπου στην ίδια καλωδίωση πρέπει να αποφεύγεται, γιατί δημιουργούνται προβλήματα στη μετάδοση δεδομένων. Για παράδειγμα, αν έχουμε στην οριζόντια καλωδίωση UTP, πρέπει να αποφεύγουμε να συνεχίσουμε στον κορμό με STP.

### 1.2.2.2 Εξωτερικό δίκτυο κορμού

Συχνά, ένα ίδρυμα, ένας οργανισμός ή μια επιχείρηση επεκτείνονται σε περισσότερα από ένα κτίρια (π.χ. νοσοκομεία, πανεπιστήμια, αεροδρόμια κ.ά.).

Για να καλυφθούν οι ανάγκες για δομημένη καλωδίωση, ο κεντρικός καταναμητής όλης της καλωδίωσης τοποθετείται συνήθως στο ισόγειο ενός κεντρικού κτιρίου και από εκεί ακτινωτά, σε μορφή αστέρα, συνδέονται τα υπόλοιπα κτίρια. Δηλαδή, ο κεντρικός καταναμητής του επιλεγμένου κεντρικού κτιρίου συνδέεται με ανεξάρτητο καλώδιο με καθέναν από τους κεντρικούς καταναμητές των υπόλοιπων κτιρίων. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης έχει το πλεονέκτημα του κεντρικού ελέγχου και διαχείρισης.

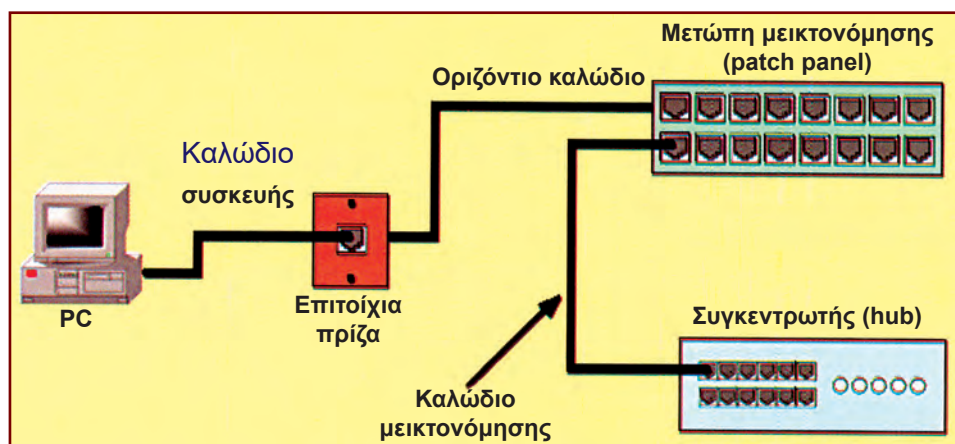
Τα καλώδια για τη διασύνδεση των κτιρίων μαζί με τον απαιτούμενο εξοπλισμό αποτελούν το εξωτερικό δίκτυο κορμού. Λόγω της ευρύτερης περιοχής που καλύπτει αυτό το εξωτερικό δίκτυο, συχνά συναντάται και με τον όρο *campus* (πανεπιστημιούπολη).

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, επειδή οδεύουν εξωτερικά και υπόγεια, μπορεί να είναι UTP για τη φωνή αλλά με την κατάλληλη θωράκιση και προστασία (π.χ. έναντι υγρασίας, τρωκτικών, τραυματισμών λόγω εκσκαφών κ.ά.). Συνηθέστερα όμως, λόγω της μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων και των μεγάλων αποστάσεων, χρησιμοποιούνται οι οπτικές ίνες, με την κατάλληλη εξωτερική προστασία.

### 1.2.3 Οριζόντια καλωδίωση

Στον όρο αυτό συμπεριλαμβάνονται το **καλώδιο σύνδεσης** από τον καταναμητή ορόφου μέχρι τις πρίζες των τερματικών συσκευών (π.χ. τηλεφώνων, υπολογιστές), οι **πρίζες** των τερματικών συσκευών και οι **τερματικοί συνδετήρες** στην οριολωρίδα τερματισμού του κάθε καλωδίου ή της μετώπης μεικτονόμησης και του hub.

Η οριζόντια καλωδίωση αποτελείται πρακτικά από δύο όμοιες καλωδιώσεις. Μία για τις εφαρμογές φωνής και γραπτού κειμένου (τηλεφωνία) και μία για τις εφαρμογές δεδομένων (δίκτυα υπολογιστών).



Σχήμα 1.14 : Οριζόντια καλωδίωση για τη μεταφορά δεδομένων.

Στην καλωδίωση της εφαρμογής δεδομένων, από την κάθε τερματική πρίζα το καλώδιο οδηγείται στον κατανεμητή ορόφου και συγκεκριμένα πρώτα στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) και μετά στο hub.

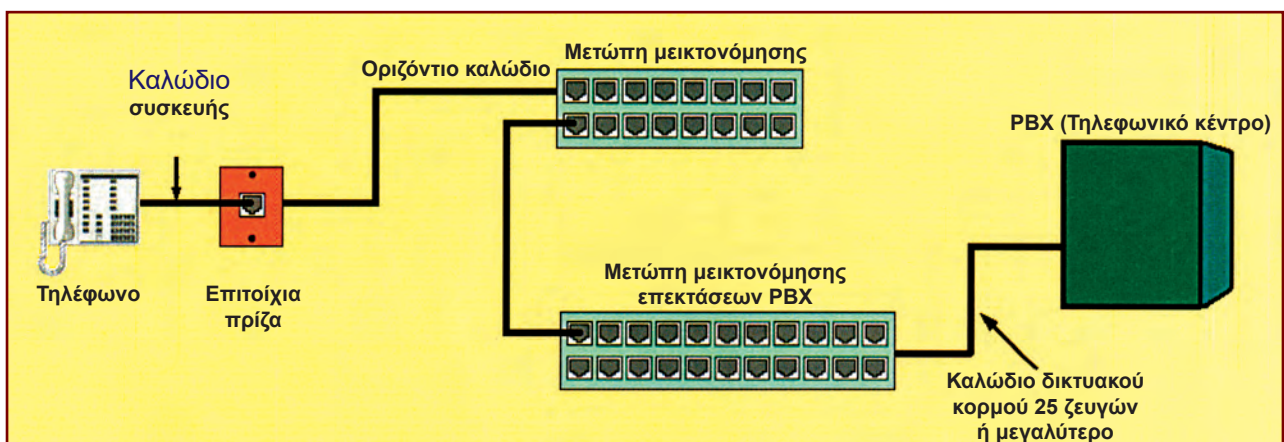
Το μέγιστο μήκος καλωδίου από την πρίζα μέχρι την πρώτη σύνδεση στη μετώπη του κατανεμητή ορόφου είναι 90 μέτρα.

Το μέγιστο μήκος του καλωδίου από τον υπολογιστή μέχρι το hub του κατανεμητή είναι 100 μέτρα.

Μια επιχείρηση μπορεί να εκτείνεται σε ένα επίπεδο πολλών τετραγωνικών μέτρων. Τότε η επιφάνεια χωρίζεται σε ζώνες και αντιμετωπίζεται σα να υπάρχουν περισσότεροι όροφοι. Έτσι τηρείται ο περιορισμός των 90 μέτρων.

**Δηλαδή, το μήκος του καλωδίου από τον υπολογιστή μέχρι την πρίζα και του καλωδίου μεικτονόμησης μέσα στον κατανεμητή (από τη μετώπη μεικτονόμησης μέχρι το hub) πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από 10 μέτρα.**

Στην καλωδίωση της εφαρμογής φωνής (τηλέφωνο) και γραπτού κειμένου (fax), το καλώδιο οδηγείται ομοίως από την κάθε τερματική πρίζα στον κατανεμητή ορόφου, μόνο που φυσικά δεν υπάρχει hub, αλλά υπάρχει συνήθως μια μετώπη μεικτονόμησης. Στον κεντρικό κατανεμητή όμως, εκτός από τη μετώπη μεικτονόμησης όπου καταλήγουν όλα τα καλώδια των τηλεφωνικών πριζών των ορόφων, υπάρχει και η μετώπη μεικτονόμησης όπου καταλήγουν όλες οι γραμμές του τηλεφωνικού κέντρου.



**Σχήμα 1.15: Οριζόντια καλωδίωση τηλεφωνίας στο επίπεδο του κεντρικού κατανεμητή όπου βρίσκεται και το τηλεφωνικό κέντρο.**

### 1.2.3.1 Καλώδια οριζόντιας καλωδίωσης

Για την εγκατάσταση της οριζόντιας καλωδίωσης, πρέπει να είναι γνωστή η διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα καλώδια. Τα καλώδια είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε σωλήνες, κανάλια πλαστικά ή μεταλλικά, σχάρες ανοικτές ή κλειστές κ.λπ.. Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει στο δάπεδο, σε ψευδοροφές, σε ψευδοδάπεδο, σε ψευδοκολώνες, επίτοιχα ή χωνευτά.

Ο τρόπος εγκατάστασης πρέπει να είναι τέτοιος που να διευκολύνει τη συντήρηση, τον έλεγχο, την επανατοποθέτηση καλωδίων και να επιτρέπει τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου.

**Στην οριζόντια καλωδίωση χρησιμοποιούμε συνήθως καλώδια UTP, αθωράκιστα των 4 συνεστραμμένων ζευγών από χαλκό, κατηγορίας 5 και πάνω.**

Εκτός από τα καλώδια UTP, στην οριζόντια καλωδίωση μπορούμε, σε ειδικές περιπτώσεις, να χρησιμοποιήσουμε και άλλους τύπους καλωδίων, όπως:

- ❖ Καλώδιο χαλκού 4 συνεστραμμένων ζευγών με θωράκιση (STP- Shielded Twisted Pair), χαρακτηριστικής αντίστασης 100 Ω.
- ❖ Καλώδιο οπτικής ίνας με διαμέτρους πυρήνα/ περιβλήματος τα 62,5/125 μm.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου καλωδίου (απλού ή θωρακισμένου) γίνεται ανάλογα με την ηλεκτρομαγνητική φόρτιση του περιβάλλοντος χώρου και τον απαιτούμενο βαθμό αξιοπιστίας στην μετάδοση. Συνήθως, σε οικιακούς, εργασιακούς και πανεπιστημιακούς χώρους χρησιμοποιείται απλό καλώδιο UTP. Σε ειδικές εφαρμογές, όπως είναι εγκαταστάσεις αεροδρομίων, αλλά και σε βιομηχανικούς χώρους χρησιμοποιούνται θωρακισμένα καλώδια.

### 1.2.3.2 Πρίζες

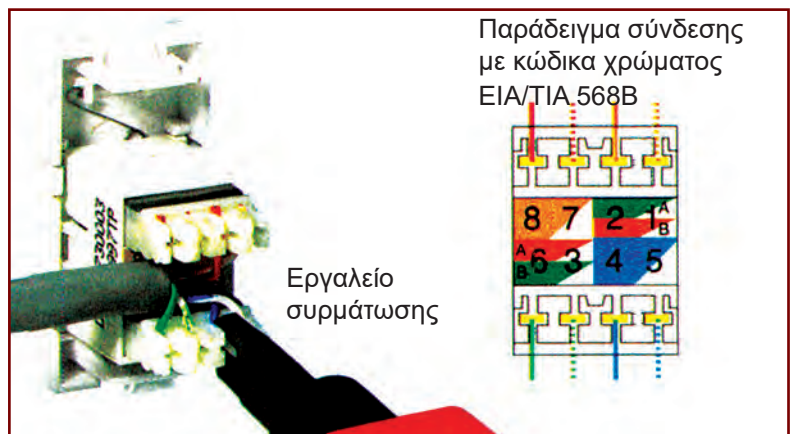
Η πρίζα είναι το εξάρτημα στο οποίο καταλήγει το οριζόντιο δίκτυο της δομημένης καλωδίωσης στη θέση εργασίας. Πάνω στην πρίζα συνδέεται ο τερματικός εξοπλισμός (υπολογιστές, εκτυπωτές, τηλέφωνα κ.λπ.).

Ο συνηθέστερος τύπος πρίζας είναι ο RJ45 με 8 επαφές.

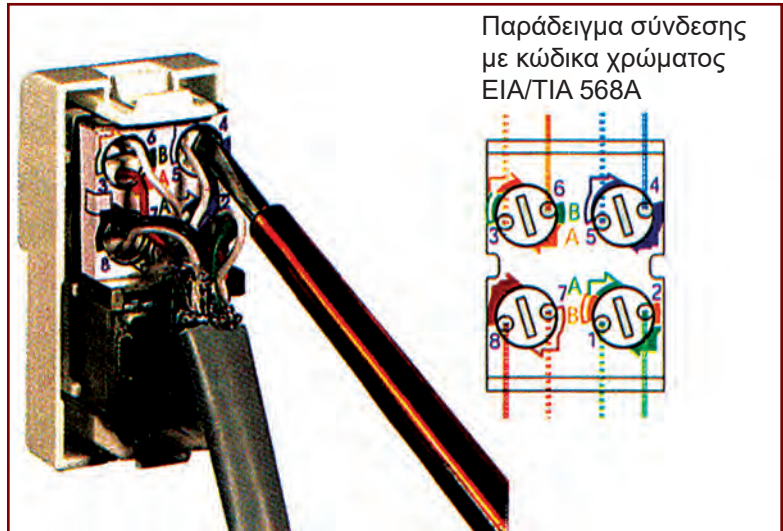
Ο τερματισμός του καλωδίου στην πρίζα γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο και μπορεί να είναι, όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα:

#### ✓ ταχείας σφηνωτής σύνδεσης

**Σχήμα 1.16: Ταχεία σφηνωτή σύνδεση**



✓ ή ταχείας σύνδεσης με στρέψη



Σχήμα 1.17: Ταχεία σύνδεση με στρέψη.

Οι πρίζες όλων των εταιρειών έχουν τυποποιημένη μορφή έτσι ώστε να διαθέτουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Οι πρίζες διατίθενται στο εμπόριο σε τρεις τύπους:

- ✓ **ΕΠΙΤΟΙΧΕΣ,**
- ✓ **ΧΩΝΕΥΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ**
- ✓ **ΑΥΤΕΣ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΝΑΛΙ.**

Ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου που καταλήγει σε αυτές, οι πρίζες διακρίνονται σε κατηγορίες:

• **Πρίζα RJ45, UTP**

Σ' αυτές τις πρίζες τερματίζουν καλώδια UTP 4 ζευγών.

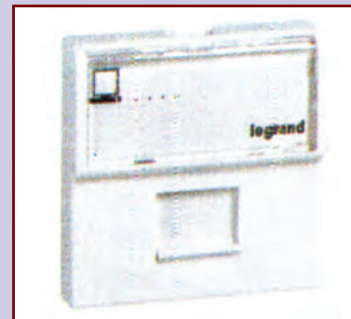


• **Πρίζα RJ45, FTP 9 επαφών**

Σ' αυτές τις πρίζες τερματίζουν καλώδια FTP 4 ζευγών καθώς και η θωράκισή τους. Στο πίσω τους μέρος φέρουν μεταλλικό πλαίσιο για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

• **Πρίζα RJ45, STP 9 επαφών**

Σ' αυτές καταλήγουν STP καλώδια 4 ζευγών καθώς και η θωράκισή τους.



Σχήμα 1.18: Πρίζες RJ45.

Οι διάφοροι τύποι πριζών έχουν συνήθως εξωτερικά την ίδια εμφάνιση. Διαφέρουν όμως στο μηχανισμό που φέρουν εσωτερικά.

Όλες οι πρίζες πρέπει να φέρουν στο εμπρόσθιο μέρος ετικέτα για την αρίθμηση της θέσης που ταιριάζει με την αρίθμηση της κατάληξης του κατανεμητή (π.χ. από το Νο7 στο Νο7). Στο οπίσθιο μέρος πρέπει να φέρουν αρίθμηση ή χρωματική κωδικοποίηση για τη σωστή σύνδεση των καλωδίων. Ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα της κατασκευής, οι πρίζες μπορεί να είναι μονές ή διπλές, με προστατευτικό κάλυμμα ή χωρίς.

### 1.2.4 Θέση εργασίας

Τα βασικότερα στοιχεία που συναντάμε στη θέση εργασίας είναι τα καλώδια και οι *συνδετήρες (connectors)*, που συνδέουν τον εξοπλισμό των θέσεων εργασίας με τις πρίζες του καλωδιακού συστήματος.

Ο εξοπλισμός μιας θέσης εργασίας μπορεί να περιλαμβάνει υπολογιστή, τηλέφωνο, fax, εικονοτηλέφωνο, εκτυπωτή κ.λπ.

Το καλώδιο σύνδεσης της συσκευής με την πρίζα πρέπει να είναι ελεύθερο, εύκαμπτο καλώδιο, μήκους συνήθως μέχρι 3 μέτρων.

Το καλώδιο σύνδεσης μπορεί να αυξηθεί και πέρα από τα 3 μέτρα, αρκεί να μην ξεπεραστεί ο περιορισμός για τη μέγιστη απόσταση των 100 μέτρων (το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τη συσκευή + το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τον κατανεμητή ορόφου + το μήκος του καλωδίου μεικτονόμησης).

Σε κάθε θέση εργασίας πρέπει να τοποθετούνται **τουλάχιστον** δύο πρίζες RJ45, η μία για τηλεφωνία και η άλλη για δεδομένα (data).

Συνιστάται στη δεξιά πρίζα να τερματίζουν τα καλώδια των δεδομένων και στην αριστερή πρίζα να τερματίζουν τα καλώδια των τηλεφωνικών συνδέσεων. (Η πρίζα RJ45 είναι λίγο μεγαλύτερη από τη συνήθη τηλεφωνική πρίζα).

Ο συνολικός αριθμός των πριζών εξαρτάται από τις προβλεπόμενες ανάγκες. Σε μία θέση εργασίας μπορούμε να έχουμε και πέντε (5) πρίζες: τέσσερις (4) για συσκευές όπως τηλέφωνο, υπολογιστή, εκτυπωτή, fax και μία εφεδρική.

Ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης, για να υπολογίσει τον απαιτούμενο αριθμό πριζών ενός μεγάλου χώρου, πρέπει να λάβει υπόψη του ότι οι σημερινές ανάγκες απαιτούν 2 πρίζες τουλάχιστον για κάθε 10 m<sup>2</sup> χώρου.



Σχήμα 1.19: Διάταξη θέσεων εργασίας

Μερικές φορές, κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού με τις πρίζες, απαιτούνται προσαρμογές. Οι προσαρμογές αυτές πρέπει να γίνονται μόνο εξωτερικά της πρίζας.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από τις πιο συχνές περιπτώσεις όπου απαιτείται ειδική κατά περίπτωση αντιμετώπιση με τον κατάλληλο προσαρμογέα:

- Το φινις μιας συσκευής δεν ταιριάζει με τον τύπο της πρίζας της οριζόντιας καλωδίωσης.
- Ο τύπος του καλωδίου της συσκευής διαφέρει από τον τύπο καλωδίου της οριζόντιας καλωδίωσης.
- Δύο συσκευές συνδέονται στην ίδια πρίζα.
- Απευθείας σύνδεση δύο υπολογιστών (οπότε απαιτούνται αλλαγές στη διάταξη ακροδεκτών, π.χ. cross RS-232).
- Απαιτούνται αντιστάσεις τερματισμού.

**Ποτέ δεν πρέπει να αλλάζει εσωτερικά μια πρίζα, για να βοηθήσει ένα σύστημα να δουλέψει.**

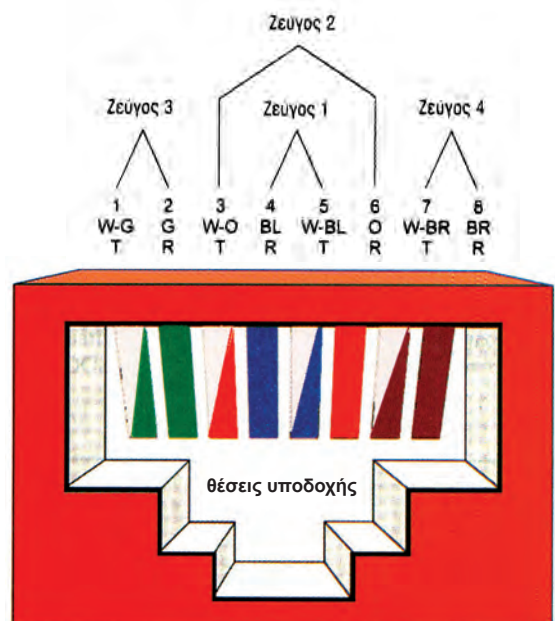
Οι πρίζες RJ45 πρέπει να είναι τουλάχιστον κατηγορίας 5, με διπλές παροχές. Καλό είναι να προτιμώνται οι πρίζες που οι έξοδοι τους είναι υπό γωνία στο κάτω μέρος της πρίζας, έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος να χτυπηθεί το καλώδιο σύνδεσης ή να τσακίσει.

Κάθε καλώδιο σύνδεσης των τεσσάρων ζευγών (4'') πρέπει να καταλήγει σε μια υποδοχή πρίζας των οκτώ ακροδεκτών στη θέση εργασίας.

Η αντιστοιχία των ακροδεκτών με τα ζεύγη πρέπει να είναι σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA-568A ή με το πρότυπο EIA/TIA-568B. Πάντως, όποιο πρότυπο επιλεγεί πρέπει να διατηρηθεί σε όλη την εγκατάσταση.

**Πίνακας 1.1: Αντιστοιχία ακροδεκτών κατά το πρότυπο TIA 568A.**

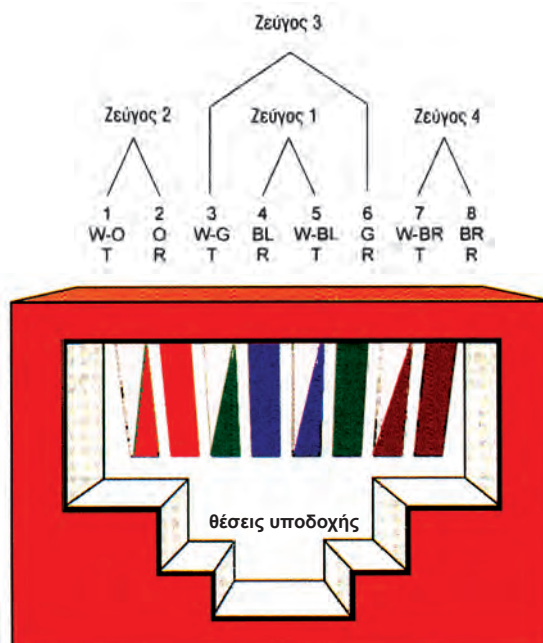
| Ακίδα | Χρώμα σύρματος        |
|-------|-----------------------|
| 1     | Άσπρο/πράσινο (W-G)   |
| 2     | Πράσινο (G)           |
| 3     | Άσπρο/πορτοκαλί (W-O) |
| 4     | Μπλε (BL)             |
| 5     | Άσπρο/μπλε (W-BL)     |
| 6     | Πορτοκαλί (O)         |
| 7     | Άσπρο/καφέ (W-BR)     |
| 8     | Καφέ (BR)             |



**Σχήμα 1.20: Σύνδεση πρίζας με το πρότυπο TIA 568A.**

**Πίνακας 1.2: Αντιστοιχία ακροδεκτών κατά το πρότυπο TIA 568B.**

| Ακίδα | Χρώμα σύρματος        |
|-------|-----------------------|
| 1     | Άσπρο/πορτοκαλί (W-O) |
| 2     | Πορτοκαλί (O)         |
| 3     | Άσπρο/πράσινο (W-G)   |
| 4     | Μπλε (BL)             |
| 5     | Άσπρο/μπλε (W-BL)     |
| 6     | Πράσινο (G)           |
| 7     | Άσπρο/καφέ (W-BR)     |
| 8     | Καφέ (BR)             |



**Σχήμα 1.21: Σύνδεση πρίζας με το πρότυπο TIA 568B.**

Οι κατασκευαστικές εταιρείες, για διευκόλυνση του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη, προσφέρουν και πρίζες RJ45 με κώδικα χρώματος. Η σύνδεση των αγωγών ανά ζεύγη στις υποδοχές της πρίζας γίνεται με αντιστοιχία των χρωμάτων (π.χ. ο πορτοκαλί αγωγός και ο άσπρος / πορτοκαλί θα συνδεθούν στις όμοια χρωματικές υποδοχές).

### Σύνδεση ζευγών πρίζας κατά εφαρμογή

| Ήχος (Τηλεφωνία) | Ονομασία δικτύου | Συχνότητες    | Ρυθμός μετάδοσης   | Σύνδεση ζευγών |
|------------------|------------------|---------------|--------------------|----------------|
| ISDN και ψηφιακό | ISDN             | $\leq 10$ MHz | $n \times 64$ kbps | 3-6, 4-5       |
| Αναλογικό        | Τηλέφωνο         | 300 - 3400 Hz | $\leq 56$ kbps     | 4-5            |

| Ήχος (Τηλεφωνία) | Ονομασία δικτύου | Συχνότητες | Ρυθμός μετάδοσης       | Σύνδεση ζευγών     |
|------------------|------------------|------------|------------------------|--------------------|
| Ethernet         | 10 Base T        | 1-10 MHz   | 10 Mbps                | 1-2, 3-6           |
| Fast Ethernet    | 100 Base TX      | 1-80 MHz   | 100 Mbps               | 1-2, 3-6           |
| Gigabit Ethernet | 1000 Base T      | 1-250 MHz  | 1000 Mbps (4×250 Mbps) | 1-2, 3-6, 4-5, 7-8 |

**Ανεξάρτητα από την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται μια πρίζα, πρέπει να συνδέονται και οι 8 αγωγοί των 4 ζευγών του καλωδίου.**



## 2. Τοπικά δίκτυα υπολογιστών

### (LAN - Local Area Network)

**Δ**ίκτυο υπολογιστών είναι οποιοδήποτε σύνολο από ανεξάρτητους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους. Όταν το δίκτυο αυτό περιορίζεται σε μια μικρής έκτασης γεωγραφική περιοχή, όπως ένα σχολικό εργαστήριο, κτίριο ή ένα πανεπιστήμιο, το αποκαλούμε τοπικό δίκτυο (LAN). Όταν το δίκτυο εκτείνεται σε πολλαπλές φυσικές θέσεις, δηλαδή σε ευρεία γεωγραφική περιοχή, αστική ή και υπεραστική, τότε το αποκαλούμε δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN - Wide Area Network), π.χ. τραπεζικά δίκτυα, δίκτυα αεροπορικών εταιρειών κ.λπ.. Το δίκτυο ευρείας περιοχής συνδέει πολλαπλά τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.

**Δίκτυο (Network)** είναι ένα διασυνδεδεμένο σύστημα υπολογιστών όπου ο καθένας μπορεί να επικοινωνεί με τους άλλους και να μοιράζεται αρχεία, δεδομένα (data) και πόρους.

**Τοπικό δίκτυο υπολογιστών (LAN)** είναι ένα σύστημα επικοινωνίας δεδομένων που αποτελείται από μια ομάδα διασυνδεδεμένων υπολογιστών, οι οποίοι μοιράζονται εφαρμογές, δεδομένα και περιφερειακά (π.χ. εκτυπωτές). Η γεωγραφική περιοχή είναι συνήθως μια αίθουσα εργαστηρίου, ένα κτίριο ή μια ομάδα γειτονικών κτιρίων.

Με την ύπαρξη πολλών προσωπικών υπολογιστών (PC- Personal Computer), για παράδειγμα σε μια επιχείρηση ή σ' έναν εκπαιδευτικό οργανισμό, δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη μεταξύ τους διασύνδεση και επικοινωνία. Η λύση του προβλήματος της διασύνδεσης σε τοπικό επίπεδο δόθηκε από τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN). Τα τοπικά δίκτυα μπορεί να είναι μικρά, συνδέοντας για παράδειγμα τρεις υπολογιστές, ή συχνά μπορεί να συνδέουν δεκάδες υπολογιστές που χρησιμοποιούνται από εκατοντάδες ανθρώπους.

Τα τοπικά δίκτυα, εκτός από τη δυνατότητα διασύνδεσης των υπολογιστών, παρέχουν επιπλέον το πλεονέκτημα της χρήσης και εκμετάλλευσης κοινών και ακριβών πόρων, όπως κεντρικών εξυπηρετητών (servers), εκτυπωτών laser, μεγάλων αποθηκευτικών μέσων, σαρωτών (scanners) κ.λπ..

### Τα βασικά στοιχεία ενός τοπικού δικτύου είναι:

- Οι υπολογιστές.
- Τα μέσα μετάδοσης (π.χ. καλώδια) και οι συσκευές επικοινωνίας (π.χ. modem, κάρτες δικτύου).
- Η διασύνδεση (interface) του κάθε υπολογιστή με το μέσο μετάδοσης.
- Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, δηλαδή οι κανόνες ελέγχου μετάδοσης.
- Τα ειδικά λειτουργικά συστήματα για τοπικά δίκτυα (π.χ. Windows NT).

Ο **δια-αποδιαμορφωτής (Modem, Modulator-demodulator)** είναι η συσκευή που μετατρέπει τα ψηφιακά σήματα των υπολογιστών σε αναλογικά ηλεκτρικά σήματα ακουστικών συχνοτήτων κατάλληλης έντασης, ώστε να μπορούν να περάσουν από τις γραμμές τηλεφώνου. Με την ίδια συσκευή γίνεται και η αντίστροφη μετατροπή, δηλαδή των αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων σε ψηφιακά. Έτσι επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών, μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Κάθε υπολογιστής χρειάζεται το δικό του modem.

### Η διάκριση των modem γίνεται κυρίως ανάλογα με:

- τον τύπο τηλεφωνικής γραμμής που χρησιμοποιούν, δηλαδή α) επιλεγόμενες (dial-up) γραμμές του κοινού τηλεφωνικού δικτύου (π.χ. ΟΤΕ), ή β) αφιερωμένες (dedicated) γραμμές οι οποίες παρακάμπτουν τα τηλεφωνικά κέντρα του τηλεφωνικού δικτύου και παρέχουν μόνιμη σύνδεση μεταξύ των συνδρομητών, π.χ. μιας επιχείρησης. Οι αφιερωμένες γραμμές ονομάζονται και μισθωμένες γραμμές (leased lines) ή απλά γραμμές data και, ανάλογα με το εύρος ζώνης που χρησιμοποιούν, διακρίνονται σε γραμμές βασικής ζώνης (Baseband) και σε γραμμές ακουστικής ζώνης συχνοτήτων (Voiceband).
- το φάσμα συχνοτήτων ή εύρος ζώνης που χρησιμοποιούν, δηλαδή α) σε modem ακουστικών συχνοτήτων (Voiceband, από 300 έως 3400Hz), β) σε modem βασικής ζώνης (Baseband) και

γ) σε modem ευρείας ζώνης (Broadband).

- την ταχύτητα. Για το κοινό επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο που έχουμε στα σπίτια μας, χρησιμοποιείται τελευταία το dial-up modem των 56 kbps, με πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παλαιότερα. Στο modem αυτό η ταχύτητα λήψης data από το χρήστη είναι θεωρητικά 56000 bps, ενώ η ταχύτητα εκπομπής 33600 bps. Τα modem είναι ευαίσθητα στο θόρυβο της γραμμής, γι' αυτό μόνο χρήστες με πολύ καθαρές γραμμές μπορούν να επιτύχουν τις παραπάνω θεωρητικές ταχύτητες. Στα modem βασικής ζώνης (Baseband) των αφιερωμένων (ή μισθωμένων) γραμμών οι οποίες χρησιμοποιούν φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 100 kHz, οι ρυθμοί μετάδοσης data μέχρι στιγμής φθάνουν τα 64000 bps σε αποστάσεις μέχρι 10 km και τα 2 Mbps σε αποστάσεις μέχρι 4 km.

Όταν συνδεόμαστε ως απλοί χρήστες από το σπίτι μας στο ψηφιακό δίκτυο ISDN του ΟΤΕ, το modem, π.χ. των 56 kbps, είναι περιττό, γιατί με τη σύνδεση μας παρέχεται η συσκευή Netmode, που εκτός των άλλων λειτουργιών, φροντίζει και για τη λήψη-αποστολή δεδομένων με ταχύτητα 64000 bps για απλό κανάλι και 128000 bps για διπλό κανάλι. Το διπλό κανάλι στις προσφερόμενες υπηρεσίες του ΟΤΕ υποδηλώνει τη δυνατότητα επικοινωνίας με το Internet με ταχύτητα 128 kbps ενώ στην περίπτωση ταυτόχρονης τηλεφωνικής επικοινωνίας, η ταχύτητα σύνδεσης με το Internet μειώνεται στα 64 kbps.

(Η ταχύτητα των 128 kbps είναι θεωρητική γιατί δεν υποστηρίζεται ακόμη από το λειτουργικό σύστημα και έτσι περιορίζεται στα 115 kbps).

Το **πρωτόκολλο επικοινωνίας** είναι ένα σύνολο κανόνων που συμφωνείται από τα μέρη που επικοινωνούν, για να πραγματοποιηθεί η μεταξύ τους επικοινωνία.

Παράδειγμα πρωτοκόλλου επικοινωνίας από την καθημερινή μας ζωή αποτελεί η διαδικασία που ορίζει η ταχυδρομική υπηρεσία για την αποστολή ταχυδρομικής επιστολής (κλείσιμο της επιστολής σε φάκελο, το όνομα του παραλήπτη με ευανάγνωστη γραφή στο κάτω δεξιό μέρος, αναγραφή του ταχυδρομικού κώδικα του παραλήπτη, αντίτιμο ανάλογα με την απόσταση ή/και βάρος κ.λπ.).

Τα πρωτόκολλα των δικτύων είναι πρότυπα που επιτρέπουν στους υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ένα πρωτόκολλο ορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές αναγνωρίζονται μεταξύ τους, τον τύπο που θα έχουν τα δεδομένα στη μεταφορά και τον τρόπο με τον οποίο η πληροφορία προωθείται από τη στιγμή που θα

φθάσει στον τελικό της προορισμό.

Τα πρωτόκολλα ορίζουν επίσης διαδικασίες για διαχείριση των καταστραμμένων ή χαμένων μεταδόσεων ή «πακέτων» πληροφοριών.

Από τους πιο γνωστούς τύπους πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα σήμερα είναι το TCP/IP (για το UNIX, Windows, Windows NT) και το IPX (για το δίκτυο Novell).

Αν και κάθε πρωτόκολλο δικτύου είναι διαφορετικό, όλα μοιράζονται την ίδια καλωδίωση. Αυτός ο κοινός τρόπος πρόσβασης στο δίκτυο επιτρέπει σε πολλαπλά πρωτόκολλα να συνυπάρχουν αρμονικά στην καλωδίωση και στον κατασκευαστή ενός δικτύου να χρησιμοποιεί κοινό υλικό (hardware) για μια ποικιλία πρωτοκόλλων. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές που είναι συμβατές με τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου επιτρέπουν στο χρήστη να τρέξει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα πάνω από το ίδιο μέσο μετάδοσης.

**Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και τις διαδικασίες με τις οποίες ελέγχεται η ορθότητα μετάδοσης της πληροφορίας.**

Η **κάρτα διασύνδεσης** (Network **Interface** Card) είναι μια κάρτα που τοποθετείται στον υπολογιστή και είναι το σημείο σύνδεσής του με το τοπικό δίκτυο. Αναλαμβάνει το μέρος του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που σχετίζεται κυρίως με το hardware, δηλαδή προσδιορίζει το μέσο μετάδοσης (ενσύρματα καλώδια, ομοαξονικά, οπτικές ίνες), την τοπολογία του δικτύου (bus, star, ring) και την τεχνική προσπέλασης στο μέσο.

**Η κάρτα διασύνδεσης (Interface) είναι ένα τυπωμένο ηλεκτρικό κύκλωμα που συνδέει έναν υπολογιστή με έναν άλλο.**

Βασικό πλεονέκτημα των τοπικών δικτύων είναι η διαθεσιμότητα, αφού αν χαλάσει ο υπολογιστής μας, η εργασία μας δε σταματά, γιατί μπορούμε να εξυπηρετηθούμε από άλλον υπολογιστή.

Επίσης, έχουμε άμεση εσωτερική επικοινωνία και μπορούμε να μοιράσουμε μεγάλους όγκους δεδομένων με μικρότερες και φθηνότερες συσκευές, να έχουμε πρόσβαση σε μεγάλες βάσεις δεδομένων, να

κάνουμε από κοινού χρήση μεγάλων προγραμμάτων και να χρησιμοποιούμε ακριβές περιφερειακές συσκευές, όπως μεγάλους έγχρωμους εκτυπωτές Laser, εκτυπωτές σχεδίασης (plotters), σαρωτές (scanners) υψηλής ευκρίνειας κ.λπ..

Τα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν κοινό μέσο μετάδοσης και οι ταχύτητες επικοινωνίας είναι αρκετά υψηλές, με διαρκώς αυξανόμενες τάσεις.

Ως μειονεκτήματα των τοπικών δικτύων μπορούν να αναφερθούν η δυσκολία στη συμβατότητα εξοπλισμού και προγραμμάτων λόγω της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας και η δυσκολία στη διατήρηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας στις κατανεμημένες βάσεις δεδομένων, όταν σ' αυτές έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες.

## ■ 2.1 Ethernet

Στη δεκαετία του 1970 αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. από την εταιρεία Xerox, σε συνεργασία με τις εταιρείες DEC και Intel, ένα πρωτόκολλο τοπικού δικτύου με την ονομασία *Ethernet*. Το Ethernet χρησίμευσε ως βάση για τη δημιουργία από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) των Η.Π.Α. του προτύπου IEEE 802.3, που δημοσιεύθηκε το 1982.

Το Ethernet, με τους κανόνες σχεδίασης και τις τεχνικές προσπέλασης των δεδομένων, επιτυγχάνει αποτελεσματική λειτουργία του δικτύου.

Άλλοι τύποι τοπικών δικτύων είναι το *Token Ring*, το *Fast Ethernet*, το *FDDI (Fiber Distributed Data Interface)*, το *ATM (Asynchronous Transfer Mode)* και το *Local Talk*.

Το *Ethernet* και το *Fast Ethernet* είναι σήμερα τα πιο δημοφιλή τοπικά δίκτυα γιατί επιτυγχάνουν μια καλή ισορροπία μεταξύ ταχύτητας δεδομένων, κόστους και ευκολίας εγκατάστασης. Αυτά τα πλεονεκτήματα συνδυαζόμενα με την ικανότητα να υποστηρίζουν σχεδόν όλα τα γνωστά πρωτόκολλα δικτύων, τα καθιστούν ιδανικά για τους περισσότερους χρήστες υπολογιστών.

Το Ethernet προσφέρει, με την έκδοση 10Base-T, ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 10 Mbps.

Νεότερη έκδοση της τεχνικής Ethernet αποτελεί το **Fast Ethernet** με πιο γνωστή τεχνολογία την 100Base-T και ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 100 Mbps.

Τα καλώδια UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών κατηγορίας 5 καλύπτουν πλήρως τις προδιαγραφές του Fast Ethernet 100Base-T.

Σε εξέλιξη βρίσκεται το *Gigabit Ethernet*, που υπόσχεται τα μελλοντικά δίκτυα να υποστηρίζουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 1 gigabit (1000megabits) ανά sec.

## ■ 2.2 Τοπολογίες δικτύων

Για την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών χρησιμοποιούνται διάφορες τοπολογίες (μορφές) δικτύων. Μια τοπολογία αποτελεί πρακτικά το χάρτη ενός δικτύου. Περιγράφει τη διάταξη των τερματικών σταθμών εργασίας (υπολογιστών) και των καλωδίων που συνιστούν το δίκτυο.

**Η σύνδεση των υπολογιστών ενός δικτύου γίνεται με μία από τις παρακάτω τοπολογίες:**

- Αστέρα (Star)
- Διαύλου ή Αρτηρίας (Bus)
- Δακτυλίου (Ring)
- Πλέγματος

Από τις παραπάνω πιο συχνά χρησιμοποιούνται η τοπολογία αστέρα (Star) και η τοπολογία διαύλου (Bus).

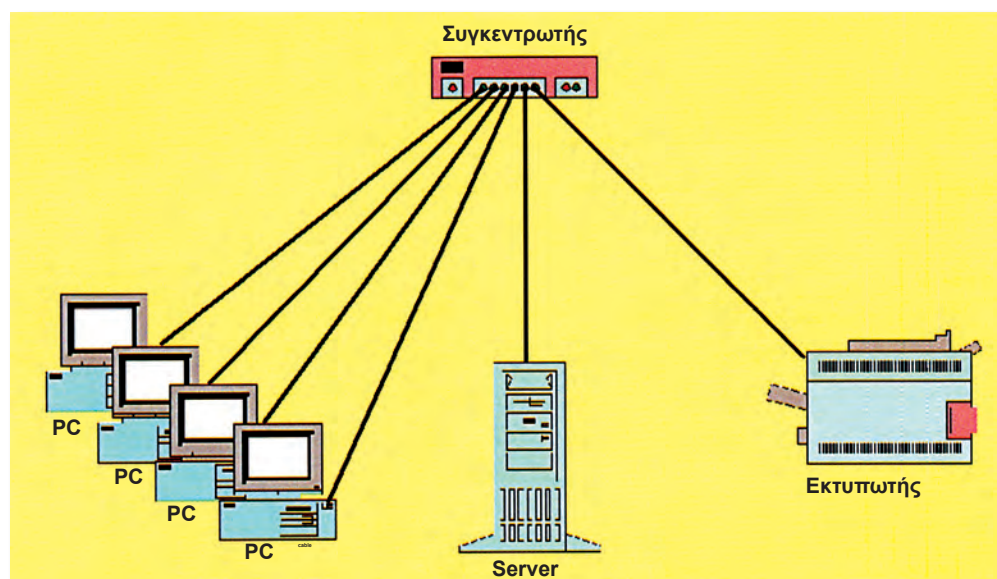
### 2.2.1 Τοπολογία αστέρα (Star)

Η τοπολογία αστέρα (Star Topology) είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών ο οποίος υιοθετήθηκε από τις εταιρείες AT & T. Η διάταξη αστέρα σχεδόν έχει αντικαταστήσει όλες τις υπόλοιπες, λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτει, παρότι απαιτεί περισσότερες καλωδιώσεις από τις άλλες διατάξεις.

Στην τοπολογία αστέρα κάθε υπολογιστής συνδέεται με έναν κεντρικό εξυπηρετητή (server), μέσω του οποίου γίνεται όλη η επικοινωνία.

Χωρίς να επιμείνουμε στον ακριβή ορισμό της τοπολογίας αστέρα, θα θεωρήσουμε ως τέτοια και την καλωδίωση όπου στο κομβικό σημείο, αντί του κεντρικού εξυπηρετητή, χρησιμοποιείται η συσκευή συγκέντρωσης καλωδίων hub ως επαναλήπτης (repeater). Ο κάθε τερματικός υπολογιστής συνδέεται με το hub με ανεξάρτητο καλώδιο.

Το Ethernet 10Base-T και το Fast Ethernet 100Base-T χρησιμοποιούν τοπολογία αστέρα



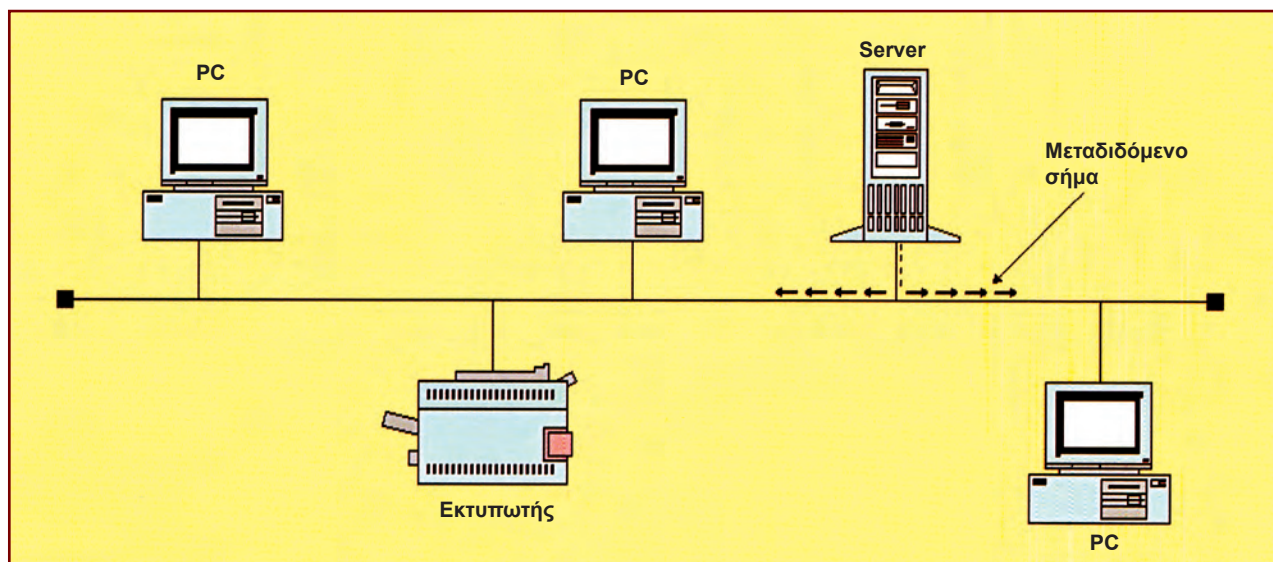
**Σχήμα 2.1:**  
Τοπολογία αστέρα.

στην οποία η πρόσβαση ελέγχεται από έναν κεντρικό υπολογιστή. Γενικώς, ένας υπολογιστής τοποθετείται στη μία άκρη της γραμμής και η άλλη άκρη τερματίζεται σε μια κεντρική τοποθεσία με ένα hub, με μέγιστη απόσταση τα 100 μέτρα. Όταν η απόσταση είναι μεγαλύτερη των 100 μέτρων, τοποθετείται κατάλληλο hub, το οποίο παρέχει την απαιτούμενη ενίσχυση του σήματος. Στη σχεδίαση των δικτύων προβλέπεται περιορισμένος αριθμός των hub.

Μια καλωδίωση αστέρα είναι περισσότερο ανεκτική σε σφάλματα, γιατί σε περίπτωση βλάβης του καλωδίου, δε λειτουργεί μόνο το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου και έτσι δεν καταρρέει όλο το δίκτυο. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνον όταν συμβεί βλάβη στο συγκεντρωτή. Αλλά και σε αυτή τη περίπτωση είναι εύκολος ο εντοπισμός της βλάβης και γρήγορη η αποκατάστασή της, με την αντικατάσταση του προβληματικού συγκεντρωτή.

## 2.2.2 Τοπολογία διαύλου (Bus)

Η τοπολογία διαύλου (Bus Topology) είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών που υιοθετήθηκε από την εταιρεία Xerox.



Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση τοπολογίας διαύλου.

Σ' αυτή τη τοπολογία, όλοι οι υπολογιστές συνδέονται σε ένα κοινό καλώδιο υψηλής ταχύτητας. Είναι ο απλούστερος τρόπος για τη δημιουργία δικτύου. Ο κάθε υπολογιστής συνδέεται με το κοινό για όλους καλώδιο (δίαυλος ή αρτηρία), με τη χρήση κατάλληλου εξαρτήματος (απόληξη αρτηρίας). Αυτή η τοπολογία παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

**ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Είναι απλή στην εγκατάσταση.
- Έχει μικρότερο κόστος από άλλες τοπολογίες, επειδή χρησιμοποιεί λιγότερα καλώδια και εξαρτήματα.

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Στη περίπτωση που η αρτηρία κοπεί ή αποσυνδεθεί σε κάποιο σημείο της, τότε οι υπολογιστές δεν μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, τα δεδομένα οδεύουν προς τα δύο άκρα της αρτηρίας και όλο το δίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας. Μπορούμε να πούμε ότι μια τέτοια τοπολογία παρουσιάζει μικρή ανοχή στα σφάλματα, γιατί αρκεί ένα και μόνο σφάλμα για να «κρεμάσει» όλο το δίκτυο.
- Μια τέτοια συνδεσμολογία δεν είναι ευέλικτη, γιατί παρουσιάζει μεγάλη δυσκολία στις αλλαγές και στις μετακινήσεις των συσκευών που εξυπηρετούνται από το δίκτυο.
- Παρουσιάζει δυσκολία στην αποκατάσταση βλαβών.

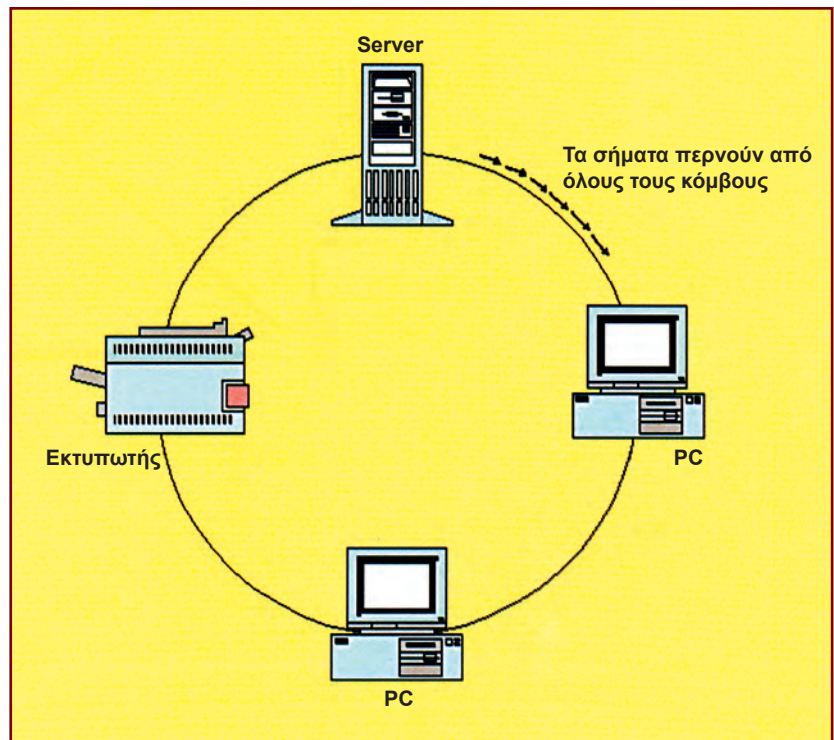
### 2.2.3 Τοπολογία δακτυλίου (Ring)

Η τοπολογία δακτυλίου (*Ring Topology*) είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών που υιοθετήθηκε από την εταιρεία IBM.

Σ' αυτή τη τοπολογία κάθε υπολογιστής συνδέεται κατευθείαν με δύο άλλους υπολογιστές στο δίκτυο. Τα δεδομένα μεταφέρονται διαδοχικά από τον έναν υπολογιστή στον άλλο.

Πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι ο απλός σχεδιασμός της και ο εύκολος εντοπισμός πιθανής βλάβης, επειδή κάθε σταθμός εργασίας αντιλαμβάνεται τη θέση του καλωδίου που παρουσιάζει σφάλμα, αφού θα σταματήσει να λαμβάνει δεδομένα από τον διπλανό του υπολογιστή. Στην πράξη, σπάνια χρησιμοποιείται η τοπολογία δακτυλίου, γιατί δεν έχει ανοχή στα σφάλματα.

Δηλαδή, με σφάλμα σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου, όλο το δίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας. Θυμίζει συνδεσμολογία αντιστάσεων σε σειρά. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν τοπολογία δακτυλίου ονομάζονται Token Ring.

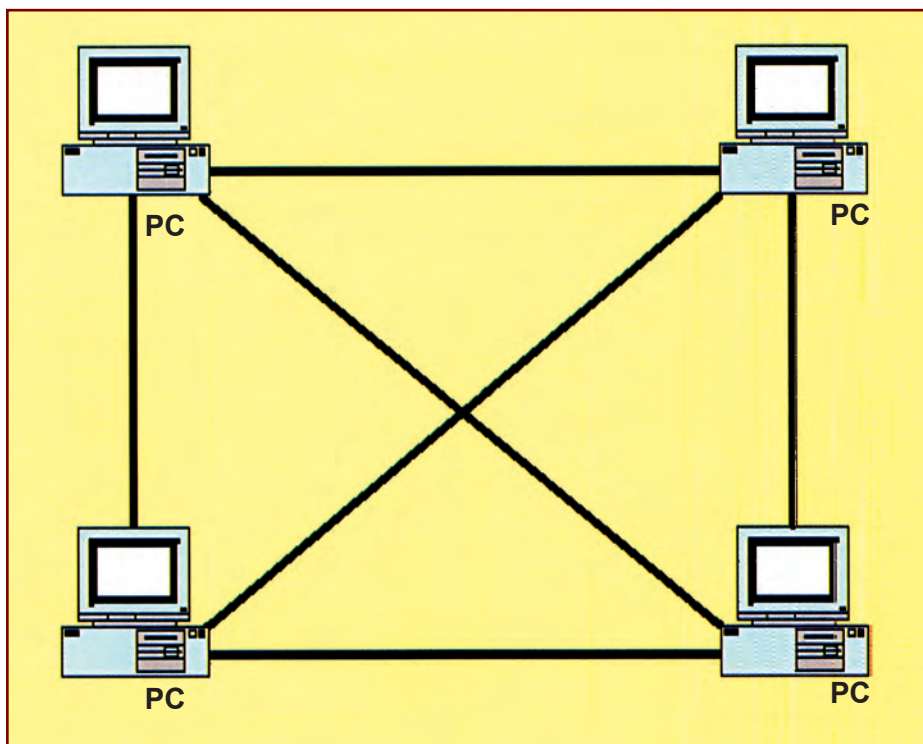


Σχήμα 2.3: Σχηματική παράσταση τοπολογίας δακτυλίου.

## 2.2.4 Τοπολογία πλέγματος

Θεωρητικά, σε μια τοπολογία πλέγματος, κάθε συσκευή του δικτύου (π.χ. υπολογιστής) συνδέεται με όλες τις υπόλοιπες. Στην πράξη, συνδέονται μερικές από αυτές και όχι όλες, για λόγους εφεδρείας και περιορισμού της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει αυτή η τοπολογία. Πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι ότι συνιστά το πλέον ασφαλές και ανεκτικό σε σφάλματα δίκτυο. Μειονεκτήματα της αποτελούν η πολυπλοκότητα της καλωδίωσης, το πλήθος των συνδέσεων και το μεγάλο της κόστος. Χαρακτηριστικό είναι ότι για  $n$  πλήθος σταθμών εργασίας απαιτούνται  $n(n-1)/2$  συνδέσεις. Δηλαδή, για ένα μικρό σχετικά δίκτυο που συνδέει 20 υπολογιστές απαιτούνται 190 συνδέσεις.

Μια τέτοια τοπολογία συναντάται μόνο σε περιβάλλοντα δικτύων ευρείας περιοχής, (Wide Area Networks) λόγω της ανοχής που παρουσιάζει στα σφάλματα.



Σχήμα 2.4:  
Τυπική τοπολογία πλέγματος

Συμπερασματικά, όσον αφορά τις τοπολογίες, παρατηρούμε ότι συχνά στα δίκτυα υλοποιούνται ταυτόχρονα περισσότερες από μία μορφές τοπολογίας. Η πιο δημοφιλής είναι η τοπολογία αστέρα. Γενικά όμως, για την επιλογή της πλέον κατάλληλης τοπολογίας, με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι επιλογής:

- Το κόστος.
- Η ευκολία εγκατάστασης, συντήρησης και ανίχνευσης βλάβης.
- Η ευελιξία τροποποίησης του δικτύου.
- Η ανοχή στα σφάλματα των καλωδίων.

Οι υψηλές απαιτήσεις σε ταχύτητα σε όλες τις τοπολογίες καλύπτονται συνήθως με επάρκεια από τα καλώδια UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών, κατηγορίας 5 και πάνω.



### 3. Μέσα μετάδοσης

Για την επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη, παρεμβάλλονται τα μέσα μετάδοσης. Τα πιο γνωστά μέσα μετάδοσης είναι τα χάλκινα καλώδια, τα ομοαξονικά, οι οπτικές ίνες και οι ασύρματες ζεύξεις.

Τα καλώδια από χαλκό, και συγκεκριμένα των συνεστραμμένων ζευγών, είναι και θα παραμείνουν για το προβλέψιμο μέλλον το επικρατέστερο μέσο μετάδοσης στη δομημένη καλωδίωση, λόγω του χαμηλού κόστους και της ευκολίας εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες έχουν πολύ καλά χαρακτηριστικά μετάδοσης, με εξαιρετικές προοπτικές για το μέλλον.

Τα ομοαξονικά έχουν σχεδόν αντικατασταθεί πλήρως από τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.

#### ■ 3.1 Κύρια χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης

Είναι χρήσιμο να αναφερθούμε σε ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης, που θα μας βοηθήσουν στην κατανόηση του σχεδιασμού, της ανάπτυξης, της εγκατάστασης και του ελέγχου ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.

Θα αναφερθούμε καταρχήν σε ορισμένα χαρακτηριστικά που αφορούν κάθε μέσο μετάδοσης, όπως το *εύρος ζώνης συχνοτήτων*, το *μέγιστο μήκος* του μέσου μετάδοσης, η *ευαισθησία σε θόρυβο*, η *ευκολία χρήσης* και η *ασφάλεια*. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις απώλειες ενέργειας στα χάλκινα σύρματα και θα αναλύσουμε δύο όρους που εμπλέκονται συχνά στις επικοινωνίες, το *ντεσιμπέλ* (dB) και το *λόγο σήματος προς θόρυβο*.

Το *εύρος ζώνης συχνοτήτων* (*bandwidth*) ενός μέσου μετριέται σε Hz και προσδιορίζει την περιοχή των συχνοτήτων που μπορεί να διέλθει ένα σήμα χωρίς μεγάλη εξασθένηση ή παραμόρφωση από το μέσον. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης συχνοτήτων, τόσο περισσότερες πληροφορίες μπορούμε να μεταδώσουμε σε δεδομένο χρονικό διάστημα. Στις ψηφιακές μεταδόσεις (data) η ταχύτητα μετάδοσης μετριέται σε bits ανά sec.

Το **μέγιστο μήκος** του μέσου μετάδοσης προσδιορίζεται από τις απώλειες στο σήμα που επιφέρει το ίδιο το μέσο και οι οποίες έχουν ένα μέγιστο επιτρεπτό όριο.

Η **ευαισθησία σε θόρυβο** δείχνει πόσο εύκολα το μέσο επηρεάζεται από «ηλεκτρικούς θορύβους» που παρενοχλούν το προς μετάδοση σήμα. Ο θόρυβος είναι ένα σύνολο ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων που αλλοιώνουν το μεταδιδόμενο σήμα. Κάθε μηχανισμός που χρησιμοποιεί ή δημιουργεί εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μπορεί να εκπέμψει τέτοιου είδους θορύβους. Εάν ο θόρυβος είναι μεγάλος, διαστρεβλώνεται το σήμα και μπορεί να προκληθούν λάθη στην επικοινωνία.

Η **ευκολία χρήσης** δείχνει αν το μέσο είναι απλό στην εγκατάστασή του, στις συνδέσεις του, στον έλεγχο και στη συντήρησή του.

Η **ασφάλεια** δείχνει πόσο ασφαλές είναι το μέσο από ανεπιθύμητες παρεμβολές και υποκλοπές.

### 3.1.1 Απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια

Η απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια που αποτελούνται από χάλκινα σύρματα, καταρχήν οφείλεται, ως γνωστόν, στην ωμική, τη χωρητική και την επαγωγική αντίσταση των συρμάτων.

Η ωμική αντίσταση (θερμικό φαινόμενο Τζάουλ) είναι ανάλογη του μήκους, αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου και εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του σύρματος ( $R=\rho l/S$ ).

Η επαγωγική αντίσταση (ιδιότητα του αγωγού να αντιδρά σε κάθε μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό) κατανέμεται κατά μήκος του (δηλαδή σε σειρά με την ωμική αντίσταση), εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του σύρματος και είναι ανάλογη της συχνότητας του διερχόμενου σήματος ( $R_L=2\pi fL$ ).

Η χωρητική αντίσταση κατανέμεται κατά διαστήματα μεταξύ των αγωγών (εκφράζει τις απώλειες στο διηλεκτρικό μεταξύ των αγωγών), εξαρτάται από το μήκος και τη διάμετρο των αγωγών, την απόσταση μεταξύ των αγωγών και το είδος του διηλεκτρικού υλικού που τους χωρίζει. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας του διερχόμενου σήματος ( $R_C=1/2\pi fC$ ), δηλαδή όσο αυξάνεται η συχνότητα μειώνεται η χωρητική αντίσταση. Επειδή όμως εμφανίζεται παράλληλα στη γραμμή, στις υψηλότερες συχνότητες δημιουργεί μεγαλύτερες απώλειες, όπως και η επαγωγική.

Ο συνδυασμός των τριών αντιστάσεων σε μια γραμμή δίνει τη **σύνθετη αντίσταση Z** της γραμμής, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

(Η μικρότερη τιμή Z επιτυγχάνεται όταν  $R_L = R_C$ ).

Η σύνθετη αντίσταση μιας γραμμής αναφέρεται πάντα σε μια συχνότητα.

Στον πίνακα που ακολουθεί, βλέπουμε τυπικές τιμές της σύνθετης αντίστασης καλωδίου UTP, σε διάφορες συχνότητες.

| Συχνότητα | Σύνθετη αντίσταση σε Ω |
|-----------|------------------------|
| 2 kHz     | 510 Ω±15%              |
| 8 kHz     | 255 Ω±15%              |
| 64 kHz    | 120 Ω±15%              |
| 256 kHz   | 108 Ω ±15%             |
| 512 kHz   | 105 Ω±15%              |
| 772 kHz   | 102 Ω±15%              |
| 1 MHz     | 100 Ω±15%              |
| 4-100 MHz | 100 Ω ±15%             |

**Πίνακας 3.1: Σύνθετη αντίσταση καλωδίου UTP**

Η σύνθετη αντίσταση που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής.

Η ίδια γραμμή (π.χ. τηλεφωνικών καλωδίων) που έχει σύνθετη αντίσταση 600 Ω σε συχνότητα 1 kHz, όταν χρησιμοποιηθεί για μετάδοση υψηλότερων συχνοτήτων (π.χ. 100 MHz), έχει σύνθετη αντίσταση 100 Ω.

**Στη δομημένη καλωδίωση, για τη μετάδοση σημάτων υψηλών συχνοτήτων, χρησιμοποιούνται κυρίως καλώδια με σύνθετη αντίσταση  $100 \Omega \pm 15\%$ .**

Εκτός από τις απώλειες που οφείλονται στη σύνθετη αντίσταση των αγωγών, υπάρχουν και δύο άλλα είδη απωλειών που οφείλονται στο επιδερμικό φαινόμενο και στο διηλεκτρικό υλικό μόνωσης του καλωδίου και παίζουν σημαντικό ρόλο ιδιαίτερα στην εξασθένηση του σήματος.

Κατά το **επιδερμικό φαινόμενο (skin effect)**, όταν ρεύμα υψηλής συχνότητας διέρχεται από έναν αγωγό, τότε αυτό δεν κατανέμεται ομαλά σε όλη τη διατομή του αγωγού, όπως κατανέμεται ένα συνεχές ρεύμα, αλλά συγκεντρώνεται στην επιφάνεια του αγωγού. Το επιδερμικό φαινόμενο είναι τόσο πιο έντονο, όσο αυξάνεται η συχνότητα του σήματος. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι να μειώνεται πρακτικά η ενεργή επιφάνεια του αγωγού για τη διακίνηση του σήματος. Η απώλεια του σήματος είναι ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα της συχνότητάς του.

**Οι μονόκλωνοι αγωγοί στην ίδια συχνότητα σήματος παρουσιάζουν μικρότερη εξασθένηση από τους πολύκλωνους.**

Οι απώλειες από το μονωτικό υλικό των αγωγών και του περιβλήματος του καλωδίου οφείλονται στις ταλαντώσεις των ατόμων του μονωτικού υλικού, ιδιαίτερα του PVC. Το PVC περιέχει άτομα χλωρίου τα οποία είναι ενεργά ηλεκτρικά δίπολα. Αυτά τα δίπολα, καθώς περνά το ηλεκτρικό σήμα και δημιουργείται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο γύρω από τους αγωγούς, ανταποκρίνονται με ταλάντωση και όσο περισσότερο πάλλονται, τόσο περισσότερη ενέργεια χάνεται από το σήμα. Η θερμοκρασία επιτείνει το πρόβλημα, γιατί διευκολύνει τα δίπολα να δονούνται μέσα στο μονωτικό υλικό.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την αναγκαστική όδευση καλωδίου από χώρους με υψηλή θερμοκρασία. Σε αυτή την περίπτωση, επιλέγουμε καλώδιο με μονωτικό χαμηλών απωλειών και φροντίζουμε για τον εξαερισμό των καλωδίων.

**Σε χώρους με υψηλή θερμοκρασία δεν χρησιμοποιούμε καλώδια με μόνωση PVC.**

### 3.1.2 Το ντεσιμπέλ (dB)

Ένα σήμα που εκπέμπεται με μια ισχύ  $P_1$  φθάνει στο δέκτη με ισχύ  $P$ , η οποία είναι συχνά πολύ μικρότερη λόγω των αποσβέσεων (εξασθενήσεων) της γραμμής. Σε άλλες περιπτώσεις, όταν παρεμβάλλεται ενισχυτής, η ισχύς του σήματος αυξάνεται.

Το **ντεσιμπέλ (dB)** είναι μονάδα μέτρησης του λόγου ισχύος δύο σημάτων, ο οποίος ορίζεται ως:

$$10 \log_{10}(P_2/P_1) = x \text{ dB}$$

(Δηλαδή τα x dB δείχνουν πόσο αυξήθηκε ή ελαττώθηκε η ισχύς, π.χ. σε ένα σημείο 2, σε σχέση με την ισχύ που είχε το σήμα στο σημείο 1)<sup>2</sup>.

Επειδή η ισχύς σε ένα σύστημα δε μετρείται τόσο εύκολα όσο η τάση, αντί της μέτρησης του λόγου των ισχύων λαμβάνουμε το λόγο των τάσεων δύο σημάτων, ο οποίος ορίζεται ως:

$$20\log_{10}(U_2/U_1) = x \text{ dB}$$

όπου  $U_1$  η τάση του σήματος με ισχύ  $P_1$  και  $U_2$ , η τάση του σήματος με ισχύ  $P_2$ .

Η χρήση λογαριθμικής μονάδας μέτρησης ή λογαριθμικής κλίμακας, διευκολύνει κυρίως σε γραφικές παραστάσεις μεγεθών, όπου η ελάχιστη μεταβολή του ενός μεγέθους προκαλεί συγκριτικά πολύ μεγάλη μεταβολή του άλλου και αντιστρόφως.

**Πίνακας 3.2: Σχέση λόγου ισχύων και τάσεων σε dB**

| Λόγος ισχύων ( $P_2/P_1$ ) | 1 | 2   | 4 | 8   | 10  | 20  | 100 | 200 |
|----------------------------|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Λόγος τάσεων ( $U_2/U_1$ ) | 1 | 1,4 | 2 | 2,8 | 3,1 | 4,5 | 10  | 14  |
| dB                         | 0 | 3   | 6 | 9   | 10  | 13  | 20  | 23  |

Όταν ο λόγος ισχύων  $P_2 < P_1$ , είναι μικρότερος της μονάδας, ο λογάριθμος είναι αρνητικός αριθμός, οπότε και οι τιμές σε dB είναι αρνητικοί αριθμοί. Τότε μιλάμε για εξασθένηση του σήματος. (Χάριν ευκολίας όμως, συνήθως λαμβάνουμε το λόγο μεγαλύτερο της μονάδας, ακόμα και αν πρόκειται για εξασθένηση, και σημειώνουμε μετά το αρνητικό πρόσημο).

Η μέτρηση σε dB αναφέρεται πάντα σε συγκεκριμένη συχνότητα<sup>3</sup>.

Με αρνητικά dB δηλώνεται η εξασθένηση του σήματος και με θετικά δηλώνεται η ενίσχυση.

Με τη βοήθεια των παραπάνω και του Πίνακα 3.2 παρατηρούμε τα εξής:

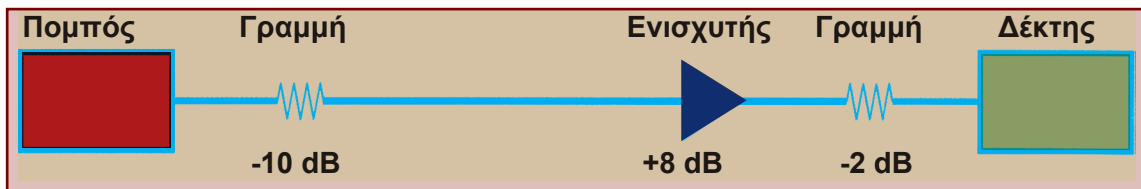
- Επειδή η εξασθένηση είναι απώλεια και κανονικά εκφράζεται με αρνητικές τιμές, όταν ένα σήμα έχει την τιμή -10 dB, είναι πιο αδύνατο από ό,τι αν είχε την τιμή -6 dB.
- Τα ντεσιμπέλ είναι λογαριθμικά, έτσι όταν δύο σήματα έχουν διαφορά 6 dB, το ένα έχει διπλάσια τάση και τετραπλάσια ισχύ από το άλλο.

<sup>2</sup>Από τον ορισμό των λογαρίθμων, όταν  $\log_a(\beta) = x$ , συνεπάγεται  $a^x = \beta$ . Οπότε, για βάση λογαρίθμων  $a=10$ , έχουμε,  
 $\log_{10}(1)=0$ ,  $\log_{10}(10)=1$ ,  $\log_{10}(100)=2$ ,  $\log_{10}(1000)=3$  κ.λπ.)

<sup>3</sup>Το dB είναι μονάδα μέτρησης λόγου δύο ισχύων. Ως μονάδα απόλυτης μέτρησης ισχύος λαμβάνεται το dBm. Σε αυτή την περίπτωση, η ισχύς κάθε σήματος συγκρίνεται με ένα σήμα που έχει ισχύ 1 mW.

- Το σήμα α-10 dB έχει διπλάσια τάση από το σήμα α-16 και τετραπλάσια τάση από το σήμα α-22 dB.
- Όταν διπλασιάζεται η ισχύς ενός σήματος με έναν ενισχυτή, στην έξοδο του ενισχυτή έχουμε κέρδος 3 dB.
- Όταν η ισχύς ενός σήματος στο τέλος μιας γραμμής είναι 100 φορές μικρότερη από ό,τι στην αρχή της γραμμής, τότε έχουμε απώσβεση στη γραμμή 20 dB.

Για την εύρεση του τελικού αποτελέσματος σε μια καλωδίωση, οι απωσβέσεις και οι ενισχύσεις προστίθενται αλγεβρικά.



Σχήμα 3.1: Παράδειγμα χρήσης ενισχυτών και απωσβέσεων.

Στο Σχήμα 3.1 έχουμε δύο τμήματα γραμμών συνδεδεμένα σε σειρά, με ενδιάμεσο ενισχυτή. Οι εξασθενήσεις των γραμμών είναι 10 dB και 2 dB, ενώ το κέρδος του ενισχυτή είναι 8 dB. Η συνολική τιμή της εξασθένισης σε ένα κύκλωμα προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ενισχύσεων και των απωσβέσεων. Έτσι, στο συγκεκριμένο κύκλωμα η συνολική εξασθένιση είναι:

$$-10\text{dB} + 8\text{dB} - 2\text{dB} = -4\text{dB}$$

### 3.1.3 Λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N)

Ένα σήμα πληροφορίας, λόγω των παρεμβολών κατά τη μετάδοσή του, δεν φθάνει πάντα καθαρό στο δέκτη. Έτσι, κάθε ανεπιθύμητο σήμα (θόρυβος) επηρεάζει και παραμορφώνει το χρήσιμο σήμα πληροφορίας. Όταν αυτός ο θόρυβος αυξηθεί πάνω από ένα όριο σε σχέση με το χρήσιμο σήμα, καθιστά τη μετάδοση της πληροφορίας αδύνατη ή προβληματική, λόγω λαθών.

Ο **λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N- Signal to Noise ratio)** δηλώνει τη σχετική στάθμη του σήματος πληροφορίας ως προς τη στάθμη του θορύβου, είναι λόγος ισχύων και συνήθως εκφράζεται σε dB.

Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος, τόσο πιο αξιόπιστη γίνεται η μετάδοση της πληροφορίας. Για παράδειγμα, στις απλές τηλεφωνικές γραμμές, ο λόγος σήματος προς θόρυβο θεωρείται ικανοποιητικός για μετάδοση δεδομένων μόνο όταν είναι πάνω από 30 dB ( $S/N > 30\text{dB}$ ).

## ■ 3.2 Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών

Τα καλώδια αυτά αποτελούνται από μονόκλωνους χάλκινους μονωμένους αγωγούς, ταξινομημένους σε ζεύγη. Τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους (Twisted Pair).

Στα καλώδια αυτά η μεταφορά της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή ηλεκτρικού σήματος, μέσα από τη δισύρματη γραμμή που σχηματίζει το κάθε ζεύγος των μονωμένων αγωγών του καλωδίου. Οι αγωγοί είναι απαραίτητα συνεστραμμένοι μεταξύ τους, γιατί με αυτόν τον τρόπο το καλώδιο επηρεάζεται λιγότερο από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές του περιβάλλοντος χώρου (εξωτερικοί θόρυβοι) και κυρίως από την ηλεκτρομαγνητική σύζευξη (cross talk) με τα γειτονικά ζεύγη, τα οποία βρίσκονται στο ίδιο καλώδιο.

Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσα από έναν αγωγό, δημιουργεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που επαγωγικά μεταφέρει ηλεκτρικά ρεύματα στους γειτονικούς αγωγούς. Όσο αυξάνεται η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, το φαινόμενο αυτό γίνεται εντονότερο.

Εάν οι δύο αγωγοί του ίδιου καλωδίου δεν ήταν συνεστραμμένοι και όδευαν παράλληλα, οι εμφανιζόμενες χωρητικές και επαγωγικές συζεύξεις θα βοηθούσαν στη συλλογή ανεπιθύμητων σημάτων (θόρυβος) από γειτονικούς αγωγούς.

Στους δύο αγωγούς ενός ζεύγους, όταν κλείνει το κύκλωμα, διέρχονται ρεύματα ίσης τιμής αλλά αντίθετης φοράς. Όταν οι αγωγοί συστρέφονται ανά δύο, το επαγόμενο σήμα και στους δύο αγωγούς του ζεύγους, λόγω συμμετρίας, είναι ακριβώς το ίδιο και έτσι εξουδετερώνεται.

**Οι δυο μονωμένοι αγωγοί του κάθε ζευγαριού συστρέφονται μεταξύ τους, με κύριο σκοπό τη μεγαλύτερη αντίσταση στην παρουσία θορύβου.**

Με τη συστολή μειώνονται τα φαινόμενα της μεταφοράς ενέργειας και αλληλεπίδρασης.

Ο θόρυβος που δημιουργείται μεταξύ γειτονικών ζευγών ονομάζεται και **αλληλεπίδραση ή παραδιαφωνία**. Για τη μείωση αυτού του θορύβου, το κάθε ζεύγος μέσα σε ένα καλώδιο συστρέφεται χωριστά, έτσι ώστε το μέσο βήμα τυλίγματός του να μην υπερβαίνει τα 15 cm. Δηλαδή, το κάθε ζεύγος έχει διαφορετικό βήμα τυλίγματος από το διπλανό του, ώστε να μειώνεται ο θόρυβος μεταξύ των ζευγών.

Προκειμένου να έχουμε μεγαλύτερη αντίσταση στον εξωτερικό θόρυβο, χρησιμοποιούμε καλώδια με εξωτερικό προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα, γνωστά ως **θωρακισμένα** (shielded) καλώδια.

Στα χάλκινα καλώδια το εύρος ζώνης συχνοτήτων μπορεί να κυμαίνεται από μερικά kHz έως εκατοντάδες MHz και εξαρτάται απόλυτα από τη διάμετρο των αγωγών και από το μήκος τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος των αγωγών, τόσο μεγαλύτερο είναι και το εύρος ζώνης.

Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του καλωδίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες του σήματος. Η απόσβεση του σήματος αυξάνεται επίσης στις υψηλές συχνότητες.

Ένα σήμα με εύρος ζώνης από 0 έως μερικές εκατοντάδες kHz μέσα από ένα συνεστραμμένο καλώδιο μπορεί να διανύσει αποστάσεις χιλιομέτρων. Όσο αυξάνεται το μήκος της γραμμής, τόσο γρηγορότερα αποσβένονται οι υψηλότερες συχνότητες.

Μέσω των συνεστραμμένων καλωδίων μεταφέρονται αναλογικά σήματα χωρίς προβλήματα στην περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων (δηλαδή τηλεφωνία, από 300 έως 3400 Hz). Επίσης, μεταφέρονται και **ψηφιακά σήματα**, για μικρές όμως αποστάσεις, γιατί τα

σήματα αυτά περιέχουν σημαντικό μέρος από υψηλές συχνότητες. Τα συνεστραμμένα καλώδια εγκαθίστανται εύκολα και έχουν χαμηλό κόστος. Με τα πλεονεκτήματα αυτά επεκτείνεται συνεχώς η χρήση τους εκτοπίζοντας τα εξειδικευμένα ομοαξονικά, διαξονικά κ.λπ. καλώδια από συγκεκριμένες εφαρμογές.

Όπως είναι ήδη γνωστό, στα χρησιμοποιούμενα χάλκινα σύρματα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων αναφερόμαστε στη

διάμετρο (mm) ή στο εμβαδόν της διατομής τους (mm<sup>2</sup>). Στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης οι αγωγοί χαρακτηρίζονται σε AWG (American Wire Gauge), η οποία είναι μια μονάδα που παριστά τη διάμετρο ενός σύρματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αγωγοί καλωδίων σε μονάδες AWG και οι διάμετροί τους σε ίντσες και χιλιοστά. Οι επικρατέστεροι αγωγοί είναι αυτοί των 24 AWG.

**Πίνακας 3.3: Αγωγοί σε μονάδες AWG και οι διάμετροί τους σε mm.**

| Τιμή σε AWG | Διάμετρος σε ίντσες (in) | Διάμετρος σε χιλιοστά (mm) |
|-------------|--------------------------|----------------------------|
| 10          | 0.1010                   | 2.60                       |
| 16          | 0.0508                   | 1.29                       |
| 18          | 0.0403                   | 1.02                       |
| 20          | 0.0320                   | 0.813                      |
| 22          | 0.0253                   | 0.643                      |
| 24          | 0.0201                   | 0.511                      |
| 26          | 0.0159                   | 0.404                      |
| 28          | 0.0126                   | 0.320                      |
| 30          | 0.0100                   | 0.254                      |

**Παρατήρηση:**

Οι τιμές σε μονάδες AWG είναι αντιστρόφως ανάλογες με το μήκος της διαμέτρου σε χιλιοστά. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του αγωγού σε AWG, τόσο **μικρότερη** είναι η διάμετρος του. Δηλαδή, αγωγός με τιμή 24 AWG έχει μικρότερη διάμετρο από αγωγό των 22 AWG.

Ανάλογα με το εύρος ζώνης συχνότητας του διερχομένου σήματος, τα διάφορα τμήματα των δικτύων δομημένης καλωδίωσης (καλώδια συνεστραμμένων ζευγών και εξαρτήματα) ταξινομούνται κατά κατηγορίες ή κλάσεις. Για κάθε κατηγορία ή κλάση υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους.

Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3.4, το αμερικάνικο πρότυπο της TIA ταξινομεί τα καλώδια σε κατηγορίες, ενώ το διεθνές πρότυπο του ISO σε κλάσεις.

**Πίνακας 3.4: Ταξινόμηση καλωδίου σε κατηγορίες και κλάσεις.**

| Μετάδοση σήματος με συχνότητα μέχρι | Πρότυπο EIA/TIA-568A | Πρότυπο ISO 11801 |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| 0.1 MHz                             | Cat 1 (κατηγορία 1)  | Class A (κλάση A) |
| 1 MHz                               | Cat 2 (κατηγορία 2)  | Class B (κλάση B) |
| 16 MHz                              | Cat 3 (κατηγορία 3)  | Class C (κλάση C) |
| 20 MHz                              | Cat 4 (κατηγορία 4)  | Class D (κλάση D) |
| 100 MHz                             | Cat 5 (κατηγορία 5)  |                   |

#### Παρατηρήσεις για τα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών:

- Τα καλώδια των κατηγοριών 1 και 2 είναι κατάλληλα μόνο για την τηλεφωνία και δε χρησιμοποιούνται πλέον στη δομημένη καλωδίωση, λόγω του μικρού εύρους ζώνης (0.1 MHz).
- Τα καλώδια της κατηγορίας 3, εκτός από την τηλεφωνία μπορούν να μεταφέρουν και δεδομένα σε συχνότητες μέχρι 0.1 MHz. Είναι κατάλληλα μόνο για τοπικά δίκτυα υπολογιστών σε σύνδεση Ethernet στα 10 Mbps και Token Ring στα 4 Mbps.
- Τα καλώδια της κατηγορίας 4, με λίγο καλύτερα χαρακτηριστικά μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα σε συχνότητες μέχρι 20 MHz. Είναι κατάλληλα για εξυπηρέτηση τοπικών δικτύων σε σύνδεση Token Ring στα 16 Mbps.
- **Τα καλώδια της κατηγορίας 5 έχουν ήδη επικρατήσει σήμερα. Κατάλληλα για μεταφορά σήματος με συχνότητα μέχρι 100 MHz, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωνής και δεδομένων μέχρι 100Mbps.**

Με τη συνεχή απαίτηση για μεγαλύτερο όγκο και ταχύτητα στις πληροφορίες αλλά και με τη συνεχή εξέλιξη των υλικών, θεσπίστηκαν (Μάρτιος 2001) νέα πρότυπα που θέτουν ως ελάχιστη απαίτηση για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών την καλωδίωση **κατηγορίας 5E** (Βλέπε ενότητα πρότυπα - νέες κατηγορίες και κλάσεις).

Μερικά από τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για να ταξινομηθούν σε μια κατηγορία τα καλώδια είναι η εξασθένιση σήματος και η αλληλεπίδραση για μία ζώνη συχνοτήτων με δεδομένο εύρος. Π.χ. η κατηγορία 5 για τα καλώδια UTP των 4 συνεστραμμένων ζευγών, που έχει επικρατήσει τελευταία, πιστοποιεί ότι τα χρησιμοποιούμενα υλικά επιτρέπουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος μέχρι τα 100 MHz. Δηλαδή, η μέγιστη εξασθένιση του διερχομένου σήματος στα 100 MHz δεν υπερβαίνει τα 22 dB ανά 100 μέτρα και η ελάχιστη τιμή της αλληλεπίδρασης ή παραδιαφωνίας (NEXT) είναι 32 dB.

**Τα καλώδια των τεσσάρων ζευγών, κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, χρησιμοποιούνται κυρίως στην οριζόντια καλωδίωση, δηλαδή όταν η καλωδίωση εξαπλώνεται στο επίπεδο ενός ορόφου.**

**Μεταξύ ορόφων συνήθως χρησιμοποιείται καλώδιο 25 ή και 50 ζευγών και, αν το απαιτεί η εφαρμογή, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες.**

**Μεταξύ κτιρίων, έχει επικρατήσει η χρήση καλωδίου μονότροπης οπτικής ίνας.**

Στα καλώδια με θωράκιση, όπως είναι τα STP, FTP, SFTP, παρέχεται μεγαλύτερη προστασία από την επίδραση εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, με αποτέλεσμα υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης της πληροφορίας σε ακόμα μεγαλύτερο μήκος καλωδίου. Περισσότερο βελτιωμένη συμπεριφορά παρουσιάζει ο τύπος καλωδίου SSTP, επειδή η ατομική θωράκιση του ζεύγους προσφέρει ακόμη μεγαλύτερη ηλεκτρομαγνητική προστασία.

### 3.2.1 Καλώδιο UTP

*(Unshielded Twisted Pair- Αθωράκιστο συνεστραμμένων ζευγών)*

Το καλώδιο αυτό των 4 συνεστραμμένων ζευγών, με διάμετρο 24 AWG (δηλαδή περίπου 0,5mm), κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, χρησιμοποιείται περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο τύπο καλωδίου στα δίκτυα δομημένης καλωδίωσης και υπερκαλύπτει τις σύγχρονες απαιτήσεις των προτύπων TIA και ISO.

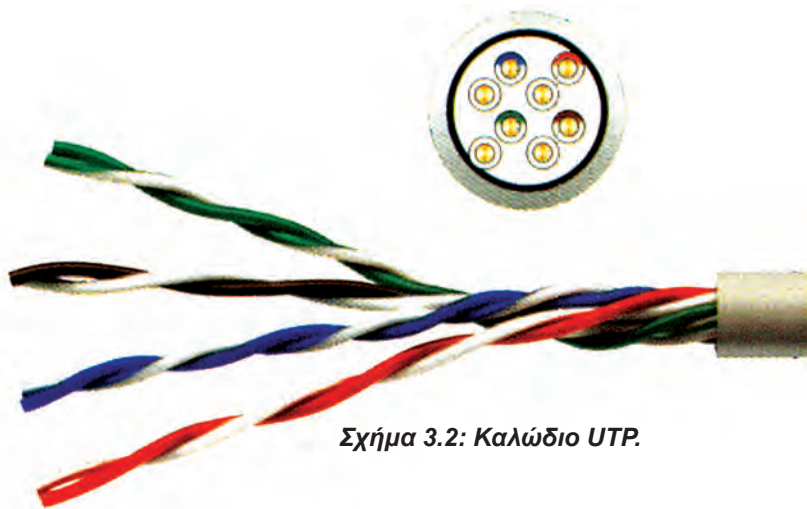
Το καλώδιο UTP είναι αθωράκιστο και αποτελείται από μονόκλωνους χάλκινους αγωγούς, μονωμένους κυρίως από πλαστικό πολυαιθυλένιο (PE) και ταξινομημένους σε ζεύγη. Τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους. Το σύνολο των ζευγών σχηματίζει τον καλωδιακό πυρήνα. Το καλώδιο φέρει εξωτερικά μονωτικό μανδύα, συνήθως από PVC (χλωριούχο πολυβινύλιο), χρώματος γκρι, ή βραδύκαυστη πολυολεφίνη (FPR).

Τα καλώδια UTP παρέχουν τα πλεονεκτήματα της σχετικά χαμηλής τιμής, της μεγάλης ευκαμψίας, του μικρού βάρους και του γενικά εύκολου τρόπου εγκατάστασής τους. Είναι περισσότερο οικεία στους τεχνικούς, γιατί καλώδια συνεστραμμένων ζευγών χρησιμοποιούνται για πολλά χρόνια στις εφαρμογές της τηλεφωνίας.

Το καλώδιο UTP των 4 συνεστραμμένων ζευγών, κατηγορίας 5, επιτρέπει να διέρχεται σήμα με εύρος ζώνης από 0 μέχρι 100 MHz, μέσα σε αποδεκτά όρια εξασθένησης και αλληλεπίδρασης. Με αυτό το εύρος ζώνης, καλύπτονται οι περισσότερες σήμερα εφαρμογές.

Και στην κατακόρυφη καλωδίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το παραπάνω καλώδιο, αλλά όσο οι απαιτήσεις του δικτύου αυξάνουν, χρησιμοποιείται καλώδιο UTP περισσότερων ζευγών (π.χ. 25 ζευγών) ή και οπτικές ίνες.

Στα οριζόντια τμήματα της δομημένης καλωδίωσης χρησιμοποιείται καλώδιο UTP των 4 ζευγών, με διάμετρο 24 AWG (0,5mm).



Σχήμα 3.2: Καλώδιο UTP.

Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής, εικόνας και δεδομένων, σε εφαρμογές όπως τα δίκτυα ISDN, τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN) κ.λπ..

Για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών, η κατηγορία καλωδίωσης 5E αποτελεί πλέον την ελάχιστη απαίτηση.

### 3.2.2 Καλώδιο STP

(*Shielded Twisted Pair* - Θωρακισμένο συνεστραμμένων ζευγών)

Το καλώδιο αυτό διαφέρει από το UTP ως προς την ύπαρξη της θωράκισης. Η θωράκιση αποτελείται από πλέγμα χάλκινων συρματιδίων (επικασσιτερωμένων ή μη).



Εξωτερικά, το καλώδιο καλύπτεται από μονωτικό μανδύα από PVC ή FRP.

Χρησιμοποιείται όπου και το καλώδιο UTP.



Σχήμα 3.3: Καλώδιο STP.

### 3.2.3 Καλώδιο FTP

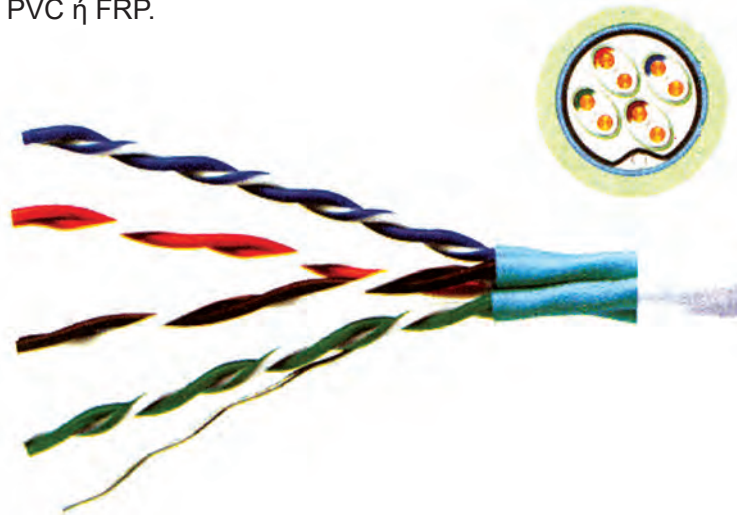
(*Foil Twisted Pair* - Συνεστραμμένων ζευγών με θωράκιση από αλουμίνιο)

Είναι καλώδιο που θυμίζει το UTP, επειδή και αυτό αποτελείται από χάλκινους αγωγούς μονωμένους με πολυαιθυλένιο (PE) και συνεστραμμένους κατά ζεύγη, οι οποίοι και αποτελούν τον καλωδιακό πυρήνα. Ο καλωδιακός πυρήνας περιτυλίσσεται με συνθετική ταινία και θωρακίζεται με ταινία αλουμινίου. Εξωτερικά,

το καλώδιο καλύπτεται από μονωτικό μανδύα από PVC ή FRP.

Χρησιμοποιείται όπου και το καλώδιο UTP.

Λόγω της κατασκευής του, προσφέρει μεγάλη προστασία από τις εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.



Σχήμα 3.4: Καλώδιο FTP.

### 3.2.4 Καλώδιο SFTP

(*Shielded Foiled Twisted Pair* - Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών)

Είναι καλώδιο όπως το FTP, αλλά έξω από το φύλλο του αλουμινίου φέρει λεπτή διαφανή συνθετική επικάλυψη και πλέγμα επικασσιτερωμένου χαλκού. Δηλαδή, αποτελείται συγχρόνως και από πλέγμα συρματιδίων και από μεταλλική ταινία. Ο εξωτερικός μονωτικός μανδύας είναι από PVC ή FRP.



Λόγω της κατασκευής του, προσφέρει πολύ μεγάλη προστασία από τις εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, ανώτερη από αυτήν που παρέχει το FTP.

Σχήμα 3.5: Καλώδιο SFTP

### 3.2.5 Καλώδιο SSTP

(*Shielded Screened Twisted Pair* - Θωρακισμένο ανά συνεστραμμένο ζεύγος)

Σ' αυτόν τον τύπο καλωδίου, ο καλωδιακός πυρήνας παραμένει ίδιος με τους προηγούμενους τύπους, όμως η θωράκισή του δεν καλύπτει συνολικά όλα τα ζεύγη τα οποία απαρτίζουν τον πυρήνα, αλλά κάθε ζεύγος καλύπτεται ξεχωριστά από τη δική του θωράκιση. Εξωτερικά, ο μανδύας φέρει PVC ή FRP.

Λόγω της θωράκισής του ανά ζεύγος, παρουσιάζει τη μικρότερη αλληλεπίδραση, δηλαδή μεγάλες τιμές NEXT (βλέπε ενότητα 4.3), γεγονός που το καθιστά καλώδιο με πολύ μεγάλες αποδόσεις.

### 3.2.6 Κωδικοποίηση χρωμάτων καλωδίων 25 ζευγών

Οι χρωματικοί κώδικες για καλώδια των 25 ζευγών είναι διαφορετικοί από αυτούς των καλωδίων των 4 ζευγών. Σ' αυτό το καλώδιο υπάρχει ένα ακόμα χρώμα (χρώμα δακτυλίου) και τέσσερα ακόμα χρώματα ένδειξης (κόκκινο, μαύρο, κίτρινο και βιολετί).

*Πίνακας 3.5: Χρωματικός κώδικας καλωδίου 25 ζευγών*

| Αριθμός ζεύγους | Χρώμα δακτυλίου   | Χρώμα ένδειξης |
|-----------------|-------------------|----------------|
| 1               | Μπλε              | Άσπρο          |
| 2               | Πορτοκαλί         | Άσπρο          |
| 3               | Πράσινο           | Άσπρο          |
| 4               | Καφέ              | Άσπρο          |
| 5               | Σκούρο γκρι - ροζ | Άσπρο          |
| 6               | Μπλε              | Κόκκινο        |
| 7               | Πορτοκαλί         | Κόκκινο        |
| 8               | Πράσινο           | Κόκκινο        |
| 9               | Καφέ              | Κόκκινο        |
| 10              | Σκούρο γκρι - ροζ | Κόκκινο        |
| 11              | Μπλε              | Μαύρο          |
| 12              | Πορτοκαλί         | Μαύρο          |
| 13              | Πράσινο           | Μαύρο          |
| 14              | Καφέ              | Μαύρο          |
| 15              | Σκούρο γκρι - ροζ | Μαύρο          |
| 16              | Μπλε              | Κίτρινο        |
| 17              | Πορτοκαλί         | Κίτρινο        |
| 18              | Πράσινο           | Κίτρινο        |
| 19              | Καφέ              | Κίτρινο        |
| 20              | Σκούρο γκρι - ροζ | Κίτρινο        |
| 21              | Μπλε              | Βιολετί        |
| 22              | Πορτοκαλί         | Βιολετί        |
| 23              | Πράσινο           | Βιολετί        |
| 24              | Καφέ              | Βιολετί        |
| 25              | Σκούρο γκρι - ροζ | Βιολετί        |

### ■ 3.3 Καλώδια οπτικών ινών

Τα καλώδια οπτικών ινών είναι το περισσότερο τεχνολογικά προηγμένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης. Αποτελούν τον πλέον σύγχρονο τρόπο μετάδοσης σημάτων, όχι μόνο στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα αλλά και στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών μεγάλων επιχειρήσεων ή εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, λόγω των μεγάλων ρυθμών μετάδοσης που επιτυγχάνουν.

Στα καλώδια οπτικών ινών η μεταδιδόμενη πληροφορία είναι οπτικό και όχι ηλεκτρικό σήμα, με αποτέλεσμα να μπορεί να μεταδοθεί μεγάλος όγκος πληροφοριών με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, χωρίς απώλειες και παρεμβολές θορύβων.

**Τα καλώδια οπτικών ινών, συγκρινόμενα με τα καλώδια από χαλκό, παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:**

#### 1. ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Οι οπτικές ίνες επιτρέπουν τη διέλευση ζώνης συχνοτήτων πολύ μεγάλου εύρους. Επειδή η χωρητικότητα της μεταφερόμενης πληροφορίας ενός σήματος αυξάνεται με τη συχνότητα, από μία και μόνο οπτική ίνα μπορεί να περάσει τεράστιος όγκος πληροφοριών. Η χωρητικότητα των συστημάτων οπτικών ινών συνεχώς αυξάνεται. Το 1980, τα πρώτα συστήματα μπορούσαν να μεταφέρουν 45 megabits ανά second. Στις μέρες μας, η εταιρεία AT & T έχει εγκαταστήσει ήδη οπτικές ίνες με ρυθμούς μετάδοσης έως 5 gigabits ανά second.

Συγκρίνοντας τις επιδόσεις των οπτικών ινών στο χώρο της τηλεφωνίας, παρατηρούμε ότι με διαμόρφωση συχνότητας:

- τα τηλεφωνικά σύρματα δίνουν δεκάδες κυκλώματα ανά ζευγάρι (ένα κύκλωμα μπορεί να μεταδώσει μία τηλεφωνική συνομιλία),
- το ομοαξονικό καλώδιο δίνει εκατοντάδες κυκλώματα ανά ζευγάρι αγωγών,
- οι δορυφορικές εκπομπές και τα ραδιο-μικροκύματα δίνουν χιλιάδες κυκλώματα ανά σύνδεση και
- οι οπτικές ίνες μπορούν να δώσουν δεκάδες και εκατοντάδες χιλιάδες κυκλώματα ανά ζεύγος.

#### 2. ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ

Λόγω της φύσης του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ίνα και του τρόπου μετάδοσης, το σήμα παρουσιάζει πολύ μικρή εξασθένιση σε σχέση με τα χάλκινα σύρματα και τα ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα τη μετάδοσή του σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων, χωρίς ενίσχυση.

Συγκριτικά, αν σε ένα ηλεκτρικό σύστημα (ενσύρματο κύκλωμα) ένα σήμα χωρίς ενίσχυση διατηρείται περίπου μέχρι τα 1500 m, σε ένα σύστημα οπτικής ίνας φθάνει μέχρι τα 100 km περίπου.

Με κατάλληλες ενισχυτικές διατάξεις μπορεί να γίνει ακόμη και υποβρύχια ζεύξη (μεταφορά του σήματος από μια θέση σε άλλη), η οποία να ξεπερνά τα 1000 km.

### 3. ΜΙΚΡΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ ΒΑΡΟΣ

Για τη μεταφορά του ίδιου αριθμού μηνυμάτων απαιτείται οπτική ίνα ελαφρύτερη από καλώδια χαλκού κατά 350 φορές περίπου.

Η διάμετρος μιας οπτικής ίνας μετριέται σε χιλιοστά του χιλιοστού, όπως και μια ανθρώπινη τρίχα (π.χ. 62,5  $\mu\text{m}$  ο πυρήνας και 125  $\mu\text{m}$  το κάλυμμα ή επίστρωση). Οι διαστάσεις της ίνας επιτρέπουν την τοποθέτηση μεγάλου αριθμού ινών στο ίδιο καλώδιο, χωρίς να αυξάνονται ιδιαίτερα η διατομή και το βάρος του καλωδίου. Συνήθως, σε ένα καλώδιο τοποθετούνται από 8 έως 144 ίνες (ακολουθώντας την τυποποίηση 8, 16, 24, 48, 96 και 144 ίνες).



### 4. ΔΕΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Αυτή η ιδιότητα των οπτικών ινών δίνει στους τεχνικούς τη δυνατότητα να τις χρησιμοποιούν σε βιομηχανικούς χώρους με περιβάλλον υψηλού θορύβου εξασφαλίζοντας την ποιότητα και την πιστότητα της επικοινωνίας.

### 5. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΥΠΟΚΛΟΠΗ

Στα καλώδια οπτικών ινών η μεταφορά της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή οπτικού σήματος, το οποίο περιορίζεται στον πυρήνα της ίνας. Έτσι, είναι δύσκολο να παρέμβει κάποιος για να υποκλέψει ή να παρεμβάλει δεδομένα. Σε περίπτωση υποκλοπής του σήματος, αυτό υποβαθμίζεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε η υποκλοπή γίνεται εύκολα αντιληπτή από αυτόν που λαμβάνει το σήμα. Γενικά οι οπτικές ίνες θεωρούνται ως αρκετά ασφαλές μέσο μετάδοσης της πληροφορίας.

### 6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ

Οι οπτικές ίνες δε διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει ηλεκτρικό σπινθήρα, με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς. Αυτή η ιδιότητά τους τις κάνει ιδανικές για χρήση σε εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχει υψηλός κίνδυνος πυρκαγιάς, όπως είναι εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, αποθήκες υγρών καυσίμων, πετροχημικές εγκαταστάσεις, και γενικά σε χώρους όπου η χρήση ηλεκτρικών καλωδίων επιτρέπεται κάτω από πολλούς περιορισμούς (αντιεκρηκτικές εγκαταστάσεις).

### 7. ΜΙΚΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ

Ενώ ο χαλκός έχει μεγάλο κόστος εξόρυξης και περιορισμένα αποθέματα, για την παραγωγή των οπτικών ινών χρησιμοποιούνται στοιχεία που υπάρχουν άφθονα στη φύση.

Με κατάλληλη χημική διεργασία και με τη βοήθεια του οξυγόνου, το χλωριούχο πυρίτιο ( $\text{SiCl}_4$ ) και το χλωριούχο γερμάνιο ( $\text{GeCl}_4$ ) οδηγούνται σε συνθετικό σωλήνα από πυρίτιο ή χαλαζία. Ο συνθετικός αυτός σωλήνας είναι τοποθετημένος σε έναν τόρνο που περιστρέφεται συνέχεια και στο μέσον του ο σωλήνας θερμαίνεται με φλόγα. Με την περιστροφή και την υψηλή θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωλήνα, το πυρίτιο και το γερμάνιο αντιδρούν με το οξυγόνο

και σχηματίζουν το διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) και το διοξείδιο του γερμανίου ( $\text{GeO}_2$ ), που αναμειγνύονται και μας δίνουν το γυαλί.

Παρά τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα, η χρήση των οπτικών ινών δεν είναι τόσο οικεία στους τεχνικούς όσο τα καλώδια από χαλκό, επειδή οι οπτικές ίνες είναι ακόμη σχετικά περίπλοκες στη σύνδεση, στη διακλάδωση και στον τερματισμό τους. Επίσης, παρότι η πρώτη ύλη παραγωγής των οπτικών ινών (πυρίτιο) είναι πάμφθηνη, κοστίζει αρκετά ο καθαρισμός και ο εμπλουτισμός τους, με συνέπεια το τελικό προϊόν (οπτική ίνα) να έχει προς το παρόν υψηλό κόστος.

Το υψηλό κόστος των οπτικών ινών αλλά και τα ευαίσθητα οπτικοηλεκτρονικά συστήματα που απαραίτητα συνοδεύουν τα οπτικά καλώδια για την υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, δυσκολεύουν μέχρι σήμερα τις πραγματικά εντυπωσιακές ιδιότητες μετάδοσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα καλώδια οπτικών ινών να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για την υλοποίηση του τμήματος κορμού (backbone) μεγάλων δικτύων (όπου απαιτείται ανταλλαγή μεγάλου όγκου πληροφοριών και είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν αγωγοί χαλκού) καθώς και στην οριζόντια καλωδίωση σε ειδικές εφαρμογές.

**Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατακόρυφη σύνδεση μεγάλων κτιρίων, στις συνδέσεις κτιρίων και σε μεγάλες αποστάσεις.**

### 3.3.1 Αρχή λειτουργίας οπτικών ινών

Η βασική αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών στηρίζεται στη μετάδοση παλμών (on/off) μονοχρωματικού φωτός (φως μίας συχνότητας), μέσα από μια γυάλινη ή πλαστική ίνα.

Η οπτική ίνα χρησιμοποιείται ως μέσο (π.χ. αντί του χάλκινου σύρματος) και το φως ως φορέας της πληροφορίας, αντί του ρεύματος ή της τάσης των ενσύρματων μέσων.

Οι οπτικές ίνες αποτελούνται από λεπτά νήματα εξαιρετικά καθαρού γυαλιού ή διάφανου πλαστικού, υψηλού δείκτη διάθλασης. Τα νήματα αυτά, που αποτελούν τον πυρήνα (core) της οπτικής ίνας, περιβάλλονται από μία επίστρωση (cladding) και ένα προστατευτικό κάλυμμα. Εάν μια φωτεινή δέσμη εισαχθεί στη μία άκρη του νήματος, ταξιδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις, εγκλωβισμένη μέσα στο νήμα με πολύ μικρές απώλειες, ακόμη και εάν το νήμα καμπυλωθεί.

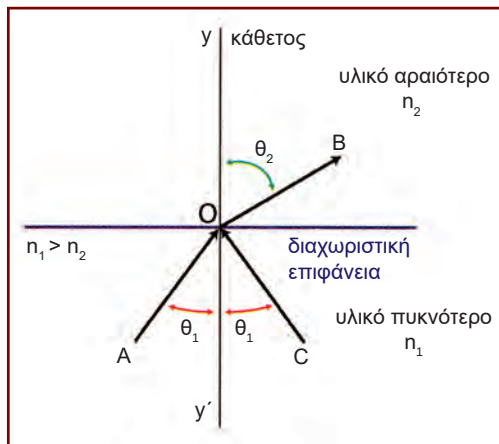
Η μετάδοση της φωτεινής δέσμης στηρίζεται στην **αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης**.

Σύμφωνα μ' αυτή, αν:

- α)** ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού (επίστρωση) είναι μικρότερος από το δείκτη διάθλασης του εσωτερικού υλικού (πυρήνας) και
- β)** η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο εσωτερικό υλικό είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ονομάζεται «κρίσιμη»,

τότε η φωτεινή δέσμη εγκλωβίζεται και ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις, με χιλιάδες εσωτερικές ανακλάσεις.

**Σχήμα 3.6: Διάθλαση φωτός από πυκνότερο σε αραιότερο υλικό.**



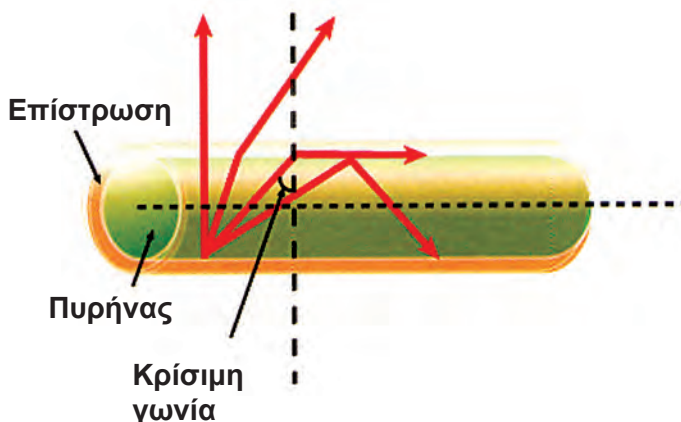
Για τη διάθλαση ισχύει  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\eta\mu\theta_2}{\eta\mu\theta_1}$ , όπου:

- $n_1$  ο δείκτης διάθλασης του πυκνότερου υλικού,
- $n_2$  ο δείκτης διάθλασης του αραιότερου υλικού,
- $\theta_1$  η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο πυκνότερο υλικό και
- $\theta_2$  η γωνία διάθλασης της ακτίνας στο αραιότερο υλικό.

Δηλαδή, μόνο μέρος της έντασης της προσπίπτουσας ακτίνας ανακλάται, ενώ το μεγαλύτερο μέρος διαθλάται στο εξωτερικό υλικό.

Όσο μεγαλώνει όμως η γωνία πρόσπτωσης  $\theta_1$ , μεγαλώνει και το  $\eta\mu\theta_1$  και επειδή ο λόγος  $n_1/n_2$  παραμένει σταθερός, θα μεγαλώνει και το  $\eta\mu\theta_2$ , άρα η γωνία  $\theta_2$  στη διάθλαση.

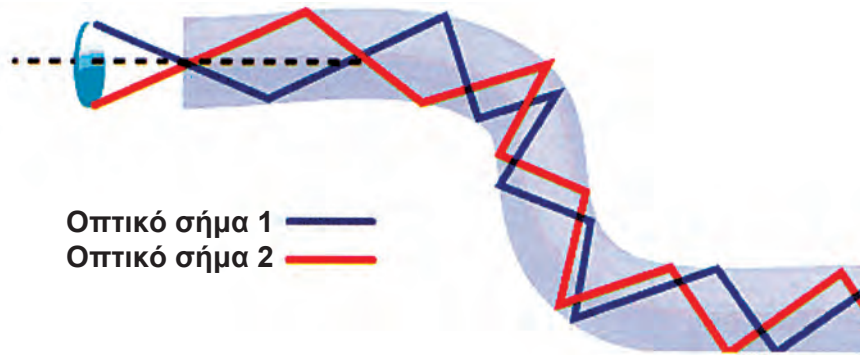
Όταν η γωνία  $\theta_1$  μεγαλώσει περισσότερο από μια κρίσιμη τιμή ( $\theta_1 > \theta_{\text{κρίσιμη}}$ ), τότε η διαθλώμενη ακτίνα παύει να υφίσταται και όλη η προσπίπτουσα ακτίνα ανακλάται.



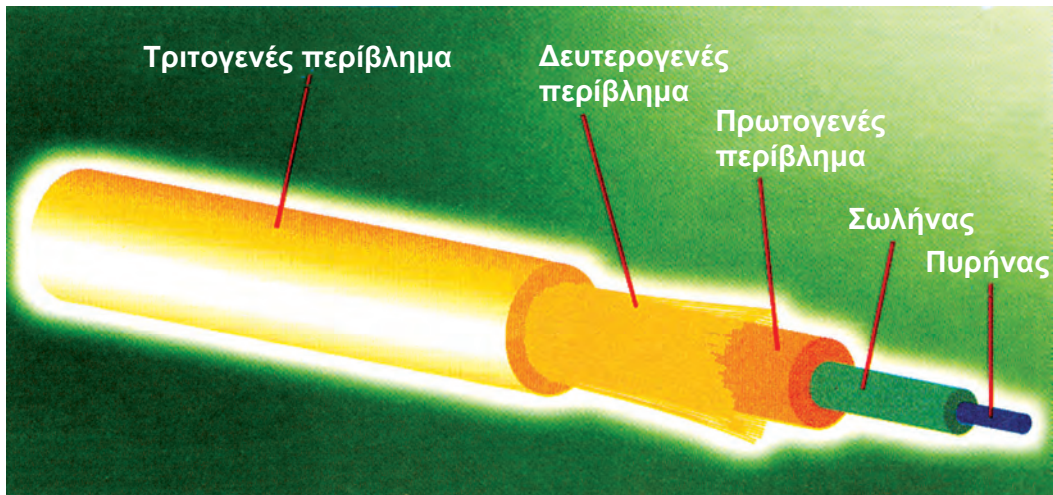
**Σχήμα 3.7: Ολική εσωτερική ανάκλαση σε οπτική ίνα.**

Έτσι, στην οπτική ίνα χρησιμοποιείται υλικό επίστρωσης με μικρότερο δείκτη διάθλασης από αυτόν της κεντρικής ίνας. Η πρόσπτωση των ακτίνων με γωνία μεγαλύτερη από την κρίσιμη επιτυγχάνεται με τη χρήση ινών πολύ μικρής διαμέτρου (π.χ. 62,5  $\mu\text{m}$  - χιλιοστά του χιλιοστού).

Η δομή μιας οπτικής ίνας φαίνεται στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.8: Διάγραμμα ολικής εσωτερικής ανάκλασης σε οπτική ίνα.



Σχήμα 3.9: Δομή οπτικής ίνας.

### 3.3.2 Κατηγορίες οπτικών ινών

Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι δέσμες φωτός μέσα στον πυρήνα, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. πολύτροπες ή πολλαπλής τροχιάς (multimode) και
2. μονότροπες ή ενιαίας τροχιάς (single mode).

1. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν πυρήνα με τυπική διάμετρο 50, 62,5 ή 100  $\mu\text{m}$  και επίστρωση διαμέτρου 125  $\mu\text{m}$ . Ο πυρήνας και η επίστρωση περιβάλλονται από προστατευτικό πλαστικό περίβλημα μίας ή περισσότερων στρώσεων, το οποίο φυσικά δεν λαμβάνει μέρος στη μετάδοση του οπτικού σήματος. Στις πολύτροπες ίνες έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Όσο μικραίνει η διάμετρος του πυρήνα της ίνας, τόσο λιγότερους δρόμους μετάδοσης έχουμε.

Οι πολύτροπες (ή πολλαπλής τροχιάς) διακρίνονται σε δύο τύπους, ανάλογα με την αλλαγή τροχιάς της φωτεινής δέσμης:

**1α.** Σε οπτικές ίνες με απότομη αλλαγή τροχιάς, που οφείλεται στην απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επιστρώσης και οι οποίες επιφέρουν εξασθένηση σήματος από 4 έως 10 dB/km περίπου.



Σχήμα 3.10: Οπτική ίνα με απότομη αλλαγή τροχιάς.

**1β.** Σε οπτικές ίνες με σταδιακή αλλαγή τροχιάς, που οφείλεται στη βαθμιαία μείωση του δείκτη διάθλασης, όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την επιφάνεια της κεντρικής ίνας, και οι οποίες επιφέρουν εξασθένηση σήματος από 2 έως 5 dB/km.



Σχήμα 3.11: Οπτική ίνα με σταδιακή αλλαγή τροχιάς.

**2.** Οι μονότροπες οπτικές ίνες έχουν πυρήνα με μικρότερη διάμετρο από 5 έως 10  $\mu\text{m}$ , με συνηθέστερη τιμή τα 8,3  $\mu\text{m}$  και με επίστρωση διαμέτρου 125  $\mu\text{m}$ .

Οι μονότροπες οπτικές ίνες εμφανίζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από τις πολύτροπες, γιατί οι δέσμες φωτός ακολουθούν μία μοναδική τροχιά (κατά μήκος του άξονα του πυρήνα) και έτσι επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και επιφέρουν μικρότερη εξασθένηση σήματος, από 0,2 έως 2 dB/km.



Σχήμα 3.12: Μονότροπη οπτική ίνα.

Το πρότυπο ISO/IEC 11801 στα δίκτυα δομημένης καλωδίωσης, στην κλάση Optical, συνιστά τη χρήση της πολύτροπης οπτικής ίνας μέχρι τα 2 km και της μονότροπης μέχρι τα 3 km.

### 3.3.3 Στοιχεία συστήματος οπτικών ινών

Το φως μεταφέρει την πληροφορία σχεδόν κατά τον ίδιο τρόπο που την μεταφέρουν και τα ηλεκτρονικά συστήματα. Έτσι, για παράδειγμα, για τη μετάδοση φωνής με φως Laser, στην αρχή ο ήχος μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρικό ψηφιακό σήμα (on/off) και με τη βοήθεια του πομπού το σήμα αυτό κωδικοποιείται σε φως. Όταν οι παλμοί του φωτός φθάσουν στον τελικό προορισμό τους, με

τη βοήθεια του δέκτη γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή το κωδικοποιημένο φως μετασχηματίζεται σε ηλεκτρικό ψηφιακό σήμα και στη συνέχεια το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε ήχο.



Σχήμα 3.13: Σύστημα μεταφοράς φωνής με οπτική ίνα.

Το μικρότερο κομμάτι της πληροφορίας σε ένα ψηφιακό σύστημα είναι το bit (δυαδικό ψηφίο). Στα συστήματα με φως, ένα bit πληροφορίας δίνεται από την παρουσία ή απουσία ενός παλμού του φωτός. Το παλλόμενο φως μεταφέρει μηνύματα σε νήματα γυαλιού ή πλαστικού που καλούνται οπτικές ίνες.

Ένα σύστημα επικοινωνίας που στηρίζεται στις οπτικές ίνες, ως μέσο μετάδοσης περιλαμβάνει εκτός από αυτές και άλλες συσκευές ή εξαρτήματα, όπως *πομπούς, δέκτες, συνδετήρες, συρτάρια, διακλαδωτές, επαναλήπτες κ.λπ.*

Οι **πομποί** λαμβάνουν το ηλεκτρικό σήμα που τους δίνουμε σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή και το μετατρέπουν σε οπτικό σήμα. Ανάλογα με την πηγή φωτός που χρησιμοποιούν, οι πομποί διακρίνονται σε LED και Laser. Τα LED και τα Laser είναι ημιαγωγοί που εκπέμπουν φως όταν εφαρμοσθεί κατάλληλη τάση στα άκρα τους.

Τα LED εκπέμπουν έναν ευρύ κώνο φωτός, με μήκος κύματος συνήθως 850 nm ή 1300 nm (nm= νανόμετρο) δηλαδή λίγο μεγαλύτερο από αυτό των υπεριώθρων ακτίνων.

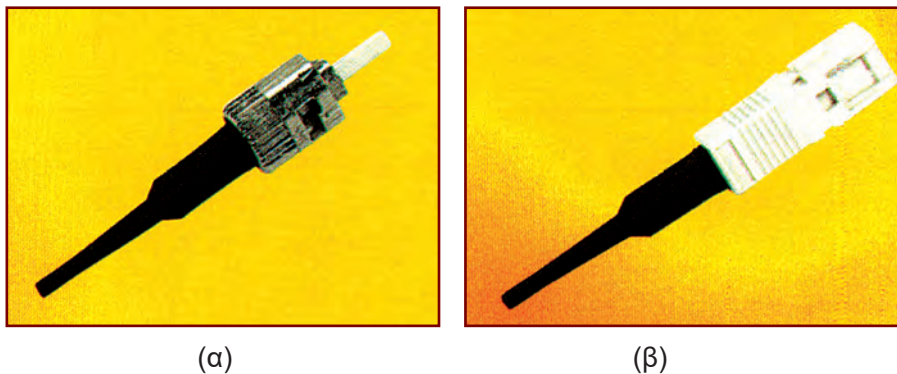
(Το ορατό φως περιέχει ακτινοβολίες των οποίων το μήκος κύματος κυμαίνεται μεταξύ 400 nm- ιώδες και 750 nm- ερυθρό).

Τα Laser εκπέμπουν μονοχρωματικό φως, με μήκος κύματος συνήθως 1300 nm ή 1550 nm, σε πολύ λεπτή δέσμη και με μεγαλύτερη ισχύ σήματος.

Οι πηγές LED έχουν καλύτερη συμπεριφορά στα αναλογικά σήματα και χρησιμοποιούνται περισσότερο κυρίως για κοντινές αποστάσεις, ενώ τα Laser προτιμούνται σε μεγάλες αποστάσεις και σε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.

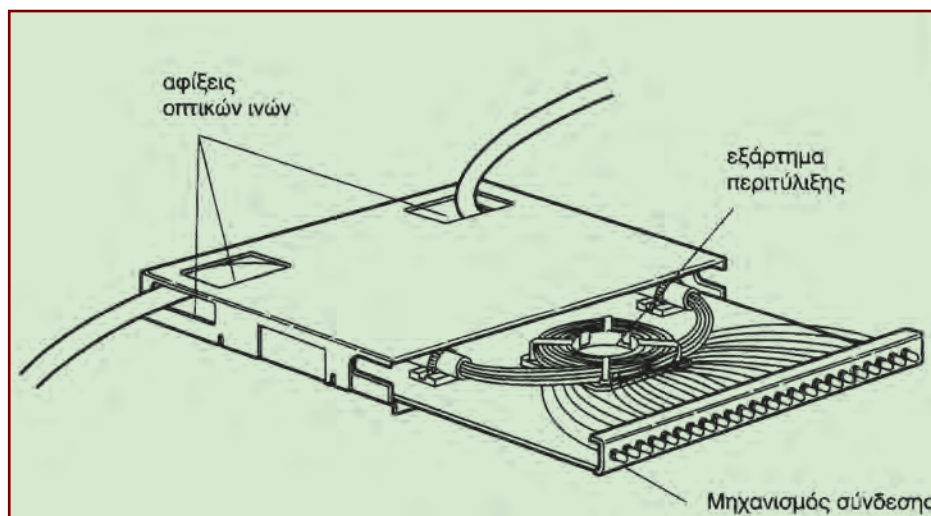
Οι **δέκτες**, αφού λάβουν το οπτικό σήμα, το μετατρέπουν με τη βοήθεια φωτοδιόδου σε ηλεκτρικό, το ενισχύουν και το διαμορφώνουν κατάλληλα, για να το προωθήσουν. Για να αναγνωρίζεται σωστά το σήμα από το δέκτη και για να μη χάνονται πληροφορίες, σημαντικό ρόλο παίζουν η ένταση του σήματος και ο λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N).

Οι **συνδετήρες** χρησιμοποιούνται για να ενώσουν δύο καλώδια οπτικών ινών ή ένα καλώδιο **με τον πομπό** ή το δέκτη. Οι οπτικές ίνες απαιτούν πολύ λεπτούς χειρισμούς στις συνδέσεις και, εάν δεν εφάπτεται ακριβώς ο πυρήνας της μιας ίνας με τον πυρήνα της άλλης, προκαλείται σημαντική εξασθένηση του σήματος ή και διακοπή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συνδετήρων, με πιο γνωστούς τους ST (με μπαγιονέτ) και SC (με έλξη-ώθηση), οι οποίοι διατίθενται σε δύο διαφορετικούς τύπους: για πριτσίνωμα ή για συγκόλληση. Η χρήση συνδετήρα με πριτσίνωμα παρέχει μεγαλύτερη εγγύηση ασφαλούς σύνδεσης και είναι ευκολότερη και ταχύτερη για τον ηλεκτρολόγο - εγκαταστάτη.



**Σχήμα 3.14: Συνδετήρες ST (α) και SC (β).**

Τα **συρτάρια** είναι ειδικά κατασκευασμένα για να τοποθετούνται στο εσωτερικό ενός καταναλωτή. Προσφέρουν μεγάλη δυναμικότητα καλωδίωσης, π.χ. 24 οπτικές ίνες που συνδέονται αντίστοιχα με 24 κανάλια. Η όδευση των καλωδίων διευκολύνεται από τους οδηγούς που διαθέτουν τα συρτάρια και από το αποσπώμενο συρταρωτό του τμήμα.



**Σχήμα 3.15 : Συρτάρια οπτικών ινών.**

Οι **διακλαδωτές** χρησιμεύουν ώστε ένα καλώδιο οπτικών ινών να διακλαδίζεται τουλάχιστον σε δύο άλλα καλώδια. Έτσι όμως, το σήμα χάνει αρκετή από την ισχύ του, γι' αυτό ο αριθμός των εξόδων ενός διακλαδωτή είναι περιορισμένος. Οι διακλαδωτές διακρίνονται σε **παθητικούς**, που απλώς διαβιβάζουν το σήμα από μία είσοδο σε μερικές εξόδους, και σε **ενεργητικούς**, οι οποίοι διαθέτουν ένα δέκτη στην είσοδο και μετά οδηγούν το ηλεκτρικό σήμα από την έξοδο του δέκτη σε πολλούς πομπούς.

Οι **επαναλήπτες** είναι διατάξεις οι οποίες τοποθετούνται κατά διαστήματα, για να ενισχύσουν το σήμα που έχει εξασθενήσει λόγω απωλειών κατά μήκος των οπτικών ινών, των συνδέσμων, των συρταριών, των διακλαδωτών κ.λπ.. Οι απώλειες για κάθε σύνδεσμο ή συρτάρι υπολογίζονται σε περίπου 0,5 dB και αθροίζονται μαζί με τις απώλειες κατά μήκος της γραμμής.



Σχήμα 3.16: Απώλειες οπτικών ινών.

Οι δυνατότητες των οπτικών ινών ξεπερνούν τις απαιτήσεις ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.



## 4. Έλεγχοι ποιότητας της καλωδίωσης

**Η** εγκατάσταση ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης γίνεται με ορισμένα πρότυπα. Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, γίνονται ορισμένοι έλεγχοι ποιότητας, ώστε να εξακριβωθεί αν η καλωδίωση πληροί τις προδιαγραφές που θέτουν τα συγκεκριμένα πρότυπα.

Όσο αυξάνονται οι ανάγκες ενός δικτύου για διακίνηση μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών και υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης αυτών των πληροφοριών, τόσο αυξάνεται και η ανάγκη για κατασκευή της καλωδίωσης με προδιαγραφές που να ανήκουν σε μεγαλύτερη κλάση ή κατηγορία, κατά τα αναγνωρισμένα διεθνή ή εθνικά πρότυπα (π.χ. ISO, EIA/TIA κ.λπ.).

Οι προδιαγραφές για κάθε κατηγορία ή κλάση καλωδίωσης αναφέρονται στο είδος των υλικών και στην ποιότητα της κατασκευής τους και προσδιορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις που θέτει η συγκεκριμένη κατηγορία για την ποιότητα στη μετάδοση των πληροφοριών. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται τόσο στα μέσα μετάδοσης όσο και στις συνδέσεις τους.

Όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις για περισσότερες πληροφορίες και ταχύτερη διακίνησή τους και βελτιώνονται τα υλικά (μέσα μετάδοσης και εξαρτήματα συνδέσεων), τόσο αυξάνονται και οι απαιτούμενοι έλεγχοι ποιότητας και τίθενται αυστηρότερες προδιαγραφές.

Όλα τα πρότυπα απαιτούν να υποβάλλονται με επιτυχία οι καλωδιώσεις σε τρεις βασικούς ελέγχους.

Οι έλεγχοι αυτοί είναι:

### Βασικοί έλεγχοι

- ❖ ο *χάρτης καλωδίου* (*wire map*),
- ❖ η *εξασθένηση* (*attenuation*) και
- ❖ η *κοντινή αλληλεπίδραση* (*NEXT*).

Κατόπιν, ακολουθούν πρόσθετοι έλεγχοι:

### Πρόσθετοι έλεγχοι

- ❖ ο *λόγος εξασθένησης προς αλληλεπίδραση* (*ACR*),
- ❖ το *μήκος καλωδίου*,
- ❖ η *καυστέρηση μετάδοσης*,
- ❖ η *ασύγχρονη καθυστέρηση μετάδοσης*,
- ❖ η *χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση*,
- ❖ η *αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος* και
- ❖ η *αμοιβαία χωρητικότητα*.

Επιπλέον, όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις στη μετάδοση των πληροφοριών, βελτιώνονται τα υλικά και επεκτείνονται οι κατηγορίες (5E, 6 και 7) ή κλάσεις (E, F) των προτύπων, τόσο αυξάνονται και οι έλεγχοι. Έτσι, για νέες εφαρμογές, π.χ. Gigabit Ethernet, απαιτούνται προχωρημένοι έλεγχοι:

#### Προχωρημένοι έλεγχοι

- ❖ οι απώλειες λόγω επιστροφής,
- ❖ η αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT),
- ❖ η αθροιστική ισχύς λόγου εξασθένησης προς κοντινή αλληλεπίδραση (PSACR),
- ❖ η μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT) κ.λπ..

Τα δύο παγκοσμίως πιο γνωστά πρότυπα για τη δομημένη καλωδίωση, το αμερικάνικο πρότυπο EIA/TIA-568A και το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 11801 παρουσιάζουν αρκετές διαφορές στους τρόπους μέτρησης και στα σχετικά όρια των ελέγχων. Για παράδειγμα, η κλάση D του ISO για τον υπολογισμό της εξασθένησης του **συνδέσμου** (βλέπε ενότητα 5.2.1) και τη μέτρηση των τιμών NEXT, λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες των συνδετήρων (connectors), γι' αυτό η εξασθένηση είναι ελαφρώς υψηλότερη και οι τιμές NEXT ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές της TIA, κατηγορία 5.

Οι αυξημένες απαιτήσεις στη μετάδοση των πληροφοριών επεκτείνουν τους ελέγχους ποιότητας και θέτουν ολοένα και αυστηρότερες προδιαγραφές.

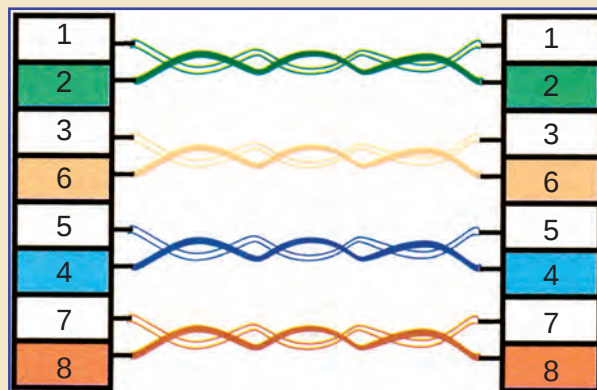
Όλοι οι έλεγχοι γίνονται σε θερμοκρασία 20 °C.

## ■ 4.1 Βασικοί έλεγχοι

### 4.1.1 Χάρτης καλωδίου (Wire Map)

Ο χάρτης καλωδίου χρησιμοποιείται για να διαπιστώσουμε εάν η συρμάτωση έγινε σωστά (Σχήμα 4.1). Για καθέναν από τους 8 αγωγούς του καλωδίου, ο χάρτης πρέπει να δείχνει:

- Κατάλληλο τερματισμό άκρων σε κάθε πλευρά.
- Συνέχεια μέχρι τα μακρινά άκρα του καλωδίου.



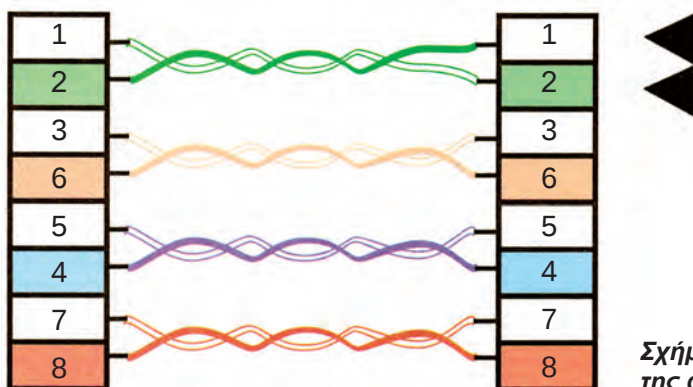
Σχήμα 4.1: Σωστή συρμάτωση 4 ζευγαριών.

## Συνηθισμένα λάθη συρμάτωσης

Ο χάρτης καλωδίου μας δείχνει επίσης πιθανά σφάλματα συρμάτωσης, όπως:

- Βραχυκυκλώματα μεταξύ οποιωνδήποτε δύο ή περισσοτέρων αγωγών.
- Βραχυκυκλωμένα ζευγάρια.
- Αναστροφή ζευγαριών.
- Διασταύρωση (ή αλληλομετάθεση) ζευγαριών.
- Διαχωρισμό ζευγαριών.
- Οποιαδήποτε άλλα σφάλματα συρμάτωσης.

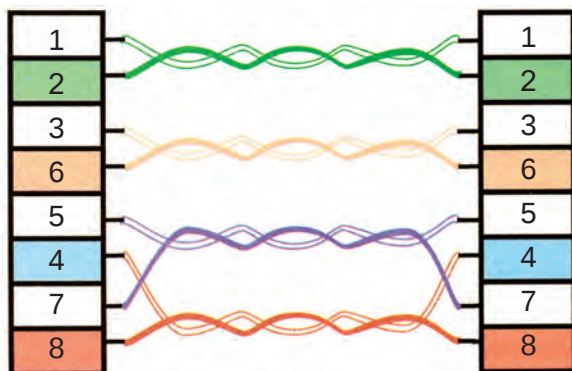
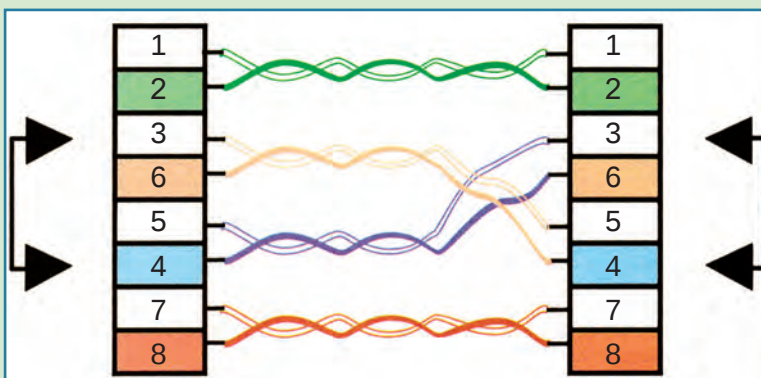
Αναστροφή ζευγαριού συμβαίνει όταν η πολικότητα των συρμάτων ενός ζευγαριού αναστρέφεται στο ένα άκρο του καλωδίου (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Το λάθος της αναστροφής ζευγαριού.

Διασταύρωση (ή αλληλομετάθεση) ζευγαριού συμβαίνει όταν οι δύο αγωγοί σε ένα ζευγάρι, συνδέονται στη θέση ενός διαφορετικού ζευγαριού στη μακρινή σύνδεση (Σχήμα 4.3).

Σχήμα 4.3: Το λάθος της διασταύρωσης ζευγαριού.



Διαχωρισμός ζευγαριών συμβαίνει όταν η συνέχεια από άκρη σε άκρη διατηρείται, αλλά τα κανονικά ζευγάρια είναι χωρισμένα (Σχήμα 4.4).

Σχήμα 4.4: Το λάθος του διαχωρισμού ζευγαριού.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι εύκολο να κοιτάξει κανείς απευθείας μέσα στις συνδέσεις. Βραχυκύκλωμα ή διακοπή κυκλώματος διαπιστώνονται εύκολα με ένα απλό όργανο, ή για παράδειγμα με το άναμμα ή όχι μιας λάμπας. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι ένα θετικό τεστ απλών οργάνων δεν αποτελεί εγγύηση ότι η συρμάτωση έχει εγκατασταθεί κανονικά. Για τις περιπτώσεις όπως αναστροφή ή διαχωρισμός ζευγαριών, απαιτούνται σύνθετα όργανα μέτρησης. Ιδιαίτερα, η ανακάλυψη του διαχωρισμού των ζευγαριών απαιτεί τη μέτρηση της κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT). Η μέτρηση του NEXT ξεπερνά τις δυνατότητες των απλών οργάνων. Τα διαχωρισμένα ζευγάρια θα προκαλέσουν μια υψηλή τιμή NEXT (τυπικά πάνω από 22 dB), η οποία θα περιορίσει αυστηρά το διαθέσιμο εύρος ζώνης συχνοτήτων στην εγκαταστημένη καλωδίωση.

Επιπλέον, στα καλώδια με πλέγμα πρέπει να ελεγχθεί η συνέχεια του πλέγματος και αυτό είναι συνήθως δυνατό μόνο με ανώτερα όργανα μέτρησης.

Ο χάρτης καλωδίου είναι θεμελιώδης έλεγχος, αλλά είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η σωστή συρμάτωση δεν βεβαιώνει την απόδοση σε όλο το εύρος ζώνης. Έλεγχοι που εξαρτώνται από τη συχνότητα, όπως *κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT)*, *εξασθένησης* και *απωλειών λόγω επιστροφής (return loss)*, αποτελούν κλειδιά για τη διαβεβαίωση ότι η καλωδίωση είναι ικανή να υποστηρίξει εφαρμογές με υψηλές ταχύτητες.

### 4.1.2 Εξασθένηση

Η εξασθένηση (Attenuation) είναι η απώλεια της ισχύος του σήματος σε δεδομένο μήκος καλωδίωσης. Αυτή προκαλείται κυρίως από την απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας (που περιγράφηκε στην ενότητα 3.1.1). Αυτή η χαμένη ενέργεια εκφράζεται σε **ντεσιμπέλ (dB)**. Όσο λιγότερα dB είναι η απώλεια, τόσο καλύτερα για τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Η εξασθένηση, ιδιαίτερα έντονη στα χάλκινα σύρματα (UTP) που βασικά χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση, εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου, τον αριθμό των συνδέσεων, τη συχνότητα του μεταφερόμενου σήματος, το είδος της μόνωσης των αγωγών, τη θερμοκρασία του χώρου και κυρίως από τη διάμετρο των αγωγών. Μικρότερη διάμετρος σημαίνει μεγαλύτερη εξασθένηση.

Ένας άλλος πιθανός λόγος για υπερβολική εξασθένηση είναι οι χαλαρές τερματικές συνδέσεις. Για να εντοπίσουμε αυτή την αιτία, συγκρίνουμε την εξασθένηση στα 4 ζευγάρια. Εάν ένα ή δύο ζευγάρια έχουν υψηλή εξασθένηση, αυτό μας οδηγεί να ελέγξουμε αν υπήρξε πρόβλημα κατά την εγκατάσταση. Εάν όλα τα ζευγάρια έχουν υψηλή εξασθένηση, ελέγχουμε για υπερβολικό μήκος της καλωδίωσης.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 11801, η μέγιστη απόσβεση που μετριέται σε μια πρίζα για την κλάση D, που περιλαμβάνει καλώδια και συνδέσεις, στα 100 MHz, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 23,2 dB, ανεξάρτητα από το μήκος του καλωδίου (φυσικά υπάρχει ο περιορισμός των 100 μέτρων συνολικού μήκους της οριζόντιας καλωδίωσης).

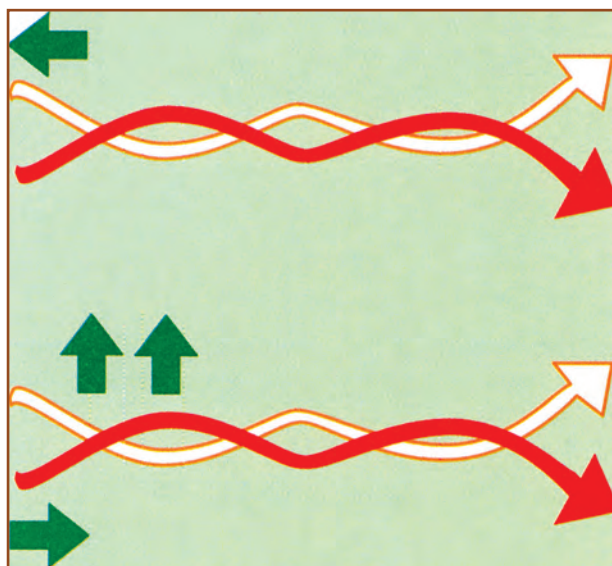
**Η εξασθένηση που μετριέται σε μια πρίζα καλωδίου UTP 4 ζευγών, για συχνότητα 100MHz, πρέπει να είναι μικρότερη των 23,2 dB.**

Πίνακας 4.1: Μέγιστες τιμές εξασθένησης (ISO 11801)

| Συχνότητα<br>MHz | Μέγιστη εξασθένηση<br>dB |         |         |         |
|------------------|--------------------------|---------|---------|---------|
|                  | Κλάση Α                  | Κλάση Β | Κλάση Γ | Κλάση Δ |
| 0,1              | 15                       | 5,5     | —       | —       |
| 1,0              | —                        | 5,8     | 3,7     | 2,5     |
| 4,0              | —                        | —       | 6,5     | 4,8     |
| 10,0             | —                        | —       | 10,7    | 7,5     |
| 16,0             | —                        | —       | 14,0    | 9,4     |
| 20,0             | —                        | —       | —       | 10,5    |
| 31,25            | —                        | —       | —       | 13,1    |
| 62,5             | —                        | —       | —       | 18,4    |
| 100,0            | —                        | —       | —       | 23,2    |

### 4.1.3 Κοντινή αλληλεπίδραση (NEXT-Near End CrossTalk)

Η αλληλεπίδραση, που συναντάται και με τον όρο παραδιαφωνία, (CrossTalk), είναι σήμα που μεταδίδεται από το σήμα ενός συνεστραμμένου ζεύγους στο σήμα του διπλανού του, μέσα σε ένα καλώδιο. Βέβαια, η συστροφή των ζευγών μειώνει σημαντικά την αλληλεπίδραση, γι' αυτό πρέπει να διατηρείται με επιμέλεια μέχρι το τελευταίο σημείο σύνδεσης, στον κατανεμητή ή την πρίζα.



Σχήμα 4.5: Μέτρηση τιμής NEXT.

Η αλληλεπίδραση είναι πιο έντονη όσο πιο κοντά είναι τα δυο ζευγάρια. Είναι ανεπιθύμητη και μπορεί να προκαλέσει επικοινωνιακά προβλήματα (π.χ. συνακροάσεις στο τηλεφωνικό δίκτυο ή λάθος μετάδοση δεδομένων στο δίκτυο υπολογιστών), γι' αυτό πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι τα επίπεδα παρεμβολής, βρίσκονται κάτω από κάποιο αποδεκτό όριο, που θέτουν τα πρότυπα καλωδίωσης της συγκεκριμένης κατηγορίας ή κλάσης που χρησιμοποιούμε.

Η αλληλεπίδραση είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών.

**Η αποσυστροφή των ζευγών στα σημεία σύνδεσης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 13mm.**

Ο έλεγχος NEXT μετρά την αλληλεπίδραση εκπέμποντας ένα συγκεκριμένο σήμα ελέγχου σε ένα ζευγάρι και μετρώντας τη στάθμη του επαγόμενου σήματος σε ένα γειτονικό ζευγάρι του ίδιου καλωδίου.

**Η τιμή NEXT υπολογίζεται ως η διαφορά στη στάθμη μεταξύ του εκπεμπόμενου σήματος ελέγχου και του επαγόμενου σήματος στο γειτονικό προς έλεγχο ζευγάρι.**

Οι μετρήσεις γίνονται από την ίδια πλευρά (Near End) του καλωδίου, ενώ οι άκρες της άλλης πλευράς, οι μακρινές, τερματίζονται σε χαρακτηριστική αντίσταση 100 Ω.

Η διαφορά στη στάθμη των δύο σημάτων (λόγος σε ντεσιμπέλ) μας δίνει την τιμή NEXT. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σε dB τόσο μικρότερη είναι η αλληλεπίδραση σε αυτά τα δύο ζεύγη, δηλαδή τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.

Η τιμή NEXT μετράται σε όλα τα ζεύγη του καλωδίου. Σε ένα καλώδιο UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών, έχουμε 6 συνδυασμούς των ζευγών από την κάθε πλευρά του καλωδίου (το πρώτο ζευγάρι με το δεύτερο, μετά το πρώτο με το τρίτο, μετά το πρώτο με το τέταρτο, έπειτα το δεύτερο με το τρίτο και το δεύτερο με το τέταρτο και, τέλος, το τρίτο με το τέταρτο).

Λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη τιμή, δηλαδή η μικρότερη.

*Η τιμή NEXT μετριέται και από τις δύο πλευρές του καλωδίου.*

Μικρή τιμή NEXT σε δύο ζευγάρια οφείλεται συνήθως σε:

- κακή σύνδεση (αποσυστροφή ζευγαριού μεγαλύτερη των 13mm),
- χρησιμοποίηση patch cord χαμηλότερης κατηγορίας ή
- χρήση συνδετήρων για ένωση τμημάτων καλωδίων.

(Στην περίπτωση αυτή αν το καλώδιο δεν έχει το αναγκαίο μήκος, καλύτερα να αντικαθίσταται ολόκληρο με ένα μακρύτερο καλώδιο).

Η αλληλεπίδραση αυξάνεται, δηλαδή **μειώνεται η τιμή NEXT σε dB, όσο αυξάνεται η συχνότητα του σήματος**, γι' αυτό οι μετρήσεις NEXT πρέπει να γίνονται σε διαφορετικές συχνότητες, ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή συχνοτήτων της κατηγορίας ή κλάσης.

**Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή NEXT σε dB, τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.**

Πίνακας 4.2: Ελάχιστες τιμές NEXT (ISO 11801).

| Συχνότητα<br>MHz | Ελάχιστο NEXT<br>dB |         |         |         |
|------------------|---------------------|---------|---------|---------|
|                  | Κλάση A             | Κλάση B | Κλάση Γ | Κλάση Δ |
| 0,1              | 27                  | 40      | —       | —       |
| 1,0              | —                   | 25      | 39      | 54      |
| 4,0              | —                   | —       | 29      | 45      |
| 10,0             | —                   | —       | 23      | 39      |
| 16,0             | —                   | —       | 19      | 36      |
| 20,0             | —                   | —       | —       | 35      |
| 31,25            | —                   | —       | —       | 32      |
| 62,5             | —                   | —       | —       | 27      |
| 100,0            | —                   | —       | —       | 24      |

## ■ 4.2 Πρόσθετοι έλεγχοι

### 4.2.1 Λόγος εξασθένησης/ αλληλεπίδραση (ACR)

Το σήμα, από την εκπομπή του μέχρι να φθάσει στο άλλο άκρο του καλωδίου, δηλαδή στο δέκτη, υφίσταται εξασθένηση.

Ο λόγος εξασθένησης προς αλληλεπίδραση (**ACR** - Attenuation to Crosstalk Ratio) ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT σε dB (στην αρχή του καλωδίου) και της εξασθένησης του σήματος σε dB (στο τέλος του καλωδίου).

Για να κατανοήσουμε την έννοια του ACR, ας φαντασθούμε έναν καθηγητή να δίνει διάλεξη σε μια αίθουσα. Σκοπός του ομιλητή είναι να ακουστεί ακόμα και από τους μαθητές του που βρίσκονται στο βάθος της αίθουσας. Η ένταση της φωνής του καθηγητή είναι ένας παράγοντας - κλειδί για να πραγματοποιηθεί ο σκοπός του, αλλά δεν είναι τόσο σημαντικός όσο η διαφορά μεταξύ της φωνής του καθηγητή και του θορύβου στο βάθος της αίθουσας. Εάν ο καθηγητής μιλούσε σε μια ήσυχη βιβλιοθήκη θα μπορούσε να χαμηλώσει την ένταση της φωνής του.

Φανταστείτε τον καθηγητή να μιλάει με την ίδια ένταση φωνής σε ένα θορυβώδες γήπεδο ποδοσφαίρου. Θα έπρεπε να υψώσει τόσο πολύ τη φωνή του, ώστε η **διαφορά** μεταξύ της φωνής (επιθυμητό σήμα) και του θορύβου της εξέδρας, να είναι αρκετή για να ακουστεί. Αυτή η διαφορά είναι πρακτικά το ACR.

Η τιμή ACR είναι ένας σημαντικός δείκτης για την ποιότητα της δομημένης καλωδίωσης.

**Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή ACR σε dB, τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.**

Η τιμή ACR πρέπει να υπολογίζεται και για τις δύο πλευρές ενός καλωδίου και να λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη (μικρότερη) τιμή.

Αν και η ελάχιστη τιμή ACR για κάθε κλάση και συχνότητα υπολογίζεται απευθείας από τους πίνακες 10.1α και 10.2α, ως η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT (ελάχιστη) και της εξασθένησης (μέγιστη), το πρότυπο ISO 11801, ειδικά για την κλάση D, θέτει υψηλότερες απαιτήσεις, για παράδειγμα στα 100 MHz προτείνει ως ελάχιστη τιμή ACR τα 4 dB.

**Πίνακας 4.3: Ελάχιστες τιμές ACR (ISO 11801)**

| Συχνότητα MHz | Ελάχιστη ACR<br>dB Κλάση D |
|---------------|----------------------------|
| 1,0           | -                          |
| 4,0           | 40                         |
| 10,0          | 31                         |
| 16,0          | 30                         |
| 20,0          | 28                         |
| 31,25         | 23                         |
| 62,5          | 13                         |
| 100,0         | 4                          |

Σημείωση: Αυτές οι τιμές αναμένεται να τροποποιηθούν στη νέα αναθεώρηση του προτύπου (Βλέπε Παράρτημα).

## 4.2.2 Μήκος καλωδίου

Το πρότυπο TIA/TSB-67 απαιτεί να μετριέται το μήκος. Το μήκος ορίζεται ως το φυσικό μήκος του καλωδίου ή του περιβλήματος αυτού. Το φυσικό μήκος αντιπαραβάλλεται με το ηλεκτρικό ή ελικοειδές μήκος, το οποίο είναι το μήκος των χάλκινων αγωγών. Το φυσικό μήκος θα είναι πάντα ελαφρώς μικρότερο από το ηλεκτρικό μήκος, λόγω της συστροφής των αγωγών. Για παράδειγμα, σε καλώδιο UTP, στα 100 μέτρα φυσικό μήκος αντιστοιχούν 102 μέτρα περίπου ηλεκτρικό μήκος.

Για να μετρηθεί το φυσικό μήκος, ένας έλεγχος μετράει πρώτα την *καθυστέρηση μετάδοσης* και έπειτα χρησιμοποιεί την *ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης* (NVP) του καλωδίου για να υπολογίσει το μήκος. Ομοίως, αν γνωρίζετε το φυσικό μήκος και την καθυστέρηση του καλωδίου, μπορείτε να υπολογίσετε την ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης.

Η *ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης* (NVP) για κάθε καλώδιο εκφράζεται ως ποσοστό του ταχύτητας  $c$  του φωτός στο κενό και κυμαίνεται μεταξύ του 0,6c και του 0,9c.

Συμβατικά, το μήκος προκύπτει από το ζευγάρι του καλωδίου με το μικρότερο ηλεκτρικό μήκος. Λόγω της ασύμμετρης καθυστέρησης, το μήκος των 4 ζευγαριών συχνά εμφανίζεται ελαφρώς διάφορο. Αυτό είναι φυσικό και δε δημιουργεί πρόβλημα, με την εξαίρεση των σημαντικών διαφορών (πάνω από 10%).

Η μέτρηση του μήκους αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν έχουμε εκτεταμένο οριζόντιο δίκτυο (λόγω του περιορισμού των 100 μέτρων). Μερικές φορές, οι εγκαταστάτες αφήνουν στην οροφή ή στον τοίχο παραπανίσιο καλώδιο, για να καλύψουν μελλοντικές ανάγκες. Αυτό βέβαια ενδείκνυται, αρκεί να έχει συμπεριληφθεί στον ολικό υπολογισμό των 100 μέτρων. Σημειώστε ότι υπερβολικό κουλούριασμα του καλωδίου μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη υποβάθμιση λειτουργίας από πρόσθετες απώλειες λόγω επιστροφής και αλληλεπίδραση.

### 4.2.3 Καθυστέρηση μετάδοσης

Η καθυστέρηση μετάδοσης (Propagation Delay) ή απλά καθυστέρηση είναι ένα μέτρο του χρόνου τον οποίο απαιτεί ένα σήμα για να μεταδοθεί από το ένα άκρο του κυκλώματος στο άλλο. Η καθυστέρηση μετριέται σε nanoSecond (nSec). Τυπική καθυστέρηση για τα καλώδια UTP, κατηγορίας 5, είναι κάτι λιγότερο από 5 nSec ανά μέτρο (η χειρότερη περίπτωση που επιτρέπεται είναι 5,7 nSec/m). Έτσι, στα 100 μέτρα μπορεί να έχουμε καθυστέρηση 500 nSec.

Η καθυστέρηση είναι ο κύριος λόγος για τον περιορισμό του μήκους στην καλωδίωση των τοπικών δικτύων υπολογιστών.

Η ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης (NVP-Nominal Velocity of Propagation) από την άλλη πλευρά είναι διαφορετική. Αναφέρεται στη δομική ταχύτητα με την οποία ταξιδεύει το σήμα, σε σχέση με την ταχύτητα **C** του φωτός μέσα στο κενό. Εκφράζεται ως

ποσοστό του  $c$ , π.χ. 75% ή 0,75 $c$ . Όλα τα καλώδια θα έχουν τιμές ταχύτητας στην περιοχή από 0,6 έως 0,9 $c$ .

Οι μετρήσεις της καθυστέρησης είναι σχετικά ακριβείς. Τα περισσότερα πρότυπα δομημένης καλωδίωσης αναμένουν μια μέγιστη οριζόντια καθυστέρηση των 570nSec. Εάν οι προδιαγραφές σχεδίασης ενός δικτύου το επιτρέψουν, μπορεί να γίνει αποδεκτή μεγαλύτερη καθυστέρηση. Τα πρότυπα απαιτούν αυτή η καθυστέρηση μετάδοσης για ένα καλώδιο να θεωρείται ότι είναι η καθυστέρηση μετάδοσης του ταχύτερου ζευγαριού, δηλαδή η συντομότερη καθυστέρηση μετάδοσης.

Επειδή κάθε ζευγάρι στο καλώδιο έχει το δικό του μοναδικό λόγο (βήμα) συστροφής, η καθυστέρηση θα διαφέρει σε κάθε ζευγάρι. Αυτή η διαφορά (ασύμμετρη καθυστέρηση) δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 50 nSec σε ένα οποιοδήποτε τμήμα μέχρι τα 100 μέτρα.

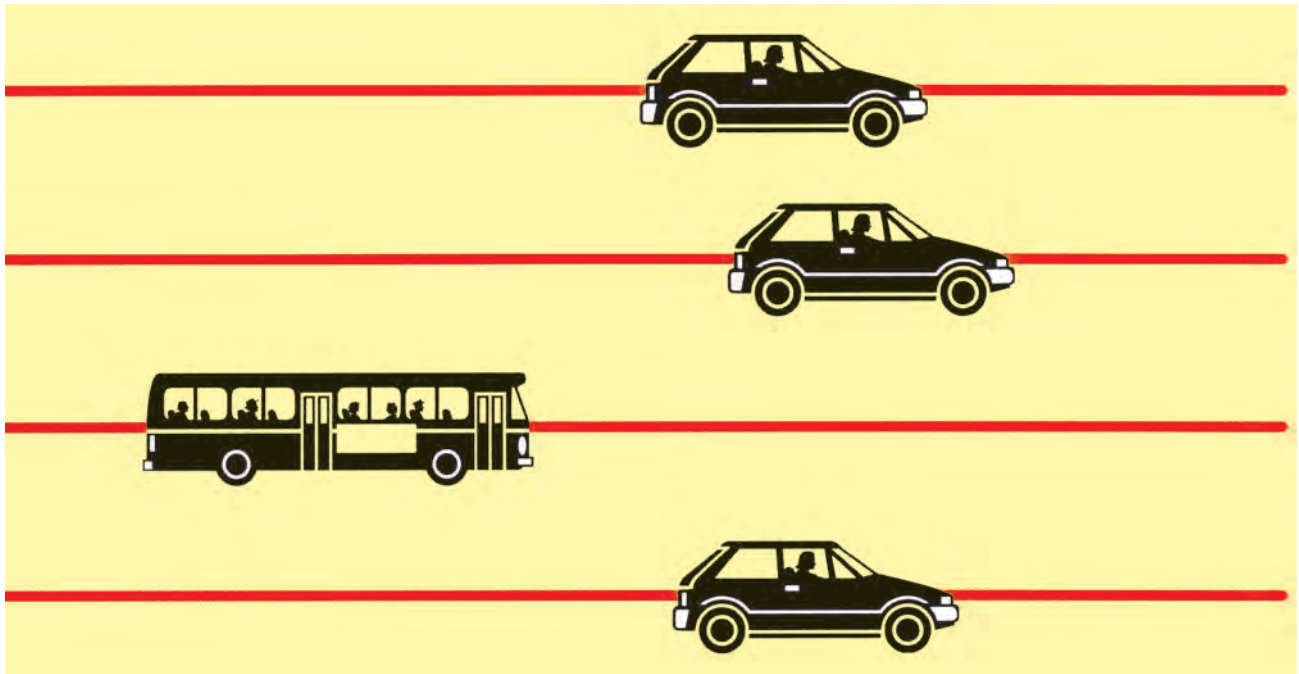
**Η υπερβολική καθυστέρηση μετάδοσης οφείλεται μόνο σε πολύ μακρύ καλώδιο.**

### 4.2.4 Ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης

Η ασύμμετρη (Skew) καθυστέρηση μετάδοσης είναι η διαφορά μεταξύ της καθυστέρησης μετάδοσης στο ταχύτερο και στο βραδύτερο από τα 4 ζευγάρια ενός UTP καλωδίου. Μερικές κατασκευαστικές εταιρίες καλωδίων χρησιμοποιούν διαφορετικά μονωτικά υλικά σε διαφορετικά ζευγάρια. Αυτό, επιπρόσθετα με το μοναδικό λόγο (βήμα) συστροφής του κάθε ζευγαριού, αυξάνει την καθυστέρηση.

Η ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης είναι σημαντική ιδιαίτερα σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών, που χρησιμοποιούν τεχνολογίες υψηλών ταχυτήτων (Gigabit Ethernet), γιατί χρησιμοποιούν και τα 4 ζευγάρια του καλωδίου. Εάν η καθυστέρηση ενός ή περισσότερων ζευγαριών είναι σημαντικά διάφορη από οποιοδήποτε άλλο, τότε τα σήματα που στέλνονται την ίδια στιγμή από το ένα άκρο του καλωδίου φθάνουν στο

άλλο άκρο που βρίσκεται ο δέκτης σε σημαντικά διαφορετικούς χρόνους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί ο δέκτης, που είναι σχεδιασμένος για μικρές διαφορές στις καθυστερήσεις, να ανασυνθέσει το αρχικό σήμα.



Σχήμα 4.6: Ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης.

Μια κατάλληλα κατασκευασμένη δομημένη καλωδίωση θα πρέπει να παρουσιάζει ασυμμετρία μικρότερη από 50 nSec σε σύνδεση 100 μέτρων. Χαμηλότερη ασυμμετρία είναι καλύτερη. Οποιαδήποτε ασυμμετρία κάτω από 25 nSec είναι εξαιρετική, ενώ μεταξύ 45 και 50 είναι οριακά αποδεκτή.

#### 4.2.5 Χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση

Η σύνθετη αντίσταση είναι ένα μέτρο της αντίδρασης στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Περιλαμβάνει τις επιδράσεις της ωμικής αντίστασης, της χωρητικότητας και της επαγωγής. Η καλωδίωση για δεδομένα (data) είναι αποδεκτά ταξινομημένη στα 100 Ω σύνθετη αντίσταση και η τιμή αυτή θα πρέπει να διατηρείται σταθερή ( 15%) κατά μήκος όλου του καλωδίου και σε όλο το εύρος ζώνης των συχνοτήτων του.

Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση αναφέρεται στη σύνθετη αντίσταση ενός καλωδίου απείρου μήκους. Μετράται στο καλώδιο και όχι στις ενώσεις και είναι μια εργαστηριακή μέτρηση.

Δεν υπάρχουν δημοσιεύσεις για πιστοποιητικά ελέγχου που να απαιτούν τη μέτρηση χαρακτηριστικής αντίστασης.

Η ομαλή λειτουργία των τοπικών δικτύων υπολογιστών (LAN) στηρίζεται σε μια σταθερή σύνθετη αντίσταση των καλωδίων του συστήματος. Απότομες αλλαγές σε αυτή την αντίσταση, προκαλούν εσωτερικές ανακλάσεις σημάτων, που οδηγούν στις **απώλειες λόγω επιστροφής** και στην **εξασθένιση** και μπορεί να διαστρεβλώσουν τη μετάδοση των σημάτων μέσω των καλωδίων του δικτύου προκαλώντας προβλήματα στο δίκτυο.

### 4.2.6 Αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος

Η αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος (DC Loop Resistance) είναι η ολική αντίσταση μέσω δύο αγωγών που ενώνονται σε βρόχο στο ένα τους άκρο. Η αντίσταση είναι συνήθως συνάρτηση της διαμέτρου των αγωγών και διαφέρει μόνο με την απόσταση. Αυτή η μέτρηση γίνεται μερικές φορές για να διαβεβαιώσει ότι δεν υπάρχουν κακές συνδέσεις, που μπορούν να προσθέσουν σημαντική αντίσταση στην ένωση.

Η αντίσταση συνεχούς ρεύματος αυξάνει ανάλογα με το μήκος του ελεγχόμενου καλωδίου, ενώ η σύνθετη αντίσταση, που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, παραμένει σχεδόν σταθερή και δεν επηρεάζεται από το μήκος.

Από πλευράς σήματος, η *εξασθένιση* είναι περισσότερο χρήσιμη μέτρηση, ενώ η αντίσταση συνεχούς ρεύματος είναι λιγότερο χρήσιμη.

Διαφορές στην αντίσταση βρόχου μεταξύ ζευγαριών συχνά αποτελούν μια γρήγορη ένδειξη προβλήματος στην καλωδίωση.

Η αντίσταση βρόχου (DC Resistance) ανά ζευγάρι δεν πρέπει να ξεπερνά τα 9,4Ω/100 m, ενώ η ασυμμετρία αντίστασης (DC Resistance Unbalance) μεταξύ των δύο αγωγών ενός οποιουδήποτε ζευγαριού δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%.

### 4.2.7 Αμοιβαία χωρητικότητα

Η αμοιβαία χωρητικότητα οποιουδήποτε ζευγαριού στη συχνότητα 1 kHz και μετρημένη στους 20°C (ή αναγόμενη στους 20 °C) δεν πρέπει να ξεπερνά τα 6,6 nF ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 3, και δεν πρέπει να ξεπερνά τα 5,6 nF ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 5.

Η ασυμμετρία χωρητικότητας προς το έδαφος στο 1 kHz, για οποιοδήποτε ζευγάρι, δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 330 pF ανά 100 μέτρα.

## ■ 4.3 Προχωρημένοι έλεγχοι

### 4.3.1 Απώλειες λόγω επιστροφής (Return Loss)

Όταν η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου αποκλίνει από τη χαρακτηριστική τιμή της (π.χ. για τα καλώδια UTP, τα 100 Ω), τότε εμφανίζονται οι απώλειες λόγω επιστροφής (Return Loss). Σε απλούς όρους, μπορεί κάποιος να φέρει στο νου του την ηχώ που δημιουργείται από τις αλλαγές της σύνθετης αντίστασης.

Τα συνεστραμμένα ζευγάρια δεν έχουν απόλυτα όμοιες σύνθετες αντιστάσεις. Οι αλλαγές στη συστροφή των ζευγαριών, η απόσταση μεταξύ αγωγών, η μεταχείριση του καλωδίου, η δομή του, το μήκος του οριζόντιου τμήματος, διαφορές στα patch cord, διαφορές στις διαμέτρους χαλκού, σύνθεση της μόνωσης και άλλοι παράγοντες συνεισφέρουν σε μικρές αποκλίσεις της σύνθετης αντίστασης. Επιπλέον, όλοι οι σύνδεσμοι μπορεί να μην έχουν ίδια σύνθετη αντίσταση. Κάθε αλλαγή στη σύνθετη αντίσταση προκαλεί αμέσως απώλεια επιστροφής (return loss) και συνεπάγεται απώλεια σήματος (εξασθένιση).

Η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου επιτρέπεται να έχει μια ανοχή  $\pm 15\%$  από την τυπική χαρακτηριστική

τιμή της για όλο το φάσμα των συχνοτήτων, από 1 MHz μέχρι το ανώτερο όριο της κατηγορίας (π.χ. για την κατηγορία 5, τα 100 MHz).

**Απώλειες λόγω επιστροφής είναι η διαφορά μεταξύ της ισχύος ενός μεταδιδόμενου σήματος και της ισχύος από το σήμα των ανακλάσεων** που δημιουργούνται λόγω αποκλίσεων της τιμής της σύνθετης αντίστασης του καλωδίου από τη χαρακτηριστική της τιμή.

Όσο υψηλότερη είναι αυτή η διαφορά (δηλαδή δε χάνεται σήμα), τόσο περισσότερο ταιριάζει η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου με τη χαρακτηριστική αντίσταση.

Κατά τη διάρκεια του ελέγχου σε ένα καλώδιο, τα μακρινά του άκρα τερματίζονται σε έναν αντιστάτη, η τιμή του οποίου αντιστοιχεί στη χαρακτηριστική αντίσταση του καλωδίου.

Ο έλεγχος για τις απώλειες λόγω επιστροφής έχει ιδιαίτερη σημασία για καλωδιώσεις κατηγορίας 5E και πάνω.

### 4.3.2 Αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT)

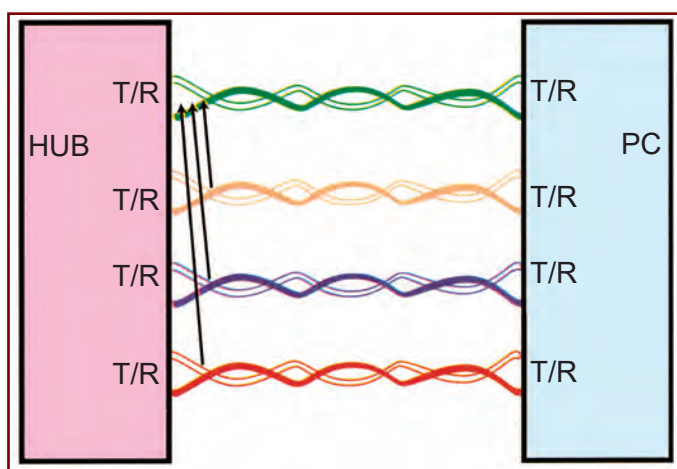
Η αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT- **PowerSum Near End CrossTalk**) είναι μια επέκταση του NEXT.

Το PSNEXT υπολογίζει αθροιστικά σε ένα ζευγάρι την αλληλεπίδραση από όλα τα άλλα ζευγάρια που μεταδίδουν σήματα. Αυτός ο έλεγχος είναι κρίσιμος για να υπολογίσει εάν το καλώδιο είναι ικανό να τρέξει πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν σχήματα μετάδοσης με 4 ζευγάρια, όπως το Gigabit Ethernet.

Υπάρχουν 6 συνδυασμοί για τις μετρήσεις NEXT (4 ζευγάρια σε ένα καλώδιο UTP), αλλά υπάρχουν μόνο 4 υπολογισμοί για την αθροιστική ισχύ PSNEXT (όσα τα 4 ζευγάρια, το μπλε, το πορτοκαλί, το πράσινο και το καφέ).

Το PSNEXT, στην πραγματικότητα, δεν είναι μέτρηση αλλά υπολογισμός. Προκύπτει ως το αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών NEXT επιδράσεων σε κάθε ζευγάρι από τα άλλα τρία ζευγάρια. Υπάρχουν 4 PSNEXT αποτελέσματα για την κάθε πλευρά του καλωδίου.

Τυπικά, τα PSNEXT αποτελέσματα είναι περίπου 3 dB χαμηλότερα από τη χειρότερη περίπτωση NEXT, για την κάθε πλευρά του καλωδίου.



Σχήμα 4.7: Αθροιστική αλληλεπίδραση.

Εφόσον το PSNEXT προκύπτει από τις μετρήσεις των NEXT, οποιοδήποτε πρόβλημα στον υπολογισμό παραπέμπει στην επίλυση των NEXT προβλημάτων.

### 4.3.3 Αθροιστική ισχύς λόγου εξασθένησης προς κοντινή αλληλεπίδραση (PSACR)

Η αθροιστική ισχύς του λόγου εξασθένησης προς αλληλεπίδραση (PSACR) είναι επέκταση του λόγου εξασθένησης προς αλληλεπίδραση (ACR). Στην πραγματικότητα, το PSACR δεν είναι μέτρηση αλλά υπολογισμός και προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών ACR αποτελεσμάτων.

Αντί των ACR τιμών που μετρούνται με τους 6 δυνατούς συνδυασμούς ζευγαριών, υπάρχουν 4 υπολογισμοί της PSACR, ένας για το καθένα από τα 4 ζευγάρια του καλωδίου UTP.

Το PSACR μετράει το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης από πολλαπλά ζευγάρια στο εξασθενημένο σήμα που λαμβάνεται στο μακρινό άκρο του πομπού ή αναμεταδότη, δηλαδή στην είσοδο του δέκτη. Τα σύγχρονα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν μεταδόσεις με περισσότερα από ένα ζευγάρια, για να επιτύχουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, επιτρέποντας έτσι τη μετάδοση σε περισσότερα από ένα σήματα προς την ίδια κατεύθυνση, συγχρόνως και οποιαδήποτε στιγμή.

Αυτός ο έλεγχος είναι κρίσιμος για ταυτόχρονα αμφίδρομες (Full Duplex) μεταδόσεις. Σε αυτή τη μορφή επικοινωνίας, τα δεδομένα μεταδίδονται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή ένας υπολογιστής μεταδίδει και λαμβάνει δεδομένα ταυτόχρονα. Συνήθως, ένα ζευγάρι από το καλώδιο χρησιμοποιείται για εκπομπή και ένα άλλο για τη λήψη.

Αφού το PSACR είναι στην ουσία μια μέτρηση του λόγου σήματος προς θόρυβο, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός (περισσότερο σήμα και λιγότερος θόρυβος), τόσο καλύτερα δουλεύει ένα σύστημα.

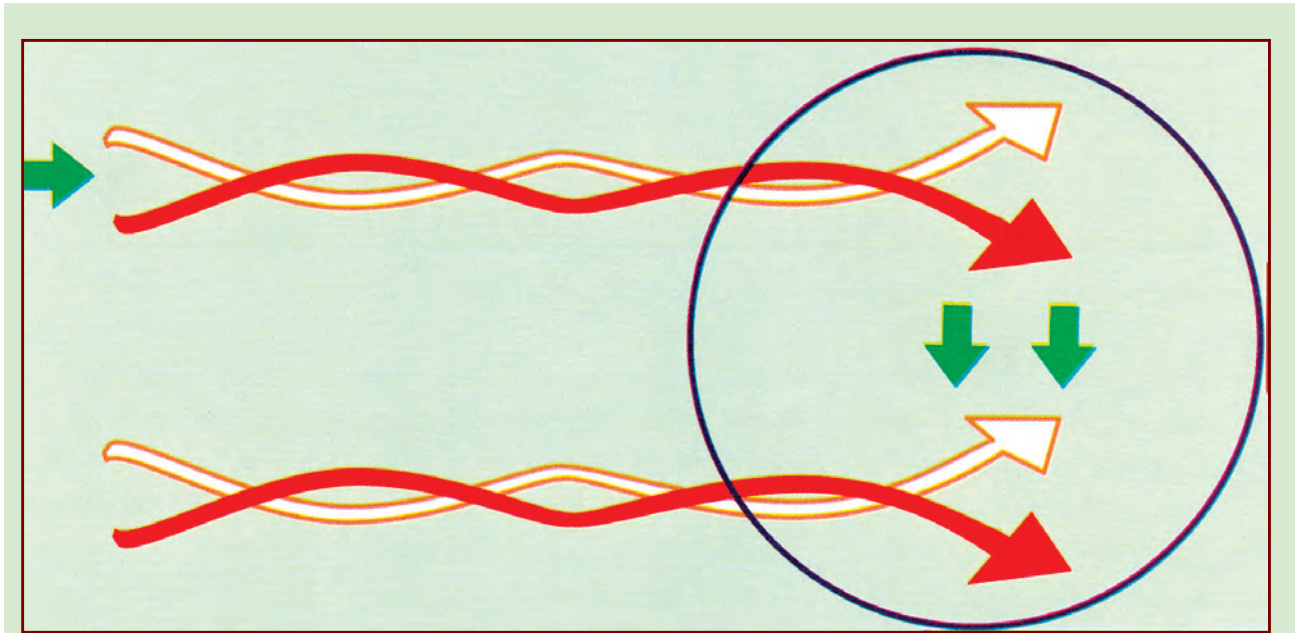
Τυπικά, τα αποτελέσματα PSACR είναι περίπου 3 dB χαμηλότερα από τη χειρότερη περίπτωση αποτελέσματος ACR, για την κάθε πλευρά του καλωδίου.

Εφόσον το PSACR προκύπτει από τις μετρήσεις των ACR, οποιοδήποτε πρόβλημα στον υπολογισμό παραπέμπει στην επίλυση των ACR προβλημάτων.

### 4.3.4 Μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT)

Η μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT- Far End CrossTalk) είναι όμοια με τη NEXT, εκτός του ότι το σήμα στέλνεται από το κοντινό άκρο και η αλληλεπίδραση μετριέται στο μακρινό άκρο.

Λόγω της εξασθένησης, τα σήματα που προκαλούν τη μακρινή αλληλεπίδραση μπορεί να είναι πολύ ασθενέστερα, ειδικά για τα καλώδια μεγαλύτερου μήκους. Αυτό το αποτέλεσμα σημαίνει ότι, για δεδο-



**Σχήμα 4.8: Μακρινή αλληλεπίδραση.**

μένη ποιότητα καλωδίωσης, τόσο περισσότερη αλληλεπίδραση θα υπάρχει στο μακρινό άκρο (FEXT), όσο πιο κοντά στην αρχή είναι αυτό το άκρο. Γι' αυτό το λόγο, τα αποτελέσματα FEXT δεν έχουν σημασία χωρίς μια ένδειξη της αντίστοιχης εξασθένησης στο καλώδιο. Έτσι, το FEXT μετράται αλλά σπάνια αναφέρεται. Τα αποτελέσματα ELFEXT χρησιμοποιούνται για να προκύψει το ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT).

#### 4.3.5 Ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT)

Το ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT-Equal Level Far End CrossTalk) είναι ένας νέος έλεγχος που διενεργείται για να διαβεβαιώσει ότι τα σύγχρονα καλωδιακά συστήματα είναι ικανά να μεταδώσουν με πρωτόκολλα υψηλών ταχυτήτων. Καθώς τα νέα πρωτόκολλα μεταδίδουν και λαμβάνουν την ίδια στιγμή (Full Duplex), τα σήματα μπορούν να ταξιδεύουν συγχρόνως προς δύο κατευθύνσεις, την ίδια στιγμή. Έτσι, σε μια καλωδίωση πρέπει να ελεγχθούν και το NEXT και το ELFEXT.

Για να μετρηθεί το ELFEXT, παράγεται ένα σήμα ελέγχου στο ένα ζευγάρι στο κοντινό άκρο και μετριέται η αλληλεπίδραση στο γειτονικό ζευγάρι αλλά στο μακρινό του άκρο (FEXT), από την άλλη πλευρά του καλωδίου. Επειδή το μεταδιδόμενο σήμα εξασθενεί κατά μήκος του καλωδίου, αυτή η εξασθένηση αφαιρείται από τη μέτρηση FEXT, για να δώσει το ίσο επίπεδο της μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT). Με αυτή την αφαίρεση της εξασθένησης εξουδετερώνεται η εξάρτηση του FEXT από το μήκος που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα. Αυτό προκύπτει και από το παράδειγμα που ακολουθεί.

Ας πάρουμε τις μετρήσεις FEXT και εξασθένησης σε δύο καλώδια φτιαγμένα από το ίδιο υλικό και με τα ίδια χαρακτηριστικά, αλλά με διαφορετικά μήκη, 50 m το ένα και 100 m το άλλο.

|               | FEXT  | Εξασθένηση | ELFEXT            |
|---------------|-------|------------|-------------------|
| Καλώδιο 50 m  | 45 dB | 11 dB      | $45 - 11 = 34$ dB |
| Καλώδιο 100 m | 54 dB | 20 dB      | $54 - 20 = 34$ dB |

*Η μέτρηση ELFEXT εξουδετερώνει την εξάρτηση του FEXT από τις αποστάσεις.*

Υπάρχουν 12 μετρήσεις ELFEXT για καθένα άκρο καλωδίου 4 συνεστραμμένων ζευγών και συνολικά 24 μετρήσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί η εξασθένηση μπορεί να διαφέρει ελαφρά, ανάλογα με ποιο ζευγάρι ενεργοποιείται. Επιπλέον, το όργανο μέτρησης θα ενεργοποιήσει το ζευγάρι 1 και θα αναγνώσει το ζευγάρι 2 στο τέλος του, έπειτα θα ενεργοποιήσει το ζευγάρι 2 και θα αναγνώσει το ζευγάρι 1 στο τέλος του κ.λπ..

Οι ίδιοι παράγοντες που δημιουργούν τα προβλήματα κατά τις μετρήσεις στον έλεγχο NEXT τα δημιουργούν και στο FEXT. Επομένως, τα προβλήματα στο ELFEXT ανάγονται σε προβλήματα του NEXT και της εξασθένησης, όπως ακριβώς στο ACR.

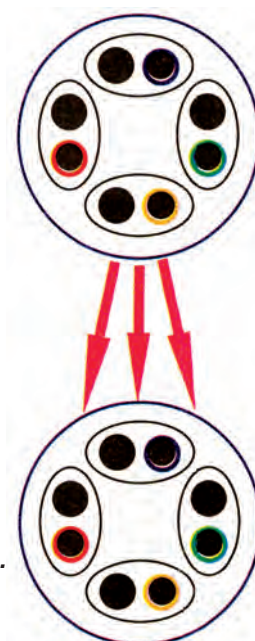
### 4.3.6 Αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT)

Η αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT) είναι στην πραγματικότητα ένας υπολογισμός και όχι μέτρηση και προκύπτει από ένα αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών ELFEXT που επιδρούν σε κάθε ζευγάρι από τα άλλα τρία ζευγάρια.

Υπάρχουν 4 αποτελέσματα PSELFEXT για το κάθε άκρο, τα οποία τυπικά είναι γύρω στα 3 dB χαμηλότερα από το αποτέλεσμα ELFEXT της χειρότερης περίπτωσης, για το κάθε άκρο του καλωδίου.

## ■ 4.4 Εξωτερική αλληλεπίδραση

Όταν τα καλώδια γειτονεύουν, εκπομπές από το ένα καλώδιο μπορεί να επιδράσουν στα ζευγάρια των άλλων καλωδίων. Αυτή η επίδραση ονομάζεται εξωτερική αλληλεπίδραση. Είναι δυνατό να εμφανίζεται στα UTP καλώδια, όταν πακετάρονται και οδεύουν πολύ κοντά για απόσταση μεγαλύτερη των 15 μέτρων. Η εξωτερική αλληλεπίδραση είναι μια απρόβλεπτη και μη ακυρώσιμη πηγή θορύβου. Η μέτρησή της είναι δύσκολη, γιατί απαιτεί δύο σειρές οργάνων μέτρησης και αυτό επιτυγχάνεται μόνο στο εργαστήριο. Δεν προτείνονται όρια για την εξωτερική αλληλεπίδραση.



Σχήμα 4.9: Εξωτερική αλληλεπίδραση.



## 5. Τυποποίηση και πρότυπα

Γενικά, τα πρότυπα είναι πιστοποιημένες συμφωνίες που περιέχουν τεχνικές προδιαγραφές ή άλλα ακριβή κριτήρια, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σταθερά σαν κανόνες, οδηγίες ή ορισμοί χαρακτηριστικών, για να διασφαλιστεί η καταλληλότητα των υλικών, των προϊόντων, των διαδικασιών και των υπηρεσιών ως προς τον προορισμό τους.

Για παράδειγμα, το σχήμα των πιστωτικών καρτών, των τηλεφωνικών καρτών και των «έξυπνων» καρτών προέρχεται από ένα διεθνές πρότυπο του ISO. Η εφαρμογή του προτύπου, που ορίζει χαρακτηριστικά όπως το τέλειο πάχος (0,76 mm), σημαίνει πως οι κάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλο τον κόσμο.

Με αυτό τον τρόπο, τα πρότυπα συμβάλλουν στη διευκόλυνση της ζωής και στην αύξηση της αξιοπιστίας, του ανταγωνισμού και της αποτελεσματικότητας των αγαθών και των υπηρεσιών που χρησιμοποιούμε.

Η ύπαρξη μη εναρμονισμένων προτύπων για όμοιες τεχνολογίες, σε διαφορετικές χώρες ή περιοχές, μπορεί να συμβάλει στα επανομαζόμενα “τεχνητά εμπόδια στο εμπόριο”. Βιομηχανίες με προσανατολισμό στις εξαγωγές κατανόησαν από καιρό την ανάγκη να συμφωνήσουν σε παγκόσμια πρότυπα, για να βοηθήσουν στην εκλογίκευση της παγκόσμιας εμπορικής διαδικασίας. (Αυτή υπήρξε και η αρχή της ίδρυσης του ISO).

Η διεθνής τυποποίηση είναι ισχυρά εδραιωμένη σε πολλές τεχνολογίες και σε ανόμοια μεταξύ τους πεδία, όπως: πληροφορική και επικοινωνίες, υφαντουργία, συσκευασία, διανομή αγαθών, παραγωγή ενέργειας και εκμετάλλευση, ναυπηγική, τραπεζικές και οικονομικές υπηρεσίες.

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό για Τυποποίηση (ISO), η διεθνής τυποποίηση θα γίνεται ολοένα και πιο σημαντική σε όλους τους τομείς της βιομηχανικής δραστηριότητας στο προβλεπόμενο μέλλον.

**Οι κυριότεροι λόγοι γι’ αυτό είναι:**

❖ **Η παγκόσμια πρόοδος στην ελεύθερη διακίνηση του εμπορίου.**

Οι σύγχρονες οικονομίες της ελεύθερης αγοράς υποστηρίζουν όλο και περισσότερο τις προμήθειες από διαφορετικές πηγές και παρέχουν ευκαιρίες για επέκταση των αγορών. Όσο για την τεχνολογία, ο υγιής ανταγωνισμός πρέπει να στηρίζεται σε πιστοποιημένες, πλήρως καθορισμένες, κοινές αναφορές, οι οποίες αναγνωρίζονται από μια χώρα σε άλλη και από μια περιοχή σε άλλη. Μια τυποποίηση όλης της βιομηχανίας, με διεθνή αναγνώριση, που επιτεύχθηκε μέσα από συμφωνίες μεταξύ των εμπορικών εταίρων, εξυπηρετεί ως η κοινή γλώσσα του εμπορίου.

❖ **Αλληλοδιείσδυση τομέων.**

Καμιά βιομηχανία στις μέρες μας δεν μπορεί να ισχυριστεί πως είναι εντελώς ανεξάρτητη ως προς τα συστατικά, τα προϊόντα, τους κανόνες εφαρμογής κ.λπ., που έχουν αναπτυχθεί σε άλλους τομείς. Τα μπουλόνια χρησιμοποιούνται στην αεροπορία και στα γεωργικά μηχανήματα, η συγκόλληση είναι σημαντική στη μηχανολογία και στην πυρηνική μηχανική και η ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων έχει εισχωρήσει σε όλες τις βιομηχανίες. Τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα και η ανακυκλώσιμη και βιοδιασπώμενη συσκευασία είναι ευρέως διαδεδομένες ανησυχίες.

❖ **Παγκόσμια συστήματα επικοινωνίας.**

Η βιομηχανία των υπολογιστών προσφέρει ένα καλό παράδειγμα τεχνολογίας που είναι απαραίτητο να τυποποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο γρήγορα και προοδευτικά. Η πλήρης συμβατότητα μεταξύ ανοιχτών συστημάτων ευνοεί τον υγιή ανταγωνισμό ανάμεσα στους παραγωγούς και προσφέρει πραγματικές επιλογές στους χρήστες, αφού ο ανταγωνισμός είναι ισχυρός καταλύτης για καινοτομία, βελτίωση της παραγωγικότητας και μείωση κόστους.

❖ **Παγκόσμια τυποποίηση για αναδυόμενες τεχνολογίες.**

Προγράμματα τυποποίησης σε εντελώς νέους τομείς αναπτύσσονται διαρκώς. Αυτοί οι τομείς αφορούν προηγμένα υλικά, το περιβάλλον, τις επιστήμες ζωής, την αστικοποίηση και κατασκευές. Στα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών μπορεί κανείς μόνο να φαντάζεται εφαρμογές, καθώς δεν υπάρχουν λειτουργικά πρωτότυπα. Στους τομείς αυτούς, η ανάγκη για τυποποίηση εντοπίζεται στον καθορισμό ορολογίας και στη συγκέντρωση βάσης δεδομένων για ποσοτική πληροφόρηση.

❖ **Αναπτυσσόμενες χώρες.**

Οι φορείς ανάπτυξης αναγνωρίζουν όλο και περισσότερο το γεγονός ότι μια υποδομή τυποποίησης είναι βασική προϋπόθεση για την επιτυχία οικονομικών πολιτικών που στοχεύουν στην επίτευξη παρατείνόμενης ανάπτυξης. Η δημιουργία μιας τέτοιας υποδομής σε αναπτυσσόμενες χώρες είναι ουσιαστική για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, την ανταγωνιστικότητα της αγοράς και τη δυνατότητα εξαγωγών.

Στόχος της τυποποίησης είναι να διευκολυνθεί το εμπόριο και η ανταλλαγή και μεταφορά της τεχνολογίας μέσω:

- αύξησης της ποιότητας των προϊόντων και της πιστότητας με λογικό κόστος
- βελτίωσης της υγείας, της ασφάλειας και της προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και της μείωσης των αποβλήτων
- μεγαλύτερης συμβατότητας και διακίνησης αγαθών και υπηρεσιών
- απλοποίησης για βελτίωση της χρηστικότητας
- μείωσης του αριθμού των μοντέλων, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους
- αύξησης της ικανότητας διανομής και ευκολότερης συντήρησης

**Οι χρήστες εμπιστεύονται περισσότερο τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που συμμορφώνονται με τα διεθνή πρότυπα.**

Η πιστοποίηση συμμόρφωσης προς τα πρότυπα παρέχεται από σχετική δήλωση των κατασκευαστών ή από ελέγχους ανεξάρτητων αναγνωρισμένων φορέων.

#### Τι είναι το ISO;

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) είναι μια παγκόσμια ομοσπονδία εθνικών οργανισμών τυποποίησης που απαρτίζεται από 130 περίπου χώρες, με έναν οργανισμό από κάθε χώρα. (Από την Ελλάδα συμμετέχει ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης - ΕΛ.Ο.Τ.). Το ISO είναι μη κυβερνητική οργάνωση και ιδρύθηκε το 1947. Η αποστολή του είναι να προάγει την ανάπτυξη της τυποποίησης και των σχετικών δραστηριοτήτων στον κόσμο, με στόχο την απλοποίηση της διεθνούς ανταλλαγής εμπορευμάτων και υπηρεσιών και την ανάπτυξη της συνεργασίας στα πλαίσια πνευματικών, επιστημονικών, τεχνολογικών και οικονομικών δραστηριοτήτων.

Η εργασία του ISO καταλήγει σε διεθνείς συμφωνίες, οι οποίες δημοσιεύονται ως Διεθνή Πρότυπα, συνήθως με συγκεκριμένη αρίθμηση.

Το πλήρες όνομα του οργανισμού στην αγγλική γλώσσα είναι International Organization for Standardization και το ακρωνύμιο που θα αντιστοιχούσε θα ήταν το IOS. Όμως η συντομογραφία του **ISO**, στην πραγματικότητα, είναι λέξη. Προέρχεται από την ελληνική λέξη **ίσος**. Αυτή είναι η ρίζα του προθέματος «**ισο-**» που συναντάμε σε πολλές ευρωπαϊκές γλώσσες και σε πολλούς όρους, π.χ. στα αγγλικά «**isometric** = ισομετρικός» (ίσου μέτρου ή ίσων διαστάσεων), «**isonomy** = ισονομία» (ισότητα όλων των ανθρώπων ενώπιον του νόμου ή ισότητα κοινωνικών ή πολιτικών δικαιωμάτων).

Επιπλέον, η ονομασία ISO χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για να δηλώσει τον οργανισμό αυτό και έτσι αποφεύγονται τα άπειρα αρκτικόλεξα που θα προέκυπταν από τη μετάφραση του «Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης» στις εθνικές γλώσσες των διαφόρων μελών: για παράδειγμα, IOS στα Αγγλικά, OIN στα Γαλλικά (από το Organisation Internationale de Normalisation). Για όλες τις χώρες, η συντομογραφία του οργανισμού είναι ISO.

## ■ 5.1 Πρότυπα δομημένης καλωδίωσης

Υπάρχουν αρκετοί οργανισμοί με πρότυπα - κλειδιά, που θέτουν τις προϋποθέσεις για καλωδίωση γενικής χρήσης, επιπροσθέτως με ένα αριθμό άλλων ομάδων, που ορίζουν πρότυπα δικτύων υπολογιστών, τα οποία επιδρούν στην καλωδίωση.

Για την επίτευξη της λειτουργίας των δικτύων υπολογιστών και άλλων σύγχρονων εφαρμογών, ο ρόλος των προτύπων και των κριτηρίων που ορίζουν είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Τα πρότυπα καλωδίωσης έχουν παίξει κύριο ρόλο εξειδικεύοντας την υποδομή πάνω στην οποία τα δεδομένα πρωτοκόλλων πρέπει να λειτουργούν.

Οι κύριοι οργανισμοί τυποποιήσεων που σχετίζονται με τη δομημένη καλωδίωση και τα δίκτυα υπολογιστών, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 5.1: Οργανισμοί τυποποιήσεων για τη δομημένη καλωδίωση και τα δίκτυα υπολογιστών.**

| Οργανισμοί τυποποιήσεων                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Σφαίρα επιρροής            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|  <p>Η EIA, Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών, αποτελείται από 7 ενώσεις που ειδικεύονται σε τομείς της ηλεκτρονικής βιομηχανίας των ΗΠΑ και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την TIA.</p>                                                                                                                                                                                                                | <p>ΗΠΑ<br/>και Καναδάς</p> |
|  <p>Η TIA είναι ένωση εταιρειών κυρίως των ΗΠΑ και του Καναδά, που παρέχει προϊόντα τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών, υλικά, συστήματα, υπηρεσίες διανομής και επαγγελματικές υπηρεσίες. Η TIA είναι ο κυριότερος οργανισμός τυποποίησης που επηρεάζει την καλωδίωση κτιρίων στη Βόρεια Αμερική. Τα πρότυπα αυτού του οργανισμού στη δομημένη καλωδίωση έχουν παγκόσμια επίδραση.</p> | <p>ΗΠΑ<br/>και Καναδάς</p> |
|  <p>Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή είναι ο διεθνής φορέας αποτίμησης προτύπων και συμφωνιών, για όλα τα πεδία της ηλεκτροτεχνολογίας.</p>                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Παγκόσμια</p>           |

| Οργανισμοί τυποποιήσεων                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Σφαίρα επιρροής |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  <p>Ο ISO είναι παγκόσμια συνομοσπονδία των εθνικών οργανισμών τυποποίησης, από περίπου 130 χώρες. (Μέλος του είναι και η Ελλάδα, που εκπροσωπείται με τον ΕΛΟΤ). Ο ISO συνεργάζεται στενά με την IEC, σε όλα τα θέματα ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης.</p> | Παγκόσμια       |
|  <p>Η CENELEC αναπτύσσει ηλεκτροτεχνικά πρότυπα για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Πολλά πρότυπα καλωδίωσης της CENELEC ακολουθούν τα πρότυπα καλωδίωσης του ISO, με μικρές διαφορές.</p>                                                                          | Ευρώπη          |
|  <p>Η Διεθνής Ένωση Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE 802.3) αναπτύσσει πρότυπα για CSMA/CD (Ethernet), για τοπικά δίκτυα υπολογιστών.</p>                                                                                                   | Παγκόσμια       |

Τρία κύρια πρότυπα καλωδίωσης χρησιμοποιούνται σήμερα: ένα αμερικανικό, ένα ευρωπαϊκό και ένα διεθνές.

Το αμερικανικό πρότυπο EIA/TIA 568 δημοσιεύθηκε το 1991. Το πρότυπο αυτό ξεπεράστηκε γρήγορα, αφού ακολούθησαν αμέσως τα πρότυπα TSB 36, TSB 40 και TSB 53, για να καταλήξουν στο TIA 568A -1995, το οποίο συμπληρώθηκε και αντικαταστάθηκε από το TIA 568B -2001. Το πρότυπο TIA 568A - 1995 έχει τίτλο «Πρότυπο ενσύρματων τηλεπικοινωνιών σε εμπορικά κτίρια» και περιέχει γενικές απαιτήσεις για δίκτυα δομημένης καλωδίωσης σε εμπορικά κτίρια. Θέτει τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια για σχεδίαση, αλληλεπίδραση και σύνδεση των ιδιαίτερων στοιχείων ενός καλωδιακού συστήματος.

Τον Αύγουστο του 1995, δημοσιεύθηκε το πρότυπο ISO/IEC 11801- 1995 (το πιο σημαντικό στη δομημένη καλωδίωση από πλευράς ISO), το οποίο χρησιμοποίησε ως βάση το αμερικανικό TIA 568. Το πρότυπο ISO/IEC 11801 έχει τίτλο «Γενική καλωδίωση για εμπορικά κτίρια», αλλά θεωρείται ξεπερασμένο, γιατί χρησιμοποιεί παλαιά ορολογία στον ορισμό των συνδέσμων, δε δίνει απαιτούμενες τιμές για την εξασθένιση λόγω επιστροφής (return loss), δεν ορίζει νέες μετρήσεις, όπως είναι η ELFEXT, η PSNEXT και η ασύμμετρη καθυστέρηση, και δεν ορίζει το χώρο εργασίας ή τη λειτουργία του patch cord.

Ήδη, η έκδοση του συμπληρωματικού προτύπου ISO/IEC 11801 AM2- 1999 προσθέτει απαιτήσεις για νέες μετρήσεις, ορίζει το *μόνιμο σύνδεσμο* και το *κανάλι*, αφαιρεί πολλά θέματα που παρέπεμπαν σε μελλοντική μελέτη (ffs- for future study) και παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες. Μια άλλη σημαντική αλλαγή είναι ότι οι απαιτήσεις της κλάσης D έχουν αυξηθεί και είναι πολύ κοντά στις απαιτήσεις της κατηγορίας 5E της TIA (αλλά διαφέρουν).

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN50173 ακολουθεί στενά το διεθνές ISO/IEC 11801.

Το αμερικανικό πρότυπο EIA/TIA-568A και το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 11801 έχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους, ιδίως στους ορισμούς των συνδέσμων και στους τρόπους μέτρησης με τα σχετικά όρια των ελέγχων. Οι διαφορές αυτές επιφέρουν συχνά σύγχυση στους σχεδιαστές δομημένης καλωδίωσης.

Το πρότυπο ISO προσφέρει δύο προσεγγίσεις για εφαρμογή:

- Η μία βασίζεται στα πρότυπα των συνιστωσών του συνδέσμου και είναι σχεδιασμένη πάνω στο αμερικανικό πρότυπο 568A, με λεπτομερείς επιλογές καλωδίων και οριζόμενα μέγιστα μήκη.
- Η άλλη βασίζεται στην απόδοση του συνδέσμου και δεν ορίζει καλώδια και από άκρο σε άκρο αποστάσεις.

Λόγω της δεύτερης προσέγγισης και των διαφορετικών ορισμών στους συνδέσμους, έχουμε διαφορετικά όρια τιμών στους ελέγχους. Για παράδειγμα, η κλάση D, επειδή λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες των συνδετήρων (connectors), θέτει για την εξασθένηση ελαφρώς υψηλότερο όριο και για το NEXT ελαφρώς χαμηλότερο από ό,τι η κατηγορία 5.

Ανάλογα με το εύρος ζώνης συχνότητας του διερχομένου σήματος, το αμερικανικό πρότυπο ταξινομεί τα διάφορα επίπεδα των δικτύων σε κατηγορίες, ενώ το διεθνές πρότυπο σε κλάσεις.

**Πίνακας 5.2: Ταξινόμηση των δικτύων κατά TIA και ISO.**

| Μετάδοση σήματος με συχνότητα | Πρότυπο EIA/TIA-568A | Πρότυπο ISO/IEC 11801                 |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 0.1 MHz                       | Cat 1 (κατηγορία 1)  | Class A (κλάση A)                     |
| 1 MHz                         | Cat 2 (κατηγορία 2)  | Class B (κλάση B)                     |
| 16 MHz                        | Cat 3 (κατηγορία 3)  | Class C (κλάση C)                     |
| 20 MHz                        | Cat 4 (κατηγορία 4)  | Class D (κλάση D)                     |
| 100 MHz                       | Cat 5 (κατηγορία 5)  |                                       |
|                               |                      | Optical class<br>(κλάση οπτικών ινών) |

## ■ 5.2 Η εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης

Τα τρία κύρια πρότυπα δομημένης καλωδίωσης που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα έχουν εκδοθεί από το 1994 και έχουν καθιερώσει τη δομημένη καλωδίωση ως πρότυπο υποδομής. Όμως, αυτά τα πρότυπα γράφτηκαν έχοντας υπόψη την ταχύτητα δεδομένων 100 Mbps ως μελλοντική τεχνολογία. Σήμερα η ταχύτητα αυτή έχει ήδη επιτευχθεί και οδεύουμε προς το 1 Gbps. Τα πρότυπα συνεχώς αναβαθμίζονται και συνεπώς ένα καλωδιακό σύστημα πρέπει να πληροί επιπλέον κριτήρια σε σχέση με παλιότερα.

### Αρκετοί παράγοντες οδηγούν στην εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης, όπως:

- Νέα πρότυπα δικτύων υψηλών ταχυτήτων, όπως το Gigabit Ethernet.
- Απαιτήσεις για πρόσθετες μετρήσεις, όπως ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης (propagation delay skew), εξασθένηση λόγω επιστροφής (return loss), αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT) και ίσου επιπέδου μακρινή αλληλεπίδραση (ELFEXT).
- Βελτιώσεις στο σχεδιασμό καλωδίων και εξαρτημάτων.
- Αναγνώριση στις διαφορές λειτουργίας κατά τη σχεδίαση καλωδίων, μεταξύ αθωράκιστων και θωρακισμένων ή με πλέγμα καλωδίων.
- Τοπικό ενδιαφέρον για τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα δεδομένα καθώς και στο περιβάλλον.
- Επιθυμία για εναρμόνιση στους ορισμούς των συνδέσμων και απαιτήσεις για λειτουργικές καλωδιώσεις στη Βόρεια Αμερική, στην Ευρώπη και σε άλλες αγορές.

Για να αναπτυχθεί και για να δημοσιευθεί ένα πρότυπο, ακολουθούνται κάποιες διαδικασίες. Π.χ. τα διεθνή πρότυπα του ISO αναπτύσσονται σύμφωνα με κάποιες αρχές, όπως:

❖ **Η συναίνεση.** Λαμβάνονται υπόψη όλοι οι ενδιαφερόμενοι φορείς, όπως κατασκευαστές, πωλητές και χρήστες, καταναλωτικές ομάδες, εργαστήρια ελέγχου, κυβερνήσεις, επαγγελματικά σωματεία μηχανικών, οργανισμοί έρευνας.

❖ **Βιομηχανία-εύρος.** Σφαιρικές λύσεις που να ικανοποιούν βιομηχανίες και πελάτες παγκοσμίως.

❖ **Εθελοντισμός.** Η διεθνής τυποποίηση καθοδηγείται από την αγορά και γι' αυτό στηρίζεται στην εθελοντική ανάμιξη όλων των ενδιαφερομένων στο χώρο της αγοράς. Η έκδοση ενός προτύπου είναι το αποτέλεσμα συμφωνίας (ψηφοφορίας) μεταξύ των μελών του οργανισμού. Κάθε πρότυπο, πριν δημοσιευθεί, αναπτύσσεται από τεχνικές επιτροπές και υποεπιτροπές, σε μια διαδικασία ό σταδίων:

❖ **στάδιο πρότασης,** όπου επιβεβαιώνεται η ανάγκη έκδοσης του προτύπου,

❖ **στάδιο προετοιμασίας,** όπου επιτροπή ειδικών προετοιμάζει ένα σχέδιο εργασίας (working draft),

❖ **στάδιο επιτροπής,** όπου κατατίθεται το σχέδιο στη σχετική τεχνική επιτροπή για συζήτηση και, εάν εγκριθεί, προωθείται ως σχέδιο διεθνούς προτύπου (Draft International Standard - DIS),

❖ **στάδιο εξέτασης,** το DIS κυκλοφορεί από τη κεντρική γραμματεία σε όλα τα μέλη του ISO για ψήφιση και σχόλια, εντός μιας περιόδου 5 μηνών. Κατόπιν, υποβάλλεται στη σχετική επιτροπή ως τελικό σχέδιο (Final Draft International Standard- **FDIS**) και μετά από μια διαδικασία ψηφοφορίας των μελών της, αν εγκριθεί, προωθείται,

❖ **στάδιο έγκρισης,** το τελικό σχέδιο (FDIS) κυκλοφορεί πάλι σε όλα τα μέλη του ISO για μια ναι/όχι ψήφο, εντός μιας περιόδου 2 μηνών. Μετά από μια παρόμοια διαδικασία ψηφοφορίας, αν εγκριθεί, προωθείται για το επόμενο στάδιο,

❖ **στάδιο έκδοσης,** όπου η κεντρική γραμματεία λαμβάνει το τελικό σχέδιο και προχωρά στην έκδοση του τελικού κειμένου, που αποτελεί πλέον διεθνές πρότυπο.

Όλα τα διεθνή πρότυπα του ISO αναθεωρούνται τουλάχιστον μία φορά κάθε πέντε χρόνια από την υπεύθυνη τεχνική επιτροπή/ υποεπιτροπή. Η πλειοψηφία των μελών της τεχνικής επιτροπής/ υποεπιτροπής αποφασίζει αν το πρότυπο πρέπει να επιβεβαιωθεί, να αναθεωρηθεί ή να αποσυρθεί.

Συχνά ένα πρότυπο, μετά από λίγο καιρό, ακολουθείται από τις τροποποιήσεις (amendments) ή τις προσθήκες του (addendum).

Όλα τα πρότυπα, όταν προδημοσιεύονται και πριν από την τελική έγκριση, φέρουν τον όρο draft (σχέδιο). Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν επισήμως εκδοθεί και πιθανόν να υποστούν κάποιες μικρές τροποποιήσεις.

## 5.2.1 Ορισμός συνδέσμου και καναλιού

Οι ορισμοί για το **σύνδεσμο (link)** και το **κανάλι ή δίαυλο (channel)** είναι σημαντικοί, γιατί αυτοί ορίζουν τι περιλαμβάνεται και τι πρέπει να ελεγχθεί και επιδρούν στην αναμενόμενη λειτουργικότητα. Περιλαμβάνουν, δηλαδή, το επιτρεπτό συνολικό μήκος της οριζόντιας καλωδίωσης και τα εξαρτήματά της που επηρεάζουν τους ελέγχους ποιότητας της κάθε κατηγορίας ή κλάσης.

Ένας σύνδεσμος (link) έχει διαφορετική λειτουργία από ένα κανάλι (channel).

Στην περίπτωση του συνδέσμου έχουμε δύο διαφορετικούς ορισμούς:

- το βασικό σύνδεσμο (basic link), από την TIA και
- το μόνιμο σύνδεσμο (permanent link), από την TIA και τον ISO, που λαμβάνεται περισσότερο υπόψη στις τιμές ελέγχου των νέων προτύπων.

Στο κανάλι έχουμε έναν κοινό ορισμό από τους δύο παραπάνω οργανισμούς τυποποίησης.

Ο βασικός ή ο μόνιμος σύνδεσμος ελέγχεται αντί του καναλιού στο 95% των εγκαταστάσεων δομημένης καλωδίωσης. Όμως, ο έλεγχος καναλιού μας δίνει το μέτρο της πραγματικής μετάδοσης δεδομένων. Η γνώση της διαφοράς μεταξύ ενός συνδέσμου και

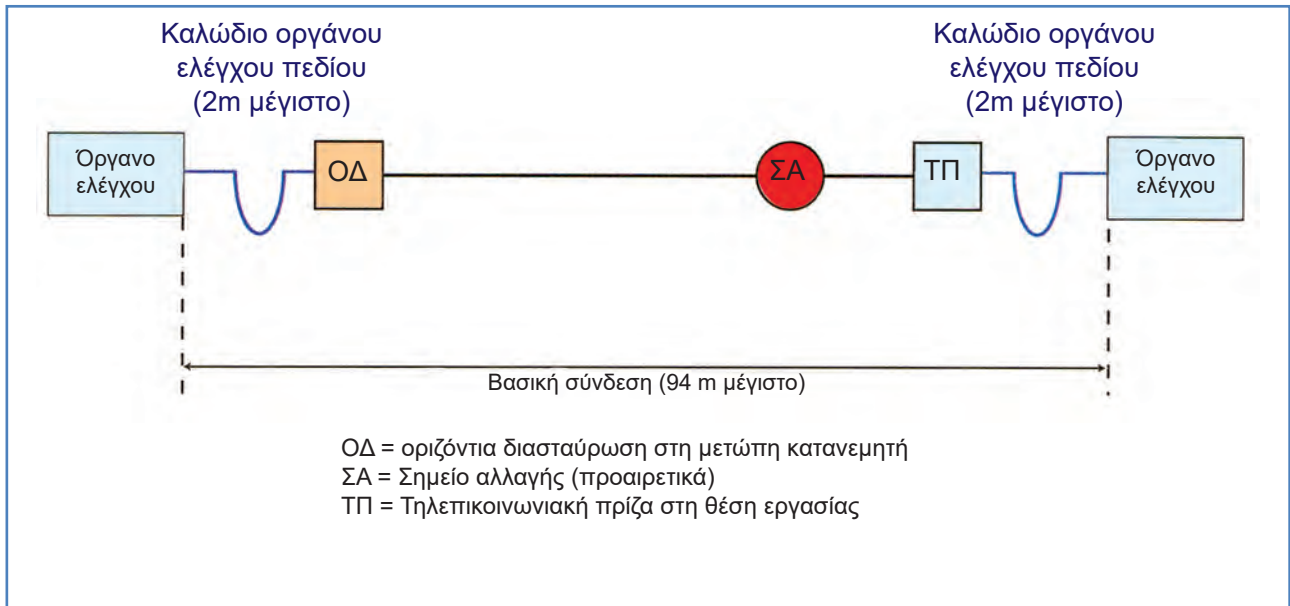
ενός καναλιού είναι το κλειδί για τον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων, όταν παρουσιαστούν.

### Ο βασικός σύνδεσμος (TIA)

Ο βασικός σύνδεσμος (**basic link**) έχει ορισθεί στο πρότυπο TIA TSB-67 και περιλαμβάνει:

- ❖ μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζόντιου καλωδίου,
- ❖ τη ζευγαρωμένη (φισ-πρίζα) σύνδεση στην οριζόντια διασταύρωση (ΟΔ) στον κατανεμητή ορόφου, δηλαδή στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή,
- ❖ ένα σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων (προαιρετικά), κοντά στη θέση εργασίας,
- ❖ την τηλεπικοινωνιακή πρίζα (ΤΠ), στο μακρινό άκρο του συνδέσμου στη θέση εργασίας και
- ❖ τα δύο κορδόνια που είναι αναγκαία για τη σύνδεση του οργάνου ελέγχου πεδίου (field tester) στους ακραίους συνδετήρες (connectors).

Ο βασικός σύνδεσμος χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει την απόδοση της μόνιμα εγκατεστημένης καλωδίωσης. Περιλαμβάνει τα κορδόνια ελέγχου αλλά όχι τη ζευγαρωμένη ένωση του κορδονιού με το όργανο ελέγχου.



**Σχήμα 5.1: Βασικός σύνδεσμος (TIA).**

Ο βασικός σύνδεσμος μήκους 94 μέτρων περιλαμβάνει 90 μέτρα για την οριζόντια καλωδίωση και 2 μέτρα για τα καλώδια ελέγχου και από τις δυο άκρες.

### Ο μόνιμος σύνδεσμος TIA και ISO

Ο μόνιμος σύνδεσμος (**permanent link**) έχει ορισθεί στα πρότυπα TIA 568B και ISO 11801 AM2 και περιλαμβάνει:

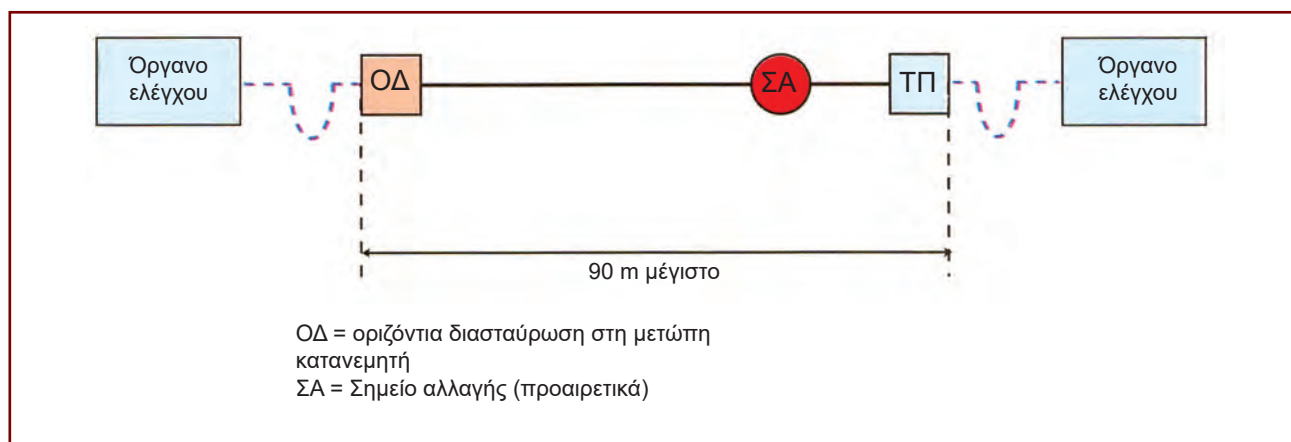
- μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζόντιου καλωδίου,
- τη ζευγαρωμένη (φινς-πρίζα) σύνδεση στην οριζόντια διασταύρωση (ΟΔ) στον καταμεμητή ορόφου, δηλαδή στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του καταμεμητή,
- ένα προαιρετικό σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων και
- την τηλεπικοινωνιακή πρίζα (ΤΟ) στο μακρινό άκρο του συνδέσμου στη θέση εργασίας.

επιβεβαιώσει την απόδοση της μόνιμα εγκατεστημένης καλωδίωσης. Διαφέρει από το βασικό σύνδεσμο στο ότι δεν περιλαμβάνει τα καλώδια του οργάνου ελέγχου πεδίου.

(Ο ορισμός του μόνιμου συνδέσμου δεν περιλαμβάνει τα καλώδια του οργάνου ελέγχου αλλά περιλαμβάνει τις ζευγαρωμένες ενώσεις των καλωδίων, δηλαδή τις ενώσεις στην πρίζα της μετώπης του καταμεμητή και στην πρίζα στη θέση εργασίας.)

Κατά την πορεία ελέγχου, τα κορδόνια είναι αναγκαία, όμως αυτός ο ορισμός του συνδέσμου απαιτεί το όργανο ελέγχου να διαθέτει τέτοια καλώδια που να μην επηρεάζουν τις μετρήσεις. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί και απαιτεί σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης πεδίου, με κατάλληλο λογισμικό.

Ο μόνιμος σύνδεσμος χρησιμοποιείται για να



**Σχήμα 5.2: Μόνιμος σύνδεσμος (ISO).**

Το μέγιστο μήκος του μόνιμου συνδέσμου (permanent link) από κατανεμητή (μετώπη) του ορόφου μέχρι και την πρίζα της θέσης εργασίας είναι 90 μέτρα.

### **Κανάλι ή δίαυλος (TIA, ISO)**

Το κανάλι ή δίαυλος (**channel**), όπως περιγράφεται στα πρότυπα TIA 568A και ISO 11801 AM2, περιλαμβάνει:

- ❖ μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζόντιου καλωδίου,
- ❖ ένα αγωγό σύνδεσης (patch cord) για τη συσκευή (π.χ. υπολογιστή) της θέσης εργασίας,
- ❖ μία πρίζα (ΤΠ) στη θέση εργασίας,
- ❖ ένα προαιρετικό σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων,
- ❖ μέχρι 2 οριζόντιες διασταυρώσεις (ΟΔ) στον κατανεμητή ορόφου (π.χ. μέχρι 2 πρίζες RJ45 στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή ορόφου),
- ❖ ένα καλώδιο γεφύρωσης μεταξύ των 2 διασταυρώσεων του κατανεμητή και
- ❖ ένα καλώδιο σύνδεσης (patch cord) του hub του κατανεμητή ορόφου με τη μία οριζόντια διασταύρωση (πρίζα) της μετώπης (patch panel) του κατανεμητή ορόφου.

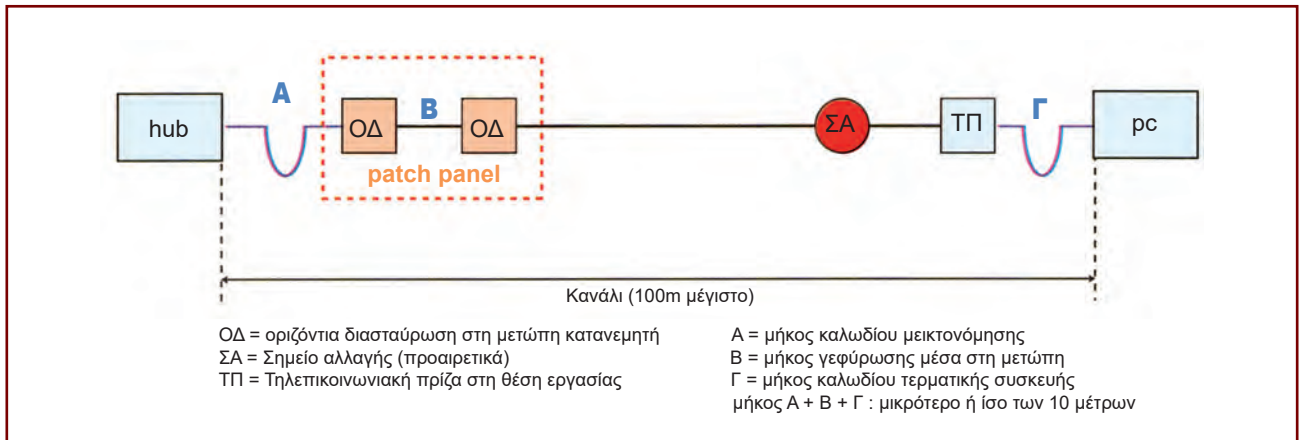
Το κανάλι μπορεί να έχει ένα μέγιστο δύο ενώσεων σε κάθε άκρο και συνολικό μήκος 100 μέτρων.

**Με απλά λόγια, το κανάλι περιλαμβάνει οτιδήποτε είναι αναγκαίο για να φέρει δεδομένα από έναν προσωπικό υπολογιστή ενός γραφείου σε ένα hub στον κατανεμητή.**

Το κανάλι δεν περιλαμβάνει τη ζευγαρωμένη σύνδεση στο hub ή στον υπολογιστή, στα άκρα του συνδέσμου.

Αυτό σημαίνει ότι το φισ του αγωγού σύνδεσης του χρήστη, που μπαίνει στην τερματική συσκευή, θεωρείται μέρος της τερματικής συσκευής δεδομένων και όχι του συνδέσμου. Ομοίως, και το φισ του κορδονιού που μπαίνει στο hub θεωρείται μέρος του hub και όχι του συνδέσμου. (Αυτό συμβαίνει γιατί οι συνδετήρες (connectors) θεωρούνται ως ταιριασμένα ζευγάρια πριζών και φισ).

Στην πράξη, το κανάλι σπανίως χρησιμοποιείται στην πιστοποίηση συνδέσμου, γιατί τα καλώδια (patch cord) του χρήστη ποτέ δεν είναι διαθέσιμα, όταν η μόνιμη καλωδίωση εγκαθίσταται.



Σχήμα 5.3: Κανάλι (TIA, ISO).

### 5.2.2 Νέες κατηγορίες και κλάσεις

Η συνεχής αύξηση των απαιτήσεων στην επικοινωνία δεδομένων και η ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των μέσων μετάδοσης και των εξαρτημάτων τους απαιτούν τη θέσπιση ολοένα και περισσότερο εξελιγμένων προτύπων από τους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης.

Έτσι, μέσα από τις συχνές αναθεωρήσεις και τροποποιήσεις στα πρότυπα και στα δημοσιευμένα σχέδια (draft) των οργανισμών τυποποίησης, παρατηρούμε επέκταση των κατηγοριών της TIA (πέρα από την κατηγορία 5) και των κλάσεων του ISO (πέρα από την κλάση D).

Η TIA, με το πρότυπο 568B.1-2001 (το οποίο αναβάθμισε και αντικατέστησε αρκετά πρότυπα μεταξύ των οποίων και τα TSB67, TSB72, TSB75, TSB95, TIA568A addendum's (προσθήκες) 1,2,3,4,5), θέσπισε την **κατηγορία 5E** (Enhanced= εμπλουτισμένη), που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός δικτύου Gigabit Ethernet 1000 BASE-T.

**Η κατηγορία καλωδίωσης 5E αποτελεί ήδη την ελάχιστη απαίτηση για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών.**

Τα καλώδια της **κατηγορίας 5E** έχουν τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά (αριθμό ζευγών, διάμετρο αγωγών, βάρος, μονώσεις, θερμοκρασία λειτουργίας, μέγιστες τάσεις εγκατάστασης, ελάχιστα λυγίσματα) με τα καλώδια της κατηγορίας 5.

Δίνεται όμως μεγαλύτερη φροντίδα στη σχεδίαση και κατασκευή των καλωδίων, ώστε να ταιριάζουν περισσότερο με τα διάφορα εξαρτήματα (συνδετήρες, patch cords κ.λπ.), με σκοπό τη βελτίωση της σύνθετης αντίστασης και ισορροπίας της καλωδίωσης. Για την κατηγορία αυτή, οι κατασκευαστές καλωδίων δίνουν συχνά εγγύηση μέχρι και 10 χρόνια.

Το πρότυπο **ISO/IEC 11801- 2η έκδοση**, το οποίο θα αντικαταστήσει το παλιό και αναμένεται να εκδοθεί μέσα στο 2002, περιλαμβάνει την κλάση E και την κλάση F, οι οποίες ανταποκρίνονται σε ακόμη μεγαλύτερες

απαιτήσεις στην τηλεπικοινωνία δεδομένων.

Παράλληλα, και η **TIA** ετοιμάζει το πρότυπο **568B.2**, που θεσπίζει τις **κατηγορίες 6 και 7**, που αντιστοιχούν στις **κλάσεις E και F** του ISO.

Το εύρος της ζώνης συχνοτήτων για την κλάση E / κατηγορία 6 φθάνει στα 200 MHz, ενώ για την κλάση F / κατηγορία 7 φθάνει στα 600 MHz.

Στο παράρτημα του βιβλίου παρατίθενται οι απαιτούμενοι έλεγχοι και τα αντίστοιχα όρια που θέτουν οι κατηγορίες 5E και 6 και οι κλάσεις D (τροποποίηση της παλιάς), E και F.

*Οι κατηγορίες της TIA αναφέρονται στις μέγιστες ή ελάχιστες τιμές των ελέγχων ποιότητας πάνω στους μόνιμους συνδέσμους, στα κανάλια, στα καλώδια και τους συνδετήρες (connectors).*

*Οι κλάσεις του ISO αναφέρονται στις μέγιστες ή ελάχιστες τιμές των ελέγχων ποιότητας πάνω στους μόνιμους συνδέσμους και στα κανάλια.*



## 6. Οδηγίες εγκατάστασης δικτύου δομημένης καλωδίωσης

**Σ**ε κάθε εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης, για να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές μιας κατηγορίας ή κλάσης που θέλουμε, πρέπει όλα τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται (καλώδια, συνδετήρες, οριολωρίδες, κατανεμητές κ.λπ.) να είναι της ίδιας ή ανώτερης κατηγορίας. Εάν στην εγκατάσταση τοποθετηθούν εξαρτήματα διαφορετικών κατηγοριών, τότε ο χαρακτηρισμός του δικτύου επηρεάζεται από το εξάρτημα που ανήκει στην χαμηλότερη κατηγορία.

Για να διαπιστωθεί ότι ένα δίκτυο ανήκει σε μια κατηγορία, κατά τον έλεγχο και τις δοκιμές συνυπολογίζονται πολλοί τεχνικοί παράγοντες (τερματισμός καλωδίων, καταπονήσεις, συστροφές, κακώσεις καλωδίων κ.λπ.).

Το γεγονός ότι τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ένα δίκτυο ανήκουν σε μια ορισμένη κατηγορία δε συνεπάγεται ότι και το δίκτυο αυτόματα θα ανήκει και στην ίδια κατηγορία. Και μικρές ακόμα κακοτεχνίες μειώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατηγορίας των υλικών.

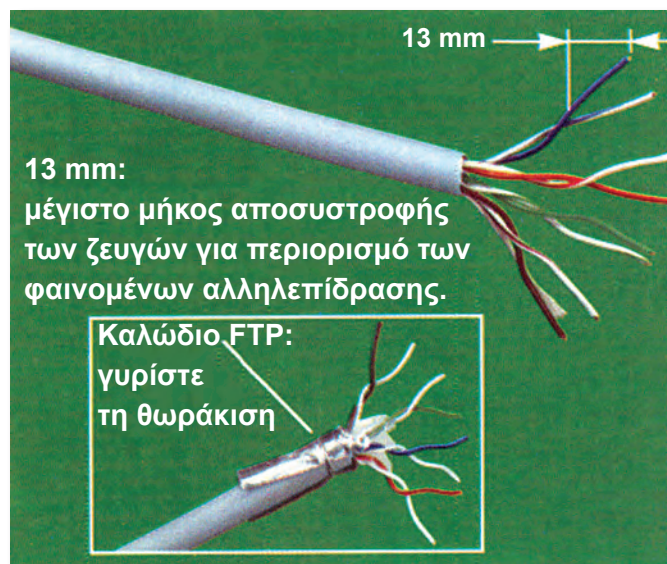
Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός και να μην υποτιμά την σημασία κάποιων λεπτομερειών, κατά τη εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης.

**Με τις ολοένα και περισσότερο αυξανόμενες απαιτήσεις στη μετάδοση πληροφοριών συνιστάται η χρήση υλικών κατηγορίας 5 και πάνω.**

Ιδιαίτερα κατά την εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

**Να μη χρησιμοποιείται το ίδιο καλώδιο για εφαρμογές φωνής (τηλέφωνα) και δεδομένων (υπολογιστές).**

- 1. Τερματισμός καλωδίων.** Το μήκος του ζεύγους που πρέπει να αποσυστραφεί για να γίνει τερματισμός, π.χ. για την κατηγορία 5, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1,3 cm. Η απογύμνωση του εξωτερικού μανδύα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,5 cm.



**Σχήμα 6.1: Τερματισμός καλωδίων.**

- 2. Τοποθέτηση καλωδίων.** Τα καλώδια της δομημένης καλωδίωσης πρέπει να ξετυλίγονται από καρούλι καλωδίου το οποίο να στέκεται όρθιο και όχι πλαγιαστό.



**Σχήμα 6.2: Σωστό και λανθασμένο ξετύλιγμα καλωδίων.**

Αν περισσεύει υπερβολικό κομμάτι καλωδίου, είναι προτιμότερο να το κόψετε, παρά να το τυλίξετε. Στο τυλιγμένο καλώδιο η εσωτερική διάμετρος τυλίγματος, να είναι μεγαλύτερη από 1 μέτρο.

Αν το μονωτικό υλικό του καλωδίου έχει καταστραφεί, μην το επιδιορθώνετε με μονωτική ταινία. Αντικαταστήστε το καλώδιο.

Αν κατά λάθος κάπου έχει σφηνώσει το καλώδιο, μην το τραβάτε απότομα και με δύναμη από μακριά. Εντοπίστε το μπλοκάρισμα επιτόπου και βγάλτε το εμπόδιο.

Τα καλώδια πρέπει να τοποθετούνται σωστά σε πλαστικά κανάλια ή σε μεταλλικές σχάρες και να μη σφίγγονται πολύ από τους πλαστικούς σφικτήρες (δεματικά).

- 3. Επιλογή κατάλληλων υλικών.** Να χρησιμοποιούνται κατάλληλα υλικά τερματισμού (ακροδέκτες), κατάλληλα patch cords (καλώδια μεικτονόμησης ή καλώδια τα οποία συνδέουν τη συσκευή, π.χ. υπολογιστή, με την πρίζα) ή όταν έχουμε οριολωρίδες, κατάλληλα καλώδια γεφυρώσεων, με κριτήριο την συμβατότητα με τον χρησιμοποιούμενο τύπο καλωδίου και με την κατηγορία του δικτύου.

Ο ακροδέκτης και η πρίζα τύπου RJ45 αποτελούν τα πλέον αποδεκτά και κατά συνέπεια χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης. Ο ακροδέκτης RJ45 είναι παρόμοιος με το γνωστό τηλεφωνικό ακροδέκτη RJ11, μόνο που σε αυτόν απολήγουν τα οκτώ σύρματα του καλωδίου (άκρα των 4 ζευγών).

- 4. Αποφυγή καταπονήσεων.** Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις καταπονήσεις κατά την τοποθέτηση. Να αποφεύγονται:

- ❖ κακώσεις,
- ❖ συστροφές,
- ❖ κόμπι,
- ❖ μικρές ακτίνες καμπυλότητας,
- ❖ τσακίσματα και
- ❖ εφελκυσμοί.

Μην πατάτε πάνω στα καλώδια και μην τοποθετείτε πάνω τους βαριά αντικείμενα. Καλύψτε τις αιχμηρές γωνίες στο κανάλι με μονωτικό υλικό.

Η δύναμη εφελκυσμού πρέπει να είναι μικρότερη από 15 kgf και η ελάχιστη ακτίνα κάμψης μικρότερη από 2,5 cm.

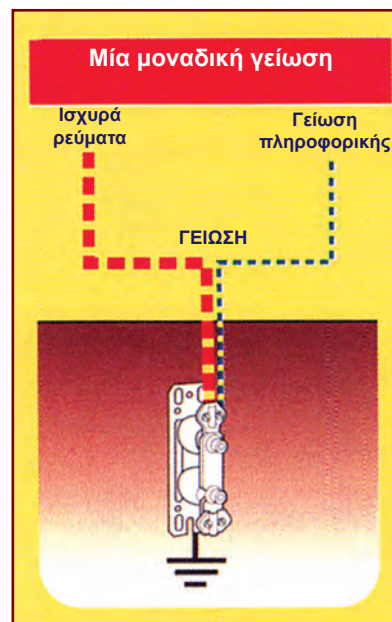
Βαριές μηχανικές καταπονήσεις επιφέρουν παραμόρφωση ή χαλάρωση της αυστηρής γεωμετρικής δομής του καλωδίου, με αποτέλεσμα διαφοροποίηση των ηλεκτρικών του χαρακτηριστικών και μείωση της κατηγορίας λειτουργίας.

**Να συμπεριφέρεστε στα καλώδια σα να είναι «εύθραυστο υλικό».**

- 5. Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος.** Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος του οριζόντιου μέρους του δικτύου (από τον κατανεμητή μέχρι την πρίζα) να μην ξεπερνά τα 90 μέτρα.
- 6. Σήμανση καλωδίων.** Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σήμανση των καλωδίων στα σημεία του τερματισμού, και από τη πλευρά των πριζών και από τη πλευρά των κατανεμητών. Όλες οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευανάγνωστες.
- 7. Αποφυγή προεκτάσεων.** Δεν επιτρέπονται οι κολλήσεις και οι κάθε είδους προεκτάσεις των καλωδίων.

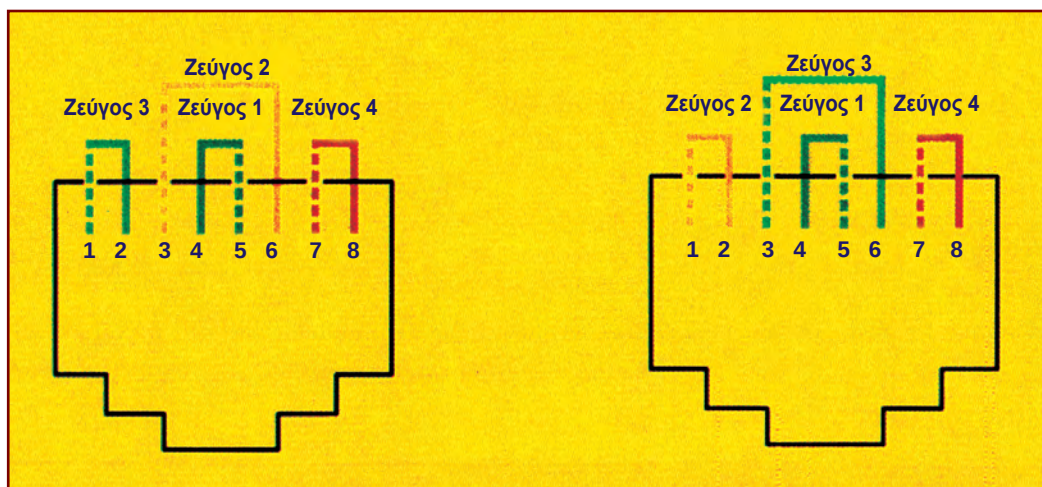
- 8. Σωστή γείωση.** Τα καλώδια τα οποία διαθέτουν θωράκιση πρέπει απαραίτητα να γειώνονται. Αυτό επιτυγχάνεται με την αγωγίμη σύνδεση του αγωγού γείωσης του καλωδίου με τον αντίστοιχο ακροδέκτη της πρίζας. Οι ακροδέκτες γείωσης των πριζών, των κατανεμητών και των άλλων μερών του δικτύου θα πρέπει να γειώνονται στους κόμβους γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου.

Τα μηχανήματα πληροφορικής δεν πρέπει να χρησιμοποιούν ανεξάρτητες γειώσεις αλλά τις ίδιες με την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση. (CENELEC, NF 15100).



Σχήμα 6.3: Γειώσεις.

- 9. Σωστός και ενιαίος τρόπος τερματισμού.** Ο τρόπος τερματισμού πρέπει να γίνεται με βάση μόνο τα δύο συγκεκριμένα πρότυπα, το T568A ή το T568B. Όποιο όμως από τα δύο πρότυπα επιλεγεί θα πρέπει να ισχύσει για όλο το δίκτυο.



Σχήμα 6.4: Πρότυπα T568A και T568B.

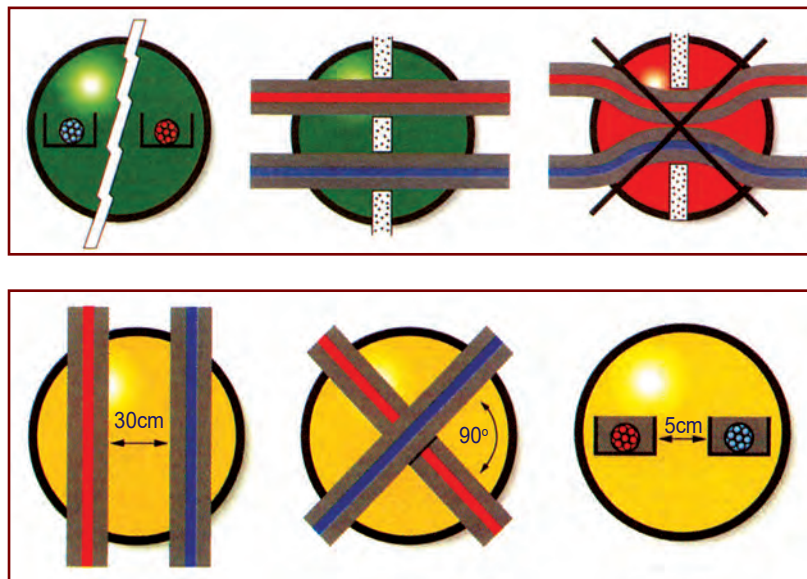
- 10.** Αποφυγή έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Η άνοδος της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης των αγωγών, με άμεση συνέπεια την αύξηση των απωλειών.
- 11.** Αποφυγή γειννίας με καλώδια ισχυρών ρευμάτων. Από τα πρότυπα της TIA και του ISO για τη δομημένη καλωδίωση δεν προβλέπονται συγκεκριμένες αποστάσεις από τα καλώδια ισχύος. Ο οργανισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης CENELEC, με την προδιαγραφή NF 15100, υποδεικνύει το φυσικό διαχωρισμό ισχυρών και ασθενών ρευμάτων.

Τα καλώδια ασθενών ρευμάτων πρέπει να τρέχουν σε ξεχωριστό κανάλι. Όταν τα κανάλια είναι δύο (καλό είναι να υπάρχει διαχωρισμός με ενδιάμεσο κενό κανάλι), να τοποθετούνται τα καλώδια ασθενών ρευμάτων στο κάτω κανάλι.

Τα καλώδια δομημένης καλωδίωσης να απέχουν από τα καλώδια ισχυρών ρευμάτων τουλάχιστον 5 cm στην οριζόντια καλωδίωση και 30 cm στην κατακόρυφη.

Ιδιαίτερα, πρέπει να τηρείται απόσταση 30 cm κατά την όδευσή τους από μηχανήματα ή συσκευές που προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (λάμπες φθορισμού, ηλεκτρικούς κινητήρες, κινητά τηλέφωνα, φούρνους μικροκυμάτων κ.λπ.).

Στην περίπτωση διασταύρωσης καλωδίων ασθενών και ισχυρών ρευμάτων, τα καλώδια αυτά πρέπει να οδεύουν κάθετα, όπου είναι εφικτό.



Σχήμα 6.5: Αποφυγή γεινίασης

## ■ 6.1 Τερματισμοί καλωδίων

Το καλώδιο (UTP ή FTP ή STP ή SSTP) από το ένα άκρο συνδέεται (τερματίζεται) σε πρίζες και από το άλλο άκρο συνδέεται σε οριολωρίδα ή σε μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) στον κατανεμητή, για να γίνονται εύκολα, όταν χρειάζονται, συχνές αλλαγές στη δρομολόγηση των σημάτων, ώστε να εξυπηρετούνται οι χρήστες σε όλες τις θέσεις εργασίας.

Ο τρόπος σύνδεσης (τερματισμού) του καλωδίου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ταχύτητα μεταφοράς του σήματος, αν δεν πραγματοποιηθεί σωστά.

**Τα καλώδια τηλεφώνων τερματίζουν σε ξεχωριστές μετώπες (patch panels) από αυτές των υπολογιστών.**

Η λανθασμένη σύνδεση, εκτός από την υποβάθμιση της ποιότητας του σήματος είναι δυνατόν να προκαλέσει και άλλα προβλήματα, όπως παράσιτα και ακτινοβολίες που πολλές φορές ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια, καθώς και φαινόμενα αλληλεπίδρασης. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην απογύμνωση του καλωδίου από τον εξωτερικό μανδύα, για να μην «τραυματίζονται» και να μην παραμορφώνονται οι αγωγοί. Οι αγωγοί δεν πρέπει να συστρέφονται περισσότερο από ό,τι προέβλεψε ο κατασκευαστής του καλωδίου ούτε και να αποσυστρέφονται χωρίς λόγο.

**Προκειμένου να συνδεθεί ένα καλώδιο, το μήκος της αποσυστροφής και των 4 ζευγαριών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 1,3 cm, ενώ η απογύμνωση του εξωτερικού πλαστικού μανδύα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2,5 cm.**

**Επιπλέον, ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης πρέπει να προσέξει και τα εξής:**

- Το καλώδιο δεν πρέπει να κόβεται πολύ μικρό. Το μέρος που συνδέεται με την πρίζα πρέπει να έχει περιθώριο, για να μπορεί να συνδεθεί ξανά σε περίπτωση λάθους ακόμη και στην περίπτωση αντικατάστασης της πρίζας.
- Από το μέρος του κατανεμητή, πρέπει να υπάρχει αρκετό εφεδρικό μήκος για αλλαγή της θέσης ή για τυχόν επανασυνδέσεις.
- Η αποσυστροφή των ζευγαριών περισσότερο από το κανονικό προκαλεί αύξηση της παρενόχλησης (αλληλεπίδρασης) που δέχεται το κάθε ζευγάρι από τα γειτονικά του.
- Οι αγωγοί του κάθε ζεύγους, μετά την απογύμνωση, την αποσυστροφή και την συνδεσμολογία, δεν επιτρέπεται να φέρουν τσακίσματα και κακώσεις.
- Σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50173 και ISO 11801, στη δομημένη καλωδίωση δε γίνονται αποδεκτές συνδεσμολογίες με συστροφή, κλέμενες, καπς, κως κ.λπ.. Αποδεκτές είναι μόνο οι συνδεσμολογίες (τερματισμοί) με υλικά IDC (Insulation Displacement Contact - επαφή με μετατόπιση της μόνωσης).
- Οι αγωγοί που συνδέονται με υλικά τερματισμού IDC θα πρέπει να σφηνώνονται πολύ καλά και να δίνεται προσοχή ώστε ο αγωγός να «κάθεται» καλά μέσα στην εγκοπή.
- Όσα τεμάχια αγωγών περισσεύουν δεν πρέπει να αφήνονται πάνω στο εξάρτημα αλλά πρέπει να κόβονται.
- Να τερματίζονται και τα οκτώ σύρματα του καλωδίου, ακόμη και αν η εφαρμογή απαιτεί λιγότερα.
- Σε πρίζες FTP πρέπει η θωράκιση του καλωδίου να τερματίζεται στην ειδική υποδοχή, για να εξασφαλίζεται η συνέχεια της θωράκισης.

## ■ 6.2 Σήμανση καλωδίων και σημείων τερματισμού

Τα καλώδια και τα υπόλοιπα υλικά της δομημένης καλωδίωσης πρέπει να αναγνωρίζονται εύκολα για να ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν για τους ακόλουθους λόγους:

- ❖ Το δίκτυο το διαχειρίζονται πολλά άτομα με πολλές ή λίγες γνώσεις και δε χρησιμοποιείται πάντοτε με τον ενδεδειγμένο τρόπο.
- ❖ Το δίκτυο τις περισσότερες φορές εξυπηρετεί συστήματα, μηχανήματα και τεχνολογίες πολύ διαφορετικές μεταξύ τους.

- ❖ Πολλές φορές, η αποκατάσταση βλαβών γίνεται από το προσωπικό κάτω από συνθήκες πίεσης χρόνου, κούρασης και εκνευρισμού.

Για τη σήμανση των καλωδίων και των σημείων τερματισμών τους πρέπει να ακολουθείται η προδιαγραφή ΤΙΑ-606. Τα βασικότερα σημεία της προδιαγραφής αυτής είναι:

- 1) Οι πρίζες και τα patch panels πρέπει να φέρουν ετικέτες οι οποίες να τακτοποιούν συγκεκριμένες γραμμές και, αν απαιτείται, να αναγράφεται και η χρήση.
- 2) Τα διάφορα πεδία του κατανεμητή πρέπει να είναι σαφώς διαχωρισμένα και να φέρουν ευκρινή σήμανση.
- 3) Οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευανάγνωστες και ανεξίτηλες.
- 4) Τα καλώδια πρέπει να φέρουν ειδικά εξαρτήματα σήμανσης, και από το μέρος της πρίζας και από το μέρος του patch panel. Δεν επιτρέπεται η σήμανση με μαρκαδόρο επάνω στο καλώδιο, γιατί το κομμάτι με τη σήμανση ενδέχεται να κοπεί, όταν επανασυνδεθεί το καλώδιο, ή να σβήσει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.



**Σχήμα 6.6:** Ηλεκτρονικό πληκτρολόγιο τίτλων για την τακτοποίηση κυκλωμάτων.

### ■ 6.3 Έλεγχοι

Μετά την εγκατάσταση, πρέπει να πραγματοποιούνται οι έλεγχοι (χάρτης καλωδίου, εξασθένηση, NEXT, ACR, return loss κ.λπ., που αναφέρθηκαν στη σχετική ενότητα) από εξειδικευμένους τεχνικούς με κατάλληλα όργανα ελέγχου πεδίου που ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές πρόσφατων προτύπων. Ελέγχονται σχολαστικά όλοι οι μόνιμοι σύνδεσμοι (permanent link) και τα κανάλια ή δίαυλοι (channel) του δικτύου και, εάν οι μετρήσεις τηρούν τις προδιαγραφές που θέτουν τα πρότυπα για τη συγκεκριμένη κλάση ή κατηγορία, συντάσσεται σχετικό πρακτικό, το οποίο προσυπογράφουν αυτός που

πραγματοποίησε τις μετρήσεις, ο εγκαταστάτης και ο ιδιοκτήτης ή ο χρήστης της εγκατάστασης. Ανάλογα με την κλάση ή κατηγορία της καλωδίωσης, δίνεται εγγύηση καλής λειτουργίας (π.χ. για καλώδια της κατηγορίας 5E, μπορεί να δοθεί από τους κατασκευαστές καλωδίων εγγύηση καλής λειτουργίας διάρκειας 10 ετών).

Ένα δίκτυο μπορεί να έχει κατασκευαστεί υποδειγματικά, να έχει παραδοθεί και έπειτα, λόγω επεμβάσεων του χρήστη ή κακοτεχνιών του συντηρητή ηλεκτρολόγου, να αρχίσει να υποβαθμίζεται και να διαφοροποιούνται τα χαρακτηριστικά του.



**Σχήμα 6.7:** Το όργανο ελέγχου πεδίου OMNISCANNER2 της εταιρείας MICROTEST, για πιστοποιήσεις καλωδιώσεων κατηγορίας 5/5E/6/7 έως 300 MHz.



## 7. Ανακεφαλαίωση

**Τ**α τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και την αυξανόμενη απαίτηση για γρήγορη μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών, προέκυψε η ανάγκη για τη χρήση δικτυακής υποδομής με καλώδια ασθενών ρευμάτων στις εσωτερικές εγκαταστάσεις των κτιρίων, παράλληλα με τα γνωστά καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η δικτυακή υποδομή ονομάζεται δομημένη καλωδίωση.

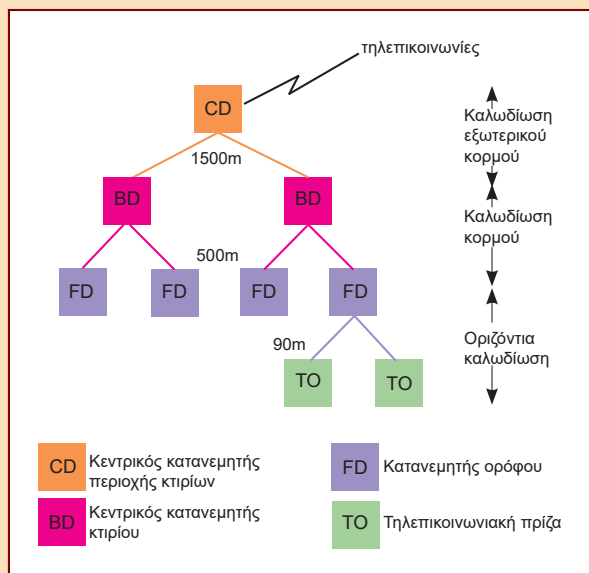
Σε ένα σύγχρονο περιβάλλον εργασίας, ο κάθε εργαζόμενος για να είναι αποδοτικός θα πρέπει να έχει άμεση πρόσβαση τουλάχιστον σε ένα τηλέφωνο και σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, για να μπορεί να ανταλλάσσει και να επεξεργάζεται αρχεία κειμένου, εικόνες και άλλων δεδομένων.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που δίνουν πλεονεκτήματα σε ένα δίκτυο δομημένης καλωδίωσης είναι η επεκτασιμότητα, η τυποποίηση, η εύκολη σχεδίαση και η εύκολη συντήρηση και διαχείριση.

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας και επιδόσεων μιας δομημένης καλωδίωσης, που είναι απολύτως αναγκαία στα δίκτυα υπολογιστών εξασφαλίζονται, εάν τηρηθούν συστηματικά κατά την εγκατάσταση τα πρότυπα που δημοσιεύουν αναγνωρισμένοι οργανισμοί τυποποίησης και κυρίως ο αμερικάνικος EIA/TIA και ο διεθνής ISO/IEC.

Η δομημένη καλωδίωση ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος κτιρίων αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη: τους *κατανεμητές*, την *καλωδίωση κορμού (κατακόρυφη)*, την *οριζόντια καλωδίωση* και τη *θέση εργασίας*.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η ιεραρχία στο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης, που συνιστά το πρότυπο ISO 11801.



## Κατανεμητές

Όπως στην εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων έχουμε το γενικό ηλεκτρικό πίνακα και τους μερικούς ηλεκτρικούς πίνακες (υποπίνακες), έτσι και στη δομημένη καλωδίωση έχουμε τον *κεντρικό κατανεμητή* και τους *ενδιάμεσους κατανεμητές ορόφου*. Οι θέσεις των κατανεμητών στο κτίριο επιλέγονται έτσι ώστε να απαιτείται το μικρότερο δυνατό μήκος καλωδίων, να είναι εύκολα επισκέψιμοι και γενικά να παρέχουν ευελιξία σε κάθε αλλαγή χρήσης ή μετατροπή.

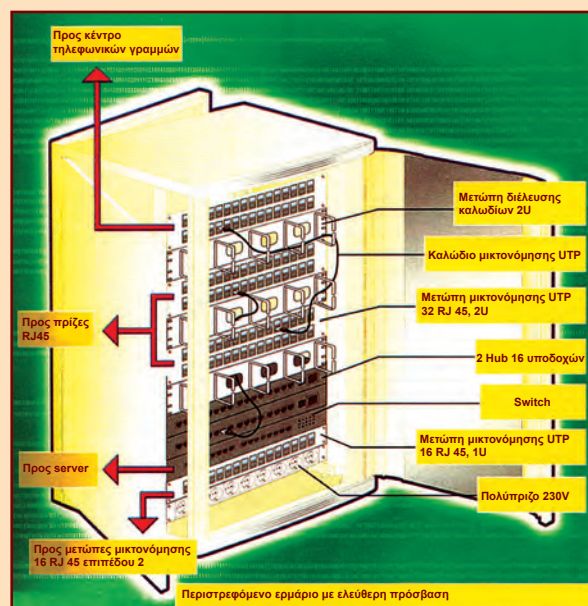
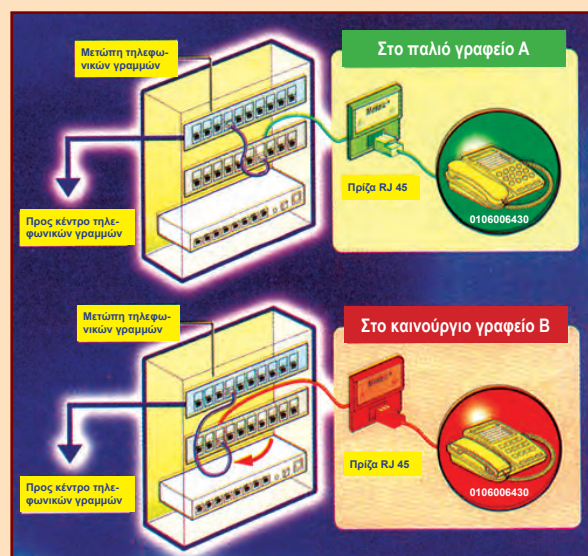
Στο χώρο που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής (αίθουσα κατανεμητή) τερματίζουν όλα τα καλώδια που έρχονται από τις πρίζες του κτιρίου. Εάν το κτίριο είναι μεγάλο, τοποθετείται και από ένας ενδιάμεσος κατανεμητής ανά όροφο.

Κριτήριο για τον αριθμό των ενδιάμεσων κατανομητών αποτελεί ο περιορισμός ότι η απόσταση κατανομητή από υπάρχουσα ή μελλοντική πρίζα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90 μέτρα.

Στην αίθουσα που βρίσκεται ο κεντρικός  
κατανομητής συνυπάρχουν το *τηλεφωνικό*

κέντρο, ο κεντρικός εξυπηρετητής (server) του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς και συστήματα συναγερμού, πυρανίχνευσης, ήχου κ.λπ..

Βασική αρχή του κατανεμητή είναι η εξασφάλιση ευελιξίας της καλωδίωσης σε κάθε μετατροπή ή αλλαγή χρήσης.



Ο ενδιάμεσος κατανεμητής είναι το σημείο τερματισμού της οριζόντιας καλωδίωσης του κάθε ορόφου. Τοποθετείται σε κεντρικό σημείο κάθε ορόφου και συνδέεται με κατακόρυφη καλωδίωση (*καλωδίωση κορμού*) με τον κεντρικό κατανεμητή του

κτιρίου. Στον ενδιάμεσο κατανεμητή γίνονται οι *μεικτονομήσεις* (διασυνδέσεις) μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης καλωδίωσης.

Το hub είναι ενεργή κομβική συσκευή που βοηθάει στην επέκταση ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών με τη χρήση καλωδίωσης. Η συσκευή αυτή έχει συγκεκριμένο αριθμό θυρών (π.χ. 8, 16) στις οποίες μπορούν να συνδεθούν ισόποσες συσκευές περιφερειακών, όπως server, υπολογιστές, εκτυπωτές. Η κάθε συσκευή, π.χ. υπολογιστής, συνδέεται μέσω καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών με ακροδέκτη τύπου RJ45 σε μία θύρα (είσοδος) του hub. Το hub παραλαμβάνει το πακέτο δεδομένων που φθάνει στη θύρα εισόδου, το αναπαράγει και το στέλνει στις υπόλοιπες θύρες, για να μπορέσουν να το παραλάβουν οι λοιπές συνδεδεμένες συσκευές, πάλι μέσω ακροδέκτη τύπου RJ45 και καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.

Γενικά, ένα σύστημα δομημένης καλωδίωσης χρησιμοποιεί μια τοπολογία αστέρα για το δίκτυο υπολογιστών με τους σταθμούς εργασίας τοποθετημένους γύρω από το hub.

Το hub τροφοδοτείται στην πίσω πλευρά του από το δίκτυο (230V) μέσω μετασχηματιστή, ενώ στη μπροστινή του πλευρά φέρει ενδεικτικές φωτοδιόδους (led) λειτουργίας και τροφοδοσίας.

*Η εφαρμογή της δομημένης καλωδίωσης έχει νόημα όταν:*

**α)** *κάθε κεντρική συσκευή, για παράδειγμα τηλεφωνικό κέντρο ή κεντρικός υπολογιστής (μέσω hub) τερματίζει πάντα σε μια μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ή σε μια οριολωρίδα,*

**β)** *κάθε καλώδιο που προέρχεται από τις τερματικές συσκευές (τηλέφωνα, υπολογιστές, εκτυπωτές, fax, κ.λπ.) τερματίζει επίσης πάντα σε μια άλλη μετώπη μεικτονόμησης*

*(patch panel) ή σε μια οριολωρίδα, γ) οι μετώπες μεικτονόμησης ή οι οριολωρίδες συνδέονται μεταξύ τους με τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords).*

### **Καλωδίωση κορμού**

Η καλωδίωση αυτή συνδέει τους ενδιάμεσους κατανεμητές ορόφων με τον κεντρικό κατανεμητή. Για λειτουργικούς λόγους, το δίκτυο κορμού διακρίνεται σε εσωτερικό και εξωτερικό. Το εσωτερικό δίκτυο κορμού ονομάζεται και κατακόρυφο δίκτυο ή κατακόρυφος κορμός. Η σύνδεση των καλωδίων κορμού γίνεται σε διάταξη αστέρα όπου στο κέντρο βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής και στα άκρα οι ενδιάμεσοι κατανεμητές. Δηλαδή, κάθε ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου συνδέεται μόνο με τον κεντρικό κατανεμητή, ενώ οι ενδιάμεσοι κατανεμητές δεν συνδέονται μεταξύ τους.

Συχνά ένα ίδρυμα, ένας οργανισμός ή μια επιχείρηση, επεκτείνονται σε περισσότερα από ένα κτίρια (π.χ. νοσοκομεία, πανεπιστήμια, αεροδρόμια κ.ά.). Για να καλυφθούν οι ανάγκες για δομημένη καλωδίωση, τοποθετείται συνήθως ο κεντρικός κατανεμητής όλης της καλωδίωσης στο ισόγειο ενός κεντρικού κτιρίου και από εκεί ακτινωτά, σε μορφή αστέρα, συνδέονται τα υπόλοιπα κτίρια. Τα καλώδια για τη διασύνδεση των κτιρίων και ο απαιτούμενος εξοπλισμός, αποτελούν το εξωτερικό δίκτυο κορμού. Λόγω της ευρύτερης περιοχής που καλύπτει το εξωτερικό δίκτυο συχνά συναντάται και με τον όρο campus (=πανεπιστημιούπολη). Λόγω της μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων και των μεγάλων αποστάσεων, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες με την κατάλληλη εξωτερική προστασία.

### **Οριζόντια καλωδίωση**

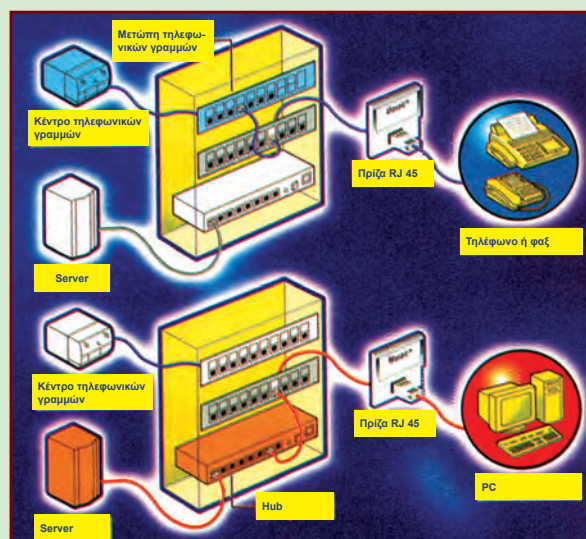
Από την κάθε πρίζα από την οποία τροφοδοτείται ένας υπολογιστής ή ένα τηλέφωνο το καλώδιο οδηγείται στον κατανεμητή ορόφου. Αυτή η

καλωδίωση από την τερματική πρίζα μέχρι τον κατανεμητή, επειδή εκτείνεται συνήθως στο επίπεδο ενός ορόφου, συνιστά το *οριζόντιο δίκτυο* της καλωδίωσης.

Οι πρίζες των τηλεφώνων, μέσω των καλωδίων, συνδέονται στον κατανεμητή σε μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ξεχωριστή από αυτή στην οποία συνδέονται οι πρίζες πληροφορικής.

Επιπλέον, μέσα στον κατανεμητή τα καλώδια της πληροφορικής συνεχίζουν από τη μετώπη μεικτονόμησης για να καταλήξουν στο hub.

Η γεφύρωση μεταξύ μετώπης και hub γίνεται με τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords).



Το μέγιστο μήκος καλωδίου, από την πρίζα μέχρι την πρώτη σύνδεση στη μετώπη του κατανεμητή ορόφου, είναι τα 90 μέτρα για καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.

Το μέγιστο μήκος του καλωδίου, από τον υπολογιστή μέχρι το hub του κατανεμητή, είναι τα 100 μέτρα για καλώδια συνεστραμμένων ζευγών. Δηλαδή, το καλώδιο από τον υπολογιστή μέχρι την πρίζα + το καλώδιο μεικτονόμησης μέσα στον κατανεμητή (από τη μετώπη μεικτονόμησης μέχρι το hub) πρέπει να είναι ίσο ή μικρότερο από 10 μέτρα.

Μια επιχείρηση μπορεί να εκτείνεται σε ένα επίπεδο πολλών τετραγωνικών μέτρων. Τότε, η επιφάνεια χωρίζεται σε ζώνες και αντιμετωπίζεται να υπάρχουν περισσότεροι όροφοι. Έτσι, τηρείται ο περιορισμός των 90 μέτρων.

Η πρίζα είναι το εξάρτημα στο οποίο καταλήγει το οριζόντιο δίκτυο της δομημένης καλωδίωσης στη θέση εργασίας. Πάνω στην πρίζα συνδέεται και ο τερματικός εξοπλισμός. Ο συνηθέστερος τύπος πρίζας είναι ο RJ45 με 8 pin.

Ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου που καταλήγει σε αυτές, οι πρίζες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. πρίζα RJ45, UTP 8 επαφών (τερματίζουν καλώδια UTP 4 ζευγών),
2. πρίζα RJ45, FTP 9 επαφών (τερματίζουν καλώδια FTP 4 ζευγών μαζί με τη θωράκισή τους),
3. πρίζα RJ45, STP 9 επαφών (καταλήγουν STP καλώδια 4 ζευγών καθώς και η θωράκισή τους σε ξεχωριστή επαφή, έτσι ώστε να υπάρχει συνέχεια.

Όλες οι πρίζες πρέπει να φέρουν στο εμπρόσθιο μέρος ετικέτα για την αρίθμηση της θέσης. Στο οπίσθιο μέρος πρέπει να φέρουν αρίθμηση ή χρωματική κωδικοποίηση για τη σωστή σύνδεση των καλωδίων.

### Θέση εργασίας

Στη θέση εργασίας, τα βασικότερα στοιχεία που συναντάμε είναι τα καλώδια και οι *συνδετήρες (connectors)* που συνδέουν τον εξοπλισμό των θέσεων εργασίας με τις πρίζες του καλωδιακού συστήματος. Ο εξοπλισμός μιας θέσης εργασίας μπορεί να περιλαμβάνει υπολογιστή, τηλέφωνο, fax, εικονοτηλέφωνο, εκτυπωτή κ.λπ..

Το καλώδιο σύνδεσης της συσκευής με την πρίζα είναι ελεύθερο, εύκαμπτο καλώδιο, μήκους συνήθως μέχρι 3 μέτρα. Το καλώδιο σύνδεσης μπορεί να αυξηθεί και πέρα από τα 3 μέτρα,

αρκεί να τηρηθεί ο περιορισμός για την μέγιστη απόσταση των 100 μέτρων (το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τη συσκευή + το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τον καταναμητή ορόφου + το μήκος του καλωδίου μεικτονόμησης).

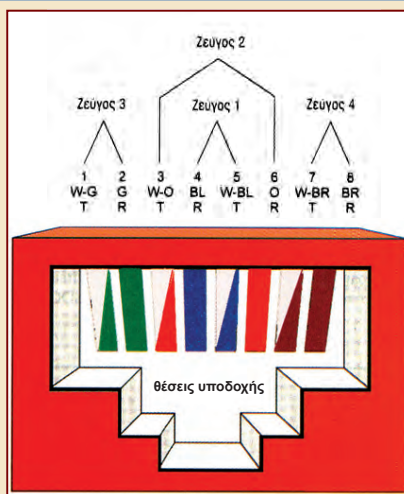
Σε κάθε θέση εργασίας πρέπει να τοποθετούνται *τουλάχιστον* δύο πρίζες RJ45. Η μία για τηλεφωνία και η άλλη για δεδομένα (data). Ο συνολικός αριθμός των πριζών εξαρτάται από τις προβλεπόμενες ανάγκες. Έτσι, σε μια θέση εργασίας μπορούμε να έχουμε για παράδειγμα, και πέντε (5) πρίζες: τέσσερις (4) για συσκευές, όπως τηλέφωνο, υπολογιστή, εκτυπωτή, fax, και μία εφεδρική.

Κάθε καλώδιο σύνδεσης των τεσσάρων ζευγών πρέπει να καταλήγει σε μία υποδοχή πρίζας των οκτώ ακροδεκτών στη θέση εργασίας.

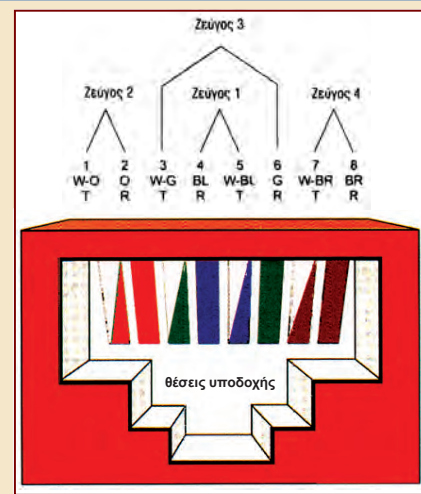
Η αντιστοιχία των ακροδεκτών με τα ζεύγη πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA-568A ή με το πρότυπο EIA/TIA-568B.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν και πρίζες με κώδικα χρώματος για να συνδέονται οι 8 χρωματιστοί αγωγοί στις αντίστοιχες χρωματικές υποδοχές.

Ανεξάρτητα από την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται μια πρίζα, πρέπει να συνδέονται και οι 8 αγωγοί των 4 ζευγών του καλωδίου.



Πρότυπο TIA 568A



Πρότυπο T568B

Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης, για να υπολογίσει τον απαιτούμενο αριθμό πριζών ενός μεγάλου χώρου, πρέπει να λάβει υπόψη του ότι οι σημερινές ανάγκες απαιτούν τουλάχιστο 2 πρίζες για κάθε 10m<sup>2</sup> χώρου.

Οποιοσδήποτε προσαρμογές κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού της θέσης εργασίας με τις πρίζες πρέπει να γίνονται μόνο εξωτερικά της πρίζας. Ποτέ δεν πρέπει να αλλάζει εσωτερικά μια πρίζα για να βοηθήσει ένα σύστημα να δουλέψει.

### Τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN)

Το τοπικό δίκτυο υπολογιστών είναι ένα σύστημα επικοινωνίας δεδομένων το οποίο αποτελείται από μια ομάδα διασυνδεδεμένων υπολογιστών, που μοιράζονται εφαρμογές, δεδομένα και περιφερειακά (π.χ. εκτυπωτές). Το τοπικό δίκτυο υπολογιστών εκτείνεται συνήθως σε ένα κτίριο ή σε μια ομάδα κτιρίων. Τα τοπικά δίκτυα μπορεί να είναι μικρά, συνδέοντας π.χ. τρεις υπολογιστές, ή να συνδέουν δεκάδες υπολογιστές που χρησιμοποιούνται από εκατοντάδες ανθρώπους. Τα βασικά στοιχεία

ενός τοπικού δικτύου είναι: οι υπολογιστές, τα μέσα μετάδοσης (π.χ. καλώδια) και οι συσκευές επικοινωνίας (π.χ. modem), η κάρτα διασύνδεσης (interface) του κάθε υπολογιστή με το μέσο μετάδοσης, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, δηλαδή οι κανόνες ελέγχου μετάδοσης, και τα ειδικά λειτουργικά συστήματα για τοπικά δίκτυα (π.χ. Windows NT).

Το *modem* είναι η συσκευή που μετατρέπει τα ψηφιακά σήματα των υπολογιστών σε αναλογικά ηλεκτρικά σήματα ακουστικών συχνοτήτων κατάλληλης έντασης, ώστε να μπορούν να περάσουν από τις γραμμές τηλεφώνου. Με την ίδια συσκευή γίνεται και η αντίστροφη μετατροπή, δηλαδή των αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων σε ψηφιακά. Έτσι, επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Κάθε υπολογιστής χρειάζεται το δικό του modem. Όταν ως απλοί χρήστες από το σπίτι μας συνδεόμαστε στο ψηφιακό δίκτυο ISDN του ΟΤΕ, το modem είναι περιττό, γιατί με τη σύνδεση μας παρέχεται η συσκευή Netmode που εκτός των άλλων λειτουργιών φροντίζει και για τη λήψη - αποστολή δεδομένων, με ταχύτητα 64000 bps για απλό κανάλι και 128000 bps για διπλό κανάλι.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και τις διαδικασίες με τις οποίες ελέγχεται η ορθότητα μετάδοσης της πληροφορίας. Αν και κάθε πρωτόκολλο δικτύου είναι διαφορετικό, όλα μοιράζονται την ίδια καλωδίωση. Αυτός ο κοινός τρόπος πρόσβασης στο δίκτυο επιτρέπει σε πολλαπλά πρωτόκολλα να συνυπάρχουν αρμονικά στην καλωδίωση και στον κατασκευαστή ενός δικτύου να χρησιμοποιεί κοινό υλικό (hardware) για μια ποικιλία πρωτοκόλλων. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές που είναι συμβατές με τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου επιτρέπουν στο χρήστη να τρέξει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα πάνω από το ίδιο μέσο μετάδοσης.

Το *Ethernet* και η νεότερη έκδοσή του, το *Fast*

*Ethernet* (ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 100 Mbps), είναι τα πιο δημοφιλή τοπικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται σήμερα, γιατί επιτυγχάνουν μια καλή ισορροπία μεταξύ ταχύτητας δεδομένων, κόστους και ευκολίας εγκατάστασης. Σε εξέλιξη βρίσκεται το *Gigabit Ethernet*, που υπόσχεται τα μελλοντικά δίκτυα να υποστηρίξουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 1 gigabit (1000 megabits) ανά sec.

Για την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών, χρησιμοποιούνται διάφορες τοπολογίες δικτύων, με πιο δημοφιλή την τοπολογία αστέρα. Μια τοπολογία αποτελεί πρακτικά το χάρτη ενός δικτύου. Περιγράφει τη διάταξη των τερματικών σταθμών εργασίας (υπολογιστών) και των καλωδίων που συνιστούν το δίκτυο.

### **Μέσα μετάδοσης**

Τα πιο συνηθισμένα μέσα μετάδοσης είναι τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών και οι οπτικές ίνες.

Κυριότερα χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης αποτελούν *το εύρος ζώνης συχνοτήτων*, *το μέγιστο μήκος* του μέσου μετάδοσης, *η ευαισθησία σε θόρυβο*, *η ευκολία χρήσης* και *η ασφάλεια*.

Το *εύρος ζώνης συχνοτήτων* ενός μέσου μετριέται σε Hz και προσδιορίζει την περιοχή των συχνοτήτων που μπορεί να διέλθει ένα σήμα χωρίς μεγάλη εξασθένηση ή παραμόρφωση από το μέσον. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης συχνοτήτων, τόσο περισσότερες πληροφορίες μπορούμε να μεταδώσουμε σε δεδομένο χρονικό διάστημα. Στις ψηφιακές μεταδόσεις (data) η ταχύτητα μετάδοσης μετριέται σε bits ανά sec.

Η *ευαισθησία σε θόρυβο* δείχνει πόσο εύκολα το μέσο επηρεάζεται από «ηλεκτρικούς θορύβους» που παρενοχλούν το προς μετάδοση σήμα. Ο θόρυβος είναι ένα σύνολο ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων που αλλοιώνουν το μεταδιδόμενο σήμα. Κάθε μηχανισμός που

χρησιμοποιεί ή δημιουργεί εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μπορεί να εκπέμψει τέτοιου είδους θορύβους. Εάν ο θόρυβος είναι μεγάλος, διαστρεβλώνεται το σήμα και μπορεί να προκληθούν λάθη στην επικοινωνία. Ο λόγος *σήματος προς θόρυβο* (S/N) δηλώνει τη σχετική στάθμη του σήματος πληροφορίας ως προς τη στάθμη του θορύβου. Είναι λόγος ισχύων και συνήθως εκφράζεται σε dB. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος, τόσο πιο αξιόπιστη γίνεται η μετάδοση της πληροφορίας.

Η απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου, η οποία αναφέρεται πάντα σε μια συχνότητα. Εκτός από τις απώλειες που οφείλονται στη σύνθετη αντίσταση των χάλκινων αγωγών, υπάρχουν και δύο άλλα είδη απωλειών, που οφείλονται στο *επιδερμικό φαινόμενο* και στο *διηλεκτρικό υλικό μόνωσης του καλωδίου* και παίζουν σημαντικό ρόλο ιδιαίτερα στην εξασθένηση του σήματος.

### **Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών**

Τα καλώδια αυτά αποτέλεσαν βασικό στοιχείο για την επικράτηση της δομημένης καλωδίωσης και τα οποία, κάτω από προϋποθέσεις, μπορούν να συμπεριφερθούν όπως η πλειονότητα των διαφόρων εξελιγμένων καλωδίων, με αποτέλεσμα να είναι δυνατό να τα αντικαταστήσουν.

Τα χάλκινα καλώδια των συνεστραμμένων ζευγών είναι και θα παραμείνουν για το προβλέψιμο μέλλον το επικρατέστερο μέσο μετάδοσης στη δομημένη καλωδίωση, λόγω του χαμηλού κόστους και της ευκολίας εγκατάστασης.

Τα καλώδια αυτά αποτελούνται από μονόκλωνους χάλκινους μονωμένους αγωγούς, ταξινομημένους σε ζεύγη. Τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους.

Στα καλώδια αυτά η μεταφορά της πληροφορίας

γίνεται με τη μορφή ηλεκτρικού σήματος, μέσα από τη δισύρματη γραμμή που σχηματίζει το κάθε ζεύγος των μονωμένων αγωγών του καλωδίου. Οι αγωγοί είναι απαραίτητα συνεστραμμένοι μεταξύ τους, γιατί με αυτό τον τρόπο το καλώδιο επηρεάζεται λιγότερο από τους εξωτερικούς “θορύβους” και ιδιαίτερα από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές των γειτονικών ζευγών τα οποία βρίσκονται στο ίδιο καλώδιο. Όσο αυξάνεται η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, το φαινόμενο επίδρασης των γειτονικών ζευγών γίνεται εντονότερο.

Ο θόρυβος που δημιουργείται μεταξύ γειτονικών ζευγών ονομάζεται και *αλληλεπίδραση ή παραδιαφωνία*. Για τη μείωση αυτού του θορύβου, το κάθε ζεύγος μέσα σε ένα καλώδιο συστρέφεται χωριστά, έτσι ώστε το μέσο βήμα τυλίγματός του να μην υπερβαίνει τα 15 cm. Δηλαδή, το κάθε ζεύγος έχει διαφορετικό βήμα τυλίγματος από το διπλανό του, ώστε να μειώνεται ο μεταξύ των ζευγών θόρυβος.

Προκειμένου να έχουμε μεγαλύτερη αντίσταση στον εξωτερικό θόρυβο, χρησιμοποιούμε καλώδια με εξωτερικό προστατευτικό κάλυμμα, τα γνωστά ως *θωρακισμένα καλώδια*.

Στα χάλκινα καλώδια το εύρος ζώνης συχνοτήτων μπορεί να κυμαίνεται από μερικά kHz έως εκατοντάδες MHz και εξαρτάται απόλυτα από τη διάμετρο των αγωγών και το μήκος τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος των αγωγών, τόσο μεγαλύτερο είναι και το εύρος ζώνης. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του καλωδίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες του σήματος. Η απόσβεση του σήματος αυξάνεται επίσης στις υψηλές συχνότητες.

Μέσω των συνεστραμμένων καλωδίων μεταφέρονται *αναλογικά σήματα* χωρίς προβλήματα στην περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων (από 300 έως 3400 Hz). Επίσης, μεταφέρονται και *ψηφιακά σήματα*, για μικρές όμως αποστάσεις, γιατί τα σήματα αυτά

περιέχουν σημαντικό μέρος από υψηλές συχνότητες.

Στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης οι αγωγοί χαρακτηρίζονται σε AWG (American Wire Gauge), η οποία είναι μια μονάδα που παριστά τη διάμετρο ενός σύρματος. Οι επικρατέστεροι αγωγοί είναι αυτοί των 24 AWG.

Ανάλογα με το εύρος ζώνης συχνότητας του διερχομένου σήματος, τα διάφορα τμήματα των δικτύων δομημένης καλωδίωσης (καλώδια και εξαρτήματα) ταξινομούνται κατά κατηγορίες ή κλάσεις. Για κάθε κατηγορία ή κλάση υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους.

Τα καλώδια της κατηγορίας 5 έχουν πλέον επικρατήσει σήμερα. Κατάλληλα για μεταφορά σήματος με συχνότητα μέχρι 100 MHz, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωνής και δεδομένων μέχρι 100 Mbps. Με τη συνεχή απαίτηση όμως για μεγαλύτερο όγκο και ταχύτητα στις πληροφορίες αλλά και με τη συνεχή εξέλιξη των υλικών θεσπίστηκαν (Μάρτιος 2001) νέα πρότυπα, που θέτουν ως ελάχιστη απαίτηση για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών την καλωδίωση κατηγορίας 5E.

Ανάμεσα στα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για να ταξινομηθούν σε μια κατηγορία τα καλώδια είναι η εξασθένιση σήματος και η αλληλεπίδραση για μία ζώνη συχνοτήτων με δεδομένο εύρος.

Στην οριζόντια καλωδίωση χρησιμοποιούμε συνήθως καλώδια UTP (Unshielded Twisted Pair), αθωράκιστα, των 4 συνεστραμμένων ζευγών, με σύνθετη αντίσταση 100Ω. Μεταξύ ορόφων συνήθως χρησιμοποιείται καλώδιο 25 ζευγών.

Σε δυσμενείς περιπτώσεις, όπως είναι για

παράδειγμα οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και οι μεγάλες αποστάσεις, αλλά και όταν έχουμε μεγάλο όγκο πληροφοριών (π.χ. πολλούς χρήστες), είναι προτιμότερο στην κατακόρυφη καλωδίωση να χρησιμοποιείται καλώδιο οπτικών ινών.

### **Καλώδια οπτικών ινών**

Τα καλώδια οπτικών ινών είναι το περισσότερο τεχνολογικά προηγμένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης. Αποτελούν τον πλέον σύγχρονο τρόπο μετάδοσης σημάτων, όχι μόνο στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα αλλά και στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών μεγάλων επιχειρήσεων ή εκπαιδευτικών και νοσηλευτικών ιδρυμάτων, λόγω των μεγάλων ρυθμών μετάδοσης που επιτυγχάνουν.

Στα καλώδια οπτικών ινών η μεταδιδόμενη πληροφορία είναι οπτικό και όχι ηλεκτρικό σήμα, με αποτέλεσμα να μπορεί να μεταδοθεί μεγάλος όγκος πληροφοριών με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης και χωρίς απώλειες.

Τα καλώδια οπτικών ινών συγκρινόμενα με τα καλώδια από χαλκό παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όπως: μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, πολύ μικρή εξασθένιση, μικρές διαστάσεις και μικρό βάρος, δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες, προστασία των δεδομένων από υποκλοπή.

Το υψηλό κόστος των οπτικών ινών αλλά και τα ευαίσθητα οπτικοηλεκτρονικά συστήματα που απαραίτητα συνοδεύουν τα οπτικά καλώδια για την υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, δυσκολεύουν μέχρι σήμερα τις πραγματικά εντυπωσιακές ιδιότητες μετάδοσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα καλώδια οπτικών ινών να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για την υλοποίηση του τμήματος κορμού μεγάλων δικτύων καθώς και στην οριζόντια καλωδίωση, όπου το απαιτούν ειδικές εφαρμογές.

Η βασική αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών στηρίζεται στη μετάδοση παλμών μονοχρωματικού φωτός (φως μιας συχνότητας) μέσα από μια γυάλινη ή πλαστική ίνα.

Η οπτική ίνα χρησιμοποιείται ως μέσο (αντί π.χ. του χάλκινου σύρματος) και το φως ως φορέας της πληροφορίας, αντί του ρεύματος ή της τάσης των ενσύρματων μέσων.

Οι οπτικές ίνες αποτελούνται από λεπτά νήματα εξαιρετικά καθαρού γυαλιού ή διάφανου πλαστικού υψηλού δείκτη διάθλασης. Τα νήματα αυτά, που αποτελούν τον πυρήνα της οπτικής ίνας, περιβάλλονται από μία επίστρωση και από ένα προστατευτικό κάλυμμα. Εάν μια φωτεινή δέσμη εισαχθεί στη μία άκρη του νήματος, ταξιδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις εγκλωβισμένη μέσα στο νήμα με πολύ μικρές απώλειες, ακόμη και εάν το νήμα καμπυλωθεί.

**Η μετάδοση της φωτεινής δέσμης στηρίζεται στην αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης.** Σύμφωνα με αυτή, αν:

**α)** ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού (επίστρωση) είναι μικρότερος από το δείκτη διάθλασης του εσωτερικού υλικού (πυρήνας) και

**β)** η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο εσωτερικό υλικό είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ονομάζεται «κρίσιμη», τότε η φωτεινή δέσμη εγκλωβίζεται και ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις με χιλιάδες εσωτερικές ανακλάσεις.

Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι δέσμες φωτός μέσα στον πυρήνα, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις *πολύτροπες* ή *πολλαπλής τροχιάς* και τις *μονότροπες* ή *ενιαίας τροχιάς*.

Οι μονότροπες οπτικές ίνες εμφανίζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από τις πολύτροπες, γιατί οι δέσμες φωτός ακολουθούν μία μοναδική τροχιά

(κατά μήκος του άξονα του πυρήνα) και έτσι επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και επιφέρουν μικρότερη εξασθένηση σήματος. Από τις πολύτροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται περισσότερο αυτές με τυπική διάμετρο πυρήνα 62,5μm και επίστρωση διαμέτρου 125μm. Από τις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται περισσότερο αυτές που έχουν πυρήνα 8,3 μm και επίστρωση διαμέτρου 125 μm.

### Έλεγχοι ποιότητας

Η εγκατάσταση ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης γίνεται με ορισμένα πρότυπα. Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης γίνονται ορισμένοι έλεγχοι ποιότητας, ώστε να εξακριβωθεί αν η καλωδίωση πληροί τις προδιαγραφές που θέτουν τα συγκεκριμένα πρότυπα. Όσο αυξάνονται οι ανάγκες ενός δικτύου για διακίνηση μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών και υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης αυτών των πληροφοριών, τόσο αυξάνεται και η ανάγκη για κατασκευή της καλωδίωσης με προδιαγραφές που ανήκουν σε μεγαλύτερη κατηγορία ή κλάση σύμφωνα με τα αναγνωρισμένα διεθνή ή εθνικά πρότυπα (π.χ. ISO, EIA/TIA κ.λπ.).

Οι προδιαγραφές για κάθε κατηγορία ή κλάση καλωδίωσης αναφέρονται στο είδος των υλικών και στην ποιότητα της κατασκευής τους και προσδιορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις που θέτει η συγκεκριμένη κατηγορία για την ποιότητα στη μετάδοση των πληροφοριών. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται τόσο στα μέσα μετάδοσης όσο και στις συνδέσεις τους.

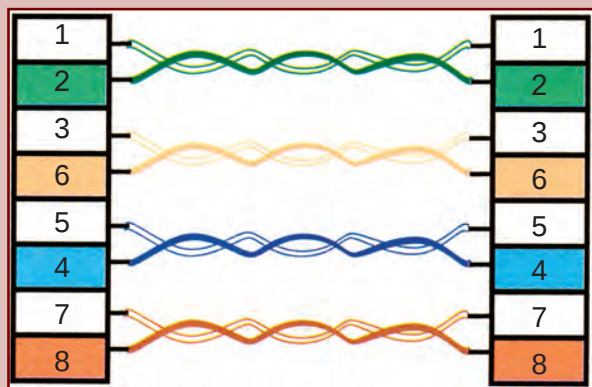
Όλα τα πρότυπα απαιτούν καταρχήν οι καλωδιώσεις να περνούν με επιτυχία από τρεις ελέγχους. Οι έλεγχοι αυτοί είναι ο *χάρτης καλωδίου*, η *εξασθένηση* και η *κοντινή αλληλεπίδραση (NEXT)*.

Κατόπιν, ακολουθούν και άλλοι έλεγχοι, όπως για το λόγο *εξασθένησης προς αλληλεπίδραση*

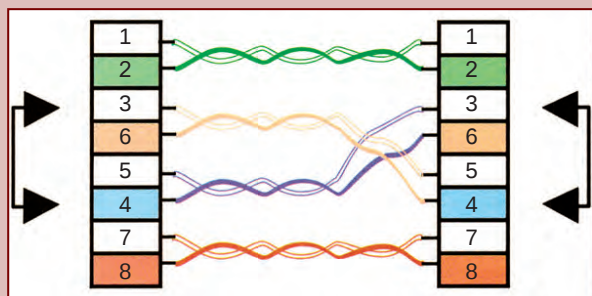
(ACR), τις απώλειες λόγω επιστροφής (return loss) κ.λπ..

Ο χάρτης καλωδίου χρησιμοποιείται για να διαπιστώσει σφάλματα συρμάτωσης, όπως την αναστροφή ζευγαριού (η πολικότητα των συρμάτων ενός ζευγαριού αναστρέφεται στο ένα άκρο του καλωδίου), τη διασταύρωση ζευγαριού (οι δυο αγωγοί σε ένα ζευγάρι συνδέονται στη θέση ενός διαφορετικού ζευγαριού στη μακρινή σύνδεση), το διαχωρισμό ζευγαριών (η συνέχεια από άκρη σε άκρη διατηρείται, αλλά τα κανονικά ζευγάρια είναι χωρισμένα).

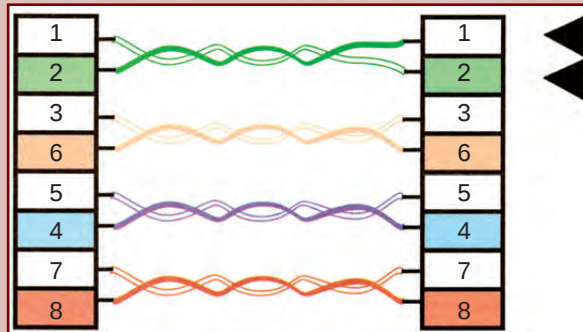
Στα παρακάτω σχήματα έχουμε μια σωστή διάταξη της συρμάτωσης του καλωδίου και τρεις διατάξεις με τις συνηθισμένες λανθασμένες συνδέσεις.



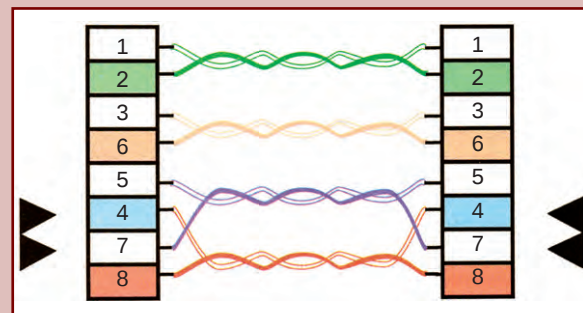
Σωστή συρμάτωση 4 ζευγαριών.



Το λάθος της διασταύρωσης ζευγαριού.



Το λάθος της αναστροφής ζευγαριού.



Το λάθος του διαχωρισμού ζευγαριού.

Ο χάρτης καλωδίου είναι θεμελιώδης έλεγχος, αλλά είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η σωστή συρμάτωση δεν βεβαιώνει την απόδοση σε όλο το εύρος ζώνης. Έλεγχοι που εξαρτώνται από τη συχνότητα, όπως αυτοί της εξασθένησης, της κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT) και των απωλειών λόγω επιστροφής (return loss), αποτελούν κλειδιά για τη διαβεβαίωση ότι η καλωδίωση είναι ικανή να υποστηρίξει εφαρμογές με υψηλές ταχύτητες.

Η εξασθένηση είναι η απώλεια της ισχύος του σήματος σε δεδομένο μήκος καλωδίωσης. Αυτή προκαλείται κυρίως από την απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η χαμένη ενέργεια εκφράζεται σε ντεσιμπέλ (dB). Όσο λιγότερα dB είναι η απώλεια, τόσο καλύτερα για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Η εξασθένηση, ιδιαίτερα έντονη στα χάλκινα σύρματα (UTP) που βασικά χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση, εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου, τον αριθμό των συνδέσεων, τη συχνότητα του

μεταφερόμενου σήματος και κυρίως από τη διάμετρο των αγωγών. Μικρότερη διάμετρος σημαίνει μεγαλύτερη εξασθένηση. Ένας άλλος πιθανός λόγος για υπερβολική εξασθένηση είναι οι χαλαρές τερματικές συνδέσεις. Για να εντοπίσουμε αυτή την αιτία, συγκρίνουμε την εξασθένηση στα 4 ζευγάρια. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 11801, η μέγιστη απόσβεση που μετρείται σε μια πρίζα για την κλάση D, που περιλαμβάνει καλώδια και συνδέσεις, στα 100 MHz δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 23,2 dB, ανεξάρτητα από το μήκος του καλωδίου (φυσικά υπάρχει ο περιορισμός των 100 μέτρων της οριζόντιας καλωδίωσης).

Η αλληλεπίδραση είναι σήμα που μεταδίδεται από ένα συνεστραμμένο ζεύγος στο διπλανό του, μέσα στο ίδιο καλώδιο. Βέβαια, η συστροφή των ζευγών μειώνει σημαντικά την αλληλεπίδραση, γι' αυτό πρέπει να διατηρείται με επιμέλεια μέχρι το τελευταίο σημείο σύνδεσης, στον κατανεμητή ή στην πρίζα. *Η αποσυστροφή των ζευγών στα σημεία σύνδεσης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 13 mm.* Η αλληλεπίδραση είναι ανεπιθύμητη και μπορεί να προκαλέσει επικοινωνιακά προβλήματα (π.χ. συνακροάσεις στο τηλεφωνικό δίκτυο ή λάθος μετάδοση δεδομένων στο δίκτυο υπολογιστών), γι' αυτό πρέπει να βεβαιωθούμε ότι τα επίπεδα παρεμβολής βρίσκονται κάτω από κάποιο αποδεκτό όριο που θέτουν τα πρότυπα καλωδίωσης της συγκεκριμένης κατηγορίας ή κλάσης που χρησιμοποιούμε. Η αλληλεπίδραση είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Ο έλεγχος *κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT)* μετρά την αλληλεπίδραση εκπέμποντας ένα συγκεκριμένο σήμα ελέγχου σε ένα ζευγάρι και μετρώντας τη στάθμη του επαγόμενου σήματος σε ένα γειτονικό ζευγάρι του ίδιου καλωδίου. Η τιμή NEXT υπολογίζεται ως η διαφορά στη στάθμη μεταξύ του εκπεμπόμενου σήματος ελέγχου και του επαγόμενου σήματος στο

γειτονικό προς έλεγχο ζευγάρι. Οι μετρήσεις γίνονται από την ίδια πλευρά (Near End) του καλωδίου. Η διαφορά στη στάθμη των δύο σημάτων (λόγος σε ντεσιμπέλ) μας δίνει την τιμή NEXT. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σε dB τόσο μικρότερη είναι η αλληλεπίδραση σε αυτά τα δύο ζεύγη, δηλαδή τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα. Η τιμή NEXT μετρείται σε όλα τα ζεύγη του καλωδίου, τα οποία λαμβάνονται ανά δύο και λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη τιμή, δηλαδή η μικρότερη. Σε ένα καλώδιο UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών έχουμε 6 συνδυασμούς των ζευγών από τη μια πλευρά του καλωδίου και 6 συνδυασμούς των ζευγών από την άλλη πλευρά του καλωδίου. Η αλληλεπίδραση αυξάνεται, δηλαδή *μειώνεται η τιμή NEXT σε dB, όσο αυξάνεται η συχνότητα του σήματος*, γι' αυτό οι μετρήσεις NEXT πρέπει να γίνονται σε διαφορετικές συχνότητες ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή συχνοτήτων της κατηγορίας ή κλάσης. Π.χ. στην κλάση D και στη συχνότητα 100 MHz η ελάχιστη τιμή NEXT είναι 24 dB.

Ο λόγος εξασθένησης προς αλληλεπίδραση (ACR) ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT σε dB (στην αρχή του καλωδίου) και της εξασθένησης του σήματος σε dB (στο τέλος του καλωδίου). *Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή ACR σε dB, τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.* Η τιμή ACR πρέπει να υπολογίζεται και για τις δύο πλευρές ενός καλωδίου και να λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη (μικρότερη) τιμή.

Η σύνθετη αντίσταση των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι 100 Ω και η τιμή αυτή θα πρέπει να διατηρείται σταθερή (15%) κατά μήκος όλου του καλωδίου και στο εύρος ζώνης των συχνοτήτων του. Η ομαλή λειτουργία των τοπικών δικτύων υπολογιστών (LAN) στηρίζεται σε μια σταθερή σύνθετη αντίσταση των καλωδίων του συστήματος. Απώτερες αλλαγές σ' αυτή την αντίσταση προκαλούν εσωτερικές ανακλάσεις σημάτων,

που μπορεί να διαστρεβλώσουν τη μετάδοση των σημάτων μέσω των καλωδίων του δικτύου και να προκαλέσουν προβλήματα στο δίκτυο. Όταν η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου αποκλίνει από τη χαρακτηριστική τιμή των 100 Ω, τότε εμφανίζονται οι απώλειες λόγω επιστροφής (return loss). Σε απλούς όρους, μπορεί κάποιος να φέρει στο νου του την ηχώ που δημιουργείται από τις αλλαγές της σύνθετης αντίστασης. Τα συνεστραμμένα ζευγάρια δεν έχουν απόλυτα όμοιες σύνθετες αντιστάσεις. Οι αλλαγές στη συστροφή των ζευγαριών, η απόσταση μεταξύ αγωγών, η μεταχείριση του καλωδίου, η δομή του, το μήκος του οριζόντιου τμήματος, διαφορές στα patch cords, διαφορές στις διαμέτρους χαλκού, σύνθεση της μόνωσης και άλλοι παράγοντες συνεισφέρουν σε μικρές αποκλίσεις της σύνθετης αντίστασης. Επιπλέον, όλοι οι συνδετήρες μπορεί να μην έχουν ίδια σύνθετη αντίσταση. Κάθε αλλαγή στη σύνθετη αντίσταση προκαλεί αμέσως απώλεια επιστροφής (return loss) και συνεπάγεται απώλεια σήματος (εξασθένηση). Οι απώλειες λόγω επιστροφής είναι η διαφορά μεταξύ της ισχύος ενός μεταδιδόμενου σήματος και της ισχύος από το σήμα των ανακλάσεων που δημιουργούνται λόγω αποκλίσεων της τιμής της σύνθετης αντίστασης του καλωδίου από τη χαρακτηριστική της τιμή. Όσο υψηλότερη είναι αυτή η διαφορά (δηλαδή δεν χάνεται σήμα), τόσο περισσότερο ταιριάζει η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου με τη χαρακτηριστική αντίσταση.

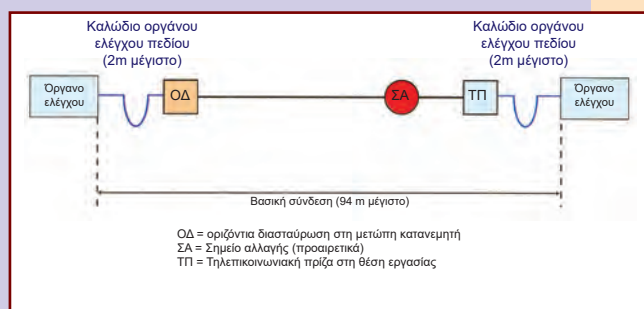
## Πρότυπα καλωδίωσης

Τρία είναι τα κύρια πρότυπα καλωδίωσης που χρησιμοποιούνται σήμερα, ένα αμερικάνικο (EIA/TIA 568), ένα διεθνές (ISO/IEC 11801) και ένα ευρωπαϊκό (EN 50173). Το ευρωπαϊκό πρότυπο ακολουθεί στενά το διεθνές ISO/IEC.

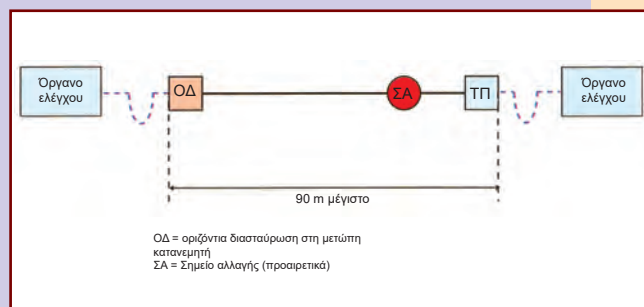
Τα πρότυπα συνεχώς αναβαθμίζονται και συνεπώς ένα καλωδιακό σύστημα σήμερα έχει πρόσθετα κριτήρια να αντιμετωπίσει σε σχέση με

αυτά που ορίζονταν παλιότερα.

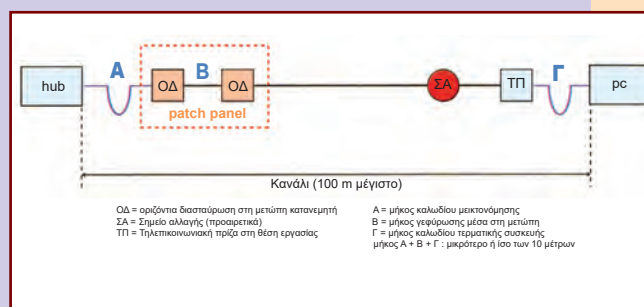
Οι ορισμοί για το *σύνδεσμο (link)* και το *κανάλι (channel)* είναι σημαντικοί, γιατί αυτοί καθορίζουν τι περιλαμβάνεται και τι πρέπει να ελεγχθεί και επιδρούν στην αναμενόμενη λειτουργικότητα.



**Ο βασικός σύνδεσμος (TIA)**



**Ο μόνιμος σύνδεσμος (ISO, TIA)**



**Κανάλι (TIA, ISO)**

## Οδηγίες εγκατάστασης

Σε κάθε εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης, για να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές μιας

κατηγορίας ή κλάσης που θέλουμε, πρέπει όλα τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται (καλώδια, συνδετήρες, κατανεμητές κ.λπ.) να είναι της ίδιας ή ανώτερης κατηγορίας. Εάν στην εγκατάσταση τοποθετηθούν εξαρτήματα διαφορετικών κατηγοριών, ο χαρακτηρισμός του δικτύου επηρεάζεται από το εξάρτημα που ανήκει στην χαμηλότερη κατηγορία.

Για να χαρακτηριστεί αν ένα δίκτυο ανήκει σε μια κατηγορία, κατά τον έλεγχο και τις δοκιμές συνυπολογίζονται πολλοί τεχνικοί παράγοντες (τερματισμός καλωδίων, καταπονήσεις, συστροφές, κακώσεις καλωδίων κ.λπ.). Το γεγονός ότι τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ένα δίκτυο ανήκουν σε μια ορισμένη κατηγορία δε συνεπάγεται ότι και το δίκτυο αυτόματα θα ανήκει και στην ίδια κατηγορία. Και μικρές ακόμα κακοτεχνίες μειώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατηγορίας των υλικών.

Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός και να μην υποτιμά την σημασία κάποιων λεπτομερειών κατά την εγκατάσταση. Ιδιαίτερα, κατά την εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- ❖ Να μη χρησιμοποιείται το ίδιο καλώδιο για εφαρμογές φωνής (τηλέφωνα) και δεδομένων (υπολογιστές).
- ❖ *Τερματισμός καλωδίων.* Τα καλώδια τηλεφώνων τερματίζουν σε ξεχωριστές μετώπες μεικτονόμησης (patch panels) από αυτές των υπολογιστών. Η αποσυστροφή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,3 cm. Η απογύμνωση του εξωτερικού μανδύα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,5 cm.
- ❖ *Τοποθέτηση καλωδίων.* Αν περισσεύει υπερβολικό κομμάτι καλωδίου, είναι προτιμότερο να το κόψετε παρά να το τυλίξετε. Στο τυλιγμένο καλώδιο η εσωτερική

διάμετρος, να είναι μεγαλύτερη από 1 μέτρο. Αν το μονωτικό υλικό του καλωδίου έχει καταστραφεί, μην το επιδιορθώνετε με μονωτική ταινία. Αν κατά λάθος κάπου έχει σφηνώσει το καλώδιο, μην το τραβάτε απότομα και με δύναμη από μακριά. Τα καλώδια πρέπει να τοποθετούνται σωστά, σε πλαστικά κανάλια ή μεταλλικές σχάρες, και να μη σφίγγονται πολύ από τους πλαστικούς σφικτήρες (δεματικά).

- ❖ *Επιλογή κατάλληλων υλικών.* Να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι ακροδέκτες και τα κατάλληλα καλώδια, με κριτήριο τη συμβατότητα με το χρησιμοποιούμενο τύπο καλωδίου και την κατηγορία του δικτύου. Ο ακροδέκτης και η πρίζα τύπου RJ 45 αποτελούν τα πλέον αποδεκτά και κατά συνέπεια χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης.
- ❖ *Αποφυγή καταπονήσεων.* Να αποφεύγονται κακώσεις, συστροφές, κόμπι, μικρές ακτίνες καμπυλότητας, τσακίσματα και εφελκυσμοί. Μην πατάτε πάνω στα καλώδια και μην τοποθετείτε πάνω τους βαριά αντικείμενα. Καλύψτε τις αιχμηρές γωνίες στο κανάλι με μονωτικό υλικό. *Να συμπεριφέρεστε στα καλώδια σα να είναι «εύθραυστο υλικό».*
- ❖ *Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος.* Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος του οριζοντίου μέρους του δικτύου (από τον κατανεμητή μέχρι την πρίζα της θέσης εργασίας) δεν πρέπει να ξεπερνά τα 90 μέτρα.
- ❖ *Σήμανση καλωδίων.* Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σήμανση των καλωδίων στα σημεία του τερματισμού, και από τη πλευρά των πριζών και από τη πλευρά των κατανεμητών.
- ❖ *Αποφυγή προεκτάσεων.* Δεν επιτρέπονται οι κολλήσεις και οι κάθε είδους προεκτάσεις των καλωδίων.
- ❖ *Σωστός και ενιαίος τρόπος τερματισμού.* Ο τρόπος τερματισμού πρέπει να γίνεται με

βάση μόνο το ένα από τα δύο συγκεκριμένα πρότυπα, το T568A ή το T568B. Όποιο όμως από τα δύο πρότυπα επιλεγεί, θα πρέπει να ισχύσει για όλο το δίκτυο.

- ❖ *Αποφυγή έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες.* Η άνοδος της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση των απωλειών.
- ❖ *Αποφυγή γεινίασης με καλώδια ισχυρών ρευμάτων.* Τα καλώδια ασθενών ρευμάτων πρέπει να τρέχουν σε ξεχωριστό κανάλι. Τα καλώδια δομημένης καλωδίωσης πρέπει να απέχουν από τα καλώδια ισχυρών ρευμάτων τουλάχιστον 5 cm στην οριζόντια καλωδίωση και 30 cm στην κατακόρυφη. Ιδιαίτερα, πρέπει να τηρείται απόσταση 30 cm κατά την όδευσή τους από μηχανήματα ή συσκευές που προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Στην περίπτωση διασταύρωσης καλωδίων ασθενών και ισχυρών ρευμάτων, τα καλώδια αυτά πρέπει να οδεύουν κάθετα, όπου αυτό είναι εφικτό.
- ❖ Το καλώδιο δεν πρέπει να κόβεται πολύ μικρό. Το μέρος που συνδέεται με την πρίζα πρέπει να έχει περιθώριο, για να μπορεί να συνδεθεί ξανά σε περίπτωση λάθους ακόμη και στην περίπτωση αντικατάστασης της πρίζας. Από το μέρος του κατανεμητή πρέπει να υπάρχει αρκετό εφεδρικό μήκος για αλλαγή της θέσης ή για τυχόν επανασυνδέσεις. Η αποσυστροφή των ζευγαριών περισσότερο από το κανονικό προκαλεί αύξηση της παρενόχλησης (αλληλεπίδρασης) που δέχεται το κάθε ζευγάρι από τα γειτονικά του.
- ❖ Να τερματίζονται και τα οκτώ σύρματα του καλωδίου, ακόμη και αν η εφαρμογή απαιτεί λιγότερα.
- ❖ *Σωστή γείωση.* Τα καλώδια τα οποία διαθέτουν θωράκιση πρέπει απαραίτητα να γειώνονται. Αυτό επιτυγχάνεται με την αγωγήμη σύνδεση του αγωγού γείωσης του καλωδίου με τον αντίστοιχο ακροδέκτη της πρίζας. Οι ακροδέκτες γείωσης των

πριζών, των κατανεμητών και των άλλων μερών του δικτύου θα πρέπει να γειώνονται στους κόμβους γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου. Τα μηχανήματα πληροφορικής δεν πρέπει να χρησιμοποιούν ανεξάρτητες γειώσεις αλλά τις ίδιες με την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση.

- ❖ Οι πρίζες και τα patch panels πρέπει να φέρουν ετικέτες οι οποίες να τακτοποιούν συγκεκριμένες γραμμές και, αν απαιτείται, να αναγράφεται και η χρήση.
- ❖ Τα διάφορα πεδία του κατανεμητή πρέπει να είναι σαφώς διαχωρισμένα και να φέρουν ευκρινή σήμανση.
- ❖ Οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευανάγνωστες και ανεξίτηλες.
- ❖ Τα καλώδια πρέπει να φέρουν ειδικά εξαρτήματα σήμανσης, και από το μέρος της πρίζας και από το μέρος του patch panel. Δεν επιτρέπεται η σήμανση με μαρκαδόρο επάνω στο καλώδιο.

Μετά την εγκατάσταση, ελέγχονται σχολαστικά από εξειδικευμένους τεχνικούς όλοι οι μόνιμοι σύνδεσμοι και τα κανάλια του δικτύου και, εάν οι μετρήσεις τηρούν τις προδιαγραφές που θέτουν τα πρότυπα για τη συγκεκριμένη κλάση ή κατηγορία, συντάσσεται σχετικό πρακτικό.

Ένα δίκτυο μπορεί να έχει κατασκευαστεί υποδειγματικά, να έχει παραδοθεί και έπειτα λόγω επεμβάσεων του χρήστη ή κακοτεχνιών του συντηρητή ηλεκτρολόγου, να αρχίσει να υποβαθμίζεται και να διαφοροποιούνται τα χαρακτηριστικά του.

# 8 Ερωτήσεις - Ασκήσεις

## Ομάδα Α:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

**1.** Από τα καλώδια της δομημένης καλωδίωσης περνούν ρεύματα τάσης 230 V.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**2.** Στη δομημένη καλωδίωση όλα τα υλικά είναι απολύτως τυποποιημένα.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**3.** Στη δομημένη καλωδίωση, για να γίνει επέκταση του δικτύου, σταματά προσωρινά η λειτουργία του υπάρχοντος δικτύου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**4.** Κατά τη σχεδίαση ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης, πρέπει να είναι γνωστές οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**5.** Σε ένα κτίριο με εγκαταστημένη δομημένη καλωδίωση, εάν ένας εργαζόμενος αλλάξει θέση και μεταφερθεί σε καινούργιο γραφείο σε άλλο όροφο, μπορεί να διατηρήσει τον παλιό αριθμό τηλεφώνου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**6.** Τα χαρακτηριστικά ποιότητας και επιδόσεων μιας δομημένης καλωδίωσης εξασφαλίζονται μόνο αν τηρηθούν κατά την εγκατάσταση τα πρότυπα που δημοσιεύουν αναγνωρισμένοι οργανισμοί τυποποίησης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**7.** Στην ίδια αίθουσα που τοποθετείται ο κεντρικός κατανεμητής συνυπάρχει και το τηλεφωνικό κέντρο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**8.** Στην ίδια αίθουσα που τοποθετείται ο κεντρικός κατανεμητής τοποθετούνται και συσκευές ισχυρών ρευμάτων, όπως π.χ. τα UPS.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**9.** Η απόσταση χάλκινου καλωδίου μεταξύ ενός κατανεμητή και μιας πρίζας υπολογιστή πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90 μέτρα.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**10.** Ο ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου τοποθετείται για αισθητικούς λόγους.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**11.** Οι μετώπες μεικτονόμησης ονομάζονται και patch panels.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**12.** Οι μετώπες μεικτονόμησης καλωδίων χαλκού περιέχουν μηχανισμούς πριζών RJ45, ανάλογους με τον τύπο του καλωδίου που τερματίζει σε αυτές.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**13.** Οι μετώπες μεικτονόμησης πρακτικά

δείχνουν την προέλευση και τον προορισμό κάθε καλωδίου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**14.** Οι μετώπες μεικτονόμησης έχουν τυποποιημένο ύψος 1 Unit = 4,5 cm.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**15.** Οι οριολωρίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των μετωπών μεικτονόμησης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**16.** Οι μετώπες μεικτονόμησης καλωδίων οπτικών ινών περιέχουν μηχανισμούς πριζών RJ45

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**17.** Τα καλώδια μεικτονόμησης ονομάζονται και patch cords.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**18.** Τα καλώδια μεικτονόμησης ενώνουν τις μετώπες μεικτονόμησης μέσα στο κιβώτιο του κατανεμητή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**19.** Οι μετώπες διευθέτησης χρησιμεύουν στην καλή οργάνωση και κυκλοφορία των καλωδίων μέσα στον κατανεμητή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**20.** Το καλώδιο, από τον κεντρικό εξυπηρετητή (server) οδηγείται στο hub του κεντρικού κατανεμητή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**21.** Μέσα από τη συσκευή hub περνάνε τα καλώδια των τηλεφώνων.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**22.** Η συσκευή hub σ' έναν κατανεμητή ορόφου συνδέεται σε τοπολογία αστέρα με

τους υπολογιστές του ορόφου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**23.** Ο δρομολογητής (router) μας συνδέει με το Internet.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**24.** Ο δρομολογητής (router) τοποθετείται συνήθως σε κάθε όροφο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**25.** Σε κάθε θέση εργασίας τοποθετείται μία τουλάχιστον πρίζα RJ45.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**26.** Εάν απαιτείται προσαρμογή κατά τη σύνδεση συσκευής σε πρίζα, επιβάλλεται ο ηλεκτρολόγος να επεμβαίνει στο εσωτερικό της πρίζας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**27.** Στις πρίζες στις οποίες πρόκειται να συνδεθεί τηλέφωνο, δε συνδέονται και οι 8 αγωγοί του χάλκινου καλωδίου των 4 ζευγών.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**28.** Η ωμική αντίσταση ενός χάλκινου καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μακρύτερο είναι το καλώδιο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**29.** Όσο αυξάνεται η συχνότητα ενός ηλεκτρικού σήματος που περνά μέσα από ένα χάλκινο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, τόσο αυξάνεται και η επαγωγική αντίσταση που προβάλλει αυτό το καλώδιο στο σήμα.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**30.** Στην ίδια συχνότητα σήματος, οι μονόκλωνοι αγωγοί παρουσιάζουν

μεγαλύτερη εξασθένηση από τους πολύκλωνους της ίδιας συνολικής διαμέτρου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**31.** Το ντεσιμπέλ (dB) είναι μονάδα μέτρησης του λόγου ισχύος δύο σημάτων.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**32.** ο ντεσιμπέλ (dB) είναι μονάδα μέτρησης του λόγου των τάσεων δύο σημάτων.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**33.** Οι πρίζες πληροφορικής συνδέονται σύμφωνα με το πρότυπο TIA 568A και οι πρίζες τηλεφώνου σύμφωνα με το πρότυπο TIA 568B.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**34.** Η απόσβεση ενός σήματος υψηλής συχνότητας, για δεδομένη απόσταση, είναι μεγαλύτερη σε ένα κύκλωμα οπτικών ινών από ό,τι σε ένα κύκλωμα συνεστραμμένων ζευγών.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**35.** Το αμερικανικό πρότυπο της TIA για τη δομημένη καλωδίωση εφαρμόζεται μόνο στη Βόρεια Αμερική.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**36.** Το αμερικανικό πρότυπο της TIA και το διεθνές της ISO συμπίπτουν στα όρια τιμών των ελέγχων που θέτουν.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**37.** Ο βασικός σύνδεσμος, σύμφωνα με τον ορισμό του προτύπου της TIA περιλαμβάνει 90 μέτρα μέγιστη οριζόντια καλωδίωση (στην οποία συμπεριλαμβάνονται η πρίζα της θέσης εργασίας και η πρίζα της μετώπης μεικτονόμησης) και 4 μέτρα για τα κορδόνια

των οργάνων ελέγχου.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**38.** Το κανάλι, όπως περιγράφεται στα πρότυπα της TIA και του ISO, περιλαμβάνει 100 μέτρα μέγιστη οριζόντια καλωδίωση, από το σημείο εξόδου του υπολογιστή μέχρι το σημείο εισόδου του hub του κατανεμητή (συμπεριλαμβάνονται όλες οι ενδιάμεσες πρίζες).

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**39.** Το καλώδιο σύνδεσης του υπολογιστή συμπεριλαμβάνεται στον ορισμό του καναλιού, δε συμπεριλαμβάνεται όμως ο συνδετήρας (connector) του κορδονιού με τον υπολογιστή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**40.** Το καλώδιο σύνδεσης μεταξύ της πρίζας της μετώπης μεικτονόμησης και του hub συμπεριλαμβάνεται στον ορισμό του καναλιού, δε συμπεριλαμβάνεται όμως ο συνδετήρας (connector) του κορδονιού με το hub.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**41.** Τα καλώδια από τις πρίζες τηλεφώνου σε ένα κατανεμητή καταλήγουν στην ίδια μετώπη (patch panel) που καταλήγουν και τα καλώδια από τις πρίζες πληροφορικής.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

**42.** Οι εφαρμογές φωνής και οι εφαρμογές data μοιράζονται το ίδιο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐



## Ομάδα Β:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

1. Ένα καλώδιο UTP περιλαμβάνει:

- α) μονωμένους χάλκινους αγωγούς
- β) μονωμένους χάλκινους αγωγούς, αθωράκιστους, συνεστραμμένους κατά ζεύγη
- γ) μονωμένους χάλκινους αγωγούς συνεστραμμένους κατά ζεύγη, με εξωτερική μεταλλική θωράκιση
- δ) μονωμένους χάλκινους αγωγούς συνεστραμμένους κατά ζεύγη, με μεταλλική θωράκιση κατά ζεύγος

2. Ένα καλώδιο UTP 4 ζευγών τερματίζει σε μία πρίζα RJ45 που φέρει:

- α) 2 επαφές
- β) 4 επαφές
- γ) 6 επαφές
- δ) 8 επαφές

3. Ο ελάχιστος αριθμός πριζών δομημένης καλωδίωσης σε μια αίθουσα 50 m<sup>2</sup> είναι:

- α) 2
- β) 4
- γ) 6
- δ) 10

4. Το οικονομικότερο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών είναι το:

- α) STP
- β) FTP
- γ) UTP
- δ) SSTP

5. Το καλώδιο που προσφέρει τη μεγαλύτερη προστασία σε κάθε είδους θόρυβο είναι το:

- α) STP
- β) FTP
- γ) UTP
- δ) SSTP

6. Η σύνθετη αντίσταση ενός καλωδίου UTP σε ένα σήμα που η συχνότητά του κυμαίνεται μεταξύ 1 kHz και 1 MHz:

- α) μειώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα
- β) αυξάνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα
- γ) μένει σταθερή, ανεξάρτητα από τη συχνότητα
- δ) εξαρτάται αποκλειστικά από το μήκος του καλωδίου

7. Η σύνθετη αντίσταση ενός καλωδίου UTP σε ένα σήμα που η συχνότητά του κυμαίνεται μεταξύ 1 MHz και 100 MHz:

α) μειώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα  
 β) αυξάνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα  
 γ) μένει σταθερή, ανεξάρτητα από τη συχνότητα  
 δ) εξαρτάται αποκλειστικά από το μήκος του καλωδίου

8. Το επιδερμικό φαινόμενο συναντάται:

α) στο συνεχές ρεύμα  
 β) στο εναλλασσόμενο χαμηλής συχνότητας  
 γ) στο εναλλασσόμενο υψηλής συχνότητας  
 δ) και στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα

9. Η ισχύς ενός σήματος A είναι  $P_A = 200 \text{ mW}$  και ενός σήματος B είναι  $P_B = 20 \text{ mW}$ . Ο λόγος ισχύος των δύο σημάτων  $[10\log(P_A/P_B)]$  σε ντεσιμπέλ (dB) είναι:

α) 1 dB      β) 2 dB      γ) 10 dB      δ) 20 dB

10. Η τάση ενός σήματος A είναι  $V_A = 200 \text{ mV}$  και ενός σήματος B είναι  $V_B = 20 \text{ mV}$ . Ο λόγος ισχύος των δύο σημάτων  $[20\log(V_A/V_B)]$  σε ντεσιμπέλ (dB) είναι:

α) 1 dB      β) 2 dB      γ) 10 dB      δ) 20 dB

11. Όταν δύο σήματα έχουν διαφορά 6 dB, τότε το ένα έχει σε σχέση με το άλλο:

α) 6 φορές μεγαλύτερη τάση  
 β) 4 φορές μεγαλύτερη τάση  
 γ) 3 φορές μεγαλύτερη τάση  
 δ) 2 φορές μεγαλύτερη τάση

12. Ένα σήμα με τάση α φθάνει με ακτινική διάταξη σε τέσσερις διαφορετικούς δέκτες, με τις παρακάτω τιμές σε dB. Ποιο είναι το πιο ισχυρό σήμα;

α) α-3 dB      β) α-6 dB      γ) α-9 dB      δ) α-10 dB

**13. Το σήμα που φθάνει σε ένα δέκτη A έχει τάση  $\alpha$ -3 dB, ενώ το σήμα που φθάνει σε ένα δέκτη B έχει τάση  $\alpha$ -23 dB. Το σήμα του δέκτη A έχει τάση, σε σχέση με το δέκτη B:**

- α) 2 φορές μεγαλύτερη
- β) 4 φορές μεγαλύτερη
- γ) 10 φορές μεγαλύτερη
- δ) 20 φορές μεγαλύτερη

**14. Στην έξοδο ενός ενισχυτή έχουμε κέρδος 3dB. Επομένως, η ισχύς στην έξοδο του ενισχυτή, σε σχέση με την ισχύ στην είσοδο είναι:**

- α) 2 φορές μεγαλύτερη
- β) 3 φορές μεγαλύτερη
- γ) 4 φορές μεγαλύτερη
- δ) 10 φορές μεγαλύτερη

**15. Η ισχύς ενός σήματος στο τέλος μιας γραμμής είναι 20 φορές μικρότερη από ό,τι στην αρχή της γραμμής. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε απόσβεση στη γραμμή:**

- α) 3 dB
- β) 10 dB
- γ) 13 dB
- δ) 20 dB

**16. Οι αγωγοί των 4 ζευγών ενός χάλκινου καλωδίου συστρέφονται ανά δύο, κυρίως για να:**

- α) αυξηθεί η επαγωγική και χωρητική σύζευξη όλων των αγωγών
- β) μειωθεί ο εξωτερικός θόρυβος από παρακείμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία
- γ) μειωθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ των αγωγών του ίδιου καλωδίου
- δ) αυξηθεί η μηχανική αντοχή τους

**17. Για τη μείωση του θορύβου μεταξύ των 4 γειτονικών ζευγών ενός καλωδίου:**

- α) το καλώδιο φέρει εξωτερική θωράκιση από φύλλο αλουμινίου
- β) συστρέφονται όλα τα ζεύγη μαζί
- γ) συστρέφεται χωριστά το κάθε ζεύγος, με διαφορετικό μέσο βήμα τυλίγματος μικρότερο των 15 cm
- δ) συστρέφεται χωριστά το κάθε ζεύγος αλλά με το ίδιο μέσο βήμα τυλίγματος

18. Από τους παρακάτω αγωγούς καλωδίων, τη μεγαλύτερη διάμετρο έχει ο αγωγός με διατομή:

α) 20 AWG    β) 22 AWG    γ) 24 AWG    δ) 26 AWG

19. Στα καλώδια της κατηγορίας 5 περνούν ηλεκτρικά σήματα με συχνότητα μέχρι και:

α) 100 kHz    β) 16 MHz    γ) 20 MHz    δ) 100 MHz

20. Τα καλώδια της κατηγορίας 5 έχουν αριθμό συνεστραμμένων ζευγών τουλάχιστον:

α) 2    β) 4    γ) 6    δ) 25

21. Τα καλώδια της κατηγορίας 5 αντιστοιχούν στην κλάση:

α) A    β) B    γ) C    δ) D

22. Το μήκος του καλωδίου των 4 συνεστραμμένων ζευγών που θα αποσυστραφεί για τον τερματισμό σε μια πρίζα πρέπει να είναι μικρότερο από:

α) 1,3 mm    β) 1,3 cm    γ) 2,5 cm    δ) 13 cm

23. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την τιμή της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

| Στήλη Α                                                                                                                           | Στήλη Β                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ενισχυτής<br>2. Απόσβεση γραμμής<br>3. Σύνθετη αντίσταση καλωδίου δομημένης καλωδίωσης<br>4. Εύρος ζώνης καλωδίων κατηγορίας 5 | α. -20 dB<br>β. 100 Ω<br>γ. 0 έως 100 MHz<br>δ. +3 dB<br>ε. 50 V<br>στ. 100 kHz<br>ζ. 15 Ω |

**24. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας ή του ελέγχου της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την τιμή της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Στήλη Β                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Εύρος ακουστικής συχνότητας</li> <li>Εξασθένηση διερχόμενου σήματος, για καλώδια κατηγορίας 5 στα 100 MHz</li> <li>Τιμή NEXT, για καλώδια κατηγορίας 5 στα 100 MHz</li> <li>Τιμή αντίστασης βρόγχου σε συνεχές ρεύμα (DC), για καλώδια κατηγορίας 5 ανά 100 μέτρα</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>&lt;9,4 Ω</li> <li>&gt;32 dB</li> <li>0 - 5 MHz</li> <li>300-3400 Hz</li> <li>24 AWG</li> <li>100 Ω</li> <li>&lt;22 dB</li> </ol> |

**25. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας ή του ελέγχου της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την τιμή της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Ταξινόμηση καλωδιώσεων κατά τα πρότυπα της αμερικάνικης ένωσης TIA</li> <li>Ταξινόμηση καλωδιώσεων κατά τα πρότυπα του διεθνούς οργανισμού ISO</li> <li>Δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες</li> <li>Λόγος τάσεων δύο ηλεκτρικών σημάτων σε ντεσιμπέλ (dB)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Καλώδια STP</li> <li><math>20\log(V_A/V_B)</math></li> <li>Οπτικές ίνες</li> <li>Κατηγορίες</li> <li><math>10\log(V_A/V_B)</math></li> <li>Καλώδια UTP</li> <li>Κλάσεις</li> </ol> |

**26. Δίπλα στον αριθμό του όρου ή της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                      | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Κάρτα διασύνδεσης</li> <li>Modem</li> <li>Πρωτόκολλα επικοινωνίας</li> <li>Τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Κανόνες ελέγχου μετάδοσης</li> <li>Windows NT</li> <li>Σύνδεση Αθήνας-Θεσσαλονίκης</li> <li>Σύνδεση γειτονικών κτιρίων</li> <li>Σημείο σύνδεσης του υπολογιστή με το δίκτυο</li> <li>Λογισμικό υπολογιστών</li> <li>Μετατροπή ψηφιακών σημάτων σε αναλογικά και αντιστρόφως</li> </ol> |

**27. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας ή του όρου της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τις μονάδες της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                              | Στήλη Β                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Μονάδα ρυθμού ή ταχύτητας μετάδοσης</li> <li>2. Ethernet</li> <li>3. Fast Ethernet</li> <li>4. Gigabit Ethernet</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. m/ sec</li> <li>β. Hz</li> <li>γ. bit/sec</li> <li>δ. 1 Gigabit/sec</li> <li>ε. 100 Mb/sec</li> <li>στ. 0-100 MHz</li> <li>ζ. 10 Mb/sec</li> </ol> |

**28. Δίπλα στον αριθμό ελέγχου ποιότητας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                     | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Χάρτης καλωδίου</li> <li>2. Εξασθένηση</li> <li>3. NEXT (Κοντινή αλληλεπίδραση)</li> <li>4. ACR (Λόγος εξασθένησης προς αλληλεπίδραση)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. Το σήμα σε ένα ζευγάρι καθυστερεί σε σχέση με τα σήματα των άλλων ζευγαριών</li> <li>β. Η αποσυστροφή των ζευγών στα σημεία σύνδεσης δεν πρέπει να ξεπερνά το 1,3 cm</li> <li>γ. Αναστροφή ζευγαριών</li> <li>δ. Απότομες αλλαγές στη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου</li> <li>ε. Απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας</li> <li>στ. Ασυμμετρία αντίστασης</li> <li>ζ. Η φωνή του καθηγητή πρέπει να σκεπτάσει το θόρυβο στο βάθος του αμφιθέατρου</li> </ol> |

**29. Δίπλα στον αριθμό ελέγχου ποιότητας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                               | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Απώλειες λόγω επιστροφής</li> <li>2. Αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος (DC)</li> <li>3. Μήκος καλωδίου</li> <li>4. FEXT (Μακρινή αλληλεπίδραση)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. Η αλληλεπίδραση μετριέται στο μακρινό άκρο</li> <li>β. Εμφανίζεται ηχώ</li> <li>γ. Ασυμμετρία χωρητικότητας</li> <li>δ. Έλεγχος (ανεξάρτητος από συχνότητες) για κακές συνδέσεις που προσθέτουν σημαντική αντίσταση στην ένωση</li> <li>ε. Διαχωρισμός ζευγαριών</li> <li>στ. Το ηλεκτρικό μήκος είναι πάντα μεγαλύτερο, λόγω της συστροφής των αγωγών</li> <li>ζ. Όταν τα καλώδια γειτονεύουν, το ένα καλώδιο επηρεάζει το άλλο</li> </ol> |

**30. Δίπλα στον αριθμό των οδηγιών εγκατάστασης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τον αριθμό της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

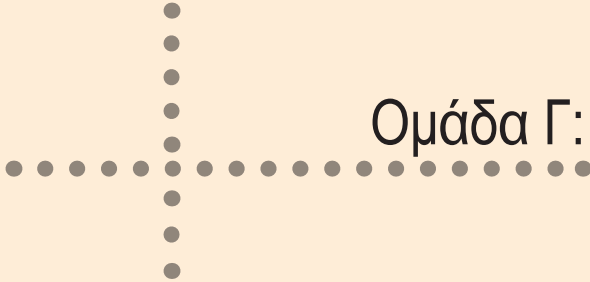
| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                                                                                | Στήλη Β                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Αποσυστροφή καλωδίου 4 συνεστραμμένων ζευγών</li> <li>2. Απογύμνωση εξωτερικού μανδύα καλωδίου 4 συνεστραμμένων ζευγών</li> <li>3. Εσωτερική διάμετρος τυλιγμένου καλωδίου</li> <li>4. Δύναμη εφελκυσμού καλωδίου</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>α. &lt;45 kg</li> <li>β. &lt;1 m</li> <li>γ. &gt;2,5 cm</li> <li>δ. &lt;2,5 cm</li> <li>ε. &lt;1,3 cm</li> <li>στ. &gt;1 m</li> <li>ζ. &lt;15 kg</li> </ol> |

**31. Δίπλα στον αριθμό των οδηγιών εγκατάστασης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τον αριθμό της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Στήλη Β                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> Μήκος χάλκινου οριζοντίου καλωδίου από τον κατανεμητή μέχρι την πρίζα θέσης εργασίας<br><b>2.</b> Ακτίνα κάμψης καλωδίου<br><b>3.</b> Απόσταση καλωδίων δομημένης καλωδίωσης από καλώδια ισχυρών ρευμάτων στην οριζόντια όδευση<br><b>4.</b> Απόσταση καλωδίων δομημένης καλωδίωσης από μηχανήματα ή συσκευές που προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές | <b>α.</b> >5 cm<br><b>β.</b> >1 m<br><b>γ.</b> >30 cm<br><b>δ.</b> <90 m<br><b>ε.</b> <90 cm<br><b>στ.</b> >2,5 cm<br><b>ζ.</b> <100 m |

**32. Δίπλα στον αριθμό των οδηγιών εγκατάστασης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:**

| Στήλη Α                                                                                                                                                                                                         | Στήλη Β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> Γείωση θωρακισμένων καλωδίων<br><b>2.</b> Γείωση πριζών και κατανεμητών<br><b>3.</b> Θερμοκρασία χώρου διέλευσης καλωδίων, με μόνωση από PVC<br><b>4.</b> Σήμανση των καλωδίων στα σημεία τερματισμού | <b>α.</b> Η σήμανση γίνεται με κόκκινο μαρκαδόρο για τους υπολογιστές και με μπλε για τα τηλέφωνα<br><b>β.</b> Ο αγωγός γείωσης του καλωδίου συνδέεται στον αντίστοιχο ακροδέκτη της πρίζας<br><b>γ.</b> Τα μηχανήματα πληροφορικής απαιτούν ανεξάρτητες γειώσεις<br><b>δ.</b> Όλοι οι έλεγχοι γίνονται σε θερμοκρασία 20 °C<br><b>ε.</b> Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία του χώρου, τόσο μειώνονται οι απώλειες ενέργειας του καλωδίου<br><b>στ.</b> Τα καλώδια φέρουν ειδικά εξαρτήματα σήμανσης, και από το μέρος της πρίζας και από το μέρος της μετώπης του κατανεμητή<br><b>ζ.</b> Όλοι οι ακροδέκτες γείωσης συνδέονται στους κόμβους γείωσης του δικτύου της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου |



## Ομάδα Γ:

1. Η θερμοκρασία επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων μιας δομημένης καλωδίωσης;
2. Μεταξύ πομπού και δέκτη μιας γραμμής παρεμβάλλονται δύο ενισχυτές σε σειρά. Η απόσβεση της γραμμής από τον πομπό μέχρι τον πρώτο ενισχυτή είναι -10 dB, το κέρδος του πρώτου ενισχυτή +3 dB, η απόσβεση της γραμμής μεταξύ των δύο ενισχυτών -8 dB, το κέρδος του δεύτερου ενισχυτή +5 dB και η απόσβεση της γραμμής από το δεύτερο ενισχυτή μέχρι το δέκτη -2 dB. Ποια είναι η συνολική τιμή της εξασθένησης του όλου κυκλώματος;
3. Τι γνωρίζετε για την αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης και πού βρίσκεται η αρχή αυτή εφαρμογή;
4. Γιατί οι αγωγοί των ζευγών ενός χάλκινου καλωδίου συστρέφονται ανά δύο;
5. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των οπτικών ινών έναντι των καλωδίων UTP.
6. Ποιοι παράγοντες συνεισφέρουν σε αποκλίσεις της σύνθετης αντίστασης ενός καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών από τη χαρακτηριστική τιμή της;
7. Τι συμβαίνει στις ταυτόχρονα αμφίδρομες μεταδόσεις (Full Duplex) ενός υπολογιστή;
8. Σε ποια σημεία παρουσιάζουν διαφορές το αμερικάνικο πρότυπο EIA/TIA-568A και το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 11801;
9. Ποιες είναι οι δυο προσεγγίσεις που προσφέρει το πρότυπο ISO για τη δομημένη καλωδίωση;
10. Ποιοι παράγοντες οδηγούν στην εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης;
11. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ μονότροπης και πολύτροπης οπτικής ίνας;
12. Ποιες είναι οι λειτουργίες του πομπού και του δέκτη σε ένα σύστημα οπτικών ινών;
13. «Η αντίσταση βρόχου (DC Resistance) ανά ζευγάρι, σε ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, δεν πρέπει να ξεπερνά τα  $9,4 \Omega/100 \text{ m}$ , ενώ η ασυμμετρία αντίστασης (DC Resistance Unbalance) μεταξύ των δύο αγωγών ενός οποιουδήποτε ζευγαριού δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%.» Αναπτύξτε την έννοια της ασυμμετρίας αντίστασης και υπολογίστε την επιτρεπτή τιμή της, όταν το καλώδιο είναι 50 m.
14. «Η αμοιβαία χωρητικότητα οποιουδήποτε ζευγαριού σε ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, στη συχνότητα 1 kHz και μετρημένη στους  $20^\circ \text{C}$  (ή αναγόμενη στους  $20^\circ \text{C}$ ) δεν πρέπει να ξεπερνά τα  $6,6 \text{ nF}$  ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 3 και τα  $5,6 \text{ nF}$  ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 5.» Αιτιολογήστε γιατί αναφερόμαστε στους  $20^\circ \text{C}$  στα 100 μέτρα και γιατί στα καλώδια κατηγορίας 5 το όριο της αμοιβαίας χωρητικότητας μειώνεται στα  $5,6 \text{ nF}$ ;

# Βιβλιογραφία<sup>1</sup>

## • Ελληνική

**ELDON**, «Data Πληροφορικής - τεχνικό φυλλάδιο εταιρείας», Αθήνα 2000.

**Iegrand, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΕΓΚΡΑΝ Α.Ε.Β.Ε.** «Τεχνικός οδηγός Ήχου - Δεδομένων - Εικόνas», Αθήνα 2001.

**The SIEMON COMPANY - USA**, «Κατάλογος 2000» της εταιρείας.

**Αλεξόπουλος Άρης - Λαγογιάννης Γιώργος**, «Τηλεπικοινωνίες & Δίκτυα Υπολογιστών»  
5η έκδοση, Αθήνα 1999.

**Κότσαλος Ευθύμιος**, «Εφαρμογές Δομημένης Καλωδίωσης», Αθήνα 1999.

**Σκουλάτος Β.**, «Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα», Εκδόσεις Ο.Τ.Ε –  
Δ/ση Συντήρησης, Αθήνα 2000.

**Ψυχογιός Διονύσιος**, «Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα»,  
εταιρείας CENTRAL Α.Ε.Β.Ε. Αθήνα 1999.

*«Ευχαριστούμε την ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΕΓΚΡΑΝ Α.Ε.Β.Ε. για την άδεια χρήσης σχημάτων από έντυπά της»*

## • Ξένα

**Groth David & Mc Bee Jim**, «Ο πλήρης οδηγός της εγκατάστασης δικτύων»,  
Εκδόσεις Γκιούρδα, Αθήνα 2001.

**PLASTICA VI ITALIANA S.p.A**, «LAN Cables», Rivera 2000  
<http://www.altavista.com> (μηχανή αναζήτησης).  
<http://www.encarta.msn.com/reference> (encyclopedia).  
<http://www.iso.ch> (Διεθνής οργανισμός τυποποίησης).  
<http://www.ccmwales.co.uk>  
<http://www.webopedia.com>

<sup>1</sup> Η παράθεση της βιβλιογραφίας είναι ενδεικτική. Οι μαθητές θα πρέπει να εξοικειωθούν με τις μηχανές αναζήτησης του Internet μέσω του οποίου, με τη χρήση κατάλληλων λέξεων - κλειδιά, θα ενημερώνονται για τις τελευταίες εξελίξεις. Επειδή όμως στο Internet μπορεί να γράφει ο καθένας ο,τιδήποτε και χωρίς έλεγχο, θα πρέπει η πληροφόρηση που παίρνουμε από αυτό να διασταυρώνεται και να ελέγχεται για την αξιοπιστία της.



# Παραρτήματα Κεφαλαίων

## Παράρτημα Φωτοτεχνίας

### Π1

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ    | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |      |                            |      |      |             |      |      |                            |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                     |                |                |
|--------------------------|------------------------------------------------------|------|----------------------------|------|------|-------------|------|------|----------------------------|------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | v                                                    | k    | r <sub>c</sub> 0.7         |      |      | 0.5         |      |      | r <sub>c</sub> 0.3         |      |                         | μ <sub>A</sub>                      | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |
| ΑΜΕΣΟΣ                   | %                                                    |      | r <sub>w</sub> 0.5 0.3 0.1 |      |      | 0.5 0.3 0.1 |      |      | r <sub>w</sub> 0.5 0.3 0.1 |      |                         |                                     |                |                |
|                          | 0<br>↑<br>80<br>↓<br>80                              | 1    | 0.27                       | 0.21 | 0.17 | 0.26        | 0.21 | 0.17 | 0.26                       | 0.21 | 0.17                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>X X X |                |                |
|                          |                                                      | 1.2  | 0.32                       | 0.26 | 0.21 | 0.31        | 0.25 | 0.21 | 0.30                       | 0.25 | 0.21                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 1.5  | 0.38                       | 0.32 | 0.27 | 0.37        | 0.32 | 0.27 | 0.36                       | 0.31 | 0.27                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 2    | 0.46                       | 0.40 | 0.36 | 0.45        | 0.40 | 0.36 | 0.44                       | 0.39 | 0.36                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 2.5  | 0.51                       | 0.46 | 0.42 | 0.50        | 0.46 | 0.42 | 0.49                       | 0.45 | 0.42                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 3    | 0.55                       | 0.50 | 0.46 | 0.54        | 0.50 | 0.46 | 0.53                       | 0.49 | 0.46                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 4    | 0.61                       | 0.56 | 0.53 | 0.60        | 0.56 | 0.53 | 0.59                       | 0.55 | 0.53                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 5    | 0.64                       | 0.60 | 0.57 | 0.63        | 0.60 | 0.57 | 0.62                       | 0.60 | 0.57                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 6    | 0.67                       | 0.63 | 0.61 | 0.66        | 0.63 | 0.60 | 0.65                       | 0.62 | 0.60                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 8    | 0.70                       | 0.67 | 0.65 | 0.69        | 0.67 | 0.65 | 0.68                       | 0.66 | 0.65                    |                                     |                |                |
|                          | 10                                                   | 0.72 | 0.70                       | 0.68 | 0.71 | 0.69        | 0.67 | 0.71 | 0.69                       | 0.67 |                         |                                     |                |                |
|                          | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |      |                            |      |      |             |      |      |                            |      |                         | 1.65                                | 2.15           | X              |
|                          |                                                      | 1    | 0.29                       | 0.23 | 0.19 | 0.28        | 0.23 | 0.19 | 0.28                       | 0.23 | 0.19                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 1.2  | 0.35                       | 0.29 | 0.25 | 0.34        | 0.29 | 0.25 | 0.33                       | 0.28 | 0.25                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 1.5  | 0.42                       | 0.37 | 0.33 | 0.41        | 0.36 | 0.33 | 0.41                       | 0.36 | 0.33                    |                                     |                |                |
|                          |                                                      | 2    | 0.52                       | 0.47 | 0.44 | 0.51        | 0.47 | 0.44 | 0.50                       | 0.47 | 0.44                    |                                     |                |                |

## Π2

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ    | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |     |                    |      |      |      |      |      |                    |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                 |                |                |
|--------------------------|------------------------------------------------------|-----|--------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|-------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | v                                                    | k   | r <sub>c</sub> 0.7 |      |      | 0.5  |      |      | r <sub>c</sub> 0.3 |      |                         | μ <sub>A</sub>                  | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |
| ΗΜΙΑΜΕΣΟΣ                | %                                                    |     | r <sub>w</sub> 0.5 | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | r <sub>w</sub> 0.5 | 0.3  | 0.1                     |                                 |                |                |
|                          | 20                                                   | 1   | 0.27               | 0.21 | 0.17 | 0.25 | 0.20 | 0.16 | 0.23               | 0.19 | 0.15                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.25 | 1.40           | X              |
|                          |                                                      | 1.2 | 0.32               | 0.26 | 0.21 | 0.30 | 0.24 | 0.20 | 0.27               | 0.23 | 0.19                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 1.5 | 0.38               | 0.32 | 0.27 | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.33               | 0.28 | 0.24                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 2   | 0.46               | 0.40 | 0.35 | 0.43 | 0.37 | 0.33 | 0.39               | 0.35 | 0.32                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕΣΟΣ<br>1.45   | 1.80           | X              |
|                          |                                                      | 2.5 | 0.51               | 0.46 | 0.41 | 0.47 | 0.43 | 0.39 | 0.44               | 0.40 | 0.36                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 3   | 0.55               | 0.50 | 0.45 | 0.51 | 0.47 | 0.43 | 0.47               | 0.44 | 0.40                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 4   | 0.60               | 0.56 | 0.52 | 0.56 | 0.52 | 0.49 | 0.52               | 0.49 | 0.46                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΨΗΛΟΣ<br>X     | X              | X              |
|                          |                                                      | 5   | 0.64               | 0.60 | 0.56 | 0.60 | 0.56 | 0.53 | 0.56               | 0.53 | 0.50                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 6   | 0.66               | 0.63 | 0.59 | 0.62 | 0.59 | 0.56 | 0.58               | 0.56 | 0.53                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 8   | 0.70               | 0.67 | 0.64 | 0.66 | 0.63 | 0.61 | 0.61               | 0.59 | 0.57                    |                                 |                |                |
|                          | 68                                                   | 10  | 0.72               | 0.70 | 0.67 | 0.68 | 0.65 | 0.63 | 0.64               | 0.62 | 0.60                    |                                 |                |                |
|                          | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |     |                    |      |      |      |      |      |                    |      |                         |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 1   | 0.29               | 0.23 | 0.19 | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.28               | 0.23 | 0.19                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 1.2 | 0.35               | 0.29 | 0.25 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.33               | 0.28 | 0.25                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 1.5 | 0.42               | 0.37 | 0.33 | 0.41 | 0.36 | 0.33 | 0.41               | 0.36 | 0.33                    |                                 |                |                |
|                          |                                                      | 2   | 0.52               | 0.47 | 0.44 | 0.51 | 0.47 | 0.44 | 0.50               | 0.47 | 0.44                    |                                 |                |                |

## Π3

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ      |                                     | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |                    |      |      |      |      |      |      |      |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                |                |      |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|----------------|----------------|------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | v                                   | k                                                    | r <sub>c</sub> 0.7 |      |      | 0.5  |      |      | 0.3  |      |      | μ <sub>A</sub>          | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |      |
| ΑΜΕΣΟΣ                   | %                                   |                                                      | r <sub>w</sub> 0.5 | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  |                         |                |                |      |
| ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ    | 33                                  | 1                                                    | 0.29               | 0.24 | 0.20 | 0.29 | 0.23 | 0.20 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΧΑΜΗΛΟΣ | X              | X              | X    |
|                          |                                     | 1.2                                                  | 0.35               | 0.29 | 0.25 | 0.34 | 0.28 | 0.25 | 0.33 | 0.28 | 0.24 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 1.5                                                  | 0.41               | 0.36 | 0.31 | 0.41 | 0.35 | 0.31 | 0.40 | 0.35 | 0.31 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 2                                                    | 0.50               | 0.45 | 0.41 | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.44 | 0.41 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕΣΟΣ   | 1.40           | 1.70           | 1.90 |
|                          |                                     | 2.5                                                  | 0.55               | 0.50 | 0.47 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.53 | 0.50 | 0.46 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 3                                                    | 0.59               | 0.55 | 0.51 | 0.58 | 0.54 | 0.51 | 0.58 | 0.54 | 0.51 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 4                                                    | 0.65               | 0.61 | 0.58 | 0.64 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.57 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΨΗΛΟΣ  | 1.85           | 2.55           | 3.10 |
|                          |                                     | 5                                                    | 0.68               | 0.65 | 0.62 | 0.67 | 0.64 | 0.62 | 0.66 | 0.64 | 0.62 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 6                                                    | 0.70               | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 8                                                    | 0.73               | 0.71 | 0.69 | 0.72 | 0.71 | 0.69 | 0.72 | 0.70 | 0.69 |                         |                |                |      |
|                          | 82                                  | 10                                                   | 0.75               | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.72 | 0.71 |                         |                |                |      |
|                          | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ |                                                      |                    |      |      |      |      |      |      |      |      |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 1                                                    | 0.32               | 0.26 | 0.22 | 0.31 | 0.26 | 0.22 | 0.30 | 0.26 | 0.22 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 1.2                                                  | 0.38               | 0.33 | 0.29 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.37 | 0.32 | 0.29 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 1.5                                                  | 0.46               | 0.41 | 0.38 | 0.46 | 0.41 | 0.38 | 0.45 | 0.41 | 0.38 |                         |                |                |      |
|                          |                                     | 2                                                    | 0.57               | 0.53 | 0.50 | 0.57 | 0.53 | 0.50 | 0.56 | 0.53 | 0.50 |                         |                |                |      |

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ                   | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |                                     |                       |      |      |      |      |      |      |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                                 |                |                |  |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------|--|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ              | v                                                    |                                     | r <sub>c</sub> 0.7    |      |      | 0.5  |      |      | 0.3  |      |                         |                                                 |                |                |  |
| ΑΜΕΣΟΣ<br>ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ<br>ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ | %                                                    | k                                   | r <sub>w</sub><br>0.5 | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1                     | μ <sub>A</sub>                                  | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |  |
| ΤΥΠΟΥ ΜΕ<br>ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ                 | 33<br>↑<br>82<br>↓<br>82                             | 1                                   | 0.29                  | 0.24 | 0.20 | 0.29 | 0.23 | 0.20 | 0.28 | 0.23 | 0.20                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>X X X             |                |                |  |
|                                          |                                                      | 1.2                                 | 0.35                  | 0.29 | 0.25 | 0.34 | 0.28 | 0.25 | 0.33 | 0.28 | 0.24                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 1.5                                 | 0.41                  | 0.36 | 0.31 | 0.41 | 0.35 | 0.31 | 0.40 | 0.35 | 0.31                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 2                                   | 0.50                  | 0.45 | 0.41 | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.44 | 0.41                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 2.5                                 | 0.55                  | 0.50 | 0.47 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.53 | 0.50 | 0.46                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.40   1.70   1.90  |                |                |  |
|                                          |                                                      | 3                                   | 0.59                  | 0.55 | 0.51 | 0.58 | 0.54 | 0.51 | 0.58 | 0.54 | 0.51                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 4                                   | 0.65                  | 0.61 | 0.58 | 0.64 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.57                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 5                                   | 0.68                  | 0.65 | 0.62 | 0.67 | 0.64 | 0.62 | 0.66 | 0.64 | 0.62                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 6                                   | 0.70                  | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.67 | 0.65                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΥΨΗΛΟΣ<br>1.85   2.55   3.10 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 8                                   | 0.73                  | 0.71 | 0.69 | 0.72 | 0.71 | 0.69 | 0.72 | 0.70 | 0.69                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | 10                                  | 0.75                  | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.72 | 0.71                    |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ |                       |      |      |      |      |      |      |      |                         |                                                 |                |                |  |
|                                          |                                                      |                                     | 1                     | 0.27 | 0.26 | 0.22 | 0.31 | 0.26 | 0.22 | 0.30 | 0.26                    | 0.22                                            |                |                |  |
|                                          |                                                      |                                     | 1.2                   | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.37 | 0.32                    | 0.29                                            |                |                |  |
|                                          |                                                      |                                     | 1.5                   | 0.46 | 0.41 | 0.38 | 0.46 | 0.41 | 0.38 | 0.45 | 0.41                    | 0.38                                            |                |                |  |
|                                          |                                                      |                                     | 2                     | 0.57 | 0.53 | 0.50 | 0.57 | 0.53 | 0.50 | 0.56 | 0.53                    | 0.50                                            |                |                |  |

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ                  | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |      |                            |             |                            |      |      |      |                    |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                                |                |                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|------|----------------------------|-------------|----------------------------|------|------|------|--------------------|------|-------------------------|------------------------------------------------|----------------|----------------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ             | v                                                    | k    | r <sub>c</sub> 0.7         |             |                            | 0.5  |      |      | r <sub>c</sub> 0.3 |      |                         | μ <sub>A</sub>                                 | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |
| ΑΜΕΣΟΣ<br>ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ<br>ΜΕ ΠΕΡΣΙΔΕΣ | %                                                    |      | r <sub>w</sub> 0.5 0.3 0.1 | 0.5 0.3 0.1 | r <sub>w</sub> 0.5 0.3 0.1 |      |      |      |                    |      |                         |                                                |                |                |
|                                         | 0<br>↑<br>60<br>↓<br>60                              | 1    | 0.24                       | 0.21        | 0.18                       | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.24               | 0.20 | 0.18                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.30 1.45 1.65   |                |                |
|                                         |                                                      | 1.2  | 0.29                       | 0.25        | 0.22                       | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.28               | 0.24 | 0.22                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 1.5  | 0.34                       | 0.30        | 0.27                       | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.33               | 0.29 | 0.27                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 2    | 0.40                       | 0.37        | 0.34                       | 0.39 | 0.36 | 0.34 | 0.39               | 0.36 | 0.34                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 2.5  | 0.43                       | 0.40        | 0.38                       | 0.43 | 0.40 | 0.38 | 0.42               | 0.40 | 0.38                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.55   1.90   2.15 |                |                |
|                                         |                                                      | 3    | 0.46                       | 0.43        | 0.41                       | 0.45 | 0.43 | 0.41 | 0.45               | 0.43 | 0.41                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 4    | 0.49                       | 0.47        | 0.45                       | 0.49 | 0.47 | 0.45 | 0.48               | 0.46 | 0.45                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 5    | 0.51                       | 0.49        | 0.48                       | 0.51 | 0.49 | 0.47 | 0.50               | 0.49 | 0.47                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 6    | 0.53                       | 0.51        | 0.49                       | 0.52 | 0.51 | 0.49 | 0.52               | 0.50 | 0.49                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΥΨΗΛΟΣ                      |                |                |
|                                         |                                                      | 8    | 0.54                       | 0.53        | 0.52                       | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.54               | 0.53 | 0.52                    |                                                |                |                |
|                                         | 10                                                   | 0.56 | 0.54                       | 0.53        | 0.55                       | 0.54 | 0.53 | 0.55 | 0.54               | 0.53 | X                       | X                                              | X              |                |
|                                         | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |      |                            |             |                            |      |      |      |                    |      |                         |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 1    | 0.27                       | 0.23        | 0.21                       | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.26               | 0.23 | 0.21                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 1.2  | 0.32                       | 0.29        | 0.26                       | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.31               | 0.28 | 0.26                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 1.5  | 0.39                       | 0.36        | 0.33                       | 0.38 | 0.35 | 0.33 | 0.38               | 0.35 | 0.33                    |                                                |                |                |
|                                         |                                                      | 2    | 0.46                       | 0.44        | 0.42                       | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.45               | 0.44 | 0.42                    |                                                |                |                |

## Π6

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ                  | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |     |           |      |      |      |      |      |           |      |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ                                |                |                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|--------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ             | v                                                    | k   | $r_c$ 0.7 |      |      | 0.5  |      |      | $r_c$ 0.3 |      |      | μ <sub>A</sub>                                         | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |
| ΑΜΕΣΟΣ<br>ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ<br>ΜΕ ΠΕΡΣΙΔΕΣ | %                                                    |     | $r_w$ 0.5 | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | $r_w$ 0.5 | 0.3  | 0.1  |                                                        |                |                |
|                                         | 0.5                                                  | 1   | 0.24      | 0.19 | 0.16 | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.23      | 0.19 | 0.16 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.30      1.45      1.65 |                |                |
|                                         |                                                      | 1.2 | 0.28      | 0.23 | 0.20 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.27      | 0.23 | 0.20 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 1.5 | 0.33      | 0.29 | 0.25 | 0.32 | 0.29 | 0.25 | 0.32      | 0.28 | 0.25 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 2   | 0.40      | 0.36 | 0.33 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.38      | 0.35 | 0.32 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 2.5 | 0.44      | 0.40 | 0.37 | 0.43 | 0.40 | 0.37 | 0.42      | 0.39 | 0.37 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 3   | 0.47      | 0.43 | 0.40 | 0.46 | 0.43 | 0.40 | 0.45      | 0.42 | 0.40 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.55      1.90      2.15   |                |                |
|                                         |                                                      | 4   | 0.51      | 0.48 | 0.45 | 0.50 | 0.47 | 0.45 | 0.49      | 0.47 | 0.45 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 5   | 0.53      | 0.51 | 0.48 | 0.53 | 0.50 | 0.48 | 0.52      | 0.50 | 0.48 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 6   | 0.55      | 0.53 | 0.51 | 0.54 | 0.52 | 0.50 | 0.54      | 0.52 | 0.50 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 8   | 0.57      | 0.55 | 0.54 | 0.57 | 0.55 | 0.54 | 0.56      | 0.55 | 0.53 |                                                        |                |                |
|                                         | 64.5                                                 | 10  | 0.59      | 0.57 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.55 | 0.58      | 0.56 | 0.55 | X                                                      | X              | X              |
|                                         | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |     |           |      |      |      |      |      |           |      |      |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 1   | 0.26      | 0.22 | 0.19 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.25      | 0.21 | 0.18 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 1.2 | 0.31      | 0.27 | 0.24 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.30      | 0.26 | 0.24 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 1.5 | 0.37      | 0.34 | 0.31 | 0.37 | 0.33 | 0.31 | 0.36      | 0.33 | 0.31 |                                                        |                |                |
|                                         |                                                      | 2   | 0.46      | 0.42 | 0.40 | 0.45 | 0.42 | 0.40 | 0.44      | 0.42 | 0.40 |                                                        |                |                |

## Π7

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ                               | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |     |                      |             |                      |      |      |      |           |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                              |   |   |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|----------------------|-------------|----------------------|------|------|------|-----------|------|-------------------------|----------------------------------------------|---|---|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ                          | v                                                    | k   | $r_c$ 0.7            |             |                      | 0.5  |      |      | $r_c$ 0.3 |      |                         | A                                            | B | C |
| ΗΜΙΑΜΕΣΟ<br>ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ<br>ΜΕ ΑΚΡΥΛΙΚΟ<br>ΚΑΛΥΜΜΑ | %                                                    |     | $r_w$<br>0.5 0.3 0.1 | 0.5 0.3 0.1 | $r_w$<br>0.5 0.3 0.1 |      |      |      |           |      |                         |                                              |   |   |
|                                                      | 14                                                   | 1   | 0.20                 | 0.15        | 0.12                 | 0.18 | 0.14 | 0.11 | 0.17      | 0.13 | 0.11                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.30 1.45 1.65 |   |   |
|                                                      |                                                      | 1.2 | 0.23                 | 0.18        | 0.15                 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.20      | 0.16 | 0.13                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 1.5 | 0.28                 | 0.23        | 0.19                 | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.24      | 0.20 | 0.17                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 2   | 0.34                 | 0.29        | 0.25                 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.29      | 0.25 | 0.23                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 2.5 | 0.37                 | 0.33        | 0.29                 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.32      | 0.29 | 0.26                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 3   | 0.40                 | 0.36        | 0.33                 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.35      | 0.32 | 0.29                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.55 1.90 2.15   |   |   |
|                                                      |                                                      | 4   | 0.44                 | 0.41        | 0.38                 | 0.42 | 0.38 | 0.36 | 0.39      | 0.36 | 0.34                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 5   | 0.47                 | 0.44        | 0.41                 | 0.44 | 0.41 | 0.39 | 0.41      | 0.39 | 0.37                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 6   | 0.49                 | 0.46        | 0.43                 | 0.46 | 0.44 | 0.41 | 0.43      | 0.41 | 0.39                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 8   | 0.52                 | 0.49        | 0.47                 | 0.49 | 0.47 | 0.45 | 0.46      | 0.44 | 0.42                    |                                              |   |   |
|                                                      | 62                                                   | 10  | 0.53                 | 0.51        | 0.49                 | 0.50 | 0.49 | 0.47 | 0.47      | 0.46 | 0.44                    | X                                            | X | X |
|                                                      | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |     |                      |             |                      |      |      |      |           |      |                         |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 1   | 0.21                 | 0.16        | 0.13                 | 0.19 | 0.15 | 0.13 | 0.18      | 0.14 | 0.12                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 1.2 | 0.25                 | 0.20        | 0.17                 | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.21      | 0.18 | 0.15                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 1.5 | 0.30                 | 0.25        | 0.22                 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.26      | 0.23 | 0.20                    |                                              |   |   |
|                                                      |                                                      | 2   | 0.37                 | 0.33        | 0.30                 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.32      | 0.29 | 0.27                    |                                              |   |   |

## Π8

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ        | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |                                     |           |       |       |       |       |       |           |       |       | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ                                |                                                          |                |  |   |   |   |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|--|---|---|---|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ   | v                                                    | k                                   | $r_c$ 0.7 |       |       | 0.5   |       |       | $r_c$ 0.3 |       |       | $r_c$<br>$r_w$                                         | $r_c$<br>$r_w$                                           | $r_c$<br>$r_w$ |  |   |   |   |
| ΗΜΙΕΜΜΕΣΟΣ                    | %                                                    |                                     | $r_w$     | $r_w$ | $r_w$ | $r_w$ | $r_w$ | $r_w$ | $r_w$     | $r_w$ | $r_w$ |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
| ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ<br>ΜΕ ΠΕΡΣΙΔΕΣ |                                                      |                                     | 0.5       | 0.3   | 0.1   | 0.5   | 0.3   | 0.1   | 0.5       | 0.3   | 0.1   |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               | 51                                                   | 1                                   | 0.24      | 0.19  | 0.15  | 0.20  | 0.16  | 0.13  | 0.16      | 0.13  | 0.11  | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.40      1.65      1.85 |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 1.2                                 | 0.28      | 0.23  | 0.19  | 0.23  | 0.19  | 0.16  | 0.19      | 0.16  | 0.13  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 1.5                                 | 0.33      | 0.28  | 0.24  | 0.28  | 0.23  | 0.20  | 0.22      | 0.19  | 0.17  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 2                                   | 0.40      | 0.35  | 0.31  | 0.33  | 0.29  | 0.26  | 0.27      | 0.24  | 0.22  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 2.5                                 | 0.44      | 0.39  | 0.35  | 0.37  | 0.33  | 0.30  | 0.30      | 0.27  | 0.25  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 3                                   | 0.47      | 0.43  | 0.39  | 0.40  | 0.36  | 0.33  | 0.32      | 0.30  | 0.28  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 4                                   | 0.52      | 0.48  | 0.45  | 0.44  | 0.41  | 0.38  | 0.36      | 0.33  | 0.31  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 5                                   | 0.55      | 0.51  | 0.48  | 0.46  | 0.44  | 0.41  | 0.38      | 0.36  | 0.34  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 6                                   | 0.57      | 0.54  | 0.51  | 0.48  | 0.46  | 0.44  | 0.39      | 0.38  | 0.36  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               |                                                      | 8                                   | 0.60      | 0.57  | 0.55  | 0.51  | 0.49  | 0.47  | 0.41      | 0.40  | 0.39  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               | 85                                                   | ↑                                   | 5         | 0.55  | 0.51  | 0.48  | 0.46  | 0.44  | 0.41      | 0.38  | 0.36  | 0.34                                                   | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.70        2.25        2.65 |                |  |   |   |   |
|                               | ↓                                                    | 6                                   | 0.57      | 0.54  | 0.51  | 0.48  | 0.46  | 0.44  | 0.39      | 0.38  | 0.36  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               | 8                                                    | 0.60                                | 0.57      | 0.55  | 0.51  | 0.49  | 0.47  | 0.41  | 0.40      | 0.39  |       |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               | 10                                                   | 0.62                                | 0.59      | 0.57  | 0.52  | 0.51  | 0.49  | 0.43  | 0.42      | 0.41  |       |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
|                               | 34                                                   | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ |           |       |       |       |       |       |           |       |       |                                                        |                                                          |                |  | X | X | X |
|                               |                                                      | 1                                   | 0.25      | 0.20  | 0.16  | 0.21  | 0.17  | 0.14  | 0.17      | 0.14  | 0.12  |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
| 1.2                           |                                                      | 0.29                                | 0.24      | 0.20  | 0.25  | 0.21  | 0.18  | 0.20  | 0.17      | 0.15  |       |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
| 1.5                           |                                                      | 0.35                                | 0.30      | 0.26  | 0.29  | 0.25  | 0.23  | 0.24  | 0.21      | 0.19  |       |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |
| 2                             |                                                      | 0.42                                | 0.37      | 0.34  | 0.35  | 0.32  | 0.29  | 0.29  | 0.27      | 0.25  |       |                                                        |                                                          |                |  |   |   |   |

## Π9

| ΑΤΤΡΑΛUX 150W            | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |               |                   |      |      |             |      |      |                   |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |         |                                                  |         |   |
|--------------------------|------------------------------------------------------|---------------|-------------------|------|------|-------------|------|------|-------------------|------|-------------------------|---------|--------------------------------------------------|---------|---|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | v                                                    | k             | $r_c$ 0.7         |      |      | 0.5         |      |      | $r_c$ 0.3         |      |                         | $\mu_A$ | $\mu_B$                                          | $\mu_C$ |   |
| ΑΜΕΣΟΣ                   | %                                                    |               | $r_w$ 0.5 0.3 0.1 |      |      | 0.5 0.3 0.1 |      |      | $r_w$ 0.5 0.3 0.1 |      |                         |         |                                                  |         |   |
| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ    |                                                      |               |                   |      |      |             |      |      |                   |      |                         |         |                                                  |         |   |
| ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ | 0                                                    | ↑<br>100<br>↓ | 1                 | 0.63 | 0.59 | 0.57        | 0.63 | 0.59 | 0.57              | 0.63 | 0.59                    | 0.57    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.15      1.25      X |         | X |
|                          |                                                      |               | 1.2               | 0.68 | 0.64 | 0.42        | 0.68 | 0.64 | 0.62              | 0.67 | 0.64                    | 0.62    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 1.5               | 0.74 | 0.70 | 0.67        | 0.73 | 0.70 | 0.67              | 0.73 | 0.70                    | 0.67    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 2                 | 0.80 | 0.76 | 0.74        | 0.79 | 0.76 | 0.74              | 0.79 | 0.76                    | 0.74    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 2.5               | 0.84 | 0.80 | 0.78        | 0.83 | 0.80 | 0.78              | 0.82 | 0.80                    | 0.78    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 3                 | 0.86 | 0.84 | 0.81        | 0.86 | 0.83 | 0.81              | 0.85 | 0.83                    | 0.81    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 4                 | 0.90 | 0.87 | 0.86        | 0.89 | 0.87 | 0.85              | 0.89 | 0.87                    | 0.85    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 5                 | 0.92 | 0.90 | 0.88        | 0.91 | 0.90 | 0.88              | 0.91 | 0.89                    | 0.88    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 6                 | 0.93 | 0.92 | 0.90        | 0.93 | 0.91 | 0.90              | 0.92 | 0.91                    | 0.90    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 8                 | 0.95 | 0.94 | 0.93        | 0.95 | 0.94 | 0.93              | 0.94 | 0.93                    | 0.93    |                                                  |         |   |
|                          |                                                      |               | 10                | 0.96 | 0.95 | 0.94        | 0.96 | 0.95 | 0.94              | 0.96 | 0.95                    | 0.94    |                                                  |         |   |
|                          | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |               |                   |      |      |             |      |      |                   |      | 1.40                    | 1.70    | X                                                |         |   |
|                          |                                                      | 1             | 0.73              | 0.70 | 0.68 | 0.73        | 0.70 | 0.68 | 0.72              | 0.70 |                         |         |                                                  | 0.68    |   |
|                          |                                                      | 1.2           | 0.79              | 0.76 | 0.74 | 0.78        | 0.76 | 0.74 | 0.78              | 0.76 |                         |         |                                                  | 0.74    |   |
|                          |                                                      | 1.5           | 0.85              | 0.83 | 0.81 | 0.85        | 0.83 | 0.81 | 0.85              | 0.83 |                         |         |                                                  | 0.81    |   |
|                          |                                                      | 2             | 0.91              | 0.90 | 0.89 | 0.91        | 0.90 | 0.89 | 0.91              | 0.90 |                         |         |                                                  | 0.89    |   |

## Π10

| ΣΚΛΗΡΗΣ ΥΑΛΛΟΥ<br>“SPOT” 150 W     | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |      |                    |      |      |      |      |      |                    |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ                                     |                                                            |                |                |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|------|--------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ        | v                                                    | k    | r <sub>c</sub> 0.7 |      |      | 0.5  |      |      | r <sub>c</sub> 0.3 |      |                                                             | μ <sub>A</sub>                                             | μ <sub>B</sub> | μ <sub>C</sub> |
| ΑΜΕΣΟΣ                             | %                                                    |      | r <sub>w</sub>     |      |      |      |      |      | r <sub>w</sub>     |      |                                                             |                                                            |                |                |
| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ           |                                                      |      | 0.5                | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | 0.5                | 0.3  | 0.1                                                         |                                                            |                |                |
| ΜΕ<br>ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ<br><br>ΚΑΤΟΠΤΡΟ | 0<br><br>↑<br>100<br>↓<br><br>100                    | 1    | 0.74               | 0.72 | 0.70 | 0.74 | 0.71 | 0.70 | 0.74               | 0.71 | 0.70                                                        | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.15      1.25      X        |                |                |
|                                    |                                                      | 1.2  | 0.78               | 0.75 | 0.74 | 0.78 | 0.75 | 0.73 | 0.77               | 0.75 | 0.73                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 1.5  | 0.82               | 0.80 | 0.78 | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.82               | 0.79 | 0.78                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 2    | 0.87               | 0.84 | 0.83 | 0.86 | 0.84 | 0.83 | 0.86               | 0.84 | 0.83                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 2.5  | 0.89               | 0.87 | 0.86 | 0.89 | 0.87 | 0.86 | 0.88               | 0.87 | 0.86                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 3    | 0.91               | 0.89 | 0.88 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.90               | 0.89 | 0.88                                                        | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΜΕΣΟΣ<br>1.25        1.40             X |                |                |
|                                    |                                                      | 4    | 0.93               | 0.92 | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.93               | 0.91 | 0.91                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 5    | 0.95               | 0.94 | 0.93 | 0.95 | 0.93 | 0.93 | 0.94               | 0.93 | 0.93                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 6    | 0.96               | 0.95 | 0.94 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.95               | 0.94 | 0.94                                                        |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 8    | 0.97               | 0.96 | 0.95 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.97               | 0.96 | 0.95                                                        |                                                            |                |                |
|                                    | 10                                                   | 0.98 | 0.97               | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.97 | 0.97               | 0.96 | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΥΨΗΛΟΣ<br>1.40        1.70             X |                                                            |                |                |
|                                    | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |      |                    |      |      |      |      |      |                    |      |                                                             |                                                            |                |                |
|                                    |                                                      | 1    | 0.84               | 0.82 | 0.81 | 0.84 | 0.82 | 0.81 | 0.84               | 0.82 |                                                             |                                                            |                | 0.81           |
| 1.2                                |                                                      | 0.89 | 0.87               | 0.86 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.88 | 0.87               | 0.86 |                                                             |                                                            |                |                |
| 1.5                                |                                                      | 0.93 | 0.92               | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.93 | 0.92               | 0.91 |                                                             |                                                            |                |                |
| 2                                  |                                                      | 0.96 | 0.95               | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.95               | 0.95 |                                                             |                                                            |                |                |

## Π11

| ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ<br>ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ    | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |      |           |      |      |      |      |      |           |      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ |                                                     |         |         |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|------|-----------|------|------|------|------|------|-----------|------|-------------------------|-----------------------------------------------------|---------|---------|
| ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ<br>ΣΩΜΑΤΟΣ | v                                                    | k    | $r_c$ 0.7 |      |      | 0.5  |      |      | $r_c$ 0.3 |      |                         | $\mu_A$                                             | $\mu_B$ | $\mu_C$ |
| ΔΙΑΧΥΤΟ                     | %                                                    |      | $r_w$     |      |      |      |      |      | $r_w$     |      |                         |                                                     |         |         |
|                             |                                                      |      | 0.5       | 0.3  | 0.1  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | 0.5       | 0.3  | 0.1                     |                                                     |         |         |
|                             | 20                                                   | 1    | 0.20      | 0.15 | 0.12 | 0.18 | 0.13 | 0.10 | 0.15      | 0.11 | 0.09                    | ΒΑΘΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ<br>ΧΑΜΗΛΟΣ<br>1.25      1.40      X |         |         |
|                             |                                                      | 1.2  | 0.24      | 0.18 | 0.15 | 0.21 | 0.16 | 0.13 | 0.17      | 0.14 | 0.11                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 1.5  | 0.28      | 0.23 | 0.19 | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.21      | 0.17 | 0.14                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 2    | 0.34      | 0.29 | 0.25 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.25      | 0.21 | 0.18                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 2.5  | 0.39      | 0.33 | 0.29 | 0.33 | 0.29 | 0.25 | 0.28      | 0.25 | 0.22                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 3    | 0.42      | 0.37 | 0.32 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.31      | 0.27 | 0.24                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 4    | 0.46      | 0.42 | 0.38 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.34      | 0.31 | 0.29                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 5    | 0.50      | 0.45 | 0.42 | 0.43 | 0.40 | 0.37 | 0.37      | 0.34 | 0.32                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 6    | 0.52      | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.39      | 0.36 | 0.34                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 8    | 0.55      | 0.52 | 0.49 | 0.48 | 0.45 | 0.43 | 0.42      | 0.39 | 0.37                    |                                                     |         |         |
|                             | 68                                                   | 10   | 0.57      | 0.54 | 0.51 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.43      | 0.41 | 0.40                    | X                                                   | X       | X       |
|                             | ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ                  |      |           |      |      |      |      |      |           |      |                         |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 1    | 0.21      | 0.16 | 0.12 | 0.18 | 0.14 | 0.11 | 0.15      | 0.12 | 0.09                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 1.2  | 0.25      | 0.19 | 0.16 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.18      | 0.14 | 0.12                    |                                                     |         |         |
|                             |                                                      | 1.5  | 0.30      | 0.24 | 0.20 | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.22      | 0.18 | 0.15                    |                                                     |         |         |
| 2                           |                                                      | 0.36 | 0.31      | 0.27 | 0.32 | 0.27 | 0.24 | 0.27 | 0.24      | 0.21 |                         |                                                     |         |         |

## Παράρτημα Δομημένης καλωδίωσης

| Κατηγορία 5E Μόνιμος σύνδεσμος* |      |      |      |      |      |       |       |           |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----------|
| 90m                             |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Συχνότητα (MHz)                 | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |           |
|                                 |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Εξασθένηση                      | 2,1  | 4,0  | 6,3  | 8,2  | 9,2  | 11,5  | 21,6  |           |
| Καθυστέρηση                     |      |      |      |      |      |       | 498   |           |
| Ασύμμετρη καθυστέρηση           | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0  | 44,0  |           |
| NEXT                            | 60,0 | 54,8 | 48,5 | 45,2 | 43,7 | 40,5  | 32,3  | 60dB όριο |
| PSNEXT                          | 57,0 | 51,8 | 45,5 | 42,2 | 40,7 | 37,5  | 29,3  | 57dB όριο |
| Απώλειες λόγω επιστροφής        | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 17,1  | 12,1  | 19dB όριο |
| ELFEXT                          | 58,0 | 48,0 | 40,0 | 35,9 | 34,0 | 30,1  | 18,6  | 58dB όριο |
| PSELFEXT                        | 55,0 | 45,0 | 37,0 | 32,9 | 31,0 | 27,1  | 15,6  | 55dB όριο |
| ACR                             | 57,9 | 50,8 | 42,2 | 37,0 | 34,5 | 29,0  | 10,7  |           |
| PSACR                           | 54,9 | 47,8 | 39,2 | 34,0 | 31,5 | 26,0  | 7,7   |           |

\*TIA/EIA 568-B. 1 Μαρτίου 2001

| κατηγορία 5E Όρια καλωδίου* |      |      |      |      |      |       |       |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                             |      |      |      |      |      |       |       |
| Συχνότητα (MHz)             | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |
|                             |      |      |      |      |      |       |       |
| Εξασθένηση                  | 2,0  | 3,9  | 6,3  | 8,0  | 9,0  | 11,4  | 21,3  |
| NEXT                        | 65,3 | 56,3 | 50,3 | 47,2 | 45,8 | 42,9  | 35,3  |
| PSNEXT                      | 62,3 | 53,3 | 47,3 | 44,2 | 42,8 | 39,9  | 32,3  |
| ELFEXT                      | 63,8 | 51,7 | 43,8 | 39,7 | 37,7 | 33,9  | 23,8  |
| PSELFEXT                    | 60,8 | 48,7 | 40,8 | 36,7 | 34,7 | 30,9  | 20,8  |
| Απώλειες λόγω επιστροφής    | 20,0 | 23,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 23,6  | 20,1  |

\*TIA/EIA 568-B. 1 Μαρτίου 2001

| Κατηγορία 5E Όρια καναλιού (διαύλου)* |      |      |      |      |      |       |       |           |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----------|
| 90m + 10m @ 20%                       |      |      |      |      |      |       |       |           |
|                                       |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Συχνότητα (MH)                        | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |           |
|                                       |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Εξασθένηση                            | 2,5  | 4,5  | 7,0  | 9,2  | 10,3 | 12,8  | 24,0  |           |
| Καθυστέρηση                           |      |      |      |      |      |       | 555,0 |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση              | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0  | 50,0  |           |
| NEXT                                  | 60,0 | 53,5 | 47,0 | 43,6 | 42,0 | 38,7  | 30,1  | 60dB όριο |
| PSNEXT                                | 57,0 | 50,5 | 44,0 | 40,6 | 39,0 | 35,7  | 27,1  | 57dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής           | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 15,1  | 10,0  | 17dB όριο |
| ELFEXT                                | 57,4 | 45,3 | 37,4 | 33,3 | 31,4 | 27,5  | 17,4  | 60dB όριο |
| PSELFEXT                              | 54,4 | 42,3 | 34,4 | 30,3 | 28,4 | 24,5  | 14,4  | 57dB όριο |
| ACR                                   | 57,5 | 49,0 | 40,0 | 34,4 | 31,7 | 25,9  | 6,1   |           |
| PSACR                                 | 54,5 | 46,0 | 37,0 | 31,4 | 28,7 | 22,9  | 3,1   |           |

\*TIA/EIA 568-B. 1 Μαρτίου 2001

| Κατηγορία 5E Όρια συνδετήρων* |      |      |      |      |      |       |       |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                               |      |      |      |      |      |       |       |
| Συχνότητα (MHz)               | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |
|                               |      |      |      |      |      |       |       |
| Εξασθένηση                    | 0,0  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,2   | 0,4   |
| NEXT                          | 65,0 | 65,0 | 63,0 | 58,9 | 57,0 | 53,1  | 43,0  |
| PSNEXT                        | 80,0 | 68,0 | 60,0 | 55,9 | 54,0 | 50,1  | 40,0  |
| ELFEXT                        | 65,0 | 63,1 | 55,1 | 51,0 | 49,1 | 45,2  | 35,1  |
| PSELFEXT                      | 62,0 | 60,1 | 52,1 | 48,0 | 46,1 | 42,2  | 32,1  |
| Εξασθένηση λόγω<br>επιστροφής | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 34,0 | 30,1  | 20,0  |

\*TIA/EIA 568-B. 1 Μαρτίου 2001

**Κατηγορία 6 Όρια μονίμου συνδέσμου\***

|                             |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------|
| 90 m                        |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
| Συχνότητα (MHz)             | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  |           |
|                             |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
| Εξασθένηση                  | 1,9  | 3,5  | 5,6  | 7,1  | 7,9  | 10,0  | 18,5  | 27,1 | 30,7 |           |
| Καθυστέρηση                 |      |      | 498  |      |      |       |       |      |      |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση    | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0  | 44,0  | 44,0 | 44,0 |           |
| NEXT                        | 65,0 | 64,1 | 57,8 | 54,6 | 53,1 | 50,0  | 41,8  | 36,9 | 35,3 | 65dB όριο |
| PSNEXT                      | 62,0 | 61,8 | 55,5 | 52,2 | 50,7 | 47,5  | 39,3  | 34,3 | 32,7 | 62dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής | 20,5 | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 19,5 | 18,5  | 14,0  | 11,0 | 10,0 | 21dB όριο |
| ELFEXT                      | 64,2 | 52,1 | 44,2 | 40,1 | 38,2 | 34,3  | 24,2  | 18,2 | 16,2 |           |
| PSELFEXT                    | 61,2 | 49,1 | 41,2 | 37,1 | 35,2 | 31,3  | 21,2  | 15,2 | 13,2 |           |
| ACR                         | 62,9 | 60,2 | 51,6 | 46,8 | 44,3 | 38,9  | 21,1  | 6,5  | 3,4  |           |
| PSACR                       | 59,9 | 57,9 | 49,3 | 44,4 | 41,9 | 36,4  | 18,6  | 3,9  | 0,8  |           |

\*Βασισμένο στο ΤΙΑ/ΕΙΑ 568-B. 2-1 Σχέδιο 8, 28 Μαρτίου 2001

**Κατηγορία 6 Όρια καλωδίου\***

|                                    |      |      |      |      |      |       |       |      |      |  |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|--|
|                                    |      |      |      |      |      |       |       |      |      |  |
| Συχνότητα (MHz)                    | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 25,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  |  |
|                                    |      |      |      |      |      |       |       |      |      |  |
| Εξασθένηση (100m)                  | 2,0  | 3,8  | 6,0  | 7,6  | 9,5  | 10,7  | 19,8  | 29,0 | 32,8 |  |
| NEXT                               | 74,3 | 65,3 | 59,3 | 56,2 | 53,3 | 51,9  | 44,3  | 39,8 | 38,3 |  |
| PSNEXT                             | 72,3 | 63,3 | 57,3 | 54,2 | 51,3 | 49,9  | 42,3  | 37,8 | 36,3 |  |
| ELFEXT                             | 67,8 | 55,7 | 47,8 | 43,7 | 39,8 | 37,9  | 27,8  | 21,8 | 19,8 |  |
| PSELFEXT                           | 64,8 | 52,3 | 44,8 | 40,7 | 36,8 | 34,9  | 24,8  | 18,8 | 16,8 |  |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής (100m) | 20,0 | 23,0 | 25,0 | 25,0 | 24,3 | 23,6  | 20,1  | 18   | 17,3 |  |

\*Βασισμένο στο ΤΙΑ/ΕΙΑ 568-B. 2-1 Σχέδιο 8, 28 Μαρτίου 2001

| Κατηγορία 6 Όρια καναλιού (διαύλου)* |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------|
| 90m + 10m @ 20%                      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
| Συχνότητα (MHz)                      | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  |           |
| Εξασθένηση                           | 2,1  | 4,0  | 6,3  | 8,0  | 9,0  | 11,4  | 21,3  | 31,5 | 36,0 |           |
| Καθυστέρηση                          |      |      | 555  |      |      |       |       |      |      |           |
| Ασύμμετρη καθυστέρηση                | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0  | 50,0  | 50,0 | 50,0 |           |
| NEXT                                 | 65,0 | 63,0 | 56,6 | 53,2 | 51,6 | 48,4  | 39,9  | 34,8 | 33,1 | 65dB όριο |
| PSNEXT                               | 62,0 | 60,5 | 54,0 | 50,6 | 49,0 | 45,7  | 37,1  | 31,9 | 30,2 | 62dB όριο |
| Απώλειες λόγω επιστροφής             | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 18,0 | 17,5 | 16,5  | 12,0  | 9,0  | 8,0  | 19dB όριο |
| ELFEXT                               | 63,3 | 51,2 | 43,3 | 39,2 | 37,2 | 33,4  | 23,3  | 17,2 | 15,3 |           |
| PSELFEXT                             | 60,3 | 48,2 | 40,3 | 36,2 | 34,2 | 30,4  | 20,3  | 14,2 | 12,3 |           |
| ACR                                  | 62,9 | 59,0 | 50,3 | 45,3 | 42,7 | 37,0  | 18,6  | 3,3  | -2,9 |           |
| PSACR                                | 59,9 | 56,5 | 47,7 | 42,6 | 40,0 | 34,3  | 15,8  | 0,4  | -4,8 |           |

\*Βασισμένο στο ΤΙΑ/ΕΙΑ 568-B. 2-1 Σχέδιο 8, 28 Μαρτίου 2001

| Κατηγορία 6 Όρια συνδετήρων* |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Συχνότητα (MHz)              | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 25,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  |
| Εξασθένηση                   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1   | 0,2   | 0,3  | 0,3  |
| NEXT                         | 75,0 | 75,0 | 74,0 | 69,9 | 66,0 | 64,1  | 54,0  | 48,0 | 46,0 |
| Απώλειες λόγω επιστροφής     | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0  | 24,0  | 18   | 16   |

\*Βασισμένο στο ΤΙΑ/ΕΙΑ 568-B. 2-1 Σχέδιο 8, 28 Μαρτίου 2001

| Κλάση D Όρια καναλιού (διαύλου)* |      |      |      |      |      |       |       |           |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----------|
| 4 συνδέσεις                      |      |      |      |      |      |       |       |           |
| 90m + 10m @ 50%                  |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Συχνότητα (MHz)                  | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |           |
|                                  |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Εξασθένηση                       | 4,0  | 4,5  | 7,1  | 9,1  | 10,2 | 12,9  | 24,0  | 4dB min   |
| Καθυστέρηση                      |      |      | 555  |      |      |       |       |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση         | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0  | 50,0  |           |
| NEXT                             | 60,0 | 53,5 | 47,0 | 43,6 | 42,0 | 38,7  | 30,1  | 60dB όριο |
| PSNEXT                           | 57,0 | 50,5 | 44,0 | 40,6 | 39,0 | 35,7  | 27,1  | 57dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής      | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 15,1  | 10,0  | 17dB όριο |
| ELFEXT                           | 57,4 | 45,3 | 37,4 | 33,3 | 31,4 | 27,5  | 17,4  | 60dB όριο |
| PSELFEXT                         | 54,4 | 42,3 | 34,4 | 30,3 | 28,4 | 24,5  | 14,4  | 57dB όριο |
| ACR                              | 57,5 | 49,1 | 39,9 | 34,5 | 31,8 | 25,9  | 6,1   |           |
| PSACR                            | 53,0 | 46,0 | 36,9 | 31,5 | 28,8 | 22,8  | 3,1   |           |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

| Κλάση D (2000) Όρια μονίμου συνδέσμου* |      |      |      |      |      |       |       |           |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----------|
| 2 συνδέσεις                            |      |      |      |      |      |       |       |           |
| 90 m, χωρίς<br>καλώδια ελέγχου         |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Συχνότητα (MHz)                        | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 |           |
|                                        |      |      |      |      |      |       |       |           |
| Εξασθένηση                             | 4,0  | 4,0  | 5,9  | 7,7  | 8,5  | 10,7  | 20,4  | 4 dB min  |
| Καθυστέρηση                            | 521  |      |      | 496  |      |       | 491,0 |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση               | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0  | 44,0  |           |
| NEXT                                   | 60,0 | 54,8 | 48,5 | 45,2 | 43,7 | 40,5  | 32,3  | 60dB όριο |
| PSNEXT                                 | 57,0 | 51,8 | 45,5 | 42,2 | 40,7 | 37,5  | 29,3  | 57dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής            | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 17,0  | 12,0  | 19dB όριο |
| ELFEXT                                 | 58,6 | 46,6 | 38,6 | 34,5 | 32,6 | 28,7  | 18,6  | 60dB όριο |
| PSELFEXT                               | 55,6 | 43,6 | 35,6 | 31,5 | 29,6 | 25,7  | 15,6  | 55dB όριο |
| ACR                                    | 56,0 | 50,0 | 42,6 | 37,5 | 35,2 | 29,8  | 11,9  |           |
| PSACR                                  | 53,0 | 47,8 | 39,6 | 34,5 | 32,2 | 26,8  | 8,9   |           |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

| Κλάση Ε Όρια καναλιού (διαύλου)* |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------|
| 90 m + 10m<br>@50%               |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
| Συχνότητα (MHz)                  | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  |           |
|                                  |      |      |      |      |      |       |       |      |      |           |
| Εξασθένηση                       | 4,0  | 4,2  | 6,5  | 8,3  | 9,3  | 11,7  | 21,7  | 31,7 | 35,9 | 4dB min   |
| Καθυστέρηση                      |      |      | 555  |      |      |       |       |      |      |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση         | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0  | 50,0  | 50,0 | 44,0 |           |
| NEXT                             | 65,0 | 63,0 | 56,6 | 53,2 | 51,6 | 48,4  | 39,9  | 34,8 | 33,1 | 65dB όριο |
| PSNEXT                           | 62,0 | 60,5 | 54,0 | 50,6 | 49,0 | 45,7  | 37,1  | 31,9 | 30,2 | 62dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής      | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 18,0 | 17,5 | 16,5  | 12,0  | 9,0  | 8,0  | 19dB όριο |
| ELFEXT                           | 63,2 | 51,2 | 43,2 | 39,2 | 37,2 | 33,3  | 23,3  | 17,2 | 15,3 |           |
| PSELFEXT                         | 60,3 | 48,3 | 40,3 | 36,2 | 34,3 | 30,4  | 20,3  | 14,2 | 12,3 |           |
| ACR                              | 62,8 | 58,9 | 50,0 | 44,9 | 42,3 | 36,7  | 18,2  | 3,0  | -2,8 |           |
| PSACR                            | 58,0 | 56,3 | 47,5 | 42,3 | 39,7 | 34,0  | 15,4  | 2,0  | -5,7 |           |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

| Κλάση Ε Όρια μονίμου συνδέσμου*    |      |      |      |      |      |       |       |      |       |           |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----------|
| 2 συνδέσεις                        |      |      |      |      |      |       |       |      |       |           |
| 90 m, χωρίς<br>καλώδια ελέγχου     |      |      |      |      |      |       |       |      |       |           |
|                                    |      |      |      |      |      |       |       |      |       |           |
| Συχνότητα (MHz)                    | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250   |           |
|                                    |      |      |      |      |      |       |       |      |       |           |
| Εξασθένηση                         | 4,0  | 4,0  | 5,5  | 7,1  | 8,0  | 10,0  | 18,5  | 26,8 | 30,7  | 4dB min   |
| Καθυστέρηση<br>(mSec)              | 521  |      |      | 496  |      |       | 491   |      | 490,0 |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση<br>(mSec) | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0 | 44,0  | 44,0  | 44,0 | 44,0  |           |
| NEXT                               | 65,0 | 64,1 | 57,8 | 54,6 | 53,1 | 50,0  | 41,8  | 36,9 | 35,3  | 65dB όριο |
| PSNEXT                             | 62,0 | 61,8 | 55,5 | 52,2 | 50,7 | 47,5  | 39,3  | 34,3 | 32,7  | 62dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής        | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 19,5 | 18,5  | 14,0  | 12,1 | 10,0  | 21dB όριο |
| ELFEXT                             | 64,2 | 52,1 | 44,1 | 40,1 | 38,2 | 34,3  | 24,2  | 18,2 | 16,2  |           |
| PSELFEXT                           | 61,2 | 49,2 | 41,2 | 37,1 | 35,2 | 31,3  | 21,2  | 15,2 | 13,2  |           |
| ACR                                | 63,1 | 60,6 | 52,3 | 47,5 | 45,3 | 40,0  | 23,3  | 10,1 | 4,7   |           |
| PSACR                              | 58,0 | 57,8 | 50,0 | 45,1 | 42,7 | 37,6  | 20,8  | 7,5  | 2,0   |           |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

## Κλάση F Όρια καναλιού (διαύλου)\*

|                             |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |      |               |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|---------------|
| 90m + 10m<br>@ 50%          |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |      |               |
| Συχνότητα<br>(MHz)          | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  | 450  | 600  |               |
| Εξασθένηση                  | 4,0  | 4,1  | 6,4  | 8,1  | 9,1  | 11,4  | 20,8  | 30,0 | 33,8 | 46,5 | 54,6 | 4dB min       |
| Καθυστέρηση                 |      |      | 555  |      |      |       |       |      |      |      |      |               |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση    | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0  | 30,0  | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |               |
| NEXT                        | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0  | 62,9  | 58,4 | 56,9 | 53,1 | 51,2 | 65dB όριο     |
| PSNEXT                      | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0  | 59,9  | 55,4 | 53,9 | 50,1 | 48,2 | 62dB όριο     |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 18,0 | 17,5 | 16,5  | 12,0  | 9,0  | 8,0  | 8,0  | 8,0  | 19dB max όριο |
| ELFEXT                      | 65,0 | 65,0 | 57,8 | 57,5 | 55,9 | 52,8  | 44,4  | 39,4 | 37,8 | 33,4 | 31,3 | 65dB όριο     |
| PSELFEXT                    | 62,0 | 62,0 | 59,0 | 54,5 | 53,0 | 49,8  | 41,4  | 36,4 | 34,8 | 30,4 | 28,3 | 62dB όριο     |
| ACR                         | 68,3 | 66,4 | 64,1 | 62,4 | 61,4 | 59,1  | 42,1  | 28,4 | 23,1 | 6,6  | -3,4 |               |
| PSACR                       | 58,0 | 57,9 | 55,6 | 53,9 | 52,9 | 50,1  | 39,1  | 25,4 | 20,1 | 3,6  | -6,4 |               |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

## Κλάση F Όρια μόνιμου συνδέσμου\*

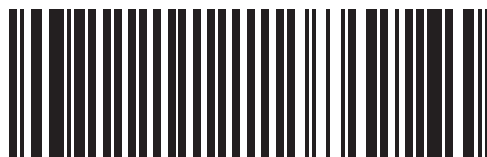
|                                |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |       |           |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-----------|
| 2 συνδέσεις                    |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |       |           |
| 90 m, χωρίς<br>καλώδια ελέγχου |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |       |           |
| Συχνότητα (MHz)                | 1,0  | 4,0  | 10,0 | 16,0 | 20,0 | 31,25 | 100,0 | 200  | 250  | 450  | 600   |           |
| Εξασθένηση                     | 4,1  | 4,0  | 5,4  | 6,9  | 7,7  | 9,7   | 17,7  | 25,5 | 28,8 | 39,4 | 46,6  | 4dB min   |
| Καθυστέρηση                    | 521  |      |      | 496  |      |       | 491,0 |      | 490  |      | 489,0 |           |
| Ασύμμετρη<br>καθυστέρηση       | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0  | 26,0  | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0  |           |
| NEXT                           | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0 | 65,0  | 66,4  | 61,9 | 60,4 | 56,6 | 54,7  | 65dB όριο |
| PSNEXT                         | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0 | 62,0  | 63,4  | 58,9 | 57,4 | 53,6 | 51,7  | 62dB όριο |
| Απώλειες λόγω<br>επιστροφής    | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 19,5 | 18,5  | 14,0  | 12,1 | 10,0 | 10,0 | 10,0  | 21dB όριο |
| ELFEXT                         | 65,0 | 65,0 | 62,7 | 59,3 | 57,7 | 54,5  | 46,0  | 40,9 | 39,2 | 34,8 | 32,6  | 65dB όριο |
| PSELFEXT                       | 62,0 | 62,0 | 60,3 | 56,3 | 54,7 | 51,5  | 43,0  | 37,9 | 36,2 | 31,8 | 29,6  |           |
| ACR                            | 61,0 | 61,0 | 59,6 | 58,1 | 57,3 | 55,3  | 48,7  | 36,4 | 31,6 | 17,2 | 8,1   |           |
| PSACR                          | 58,0 | 58,0 | 56,6 | 55,1 | 54,3 | 52,3  | 45,7  | 33,4 | 28,6 | 14,2 | 5,1   |           |

\*Βασισμένο στο ISO 11801 2<sup>η</sup> έκδοση. Σχέδιο, 19 Απριλίου 2001

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0342  
ISBN Set 978-960-06-3159-3  
Τ.Α΄ 978-960-06-3160-9



(01) 000000 0 24 0342 7