

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
Τμήμα Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων

Ανάλυση Τεχνολογίας Οπτικών Ινών και Δικτύων Οπτικών Ινών

Παναγογιαννόπουλος Σ. Χρήστος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2008

Περίληψη

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία - Ανάλυση τεχνολογίας Οπτικών ινών και Δικτύων Οπτικών Ινών - πραγματεύεται και αναλύει όλες τις βασικές έννοιες και επιμέρους τεχνολογίες που αφορούν την τεχνολογία οπτικών ινών και Δικτύων Οπτικών Ινών.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενή περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των οπτικών ινών. Συγκεκριμένα αναλύονται τα βασικά στοιχεία μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης, αναφέρεται η βασική δομή μιας οπτικής ίνας, οι τρεις τύποι οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται στη πράξη και περιγράφεται ο τρόπος μετάδοσης του φωτός εντός της οπτικής ίνας. Αναλύονται οι βασικότεροι τρόποι κατασκευής οπτικών ινών. Γίνεται λεπτομερής περιγραφή των λόγων υποβάθμισης του οπτικού σήματος εντός της οπτικής ίνας και τρόποι αποφυγής αυτών. Τέλος, γίνεται αναφορά στις πηγές και στους ανιχνευτές της οπτικής γραμμής μετάδοσης καθώς και στις προδιαγραφές του δέκτη φωτός.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην περιγραφή των τεχνολογιών που κάνουν χρήση της τεχνολογίας των οπτικών ινών στις οποίες και αντικατέστησαν την κλασική τεχνολογία χαλκού. Γίνεται σύγκριση μεταξύ χαλκού και οπτικών ινών και ορίζεται το μέλλον της τεχνολογίας των οπτικών ινών με τα σημερινά δεδομένα. Τέλος αναφέρονται περιληπτικά οι γενικές αρχές που πρέπει να υπάρχουν για να εξασφαλιστεί το μέλλον μιας εγκατάστασης οπτικών ινών.

Το τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται τα καλώδια οπτικών ινών. Περιγράφεται η κατασκευή των καλωδίων οπτικών ινών, οι τύποι των περιβλημάτων, τα βιομηχανικά πρότυπα και τα κριτήρια επιλογής κατάλληλου τύπου καλωδίου. Τέλος αναλύονται οι τρόποι εγκατάστασης οπτικών ινών σε καλώδια - σωληνώσεις.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών. Αναλύονται οι παράμετροι των καλωδίων καθώς και οι τυπικές τιμές τους. Περιγράφονται οι τρόποι εξασφάλισης μελλοντικής αναβαθμισιμότητας ενός συστήματος οπτικών ινών καθώς επίσης παρουσιάζεται μια σύνοψη σχεδίασης συστήματος οπτικών ινών.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στις συνδέσεις οπτικών ινών. Αρχικά περιγράφονται οι λόγοι απώλειών εξασθένησης σήματος. Γίνεται εκτενής αναφορά στους τρόπους (μεθόδους) σύνδεσης οπτικών ινών, τις προδιαγραφές ενώσεων οπτικών ινών καθώς και τα κριτήρια επιλογής τύπου μόνιμης σύνδεσης.

Το έκτο κεφάλαιο πραγματεύεται τους Συνδετήρες - Προσαρμογείς και Συζεύκτες. Αρχικά γίνεται αναφορά στους τύπους και στις προδιαγραφές των Συνδετήρων - Προσαρμογείς καθώς και στην διαδικασία τοποθέτησης των συνδετήρων στην οπτική ίνα. Έπειτα γίνεται αναφορά στους συζεύκτες, στην αναγκαιότητα χρήσης τους, στους τύπους συζευκτών, στις απώλειες σύζευξης καθώς και στους τρόπους κατασκευής τους. Τέλος αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης των συζευκτών.

Το έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζει ένα συνοπτικό οδηγό τρόπου χρήσης υλικού οπτικών ινών για εσωτερικές και εξωτερικές εφαρμογές. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο υλικό εσωτερικού χώρου και λιγότερο στο εξωτερικού, για το οποίο έχει αφιερωθεί αυτόνομο κεφάλαιο.

Το όγδοο κεφάλαιο αναφέρεται στη σχεδίαση μιας εγκατάστασης οπτικών ινών. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην κατανόηση της αναγκαιότητας για σωστή σχεδίαση της εγκατάστασης, σωστή επιλογή κατάλληλων καλωδίων, μόνιμων συνδέσεων καθώς και αποτελεσματικού τρόπου τραβήγματος καλωδίων οπτικών ινών.

Το ένατο κεφάλαιο αναφέρεται στο τράβηγμα καλωδίων οπτικών ινών για εγκατάσταση σε σωληνώσεις. Αρχικά γίνεται αναφορά στις τυπικές δυσλειτουργίες (κατά τη διαδικασία εγκατάστασης) και τους τρόπους αποφυγής και πρόληψης αυτών. Έπειτα, περιγράφεται διεξοδικά η όλη διαδικασία τραβήγματος καλωδίου οπτικών ινών κάνοντας χρήση συμβουλευτικών αρχών.

Το δέκατο κεφάλαιο αναφέρεται στα όργανα ελέγχου οπτικών ινών. Αρχικά γίνεται αναφορά στις παραμέτρους ελέγχου, στις τυπικές διαδικασίες ελέγχου και το όργανο ελέγχου που χρησιμοποιούμε για έλεγχο της κάθε παραμέτρου. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των διαφόρων οργάνων ελέγχου δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον μετρητή ανάκλασης πεδίου οπτικού χρόνου (O.T.D.R.).

Το ενδέκατο κεφάλαιο αναφέρεται εκτεταμένα στις μετρήσεις οπτικών ινών. Γίνεται αναφορά στις μετρήσεις ισχύος καθώς και στις αποκλίσεις των υπολογισμών του μετρητή ισχύος οπτικών ινών. Έπειτα περιγράφεται αναλυτικά το τρίπτυχο ελέγχου οπτικών ινών: (α) έλεγχος συνέχειας οπτικών ινών- γεωμετρία οπτικών ινών (β) έλεγχος εξασθένισης ινών -αναλυτική περιγραφή χρήσης O.T.D.R., αποκλίσεις μετρήσεων με τον O.T.D.R.- (γ) Έλεγχος εύρους Ζώνης.

Το δωδέκατο κεφάλαιο πραγματεύεται τον έλεγχο εξαρτημάτων οπτικών ινών. Αρχικά γίνεται εκτενής αναφορά στη διαδικασία ελέγχου απωλειών στους συνδετήρες και στις μόνιμες συνδέσεις μεταξύ των αγωγών. Έπειτα, σε μικρότερη έκταση, γίνεται αναφορά στη διαδικασία ελέγχου απωλειών στους συζεύκτες και διακόπτες που χρησιμοποιούνται σε μια εγκατάσταση οπτικών ινών.

Το δέκατο τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται τον έλεγχο εγκαταστάσεων οπτικών ινών. Γίνεται αναφορά στη διαδικασία ελέγχου κυκλωμάτων μεταφοράς δεδομένων, στην εγκατάσταση και διαδικασία ελέγχου καλωδίων οπτικών ινών, στον έλεγχο με χρήση μετρητή ανάκλασης O.T.D.R. καθώς και στη διαδικασία ελέγχου δικτύων οπτικών ινών. Τέλος γίνεται αναφορά σε συνήθεις δυσλειτουργίες των εγκαταστάσεων οπτικών ινών.

Το δέκατο τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται την διαδικασία αποκατάστασης βλαβών. Αρχικά γίνεται αναφορά στους τύπους βλαβών και στον κατάλληλο εξοπλισμό που απαιτείται για την αποκατάσταση κάποιας βλάβης. Έπειτα περιγράφεται η διαδικασία εξακρίβωσης κάποιου ενδεχόμενου προβλήματος καθώς και οι απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν για να επιτευχθεί η αποκατάσταση.

Το δέκατο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ανάλυση ισολογισμού απωλειών ζεύξης καλωδίου οπτικών ινών .Δηλαδή περιγράφεται η διαδικασία εκτίμησης των απωλειών της καλωδιακής εγκατάστασης , με βάση τις μέσες τιμές χαρακτηριστικών των εξαρτημάτων και το συνολικό μήκος καλωδίου με σκοπό την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του εξοπλισμού που θα επιλεγεί .Τέλος , γίνεται αναφορά σε τυπικές τιμές απωλειών παθητικών εξαρτημάτων καλωδιακής εγκατάστασης και στις υπολογιστικές τιμές ισολογισμού απωλειών ζεύξης εξοπλισμού.

Το δέκατο έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στη βιβλιογραφία εγκατάστασης οπτικών ινών .Αναφέρεται η αναγκαιότητα τήρησης κατάλληλων εγχειριδίων μιας εγκατάστασης οπτικών ινών , με σκοπό τη καλύτερη διαχείριση του χρόνου, των υλικών, μιας μελλοντικής αναβάθμισης ή αποκατάστασης κάποιας ενδεχόμενης βλάβης του δικτύου οπτικών ινών .Περιγράφονται τα στοιχεία που πρέπει να αναγράφονται σε μια τέτοια βιβλιογραφία καθώς επίσης παρουσιάζεται μια τυπική καρτέλα βιβλιογραφίας εγκατάστασης οπτικών ινών-πίνακας αποτύπωσης οπτικών ινών σε μια περιοχή-.

Το δέκατο έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στο εναέριο και υποβρύχιο δίκτυο οπτικών ινών .Παρουσιάζονται οι τεχνικές προδιαγραφές των καλωδίων που χρησιμοποιούνται σε τέτοια δίκτυα , η διαδικασία καθώς και ο εξοπλισμός που είναι αναγκαίος για την εγκατάστασή τους.

Τέλος , το δέκατο όγδοο κεφάλαιο περιγράφει τις εφαρμογές των οπτικών ινών σε επιμέρους τεχνολογίες .Περιγράφεται η εφαρμογή των οπτικών ινών στην ιατρική , στο στρατό , στη βιομηχανία και τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Βασική θεωρία Οπτικών Ινών

- 1.1 Οπτικές ίνες στο χώρο των δικτύων
- 1.2 Στοιχεία μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης
- 1.3 Γενικά για τις οπτικές ίνες
 - 1.3.1 Δομή οπτικής ίνας
 - 1.3.2 Τύποι οπτικών ινών
 - 1.3.3 Διάδοση φωτός στις οπτικές ίνες
- 1.4 Κατασκευή οπτικών ινών
 - 1.4.1 Τροποποιημένη χημική εναπόθεση ατμών (MCVD)
 - 1.4.2 Εξωτερική εναπόθεση ατμών (OVD)
 - 1.4.3 Αξονική εναπόθεση ατμών (VAD)
 - 1.4.4 Προστατευτική επίστρωση της οπτικής ίνας
- 1.5 Υποβάθμιση του οπτικού σήματος
 - 1.5.1 Εξασθένηση
 - 1.5.2 Διασπορά
 - 1.5.2.1 Τύποι διασποράς
- 1.6 Εύρος διέλευσης συχνοτήτων
 - 1.6.1 Επίδραση ρυθμών στις απώλειες και στο εύρος διέλευσης συχνοτήτων
 - 1.6.1.1 Διατάξεις ελέγχου ρυθμών
 - 1.6.1.2 Πότε χρησιμοποιούμε διατάξεις ελέγχου ρυθμών;
- 1.7 Πηγές και Ανιχνευτές
 - 1.7.1 Οπτικές Πηγές
 - 1.7.1.1 Λέιζερ
 - 1.7.1.1.1 Προδιαγραφές λέιζερ

1.7.1.2 LED - Φωτοдиодοι

1.7.1.2.1 Ανιχνευτές οπτικού σήματος

1.7.1.2.2 Δίοδοι PIN

1.7.1.2.3 Φωτοдиодος χιονοστιβάδας ή APD

1.7.2 Προδιαγραφές του δέκτη φωτός

1.7.3 Οπτικοί Ενισχυτές

1.8 Πλεονεκτήματα οπτικών ινών

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Δίκτυα Οπτικών Ινών

2.1 Εισαγωγή

2.2 Οικονομικό κόστος

2.3 Telecom

2.4 CATV

2.5 LAN

2.6 Οπτικές ίνες ή χαλκός

2.7 Ποια LAN υποστηρίζουν οπτικές ίνες;

2.8 Ποιο είναι το μέλλον των οπτικών ινών;

2.9 Η διαμάχη μεταξύ χαλκού και ινών

2.10 Η λήψη της απόφασης

2.11 Εξασφαλίζοντας το μέλλον της εγκατάστασης

▪ **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Καλώδια Οπτικών Ινών**

- 3.1 Κατασκευή καλωδίων οπτικών ινών
- 3.2 Περιβλήματα καλωδίων
- 3.3 Περιβαλλοντικοί και μηχανικοί παράγοντες
- 3.4 Βιομηχανικά πρότυπα
- 3.5 Επιλογή καλωδίων
- 3.6 Εγκατάσταση οπτικών ινών σε καλώδια - σωληνώσεις
 - 3.6.1 Σύνθετα καλώδια
 - 3.6.1.1 Εγκατάσταση
 - 3.6.2 Καλώδια σε οδηγούς
 - 3.6.3 Κατακόρυφες εγκαταστάσεις
 - 3.6.4 Καλώδια σε σωληνωτούς αγωγούς
 - 3.6.4.1 Εγκατάσταση
 - 3.6.4.2 Προσαρμογή
 - 3.6.5 Απευθείας ταφή
 - 3.6.5.1.Εγκατάσταση
 - 3.6.6 Εναέριες εγκαταστάσεις
 - 3.6.7 Φυσητές ίνες-(Ίνα με ώθηση αέρα)
- 3.7 Ο Εθνικός Ηλεκτρικός Κώδικας (NEC)
 - 3.7.1 Χαρακτηριστικοί τύποι καλωδίων
 - 3.7.2 Απαιτήσεις προδιαγραφών

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Χαρακτηριστικά Οπτινών Ινών

4.1 Παράμετροι καλωδίων και τοπικές τιμές

4.1.1 Χαρακτηριστικές παράμετροι εγκαταστάσεων

- 4.1.1.1 Μέγιστο συνιστώμενο φορτίο κατά την εγκατάσταση
- 4.1.1.2 Ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης κατά την εγκατάσταση
- 4.1.1.3 Διάμετρος καλωδίου, εμπεριεχόμενων καλωδίων και σωλήνων απομόνωσης
- 4.1.1.4 Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασιών για εγκατάσταση αποθήκευση

4.1.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι

- 4.1.2.1. Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας
- 4.1.2.2. Ελάχιστη μακροπρόθεσμη ακτίνα κάμψης
- 4.1.2.3 Συμμόρφωση με ηλεκτρικούς κώδικες
- 4.1.2.4 Φορτίο μακροπρόθεσμης χρήσης
- 4.1.2.5 Απόσταση κατακόρυφης διαδρομής
- 4.1.2.6 Αντίσταση στην πυρκαγιά
- 4.1.2.7 Σταθερότητα ή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV)
- 4.1.2.8 Αντοχή στην καταστροφή από τρωκτικά
- 4.1.2.9 Αντοχή στην υγρασία/νερό
- 4.1.2.10 Προδιαγραφές TEMPEST
- 4.1.2.11 Φορτία σύνθλιψης
- 4.1.2.12 Αντίσταση στην αγωγιμότητα κάτω από πεδία υψηλής τάσης
- 4.1.2.13 Τοξικότητα
- 4.1.2.14 Υψηλή ευκαμψία, σε στατικές και δυναμικές εφαρμογές
- 4.1.2.15 Αντοχή στις εκδορές
- 4.1.2.16 Αντίσταση σε διαλυτικές ουσίες, πετροχημικά και άλλες χημικές ουσίες
- 4.1.2.17 Ερμητικότητα σφράγισης ινών
- 4.1.2.18 Αντίσταση στη ραδιενέργεια
- 4.1.2.19 Αντίσταση στις συγκρούσεις
- 4.1.2.20 Διαπερατότητα σε αέρια
- 4.1.2.21 Σταθερότητα των ουσιών εσωτερικής γέμισης
- 4.1.2.22 Κραδασμοί

4.2 Τέσσερις τρόποι εξασφάλισης μελλοντικής αναβαθμισιμότητας ενός συστήματος οπτικών ινών

4.3 Σύνοψη σχεδίασης συστήματος οπτικών ινών

- 4.3.1 Επιλογή τύπου ινών
- 4.3.2 Επιλογή σχεδίασης
- 4.3.3. Απόδοση ινών
- 4.3.4 *Απόδοση καλωδίου*

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Συνδέσεις οπτικών ινών

5.1 Εισαγωγή

5.3 Απώλειες εξασθένησης σήματος

5.4 Προβλήματα

5.3.1 Προβλήματα συμβατότητας

- 5.3.1.1. Διάμετρος πυρήνα
- 5.3.1.2 Αριθμητικές λειτουργούσες διελεύσεις

5.3.2 Προβλήματα απώλειας κενού

5.3.3. Προβλήματα ευθυγράμμισης

- 5.3.3.1 Παράλληλη λάθος ευθυγράμμιση
- 5.3.3.2 Ευθυγράμμιση πυρήνα (απώλεια εκκεντρικότητας)
- 5.3.3.3 Γωνιακή λάθος ευθυγράμμιση

5.5 Σύνδεση οπτικών ινών - η προετοιμασία

5.4.1 Πληροφορία για την ασφάλεια μας

5.4.2 Απογύμνωση

- 5.4.2.1 Χημική μέθοδος
- 5.4.2.2. Μηχανική μέθοδος

5.4.3 Καθαρισμός της ίνας

5.4.4 Τομή της ίνας

5.4.4.1 Επιθεώρηση της τομής

5.4.5 Ένωση σύντηξης

- 5.4.5.1 Προετοιμασία της ίνας
- 5.4.5.2 Προστασία της ίνας

- 5.4.5.2.1 Προστατευτικό κάλυμμα ένωσης
- 5.4.5.2.2 Περιτυλίγματα (τελικά περιτυλίγματα)
- 5.4.5.2.3 Κρατώντας και μετακινώντας τις ίνες μέσα στη συσκευή ένωσης
- 5.4.5.2.4 Παρατηρώντας την ευθυγράμμιση

5.4.5.3 Αυτόματη τοποθέτηση

- 5.4.5.3.1 PAS-σύστημα ευθυγράμμισης προφίλ
- 5.4.5.3.2 LID- σύστημα έγχυσης φωτός και ανίχνευσης

5.4.5.4 Ένωση των ινών με σύντηξη

- 5.4.5.3.1 Προ-τήξη
- 5.4.5.3.2 Κύρια τήξη
- 5.4.5.3.3 Αυτόματος έλεγχος ένωσης

5.4.6 Μηχανικές ενώσεις

- 5.4.6.1 Αυλάκι σε σχήμα V
- 5.4.6.2 Σωλήνας κάμψης
- 5.4.6.3 Σωλήνας ακριβείας

5.4.7 Προδιαγραφές ενώσεων

- 5.4.7.1 Η διάμετρος τομής και απομονωτή
- 5.4.7.2 Απώλεια εισαγωγής
- 5.4.7.3 Απώλεια επιστροφής
- 5.4.7.4 Τέντομα της ίνας

5.4.8 Επιλογή τύπου μόνιμης σύνδεσης

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Συνδετήρες - Προσαρμογείς και Συζεύκτες

6.1 Συνδετήρες

6.1.1 Παράμετροι συνδετήρων

- 6.1.1.1 Απώλεια εισαγωγής
- 6.1.1.2 Απώλεια επιστροφής
- 6.1.1.3 Διάρκεια σύνδεσης
- 6.1.1.4 Θερμοκρασία λειτουργίας
- 6.1.1.5 Αντοχή καλωδίου

6.1.1.6 Δυνατότητα επανάληψης

6.1.2 Τύποι συνδετήρων

- 6.1.2.1 SMA (συναρμολόγηση μινιατούρας)
- 6.1.2.2 ST
- 6.1.2.3 Συνδετήρας ίνας, φυσικής επαφής (FCPC)
- 6.1.2.4 Mini-BNC
- 6.1.2.5 Δικωνικός συνδετήρας
- 6.1.2.6 Συνδετήρας συνδρομητή (SC)
- 6.1.2.7 Συνδετήρας πλαστικής ίνας

6.1.3 Επιλογή βύσματος

- 6.1.4 Τερματισμός καλωδίου και τοποθέτηση βύσματος
- 6.1.5 Εποξικές κόλλες για οπτικές ίνες
- 6.1.6 Καθαρισμός βυσμάτων οπτικών ινών

6.2 Προσαρμογείς

- 6.2.1 Προσαρμόζοντας τον συνδετήρα σε μια ίνα
- 6.2.2 Τελική επιθεώρηση

6.4 Τερματισμός μονότροπων ινών με pigtails

6.5 Συζεύκτες

- 6.4.1 Μεγέθη συζεύκτη
- 6.4.2 Λόγος διαίρεσης ή λόγος σύζευξης
- 6.4.3 Ανοχή σύζευξης
- 6.4.4 Απώλεια σύζευξης
- 6.4.5 Ο συζεύκτης σε μορφή T
 - 6.4.5.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός δικτύου Τα
- 6.4.6 Ο συζεύκτης αστέρος
- 6.4.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα
- 6.4.8 Κατασκευή συζευκτών

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - Υλικό Οπτικών Ινών

▪ **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Σχεδίασης μίας εγκατάστασης οπτικών Ινών**

- 8.1 Η διαδικασία σχεδίασης
- 8.2 Μετρήσεις για το απαιτούμενο μήκος καλωδίου
- 8.3 Μόνιμες συνδέσεις
- 8.4 Βυσματώσεις
- 8.5 Αποτελεσματικό τράβηγμα καλωδίων
- 8.6 Κατάλληλος χώρος οδηγιών
- 8.7 Αρχική σχεδίαση

▪ **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - Τράβηγμα Καλωδίων Οπτικών Ινών**

- 9.1 Αποφυγή καταστροφών
- 9.2 Ξετύλιγμα καλωδίου
- 9.3 Δύναμη έλξης
- 9.4 Έλεγχος καλωδίων
- 9.5 Κάμψη των ινών
- 9.6 Παρεμβολή με άλλες εγκαταστάσεις
- 9.7 Διαδικασίες τραβήγματος καλωδίων
- 9.8 Κράτημα καλωδίου για απογύμνωση

▪ **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - Όργανα Ελέγχου Οπτικών Ινών**

- 10.1 Τυπικές διαδικασίες έλεγχου
 - 10.1.1. Μετρητές Ισχύος Οπτικών Ινών
 - 10.1.2 Δοκιμαστικές Πηγές Οπτικών Ινών

- 10.1.3 ΣΕΤ Ελέγχου Οπτικής Απώλειας
- 10.1.4 Μετρητής Ανάκλασης Πεδίου Οπτικού Χρόνου
- 10.1.5 Οπτικοί Ανιχνευτές Καλωδίου και Συσκευή Εντοπισμού βλάβης
- 10.1.6 Όργανο Αναγνώρισης Ινών

10.2 Υπολογίζοντας του Εύρου Ζώνης της Ίνας

10.3 Μετατροπείς Οπτικού σε Ηλεκτρικό (Ο/Ε) και Ηλεκτρικού σε Οπτικό (Ε/Ο)

10.4 Αναλυτές Οπτικών Ινών

10.5 Πολυκάναλα Συστήματα Ελέγχου

10.6 Μικροσκόπια

10.7 Συστήματα Ήχου Οπτικών Ινών

10.8 Εξασθενητές

10.9 Καλώδια - Διακλαδωτήρες Ελέγχου

10.10 Πρότυπα οπτικών ινών

- 10.10.1 Αποδεκτά Στάνταρ
- 10.10.2 Στάνταρ Συστήματος
- 10.10.3 Συμβατότητα των Μετρήσεων

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 - Μετρήσεις Οπτικών Ινών

11.1 Μέτρηση ισχύος

- 11.1.1 Διαβάθμιση
- 11.1.2 Κατανόηση της απόκλισης των υπολογισμών του Μετρητή Ισχύος Οπτικών Ινών
- 11.1.3 Ευκρίνεια των Οργάνων έναντι Απόκλισης των Μετρήσεων
- 11.1.4 Μετρήσεις διακριτής ισχύος

11.2 Μετρήσεις της οπτικής ίνας

- 11.2.1 Έλεγχος Οπτικών Ινών
- 11.2.2 Έλεγχος Συνεχειας Οπτικής Ίνας
- 11.2.3 Εξασθένιση

- 11.2.4 Έλεγχος Εξασθένησης Ινών
- 11.2.5 Πηγές για Μετρήσεις Απώλειας
- 11.2.6 Τροπολογικές Επιδράσεις στην Εξασθένηση
 - 11.2.6.1 Τροπολογικός Διασκορπισμός
 - 11.2.6.2 Μορφή του Τροπολογικού Διασκορπισμού του Συστήματος
 - 11.2.6.3 Ρυθμιστές Κατάστασης
- 11.2.7 Ελέγχοντας τις μονότροπες ίνες
- 11.2.8 Απώλειες λόγω κάμψεων
- 11.2.9 Μετρητές OTDR
 - 11.2.9.1 Η Λειτουργία του OTDR
 - 11.2.9.2 Αποκλίσεις Μετρήσεων με τον OTDR
 - 11.2.9.3 Έλεγχος Εύρους Ζώνης

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 - Έλεγχος Εξαρτημάτων Οπτικών Ινών

12.1 Έλεγχος απώλειας συνδετήρων και συνδέσεων μεταξύ αγωγών

- 12.1.1 Επιθεώρηση των Συνδετήρων με Μικροσκόπιο
- 12.1.2 Ανθεκτικότητα των συνδετήρων και των συνδέσεων
- 12.1.2 Απώλεια οπτικής επιστροφής στους συνδετήρες
- 12.1.3 Έλεγχος συνδεδεμένων καλωδίων
- 12.1.4 Ανεύρεση ακατάλληλων συνδετήρων
- 12.1.5 Επίδραση της διανομής κατάστασης ισχύος στην απώλεια σε πολύτροπα καλώδια οπτικών ινών
- 12.1.6 Επιλέγοντας το καλώδιο εκκίνησης για τη διεξαγωγή ελέγχου
- 12.1.7 Έλεγχος απώλειας οπτικής επιστροφής σ' εγκατεστημένα καλώδια

12.2 Έλεγχος σε συζεύκτες και διακόπτες

- 12.2.1 Συζεύκτες Οπτικών Ινών
- 12.2.2 Διακόπτες Οπτικών Ινών

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 - Έλεγχος Εγκαταστάσεων Οπτικών Ινών

13.1 Έλεγχος κυκλωμάτων μεταφοράς δεδομένων

13.2 Εγκατάσταση και έλεγχος καλωδίου οπτικών ινών

13.3 Έλεγχος με μετρητή ανάκλασης (OTDR)

13.4 Έλεγχος δικτύων οπτικών ινών

- 13.4.1 Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τη διεξαγωγή ελέγχου
- 13.4.2 Διαδικασίες χειρισμού και καθαρισμού

13.5 Τι Πάει στραβά στις εγκαταστάσεις των οπτικών ινών.

13.5.1 Ο έλεγχος του εγκατεστημένου καλωδίου οπτικών ινών

13.6 Έλεγχος και ανίχνευση λάθους των δικτύων

13.7 Έλεγχος πομποδέκτη με συνδεσμολογία βρόγχου

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 - Αποκατάσταση βλαβών Οπτικών Ινών

14.1 Πρόληψη αντί αποκατάστασης βλαβών

14.2 Τύποι βλαβών

14.3 Εξοπλισμός αποκατάστασης βλαβών

14.4 Εξακρίβωση του προβλήματος

14.5 Εργασίες αποκατάστασης βλαβών

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 - Ανάλυση Ισολογισμού Απώλειων Ζεύξης Καλωδίου Οπτικών Ινών

15.1 Απώλειες παθητικών εξαρτημάτων καλωδιακής εγκατάστασης

15.2 Υπολογισμός ισολογισμού απωλειών ζεύξης εξοπλισμού

▪ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 - Βιβλιογραφία Εγκατάστασης Οπτικών Ινών

16.1 Φύλαξη εγγράφων καλωδιακής εγκατάστασης

16.2 Σχεδίαση καλωδιακής εγκατάστασης

- 16.3 Κοστολόγηση της εργασίας εγκατάστασης
- 16.4 Εγκατάσταση του συστήματος
- 16.5 Έλεγχος της καλωδιακής εγκατάστασης
- 16.6 Επισκευή καλωδιακής εγκατάστασης
- 16.7 Συνταξη εγχειριδίων της εγκατάστασης για αποδοχή από τον πελάτη
- 16.8 Κατασκευή εγχειριδίων
- 16.9 Προστασία εγγράφων

- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 - Εναέριο και Υποβρύχιο δίκτυο Οπτικών Ινών**

- 17.1 Γενικά
- 17.2 Εναέριο δίκτυο οπτικών ινών σε πόλεις
 - 17.2.1 Παρουσίαση & τεχνικές προδιαγραφές του καλωδίου
 - 17.2.2 Εγκατάσταση εναέριου καλωδίου
- 17.3 Εναέριο δίκτυο οπτικών ινών εκτός πόλεων (Εθνικό Δίκτυο)
 - 17.3.1 Παρουσίαση & τεχνικές προδιαγραφές του καλωδίου
 - 17.3.2 Εγκατάσταση εναέριου καλωδίου
- 17.4 Υποβρύχιο δίκτυο οπτικών ινών
 - 17.4.1 Τοποθέτηση του υποβρύχιου καλωδίου
 - 17.4.2 Εγκατάσταση υποβρυχίου καλωδίου
 - 17.4.3 Υποβρύχιο καλώδιο και υποβρύχιοι σύνδεσμοι

▪ **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 - Εφαρμογές Οπτικών Ινών**

18.1. Ιατρικές εφαρμογές

18.2. Στρατιωτικές εφαρμογές

18.3. Βιομηχανικές εφαρμογές

18.4 Δίκτυα οπτικών επικοινωνιών

18.5 Συστήματα οικονομικών υπηρεσιών

18.6 Τοπικά και μητροπολιτικά Δίκτυα (LAN, MAN)

18.7 Τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις

18.8 Συνδέσεις οπτικών δικτύων

▪ **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Βασική θεωρία Οπτικών Ινών

Παρούσα δικτυακή κατάσταση

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στον τομέα των δικτύων τα τελευταία χρόνια είναι η ραγδαία αύξηση των απαιτήσεων σε εύρος ζώνης τόσο στα εσωτερικά δίκτυα των επιχειρήσεων όσο και στα δίκτυα των ISPs. Η εποχή κατά την οποία το διαδίκτυο ήταν μια καθαρά ακαδημαϊκή υπόθεση και αυτό που κυρίως προσέφερε στους χρήστες του ήταν η ανταλλαγή ηλεκτρονικών μηνυμάτων (e-mails) ανάμεσα στους επιστήμονες για θέματα του ενδιαφέροντος τους έχει περάσει οριστικά και αμετάκλητα. Μέλη του διαδικτύου είναι πλέον από απλοί χρήστες που αναζητούν σε αυτό νέους τρόπους ψυχαγωγίας, ενημέρωσης αλλά και διεκπεραίωσης των καθημερινών εργασιών τους μέχρι μεγάλες επιχειρήσεις που έχουν ως κύριο αντικείμενο τους την παροχή υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου.

Ο αριθμός των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με το νέο μέσο συνεχώς αυξάνεται. Αυτή είναι μόνο η μία συνιστώσα της εξάπλωσης του διαδικτύου, η *ποσοτική*. Υπάρχει, όμως και η *ποιοτική* συνιστώσα/ η οποία υποδηλώνει τη μεγάλη αλλαγή και τον εμπλουτισμό των υπηρεσιών που παρέχει το διαδίκτυο στους χρήστες. Δηλαδή, οι μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης προήλθαν όχι μόνο από τη συνεχή αύξηση του αριθμού των χρηστών του Internet αλλά και από τις αυξανόμενες απαιτήσεις των δικτυακών εφαρμογών, οι οποίες αλλάζουν την συμπεριφορά των χρηστών, καθιστώντας τους ολοένα και πιο απαιτητικούς. Παράλληλα, το κόστος για τη μετάδοση αυτού του συνεχώς αυξανόμενου όγκου δεδομένων πρέπει να διατηρείται σε λογικά επίπεδα και η προσφορά του απαιτούμενου εύρους ζώνης να μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια η μετάδοση των δεδομένων στηριζόταν κυρίως (με τον ένα ή τον άλλο τρόπο) στη χρησιμοποίηση καλωδίων χαλκού. Από τα modems που όλοι έχουμε στα σπίτια μας, μέχρι τις υπερατλαντικές συνδέσεις που πραγματοποιούνται με ποντισμένα καλώδια, ο χαλκός μας συντροφεύει σε κάθε μεταδιδόμενο bit. Πολλές μάλιστα από τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες μετάδοσης (ISDN, Cable, xDSL) εξακολουθούν να χρησιμοποιούν καλώδια χαλκού, απλώς προσφέρουν πολύ υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης.

Τα τελευταία χρόνια έχει συστηματοποιηθεί και η χρησιμοποίηση μικροκυματικών τεχνολογιών (Baseband modems, Spread Spectrum modems, Δορυφόροι κτλ.), οι οποίες και αυξημένες ταχύτητες μετάδοσης προσφέρουν και χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και αναβάθμισης έχουν σε σχέση με τις τεχνολογίες χαλκού. Αλλά η πραγματική απάντηση στο ζήτημα των αυξημένων απαιτήσεων σε Bandwidth δόθηκε μέσω της χρησιμοποίησης οπτικών ινών.

Από πολύ νωρίς η πλειοψηφία των εταιρειών που δραστηριοποιούνται (με τον ένα ή τον άλλο τρόπο) στην παροχή εύρους ζώνης είχε μία μόνο απάντηση στο πρόβλημα που προαναφέρθηκε και αυτή ήταν η

χρησιμοποίηση οπτικών ινών για την υλοποίηση των μεγάλων δικτύων κορμού.

Οι οπτικές ίνες παρέχουν μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο μπορεί να φθάσει μέχρι αρκετές δεκάδες Gbps, και μεταφέρουν το σήμα σε αρκετά μεγάλη απόσταση, χωρίς σημαντικές απώλειες λόγω εξασθένησης. Η απόσταση κυμαίνεται μεταξύ 70-100 Km ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας και το σήμα που μεταφέρεται. Συνεπώς, οι οπτικές ίνες περιορίζουν τον αριθμό των ενδιάμεσων ενισχύσεων που απαιτούνται για να διασχίσει το σήμα μια μεγάλη απόσταση και έχουν σημαντική ανοχή στον θόρυβο.

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή έχουν αναπτυχθεί και έχουν ήδη τεθεί σε λειτουργία δίκτυα οπτικών ινών χωρητικότητας 2,5 Gbps, με δυνατότητα πολλαπλάσιας αύξησης της, που ξεπερνάνε τα 5000 χιλιόμετρα σε εθνικό επίπεδο, όπως επίσης και πάνω από 400 χιλιόμετρα οπτικών ινών σε μητροπολιτικές περιοχές (σε μερικές από τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας).

1.3 Οπτικές ίνες στο χώρο των δικτύων

Το κίνητρο για κάθε καινούργιο σύστημα επικοινωνίας είναι η ανάγκη είτε για τη βελτίωση της ποιότητας της μετάδοσης, είτε για αύξηση του ρυθμού δεδομένων, είτε για αύξηση της απόστασης μεταξύ των σταθμών αναμετάδοσης, είτε για μείωση του κόστους,

Δίκτυο Κορμού ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει τους κεντρικούς κόμβους ενός τηλεπικοινωνιακού φορέα και μεταφέρει το τηλεπικοινωνιακό φορτίο μεγάλου αριθμού συνδρομητών πολυπλεγμένο σε συνδέσεις μεγάλης χωρητικότητας.

Δίκτυο Διανομής ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει τους κεντρικούς κόμβους του δικτύου κορμού με τους δευτερεύοντες κόμβους του δικτύου διανομής.

Δίκτυο Πελατών (access) ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει τους συνδρομητές με του δευτερεύοντες κόμβους.

Ανάλογα με τη γεωγραφική έκταση και το τηλεπικοινωνιακό φορτίο που καλύπτει ένα δίκτυο οι τρεις παραπάνω δικτυακές οντότητες μπορούν να συγχωνευτούν. Στην περίπτωση ενός μητροπολιτικού δικτύου τα δίκτυα κορμού και διανομής μπορούν να συγχωνευτούν σε ένα ενιαίο δίκτυο.

Εθνικό Δίκτυο ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει δυο ή περισσότερα μητροπολιτικά δίκτυα στην ίδια χώρα.

Διεθνές Δίκτυο ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει δυο ή περισσότερες χώρες (συνήθως γειτονικές).

Δηπειρωτικό Δίκτυο ορίζεται το δίκτυο το οποίο διασυνδέει χώρες οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικές ηπείρους.



Σχήμα 1.1 : Η διπλή σύνδεση μεταξύ Γαλλίας - Αγγλίας και Η.Π.Α.

Επικοινωνία μπορεί να ονομαστεί κάθε σύνδεσμος ή δίκτυο μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων για την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ τους. Η πληροφορία μεταδίδεται με τη μορφή διαμορφωμένου σήματος. Στην ηλεκτρονική το σήμα είναι ένας ηλεκτρικός παλμός, διαμορφωμένα ραδιοφωνικά κύματα ή μικροκύματα. Σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται

διαμόρφωση από τον πομπό, μετάδοση με κυματοδηγό ή ασύρματη ζεύξη και αποδιαμόρφωση από το δέκτη.

Ένας από τους κύριους περιορισμούς των επικοινωνιακών συστημάτων είναι οι περιορισμένες δυνατότητες τους για μεταφορά πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα αυτό σημαίνει ότι το μέσο επικοινωνίας δεν μπορεί να μεταφέρει τόσα πολλά μηνύματα, αυτή η δυνατότητα χειραγώγησης της πληροφορίας είναι απ' ευθείας ανάλογη του εύρους ζώνης του επικοινωνιακού καναλιού. Στα τηλεφωνικά συστήματα, το εύρος ζώνης περιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του καλωδίου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των σημάτων. Έχουν αναπτυχθεί τεχνικές πολύπλεξιας για μετάδοση πολλαπλών τηλεφωνικών συνδιαλέξεων σ' ένα μόνο καλώδιο. Οι τεχνικές αυτές έχουν το ίδιο αποτέλεσμα με το αν χρησιμοποιούνταν πολλαπλά καλώδια ή κανάλια επικοινωνίας.

Στα συστήματα ραδιοεπικοινωνίας, η πληροφορία διαμορφώνει έναν υψηλό συχνό φορέα. Η διαμόρφωση παράγει πλευρικές ζώνες, και συνεπώς, το σήμα καταλαμβάνει ένα στενό τμήμα του RF φάσματος το οποίο καλείται κανάλι. Ωστόσο, το RF φάσμα είναι πεπερασμένο. Για αύξηση της πληροφορικής χωρητικότητας ενός καναλιού, πρέπει να αυξηθεί το εύρος ζώνης του καναλιού. Αυτό οδηγεί σε μείωση του διαθέσιμου φασματικού χώρου. Χρησιμοποιούνται τεχνικές πολύπλεξιας για μετάδοση περισσότερων σημάτων σ' ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης καναλιού, και έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι για μετάδοση περισσότερης πληροφορίας σε μικρότερο εύρος ζώνης.

Η χωρητικότητα μεταφοράς της πληροφορίας ενός ραδιο-σήματος μπορεί να αυξηθεί τρομακτικά αν χρησιμοποιηθούν φορείς υψηλότερων συχνοτήτων. Καθώς η ανάγκη για αυξανόμενη χωρητικότητα επικοινωνιών έχει γίνει πιο επιτακτική με τα χρόνια, χρησιμοποιούνται όλο και υψηλότερες RFs. Σήμερα, τα μικροκύματα είναι τα προτιμώμενα ραδιο-κανάλια γι' αυτό το λόγο, αλλά και ακριβή η χρησιμοποίηση αυτών των υψηλότερων συχνοτήτων λόγω οπτικής επαφής είναι περιορισμένες.

Σήμερα η χρήση των μικροκυματικών συχνοτήτων για επικοινωνίες έχει επεκταθεί πάρα πολύ. Αν και το φάσμα των μικροκυματικών συχνοτήτων δεν έχει καταληφθεί πλήρως μέχρι τώρα, είναι κατειλημμένο κατά το μεγαλύτερο μέρος του. Ένα μεγάλο μέρος επικοινωνιών διεξάγεται με μικροκυματικά σήματα που μεταδίδονται μέσω δορυφορικών σταθμών αναμετάδοσης. Οι δορυφόροι μπορούν να λαμβάνουν και να επανεκπέμπουν χιλιάδες τηλεφωνικών συνδιαλέξεων σε οποιοδήποτε μέρος της γης ή μπορούν να μεταφέρουν ψηφιακά δεδομένα πολύ υψηλών ταχυτήτων. Αργά αλλά σταθερά, ωστόσο, πλησιάζουμε στα όρια του ραδιοφάσματος μας.

Ένας τρόπος επέκτασης των επικοινωνιακών δυνατοτήτων είναι η χρησιμοποίηση του φωτός σαν μέσο μετάδοσης. Αντί της χρησιμοποίησης ενός ηλεκτρικού σήματος μεταδιδόμενου μέσα σ' ένα καλώδιο ή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαδιδόμενων στον ελεύθερο χώρο, η πληροφορία τίθεται πάνω σε μια φωτεινή δέσμη και μεταδίδεται μέσω του ελεύθερου χώρου ή μέσω ενός ειδικού καλωδίου.

Οι επικοινωνίες με φωτεινή δέσμη στον ελεύθερο χώρο είναι άνευ πρακτικής αξίας για πολύ μακρινές αποστάσεις. Το μειονέκτημα είναι η

μεγάλη εξασθένηση του φωτός λόγω ατμοσφαιρικών επιδράσεων. Ομίχλη, καταχνιά, νέφος, βροχή, χιόνι, και άλλα φαινόμενα, απορροφούν, ανακλούν, και διαθλούν το φως, εξασθενώντας το πάρα πολύ και ως εκ τούτου περιορίζοντας την απόσταση μετάδοσης. Φωτεινές δέσμες χρησιμοποιούμενες για μεταφορά πληροφορίας επίσης εξασθενούν μέχρι σημείου πλήρους εξαφάνισης κατά τη διάρκεια της ημέρας από τον ήλιο.

Η επικοινωνία φωτεινής δέσμης έγινε πιο πρακτική με την ανακάλυψη του laser. Λόγω της μεγάλης του έντασης, η δέσμη laser μπορεί να διαπερνά τα ατμοσφαιρικά εμπόδια καλύτερα από άλλους τύπους φωτός, καθιστώντας έτσι την επικοινωνία φωτεινής-δέσμης πιο αξιόπιστη σε μακρινές αποστάσεις. Το κυρίαρχο πρόβλημα με τέτοια επικοινωνία φωτεινής-δέσμης στον ελεύθερο χώρο είναι ότι ο πομπός και ο δεκτής πρέπει να είναι τέλεια ευθυγραμμισμένοι μεταξύ τους.

Αντί του χώρου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος τύπος καλωδίου μεταφοράς φωτός. Τα καλώδια οπτικών ινών έχουν φθάσει σε υψηλά επίπεδα τελειοποίησης. Μπορούν να κατασκευασθούν και διασυνδεθούν καλώδια μήκους πολλών μιλίων με σκοπό τη μετάδοση πληροφορίας με μια φωτεινή δέσμη σε πολύ μακρινές αποστάσεις. Χάρη σ' αυτά τα τελειοποιημένα καλώδια οπτικών ινών, ένα νέο μέσο μετάδοσης είναι τώρα διαθέσιμο. Το μεγάλο πλεονέκτημα του είναι ότι οι φωτεινές δέσμες έχουν μια απίστευτη χωρητικότητα μεταφερόμενης πληροφορίας. Δοθέντος ότι εκατοντάδες τηλεφωνικών συνδιαλέξεων μπορεί να μεταδοθούν ταυτόχρονα στις μικροκυματικές συχνότητες, σε μια φωτεινή δέσμη μπορούν να μεταφερθούν πολλές χιλιάδες σημάτων μέσω ενός καναλιού οπτικής ίνας. Χρησιμοποιώντας τεχνικές πολυπλεξίας παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στα τηλεφωνικά και ράδιο-επικοινωνιακά συστήματα, τα επικοινωνιακά συστήματα οπτικών ινών έχουν μια σχεδόν απεριόριστη χωρητικότητα για μεταφορά πληροφορίας.

Οι οπτικές ίνες αποτελούν το μέσο μετάδοσης σημάτων επικοινωνιών σε μορφή φωτός, οδηγούμενου μέσα από λεπτούς κυματοδηγούς γυαλιού ή πλαστικού. Τα σήματα αυτά είναι ψηφιακοί παλμοί ή αναλογικής μορφής κατάλληλα διαμορφωμένο φως συνεχόμενης ροής, και μπορούν να εκπροσωπούν πληροφορίες φωνής, δεδομένων, υπολογιστών, video, κ.τ.λ.

Οι ίδιοι τύποι πληροφοριών μπορούν να αποσταλούν μέσω μεταλλικών αγωγών, όπως τα συστραμμένα ζευγάρια και οι ομοαξονικοί αγωγοί, καθώς επίσης μέσω του αέρα σε μικροκυματική μορφή. Ο λόγος χρησιμοποίησης οπτικών ινών είναι η παροχή πλεονεκτημάτων, που δεν προσφέρονται με κανέναν από τους υπόλοιπους τρόπους μετάδοσης.

Το κύριο πλεονέκτημα των οπτικών ινών είναι το γεγονός ότι μπορούν να μεταφέρουν περισσότερες πληροφορίες σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε συντομότερο χρονικό διάστημα, συγκριτικά με οποιοδήποτε άλλο σύστημα τηλεπικοινωνιών. Επιπρόσθετα, δεν επηρεάζονται από παρεμβολές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, και μεταδίδουν πληροφορίες με χαμηλότερο θόρυβο και λιγότερα σφάλματα. Επίσης, υπάρχουν πολλές ακόμη εφαρμογές των οπτικών ινών, οι οποίες απλά δεν μπορούν να υλοποιηθούν με μεταλλικούς αγωγούς. Αυτές, περιλαμβάνουν αισθητήρες, επιστημονικές

εφαρμογές, ιατρικές / χειρουργικές εφαρμογές, φωτισμό αντικειμένων και μετάδοση ειδώλων.

Η χρήση των οπτικών ινών για την μεταφορά της ολοένα και αυξανόμενης πληροφορίας στα δίκτυα κορμού και όχι μόνο, ήταν καθολική. Χρησιμοποιώντας πολλές τεχνολογίες και αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα κάθε μιας από αυτές μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο σταθερό και ικανό να παρέχει αρκετό εύρος ζώνης, το οποίο να μπορεί να αντεπεξέλθει στις ανάγκες των χρηστών.

Η προαναφερθείσα μέθοδος παρουσιάζει και πολλά μειονεκτήματα. Πρώτα απ' όλα απαιτείται σημαντικός εξοπλισμός και τα ανάλογα κεφάλαια για την απόκτηση του. Εν συνεχεία, η χρησιμοποίηση μιας πληθώρας τεχνολογιών έχει σημαντική επίπτωση στη διαχείριση του δικτύου, απαιτώντας σημαντικούς ανθρώπινους πόρους. Τέλος, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ακόμα και αυτή η αρχιτεκτονική έχει φτάσει στα όρια της όσον αφορά το παρεχόμενο εύρος ζώνης, άρα πρέπει να γίνει κάποια αναβάθμιση. Το μεγάλο μειονέκτημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι απαιτείται αναβάθμιση όλων σχεδόν των συστατικών στοιχείων του δικτύου, κάτι που συνεπάγεται αυξημένα έξοδα σε κάθε διαδικασία αναβάθμισης.[1]

1.4 Στοιχεία μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης

Οι περισσότερες οπτικές ίνες είναι κατασκευασμένες από γυαλί, αν και μερικές είναι κατασκευασμένες από πλαστικό. Για μηχανική προστασία, οι οπτικές ίνες βρίσκονται μέσα σε καλώδια. Υπάρχουν πολλές μορφές /τύποι καλωδίων, ανάλογα με την εφαρμογή: εξωτερικού ή εσωτερικού χώρου, μέσα στο έδαφος ή μέσα στο νερό, κ.τ.λ.

Μία ζεύξη οπτικής ίνας, αποτελείται από τα ακόλουθα τρία στοιχεία(σχήμα 1. 2) :

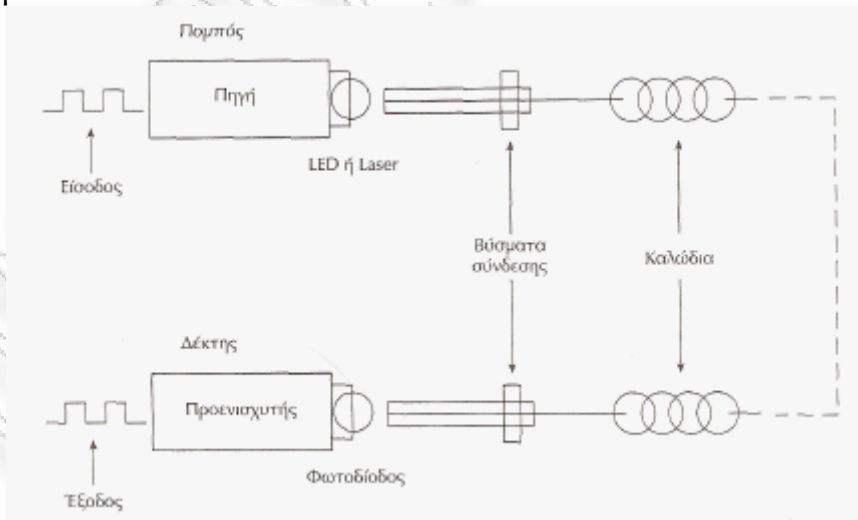
1. Μία φωτεινή πηγή (laser ή LED) στο ένα άκρο, μαζί με κάποιο βύσμα σύνδεσης ή άλλο μηχανισμό ευθυγράμμισης, για τη σύνδεση της ίνας. Η φωτεινή πηγή λαμβάνει το σήμα από τα ηλεκτρονικά που την υποστηρίζουν, και μετατρέπει τις ηλεκτρικές πληροφορίες σε οπτικές.
2. Την ίνα (μαζί με το καλώδιο, τα βύσματα ή τους συνδέσμους) από σημείο σε σημείο. Οι ίνες μεταφέρουν το φως στον προορισμό του.
3. Το φωτοανιχνευτή στο άλλο άκρο, μαζί με κάποιο βύσμα σύνδεσης της ίνας. Ο φωτοανιχνευτής μετατρέπει το επερχόμενο οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό, παράγοντας ένα αντίγραφο της αρχικής ηλεκτρικής εισόδου. Τα ηλεκτρονικά, που υποστηρίζουν το φωτοανιχνευτή, επεξεργάζονται το σήμα έτσι, ώστε αυτό να επιτελέσει την προτιθέμενη επικοινωνιακή λειτουργία.

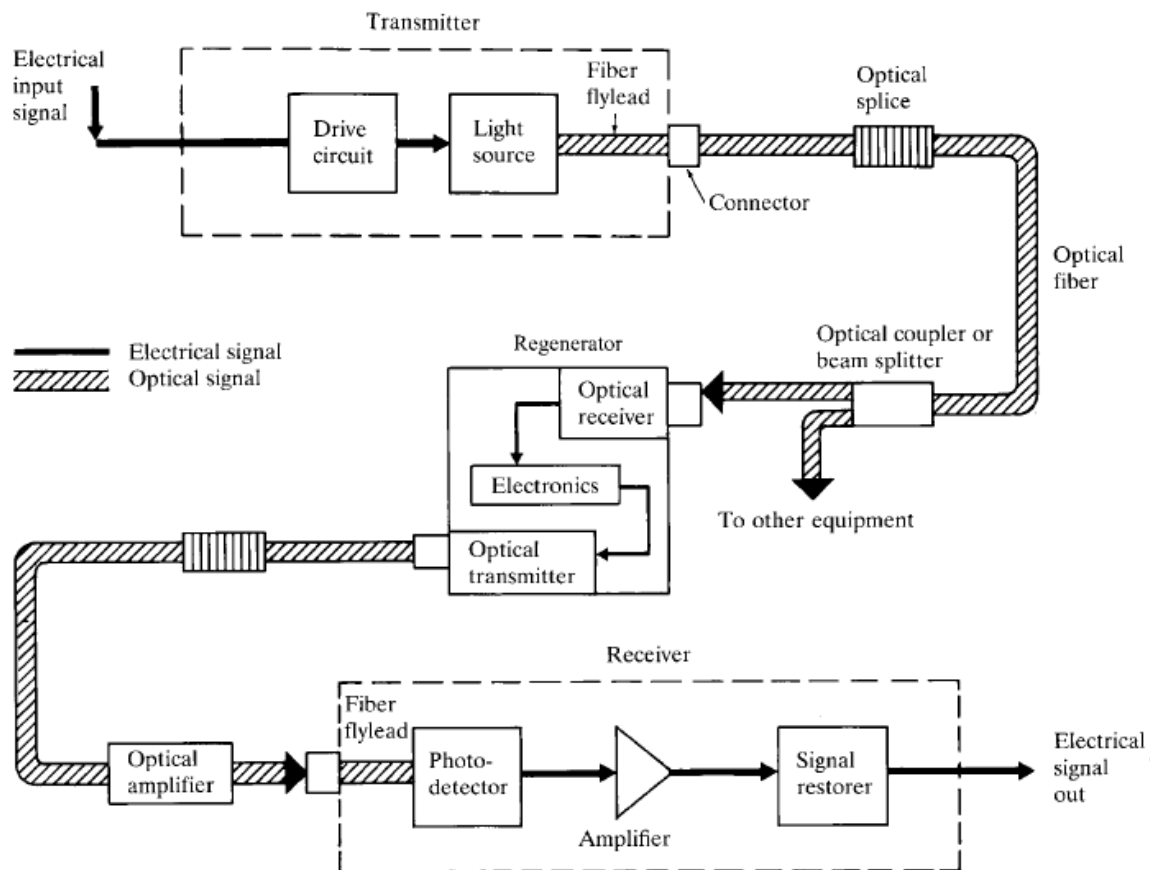
Σε συστήματα μεγάλων αποστάσεων (σχήμα 1.3), ίσως είναι αναγκαία η χρήση ενδιάμεσων ενισχυτών για την αντιστάθμιση των απωλειών σήματος κατά μήκος της ίνας. Επομένως, τα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων αποτελούνται από έναν αριθμό ομοίων μονάδων ζεύξης συνδεδεμένων μεταξύ τους. Ο κάθε επαναλήπτης αποτελείται από ένα δέκτη, έναν πομπό και τα σχετικά ηλεκτρονικά υποστήριξης.[2]

Τα βασικά στοιχεία μιας γραμμής μετάδοσης με οπτική ίνα είναι η μονάδα του μεταδότη (transmitter) αποτελούμενη από την οπτική πηγή και το συνδεδεμένο μ' αυτή κύκλωμα οδήγησης του σήματος, η οπτική ίνα και η μονάδα του δέκτη (receiver) που αποτελείται γενικά από φωτοανιχνευτή, ενισχυτή και κύκλωμα αποκατάστασης του σήματος (σχήμα 1.2).

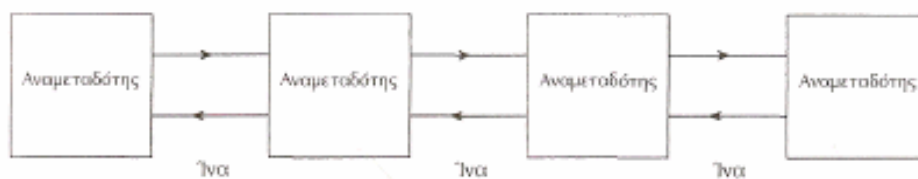
Επιπρόσθετα, μια γραμμή περιλαμβάνει οπτικούς συνδετήρες (connectors), συζεύκτες (couplers) ή διαχωριστές (splitters) της δέσμης και επαναλήπτες (repeaters). Συγκολλήσεις (splices) κατά μήκος της οπτικής ίνας υπάρχουν πάντα προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό μήκος της γραμμής μετάδοσης.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε οπτικό από την οπτική πηγή και στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω της οπτικής ίνας. Όταν η γραμμή καλύπτει μεγάλες αποστάσεις, η εγκατάσταση επαναληπτών κατά μήκος της γραμμής είναι απαραίτητη προκειμένου το σήμα να αναγεννηθεί ή να ενισχυθεί. Η ενίσχυση στη μονάδα του επαναλήπτη γίνεται ηλεκτρικά. Έτσι, το οπτικό σήμα που εισέρχεται στον επαναλήπτη από την οπτική ίνα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό, ενισχύεται και στη συνέχεια μετατρέπεται ξανά σε οπτικό. Κατά συνέπεια, το καλώδιο που περιβάλλει τις οπτικές ίνες εκτός από την προστασία που παρέχει, περιέχει και ηλεκτρικά καλώδια απαραίτητα για την τροφοδοσία των κυκλωμάτων των επαναληπτών.





Σχήμα 1.2 : Σχηματική αναπαράσταση των κυριότερων στοιχείων μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης



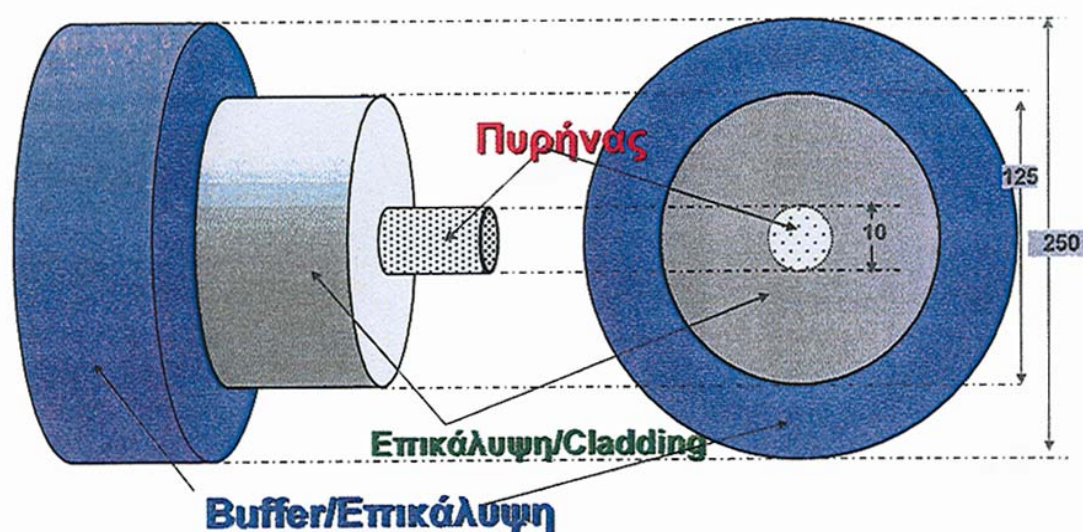
Σχήμα 1.3 : Οι μεγάλων αποστάσεων ζεύξεις δεδομένων απαιτούν επαναλήπτες για την αναγέννηση του σήματος.

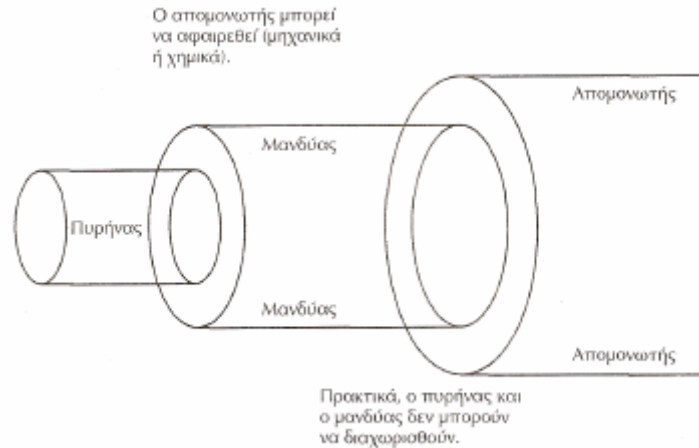
1.3 Γενικά για τις οπτικές ίνες

1.3.1 Δομή οπτικής ίνας

Οι οπτικές ίνες έχουν στο κέντρο τους τον πυρήνα μέσω του οποίου μεταδίδεται το οπτικό σήμα. Ο πυρήνας εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο τέρμα. Τα κύματα μεταφέρονται από τον πυρήνα της οπτικής ίνας. Όσο πιο στενός είναι ο πυρήνας, τόσο πιο γρήγορα μεταφέρεται το κύμα φωτός. Ο οπτικός πυρήνας περιβάλλεται από στρώμα υάλινης επικάλυψης. Η επικάλυψη (cladding), η οποία περιβάλλει την οπτική ίνα κρατάει το φως στον πυρήνα, εμποδίζοντας το σήμα να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του. Η επικάλυψη με τη σειρά της περιβάλλεται από το εξωτερικό προστατευτικό υλικό, η οποία προστατεύει την ίνα από τους περιβαντολογικούς κινδύνους. (Σχήμα 1.4)

Η δέσμη φωτός εκπέμπεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας και προσπίπτει με τέτοια γωνία στην επικάλυψη ώστε να υπάρχει ολική ανάκλαση και να μεταδίδεται σε όλο το μήκος της οπτικής ίνας. Η οπτική ίνα εγκλωβίζει όλη την ενέργεια της ακτίνας του φωτός.





Σχήμα 1.4 : Η δομή μιας οπτικής ίνας

1.3.4 Τύποι οπτικών ινών

Μία οπτική ίνα αποτελείται από έναν πυρήνα περιβαλλόμενο από κάποιο μανδύα που παγιδεύει το φως μέσα στον πυρήνα, με βάση το φαινόμενο της εσωτερικής ολικής ανάκλασης. Επιλέγοντας υλικό πυρήνα υψηλότερου δείκτη διάθλασης, προκαλούμε την ολική ανάκλαση του φωτός στη συνοριακή επιφάνεια με το μανδύα, για γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη από κάποια κρίσιμη τιμή. Η κρίσιμη γωνία προσδιορίζεται από τη διαφορά σύνθεσης των υλικών μεταξύ πυρήνα και μανδύα. Συνήθως, το χρησιμοποιούμενο υλικό είναι λιωμένο πυριτικό γυαλί, καλυμμένο με πλαστική επιστρώση (απομονωτής) για προστασία του γυαλιού από φυσική καταστροφή και υγρασία. Σε κάποιες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται εντελώς πλαστικές οπτικές ίνες.

Οι γυάλινες οπτικές ίνες είναι οι συνηθέστερες σε εφαρμογές τηλεπικοινωνιών, και μπορεί να είναι μονότροπες (ενός ρυθμού) ή πολύτροπες (πολλών ρυθμών). Τα περισσότερα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και η καλωδιακή τηλεόραση (CATV) χρησιμοποιούν μονότροπες ίνες, ενώ τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LANs) χρησιμοποιούν πολύτροπες ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης. Οι μονότροπες ίνες διαθέτουν μικρότερη διάμετρο πυρήνα από τις πολύτροπες, και παρέχουν μεγαλύτερο εύρος διέλευσης συχνοτήτων. Οι πολύτροπες ίνες μπορεί να είναι είτε βηματικού είτε βαθμιαίου δείκτη διάθλασης, ενώ το μεγαλύτερο μέγεθος πυρήνα που διαθέτουν προσφέρει ευκολότερη σύζευξη με χαμηλού κόστους φωτεινές πηγές όπως είναι τα LEDs.

Οι πλαστικές οπτικές ίνες είναι μεγάλου πυρήνα πολύτροπες βηματικού δείκτη διάθλασης. Επειδή οι πλαστικές ίνες έχουν μεγάλη διάμετρο και μπορούν να κοπούν με απλά εργαλεία, είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν και να λειτουργήσουν με χαμηλού κόστους βύσματα σύνδεσης. Οι πλαστικές ίνες δε χρησιμοποιούνται για μεγάλες αποστάσεις, λόγω υψηλών απωλειών και χαμηλότερου εύρους διέλευσης συχνοτήτων από τις γυάλινες οπτικές ίνες.

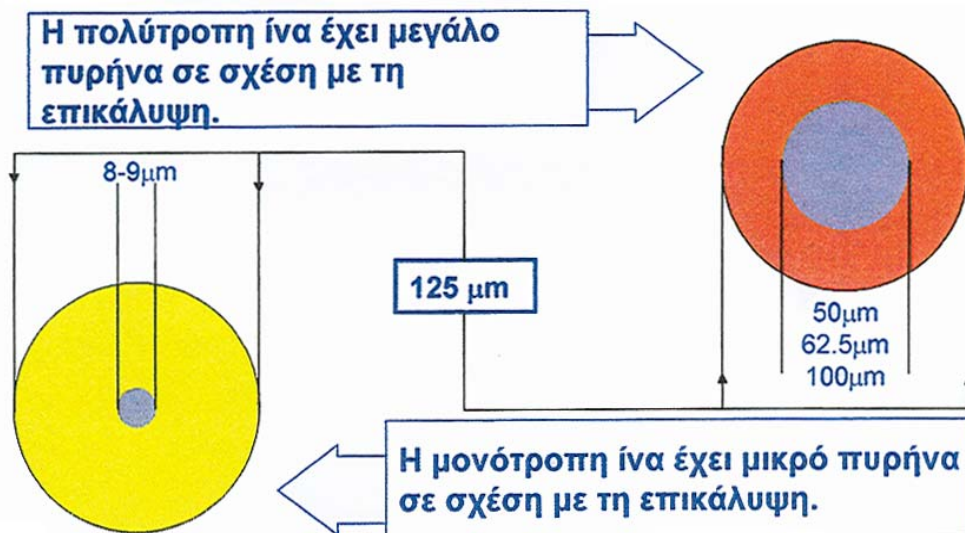
Ωστόσο, οι πλαστικές ίνες μπορεί να είναι χρήσιμες σε μικρές διαδρομές από το δρόμο προς τα σπίτια ή τα γραφεία, καθώς και για χρήση σε εσωτερικούς χώρους.

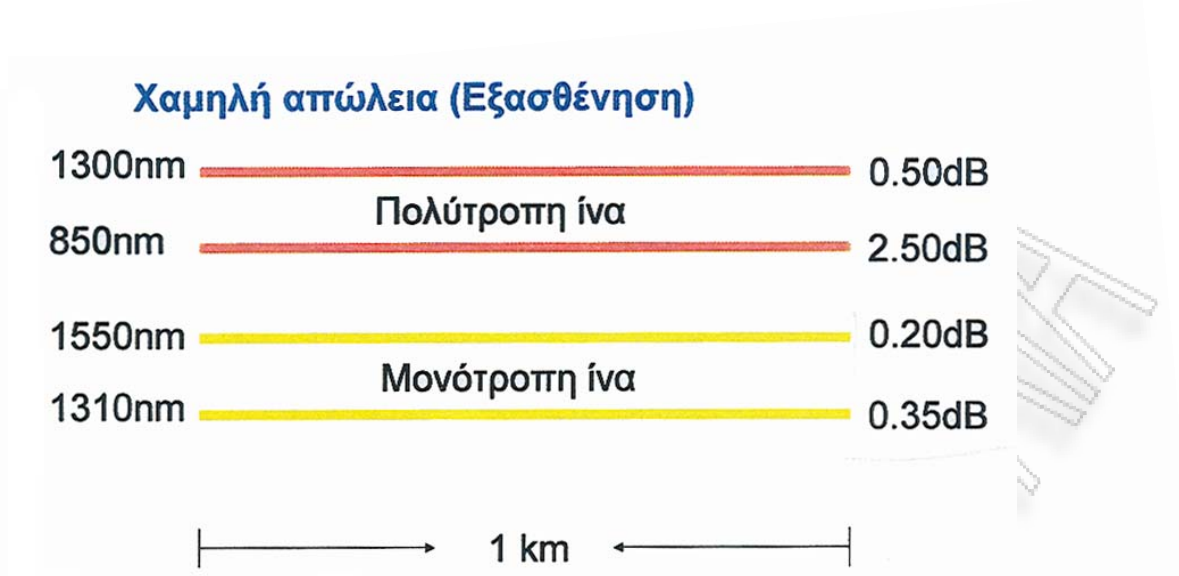
Υπάρχουν πολλές γωνίες με τις οποίες το φως μπορεί να εισέλθει σε μία οπτική ίνα και να δημιουργήσει διαφορετικές γωνίες προσβολής της επικάλυψης οι οποίες αναφέρονται και ως τρόποι (*modes*).

Ο αριθμός των τρόπων (*modes*) αυξάνει καθώς αυξάνει η διάμετρος του πυρήνα. Οι μονότροπες (*single-mode*) οπτικές ίνες έχουν συνήθως διάμετρο πυρήνα περίπου 8-9 μm ενώ οι πολύτροπες 50 -100 μm (Σχήμα 1.5). Οι μονότροπες οπτικές ίνες, σε αντίθεση με τις πολύτροπες δεν διαχέουν τη δέσμη φωτός αλλά απαιτούν συγκέντρωση φωτός μεγάλης έντασης σε πυρήνα μικρής διαμέτρου γεγονός που απαιτεί τη χρήση Laser. Η διάμετρος δηλαδή του πυρήνα να είναι στο επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου οπτικού σήματος. Αναφέρεται και σαν ομοαξονική μετάδοση. [3]

Οι τηλεπικοινωνίες σήμερα χρησιμοποιούν, ουσιαστικά, μόνο μονότροπες οπτικές ίνες.

Επιπλέον, για τις πολύτροπες ίνες υπάρχει ένας επιπλέον διαχωρισμός ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους και πιο συγκεκριμένα με το αν η μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως μεταξύ του πυρήνα και της επικάλυψης είναι απότομη (*step index*) ή είναι βαθμιαία όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο του πυρήνα της ίνας (*graded index*). Οι τρόποι διάδοσης του οπτικού σήματος σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις φαίνονται στο σχήμα 1.5.





Σχήμα 1.5 : Πολύτροπη και μονότροπη ίνα και η εξασθένιση τους ανά Km

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι οπτικών ινών, οι πολύτροπες και οι μονότροπες (σχήμα 1.6). Στις πολύτροπες ίνες, το φως διαδίδεται μέσω του πυρήνα από πολλές διαφορετικές διαδρομές (ρυθμοί), οι οποίες εισέρχονται και εξέρχονται της ίνας υπό διάφορες γωνίες. Η μεγαλύτερη γωνία, με την οποία το φως εισέρχεται στον πυρήνα της ίνας, καθορίζει το αριθμητικό διάφραγμα / άνοιγμα (NA). Υπάρχουν δύο τύποι πολύτροπων ινών, οι οποίοι διακρίνονται από το προφίλ του δείκτη διάθλασης των πυρήνων τους και του τρόπου διάδοσης του φωτός μέσα από αυτούς.

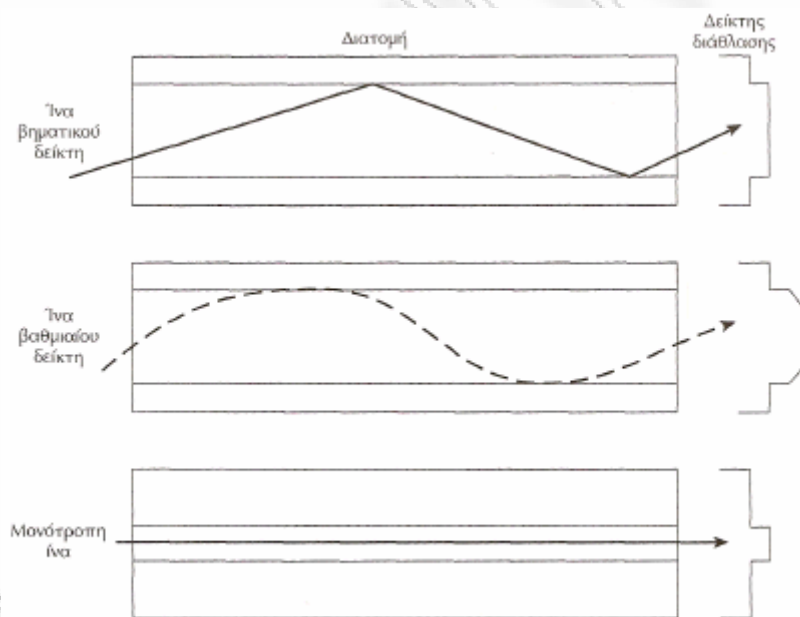
Οι πολύτροπες ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης διαθέτουν πυρήνα αποτελούμενο αποκλειστικά από έναν τύπο γυαλιού. Το φως διαδίδεται σε μία διαδρομή μέσα στον πυρήνα, ανακλώμενο στην επιφάνεια μεταξύ πυρήνα και εξωτερικού μανδύα. Το αριθμητικό διάφραγμα προσδιορίζεται από τη διαφορά μεταξύ των δεικτών διάθλασης του πυρήνα και του μανδύα, και υπολογίζεται από το νόμο του Snell. Επειδή, για κάθε ρυθμό ή γωνία εισόδου το φως διαδίδεται από διαφορετική διαδρομή, ο φωτεινός παλμός διασπείρεται, περιορίζοντας το εύρος διέλευσης συχνοτήτων της ίνας.

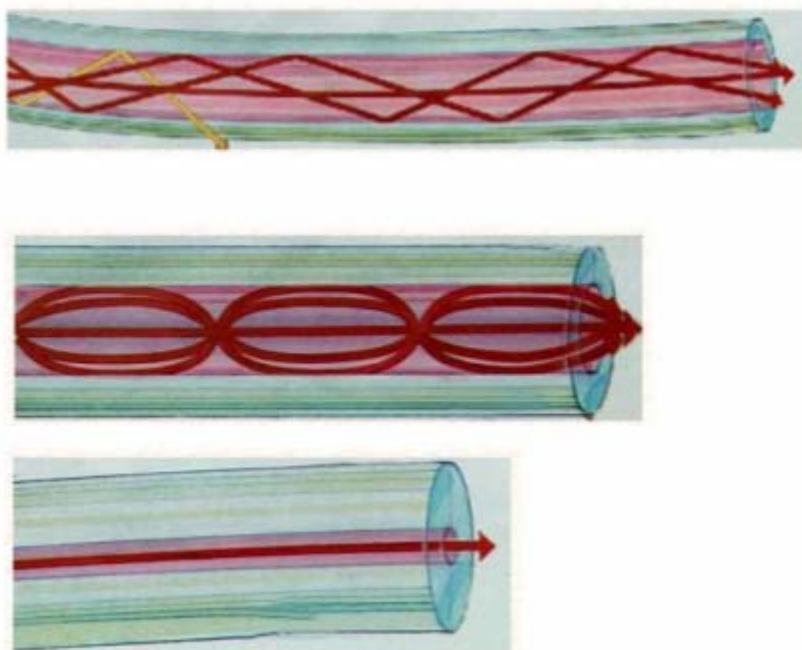


Σχήματα δημοφιλών μεγεθών ινών σε μεγέθυνση

Στις πολύτροπες ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης, ο πυρήνας αποτελείται από πολλές στρώσεις γυαλιού με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, ώστε να σχηματίζουν ένα περίπου παραβολικό προφίλ, με την τιμή του δείκτη να μειώνεται από το κέντρο του πυρήνα προς τον εξωτερικό μανδύα. Με τον τρόπο αυτό, το φως πλησίον του πυρήνα διαδίδεται με τη χαμηλότερη ταχύτητα. Ένα κατάλληλο προφίλ δείκτη διάθλασης αντισταθμίζει τα διαφορετικά μήκη διαδρομής κάθε ρυθμού, αυξάνοντας το εύρος συχνοτήτων διέλευσης της ίνας περισσότερο από 100 φορές συγκριτικά με την περίπτωση του βηματικού δείκτη διάθλασης.

Οι μονότροπες οπτικές ίνες διαθέτουν μικρή διάμετρο πυρήνα, περίπου έξι φορές το διερχόμενο μήκος κύματος, επιτρέποντας τη διάδοση φωτός μόνο σε ένα ρυθμό. Έτσι, εξαφανίζεται το φαινόμενο της διασποράς των ρυθμών, ενώ το εύρος διέλευσης συχνοτήτων αυξάνεται πάρα πολύ συγκριτικά με τις ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης.[4]





ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΛΑΜΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΦΩΤΟΣ	ΠΛΑΜΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	
α) Βημιστικού δείκτη πολύτροπη $\alpha = 25-150 \mu\text{m}$				
β) Βαθμιαίου δείκτη πολύτροπη $\alpha = 25-150 \mu\text{m}$				
γ) Βημιστικού δείκτη μονότροπη $\alpha = 1,5-8 \mu\text{m}$				

Σχήμα 1.6. Τρεις τύποι οπτικών ινών.

Τύπος ίνας	Διάμετρος (m) πυρήνα/μανδύα	Συντελεστής απωλειών στα 850 nm	Συντελεστής απωλειών στα 1300 nm	(dBkm) 1550 nm	Εύρος διέλευσης συχνοτήτων (MHz -km)
Πολύτροπες/πλαστικές	1 mm	(1 dB/m	@ 665 nm)		Μικρό
Πολύτροπες/ βηματικού δείκτη	200/240 μm	6			50
Πολύτροπες/βαθμιαίου δείκτη	50/125 μm	3	1		600
	62,5/125 μm	3	1		500
	85/125 μm	3	1		500
	100/140 μm	3	1		300
Μονότροπες	8-9/125 μm		0,5	0,3	Μεγάλο

Τυπικά χαρακτηριστικά οπτικών ινών

1.3.5 Διάδοση φωτός στις οπτικές ίνες

Το φως εισέρχεται στον πυρήνα της ίνας και οδεύει κατά μήκος της ίνας με ολικές ανακλάσεις.

Ανάκλαση είναι η αλλαγή κατεύθυνσης μιας ακτίνας φωτός στην διαχωριστική επιφάνεια δυο υλικών και όδευση στο ίδιο υλικό.

Διάθλαση είναι η αλλαγή κατεύθυνσης μιας ακτίνας φωτός καθώς αλλάζει ταχύτητα λόγω όδευσης από ένα υλικό σε ένα άλλο.

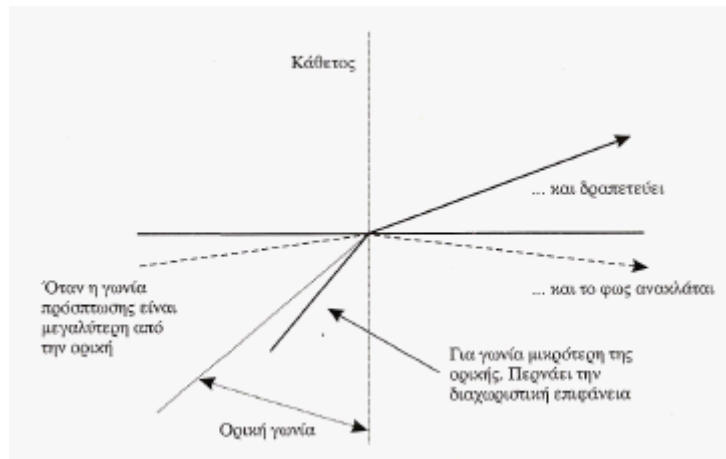
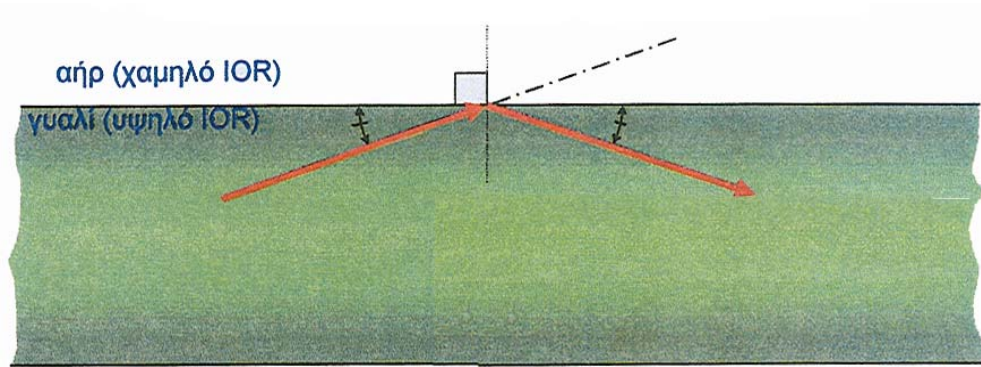
Το φως είτε θα ανακλαστεί είτε θα διαθλασθεί στη διαχωριστική επιφάνεια δυο υλικών όπου το φως με διαφορετικές ταχύτητες. Ο δείκτης διάθλασης (IOR) είναι ο λόγος μεταξύ της ταχύτητας του φωτός στο κενό και της ταχύτητας του φωτός σε ένα μέσον.

Σαν αποτέλεσμα των δυο παραπάνω το φως είτε θα ανακλαστεί είτε θα διαθλασθεί μεταξύ στην διαχωριστική επιφάνεια δυο υλικών με διαφορετικούς δείκτες διάθλασης.

Ο πυρήνας και η επικάλυψη μιας οπτικής ίνας είναι κατασκευασμένες από δυο διαφορετικούς τύπους γυαλιού που έχουν δυο διαφορετικούς τύπους διάθλασης (IOR's). Όταν το φως εισέρχεται σε κάποιο υλικό με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, τότε η διαδρομή του κάμπτεται, προκαλώντας φαινόμενο παρόμοιο με αυτό της λυγισμένης ράβδου μέσα στο νερό. Το φαινόμενο αυτό στα όρια του, χρησιμοποιείται για την ανάκλαση στη συνοριακή επιφάνεια μεταξύ πυρήνα και εξωτερικού μανδύα της οπτικής ίνας, παγιδεύοντας το φως στο εσωτερικό του πυρήνα. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα υλικά πυρήνα και μανδύα, μπορεί να επιλεγεί η γωνία, με την οποία συμβαίνει η παγίδευση αυτή του φωτός (ολική εσωτερική ανάκλαση). Η γωνία αυτή, αποτελεί ένα πρωτεύον χαρακτηριστικό της οπτικής ίνας, το οποίο λέγεται αριθμητικό διάφραγμα.[5]

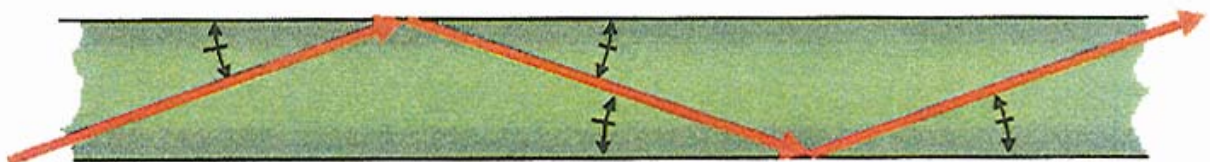
❖ Ολική εσωτερική ανάκλαση

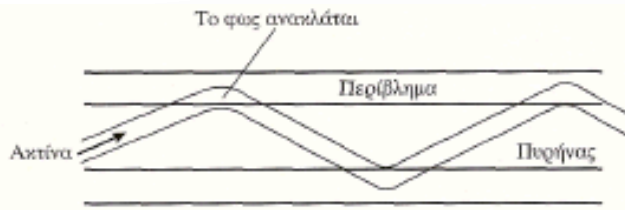
Όταν η ακτίνα φωτός προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια με γωνία μικρότερη της κρίσιμης γωνίας τότε όλο το φως ανακλάται εντός του γυαλιού με την ίδια γωνία. Αυτό είναι γνωστό ως *ολική ανάκλαση*. [5]



Ολική Εσωτερική Ανάκλαση

Όσο η γωνία πρόσπτωσης παραμένει μικρότερη ή ίση της κρίσιμης γωνίας κατά την πρόσπτωση στη διαχωριστική επιφάνεια, θα παραμείνει εντός της ίνας έως ότου φθάσει στο τέλος της.





Ολικές εσωτερικές ανακλάσεις κατά μήκος της ίνας

1.4 Κατασκευή οπτικών ινών

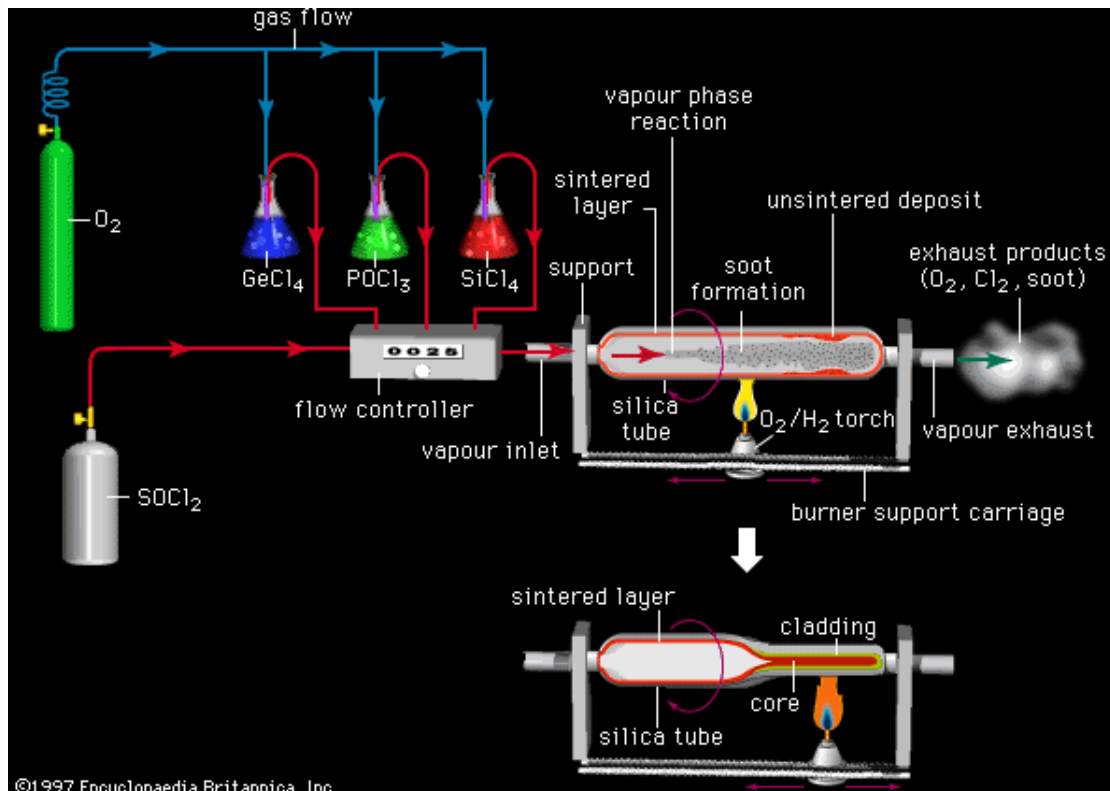
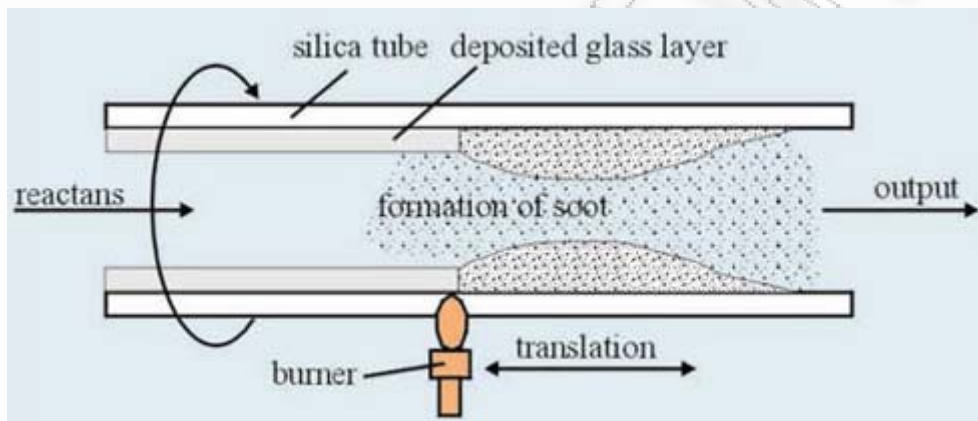
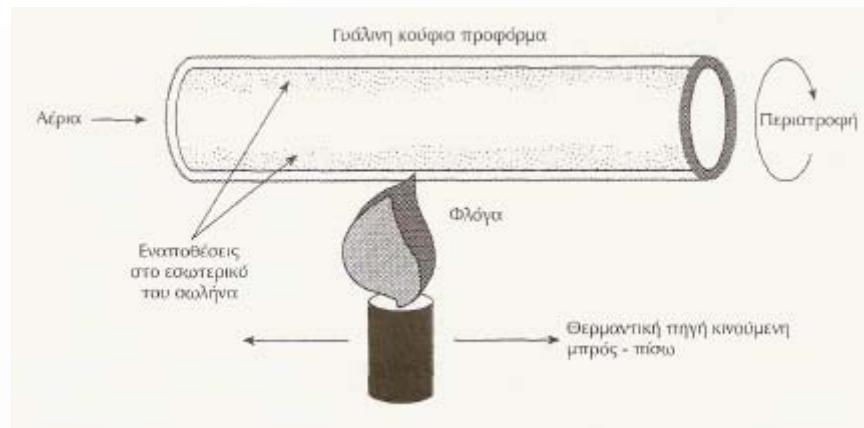
Σήμερα, χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι κατασκευής οπτικών ινών μέσω και χαμηλών απωλειών: τροποποιημένης χημικής εναπόθεσης ατμών (MCVD), εξωτερικής εναπόθεσης ατμών (OVD) και αξονικής εναπόθεσης ατμών (VAD).[6]

1.4.1 Τροποποιημένη χημική εναπόθεση ατμών (MCVD)

Κατά την τεχνική αυτή (σχήμα 1.7), μία κυλινδρική κούφια προφόρμα μήκους 1 m και διαμέτρου 2,5 cm, τοποθετείται οριζόντια ή κατακόρυφα και περιστρέφεται με ταχύτητα. Ένα ελεγχόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή μίγμα αερίων διέρχεται μέσα από το σωλήνα αυτό. Εξωτερικά του σωλήνα, υπάρχει μία θερμική πηγή (φλόγα υδρογόνου/οξυγόνου), όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.7.

Σε κάθε πέρασμα της φλόγας εναποτίθεται ένα μικρό ποσό από το μίγμα αερίων στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Το περισσότερο από το αέριο είναι διοξείδιο του πυριτίου (γυαλί) σε αέρια κατάσταση, με προσεκτικά ελεγχόμενη ποσότητα νόθευσης, η οποία μεταβάλλει το δείκτη διάθλασης. Καθώς η φλόγα κινείται και η προφόρμα περιστρέφεται, σχηματίζεται στο εσωτερικό της ένα στρώμα γυαλιού. Μεταβάλλοντας την ποσότητα νόθευσης του αερίου, ο δείκτης διάθλασης μεταβάλλεται κατά μήκος της διαμέτρου.

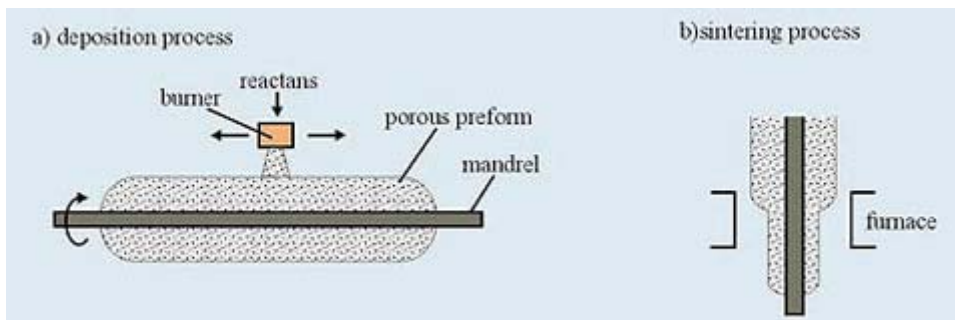
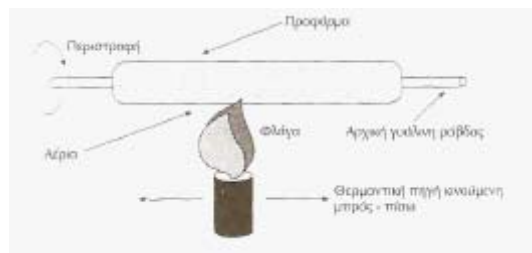
Μετά από την εναπόθεση αρκετών στρωμάτων, ο σωλήνας παίρνει τη μορφή μίας συμπαγούς γυάλινης προφόρμας, αποτελώντας μία μικρού μήκους και μεγάλης διαμέτρου οπτική ίνα. Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία του εφελκυσμού, από την οποία προκύπτει πολύ λεπτή οπτική ίνα μήκους 10 km.



Σημια 1.7 Τροποποιημένη χημική εναπόθεση ατμών (MCVD).

1.4.2 Εξωτερική εναπόθεση ατμών (OVD)

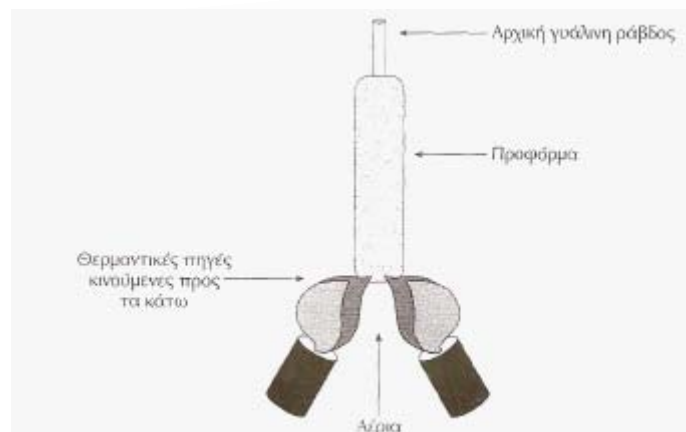
Η μέθοδος αυτή (σχήμα 1.8), χρησιμοποιεί μια γυάλινη ράβδο τοποθετημένη μέσα σε κάποιο θάλαμο, η οποία περιστρέφεται γρήγορα. Ένα ελεγχόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή μίγμα αερίων διέρχεται μεταξύ της ράβδου και της θερμικής πηγής (φλόγας). Σε κάθε πέρασμα της φλόγας, μια μικρή ποσότητα αερίου αντιδρά και εναποτίθεται στην εξωτερική επιφάνεια της ράβδου. Μετά από την εναπόθεση αρκετών στρωμάτων η αρχική ράβδος απομακρύνεται, οπότε η προφόρμα σχηματίζει μια νέα συμπαγή ράβδο. Στη συνέχεια, η προφόρμα αυτή τοποθετείται σε ένα ειδικό πύργο εφελκυσμού, όπου επιμηκώνεται στο επιθυμητό μήκος της οπτικής ίνας.



Σχήμα 1.8 Εξωτερική εναπόθεση ατμών (OVD).

1.4.3 Αξονική εναπόθεση ατμών (VAD)

Η διαδικασία αυτή (σχήμα 1.9), χρησιμοποιεί μια πολύ μικρού μήκους γυάλινη ράβδο, η οποία ανακρεμάται από το ένα της άκρο. Ένα ελεγχόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή μίγμα αερίων διέρχεται μεταξύ του άλλου άκρου της ράβδου και της θερμικής πηγής (φλόγας). Η θερμική πηγή απομακρύνεται αργά, καθώς η σχηματιζόμενη προφόρμα από τις εναποθέσεις του αερίου, που αντιδρά με τη ράβδο, αρχίζει να επιμηκώνεται. Μετά από το σχηματισμό αρκετού μήκους, η αρχική ράβδος απομακρύνεται και η προφόρμα τοποθετείται σε ένα ειδικό πύργο εφελκυσμού, όπου θερμαίνεται και επιμηκώνεται στο επιθυμητό μήκος της οπτικής ίνας.[6]

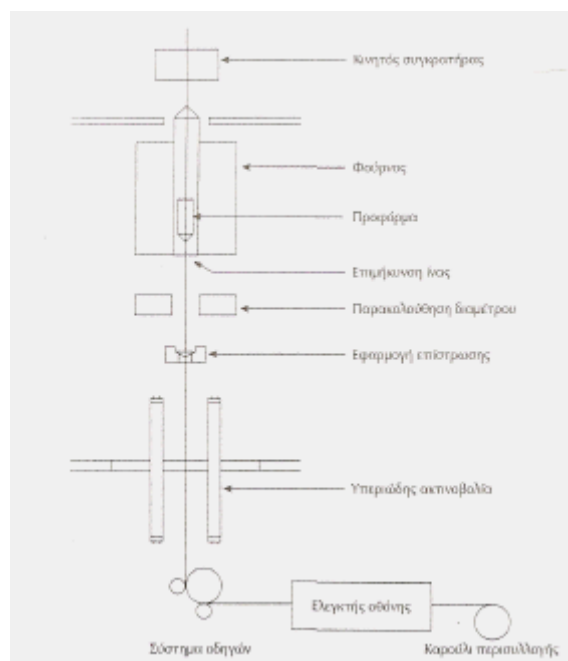


Σχήμα 1.9. Αξονική εναπόθεση ατμών

1.4.4 Προστατευτική επίστρωση της οπτικής ίνας

Αμέσως, μετά το σχηματισμό της οπτικής ίνας με επιμήκυνση της προφόρμας, εφαρμόζεται κάποια προστατευτική επίστρωση (σχήμα 1.10). Η επίστρωση είναι απαραίτητη για μηχανική προστασία, και αποτροπή εισροής νερού μέσα σε τυχόν επιφανειακές ρωγμές της ίνας. Τυπικά, η επίστρωση αποτελείται από δυο μέρη, ένα εσωτερικό μαλακότερο και ένα εξωτερικό σκληρότερο. Το συνολικό πάχος της επίστρωσης κυμαίνεται από 62,5 έως 187,5 μm , ανάλογα με την εφαρμογή.

Οι επιστρώσεις αυτές θα πρέπει να αφαιρούνται με μηχανικό τρόπο πριν από την τοποθέτηση βύσματος στην οπτική ίνα.



Σχήμα 1.10. Επιμήκυνση της προφόρμας και επίστρωση της σχηματισθείσας οπτικής ίνας

1.6 Υποβάθμιση του οπτικού σήματος

Το οπτικό σήμα κατά τη διάδοση του μέσα στην οπτική ίνα υφίσταται:

- α) εξασθένιση (*attenuation*) και
- β) διασπορά (*dispersion*).

Τόσο η *εξασθένιση* όσο και η *διασπορά* παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός οπτικού συστήματος. Από τη μια πλευρά, η *εξασθένιση* καθορίζει τη μέγιστη απόσταση μεταξύ μεταδότη και ανιχνευτή και από την άλλη, ο μηχανισμός της *διασποράς* προκαλεί διεύρυνση του παλμού με αποτέλεσμα οι διαδοχικοί παλμοί να αλληλεπικαλύπτονται και να παρουσιάζονται λάθη στο τελικό στάδιο της ανίχνευσης.[7]

1.6.1 Εξασθένηση

Διακρίνουμε δύο είδη εξασθένησης :

- α) *εξασθένηση που σχετίζεται με το υλικό της ίνας* (*material attenuation - M.A.*) και
- β) *εξασθένηση κατασκευαστικής φύσεως* (*structural attenuation - S.A.*) [7].

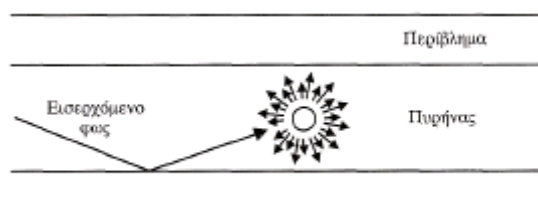
Στην πρώτη συμπεριλαμβάνονται η απορρόφηση που εξαρτάται από το υλικό (*material absorption - M.A.*) και οι απώλειες λόγω σκέδασης (*scattering losses*).

Η δεύτερη περιλαμβάνει τις απώλειες λόγω κύρτωσης της ίνας (*bending loss*), τις απώλειες λόγω συγκολλήσεων (*splicing loss*) και τις απώλειες στους συζεύκτες (*coupling loss*).

Α)Όσον αφορά την M. A. (Material absorption), τρεις είναι οι μηχανισμοί που την προκαλούν:

- Ατέλειες στη δομή του υλικού της ίνας, όπως μόρια που λείπουν ή μεγάλη ποκνότητα ατόμων.
- Προσμίξεις στο υλικό της ίνας (κυρίως ιόντα σιδήρου, χρωμίου, κοβαλτίου, χαλκού και υδροξυλίου (OH-)), οι οποίες προκαλούν εξασθένιση 1-10 dB/km για κάθε 10ppb.
- Ενδογενής απορρόφηση από τα βασικά άτομα που συνιστούν το υλικό της ίνας. Στο υπεριώδες εμφανίζονται οι ηλεκτρονικές ζώνες απορρόφησης, ενώ στο κοντινό υπέρυθρο οι ζώνες ατομικών ταλαντώσεων. (Οι τελευταίες οφείλονται σε απορρόφηση ενέργειας από το χημικό δεσμό των ατόμων της ίνας). Για μήκη κύματος πάνω από τα 1.2μm κυριαρχεί η απορρόφηση στο υπέρυθρο και η απορρόφηση εξαιτίας του OH.

Η σοβαρότερη αιτία απωλειών στις οπτικές ίνες, είναι η *σκέδαση*. Η σκέδαση συμβαίνει, όταν το φως προσπέσει πάνω σε συγκεκριμένα άτομα του υλικού. Το φως που σκεδάζεται με γωνίες μεγαλύτερες της κρίσιμης για την οπτική ίνα τιμής, απορροφάται από το μανδύα ή σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις, ακόμη και πίσω προς την πηγή.[8]



Το φως σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις

Η σκέδαση αποτελεί και αυτή συνάρτηση του μήκους κύματος, αντιστρόφως ανάλογη της τέταρτης δύναμης αυτού. Έτσι, για διπλάσιο μήκος κύματος η σκέδαση μειώνεται στο $1/16$. Επομένως, για μετάδοση μεγάλων αποστάσεων, είναι προτιμότερη η χρήση του μεγαλύτερου δυνατού μήκους κύματος, για ελάχιστες απώλειες και μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των επαναληπτών (αναμεταδοτών) σήματος.

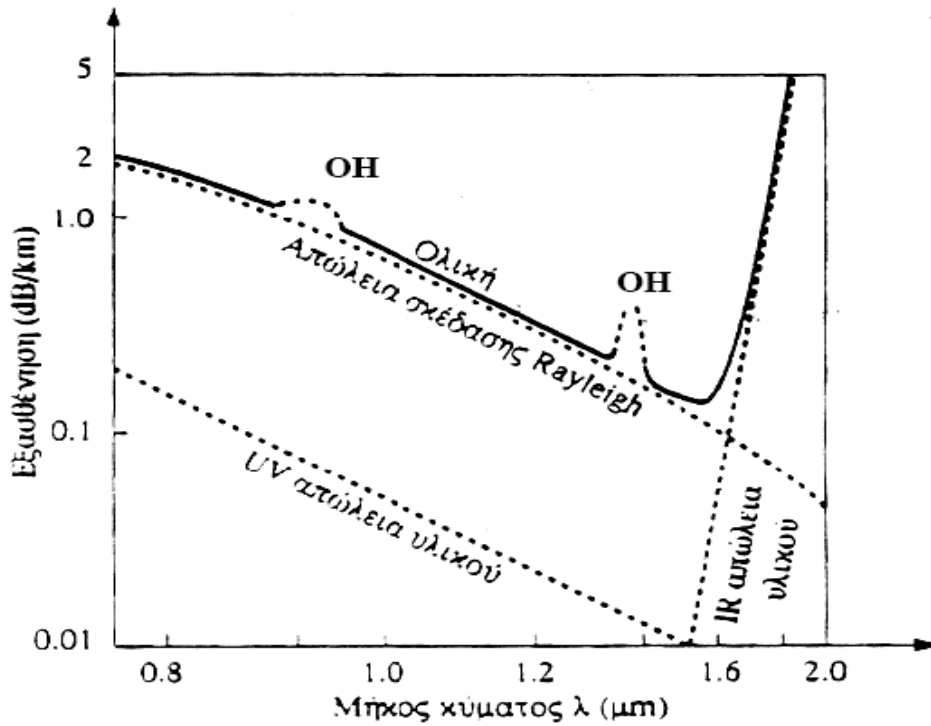
Τα συστήματα οπτικών ινών λειτουργούν σε παράθυρα μεταξύ των ζωνών απορρόφησης στα 850 nm, 1300 nm, 1550 nm και 1625 nm, εκεί όπου η φυσική επιτρέπει την εύκολη κατασκευή lasers και φωτοανιχνευτών. Οι πλαστικές ίνες έχουν μικρότερο παράθυρο μηκών κύματος, το οποίο πρακτικά περιορίζεται γύρω από τα 660 nm.

Οι απώλειες σκέδασης προέρχονται από:

- Μικροσκοπικές μεταβολές της πυκνότητας του υλικού της ίνας. Αυτές προκαλούν διακυμάνσεις του δείκτη διάθλασης της ίνας με αποτέλεσμα να εμφανίζεται σκέδαση της οπτικής ακτινοβολίας τύπου Rayleigh (απώλεια $1/\lambda^4$).
- Δομικές ανομοιογένειες και ατέλειες. Με τις νέες κατασκευαστικές μεθόδους ο ρόλος τους στις απώλειες έχει περιοριστεί κατά πολύ.

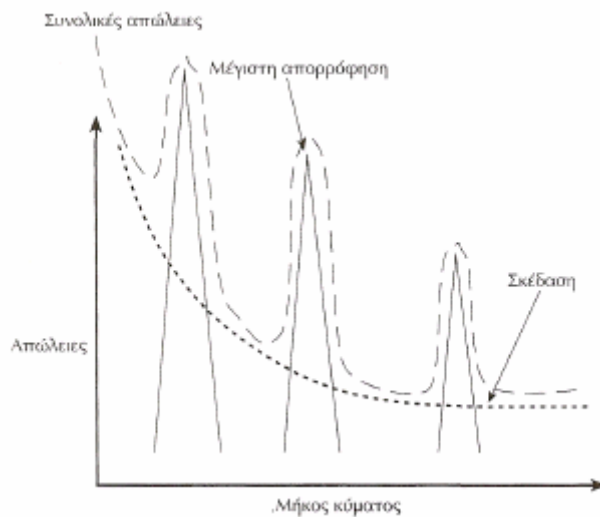
Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι για μήκος κύματος μικρότερο από $1\mu\text{m}$, ο κυριότερος μηχανισμός απωλειών είναι η σκέδαση Rayleigh ενώ για λ μεγαλύτερο από $1\mu\text{m}$ κυριαρχεί η απορρόφηση στο υπέρυθρο.

Το φάσμα εξασθένισης μιας μονότροπης ίνας με τις επιμέρους συνιστώσες του δίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.11).



Σχήμα 1.11 : Φάσμα εξασθένησης μονότροπης ίνας και οι επιμέρους συνιστώσες του.

Η απορρόφηση και η σκέδαση μαζί παράγουν την καμπύλη απωλειών του σχήματος 1.12, για μία τυπική γυάλινη οπτική ίνα.



Σχήμα 1.12. Μηχανισμοί απωλειών οπτικών ινών.

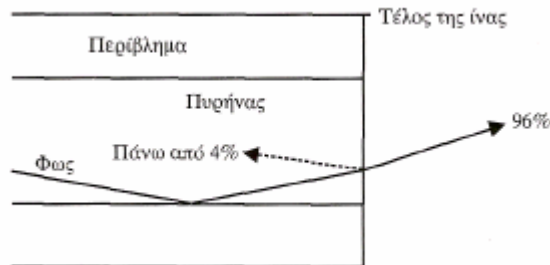
Ανάκλαση του Fresnel

Όταν μια ακτίνα φωτός πέφτει πάνω σε άλλο συντελεστή διάθλασης και προσεγγίζει σε γωνία κοντά στην κάθετο, το μεγαλύτερο μέρος του φωτός διαπερνάει το υλικό.

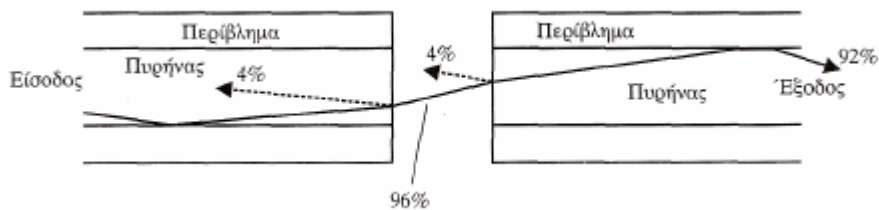
Το μεγαλύτερο ποσοστό, όχι όμως όλο. Μια πολύ μικρή ποσότητα ανακλάται πίσω από τη διαχωριστική επιφάνεια. Έχουμε δει το φαινόμενο

αυτό με ένα απλό τζάμι παραθύρου. Κοιτώντας σε ένα καθαρό παράθυρο, βλέπουμε δύο εικόνες. Μπορούμε να δούμε την αντανάκλαση από αυτό που βρίσκετε πίσω μας. Επομένως το φως περνάει μέσα από το τζάμι, αλλά ανακλάται κιόλας από της επιφάνεια.

Ενδιαφερόμαστε ιδιαίτερα για αυτή την απώλεια όταν αφορά το φως που βγαίνει από το άκρο, της οπτικής ίνας.



Στο σημείο αυτό, έχουμε μια ξαφνική μετάβαση από τον συντελεστή διάθλασης του πυρήνα και αυτό του περιβάλλοντος αέρα. Το φαινόμενο συμβαίνει και από την άλλη κατεύθυνση, εξίσου. Η ίδια μικρή αναλογία φωτός που προσπαθεί να εισέρθει στην ίνα ανακλάται ξανά έξω .



Η ακριβής ποσότητα φωτός καθορίζεται από την ποσότητα κατά την οποία αλλάζει ο συντελεστής διάθλασης στην διαχωριστική επιφάνεια και δίνεται από τον τύπο

$$\text{ανακλώμενη ισχύς} = \left[\frac{(n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)} \right]^2$$

Στο σχήμα, το 96% της ισχύος του προσπίπτοντος φωτός διαπερνά την διαχωριστική επιφάνεια και το υπόλοιπο 4% ανακλάτε.

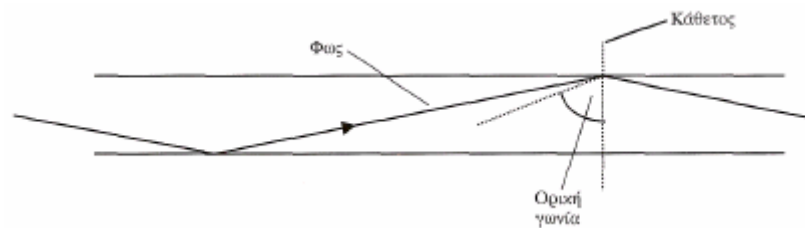
Αυτή η ανακλώμενη ισχύς αντιπροσωπεύει μια απώλεια της τάξης του 0,177 db.

B) Εξασθένηση κατασκευαστικής φώσεως(structural attenuation - S.A.) .

Απώλειες κάμψης

Μακροκάμψεις

Μια αιχμηρή καμπή της ίνας μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες καθώς και την πρόκληση μηχανικής αποτυχίας. Είναι πιο εύκολο να κάμψεις ένα μικρό κομμάτι οπτικής ίνας για να προκαλέσεις μεγάλες απώλειες από ότι ένα χιλιόμετρο οπτικής ίνας σε κανονική λειτουργία. Η ακτίνα που φαίνεται στο σχήμα 1.13 βρίσκεται έξω απότηνορική γωνία και επομένως ορθά διαδιδόμενη.[9]

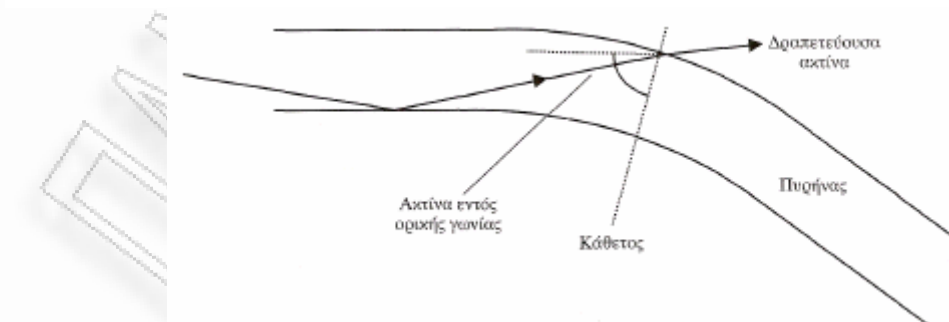


Σχήμα 1.13 Κανονική κατάσταση

Αν τώρα ο πυρήνας καμφθεί όπως στο σχήμα 1.14 η ακτίνα θα βρεθεί σε λάθος πλευρά της ορικής γωνίας και θα δραπετεύσει.

Επομένως, πολύ συμπεσμένες κάμψεις είναι καλό να αποφεύγονται, αλλά πως προσδιορίζουμε το πολύ συμπεσμένες;

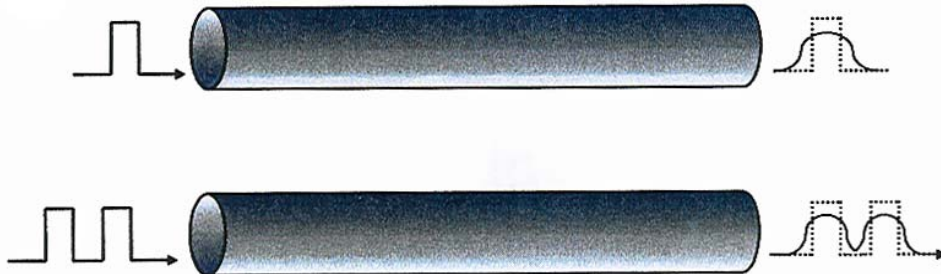
Η πραγματική απάντηση βρίσκεται στα χαρακτηριστικά του καλωδίου οπτικής ίνας. Μια γυμνή ίνα είναι ασφαλής εάν η ακτίνα κάμψης είναι τουλάχιστον 50mm. Όσο πιο συμπεσμένη είναι η καμπή τόσο χειρότερες θα είναι οι απώλειες.



Σχήμα 1.14 Αποτέλεσμα μακροκάμψεων

1.6.2 Διασπορά

Διασπορά είναι η επιμήκυνση των παλμών κατά τη διάδοσή τους στο μέσον. Η υπερβολική επιμήκυνση προκαλεί εσφαλμένα bit (bit-errors) στον δέκτη δηλαδή προκαλεί δυσκολία διάκρισης μεταξύ 0 και 1.

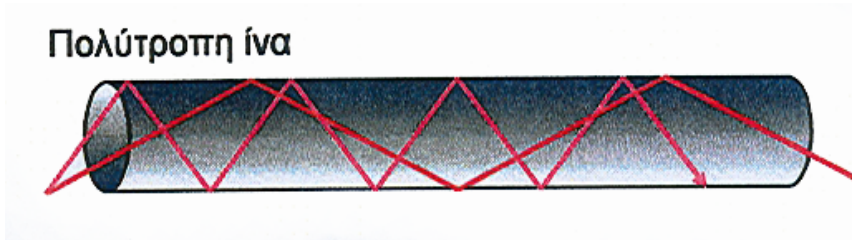


Σχήμα 1.15 : Σχηματική παράσταση της διασποράς σε μια οπτική ίνα

1.5.2.1 Τύποι διασποράς

➤ Πολύτροπη διασπορά

Σε πολύτροπη ίνα η διασπορά προκαλείται από τις διαφορετικές οδεύσεις του φωτός. Διαφορετικές οδεύσεις οδηγούν σε διαφορετικούς χρόνους άφιξης.



Σχήμα 1.16 : Διασπορά μέσα σε πολύτροπη ίνα

➤ Χρωματική διασπορά

Προκαλείται από τον μη μηδενισμό φασματικού πλάτους του φωτός τη πηγής, δηλαδή περισσότερα από ένα μήκος κύματος. Διαφορετικά μήκη κύματος οδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες.



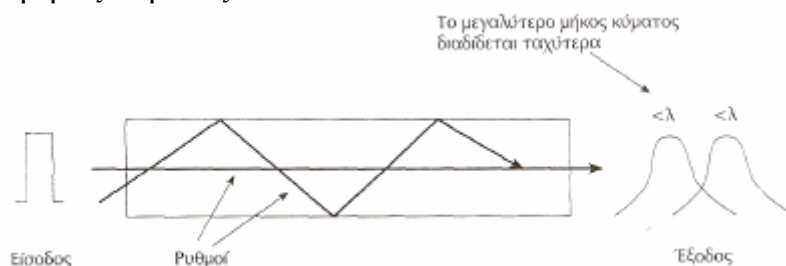
Σχήμα 1.17 : Χρωματική διασπορά

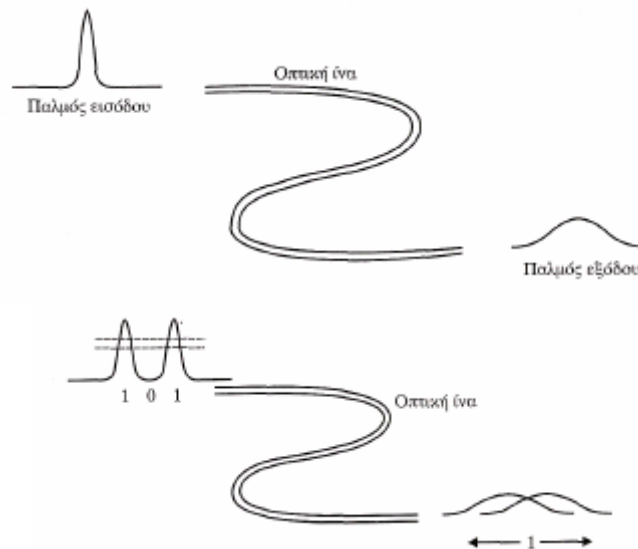
1.6 Εύρος διέλευσης συχνοτήτων

Η χωρητικότητα μεταφοράς πληροφοριών των οπτικών ινών περιορίζεται από δύο ανεξάρτητες συνιστώσες: διασποράς ρυθμών και χρωματικής διασποράς (σχήμα 1.18). Η διασπορά ρυθμών συναντάται σε πολύτροπες ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης, όπου τα μήκη των διαδρομών κάθε ρυθμού έχουν διαφορετικό μήκος. Η διασπορά ρυθμών οφείλεται επίσης στο γεγονός ότι το προφίλ του δείκτη διάθλασης δεν είναι τέλειο. Θεωρητικά, το προφίλ βαθμιαίου δείκτη διάθλασης έχει επιλεγεί έτσι, ώστε όλοι οι ρυθμοί να έχουν την ίδια ταχύτητα ομάδας κατά μήκος της οπτικής ίνας. Έχοντας στο εξωτερικό τμήμα χαμηλότερο δείκτη από το εσωτερικό, οι υψηλότερης τάξης ρυθμοί διαδίδονται ταχύτερα καθώς απομακρύνονται από το κέντρο του πυρήνα, αντισταθμίζοντας με τον τρόπο αυτό το μεγαλύτερο μήκος διαδρομής.[10]

Σε μία ιδανική ίνα βαθμιαίου δείκτη, όλοι οι ρυθμοί έχουν την ίδια ταχύτητα ομάδας και δε συμβαίνει διασπορά των ρυθμών. Σε πραγματικές όμως ίνες, το προφίλ του δείκτη είναι προσεγγιστικό και οι ρυθμοί δε μεταδίδονται τέλεια, προκαλώντας διασπορά. Επειδή οι υψηλότερης τάξης ρυθμοί έχουν μεγαλύτερες αποκλίσεις, η διασπορά ρυθμών της ίνας (και επομένως το εύρος διέλευσης laser) παρουσιάζει πολύ μεγάλη ευαισθησία ως προς την κατάσταση των ρυθμών. Επομένως, το εύρος διέλευσης συχνοτήτων ινών μεγαλύτερου μήκους απομειώνεται μη-γραμμικά, καθώς οι υψηλότερης τάξης ρυθμοί εξασθενίζουν περισσότερο.

Ο δεύτερος παράγοντας, που επηρεάζει το εύρος διέλευσης συχνοτήτων είναι η χρωματική διασπορά. Υπενθυμίζεται, ότι ένα πρίσμα αναλύει το φάσμα του προσπίπτοντος φωτός, επειδή το φως διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα ανάλογα με το χρώμα του, οπότε και διαθλάται υπό διαφορετική γωνία. Ο συνηθέστερος τρόπος έκφρασης του γεγονότος αυτού είναι ότι ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι εξαρτώμενος από το μήκος κύματος. Επομένως, μία προσεκτικά κατασκευασμένη πολύτροπη ίνα βαθμιαίου δείκτη μπορεί να βελτιστοποιηθεί μόνο για ένα μήκος κύματος, συνήθως περί τα 1300 nm, ενώ φως άλλων χρωμάτων θα υπόκειται σε χρωματική διασπορά. Ακόμη και φως του ίδιου ρυθμού θα διασπείρεται, εφόσον αυτό έχει διαφορετικό μήκος κύματος.





Σχήμα 1.18. Διασπορά οπτικής ίνας.

Η χρωματική διασπορά αποτελεί το σοβαρότερο πρόβλημα στα απλά LEDs, τα οποία παράγουν ευρύ φάσμα συχνοτήτων, ενώ τα lasers συγκεντρώνουν την περισσότερη ενέργεια σε ένα πάρα πολύ στενό φάσμα. Η χρωματική διασπορά των LEDs οφείλεται στο ότι η περισσότερη ενέργεια βρίσκεται μακριά από το μήκος κύματος μηδενικής διασποράς της ίνας. Συστήματα υψηλής ταχύτητας όπως το FDDI, τα οποία βασίζονται σε LEDs ευρέως φάσματος εξόδου, υποφέρουν έντονα από χρωματική διασπορά, έτσι ώστε μετάδοση σε απόσταση μεγαλύτερη των 2 km με ίνες 62,5/125 είναι παρακινδυνευμένη.[10]

1.6.1 Επίδραση ρυθμών στις απώλειες και στο εύρος διέλευσης συχνοτήτων

Ο τρόπος, με τον οποίο το φως διαδίδεται με ρυθμούς μέσα στις πολύτροπες ίνες, επηρεάζει τις απώλειες και το εύρος διέλευσης συχνοτήτων. Για τη μοντελοποίηση ενός δικτύου ή για τον ακριβή και αναπαραγωγικό έλεγχο πολύτροπων οπτικών ινών, είναι απαραίτητη η κατανόηση της κατανομής των ρυθμών, του τρόπου ελέγχου αυτών και των παραγόντων διόρθωσης των απωλειών. Η κατανομή των ρυθμών σε μία πολύτροπη ίνα είναι πολύ σημαντική για τη μέτρηση της αναπαραγωγικότητας και της ακρίβειας.

1.6.1.1 Διατάξεις ελέγχου ρυθμών

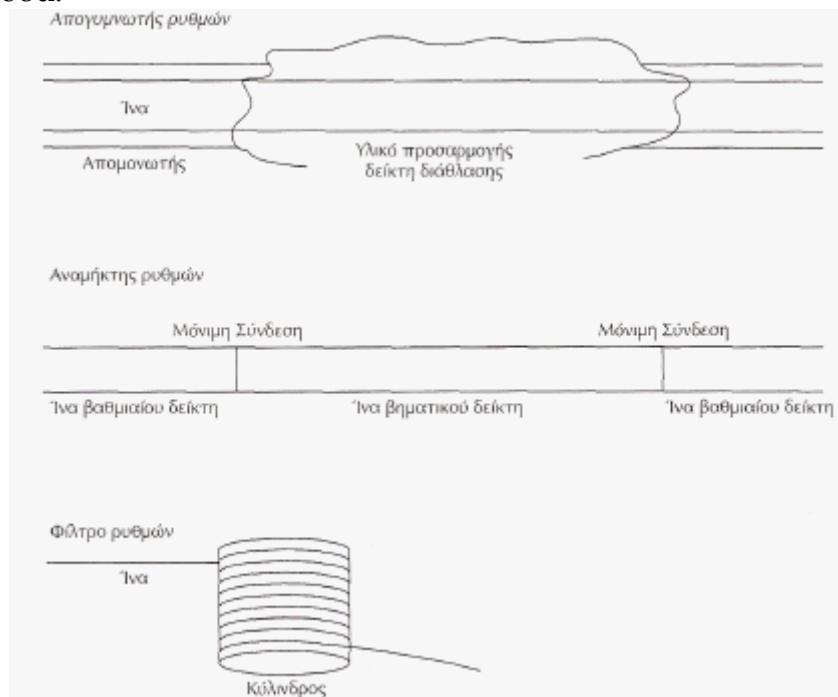
Υπάρχουν τρεις βασικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ρυθμών σε πολύτροπες ίνες (σχήμα 1.19): οι απογυμνωτές ρυθμών

που απομακρύνουν το ανεπιθύμητο φως του μανδύα, οι αναμίκτες ρυθμών που αναμιγνύουν ρυθμούς για την ισοστάθμιση της ισχύος όλων των ρυθμών, και τα φίλτρα ρυθμών που απομακρύνουν τους υψηλότερης τάξης ρυθμούς για την προσομοίωση της σταθερής κατάστασης λειτουργίας.

Α) Απογυμνωτές ρυθμών μανδύα

Οι απογυμνωτές ρυθμών μανδύα χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του φωτός που τυχόν διαδίδεται στον εξωτερικό μανδύα της ίνας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι μετρήσεις περιλαμβάνουν αποκλειστικά και μόνο την επίδραση του πυρήνα. Οι περισσότερες αμερικανικής κατασκευής ίνες λειτουργούν από μόνες τους ως απογυμνωτές. Η εξωτερική επιστρώση του απομονωτή επιλέγεται έτσι ώστε να διαθέτει δείκτη διάθλασης που διευκολύνει τη διαρροή του φωτός από το μανδύα προς τον απομονωτή.

Εάν χρησιμοποιείται ίνα μήκους τουλάχιστον ενός μέτρου, τότε οι ρυθμοί του μανδύα πιθανότατα δεν επηρεάζουν τις μετρήσεις. Κάποιος μπορεί πολύ εύκολα να καταλάβει εάν οι ρυθμοί του μανδύα αποτελούν σημαντικό παράγοντα. Αρχίζουμε με μήκος ίνας 10 μέτρων συζευγμένης με κάποια οπτική πηγή, και μετράμε στην έξοδο της ίνας τη μεταδιδόμενη ισχύ. Στη συνέχεια κόβουμε την ίνα στα 5 μέτρα, μετά στα 4, 3, 2 και 1 μέτρο, μετρώντας σε κάθε περίπτωση την εξερχόμενη ισχύ. Οι απώλειες του πυρήνα στα 10 μέτρα είναι πολύ μικρές, περί τα 0,03 - 0,06 dB. Εάν όμως η μετρούμενη ισχύς αυξάνεται απότομα, τότε το επιπλέον ποσό οφείλεται στο φως του μανδύα, ο οποίος παρουσιάζει πολύ ασθενική εξασθένηση, οπότε στην περίπτωση αυτή για ακριβείς μετρήσεις συνιστάται η χρήση ενός απογυμνωτή ρυθμών μανδύα.



Σχήμα 1.19. Διατάξεις ελέγχου ρυθμών, για πολότροπες ίνες βαθμιαίου δείκτη.

Για την κατασκευή ενός απογυμνωτή ρυθμών μανδύα, αφαιρούμε την επίστρωση του απομονωτή της ίνας (50 - 75 mm), και ακολούθως βαπτίζουμε την ίνα σε μία ουσία ίσου ή υψηλότερου δείκτη διάθλασης από αυτόν του μανδύα. Αυτό επιτυγχάνεται είτε βαπτίζοντας την ίνα μέσα σε οινόπνευμα ή φυσικό λάδι, είτε περνώντας την ίνα μέσα από ένα κοινό καλαμάκι αναψυκτικού και γεμίζοντας το καλαμάκι με εποξικό ή οπτικό ζελέ κατάλληλου δείκτη διάθλασης (Σημείωση: η απομάκρυνση του απομονωτή από το άκρο της ίνας εκτελείται εύκολα με χημικό απογυμνωτή. Εάν η ίνα δεν απογυμνώνεται με χημικά μέσα, όπως π.χ. αυτές με απομονωτή τεφλόν, ανατρέξτε στις οδηγίες του κατασκευαστή της ίνας). Προσοχή απαιτείται στην αποφυγή του μηχανικού στρεσαρίσματος της ίνας μετά από την απογύμνωση, επειδή επανεισάγονται ρυθμοί στο μανδύα, αναιρώντας τα αποτελέσματα της απογύμνωσης. Η απογύμνωση του μανδύα θα πρέπει να εκτελείται τελευταία, μετά από την εφαρμογή αναμίκτη και φίλτρου ρυθμών στην υπό έλεγχο ίνα.

Β) Αναμίκτες ρυθμών

Οι αναμίκτες ρυθμών έχουν σκοπό να εξισώσουν την ισχύ όλων των ρυθμών. Αυτό είναι διαφορετικό από το φιλτράρισμα των ρυθμών, το οποίο προσομοιάζει με την κατανομή αυτών σε σταθερή κατάσταση λειτουργίας (ισορροπίας) μέσα στην ίνα. Ωστόσο, ορισμένες φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα δύο, για την κατάλληλη προσομοίωση της καταστάσεως ελέγχου. Οι αναμίκτες ρυθμών κατασκευάζονται εύκολα με συγκόλληση ή μηχανική ένωση μίας μικρού μήκους ίνας βηματικού δείκτη, μεταξύ δύο τμημάτων της υπό έλεγχο ίνας βαθμιαίου δείκτη. Επίσης, μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει διάφορες μεθόδους παραγωγής μικρομεταβολών στην οπτική ίνα, όπως π.χ. περνώντας την ίνα μέσα από ένα μολυβδένιο σωλήνα. Οι αναμίκτες όμως αυτού του τύπου είναι δύσκολο να κατασκευαστούν με ακρίβεια. Η χρήση ΤΟW ανάμικτων στο εργαστήριο συνήθως δεν είναι απαραίτητη, αφού παράγεται εξ αρχής η επιθυμητή κατάσταση ρυθμών.

Γ) Φίλτρα ρυθμών

Τα φίλτρα ρυθμών χρησιμοποιούνται για την επιλεκτική αποκοπή των υψηλής τάξης ρυθμών, έτσι ώστε να προσομοιαστεί η σταθερή κατάσταση λειτουργίας. Οι υψηλότερης τάξης ρυθμοί απομακρύνονται εύκολα με ελεγχόμενο μηχανικό τέντωμα της ίνας, επειδή αυτοί είναι επιδεκτικότεροι στις απώλειες λόγω κάμψης.

Το δημοφιλέστερο φίλτρο ρυθμών είναι η "σωληνοειδής περιέλιξη", όπου η ίνα τυλίγεται σφιχτά (κολλητά) γύρω από τον κύλινδρο αρκετές φορές. Από το μέγεθος του κυλίνδρου και το πλήθος των περιελίξεων καθορίζεται η επίδραση στους υψηλότερους ρυθμούς. Σε άλλα φίλτρα ρυθμών, η ίνα περιελίσσεται σε σχήματα S.

1.6.1.2 Πότε χρησιμοποιούμε διατάξεις ελέγχου ρυθμών;

Προφανώς, σε εργαστηριακές μετρήσεις απωλειών οπτικών ινών με τη χρήση απλής φωτεινής πηγής και μονοχρωμέτρου, ίσως απαιτείται η συνδυασμένη χρήση όλων των προαναφερθέντων συστημάτων. Με τη χρήση όμως πηγής LED ή laser, ίσως να μην απαιτείται η χρήση κανενός από τα προηγούμενα συστήματα, αφού αυτές οι πηγές δεν παράγουν υψηλότερης τάξης ρυθμούς. Οι πηγές LED και laser μπορούν να παράγουν τους ίδιους ρυθμούς όπως και οι χρησιμοποιούμενες πηγές του δικτύου, χωρίς την απαίτηση εφαρμογής διατάξεων ελέγχου ρυθμών.[11]

1.8 Πηγές και Ανιχνευτές

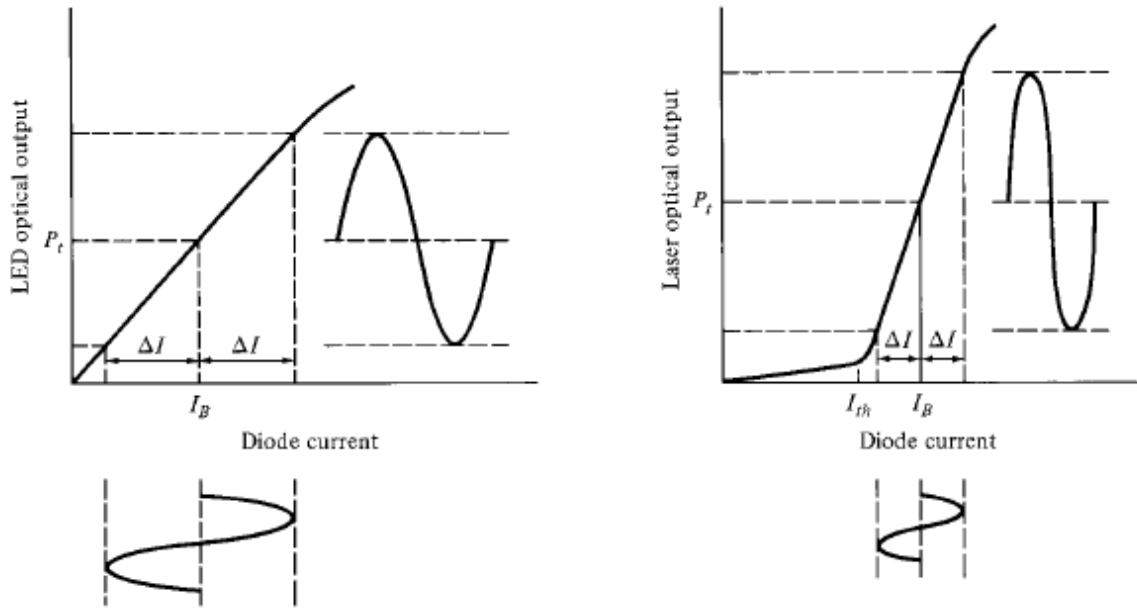
1.8.1 Οπτικές Πηγές

Οι κυριότερες πηγές που χρησιμοποιούνται στα οπτικά συστήματα μετάδοσης είναι οι ημιαγωγικές δίοδοι Laser και οι LED. Και τα δυο είδη πηγών είναι κατάλληλα γι' αυτά τα συστήματα γιατί:

1. Η εξερχόμενη από αυτές οπτική ισχύς είναι επαρκής για μεγάλο εύρος εφαρμογών
2. Η εξερχόμενη ισχύς μπορεί από ευθείας να διαμορφωθεί μεταβάλλοντας απλά το ρεύμα εισόδου της πηγής.
3. Έχουν μεγάλη αποδοτικότητα.
4. Οι διαστάσεις των διατομών τους ταιριάζουν με αυτές των οπτικών ινών.

Το φως που εξέρχεται από τη LED είναι ασύμφωνο και κατά συνέπεια έχει μεγάλο φασματικό εύρος. Αντίθετα, το φως από μια δίοδο Laser είναι σύμφωνο, δηλαδή η ακτινοβολία είναι μονοχρωματική και ισχυρά κατευθυνόμενη.

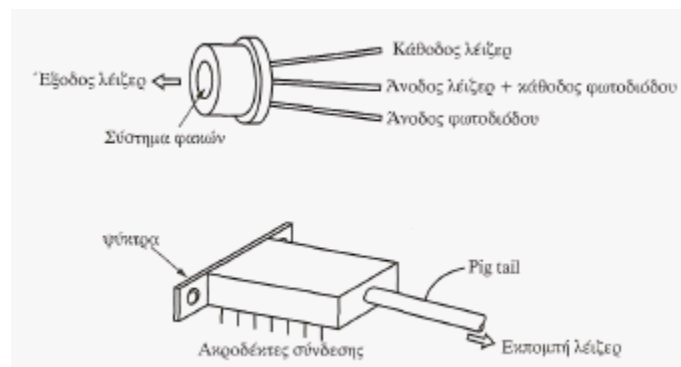
Για την εκλογή της πηγής στο οπτικό σύστημα πρέπει να λάβουμε υπόψη, εκτός από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η μια σε σχέση με την άλλη και τη διασπορά του σήματος, το ρυθμό των δεδομένων, την απόσταση μεταφοράς και βέβαια το κόστος.



Σχήμα 1.20 : Χαρακτηριστικές ρεύματος για (α) πηγή LED και (β) πηγή Laser

1.7.1.1 Λείζερ

Η πιο συνηθισμένη μορφή μιας διόδου λέιζερ που χρησιμοποιείται σαν πομπός ονομάζεται διόδος λέιζερ έγχυσης (ILD) ή απλά διόδος έγχυσης (ID). Η λέξη έγχυση δεν μας ενδιαφέρει - κυρίως αναφέρεται σε ένα τμήμα της επεξεργασίας που εμφανίζεται μέσα στο υλικό του ημιαγωγού. Ένα λέιζερ παρέχει φως με σταθερό μήκος κύματος που μπορεί να είναι στην ορατή περιοχή, περίπου 635 nm ή σε οποιοδήποτε από τα τρία υπέρυθρα παράθυρα. Το φως έχει πολύ στενό εύρος ζώνης, τυπικά μόνο μερικά νανόμετρα. Αυτό εξασφαλίζει ότι η χρωματική διασπορά διατηρείται σε χαμηλή τιμή και αυτό, μαζί με την γρήγορη διακοπή, επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Αφού η συσκευή λέιζερ μόλις που φαίνεται με γυμνό οφθαλμό, αυτή πρέπει να περιέχεται σε κάποιου είδους συσκευασία. Δύο τυπικά παραδείγματα φαίνονται στο σχήμα 1.21.[12]



Σχήμα 1.21 . Π Λείζερ

Η επιτυχημένη εκτόξευση φωτός μέσα σε ίνες απαιτεί πολύ υψηλή ακρίβεια και αυτό πετυχαίνεται βελτιώνοντας τη θέση ενός προσαρμοσμένου ευέλικτου αγωγού (pigtail), που μπορεί μετά να συνδεθεί στην κυρία οπτική ίνα. Ένα φωτοηλεκτρικό στοιχείο επίσης συμπεριλαμβάνεται σαν συσκευή παρακολούθησης για την μέτρηση της ισχύος εξόδου. Αυτό παρέχει ανάδραση για τον αυτόματο έλεγχο της ισχύος εξόδου του λέιζερ.

Η ισχύς εξόδου ενός λέιζερ επηρεάζεται από κάθε αλλαγή της θερμοκρασίας. Η ισχύς μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Κάποιες υπομονάδες λέιζερ συμπεριλαμβάνουν έναν αισθητήρα θερμοκρασίας για να καταπολεμήσουν αυτό το πρόβλημα. Παρέχει πληροφορίες εσωτερικής θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται για να ελέγχει μια θερμοηλεκτρική συσκευή ψύξης σαν μικρό ψυγείο, για να διατηρήσει την θερμοκρασία. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας επίσης βελτιώνεται στερεώνοντας την συσκευασία του λέιζερ με κάποια μορφή ψύκτρας.[13]

Ας δούμε όμως τα πλεονεκτήματα μιας διόδου Laser:

1. Έχει μικρότερο χρόνο απόκρισης ($T_r < 1\text{ns}$) με αποτέλεσμα υψηλότεροι ρυθμοί διαμόρφωσης (άρα και υψηλότεροι ρυθμοί μεταφοράς) να είναι εφικτοί με αυτή.
2. Παρέχει στενότερο φασματικό εύρος το οποίο σημαίνει μικρότερη διαταραχή του σήματος λόγω μικρότερης διασποράς. Αυτό έχει σημασία όταν η διάδοση γίνεται στα 800-900 nm όπου το φασματικό εύρος μιας LED και η διασπορά των ινών από SiO_2 περιορίζουν το γινόμενο του ρυθμού δεδομένων επί την απόσταση σε $150(\text{Mb/s}) \text{ km}$. Όταν επιζητούνται τιμές μέχρι $2500(\text{Mb/s}) \text{ km}$ τότε σίγουρα χρησιμοποιούνται Laser. Αντίθετα, σε μ.κ. γύρω στα $1.3\mu\text{m}$, όπου η διασπορά του σήματος είναι πολύ μικρή, επιτυγχάνονται τουλάχιστον $1500(\text{Mb/s}) \cdot \text{km}$ με LED, ενώ με InGaAsP lasers πάνω από $25 (\text{Gb/s}) \text{ km}$.
3. Μεγαλύτερο ποσοστό οπτικής ισχύος (περίπου 10-15 dB περισσότερο) μπορεί να συζευκτεί σε μια οπτική ίνα από μια διόδο laser, επιτρέποντας μ' αυτόν τον τρόπο τη μετάδοση του σήματος σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

1.7.1.1.1 Προδιαγραφές λέιζερ

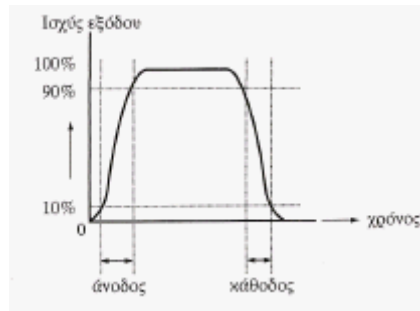
Μήκος κύματος

Το μήκος κύματος που δίνεται είναι μόνο μια τυπική τιμή. Έτσι, αν θέλουμε να αγοράσουμε ένα λέιζερ για το παράθυρο των 1300 nm, αυτό που παρέχεται μπορεί να προδιαγράφεται σαν 1285-1320 nm και η πραγματική

συχνότητα θα βρίσκεται κάπου μεταξύ αυτών των ορίων. Μερικές φορές διατίθεται απλά σαν 1300 nm.

Χρόνος ανόδου και καθόδου

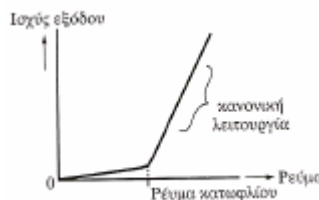
Αυτό είναι μέτρο του πόσο γρήγορα το λέιζερ μπορεί να ανοίξει ή να κλείσει υπολογισμένο μεταξύ επιπέδων ισχύος από 10% μέχρι 90% το πολύ. Τυπική τιμή είναι τα 0.3 ns (σχήμα 1.22).



Σχήμα 1.22: Χρόνος ανόδου και καθόδου

Ρεύμα καταφλίου

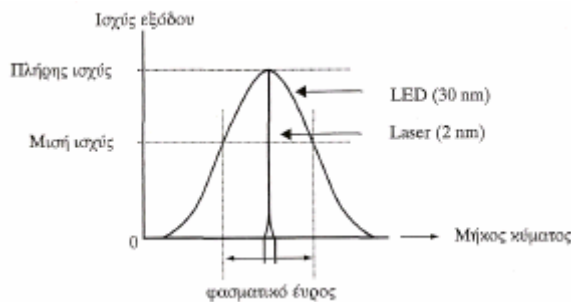
Είναι το χαμηλότερο ρεύμα στο οποίο λειτουργεί το λέιζερ. Τυπική τιμή είναι 50 mA και το κανονικό ρεύμα λειτουργίας είναι περίπου 70 mA (σχήμα 1.23).



Σχήμα 1.23 : Χαρακτηριστική καμπύλη λέιζερ

Φασματικό εύρος

Είναι το εύρος ζώνης του εκπεμπόμενου φωτός. Τυπικά φασματικά εύρη κυμαίνονται μεταξύ 1 και 5 nm. Ένα λέιζερ με έξοδο 1310 nm με φασματικό εύρος 4 nm, εκπέμπει υπέρυθρο φως μεταξύ 1308 και 1312 nm (Σχήμα 1.24).



Σχήμα 1.24: Φασματικά ενρρη των LED και λέιζερ

Θερμοκρασία λειτουργίας

Τυπικές τιμές είναι από $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ και γι' αυτό οι εμβέλειες της θερμοκρασίας των ινών ταιριάζουν αρκετά καλά.

Τάσεις και ρεύματα

Οι προδιαγραφές επίσης δίνουν και τις τάσεις και τα ρεύματα λειτουργίας το ρεύμα της συσκευής ψύξης και της αντίσταση του θερμίστορ. Αυτά γενικά ενδιαφέρουν μόνο τον σχεδιαστή των εξαρτημάτων ή τον τεχνικό επισκευών.

Ισχύς εξόδου

Η ισχύς εξόδου μπορεί να δίνεται σε watts ή σε dBm.

1.7.1.2 LED - Φωτοдиодοι

Τα LED παρέχουν έξοδο φωτός στο ορατό φάσμα καθώς και στα παράθυρα των 850 nm, 1350 nm και 1500 nm.

Σε σύγκριση με το λείζερ, το LED έχει μικρότερη ισχύ εξόδου, μικρότερη ταχύτητα διακοπής και μεγαλύτερο φασματικό εύρος, και επομένως μεγαλύτερη διασπορά. Αυτά τα μειονεκτήματα το κάνουν κατώτερο για χρήση στις συνδέσεις δεδομένων και στις τηλεπικοινωνίες μεγάλης ταχύτητας. Όμως, χρησιμοποιείται πάρα πολύ για συστήματα μικρής και μέσης εμβέλειας που χρησιμοποιούν και πλαστικές και γυάλινες ίνες επειδή είναι απλό, φθινό, αξιόπιστο και δεν εξαρτάται πολύ από τη θερμοκρασία.[13]

τα πλεονεκτήματα της LED είναι:

1. Η κατασκευή τους είναι απλούστερη σε σύγκριση με τα laser αφού δεν απαιτούνται κάτοπτρα και η γεωμετρία τους είναι απλή.
2. Το κόστος κατασκευής και συντήρησης τους είναι χαμηλό.
3. Είναι αξιόπιστες πηγές καθώς δεν εμφανίζουν καταστροφική υποβάθμιση και δεν είναι τόσο ευαίσθητες στη σταδιακή γήρανση όσο τα laser.
4. Η εξερχόμενη οπτική ισχύς, η οποία συνδέεται με τη χαρακτηριστική του ρεύματος, δεν εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία όσο η αντίστοιχη οπτική ισχύς του laser. Αυτό το γεγονός αυξάνει την πολυπλοκότητα του κυκλώματος του laser, γιατί χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα είτε μηχανισμοί ψύξης του, είτε μηχανισμοί ρύθμισης του ρεύματος πόλωσης του προκειμένου η θερμοκρασία του να διατηρείται σταθερή. Επίσης η LED δεν είναι μια διάταξη κατωφλίου και έτσι αυξάνοντας τη θερμοκρασία δεν αυξάνεται το ρεύμα κατωφλίου πάνω από το σημείο λειτουργίας, πράγμα που θα

οδηγούσε στην κακή λειτουργία του συστήματος.

5.Κάτω από ιδανικές συνθήκες, έχει γραμμική έξοδο, όσον αφορά τη χαρακτηριστική ρεύματος, σε αντίθεση με το laser. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε περιπτώσεις όπου έχουμε αναλογική διαμόρφωση.

1.7.1.2.2 Ανιχνευτές οπτικού σήματος

Στην έξοδο μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης τοποθετείται το κύκλωμα του δέκτη. Το πρώτο στοιχείο αυτού του κυκλώματος είναι ο ανιχνευτής. Πάνω σ' αυτόν πέφτει η μεταβαλλόμενη οπτική ισχύς και μετατρέπεται σε μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Επειδή το εξερχόμενο σήμα είναι γενικά εξασθενημένο και παραμορφωμένο ο ανιχνευτής πρέπει να έχει πολύ καλές προδιαγραφές απόδοσης. Συγκεκριμένα, πρέπει να έχει πολύ μεγάλη ευαισθησία στα μήκη κύματος του φάσματος εκπομπής της χρησιμοποιούμενης οπτικής πηγής, ελάχιστη συνεισφορά σε θόρυβο και τέλος μεγάλη ταχύτητα απόκρισης ή επαρκές εύρος ζώνης έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκρίνεται στο ρυθμό διάδοσης δεδομένων. Επιπρόσθετα, πρέπει να μην επηρεάζεται από μεταβολές της θερμοκρασίας, η διάμετρος της διατομής του να είναι συμβατή με τη διάμετρο των οπτικών ινών και να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.[14]

Συνήθως στα οπτικά συστήματα μετάδοσης χρησιμοποιούνται ημιαγωγικοί ανιχνευτές και κυρίως οι φωτοδίοδοι pin και χιονοστιβάδας (avalanche) καθώς και τα φωτοτρανζίστορς. Όταν οι φωτοανιχνευτές χρησιμοποιούνται για μήκη κύματος της περιοχής 800-900nm, τότε τις περισσότερες φορές κατασκευάζονται από πυρίτιο (Si). Για μήκη κύματος πάνω από 1000nm το πυρίτιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, λόγω της πολύ χαμηλής του απόκρισης. Έτσι, για λειτουργία στα μ.κ. 1.0-1.65μm οι ανιχνευτές κατασκευάζονται συνήθως από Ge ή InGaAs τα οποία παρουσιάζουν υψηλή απόδοση και γρήγορους χρόνους απόκρισης.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι φωτοδίοδοι pin χρησιμοποιούνται αν επιζητείται σταθερότητα σε θερμοκρασιακές μεταβολές και μικρό δυναμικό πόλωσης. Από την άλλη πλευρά όμως, αν απαιτείται η ανίχνευση πολύ μικρών ισχύων, τότε χρησιμοποιούνται φωτοδίοδοι χιονοστιβάδας.

1.7.1.2.2 Δίοδοι PIN

Μια δίοδος PIN είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος μετατροπής του λαμβανόμενου φωτός σε ένα ηλεκτρονικό σήμα. Η εμφάνιση του είναι σχεδόν ολόιδια με τα LED και τα λείζερ.

1.7.1.2.3 Φωτοδίοδος χιονοστιβάδας ή APD

Μπορούμε να πετύχουμε υψηλότερα σήματα εξόδου με μια δίοδο χιονοστιβάδας. Χρησιμοποιεί ένα μικρό εσωτερικό ρεύμα για να δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο. Έχουν τα πλεονεκτήματα μιας καλής εξόδου σε χαμηλά επίπεδα ρεύματος και μια μεγάλη εμβέλεια –μπορεί να χειριστεί υψηλά και χαμηλά επίπεδα φωτός. Όμως, υπάρχει και ένας αριθμός από μειονεκτήματα, που υπερνικούν τα πλεονεκτήματα. Έχει μεγαλύτερο επίπεδο θορύβου, γενικά χρειάζεται υψηλότερες τάσεις λειτουργίας και η απολαβή της μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία.

1.7.2 Προδιαγραφές του δέκτη φωτός

Μήκος κύματος

Αυτό παρατίθεται σαν εμβέλεια π.χ από 1000 nm, ή δηλώνοντας την συχνότητα που παρέχει την υψηλότερη έξοδο, π.χ. μέγιστο μήκος κύματος = 850 nm.

Δυναμική εμβέλεια ή ισχύς οπτικής εισόδου

Δυναμική εμβέλεια είναι ο λόγος της μέγιστης ισχύος εισόδου προς την ελάχιστη. Δίνεται σε decibels π.χ. 21 dB.

Η ισχύς οπτικής εισόδου είναι η ίδια πληροφορία που εκφράζεται σε watts. Π.χ. από 1 μW μέχρι 125 μW .

Απόκριση

Μέτρο του πόσο ρεύμα εξόδου αποκτάται για κάθε watt φωτός εισόδου π.χ. 0.8 AW^{-1} . Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα θα αυξηθεί κατά 0.8 amps για κάθε watt αυξημένης ισχύος φωτός.

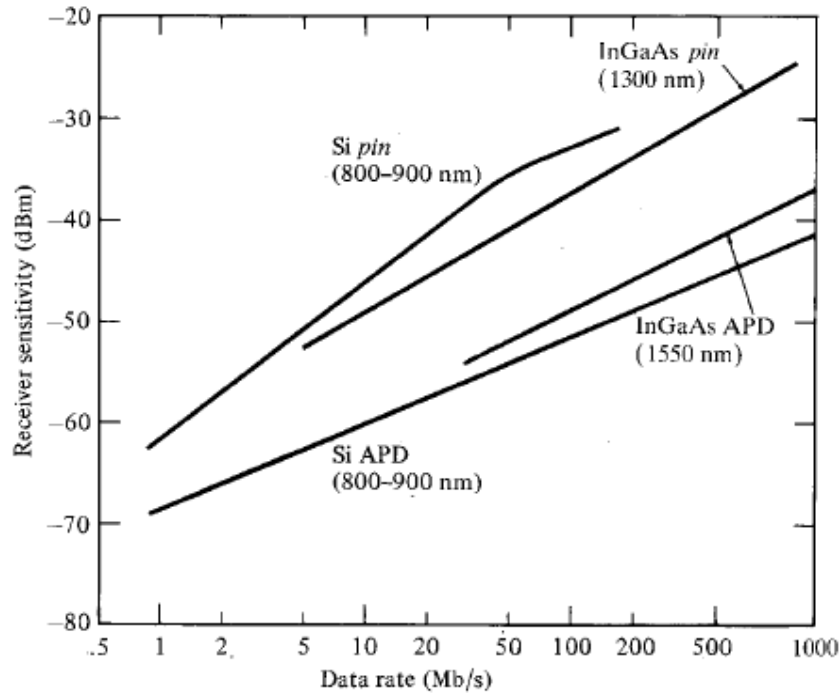
Χρόνος απόκρισης

Είναι ο χρόνος ανόδου και καθόδου που βλέπουμε στο σχήμα 3.13. Καθορίζει την πιο γρήγορη ταχύτητα διακοπής του ανιχνευτή και έτσι περιορίζει τον μέγιστο ρυθμό εκπομπής π.χ. t_r ή $t_f = 3.5 \text{ ns}$.

Ρυθμός δεδομένων ή εύρος ζώνης

Και τα δύο είναι μέτρα της μέγιστης ταχύτητας απόκρισης στα εισερχόμενα σήματα και γι' αυτό καθορίζεται από τον χρόνο απόκρισης που είδαμε πιο πάνω.

Τελειώνοντας, αξίζει να τονιστεί ότι ο ανιχνευτής αποτελεί μια από τις σημαντικότερες διατάξεις κάθε συστήματος μετάδοσης και συνήθως επιλέγεται προτού καθοριστούν τα χαρακτηριστικά των υπόλοιπων βασικών βαθμίδων του συστήματος.



Σχήμα 1.25 : Μεταβολή της απόκρισης ανιχνευτών σε σχέση με το επιθυμητό bit rate. Παρατηρούμε την επιλογή του είδους του ανιχνευτή ανάλογα με το μ.κ. λειτουργίας

1.7.3 . Οπτικοί Ενισχυτές

Με τους εκπομπούς (*Lasers*) και τους δέκτες (*filters*), οι οπτικοί ενισχυτές (*optical amplifiers*) είναι από τα βασικά στοιχεία στη σχεδίαση οπτικών δικτύων. Οι οπτικοί ενισχυτές παρέχουν το μέσο στα οπτικά σήματα ώστε να αναγέννιονται χωρίς την ανάγκη χρήσης οπτικό-ηλεκτρονικών μεταλλακτών. Οι οπτικοί ενισχυτές τύπου *Erbium-doped* (*Erbium-doped fiber amplifiers (EDFA)*) που λειτουργούν σε οπτικό μήκος κύματος 1.5 μm χρησιμοποιούνται στο πεδίο των επικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων και είναι από τις πλέον αξιόπιστες λύσεις. Με τη χρήση των παραπάνω οπτικών ενισχυτών EDFA είναι δυνατή η εκπομπή σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις.[14]

1.8 Πλεονεκτήματα οπτικών ινών

Η υψηλή διείσδυση της τεχνολογίας των οπτικών ινών στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες δεν είναι τυχαία, αλλά αντίθετα οφείλεται στον μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων της, τα οποία συνοψίζονται στα εξής: [15]

1. *Χαμηλό κόστος.* Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παρόχων, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.
2. *Υψηλό bandwidth ,* το οποίο ξεπερνά κατά εκατοντάδες φορές αυτό ενός κοινού καλωδίου. Οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, εξασφαλίζουν ταχύτητες της τάξεως των Gbps, που με τη σειρά τους προσφέρουν αστραπιαία διαμεταγωγή δεδομένων και αξιόπιστες υπηρεσίες τηλεφωνίας μέσω πρωτοκόλλου IP.
3. *Μικρή εξασθένιση του σήματος,* χάρη στην υψηλή ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης. Ακόμη και αν υπάρξει εξασθένιση σήματος, αυτό ενισχύεται πολύ εύκολα μέσω των κατάλληλων ενισχυτών.
4. *Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια.* Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.
5. *Αμιγώς ψηφιακό σήμα,* που εξασφαλίζει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν σε μια αναλογική μετάδοση. Στον κόσμο της ψηφιακής πληροφορίας, τα δεδομένα αναπαρίστανται από τους αριθμούς 0 και 1, οι οποίοι ονομάζονται bits. Το 0 ισοδυναμεί με την κατάσταση «κλειστό» και το 1 με την κατάσταση «ανοικτό». Μια ακολουθία 8 bits σχηματίζουν 1 ψηφιακή λέξη που λέγεται byte ή octet. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν τις φωτεινές αναλαμπές με υψηλή αξιοπιστία, μεταφέροντας τα bytes με πολύ μικρότερες αλλοιώσεις σε σχέση με αυτές ενός κοινού καλωδίου δικτύου, ή μιας ασύρματης σύνδεσης δεδομένων.
6. *Υψηλή διαθεσιμότητα,* που οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.

7. *Μικρές διαστάσεις και βάρος, καθώς ένα μικρό και ελαφρύ καλώδιο οπτικών ινών, μεταφέρει πολύ περισσότερα δεδομένα από ένα μεγαλύτερο και πιο βαρύ χάλκινο καλώδιο. Έτσι, απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος για την υλοποίηση ενός δικτύου οπτικών ινών.*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Δίκτυα Οπτικών Ινών

2.1 Εισαγωγή

Σε πολλά άρθρα που αναφέρονται σε δίκτυα οπτικών ινών, υπονοείται ότι η τεχνολογία αυτή είναι πρόσφατη, πράγμα το οποίο είναι βέβαια λάθος. Η πρώτη τηλεφωνική ζεύξη οπτικών ινών εγκαταστάθηκε στο Σικάγο το 1976, ενώ μέχρι το 1979 ήταν εμπορικά διαθέσιμες ζεύξεις οπτικών ινών για ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Από τότε, οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην τηλεπικοινωνιακή υποδομή.[6]

Σε τηλεφωνικές συνομιλίες μεγάλων αποστάσεων, χρησιμοποιούνται αναμφίβολα οπτικές ίνες, όπου τουλάχιστον στις ΗΠΑ έχει αντικατασταθεί περισσότερο από το 90% του δικτύου φωνητικών επικοινωνιών. Οι υπερατλαντικές ζεύξεις μετατρέπονται σε δίκτυα οπτικών ινών πολύ υψηλής ταχύτητας. Τα γραφεία τηλεφωνικών εταιρειών διασυνδέονται με οπτικές ίνες. Τα περισσότερα μεγάλα κτίρια με γραφεία διαθέτουν δικό τους δίκτυο οπτικών ινών. Μόνο ο τελευταίος κρίκος στα σπίτια και στα απλά γραφεία δεν είναι ακόμη με οπτικές ίνες.

Η καλωδιακή τηλεόραση (CATV) χρησιμοποιεί αναλογική μετάδοση με οπτικές ίνες, και σύντομα σχεδιάζεται η μετάβαση σε συμπιεσμένο ψηφιακό σήμα video. Τα περισσότερα συστήματα CATV στις μεγάλες πόλεις μετατρέπονται ήδη σε δίκτυα οπτικών, προβλέποντας για ομαλή μετάβαση σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς. Μόνον οι οπτικές ίνες παρέχουν το απαιτούμενο εύρος συχνοτήτων για τη μεταφορά φωνής, δεδομένων και εικόνας video ταυτόχρονα.

Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN) βασίζονται και αυτά στις οπτικές ίνες. Ενώ τα mainframes ήδη χρησιμοποιούν οπτικές ίνες, οι προσωπικοί υπολογιστές (PCs) παραμένουν ακόμη στην εποχή των χάλκινων αγωγών επικοινωνίας.

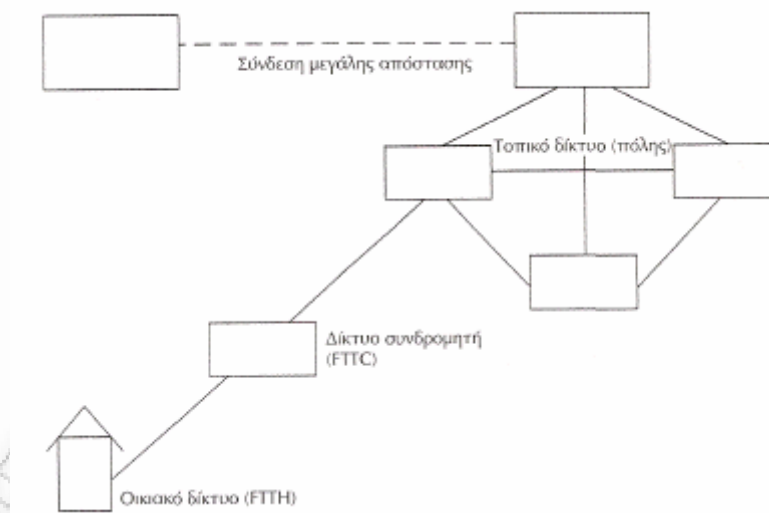
Οι οπτικές ίνες υπερτερούν σημαντικά στις επικοινωνίες μεγάλου εύρους διέλευσης συχνοτήτων. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι λόγοι που συμβαίνει αυτό, ο ισολογισμός του οικονομικού κόστους του χαλκού ως προς τις οπτικές ίνες, καθώς και ο σχεδιασμός δικτύων οπτικών ινών με βάση τις καλύτερες διαθέσιμες επιλογές και της μελλοντικής δυνατότητας αναβάθμισης.

2.2 Οικονομικό κόστος

Η χρήση οπτικών ινών αποτελεί θέμα αποκλειστικά οικονομικό. Η ευρεία εφαρμογή τους ήρθε μόνον όταν το κόστος μειώθηκε κάτω από το αντίστοιχο των χάλκινων αγωγών, ραδιοζεύξεων ή δορυφορικών ζεύξεων. Ωστόσο, για κάθε εφαρμογή, το σημείο καμψής ήρθε για διαφορετικούς λόγους.

2.3 Telecom

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως στις τηλεπικοινωνίες, λόγω του τεράστιου εύρους συχνοτήτων και των πλεονεκτημάτων έναντι των χάλκινων αγωγών σε μεγάλες αποστάσεις. Η εφαρμογή των ινών στην τηλεφωνία απλά συνδέει διακόπτες μεταξύ ζεύξεων οπτικών ινών (σχήμα 2.1). Τα σημερινά εμπορικά συστήματα μεταφέρουν περισσότερες τηλεφωνικές συνομιλίες με ένα απλό ζευγάρι ινών, παρά με περισσότερα από 1000 ζευγάρια χάλκινων αγωγών. Οι οπτικές ίνες υπερέρχουν επίσης στο κόστος υλικών, εγκατάστασης, εργασίας, αξιοπιστίας και κατάληψης χώρου. Στις σύγχρονες μεγάλες πόλεις, δεν υπάρχει πλέον ο απαιτούμενος χώρος μέσα στις εγκατεστημένες σωληνώσεις, για την εξασφάλιση των αναγκών μέσω χάλκινων αγωγών. Ενώ οι ίνες μεταφέρουν πάνω από το 90% όλων των τηλεπικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων και το 50% των τοπικών επικοινωνιών, η εφαρμογή όμως των οπτικών ινών στο πεζοδρόμιο (FTTC - Fiber To The Curb) και στο σπίτι (FTTH - Fiber To The Home) εμποδίζεται από το υψηλό κόστος. Τα δύο αυτά τελευταία σ όνορα για την ολοκληρωτική επικράτηση των οπτικών ινών στο τηλεφωνικό σύστημα



Σχήμα 2.1. Αρχιτεκτονικές τηλεφωνικού δικτύου οπτικών ινών.

εμποδίζουν την περαιτέρω μείωση του κόστους των ινών και την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών για υπηρεσίες πολύ υψηλότερου εύρους συχνοτήτων, από τα υπάρχοντα τηλεφωνικά σύρματα.

Οι τηλεπικοινωνίες οδήγησαν τις αλλαγές στην τεχνολογία των οπτικών ινών. Αρχικά, κατασκευάζονταν απλώς προσαρμοστές από ηλεκτρικά σήματα σε οπτικά, οι οποίοι εκτελούσαν επίσης πολυπλεξία για εκμετάλλευση του υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης της ίνας, και χρησιμοποιούσαν υψηλής ισχύος πηγές laser για μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις.

Μετά από πολλά χρόνια χρήσης όλων αυτών των προσαρμοστών, με την κάθε εταιρεία να εφαρμόζει το δικό της πρωτόκολλο επικοινωνίας, η

Bellcore άρχισε να εργάζεται για τη δημιουργία ενός τυποποιημένου πρότυπου δικτύου, το λεγόμενο SONET (Synchronous Optical NET work). Το SONET θα επέτρεπε τη συνεργασία μεταξύ εξοπλισμού διαφορετικών κατασκευαστών.

Ωστόσο, η μετάβαση των τηλεφωνικών εταιρειών στο SONET είναι αργή, αποτέλεσμα της απροθυμίας αχρήστευσης σχετικά νέου εξοπλισμού και της αργής ανάπτυξης λεπτομερειών των προτύπων. Πρόοδος υπάρχει κάπως μεγαλύτερη εκτός των ΗΠΑ, όπου το ισοδύναμο πρότυπο δίκτυο SDH (Synchronous Digital Hierarchy) χρησιμοποιείται για τα πρώτης γενιάς συστήματα οπτικών ινών.

2.4 CATV

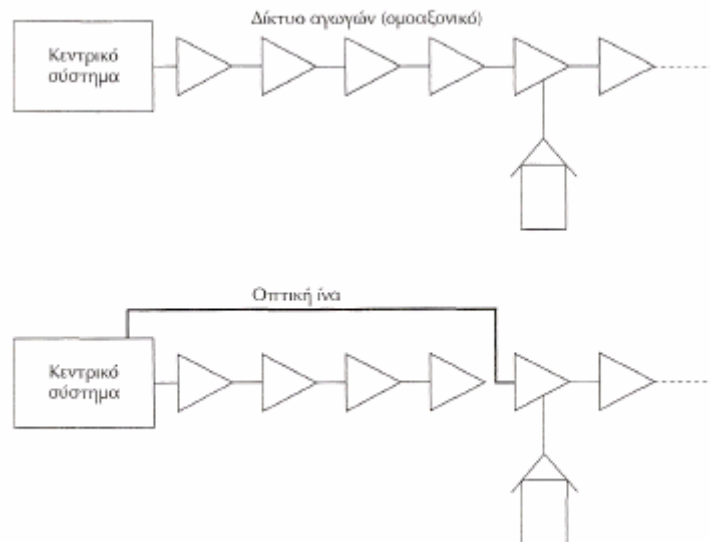
Στην καλωδιακή τηλεόραση, οι οπτικές ίνες αυξάνουν την αξιοπιστία. Οι απαιτήσεις του τεράστιου εύρους συχνοτήτων του σήματος τηλεόρασης, που μεταδίδεται από τον αέρα, οδηγεί στην ανάγκη συχνής χρησιμοποίησης αναμεταδοτών. Ο μεγάλος απαιτούμενος αριθμός αναμεταδοτών αποτελεί σοβαρή αιτία αναξιόπιστης λειτουργίας.

Η καλωδιακή τηλεόραση πειραματιζόταν με τις οπτικές ίνες επί μεγάλο χρονικό διάστημα, αλλά το υψηλό κόστος ήταν απαγορευτικό μέχρι την ανάπτυξη των αναλογικών συστημάτων AM. Μετατρέποντας το σήμα από ηλεκτρικό σε οπτικό, οι οπτικές ίνες έγιναν οικονομικές και με το επιπλέον πλεονέκτημα της αξιοπιστίας. Σήμερα, η καλωδιακή τηλεόραση έχει υιοθετήσει μία αρχιτεκτονική δικτύου με ζεύξεις οπτικών ινών (σχήμα 2.2), η οποία έχει υπερκεράσει το κανονικό ομοαξονικό δίκτυο.

Η εγκατάσταση οπτικών ινών είναι εύκολη υπόθεση, είτε περνώντας μία ελαφριά ίνα πάνω στους εναέριους ομοαξονικούς αγωγούς είτε τραβώντας την ίνα μέσα από υπόγειες διαδρομές. Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία (μονότροπες ίνες και πηγές laser), αναβαθμίζεται εύκολα στα μελλοντικά ψηφιακά συστήματα συμπίεσμένου σήματος, όταν αυτά θα είναι διαθέσιμα. Η εγκατεστημένη καλωδίωση παρέχει τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών μετάδοσης φωνής και δεδομένων σε περιοχές, στις οποίες νομικά και οικονομικά είναι δυνατόν.[15]

2.5 LAN

Για εφαρμογές τοπικών δικτύων LAN ή άλλων συστημάτων επικοινωνίας δεδομένων, το οικονομικό κόστος σήμερα είναι λιγότερο καθαρό. Σε εφαρμογές χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων σε



Σχήμα 2.2. Αρχιτεκτονικές CATV (παλιό ομοαξονικό δίκτυο και νέο δίκτυο οπτικών ινών).

μικρές αποστάσεις, οι χάλκινοι αγωγοί αποτελούν αναμφίβολα την καλύτερη επιλογή. Καθώς όμως η απόσταση μετάδοσης αυξάνει (50-100 m) και η ταχύτητα υπερβαίνει τα 10 Mbits/sec, οι οπτικές ίνες γίνονται περισσότερο ελκυστικές, αφού υπάρχουν πολλά προβλήματα εγκατάστασης και ελέγχου των χάλκινων αγωγών σε υψηλές ταχύτητες. Επίσης, η αναβαθμισιμότητα συνήθως γέρνει προς τις οπτικές ίνες συγκριτικά με τους χάλκινους αγωγούς.

Η χρήση οπτικών ινών στα LAN είναι πολύ διαδεδομένη σε μεγάλες αποστάσεις ή υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, αλλά πολύ μικρή στις συνδέσεις μεταξύ επιτραπέζιων υπολογιστών. Το διαρκώς πτωτικό κόστος των οπτικών ινών και των ηλεκτρονικών προσαρμογής, σε συνδυασμό με την ανάγκη για υψηλότερο εύρος συχνοτήτων, θα οδηγήσει στην υιοθέτηση των ινών και στον τομέα αυτό.

Σήμερα, υπάρχουν πολλά πρότυπα δικτύων LAN. Το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο δικτύου LAN είναι το Ethernet ή IEEE802.3, με ρυθμό μετάδοσης 10 Mbits/sec, και το οποίο επιτρέπει την αποστολή δεδομένων από οποιοδήποτε σταθμό, εφόσον το δίκτυο είναι ελεύθερο. Το δίκτυο token ring (αναπτύχθηκε από την IBM) έχει ρυθμό μετάδοσης 4 ή 16 Mbits/sec και η αρχιτεκτονική του έχει τη μορφή δακτυλίου, όπου ο κάθε σταθμός έχει την ευκαιρία να μεταδώσει δεδομένα μόνο όταν αποσταλεί στο σταθμό αυτό ένα ψηφιακό token. Τα δύο αυτά δίκτυα, αρχικά αναπτύχθηκαν με βάση τα πρότυπα των χάλκινων αγωγών. Για τα δίκτυα αυτά, έχουν κατασκευαστεί προσαρμοστές οπτικών ινών σε περιπτώσεις όπου για διάφορους λόγους (μεγάλη απόσταση, ηλεκτρικές παρεμβολές, κτλ) δικαιολογείται το επί πλέον οικονομικό κόστος επικοινωνίας με οπτικές ίνες.

Μερικά LAN έχουν σχεδιαστεί εξ αρχής να εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών. Τα δίκτυα αυτά έχουν κοινό χαρακτηριστικό την υψηλή ταχύτητα μετάδοσης μαζικών ποσοτήτων δεδομένων, μεταξύ των σταθμών εργασίας ή υπολογιστών mainframes. Στον πίνακα, παρέχονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των δικτύων αυτών.

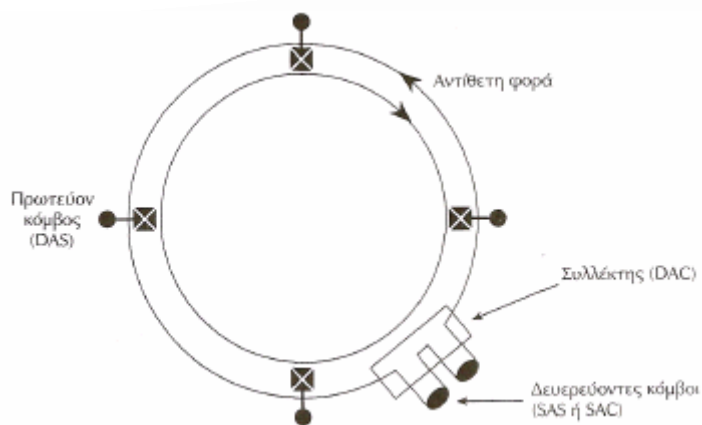
Δίκτυο	IEEE802.3 FOIRL	IEEE802.3 10baseF	IEEE802.5 Token Ring	ANSI X3T9.5 FDDI	ESCON IBM
Ρυθμός μετάδοσης (Mbits/sec)	10	10	4/16	100	200
Αρχιτεκτονική	Ζεύξης	Αστέρα	Δακτυλίου	Δακτυλίου	Κλάδου
Τύπος ίνας	MM, 62.5	MM, 62.5	MM, 62.5	MM/SM	MM/SM
Μήκος ζεύξης (km)	2	-	-	2/60	3/20
Μήκος κύματος (nm)	850	850	850	1300	1300
Περιθώριο (dB, MM/SM)	8	-	12	11/27	8*(11)/16
Μπάνα τσ ίνας (mHz-km)	150	150	150	500	500
Βύσμα	SMA	ST	FDDI	FDDI	ESCON

Το FDDI (Fiber Distributed Data Interface) αποτελεί ένα υψηλής ταχύτητας πρότυπο δικτύου LAN, το οποίο αναπτύχθηκε ειδικά για οπτικές ίνες από την επιτροπή ANSI X3T9.5. Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμα προϊόντα για το δίκτυο αυτό. Το FDDI διαθέτει μία διπλής φοράς τοπολογία δακτυλίου (σχήμα 2.3) με διπλά συνδεδεμένους σταθμούς και στους δύο δακτυλίους, και σταθμούς συνδεδεμένους μόνο στον ένα δακτύλιο μέσω ενός συλλέκτη. Το FDDI διαθέτει πρωτόκολλο μετάδοσης token και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 100 Mbits/sec.

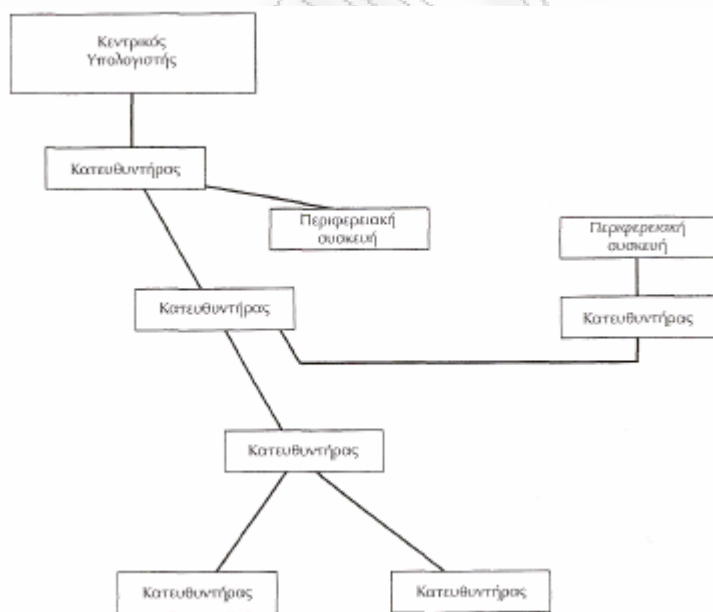
Το ESCON (Enterprise System CONnection) (σχήμα 2.4) αποτελεί δίκτυο που αναπτύχθηκε από την IBM για τη σύνδεση περιφερειακών συσκευών με mainframe, αντικαθιστώντας τα συστήματα "bus & tag". Το δίκτυο διαθέτει αρχιτεκτονική διακοπόμενου αστέρα, και χρησιμοποιεί ειδικούς κατευθυντήρες για τη διασύνδεση των διαφόρων περιφερειακών με τον κεντρικό υπολογιστή. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων άρχισε με 4,5 Mbits/sec, αλλά τώρα είναι 10 Mbits/sec. Με το σχήμα 8B/10B, το πρωτόκολλο ESCON έχει ρυθμό μετάδοσης περί τα 200 Mbits/sec.

Από οπτικής πλευράς, τα δίκτυα ESCON και FDDI είναι παρόμοια. Χρησιμοποιούν μήκος κύματος 1300 nm για υψηλότερο εύρος διέλευσης συχνοτήτων και υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Και τα δύο, υποστηρίζουν μονότροπες και πολύτροπες ίνες.

Τα Fibre Channel και HIPPI είναι και τα δύο υψηλής ταχύτητας ζεύξεις (όχι δίκτυα), σχεδιασμένες για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών υψηλής ταχύτητας. Το πρωτόκολλο ζεύξης υποστηρίζει τους περισσότερους τύπους ινών, ακόμη και χάλκινα καλώδια για μικρού μήκους διαδρομές. Τα περισσότερα δίκτυα, όπως το ATM, αναπτύσσονται σήμερα με αυτόν τον τρόπο, ώστε να καλύπτουν όλες τις δυνατές εφαρμογές.[15]



Σχήμα 2.3. Αρχιτεκτονική δικτύου FDD1 (Fiber Distributed Data Interface).



Σχήμα 2.4. Αρχιτεκτονική δικτύου ESCON (Enterprise System Connection).

2.6 Οπτικές ίνες ή χαλκός

Τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών σε σχέση με τους χάλκινους αγωγούς οφείλονται στη φυσική του τρόπου μετάδοσης με φωτόνια αντί με ηλεκτρόνια. Οι οπτικές ίνες δεν παράγουν παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων (RFI) ούτε δέχονται παρεμβολές, ενώ οι χάλκινοι αγωγοί εκπέμπουν σήματα τα οποία μπορούν να παρεμβληθούν με άλλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Επειδή οι ίνες δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά πεδία, οι ηλεκτρικές εταιρείες

χρησιμοποιούν γραμμές ισχύος στο εσωτερικό των οποίων διέρχονται οπτικές ίνες!

Τα θέματα εύρους διέλευσης συχνοτήτων και η επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων είναι αυτά που συνήθως πείθουν για τη χρήση οπτικών ινών. Σήμερα, χρησιμοποιούνται πολύτροπες ίνες για μετάδοση δεδομένων με ρυθμούς 100 έως 200 Mbits/sec. Οι τηλεφωνικές και καλωδιακές εταιρείες χρησιμοποιούν μονότροπες ίνες στην περιοχή των GHz. Οι πολύτροπες ίνες διαθέτουν μεγαλύτερης διαμέτρου πυρήνα για χρήση φθηνότερων πηγών LED, αλλά το φως όμως διαδίδεται μέσω πολλών διαδρομών (ακτίνων) ή πολλών ρυθμών, πράγμα το οποίο περιορίζει το εύρος διέλευσης συχνοτήτων. Οι μονότροπες ίνες διαθέτουν μικρότερο διάμετρο πυρήνα, πράγμα το οποίο απαιτεί τη χρήση πηγών laser, αλλά το φως όμως διαδίδεται μέσω ενός και μόνο ρυθμού, παρέχοντας σχεδόν απεριόριστα μεγάλο εύρος διέλευσης συχνοτήτων.

Και στους δύο τύπους ινών μπορούν να μεταδοθούν πολλά διαφορετικά μήκη κύματος ταυτόχρονα, χωρίς να παρεμβάλλονται μεταξύ τους, τεχνική γνωστή ως πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος WDM (Wavelength Division Multiplexing). Η τεχνική αυτή υλοποιείται ευκολότερα σε μονότροπες ίνες, επειδή οι χρησιμοποιούμενες πηγές laser διαθέτουν πολύ πιο περιορισμένη φασματική έξοδο. Η IBM διαθέτει ερευνητικό πρόγραμμα στο Kingston της Νέας Υόρκης, το οποίο εφαρμόζει την τεχνική αυτή για την παροχή ρυθμού μετάδοσης στο δίκτυο, της τάξης των 300 Gbits/sec.[15]

2.7 Ποια LAN υποστηρίζουν οπτικές ίνες;

Η υποστήριξη είναι εύκολη για όλα τα LAN. Μερικά συστήματα, όπως τα FDDI και ESCON, σχεδιάστηκαν εξαρχής γύρω από οπτικές ίνες, ενώ άλλα όπως το Ethernet και το token ring χρησιμοποιούν προσαρμοστές οπτικών ινών για τη μετατροπή από χάλκινους αγωγούς σε ίνες. Μέσα στο χώρο των ηλεκτρονικών υπολογιστών, είναι δυνατό να εγκατασταθεί επέκταση καναλιού οπτικών ινών ή εξοπλισμός ESCON με έμφυτη δυνατότητα οπτικών ινών.

2.8 Ποιο είναι το μέλλον των οπτικών ινών;

Το μέλλον των οπτικών ινών είναι ταυτόσημο με το μέλλον των επικοινωνιών. Οι οπτικές ίνες προσφέρουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων και αναβαθμισιμότητα. Εφαρμογές, όπως τα πολυμέσα (multimedia) και οι συνδιασκέψεις video απαιτούν δίκτυα με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Η εγκατεστημένη υποδομή οπτικών ινών μπορεί να επεκταθεί για την εξυπηρέτηση απεριόριστης κίνησης. Μόνο οι ηλεκτρονικοί διακόπτες /διανομείς απαιτείται να αναβαθμιστούν, έτσι ώστε να δώσουν πολλών τάξεων μεγέθους μεγαλύτερη χωρητικότητα. Οι εταιρείες CATV εγκαθιστούν οπτικές ίνες με ταχύτερους ρυθμούς, αφού η επερχόμενη ψηφιακή τηλεόραση

απαιτεί τέτοιο περιβάλλον. Οι εφαρμογές επικοινωνιών δεδομένων επωφελούνται και αυτές από τις οπτικές ίνες, αφού τα γραφικά και τα πολυμέσα απαιτούν LAN μεγαλύτερου εύρους διέλευσης συχνοτήτων. Ακόμη και οι ασύρματες επικοινωνίες απαιτούν οπτικές ίνες, για τη διασύνδεση των τοπικών χαμηλής ισχύος κυψελών ή PCS αναμεταδοτών με τους πίνακες (κέντρα) διανομής.

2.9 Η διαμάχη μεταξύ χαλκού και ινών

Κατά τα τελευταία χρόνια, ο τομέας των επικοινωνιών δεδομένων έχει καταστεί χώρος μεγάλης διαμάχης μεταξύ αυτών που υποστηρίζουν τις οπτικές ίνες και αυτών που υποστηρίζουν τους χάλκινους αγωγούς. Κατ' αρχήν, πριν από δέκα περίπου χρόνια, οι οπτικές ίνες αποτελούσαν τη μοναδική λύση για επικοινωνίες δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες και σε μεγάλες αποστάσεις. Παρά τα προβλήματα εγκατάστασης των ινών, το υψηλό κόστος και τη δυσκολία εξεύρεσης προσαρμογέων ηλεκτρικού /οπτικού σήματος, οι οπτικές ίνες αποτελούσαν τη μοναδική αξιόπιστη λύση. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη του προτύπου FDDI με ρυθμό μετάδοσης 100 Mbits/sec, του token ring LAN και του συστήματος IBM ESCON, με σκοπό την αντικατάσταση των χάλκινων καλωδιώσεων.

Το 1989, το FDDI ήταν πραγματικότητα μέσω διαφόρων δικτύων επίδειξης σε συνδιασκέψεις, και με διαθέσιμο εξοπλισμό από πολλούς κατασκευαστές. Το 1990, η IBM εισήγαγε το ESCON ως τμήμα του υπολογιστή System 390, όπου οι οπτικές ίνες είχαν ενσωματωθεί στον εξοπλισμό του mainframe. Όλοι τότε πίστευαν, ότι οι οπτικές ίνες είχαν πλέον καθιερωθεί για τα καλά.

Την ίδια όμως εποχή, οι κατασκευαστές χάλκινων αγωγών ανέπτυξαν μια νέα σχεδίαση καλωδίων, με πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά απωλειών στις υψηλές συχνότητες. Οπλισμένοι με δεδομένα, σύμφωνα με τα οποία τα καλώδια Level 5 UTP (unshielded twisted pair) μπορούσαν να μεταδώσουν σήματα 100 -150 Mbits/sec μέχρι απόσταση 100 μέτρων και με έρευνες που έδειχναν ότι τα περισσότερα δίκτυα επιτραπέζιων συστημάτων υπολογιστών χρησιμοποιούσαν μικρότερες αποστάσεις διασύνδεσης, έκαναν τη μεγάλη μετωπική επίθεση στην αγορά δικτύων LAN. Ταυτόχρονα, άλλα πρότυπα LAN υψηλής ταχύτητας, το Ethernet υψηλής ταχύτητας και το ATM (asynchronous transfer mode), τα οποία υποσχόντουσαν ταχύτητες επιπέδου FDDI σε χάλκινους αγωγούς, έγιναν αρκετά δημοφιλή από τον τύπο. Παρά το γεγονός ότι τα δίκτυα αυτά στερούνται προτύπων και αποδεδειγμένης λειτουργικότητας, πολλοί δυναμικοί χρήστες ανέβαλλαν την απόφασή τους για την επιλογή οπτικών ινών.

2.10 Η λήψη της απόφασης

Στην πραγματικότητα, ορισμένες εφαρμογές είναι άσπρο και μαύρο. Τα δίκτυα LAN χαμηλών ταχυτήτων με μικρές προσδοκίες αναβάθμισης της ταχύτητας, μπορούν να χρησιμοποιούν ασφαλώς χάλκινους αγωγούς. Μεγάλες αποστάσεις, μεγάλη διακίνηση φορτίων και απαιτήσεις υψηλών ρυθμών μετάδοσης καλύπτονται από τις οπτικές ίνες. Έτσι, εάν έχετε Ethernet ή token ring σε επιτραπέζια συστήματα, τότε είναι λογικό ένα δίκτυο οπτικών ινών και ένα Level 3 UTP. Εάν ήδη υπάρχει ένα mainframe και χρησιμοποιούνται διασυνδέσεις καναλιών, πιθανότατα αυτές γίνονται με καλώδια. Εάν όμως θέλουμε να επεκτείνουμε τις διασυνδέσεις αυτές εκτός του χώρου του υπολογιστή ή να αγοράσουμε νέο mainframe, τότε η καλύτερη επιλογή είναι η επέκταση με οπτικές ίνες ή ESCON.

Εάν οποιαδήποτε επιλογή λειτουργεί σε κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε το μόνο που θα πρέπει να εξεταστεί είναι το οικονομικό κόστος. Όμως, το κόστος αποτελεί συνδυασμό πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων του κόστους υλικών, εγκατάστασης, ελέγχου και ευκαιρίας.

Μπορεί κάποιος να πιστεύει ότι το κόστος υλικών για τις οπτικές ίνες πρόκειται να αυξηθεί, αλλά τα πράγματα αλλάζουν. Τα καλώδια Level 5 UTP δεν κατασκευάζονται εύκολα, απαιτούν προσεκτικά ελεγμένες συστροφές των ζευγαριών, οπότε το κόστος τους είναι υψηλό. Τα βύσματα διασύνδεσης εγκαθίστανται δύσκολα, αφού οι συστροφές πρέπει να ελέγχονται με ακρίβεια 12,7 mm (μισής ίντσας), του βύσματος, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η δυνατότητα των 100 Mbits/sec. Ακόμη και τα καλώδια απαιτούν προσεκτική εγκατάσταση, αφού απότομα τραβήγματα μπορούν να διαταράξουν τις προσεκτικά ελεγμένες συστροφές. Η κατηγορία 5 των καλωδίων αυτών διαθέτει μέγιστο επιτρεπόμενο τράβηγμα περί το 1/4 ενός τυπικού καλωδίου οπτικής ίνας!

Μέσα στο ίδιο διάστημα κατά το οποίο έχει αυξηθεί το κόστος των καλωδίων αυτών, αντίθετα το κόστος των οπτικών ινών έχει μειωθεί και η εγκατάστασή τους έχει γίνει ευκολότερη. Το μεγαλύτερο πρόβλημα, αυτό των βυσμάτων, επιλύεται με χαμηλού κόστους βύσματα διασύνδεσης οπτικών ινών, τα οποία τοποθετούνται μέσα σε λίγα λεπτά. Οι περισσότεροι εργολάβοι εκπαιδεύονται σε εγκαταστάσεις οπτικών ινών, έτσι μπορούν είτε να εγκαταστήσουν οι ίδιοι ένα σύστημα οπτικών ινών είτε και να παίξουν συμβουλευτικό ρόλο στους τρέχοντες εγκαταστάτες. Σε οποιοδήποτε σύστημα, το κόστος εργασίας είναι υψηλότερο του κόστους υλικών, και οι οπτικές ίνες πλέον δεν απαιτούν περισσότερο χρόνο εγκατάστασης από τους χάλκινους αγωγούς. Σε τελική ανάλυση, το κόστος της όλης εγκατάστασης θα είναι περίπου το ίδιο και για τα χάλκινα καλώδια και για τις ίνες.

Η κατάσταση όμως αλλάζει στον έλεγχο της εγκατάστασης. Ο έλεγχος απωλειών των οπτικών ινών σε μία εγκατάσταση είναι απλό γεγονός, συμπεριλαμβανομένων και των διασυνδέσεων. Το κόστος του εξοπλισμού ελέγχου ανέρχεται στα 1.430 Ευρώ (\$1.000) και ο έλεγχος διαρκεί μόνο μερικά λεπτά της ώρας ανά ίνα.

Για τον έλεγχο των χάλκινων αγωγών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ζεύγος συσκευών που μετρά τη σύνθετη αντίσταση και τη διασταύρωση, όχι όμως στις υψηλές ταχύτητες όπου συνήθως εμφανίζονται τα προβλήματα. Ο πλήρης έλεγχος ολόκληρου του εύρους συχνοτήτων απαιτεί εξοπλισμό κόστους 4.300 Ευρώ (\$3.000) έως 71.450 Ευρώ (\$50.000), καθώς επίσης και πολύ προσεκτικό έλεγχο των συνθηκών μέτρησης. Τα πρότυπα ελέγχου βρίσκονται ακόμη υπό ανάπτυξη. Εάν υπάρχουν προβλήματα και πρέπει να ελεγχθεί η εγκατάσταση πλήρως, τότε οι χάλκινοι αγωγοί θα κοστίσουν πολύ περισσότερο!

Ωστόσο, οι κάρτες δικτύου μπορεί να είναι πολύ ακριβές. Για τη σύνθεση του Ethernet ή του token ring με οπτικές ίνες, υπολογίστε ακόμη 143 Ευρώ (\$100) έως 430 Ευρώ (\$300) περισσότερα ανά σύνδεση, που αποτελεί απλά το επιπρόσθετο κόστος των οπτοηλεκτρονικών εξαρτημάτων ως προς τους απλούς ηλεκτρονικούς προσαρμοστές. Ωστόσο, με το FDDI, τα περισσότερα περίπλοκα ηλεκτρονικά, που απαιτούνται για τη μετάδοση υψηλής ταχύτητας δεδομένων σε χάλκινους αγωγούς, καθιστούν τις κάρτες προσαρμογής χαλκού και ινών περίπου στο ίδιο κόστος.[16]

2.11 Εξασφαλίζοντας το μέλλον της εγκατάστασης

Όποτε και αν ληφθεί η απόφαση της εγκατάστασης οπτικών ινών, είναι πολύ σημαντικός ο μελλοντικός σχεδιασμός για την εξασφάλιση ότι εγκαταστάθηκε το καλύτερο δυνατό δίκτυο. Ο μελλοντικός σχεδιασμός είναι εξαιρετικά σημαντικός. Σήμερα, η εγκατάσταση ενός δικτύου LAN, που θα καλύπτει τις τρέχουσες ανάγκες και ταυτόχρονα θα εξασφαλίζει τη μελλοντική επέκταση του δικτύου, είναι αρκετά εύκολη υπόθεση.

Πρώτα σκεφθείτε την αρχιτεκτονική του δικτύου. Πού πρόκειται να εγκατασταθεί η οπτική ίνα; Οι τρέχουσες εγκαταστάσεις ακολουθούν την παραδοσιακή πρακτική των τηλεφωνικών γραμμών, με την ίνα να διασυνδέει μεταξύ τους τα κουτιά καλωδίωσης σχηματίζοντας ένα παρακλαδικό δίκτυο, και ταυτόχρονα να συνδέει τα επιτραπέζια συστήματα με τα κουτιά αυτά. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις διαθέτουν παρακλαδικό δίκτυο οπτικής ίνας, και STP (shielded twisted pair) ή UTP (unshielded twisted pair) για τη διασύνδεση των επιτραπέζιων συστημάτων. Σήμερα, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες σε κάθε γραφείο, μόνον όταν απαιτούνται άμεσες διασυνδέσεις υψηλών ταχυτήτων.

Αν και στα δίκτυα οπτικών ινών χρησιμοποιούνται και οι δύο αρχιτεκτονικές, αστέρα και δακτυλίου, συνήθως συναντάται η μορφή του διπλωμένου δακτυλίου. Το τελευταίο αποτελεί ένα λογικό δακτύλιο και φυσικό αστέρα, με αρκετή ίνα στο κουτί διασύνδεσης ως αστέρα (για τα περισσότερα δίκτυα Ethernet ή ESCON) ή ως δακτύλιο (για δίκτυα token ring ή FDDI). Αυτό σημαίνει, ότι κάθε σύνδεση με το παρακλαδικό δίκτυο απαιτεί τουλάχιστον διπλάσια οπτική ίνα από την απλή σύνδεση, έτσι ώστε να υπάρχουν δύο ζεύξεις με τη διαμόρφωση του διπλωμένου δακτυλίου.

Τι οπτικές ίνες θα πρέπει να επιλεγούν; Για τις πολύτροπες ίνες, η περισσότερο σήμερα δημοφιλής είναι η 62,5/125 μm, αφού τα προϊόντα όλων των κατασκευαστών λειτουργούν βέλτιστα με αυτόν τον τύπο. Ωστόσο, πολλά προϊόντα είναι επίσης συμβατά με τον τύπο 50/125, ο οποίος ήδη βρίσκεται εγκατεστημένος σε πολλά δίκτυα, ιδιαίτερα στρατιωτικά και κυβερνητικά (στις ΗΠΑ και την Ευρώπη). Ακόμη και ο παλαιότερος τύπος 100/140 υποστηρίζεται από το FDDI, αλλά μόνο σε περιορισμένες αποστάσεις. Όλες οι μονότροπες ίνες είναι βασικά ίδιες, οπότε η επιλογή στην περίπτωση αυτή είναι ευκολότερη, αν και για τις περισσότερες εφαρμογές θα πρέπει να αποφεύγονται.

Παρομοίως, πληρώνοντας για μεγαλύτερο εύρος διέλευσης συχνοτήτων ή χαμηλότερες απώλειες σε πολύτροπες ίνες, συνήθως είναι σπατάλη χρημάτων. Σχεδόν κάθε οπτική ίνα υπερβαίνει τις τυπικές προδιαγραφές του κατασκευαστή κατά ένα περιθώριο. Οι προδιαγραφές εύρους διέλευσης συχνοτήτων αφορούν τις πηγές laser, ενώ για τις πηγές LED είναι οι προδιαγραφές χρωματικής διασποράς (όχι διασποράς ρυθμών) που περιορίζουν την απόδοση.

Πόσες οπτικές ίνες θα πρέπει να εγκατασταθούν; Η απάντηση είναι, πολλές! Το κόστος εγκατάστασης, είναι γενικά υψηλότερο από το κόστος των καλωδίων. Για την αποφυγή υψηλού κόστους μελλοντικής εγκατάστασης καλωδίων, είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί μεγάλο πλήθος οπτικών ινών την πρώτη φορά, τερματίζοντας αρχικά μόνον αυτές που απαιτούνται για την κάλυψη των τρεχουσών αναγκών, αφού το κόστος εργασίας τερματισμού παραμένει ακόμη υψηλό για τις οπτικές ίνες.

Τα καλώδια του παρακλαδικού δικτύου θα πρέπει να περιλαμβάνουν 48 ή περισσότερες οπτικές ίνες, τις μισές πολύτροπες και τις άλλες μισές μονότροπες. Εάν συνδέονται με ίνες τα επιτραπέζια συστήματα, τότε 12 ίνες (μισές από το κάθε είδος) θα καλύψουν τις ανάγκες οποιασδήποτε τρέχουσας αρχιτεκτονικής δικτύου, καθώς επίσης και τις απαραίτητες μονότροπες ίνες για μελλοντικές αναβαθμίσεις.

Η μελλοντική γενιά δικτύων, όπως το Fibre Channel ή το ATM, ίσως είναι πολύ γρήγορη για τις πολύτροπες ίνες. Τα δίκτυα αυτά θα χρησιμοποιούν πηγές laser και μονότροπες ίνες ώστε να επιτυγχάνουν ταχύτητες μεγαλύτερες από το 1 Gbit/sec. Σε περίπτωση εφαρμογών μετάδοσης video ή στις τηλεπικοινωνίες, ίσως ήδη να απαιτείται η εγκατάσταση μονότροπων ινών. Μπορεί όμως να μη χρειάζεται άμεσα ο τερματισμός των ινών αυτών, μέχρι να απαιτηθεί η χρησιμοποίησή τους από κάποια εφαρμογή, λόγω του υψηλότερου κόστους τερματισμού συγκριτικά με των πολυτρόπων ινών.

Οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν διαρκώς αυξανόμενη δημοτικότητα, λόγω της απίστευτης θετικής ανάδρασης από τους χρήστες. Με κατάλληλη σχεδίαση και προετοιμασία, ένα δίκτυο οπτικών ινών μπορεί να εξασφαλίσει επικοινωνιακές δυνατότητες στους χρήστες, για τον 21ο αιώνα.[17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Καλώδια Οπτικών Ινών

3.1 Κατασκευή καλωδίων οπτικών ινών

Λόγω της ευρείας ποικιλίας συνθηκών κάτω από τις οποίες μπορούν να εκτεθούν, οι οπτικές ίνες τοποθετούνται μέσα σε αρκετά προστατευτικά στρώματα. Η πρώτη προστατευτική επίστρωση αποτελεί ένα ακρυλικό πλαστικό, το οποίο εφαρμόζεται κατά την κατασκευή της ίνας. Η επίστρωση αυτή παρέχει προστασία από την υγρασία και τη μηχανική καταπόνηση.

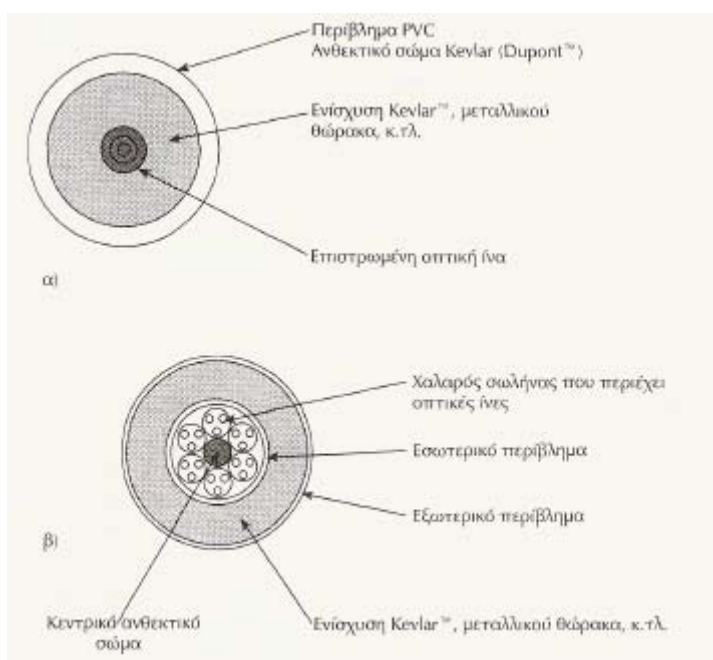
Το επόμενο στρώμα προστασίας είναι ένας απομονωτής, που ενισχύει περαιτέρω την αντοχή των ινών. Ο απομονωτής αυτός μπορεί να έχει τη μορφή χαλαρού ή σφιχτού (κολλητού) σωλήνα. Τα περισσότερα καλώδια επικοινωνιών δεδομένων χρησιμοποιούν μία από τις δύο αυτές μορφές. Στις τηλεπικοινωνίες, συνήθως χρησιμοποιούνται τα επίπεδα καλώδια μορφής ταινίας (σχήμα 3.1).

Τα καλώδια χαλαρού απομονωτή χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές μεγάλων αποστάσεων, όπου είναι επιθυμητές οι χαμηλές απώλειες και η υψηλή αντοχή στα μηχανικά τραβήγματα. Μέσα στον ίδιο σωλήνα μπορούν να συμπεριληφθούν πολλές ίνες μαζί, σχηματίζοντας μία κατασκευή μικρού μεγέθους αλλά υψηλής πυκνότητας ινών. Επίσης, το κόστος ανά ίνα στους χαλαρούς απομονωτές είναι χαμηλότερο από την περίπτωση των καλωδίων σφιχτού (κολλητού) απομονωτή. Οι σωλήνες μπορούν να συμπληρωθούν με ζελέ, το οποίο αποτρέπει την είσοδο νερού και παρέχει στις ίνες επιπρόσθετη προστασία. Επειδή οι ίνες τερματίζονται είτε με συνδέσεις συγκόλλησης είτε με προβυσματωμένες συνδέσεις, τα καλώδια χαλαρού απομονωτή είναι οικονομικότερα σε εφαρμογές μεγάλων αποστάσεων. Οι ίνες διαχωρίζονται εντελώς από το εξωτερικό περιβάλλον. Επομένως, τα καλώδια χαλαρών σωλήνων μπορούν να εγκατασταθούν κάτω από συνθήκες υψηλότερων μηχανικών τάσεων (τραβήγματα).

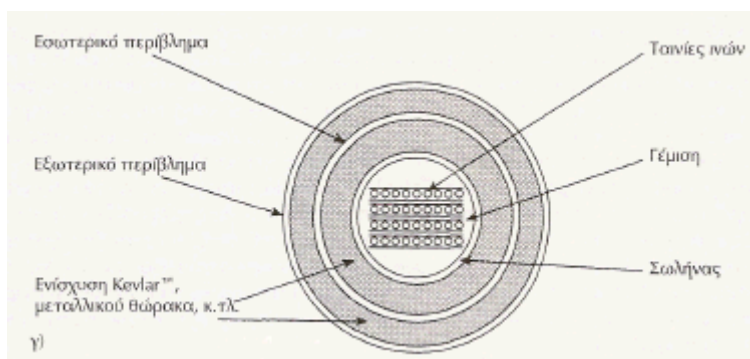
Ένα καλώδιο σφιχτού (κολλητού) απομονωτή είναι προτιμότερο όταν η ευκαμψία του καλωδίου και η ευκολία τερματισμού αποτελούν μεγαλύτερη προτεραιότητα. Τα περισσότερα καλώδια εσωτερικών χώρων έχουν σχεδίαση σφιχτού (κολλητού) απομονωτή, λόγω των σχετικά μικρών αποστάσεων που καλύπτουν μεταξύ των συσκευών που διασυνδέουν. Τα στρατιωτικά καλώδια τακτικής υποστήριξης εδάφους, χρησιμοποιούν και αυτά σχεδίαση σφιχτού απομονωτή, λόγω του υψηλού απαιτούμενου βαθμού ευκαμψίας. Μία τέτοια σχεδίαση μπορεί να καλωδιωθεί μαζί με άλλες ίνες, και στη συνέχεια να ενισχυθεί με kevlar και όλα μαζί να συμπεριληφθούν σε ένα σφιχτό πακέτο καλωδίων. Μία άλλη επιλογή είναι η ενίσχυση με kevlar-Το Kevlar είναι ένα πολύ λεπτό, κίτρινο, μεταξένιο υλικό σε μορφή ίνας που είναι τέσσερις φορές πιο ανθεκτικό από το ατσάλι. Παρουσιάζει αντίσταση στο σπάσιμο και μπορούμε να το τρυπήσουμε- και η τοποθέτηση περιβλήματος σε κάθε ίνα χωριστά. Στη συνέχεια, πολλές τέτοιες ίνες μαζί μπορούν να καλωδιωθούν σε

ένα πακέτο, από το οποίο η κάθε ίνα θα μπορεί να αποσπάται και να τερματίζεται ανεξάρτητα.

Ένα επίπεδο καλώδιο αποτελείται από 2 έως 12 επιστρωμένες ίνες, οι οποίες είναι έτσι κολλημένες μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν ταινία. Μέσα στο ίδιο καλώδιο, μπορούν να πακεταριστούν αρκετές ταινίες μαζί, σχηματίζοντας μία σχεδίαση υψηλής πυκνότητας ινών, χαμηλού κόστους και μικρού μεγέθους. Με την τεχνική αυτή, μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερες από 100 ίνες μέσα σε διατομή μισής τετραγωνικής ίντσας. Οι ίνες αυτές, μπορούν να συνδεθούν είτε με μαζική συγκόλληση ή να τερματιστούν μαζικά με βύσματα συστοιχίες, εξοικονομώντας πάνω από το 80% του χρόνου που απαιτεί ο τερματισμός συμβατικών καλωδίων χαλαρού ή σφιχτού (κολλητού) απομονωτή.[20]



Σχήμα 3.1. (α) Καλώδιο οπτικών ινών, σφιχτού (κολλητού) απομονωτή.
(β) Καλώδιο οπτικών ινών χαλαρού απομονωτή.



Σχήμα 3.1. (γ) Επίπεδο καλώδιο οπτικών ινών (ταινίας).

3.2 Περιβλήματα καλωδίων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό περίβλημα των καλωδίων οπτικών ινών, δεν επηρεάζουν μόνο τις μηχανικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά απωλειών των ινών, αλλά καθορίζουν και την καταλληλότητα χρήσης των καλωδίων στα διάφορα περιβάλλοντα, καθώς και τη συμμόρφωση στα διάφορα πρότυπα απαιτήσεων NEC και UL.[22]

Ένα καλώδιο, που εκτίθεται σε χημικές ουσίες, μπορεί να χρησιμοποιεί περίβλημα αδρανούς φθοριούχου άνθρακα, όπως π.χ. Kynar, PFA, Teflon, FEP, Tefzel ή Halar. Τα υλικά αυτά, είναι κατάλληλα για ευρεία γκάμα εφαρμογών, αν και μπορεί να είναι πολύ σκληρά για ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές.

Οι αεροδιαστημικές εφαρμογές απαιτούν από τα καλώδια να είναι ανθεκτικά σε θερμοκρασιακές μεταβολές, και να διέρχονται μέσα από το στρυφνό περιβάλλον ενός αεροσκάφους. Τα καλώδια αυτά συνήθως διαθέτουν ονομαστικές θερμοκρασίες λειτουργίας από -65°C έως +200°C, έχουν διάμετρο μικρότερη από 2,5 mm (1/10 της ίντσας) και αντέχουν μηχανικές κάμψεις ακτίνας μισής ίντσας.

Η ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς είναι πάρα πολύ σημαντική. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικό περιβάλλον, π.χ. εργοστάσια, συνήθως τοποθετούνται πάνω σε οριζόντιους οδηγούς. Αρκετοί αγωγοί καλωδίων μπορεί να στοιβαχτούν σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, πρέπει να αποφευχθεί η οριζόντια διάδοση της φωτιάς και η ανάφλεξη των καλωδίων των κατώτερων οδηγών από τα λωμένα περιβλήματα των καλωδίων των ανώτερων οδηγών που στάζουν. Το περίβλημα XLPE ικανοποιεί τις απαιτήσεις περιορισμού διάδοσης της φωτιάς (IEEE-383,1974). Σε περίπτωση πυρκαγιάς, το περίβλημα αυτό ανθρακώνεται και δε λιώνει φλεγόμενο, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό την ανάφλεξη των κατώτερων καλωδίων. Τέλος, τα καλώδια θα πρέπει να συμμορφώνονται στις απαιτήσεις του άρθρου 770, του εθνικού ηλεκτρικού κώδικα NEC, των ΗΠΑ. Η επιλογή του εξωτερικού περιβλήματος είναι ουσιαστικής σημασίας για την εξασφάλιση των απαιτήσεων φωτιάς και καπνού.[24]

3.3 Περιβαλλοντικοί και μηχανικοί παράγοντες

Εκτός από το σύστημα απομόνωσης, τον τύπο του περιβλήματος και τις απαιτήσεις κατά της πυρκαγιάς, η σχεδίαση του καλωδίου θα πρέπει να βασίζεται στις μηχανικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που πρόκειται αυτό να συναντήσει κατά τη διάρκεια ζωής του.

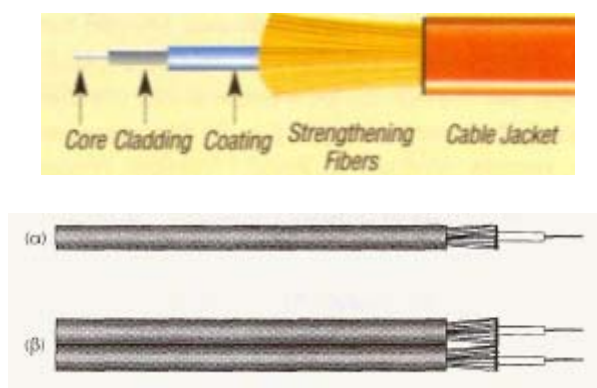
Ένα καλώδιο, που θα τραβιέται μέσα από σωληνώσεις ή οδηγούς, θα πρέπει να διαθέτει ορισμένα ανθεκτικά σώματα και στοιχεία, τα οποία προσθέτουν εφελκυστική αντοχή και αποτρέπουν μεγάλες κάμψεις που καταστρέφουν τις ίνες. Η προσθήκη Kevlar αυξάνει την εφελκυστική αντοχή του καλωδίου. Το Kevlar μπορεί να έχει είτε τη μορφή θωράκισης μπλεντάζ ή να τοποθετείται αξονικά (κατά το διάμηκες) μέσα στο περίβλημα του

καλωδίου. Το κεντρικό ανθεκτικό σώμα χρησιμεύει και ως γέμιση γύρω από την οποία τοποθετούνται οι ίνες, και ως ανθεκτικό που μπορεί να περιλαμβάνει χάλυβα, Kevlar ή εποξικές γυάλινες ράβδους. Μία άλλη λειτουργία του εποξικού γυάλινου κεντρικού ανθεκτικού είναι ότι ενεργεί ως αντισκεβρωτικό, αντιδρώντας στη συστολή των συστατικών του περιβλήματος σε χαμηλές θερμοκρασίες, αποφεύγοντας τις μικροκάμψεις των ινών. Ένα κεντρικό ανθεκτικό σώμα από εποξικό γυαλί θα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντοτε σε καλώδια που μπορεί να εκτεθούν σε θερμοκρασίες μικρότερες των 0°C.

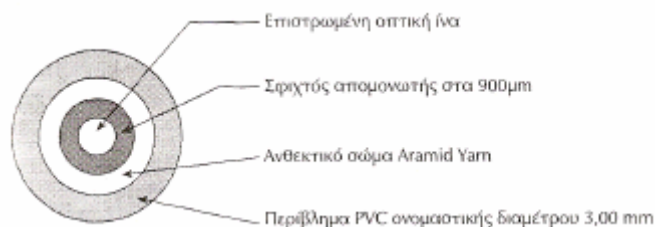
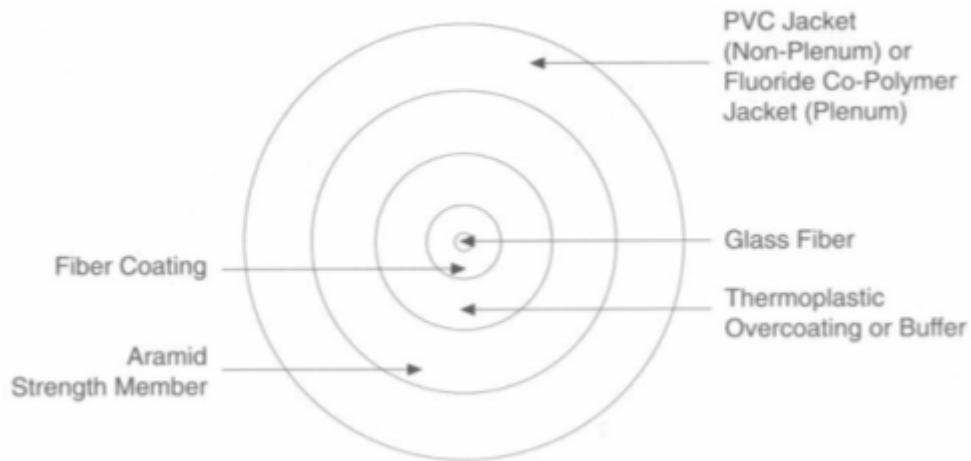
3.4 Βιομηχανικά πρότυπα

Η φυσική κατασκευή των καλωδίων οπτικών ινών δεν ακολουθεί κάποια συγκεκριμένα πρότυπα. Γενικά, εξαρτάται από το σχεδιαστή του συστήματος, να εξασφαλίσει την ικανοποίηση των απαιτήσεων της κάθε εφαρμογής. Ωστόσο, υπάρχουν πέντε βασικοί τύποι καλωδίων, που συναντώνται στις διάφορες εφαρμογές ως de facto κατά κάποιο τρόπο πρότυπα.

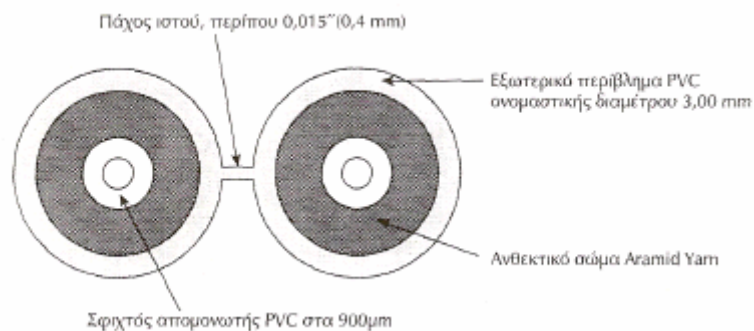
1. Καλώδια απλό και κορδόνι: Αποτελούνται από ένα ή δύο ίνες με σφιχτό (κολλητό) απομονωτή, ενισχυμένα με Kevlar και περίβλημα. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως καλώδια σύνδεσης (σχήματα 3.2 , 3.3 και 3.4).



Σχήμα 3.2. (α) Απλό καλώδιο, (β) Καλώδιο κορδόνι.

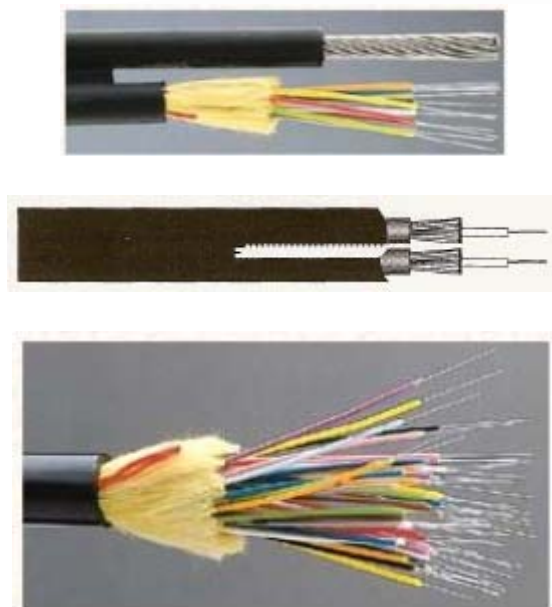


Σχήμα 3.3. Απλό καλώδιο.

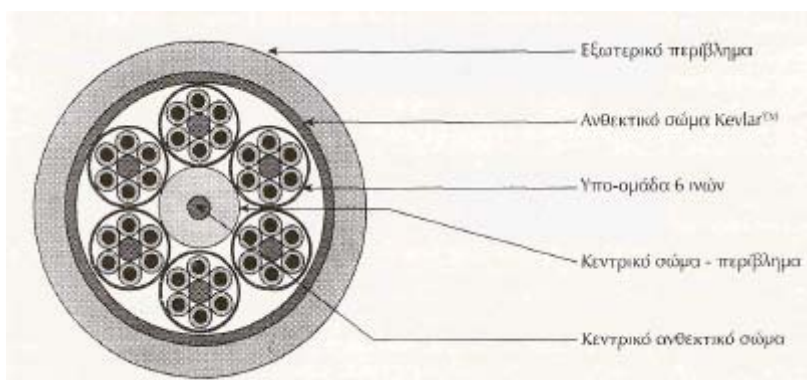


Σχήμα 3.4. Καλώδιο κορδόνι.

2. Καλώδια σφιχτού πακέτου: Αποκαλούνται και καλώδια διανομής. Περιέχουν μερικές ίνες σφιχτού (κολλητού) απομονωτή μέσα στο ίδιο περιβλήμα και με ενίσχυση Kevlar. Χρησιμοποιούνται σε μικρές διαδρομές και κάτω από ξηρές συνθήκες. Είναι καλώδια μικρά σε μέγεθος, αλλά, επειδή οι ίνες τους δεν έχουν ατομική ενίσχυση η κάθε μία χωριστά, απαιτείται να τερματίζονται μέσα σε ειδικά κουτιά διασύνδεσης, και όχι απευθείας στις συσκευές (σχήμα 3.5).[25]



Σχήμα 3.5. Καλώδιο σφιχτού πακέτου.



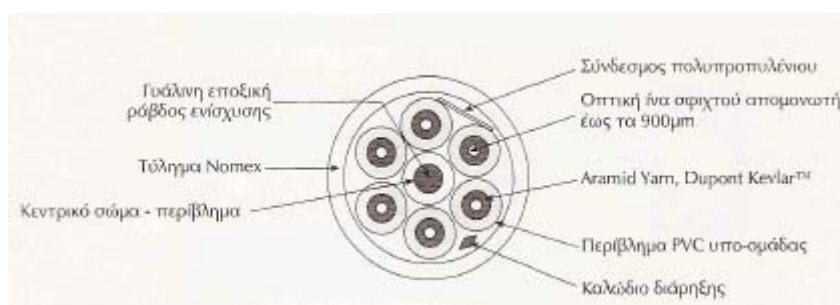
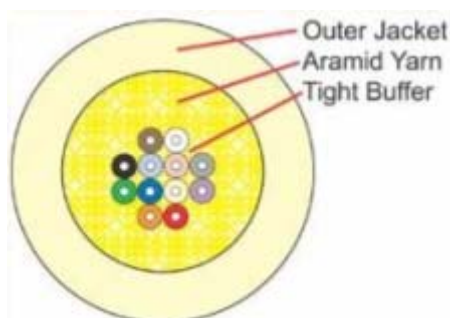
Σχήμα 3.5. Καλώδιο σφιχτού πακέτου.

3. Διαρρηγνύομενα καλώδια: Αποτελούνται από πολλά απλά καλώδια μαζί. Είναι γεροδεμένες κατασκευές, μεγαλύτερες και υψηλότερου κόστους από τα καλώδια σφιχτού πακέτου. Επειδή οι ίνες διαθέτουν η κάθε μία χωριστά τη δική

της ενίσχυση, μπορούν να τερματίζονται με βύσματα απευθείας στις συσκευές, π.χ. σε υπολογιστές, χωρίς την ενδιάμεση χρήση κουτιών διασύνδεσης. (σχήμα 3.6).



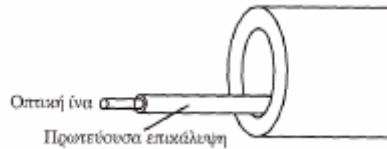
Σχήμα 3.6. Διαρρηγνόμενο καλώδιο.



Σχήμα 3.6. Διαρρηγνόμενο καλώδιο.

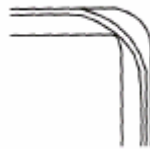
4. Καλώδια χαλαρού σωλήνα: Αποτελούνται από αρκετές ίνες μαζί, και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές εξωτερικού χώρου. Ανάλογα με τη συγκεκριμένη κατασκευή, τα καλώδια αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται μέσα σε σωληνώσεις, να κρέμονται στον αέρα ή να θάβονται στο έδαφος (σχήμα 3.7).

Ένας κενός πολυμερής σωλήνας περιβάλλει την οπτική ίνα όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.8. η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα αυτού είναι πολύ μεγαλύτερη από τη διάμετρο των οπτικών ινών που απλά βρίσκονται μέσα του. Υπάρχει χώρος για περισσότερες από μία ίνα, και μέχρι δώδεκα οπτικές ίνες μπορούν να χωρέσουν στον ίδιο σωλήνα. Σημείωση: στους καταλόγους αυτή η πιθανότητα ονομάζεται μονή *ίνα* και *πολλαπλή ίνα*. (Singlefiber and multifiber)



Σχήμα 3.8 Κατασκευή χαλαρού σωλήνα

Το κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι η οπτική ίνα είναι ελεύθερη να κινείται με οποιονδήποτε τρόπο. Το πλεονέκτημα είναι πως η φυσική ελαστικότητα επιτρέπει στην ίνα να ακολουθήσει τη διαδρομή με την μικρότερη πίεση. Το σχήμα 3.9 δείχνει πώς η ίνα μπορεί να ακολουθεί τη διαδρομή με την μεγαλύτερη ακτίνα καμπύλης για να προστατευθεί από απώλειες λόγω κάμψης.



Σχήμα 3.9 Πλεονεκτήματα της κατασκευής χαλαρού σωλήνα

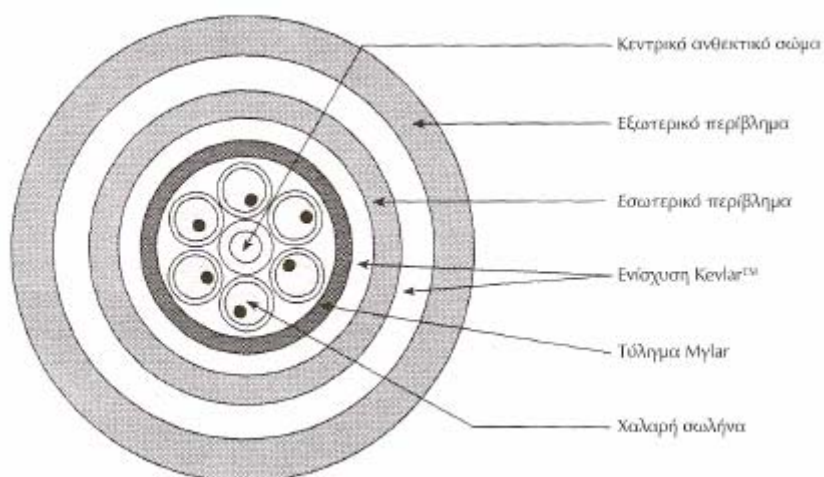
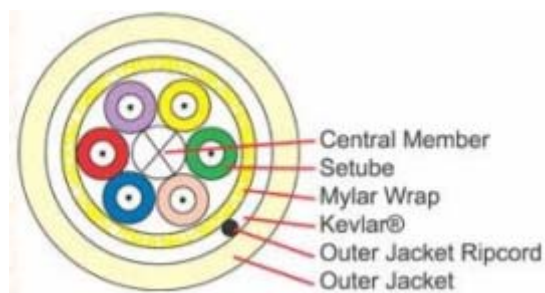
Κάτω από κανονικές, χωρίς πίεση, συνθήκες, οι οπτικές ίνες έχουν την τάση να παραμείνουν χαλαρές μέσα στον σωλήνα του απομονωτή, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η οπτική ίνα να είναι λίγο (περίπου 1%) μεγαλύτερη από τον σωλήνα του απομονωτή. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι το καλώδιο μπορεί να τεντωθεί περίπου 1% κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, χωρίς να τεντώνεται η οπτική ίνα (σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.10 Η οπτική ίνα είναι μέχρι 1 % μεγαλύτερη από τον σωλήνα



Σχήμα 3.7 Θωρακισμένο καλώδιο χαλαρού σωλήνα.



Σχήμα 3.7. Καλώδιο χαλαρού σωλήνα.

5. Υβριδικά ή σύνθετα καλώδια: Υπάρχει μεγάλη σύγχυση γύρω από αυτούς τους όρους, ιδιαίτερα από το 1993 όταν η NEC άλλαξε την ορολογία της από "υβριδικά" σε "σύνθετα". Κάτω από τη νέα ορολογία, ένα σύνθετο καλώδιο περιέχει αριθμό χάλκινων αγωγών με κατάλληλα περιβλήματα ανάλογα με την εφαρμογή, μέσα στην ίδια κατασκευή με τις οπτικές ίνες. Εκδόσεις τέτοιων καλωδίων πριν από το 1993 ήταν γνωστές ως υβριδικές.



Η κατάσταση περιπλέκεται περισσότερο, επειδή υπάρχει ακόμη ένας τύπος καλωδίου που λέγεται υβριδικός. Ο τύπος αυτός περιέχει μόνο οπτικές ίνες, δύο όμως διαφορετικών τύπων: τις πολύτροπες και τις μονότροπες.

Υπογραμμίζεται ότι υπάρχει μεγάλη σύγχυση γύρω από αυτούς τους όρους, με πολλούς ανθρώπους να χρησιμοποιούν και τους δύο ανάμικτα.[26]

3.5 Επιλογή καλωδίων

Για την επιλογή καλωδίων, εξετάζονται οι ακόλουθοι παράγοντες:

1. Τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις εύρους μπάντας συχνοτήτων.
2. Αποδεκτός ρυθμός απωλειών.
3. Μήκος καλωδίου
4. Οικονομικό κόστος εγκατάστασης.
5. Μηχανικές απαιτήσεις (μηχανική αντοχή, ευκαμψία, βραδύτητα καύσης, χαμηλή παραγωγή καπνού, αντίσταση σε ραγίσματα).
6. Απαιτήσεις προδιαγραφών U17NEC.
7. Πηγή σήματος (απόδοση σύζευξης, ισχύς εξόδου, ευαισθησία λήψης).
8. Βύσματα σύνδεσης και τερματισμού.
9. Απαιτήσεις διαστάσεων καλωδίου.
10. Φυσικό περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία, τοποθεσία).
11. Συμβατότητα με τυχόν υπάρχοντα συστήματα.

[28]

3.6 Εγκατάσταση οπτικών ινών σε καλώδια - σωληνώσεις

3.6.1 Σύνθετα καλώδια

Εάν η σχεδίαση ενός συστήματος απαιτεί ταυτόχρονα τη χρήση χάλκινων αγωγών και οπτικών ινών μέσα στις ίδιες γραμμές, τότε μπορούμε

να επιλέξουμε σύνθετα καλώδια. Τα καλώδια αυτά περιλαμβάνουν χάλκινους αγωγούς με ειδικά προστατευτικά περιβλήματα, ενσωματωμένα μέσα στην ίδια κατασκευή καλωδίου με τις οπτικές ίνες.

3.6.1.1 Εγκατάσταση

Αν και οι μέθοδοι εγκατάστασης των χάλκινων αγωγών και των καλωδίων οπτικών ινών είναι παρεμφερείς, υπάρχουν όμως δύο επί πλέον παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται πάντοτε υπόψη, όταν πρόκειται για εγκατάσταση ινών:

1. Ποτέ να μην τραβάμε μία ίνα μόνη της.
2. Ποτέ να μην κάμπουμε υπερβολικά την ίνα ή να σχηματίζουμε με αυτήν πολύ κλειστούς βρόχους.

Για να μην παραβούμε ποτέ τους κανόνες αυτούς, θα πρέπει πρώτα να αναγνωρίζουμε ποιο είναι το ανθεκτικό σώμα του καλωδίου και ποιες είναι οι οπτικές ίνες, οπότε στη συνέχεια εφαρμόζουμε τεχνικές, οι οποίες βασίζονται στην έλξη μόνο του ανθεκτικού. Λαμβάνοντας υπόψη τα όρια μηχανικής αντοχής, την ελάχιστη οριακή ακτίνα κάμψης και προσέχοντας για γρατζουνιές, αποφεύγονται όλες οι πιθανές φθορές στις οπτικές ίνες.

Ως γενικός κανόνας είναι ότι η μηχανική δύναμη έλξης για καλώδια εσωτερικού χώρου δε θα πρέπει ποτέ να υπερβαίνει τα 136 kg. Επίσης, η μικρότερη ακτίνα κάμψης μίας οπτικής ίνας δε θα πρέπει να είναι μικρότερη του δεκαπλασίου της διαμέτρου όταν βρίσκεται υπό μηχανική τάση, και μικρότερη του εικοσαπλασίου της διαμέτρου όταν βρίσκεται υπό μηχανική ελκτική τάση (δηλαδή όταν τραβιέται κατά την εγκατάσταση της). [9]

3.6.2 Καλώδια σε οδηγούς

Τα καλώδια οπτικών ινών σε αγωγούς θα πρέπει να τοποθετούνται προσεκτικά, ώστε να μη συνθλιβονται. Για εγκαταστάσεις εσωτερικού χώρου, συνιστάται η χρήση βραδύκαυστων καλωδίων.

3.6.3 Κατακόρυφες εγκαταστάσεις

Οι οπτικές ίνες σε οποιοδήποτε τύπο κατακόρυφου οδηγού θα πρέπει να στερεώνονται σε συχνά διαστήματα, έτσι ώστε να μην κρέμεται ολόκληρο το μήκος του καλωδίου από το πάνω μέρος. Το βάρος του καλωδίου θα πρέπει να στηρίζεται ομοιόμορφα σε ολόκληρο το μήκος του. Τα διαστήματα μεταξύ των σημείων στήριξης θα πρέπει να κυμαίνονται από ένα μέτρο για εξωτερικές εγκαταστάσεις με προβλήματα αντοχής στο δυνατό άνεμο, μέχρι 15 μέτρα για εσωτερικές εγκαταστάσεις.[26]

Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι ίνες έχουν μία τάση να κινούνται προς τα κάτω, ιδιαίτερα σε ψυχρά περιβάλλοντα, πράγμα το οποίο προκαλεί απώλειες σήματος. Αυτό αποφεύγεται τοποθετώντας ορισμένους βρόχους διαμέτρου 30 cm περίπου στην κορυφή και στο τέλος της διαδρομής, και τουλάχιστον ένα βρόχο ανά κάθε 150 μέτρα ενδιάμεσα.

3.6.4 Καλώδια σε σωληνωτούς αγωγούς

Για όλες τις περιπτώσεις, εκτός από αυτές που απαιτούν μικρά τραβήγματα, προτιμώνται τα καλώδια χαλαρού απομονωτή, επειδή αυτά δημιουργούν λιγότερες τριβές συγκριτικά με τα αντίστοιχα καλώδια σφιχτού απομονωτή. Τα τραβήγματα μεγάλων διαδρομών εφαρμόζονται από ειδικούς μηχανικούς ελκυστήρες, οι οποίοι ταυτόχρονα παρακολουθούν προσεκτικά την ασκούμενη μηχανική τάση (σχήμα 3.8).[31]

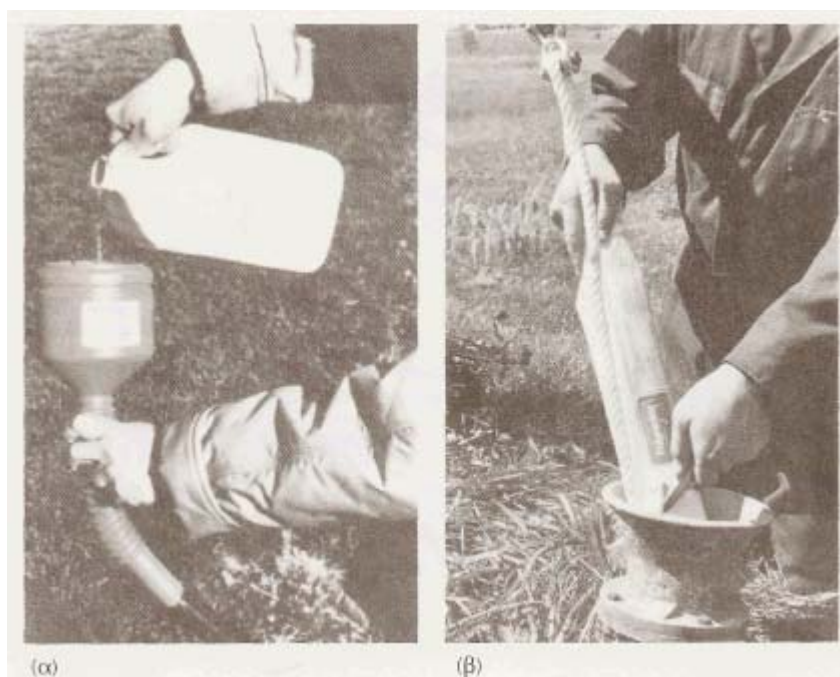


Σχήμα 3.8. Για τραβήγματα μεγάλων αποστάσεων, ο μηχανικός ελκυστήρας εφαρμόζει ομαλή τάση, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθείται τυχόν καταπόνηση των οπτικών ινών.

Το λιπαντικό καλωδίων, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να ταιριάζει με το υλικό του περιβλήματος του καλωδίου. Τα περισσότερα λιπαντικά του εμπορίου είναι συμβατά με τους δημοφιλέστερους τύπους περιβλημάτων, με εξαίρεση όμως μερικούς. Η λίπανση είναι πολύ περισσότερο σημαντική στα καλώδια οπτικών ινών, συγκριτικά με τα καλώδια χάλκινων αγωγών, επειδή οι ίνες μπορούν να καταστραφούν σχετικά εύκολα.

3.6.4.1 Εγκατάσταση

Σε δύσκολες εγκαταστάσεις, η δύναμη έλξης θα πρέπει να παρακολουθείται από κάποιο ειδικό όργανο μέτρησης της ασκούμενης τάσης. Στις περιπτώσεις αυτές, οι σωληνωτοί αγωγοί αλλά και τα καλώδια θα πρέπει προηγουμένως να έχουν λιπανθεί κατάλληλα. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται ειδικά λιπαντικά και συστήματα λίπανσης (σχήμα 3.9).[31]



Σχήμα 3.9. (α) Πριν από το τράβηγμα, μπορεί να απαιτηθεί η τοποθέτηση λιπαντικού καλωδίων απευθείας μέσα στη σωλήνωση, (β) Για μεγαλύτερες σωληνώσεις, το λιπαντικό απλώνεται στο εσωτερικό τους αδειάζοντας το από σάκους (προσφορά American Polywater Corporation)

Εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα μέτρησης της ασκούμενης τάσης, η μηχανική έλξη θα πρέπει να εκτελείται χειροκίνητα, σε όσο περισσότερα συνεχόμενα τραβήγματα είναι δυνατόν. Συνήθως, το τράβηγμα εκτελείται από κάποιο κεντρικό φρεάτιο ή κουτί. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, θα πρέπει να αποφεύγονται οι μεγάλες

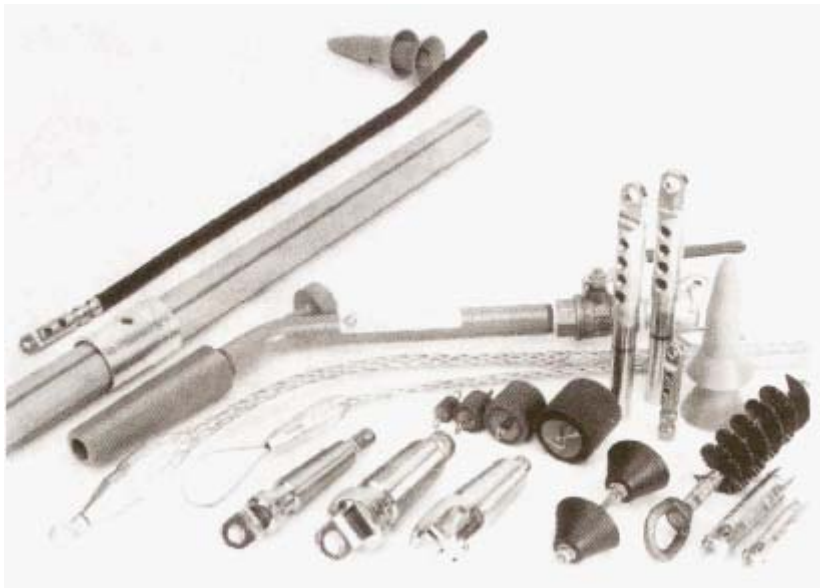
μηχανικές κάμψεις ή συστροφές του καλωδίου. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, τότε το κατεστραμμένο καλώδιο θα πρέπει να αντικατασταθεί με καινούργιο.

Για το μηχανικό τράβηγμα των καλωδίων χρησιμοποιούνται διάφορα εξαρτήματα / εργαλεία. Ένα από αυτά επιτρέπει την περιστροφή του καλωδίου ανεξάρτητα από τη γραμμή / καλώδιο έλξης, καθώς αυτό τραβιέται μέσα από τους σωληνωτούς αγωγούς. Ένα άλλο εργαλείο διαθέτει την ίδια φιλοσοφία σχεδίασης, αλλά, όταν η τάση έλξης ξεπεράσει κάποιο όριο ασφαλείας, τότε αυτό απελευθερώνεται, αφήνοντας το καλώδιο μέσα στη σωλήνωση. Σε μία τέτοια περίπτωση, το καλώδιο θα πρέπει να τραβηχτεί πάλι πίσω και να χρησιμοποιηθεί περισσότερο λιπαντικό πριν από τη νέα προσπάθεια εγκατάστασης.

3.6.4.2 Προσαρμογή

Η πιο σωστή μέθοδος έλξης ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι η προσαρμογή του ειδικού εργαλείου τραβήγματος πάνω στο ανθεκτικό σώμα του καλωδίου, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο εξάρτημα (σχήμα 3.10). Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγεται η άσκηση μηχανικής τάσης πάνω στις ίδιες τις ίνες. Δυστυχώς όμως, η εργασία αυτή δεν είναι πάντοτε εύκολη στην πράξη.

Κατά την προσαρμογή πάνω στα ανθεκτικά σώματα, το εξωτερικό περίβλημα απογυμνώνεται. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται προσοχή για την αποφυγή της καταστροφής των ανθεκτικών σωμάτων, αν και η απογύμνωση μπορεί να εκτελεστεί και με κοινά εργαλεία. Τα ανθεκτικά σώματα από Kevlar ή από χάλυβα μπορούν να συνδεθούν απευθείας πάνω στα εργαλεία έλξης. Άλλοι τύποι ανθεκτικών σωμάτων, π.χ. από εποξικό-fiberglass, απαιτείται πρώτα να προσαρμοστούν πάνω σε ειδικά εργαλεία.[33]



Σχήμα 3.10. Διάφορα ειδικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για το τράβηγμα καλωδίων οπτικών ινών.

Ικανοποιητική έμμεση προσαρμογή συνήθως επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας πιάστρες Kellems πάνω στο περίβλημα του καλωδίου. Η τεχνική αυτή προτιμάται σε ορισμένα μεγάλα καλώδια. Εάν προ-τεντώσουμε την πιάστρα Kellems και την προσαρμόσουμε σφιχτά πάνω στο καλώδιο, τότε αποφεύγεται αρκετή από την παραμόρφωση του καλωδίου.

Η έμμεση προσαρμογή δεν είναι επιθυμητή σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες οι ίνες βρίσκονται πάνω στη διαδρομή των δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ του εργαλείου έλξης και του ανθεκτικού σώματος. Αυτό συμβαίνει, όταν το ανθεκτικό σώμα βρίσκεται στο κέντρο του καλωδίου, περιβαλλόμενο από ίνες. Στις περιπτώσεις αυτές, θα πρέπει να εφαρμόζεται μόνο μία ελαφρά δύναμη έλξης.[35]

3.6.5 Απευθείας ταφή

Γενικά, θάβονται μόνο τα μεγάλα καλώδια. Υπάρχουν πολλοί κίνδυνοι για τα θαμμένα καλώδια, όπως είναι το παγωμένο νερό, τα βραχώδη εδάφη, οι κατασκευαστικές δραστηριότητες και τα τρωκτικά. Θάβοντας τα καλώδια σε βάθη τουλάχιστον ενός μέτρου ή περισσότερο, αποφεύγονται οι περισσότεροι κίνδυνοι, αλλά μόνο ισχυρές μεταλλικές θωρακίσεις ή πολύ μεγάλα για δάγκωμα καλώδια αποφεύγουν τον κίνδυνο των τρωκτικών.

Όταν ως τεχνική εγκατάστασης εφαρμόζεται το όργωμα του εδάφους, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται καλώδια χαλαρού απομονωτή, επειδή αυτά μπορούν να αντέξουν καλύτερα τις ανομοιόμορφα ασκούμενες ελκτικές τάσεις. Όταν το παγωμένο νερό δημιουργεί προβλήματα, τότε χρησιμοποιούνται στεγανοποιητικές θωρακίσεις, διπλά περιβλήματα και γεμίσεις ζελέ.[35]

3.6.5.1. Εγκατάσταση

Αντί για τη χρήση μεγάλων και υψηλού κόστους καλωδίων, πολλές φορές προτιμάται η χρήση ενός απλού σωλήνα αερίου από πολυαιθυλένιο, ως οδηγού. Οι σωλήνες αυτές 25,4 mm (μίας ίντσας), μπορεί να χρησιμοποιούνται ως εσωτερικοί οδηγοί μέσα σε μεγαλύτερες σωλήνες, συνήθως 102 mm (τεσσάρων ιντσών). Οι πλαστικές αυτές σωληνώσεις παρέχουν μία ομαλή οδήγηση των καλωδίων. Χρησιμοποιώντας πολλές μικρότερες σωληνώσεις μέσα σε μία μεγαλύτερη, τα καλώδια διατηρούνται με τον τρόπο αυτό σε μία καλή οργάνωση. Επίσης, οι πλαστικές σωληνώσεις μπορούν να λυγίζουν ομαλά, διευκολύνοντας πάρα πολύ την εγκατάσταση.[35]

3.6.6 Εναέριες εγκαταστάσεις

Κατά την εναέρια εγκατάσταση οπτικών ινών, απαιτείται η χρήση τηλεγραφικού σύρματος (άρθρο 321 των προδιαγραφών NEC). Συνήθως, προτιμώνται τα κυκλικά καλώδια χαλαρού απομονωτή, τα οποία θα πρέπει να συγκρατώνται σφιχτά και σε συχνά διαστήματα πάνω στο τηλεγραφικό σύρμα.

Για μεγάλες εξωτερικές διαδρομές, τα καλώδια θα πρέπει να είναι θερμοκρασιακά ισορροπημένα. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται χάλυβας, εφόσον δεν υπάρχουν κίνδυνοι κεραυνών ή ηλεκτρικών βραχυκυκλωμάτων. Σε αντίθετη περίπτωση χρησιμοποιείται εποξικό-fiberglass. Αυτός ο τύπος διηλεκτρικού καλωδίου προτιμάται σε ψηλές κατακόρυφες εγκαταστάσεις, όπως είναι οι πύργου τηλεόρασης ή ραδιοφώνου.

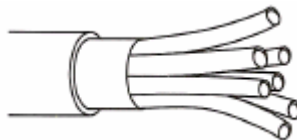
Οι ηλεκτρικές εταιρείες χρησιμοποιούν ένα ειδικό εναέριο καλώδιο, γνωστό ως OGW (Optical Ground Wire), το οποίο είναι καλώδιο ηλεκτρικής ισχύος ικανό να μεταφέρει υψηλές τάσεις με αρκετές οπτικές ίνες στο κέντρο του. Ο τύπος αυτός καλωδίου έχει κερδίσει αποδοχή από πολλές ηλεκτρικές εταιρείες στις ΗΠΑ, οι οποίες επιθυμούν ταυτόχρονα να διαθέτουν δωρεάν επικοινωνίες.[42]

3.6.7 Φυσητές ίνες-(Ίνα με ώθηση αέρα)

Υπάρχει στη διάθεση μας μια εναλλακτική τεχνική για αποστάσεις μέχρι 2 km. Είναι μοναδική γιατί εγκαθιστούμε το καλώδιο άδειο, χωρίς οπτικές ίνες στο εσωτερικό του, τις οποίες προσθέτουμε αργότερα. Αυτό έχει τρία πραγματικά πλεονεκτήματα.

Διαφέρει πολύ σε κόστος, αφού μόνο οι οπτικές ίνες χρειάζονται τη στιγμή της εγκατάστασης. Επιτρέπει στο σύστημα να αναβαθμιστεί αντικαθιστώντας τις επιμέρους οπτικές ίνες.

Το πρώτο στάδιο είναι να εγκαταστήσουμε το άδειο καλώδιο χαλαρού σωλήνα. Το καλώδιο που φαίνεται στο σχήμα 5.12 περιέχει επτά καλώδια το καθένα με εσωτερική διάμετρο 6 mm μέσα σε ένα εξωτερικό κάλυμμα με διάμετρο 28 mm. Δεν είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιήσουμε έναν ειδικό αριθμό ή είδος ινών στο στάδιο αυτό.[9]



Σχήμα 3.11 Σωλήνας ινών με ώθηση αέρα (δεν έχει εγκατασταθεί η ίνα)

Το επόμενο στάδιο είναι να πάρουμε μια έτοιμη δεσμίδα ινών, συνήθως τέσσερις, που περιέχονται σε ένα εφαρμοστό κάλυμμα από αφρώδες πολυαιθυλένιο. Αυτό το κάλυμμα από αφρώδες πολυαιθυλένιο δημιουργεί ένα άσπρο κάλυμμα που είναι πολύ ελαφρύ και γλιστερό. Η διάμετρος του, περίπου 3 mm, απλώνεται χαλαρά στο εσωτερικό των σωλήνων που έχουμε εγκαταστήσει μέσα στον αγωγό.

Ένας μικρός συμπιεστής, που ονομάζεται κεφαλή ώθησης αέρα, προσαρμόζεται στον χαλαρό σωλήνα και φυσά μέσα του αέρα. Τότε, βάζουμε την ίνα μέσα στο σωλήνα χρησιμοποιώντας τον ίδιο ακροφύσιο όπως ο αέρας, και υποστηρίζεται από το σύστημα προώθησης αέρα. Ωθούμε την ίνα με αέρα μέσα στον σωλήνα και κινείται ελεύθερα μέσα στον αγωγό, σαν φτερό στον άνεμο, με ρυθμό περίπου δύο μέτρα το δευτερόλεπτο, που είναι πολύ καλός. Η ίνα δεν υφίσταται καμία πίεση αφού υποστηρίζεται συνεχώς από την κίνηση του αέρα.

Μπορούμε να βάλουμε και άλλες ίνες μέσα στο σωλήνα ανά πάσα στιγμή, ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη. Οι ίνες απομακρύνονται το ίδιο εύκολα αν χρειάζονται αναβάθμιση.

Μόνο μια δεσμίδα ίνες μπορεί να εγκατασταθεί σε έναν σωλήνα, έτσι, το σύστημα μπορεί να αποτελείται από επτά σωλήνες ο καθένας από τους οποίους περιέχει μία μόνο δεσμίδα τεσσάρων ινών, εικοσιοκτώ ίνες συνολικά.

3.7 Ο Εθνικός Ηλεκτρικός Κώδικας (NEC)

Οι απαιτήσεις μίας εγκατάστασης καλωδίων οπτικών ινών περιγράφονται λεπτομερώς στο άρθρο 770 του κώδικα NEC (National Electric Code). Επίσης, υπάρχουν εναλλακτικές ή και συμπληρωματικές απαιτήσεις στον κώδικα LSC (Life Safety Code).[34]

3.7.1 Χαρακτηριστικοί τύποι καλωδίων

Υπενθυμίζεται, ότι ο κώδικας NEC χαρακτηρίζει τους τύπους των καλωδίων διαφορετικά από το εμπόριο. Ο κώδικας NEC καθορίζει οριζόντια, ανυψούμενα και γεμιστά καλώδια. Επίσης, διακρίνει τα καλώδια ως αγωγίμα και μη-αγωγίμα. Σημειώστε, ότι αγωγίμα θεωρείται καλώδια τα οποία έχουν οπουδήποτε κάποιο μέταλλο, ακόμη και όταν αυτό δε χρησιμοποιείται απαραίτητα για τη μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος. Μπορεί απλά να διαθέτει μεταλλικό ανθεκτικό σώμα.

Αποτελεί βásiμη ερώτηση, εάν κάποιος ηλεκτροτεχνίτης επιθεωρητής έχει το δικαίωμα ελέγχου εγκαταστάσεων καλωδίων που δε χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς αγωγούς. Βέβαια, όλα τα καλώδια εξαρτώνται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα αποστολής και λήψης των σημάτων. Επιπρόσθετα, ο κώδικας NEC δεν απευθύνεται σε όλα τα καλώδια οπτικών ινών.

3.7.2 Απαιτήσεις προδιαγραφών

Οι κύριες απαιτήσεις του άρθρου 770, είναι οι ακόλουθες:

- Όταν οπτικά καλώδια, που διαθέτουν αγώγιμα σώματα όχι για τη μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος, εφάπτονται με ηλεκτρικά καλώδια ισχύος, τότε το αγώγιμο σώμα θα πρέπει να γειώνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο εισόδου του καλωδίου στο κτίριο. Εάν επιθυμούμε, μπορούμε αντί αυτού να σπάσουμε το αγώγιμο σώμα (με κάποιο μονωτικό σύνδεσμο), κοντά στην είσοδο του κτιρίου.
- Μη-αγώγιμα οπτικά καλώδια μπορούν να έχουν κοινούς οδηγούς με ηλεκτρικούς αγωγούς που λειτουργούν σε τάσεις έως και 600 volts.
- Σύνθετα οπτικά καλώδια μπορούν να έχουν κοινούς οδηγούς με ηλεκτρικούς αγωγούς που λειτουργούν σε τάσεις έως και 600 volts.
- Μη-αγώγιμα οπτικά καλώδια δεν μπορούν να βρίσκονται μέσα στο ίδιο περίβλημα με αγωγούς ηλεκτρικής ισχύος, εκτός από τις ακόλουθες περιπτώσεις:
 1. Όταν οι ίνες σχετίζονται με άλλους αγωγούς.
 2. Όταν οι ίνες εγκαθίστανται σε ένα κέντρο ελέγχου εργοστασίου ή πεδίου εφαρμογών.
 3. Μη-αγώγιμα οπτικά καλώδια ή υβριδικά καλώδια μπορούν να εγκατασταθούν με κυκλώματα που υπερβαίνουν τα 600 volts σε βιομηχανικά συγκροτήματα, όπου όμως θα επιτηρούνται μόνο από εξουσιοδοτημένο προσωπικό.
- Αγώγιμα και μη-αγώγιμα οπτικά καλώδια μπορούν να εγκατασταθούν στους ίδιους οδηγούς ή περιβλήματα, με:
 - 1.Κυκλώματα κλάσης 1 ή 2.
 - 2.Κυκλώματα διακοπής τροφοδοσίας σε περίπτωση πυρκαγιάς.
 - 3.Κυκλώματα επικοινωνιών.
 - 4.Κυκλώματα τηλεόρασης.
- Σύνθετα καλώδια, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ακριβώς όπως αναγράφεται στα περιβλήματα τους.
- Όλα τα οπτικά καλώδια θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τα αναγραφόμενα σε αυτά. Αναφερθείτε στο τμήμα 770-53 για την ιεραρχία υποκατάστασης καλωδίων.

[34]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Χαρακτηριστικά Οπτινών Ινών

4.1 Παράμετροι καλωδίων και τυπικές τιμές

Για τον πλήρη προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ενός καλωδίου οπτικών ινών, απαιτούνται τουλάχιστον 38 παράμετροι. Οι παράμετροι αυτές υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες, αυτές των εγκαταστάσεων και αυτές που αφορούν το περιβάλλον λειτουργίας. Τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά αυτά ελέγχονται με τυποποιημένες μεθόδους.

Σημειώστε, ότι δεν εφαρμόζονται όλες οι χαρακτηριστικές παράμετροι σε όλες τις περιπτώσεις. Ο προσδιορισμός των απαιτούμενων χαρακτηριστικών εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής. Για παράδειγμα, καλώδια μέσα σε σωληνώσεις ή προστατευμένες τοποθεσίες δεν απαιτείται να εκπληρώνουν προδιαγραφές φορτίου σύνθλιψης.

4.1.1 Χαρακτηριστικές παράμετροι εγκαταστάσεων

Τα χαρακτηριστικά αυτά εξασφαλίζουν την επιτυχή εγκατάσταση των καλωδίων. Υπάρχουν έξι τέτοια χαρακτηριστικά:

1. Το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο και το φορτίο κατά την εγκατάσταση (σε χιλιόγραμμα δύναμης ή N)
2. Η ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης, η ακτίνα κάμψης κατά την εγκατάσταση και η ακτίνα στιγμιαίας κάμψης (σε ίντσες ή mm)
3. Η διάμετρος του καλωδίου
4. Η διάμετρος των εμπεριεχομένων καλωδίων και σωλήνων απομόνωσης
5. Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασιών εγκατάστασης (°C)
6. Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασιών σε αποθήκευση (°C)

4.1.1.1 Μέγιστο συνιστώμενο φορτίο κατά την εγκατάσταση

Το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο κατά την εγκατάσταση αποτελεί το μέγιστο φορτίο εφελκυσμού που μπορεί να εφαρμοστεί στο καλώδιο χωρίς να προκαλέσει μόνιμη αλλαγή των απωλειών σήματος ή θραύση των ινών. Το χαρακτηριστικό αυτό θα πρέπει να καθορίζεται πάντοτε. Είναι ιδιαίτερα

σημαντικό σε εγκαταστάσεις εξωτερικών χώρων, μεγάλου μήκους ή μέσα σε σωληνώσεις. Είναι μικρότερης σημασίας, όταν τα καλώδια τοποθετούνται πάνω σε οδηγούς ή ανακρέμονται από οροφές. Στον πίνακα 5-1, αναγράφονται ορισμένες γενικά αποδεκτές τιμές φορτίων κατά την εγκατάσταση.

Εάν πιστεύετε ότι η εφαρμογή σας θα απαιτήσει ακόμη μεγαλύτερη μηχανική αντοχή, τότε επιλέξτε μία κλίμακα υψηλότερη από του πίνακα 4.1. Το κόστος αύξησης κατά μία κλίμακα τυπικά αντιστοιχεί στο 5 -10% του κόστους του καλωδίου.

4.1.1.2 Ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης κατά την εγκατάσταση

Η ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης κατά την εγκατάσταση αποτελεί την ελάχιστη ακτίνα στην οποία επιτρέπεται το καλώδιο να καμφθεί, ενώ φορτίζεται από το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο. Η ακτίνα αυτή περιορίζεται περισσότερο από τα υλικά του καλωδίου, παρά από τις ίδιες τις ίνες. Η επιτρεπόμενη αυτή κάμψη δεν προκαλεί μόνιμη αλλαγή των απωλειών σήματος ή θραύση των ινών ή θραύση οποιουδήποτε σημείου του καλωδίου. Συνήθως, η ακτίνα αυτή καθορίζεται ως 20 φορές η διάμετρος του καλωδίου που κάμπτεται. Ο καθορισμός του χαρακτηριστικού αυτού είναι σημαντικός κατά την έλξη του καλωδίου (χειροκίνητη ή μηχανική) μέσα από σωληνώσεις ή σε μεγάλου μήκους διαδρομές.

Για τον προσδιορισμό της τιμής αυτής απαιτείται προηγουμένως η εξέταση του χώρου της εγκατάστασης του καλωδίου, για την εύρεση της ακτίνας κάμψης κατά την εγκατάσταση. Αντίστροφα, είναι δυνατό να επιλεγεί το κατάλληλο εκείνο καλώδιο ή σωλήνωση εγκατάστασης, ώστε να μην παραβιάζεται ποτέ η ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα κάμψης.

Πίνακας 4.1. Τοπικές τιμές μέγιστου συνιστώμενου φορτίου εγκατάστασης

Εφαρμογή	Λίμπρες δύναμης	Kg δύναμης
1 ίνα πάνω σε ανοιχτό οδηγό	67	30
1 ίνα μέσα σε σωλήνα	125	57
2 ίνες μέσα σε σωλήνα		
Καλώδια πολλών ινών (6-12)	250 - 500	114-228
Καλώδια απευθείας ταφής	600 - 800	272-362
Στερεωμένα εναέρια καλώδια	> 300	>136
Αυτό-υποστηριζόμενα εναέρια καλώδια	> 600	>272

4.1.1.3 Διάμετρος καλωδίου, εμπιερχόμενων καλωδίων και σωλήνων απομόνωσης

Το καλώδιο θα πρέπει να χωράει στην προβλεπόμενη για εγκατάσταση θέση. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για καλώδια που πρόκειται να τοποθετηθούν μέσα σε σωληνώσεις, ενώ δεν είναι σημαντικό για τις περιπτώσεις απευθείας ταφής, ανακρέμασης σε οροφές ή τοποθέτησης πάνω σε οδηγούς. Εάν ο διαθέσιμος χώρος αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, τότε ίσως το μέγεθος της διαμέτρου προσδιορίζει τελικά ποιον από τους πέντε τύπους καλωδίων θα επιλέξουμε. Εάν πρέπει να επιλέξουμε τη μικρότερη διάμετρο, τότε οι σχεδιάσεις MFPT είναι οι κατάλληλες (είναι οι μικρότερης διαμέτρου).

Περιοριστικούς παράγοντες μπορεί επίσης να αποτελούν η διάμετρος των εμπιερχόμενων καλωδίων και ο απομονωτής σωλήνας του καλωδίου. Στις περιπτώσεις των διαρρηγνυόμενων καλωδίων, η διάμετρος των εμπιερχόμενων καλωδίων πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέγιστη διάμετρο του βύσματος σύνδεσης. Επιπρόσθετα, η διάμετρος του κάθε στοιχείου θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέγιστη διάμετρο που δέχεται το πίσω μέρος του βύσματος.[41]

4.1.1.4 Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασιών για εγκατάσταση και αποθήκευση

Όλα τα καλώδια διαθέτουν ένα εύρος θερμοκρασιών, μέσα στο οποίο όταν εγκατασταθούν δεν καταστρέφονται ούτε οι ίνες ούτε τα υλικά του καλωδίου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι περισσότερο σημαντικό για εγκαταστάσεις εξωτερικών χώρων ή σε ακραία περιβάλλοντα (αρκτικών περιοχών ή ερήμου), και καθόλου σημαντικό για εσωτερικούς χώρους. Γενικά, είναι τα υλικά του καλωδίου που περιορίζουν το εύρος θερμοκρασιών της εγκατάστασης, παρά οι ίδιες οι ίνες. Σημειώστε, ότι ορισμένοι κατασκευαστές δεν περιλαμβάνουν στα τεχνικά χαρακτηριστικά των καλωδίων τους το συνιστώμενο εύρος θερμοκρασιών. Στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το περισσότερο συντηρητικό εύρος θερμοκρασιών.

Κάτω από αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες (αρκτικών περιοχών ή ερήμου), θα απαιτηθεί ο καθορισμός του συνιστώμενου εύρους θερμοκρασιών για αποθήκευση (σε βαθμούς Κελσίου). Αυτό το εύρος θερμοκρασιών επηρεάζει σημαντικά τα υλικά κατασκευής του καλωδίου.[42]

4.1.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι

Οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι τα χαρακτηριστικά εκείνα που απαιτούνται για την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του καλωδίου στο περιβάλλον του. Υπάρχουν είκοσι δύο (22) τέτοια χαρακτηριστικά:

1. Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας
2. Ελάχιστη μακροπρόθεσμα συνιστώμενη ακτίνα κάμψης
3. Συμμόρφωση με NEC ή άλλους τοπικούς ηλεκτρικούς κώδικες
4. Φορτίο μακροπρόθεσμης χρήσης
5. Απόσταση κατακόρυφης διαδρομής
6. Αντίσταση στην πυρκαγιά
7. Σταθερότητα ή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV)
8. Αντοχή στην καταστροφή από τρωκτικά
9. Αντοχή στην υγρασία / νερό
10. Προδιαγραφές TEMPEST
11. Φορτία σύνθλιψης
12. Αντίσταση στην αγωγιμότητα κάτω από πεδία υψηλής τάσης
13. Τοξικότητα
14. Υψηλή ευκαμψία, σε στατικές και δυναμικές εφαρμογές
15. Αντοχή στις εκδορές
16. Αντίσταση σε διαλυτικές ουσίες, πετροχημικά και άλλες χημικές ουσίες
17. Ερμητικότητα σφράγισης ινών
18. Αντίσταση στη ραδιενέργεια
19. Αντίσταση στις συγκρούσεις
20. Διαπερατότητα σε αέρια
21. Σταθερότητα των ουσιών εσωτερικής γέμισης
22. Κραδασμοί

[42]

4.1.2.1. Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας

Το εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας είναι αυτό που απαιτείται, ώστε οι απώλειες σήματος του καλωδίου να μην υπερβαίνουν ποτέ την καθορισθείσα τιμή. Στον πίνακα 4.2 αναγράφονται ορισμένες τυπικές τιμές εύρους θερμοκρασιών λειτουργίας, για διάφορες εφαρμογές. Γενικά, υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές στις οποίες οι απώλειες των οπτικών ινών υπερβαίνουν τις καθορισθείσες τιμές λόγω θερμοκρασιών λειτουργίας. Στην πραγματικότητα, ορισμένες ίνες διαθέτουν περιβλήματα τα οποία επιβιώνουν κάτω από συνθήκες συνεχούς λειτουργίας μέχρι και 400 °C. Για λειτουργία σε τέτοιες θερμοκρασίες, συνήθως οι ίνες περιβάλλονται από μεταλλικούς σωλήνες. Για λειτουργία σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, τα καλώδια κατασκευάζονται από υλικά που διατηρούν την ευκαμψία τους. Για τα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε λιγότερο αντίξοες θερμοκρασιακές συνθήκες (80 - 200°C), χρησιμοποιούνται πλαστικά φθοριούχου άνθρακα, π.χ. Teflon, Tefzel, Kynar, κ.τλ.

Υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους ενδιαφερόμαστε για τη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου. Ο ένας λόγος αφορά τη φυσική επιβίωση του καλωδίου και ο άλλος τις αυξημένες απώλειες σήματος των ινών, όταν αυτές εκτίθενται σε ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες.

Πίνακας 4.2. Τυπικές θερμοκρασίες λειτουργίας καλωδίων οπτικών ινών

Εφαρμογή	Εύρος θερμοκρασιών (°C)
Εσωτερικών χώρων	-10 έως +60, -10 έως +50
Εξωτερικών χώρων	-20 έως +60
	-40 έως +50
	-40 έως +70
Στρατιωτικές εφαρμογές	-55 έως +85
Αεροσκάφη	-62 έως +125

Όλα τα καλώδια κατασκευάζονται από πλαστικά υλικά, τα οποία διαθέτουν θερμοκρασίες πάνω και κάτω από τις οποίες παύουν να διατηρούν τις μηχανικές τους ιδιότητες. Μετά από μακρά έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, τα πλαστικά καταστρέφονται, μαλακώνουν και σε ορισμένες περιπτώσεις θρυμματίζονται. Μετά από έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, τα υλικά αυτά γίνονται εύθραυστα και καταστρέφονται όταν καμφθούν ή μετακινηθούν. Προφανώς, κάτω από τέτοιες συνθήκες τα καλώδια παύουν να παρέχουν προστασία στις οπτικές ίνες.

Ο δεύτερος λόγος, για τον οποίο είναι σημαντικό το εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας, είναι η αύξηση των απωλειών σήματος, κάτω από εξαιρετικά ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες. Οι οπτικές ίνες έχουν ευαισθησία στο χειρισμό τους, η οποία διαφαίνεται κατά τη μηχανική τους κάμψη. Η κάμψη αυτή, οδηγεί σε αύξηση των απωλειών σήματος, και είναι γνωστή ως "αύξηση απωλειών λόγω μικροκάμψης". Όταν τα καλώδια βρίσκονται σε ακραίες θερμοκρασίες λειτουργίας, τα πλαστικά υλικά

συστέλλονται και διαστέλλονται με πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς των γυάλινων ινών (περί τις 100 φορές).

Αυτές οι συστολές και διαστολές οδηγούν σε μηχανικές κάμψεις των ινών, μικροσκοπικού επιπέδου. Είτε η ίνα συμπιέζεται κατά τη συστολή του πλαστικού εξωτερικού σωλήνα, είτε τραβιέται προς τα έξω καθώς το πλαστικό διαστέλλεται. Και στις δύο περιπτώσεις, η ίνα αναγκάζεται να πάρει τη μορφή της μικροσκοπικά ανομοιομορφης επιφάνειας του πλαστικού. Οι μικροσκοπικές αυτές κάμψεις οδηγούν σε διαφυγή του φωτός από τον πυρήνα της ίνας, πράγμα το οποίο σημαίνει αύξηση των απωλειών σήματος. Αυτού του είδους η συμπεριφορά σημαίνει ότι ο χρήστης θα πρέπει να προσδιορίζει το εύρος θερμοκρασιακών μεταβολών κατά τη λειτουργία του καλωδίου, ώστε να εξασφαλίζεται αρκετή ποσότητα φωτός για την ομαλή λειτουργία του συστήματος.[44]

4.1.2.2. Ελάχιστη μακροπρόθεσμη ακτίνα κάμψης

Η ελάχιστη μακροπρόθεσμα συνιστώμενη ακτίνα κάμψης είναι η ελάχιστη επιτρεπόμενη καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του καλωδίου. Αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για καλώδια που εγκαθίστανται σε σωληνώσεις σχεδιασμένες για ηλεκτρικούς αγωγούς. Συνήθως, η τιμή της καθορίζεται ως το δεκαπλάσιο της διαμέτρου του καλωδίου.

4.1.2.3 Συμμόρφωση με ηλεκτρικούς κώδικες

Τα καλώδια οπτικών ινών, που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές εσωτερικών χώρων, θα πρέπει να υπακούουν στις απαιτήσεις του κώδικα NEC (National Electrical Code) και στους τοπικούς ηλεκτρικούς κώδικες, ορισμένοι από τους οποίους είναι αυστηρότεροι του NEC. Επίσης, θα πρέπει να συμβουλευόμαστε τις τοπικές αρχές πυρασφάλειας. Το άρθρο 770 του κώδικα NEC (1987) αφορά τα καλώδια οπτικών ινών. Το άρθρο 800 αφορά καλώδια που συνδυάζουν οπτικές ίνες με χάλκινους αγωγούς.

Ο κώδικας NEC καθορίζει τρεις κατηγορίες. Τα δύο πρώτα γράμματα του κώδικα είναι "OF". Το τρίτο γράμμα είναι "N" ή "C". Το "N" σημαίνει μη-αγώγιμη ή πλήρως διηλεκτρική σχεδίαση. Το "C" σημαίνει ότι το καλώδιο περιλαμβάνει αγώγιμα υλικά. Το τέταρτο γράμμα, εάν υπάρχει, καθορίζει την κατηγορία. Τα λιγότερο αυστηρά είναι τα καλώδια "γενικής χρήσης", τα οποία πρέπει να ικανοποιούν τους ελέγχους Underwriters Laboratories UL 1581. Τέτοια, είναι τα καλώδια "OFN" ή "OFC".

Τα καλώδια που στερεώνονται κατακόρυφα πάνω σε κολώνες οδηγούς δε θα πρέπει να υποστηρίζουν τη μετάδοση πυρκαγιάς από όροφο σε όροφο. Τέτοια καλώδια ικανοποιούν τους ελέγχους LJI 1666, οι οποίοι είναι αυστηρότεροι από τους προηγούμενους, και είναι οι τύποι "OFNR" και "OFCR".

Τα εναέρια καλώδια εκπληρώνουν τους ελέγχους UL910, οι οποίοι είναι αυστηρότεροι από όλους τους υπόλοιπους. Τέτοια είναι τα καλώδια "OFNP" και "OFCP", τα οποία και θα πρέπει να επιδεικνύουν κατάλληλη αντοχή στην πυρκαγιά και να έχουν χαρακτηριστικά παραγωγής ελάχιστου καπνού. Η χρήση αυτών των καλωδίων, μειώνει το συνολικό κόστος της εγκατάστασης, αφού εξαλείφει την ανάγκη χρησιμοποίησης μεταλλικών οδηγών σωλήνων. Τα χαρακτηριστικά που αφορούν τις απαιτήσεις των εναέριων καλωδίων (χάλκινων αγωγών και οπτικών ινών) καθορίζονται στην παράγραφο NEC 770. Κατά την επιλογή εναέριων καλωδίων, είναι προτιμότεροι οι τύποι που χρησιμοποιούν PVC, λόγω χαμηλότερου κόστους, ευκολότερης εγκατάστασης και καλύτερης εμφάνισης συγκριτικά με τα καλώδια φθοριούχου άνθρακα.[46]

4.1.2.4 Φορτίο μακροπρόθεσμης χρήσης

Τα περισσότερα καλώδια οπτικών ινών σχεδιάζονται για χρήση χωρίς σημαντικό φορτίο. Ιδιαίτερα σημαντικά φορτία εμφανίζονται σε εφαρμογές κατακόρυφων διαδρομών, σε άξονες ανελκυστήρων, σε πύργους ραδιοφώνου ή τηλεόρασης και σε εναέρια καλώδια εξωτερικού χώρου. Στις περιπτώσεις αυτές, τα καλώδια υπόκεινται σε φορτία είτε των ιδίων είτε οφειλόμενα σε εξωτερικά αίτια, όπως είναι ο άνεμος, το χιόνι και ο πάγος. Όλοι αυτοί οι παράγοντες εξαρτώνται από τις αποστάσεις μεταξύ των στύλων ανακρέμασης.

Απαιτείται μεγάλη προσοχή στον καθορισμό του φορτίου μακροπρόθεσμης χρήσης, ώστε η ασκούμενη παραμόρφωση στις οπτικές ίνες να μην υπερβαίνει κάποια κρίσιμη τιμή. Σε διαφορετική περίπτωση, οι οπτικές ίνες είναι δυνατό ξαφνικά να σπάσουν δίχως καμία φαινομενική αιτία. Η κρίσιμη αυτή τιμή εξαρτάται από τη σχεδίαση και κατασκευή του καλωδίου, και τυπικά κυμαίνεται στο 10 - 30% του μέγιστου συνιστώμενου φορτίου εγκατάστασης.[43]

Πίνακας 4.3. Τυπικές μέγιστες τιμές συνιστώμενου φορτίου μακροπρόθεσμης χρήσης

Εφαρμογή	Λίμπρες δύναμης	kg δύναμης
Μία ίνα πάνω σε ανοιχτό οδηγό	23 - 35	10 - 16
Μία ίνα μέσα σε σωληνωτό οδηγό	67 - 2	30 - 1
Καλώδια πολλών ινών (6 - 12)	33 - 330	15 - 150
Καλώδια απευθείας ταφής	132 - 180	60 - 82

Εάν το καλώδιο υπόκειται σε μεγάλο μακροπρόθεσμο φορτίο χρήσης, το χαρακτηριστικό αυτό είναι περισσότερο σημαντικό από το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο εγκατάστασης. Τέτοια καλώδια λέγονται "αυτό-υποστηριζόμενα", διατίθενται από αρκετούς κατασκευαστές και επιλέγονται

από τις ηλεκτρικές εταιρείες για εναέριες διαδρομές της τάξης του ενός χιλιομέτρου. Στις περιπτώσεις αυτές, αντί του μακροπρόθεσμου φορτίου χρήσης καθορίζεται το μέγιστο μήκος ανακρέμασης. Στον πίνακα 4.3 αναγράφονται ορισμένες τυπικές τιμές μέγιστου συνιστώμενου φορτίου μακροπρόθεσμης χρήσης.

4.1.2.5 Απόσταση κατακόρυφης διαδρομής

Η απόσταση κατακόρυφης διαδρομής σχετίζεται με το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο χρήσης. Όταν τα καλώδια στηρίζονται πάνω σε κάποιο κατακόρυφο στύλο, το ίδιο το βάρος τους επιβάλλει σε αυτά κάποιο φορτίο. Αυτό θα πρέπει να είναι μικρότερο από το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο χρήσης. Τυπικές τιμές μέγιστης απόστασης κατακόρυφης διαδρομής αναγράφονται στον πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4. Τυπικές μέγιστες τιμές συνιστώμενου φορτίου μακροπρόθεσμης χρήσης

Εφαρμογή	Feet	m
Μία ίνα πάνω σε ανοιχτό οδηγό	90	27,4
Μία ίνα μέσα σε σωληνωτό οδηγό	50 - 90	15,2 - 27,4
Καλώδια πολλών ινών (6 - 12)	50 - 375	15,2 - 114
Καλώδια βαρέων εφαρμογών	1000 - 1640	304 - 499

4.1.2.6 Αντίσταση στην πυρκαγιά

Η αντίσταση στην πυρκαγιά απαιτείται ιδιαίτερα σε εφαρμογές πλοίων και αεροσκαφών. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται η χρήση καλωδίων από υλικά ανθεκτικά στη φωτιά. Πολλά συνήθη υλικά ανθεκτικά στη φωτιά είτε είναι στη συνήθη τους μορφή είτε μπορούν να γίνουν τέτοια με τη χρήση ορισμένων προσθετικών ουσιών. Για τον καθορισμό της αντίστασης στην πυρκαγιά, θα πρέπει να αναφέρονται συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως π.χ. UL 94, καθώς και το απαιτούμενο επίπεδο αντοχής, π.χ. V-0, V-1, V-2, κτλ.

4.1.2.7 Σταθερότητα ή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV)

Εάν τα καλώδια προορίζονται για συνεχή εξωτερική χρήση, τότε απαιτείται ο καθορισμός της αντοχής ή της σταθερότητας στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Σε διαφορετική περίπτωση, η συνεχής έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί απώλεια της ευκαμψίας και θραύση του εξωτερικού περιβλήματος του καλωδίου. Τα περισσότερα καλώδια, που προορίζονται για διαρκή εξωτερική χρήση, διαθέτουν περίβλημα από μαύρο πολυαιθυλένιο,

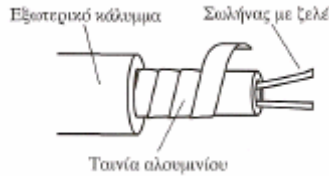
επειδή το υλικό αυτό απορροφά την ακτινοβολία UV και δε διαθέτει πλαστικοποιητές που εξατμίζονται με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, υπάρχουν πολυουρεθάνες και χλωριούχα πολυβινύλια (PVCs) ανθεκτικά στην ακτινοβολία UV. Ωστόσο, η αναμενόμενη ζωή των δύο αυτών υλικών είναι πολύ μικρότερη από τα εικοσαετίας και πλέον περιβλήματα πολυαιθυλενίου των τηλεφωνικών καλωδίων. Πριν από την επιλογή για χρήση σε εξωτερικούς χώρους κάποιου άλλου υλικού περιβλήματος εκτός από μαύρο πολυαιθυλένιο, ελέγξτε πρώτα την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του.[48]

4.1.2.8 Αντοχή στην καταστροφή από τρωκτικά

Σε περιβάλλοντα με τρωκτικά, απαιτείται η προστασία των θαμμένων καλωδίων από τη φθορά την οποία μπορεί να προξενήσουν. Τελευταία, αποφεύγεται η χρήση θωρακισμένων καλωδίων, και αντί αυτών τα θαμμένα καλώδια τοποθετούνται μέσα σε σωληνώσεις, οι οποίες παρέχουν την προστασία που παλαιότερα παρείχαν τα θωρακισμένα καλώδια.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ίσως απαιτηθεί η χρήση θωρακισμένων καλωδίων. Τα καλώδια αυτά διαθέτουν ένα επιπλέον στρώμα υλικού, το οποίο προσδίδει στο καλώδιο σημαντική αντοχή στη σύνθλιψη και στα τρωκτικά. Επιπλέον, ένα τελικό στρώμα πλαστικού περιβλήματος συνήθως επικαλύπτει το θώρακα. Τα επιπρόσθετα αυτά στρώματα δεν είναι όμως δίχως αντίτιμο. Πρώτον, τα θωρακισμένα καλώδια είναι περισσότερο ακριβά. Δεύτερον, τα καλώδια αυτά συνήθως δεν είναι και τόσο εύκαμπτα.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι θωρακισμένων καλωδίων: με χαλύβδινο γαλβανισμένο θώρακα (με ή χωρίς εξωτερική πλαστική επίστρωση), με θώρακα μορφής χάλκινης ταινίας, με μπλεντάζ (χαλύβδινο ή μπρούτζινο) και με διηλεκτρικό θώρακα. Η συνηθέστερη περίπτωση, που συναντάται σε θωρακισμένα καλώδια οπτικών ινών, είναι η πρώτη. Εφαρμόζεται σε πτυχωτή ή σε διαμήκη σφραγισμένη / συγκολλημένη μορφή. Είναι αποτελεσματική θωράκιση και διαθέτει το χαμηλότερο κόστος. Ωστόσο, είναι η σκληρότερη. Η θωράκιση μορφής χάλκινης ταινίας τυλίγεται γύρω από το καλώδιο ελικοειδώς, με κάποια κενά διαστήματα μεταξύ των διαδοχικών περιτυλίξεων. Ο τύπος αυτός θωράκισης χρησιμοποιείται σπανίως σε καλώδια οπτικών ινών. Η θωράκιση μπλεντάζ, λόγω της σχετικά ευέλικτης φύσης της, χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις στις οποίες ταυτόχρονα με την αντοχή στα τρωκτικά είναι επιθυμητή και η ευελιξία του καλωδίου. Η διηλεκτρική θωράκιση διατίθεται από μία και μοναδική πηγή στις ΗΠΑ. Αυτός ο τύπος απαιτείται και χρησιμοποιείται πολύ σπάνια. Αποτελεί το σκληρότερο και πιο ακριβό τύπο θωράκισης. Η προσθήκη διηλεκτρικής θωράκισης συνήθως διπλασιάζει το κόστος του καλωδίου.[9]



4.1.2.9 Αντοχή στην υγρασία/νερό

Εάν το υποψήφιο καλώδιο πρόκειται να λειτουργήσει μέσα σε περιβάλλον νερού, είτε μόνιμα είτε για μεγάλες χρονικές περιόδους (όπως αυτό συμβαίνει σε πολλές εφαρμογές εξωτερικού χώρου και σε όλες τις υποβρύχιες εφαρμογές), τότε απαιτείται η χρήση ενός ειδικού τύπου καλωδίου. Ένα τέτοιο καλώδιο διαθέτει ειδική γέμιση μέσα σε κάθε χαλαρή σωλήνα απομονωτή, καθώς και υλικά που μπλοκάρουν τον κενό χώρο μεταξύ των σωλήνων. Χρήση διαφορετικού τύπου καλωδίων από αυτόν οδηγεί σε αύξηση των απωλειών σήματος και τελικά σε θραύση των ινών. Επιπρόσθετα, καλώδια χωρίς γέμιση και υλικά μπλοκαρίσματος ενεργούν ως σωλήνες που διοχετεύουν νερό μέχρι τις απολήξεις στα ηλεκτρονικά τμήματα της εγκατάστασης.

Ορισμένοι κατασκευαστές διαθέτουν καλώδια μόνο με γέμιση, τα οποία όμως δεν είναι τόσο υδατοστεγή όσο τα καλώδια που διαθέτουν εκτός από γέμιση και υλικά μπλοκαρίσματος. Πριν από κάθε εγκατάσταση, θα πρέπει να ζητούνται τα στοιχεία που αποδεικνύουν την υποτιθέμενη υδατοστεγανότητα του καλωδίου.[50]

4.1.2.10 Προδιαγραφές TEMPEST

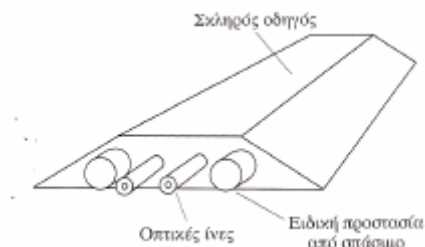
Οι προδιαγραφές TEMPEST είναι απαραίτητες για εγκαταστάσεις ασφαλείας, όπως π.χ. σε πρεσβείες, ορισμένα κυβερνητικά και στρατιωτικά κτίρια. Στις ΗΠΑ, τέτοια καλώδια συμμορφώνονται στις προδιαγραφές #6506 της NSA. Τα καλώδια αυτά είναι πλήρως διηλεκτρικά, κατασκευασμένα από υλικά τα οποία δεν επάγουν σήματα που θα μπορούσαν να υποκλαπούν. Τα καλώδια αυτά, είναι πιο ακριβά από τα συνήθη τυποποιημένα καλώδια οπτικών ινών.[56]

4.1.2.11 Φορτία σύνθλιψης

Το φορτίο σύνθλιψης είναι το μέγιστο φορτίο που μπορεί να εφαρμοστεί κάθετα στον άξονα του καλωδίου, χωρίς να προκληθεί μόνιμη αύξηση των απωλειών ή θραύση των ινών. Υπάρχουν δύο τιμές φορτίου σύνθλιψης, το βραχυπρόθεσμο και το μακροπρόθεσμο. Η βραχυπρόθεσμη

τιμή ισχύει για τη διάρκεια της εγκατάστασης. Η μακροπρόθεσμη τιμή ισχύει για ολόκληρη τη ζωή του καλωδίου.

Πριν από τον προσδιορισμό των απαιτήσεων από πλευράς φορτίων σύνθλιψης, πρέπει πρώτα να απαντηθούν δύο βασικές ερωτήσεις. Πρώτον, είναι πιθανή μία σύνθλιψη; Εάν δεν είναι πιθανή, τότε δεν απαιτείται να ασχοληθούμε με την προδιαγραφή αυτή. Τα περισσότερα από τα σημερινά καλώδια διαθέτουν ικανοποιητική τιμή φορτίου σύνθλιψης για τις συνήθεις εφαρμογές, όπου οι συνθήκες είναι ήπιες. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις τα καλώδια τοποθετούνται μέσα σε σωληνώσεις, ειδικούς φορείς ή είναι εναέρια. Παραδείγματα εγκαταστάσεων, όπου η τιμή του φορτίου σύνθλιψης είναι σημαντική, αποτελούν τα καλώδια που είναι απλωμένα πχ στο δρόμο και κινδυνεύουν να συνθλιβούν από διερχόμενα φορτηγά, καλώδια εξωτερικών τηλεοπτικών συνεργείων, σε αθλητικές εγκαταστάσεις, πλοία και καλώδια απευθείας ταφής.



Εάν αποφασίσετε ότι το φορτίο σύνθλιψης είναι σημαντικό, τότε θα πρέπει να απαντήσουμε στη δεύτερη ερώτηση: οι συνθήκες σύνθλιψης θα είναι βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες; Εάν η κατάσταση είναι βραχυπρόθεσμη, τότε θα πρέπει να μας απασχολήσουν δύο πράγματα: πρώτον, ότι οι ίνες δε θα σπάσουν και δεύτερον ότι η παραμένουσα αύξηση των απωλειών θα είναι αποδεκτή. Στον πίνακα 4.5, αναγράφεται η τυπική απόδοση καλωδίων οπτικών ινών του εμπορίου.

Πίνακας 4.5. Τυπικές τιμές φορτίου σύνθλιψης

Χαρακτηριστικό	Τύπος καλωδίου	Pounds/Inch	Kg/cm
Μακροπρόθεσμο φορτίο	> 6 ίνες/καλώδιο	57 - 400	10 - 71,3
	1 - 2 ίνες/καλώδιο	314 - 400	56 - 71,3
	Θωρακισμένα καλώδια	450	80,2
Βραχυπρόθεσμο φορτίο	> 6 ίνες/καλώδιο	343 - 900	61,2 - 160,5
	1 - 2 ίνες/καλώδιο	300 - 800	53,5 - 142,6
	Θωρακισμένα καλώδια	600	107

4.1.2.12 Αντίσταση στην αγωγιμότητα κάτω από πεδία υψηλής τάσης

Σε ορισμένες εφαρμογές κάτω από την επίδραση πεδίων υψηλής τάσης, τα καλώδια οπτικών ινών θα πρέπει να είναι μη-αγώγιμα. Ορισμένα από αυτά εκτίθενται σε τάσεις έως και 1.000.000 volts. Σε άλλες εφαρμογές, τα

καλώδια οπτικών ινών δε θα πρέπει να έλκουν τους κεραυνούς. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, απαιτούνται πλήρως διηλεκτρικές κατασκευές, οι οποίες είναι διαθέσιμες στο εμπόριο.

4.1.2.13 Τοξικότητα

Σε ορισμένες εφαρμογές, π.χ. σε πλοία, αεροσκάφη και μέσα μαζικής μεταφοράς, απαιτούνται καλώδια χωρίς αλογόνα. Η ύπαρξη αλογόνων, κατά την καύση, παράγει τοξικά αέρια που προσβάλλουν τους πνεύμονες και διαβρώνουν τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Τα καλώδια αυτά, είναι 10-15% περισσότερο ακριβά από τα καλώδια PVC.

Επιπρόσθετα, σε ορισμένες περιοχές, π.χ. στη Νέα Υόρκη, απαιτείται η καταγραφή όλων των εγκατεστημένων καλωδίων, ώστε να παρακολουθούνται τα εμπεριεχόμενα υλικά. Τα καλώδια που κατασκευάζονται για την Ευρωπαϊκή και Ιαπωνική αγορά απαιτείται να είναι επίσης ελεύθερα αλογόνων.

4.1.2.14 Υψηλή ευκαμψία, σε στατικές και δυναμικές εφαρμογές

Σε ορισμένες εφαρμογές, π.χ. στρατιωτικές, ανελκυστήρες, κ.τλ, τα καλώδια υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενη κάμψη ή λύγιση. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτούνται κάποιες προδιαγραφές ευκαμψίας. Η ανάγκη για υψηλή ευκαμψία καταλήγει σε μία από τις ακόλουθες απαιτήσεις: ευκαμψία, υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασιακή κάμψη, κόμπος και συστροφή. Οι απαιτήσεις αυτές ισχύουν και για τα υλικά του καλωδίου και για τις ίδιες τις οπτικές ίνες.

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων αυτών, συνήθως χρησιμοποιούνται περιβλήματα πολυουρεθάνης. Το υλικό αυτό αυξάνει το κόστος του καλωδίου, αλλά αυξάνει και την ευκαμψία περί τους 10.000 κύκλους, συγκριτικά με τους 1000 κύκλους που αντιστοιχούν στο χαμηλότερο κόστος PVC και πολυαιθυλένιο.

Οι οπτικές ίνες μπορούν και αυτές να εκπληρώνουν τις απαιτήσεις υψηλής ευκαμψίας των δυναμικών εφαρμογών, και αναγράφουν το επίπεδο φόρτισης. Σε περιπτώσεις, όπως π.χ. ανελκυστήρες και αγωγούς ισχύος, ορισμένοι χρήστες ακολουθούν την τακτική επιλογής ινών ελεγμένων για αντοχή στα 100 kpsi τουλάχιστον. Στην πράξη, με τη δυναμική φόρτιση των καλωδίων ε'χουν παρατηρηθεί φθορές καλωδίων αντοχής 50 kpsi.

4.1.2.15 Αντοχή στις εκδορές

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το καλώδιο κινδυνεύει να γδαρθεί, τότε θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αντίσταση στις εκδορές. Η προδιαγραφή αυτή αφορά το υλικό του περιβλήματος του καλωδίου.

4.1.2.16 Αντίσταση σε διαλυτικές ουσίες, πετροχημικά και άλλες χημικές ουσίες

Σε ορισμένες περιπτώσεις, απαιτείται να καθοριστεί η αντίσταση των καλωδίων στη διάβρωση που προέρχεται από την έκθεση σε ορισμένες χημικές ουσίες. Παραδείγματα περιστασιακής έκθεσης καλωδίων σε χημικά είναι η βενζίνη, τα καύσιμα αεροσκαφών, το πετρέλαιο καύσης, τα λιπαντικά και το αργό πετρέλαιο. Για την επαλήθευση της αντίστασης του καλωδίου, απαιτείται η διεξαγωγή κάποιου ελέγχου εμβάπτισης.

4.1.2.17 Ερμητικότητα σφράγισης ινών

Σε εφαρμογές που εκθέτουν τα καλώδια σε πολύ υψηλές υδροστατικές πιέσεις ή υψηλές θερμοκρασίες, οι ίνες θα πρέπει να βρίσκονται ερμητικά σφραγισμένες, ώστε να διατηρούν τη μηχανική τους αντοχή και τις χαμηλές απώλειες σήματος. Η ερμητική σφράγιση απαιτείται, επειδή η επαφή με υγρασία ή άλλα χημικά οδηγεί σε σημαντική μείωση της ανθεκτικότητας της ίνας, ενώ η απορρόφηση υδρογόνου του νερού οδηγεί σε σημαντική αύξηση των απωλειών σήματος.

Η ερμητική σφράγιση μπορεί να εκτελεστεί με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, η ίνα σφραγίζεται μέσα σε μία χαλύβδινη σωλήνα. Σύμφωνα με το δεύτερο τρόπο, η ίνα περιβάλλεται από τον κατασκευαστή της με ένα ερμητικό εξωτερικό περίβλημα. Και με τους δύο τρόπους, η ίνα προστατεύεται από τυχόν μείωση της απόδοσης.

4.1.2.18 Αντίσταση στη ραδιενέργεια

Όταν τα καλώδια πρόκειται να εγκατασταθούν σε περιβάλλον με ιονίζουσα ακτινοβολία, όπως π.χ. στον πυρήνα ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, στο διάστημα, σε ένα θάλαμο ακτίνων Χ, κτλ, τότε απαιτείται τα υλικά κατασκευής τόσο του καλωδίου όσο και της ίνας να είναι ανθεκτικά στις ακτινοβολίες. Τα υλικά κατασκευής των καλωδίων θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στις ακτινοβολίες, ώστε να διατηρούν τις μηχανικές τους ιδιότητες, ενώ οι ίνες θα πρέπει να διατηρούν τις χαμηλές απώλειες σήματος.

Οπτικές ίνες ανθεκτικές στη ραδιενέργεια υπάρχουν διαθέσιμες από αρκετούς κατασκευαστές. Αυτές παρουσιάζουν μικρή αύξηση των απωλειών σήματος κάτω από την επίδραση της ακτινοβολίας, συγκριτικά με τις

συνήθεις ίνες. Επί πλέον, οι ίνες αυτές έχουν μικρότερο χρόνο επαναφοράς και χαμηλότερη παραμένουσα αύξηση των απωλειών σήματος, μετά από κάθε έκθεση σε ακτινοβολίες.

4.1.2.19 Αντίσταση στις συγκρούσεις

Σε ορισμένες περιπτώσεις, απαιτείται ο καθορισμός της αντίστασης του καλωδίου σε μηχανικές συγκρούσεις. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων αφορούν στρατιωτικές εφαρμογές σε τακτικά περιβάλλοντα, εφαρμογές συνεργείων δημοσιογραφίας, και οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, κατά την οποία είναι δυνατό να πέσουν πάνω στα καλώδια βαριά αντικείμενα. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται ο καθορισμός της αντίστασης σε μηχανικές συγκρούσεις. Αναφορές στην προδιαγραφή αυτή είναι η EIA RS 455, καθώς και διάφορες στρατιωτικές προδιαγραφές.

Πρακτικά, τα περισσότερα καλώδια οπτικών ινών είναι αρκετά ανθεκτικά στις συγκρούσεις. Εάν δεν υπάρχει πιθανότητα σύγκρουσης στο περιβάλλον εγκατάστασης του καλωδίου, τότε δεν απαιτείται να ασχοληθούμε με την προδιαγραφή αυτή.

4.1.2.20 Διαπερατότητα σε αέρια

Σε ορισμένα περιβάλλοντα απαιτείται η μη εισχώρηση αερίων ή υγρασίας στο εσωτερικό του καλωδίου. Παραδείγματα είναι τα καλώδια που μεταφέρουν στην επιφάνεια τα σήματα υπόγειων πυρηνικών δοκιμών, ή σήματα εξοπλισμού σε υπόγειους θόλους. Στις περιπτώσεις αυτές, θα πρέπει να καθορίζονται προδιαγραφές και να διεξάγονται έλεγχοι διαπερατότητας των καλωδίων σε αέρια και υγρασία.

4.1.2.21 Σταθερότητα των ουσιών εσωτερικής γέμισης

Σε ορισμένα περιβάλλοντα, τα καλώδια υπόκεινται σε συχνές μεταβολές θερμοκρασίας και μηχανικών παραμορφώσεων. Στις περιπτώσεις αυτές, είναι δυνατό να εξαχθεί η εσωτερική γέμιση έξω από τα άκρα του καλωδίου, πράγμα το οποίο μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στον εξοπλισμό. Για το λόγο αυτό, απαιτείται να καθορίζεται η σταθερότητα των ουσιών εσωτερικής γέμισης του καλωδίου.

4.1.2.22 Κραδασμοί

Ορισμένες φορές, οι μηχανικοί κραδασμοί είναι δυνατό να αυξήσουν τις απώλειες σήματος των καλωδίων χαλαρού σωλήνα (απομονωτή). Στις

περιπτώσεις αυτές, είναι προτιμότερη η χρήση καλωδίων σφιχτού (κολλητού) σωλήνα.

4.2 Τέσσερις τρόποι εξασφάλισης μελλοντικής αναβαθμισιμότητας ενός συστήματος οπτικών ινών

1. Ύπαρξη αμοιβών ινών μέσα στα καλώδια

Στις ΗΠΑ, η αναλογία των χρησιμοποιούμενων προς συνολικά εγκατεστημένων οπτικών ινών είναι 1:4. Η εγκατάσταση αμοιβών ινών, προσφέρει δυο μεγάλα πλεονεκτήματα. Πρώτον, παρέχεται η δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών ινών σε περίπτωση προβλήματος. Δεύτερον, οι αμοιβές ίνες παρέχουν τη δυνατότητα αναβάθμισης σε μελλοντικές εφαρμογές. Οι οπτικές ίνες έχουν πολύ χαμηλό κόστος συγκριτικά με το κόστος εγκατάστασης του καλωδίου.

2. Ύπαρξη μονοτροπων ινών μέσα σε καλώδια πολύτροπων ινών

Με την αύξηση του εύρους ζώνης συχνοτήτων και του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, σύντομα οι πολύτροπες ίνες δε θα καλύπτουν την απαιτούμενη χωρητικότητα. Οι μονότροπες ίνες ουσιαστικά προσφέρουν απεριόριστο εύρος συχνοτήτων.

3. Ύπαρξη ινών μέσα σε καλώδια χάλκινων αγωγών

Επιλέξτε την εγκατάσταση χάλκινων αγωγών με εσωτερικές οπτικές ίνες, αφού το κόστος εγκατάστασης των τελευταίων είναι μηδενικό. Δεν απαιτείται η εγκατάσταση βυσμάτων από την αρχή, αν και αυτό συνιστάται.

4. Χρήση διπλού μήκους κύματος

Επιλέξτε για εγκατάσταση ίνες 62,5/125, διπλού μήκους κύματος, βαθμιαίου δείκτη FDDI.

[52]

4.3 Σύνοψη σχεδίασης συστήματος οπτικών ινών

4.3.1 Επιλογή τύπου ινών

⇒ Πολύτροπες ίνες

Επιλέξτε το πρότυπο 62,5/125, αντί το ελαφρά χαμηλότερου κόστους 50/125. Τα περισσότερα επικοινωνιακά πρότυπα εστιάζονται γύρω από τις ίνες 62,5/125. Δεν υπάρχει ένδειξη ότι αυτό πρόκειται να μεταβληθεί.

⇒ Μονότροπες ίνες

Επιλέξτε μονότροπες ίνες 1300 nm. Συστήματα σχεδιασμένα σε αυτό το μήκος κύματος έχουν χαμηλότερο κόστος από τα αντίστοιχα συστήματα των 1550 nm. Μην επιλέγετε ίνες σχεδιασμένες και για τα δύο αυτά μήκη κύματος, εκτός εάν πρόκειται μελλοντικά να χρησιμοποιήσετε πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος ή οπτικούς ενισχυτές.

4.3.2 Επιλογή σχεδίασης

⇒ Σε εσωτερικούς χώρους

1. Για μικρές αποστάσεις (360 - 400 m), επιλέξτε διαρρηγνύομενα καλώδια.
2. Για μεγαλύτερες αποστάσεις επιλέξτε άλλους τύπους καλωδίων.
3. Σε δύσκολα περιβάλλοντα, επιλέξτε διαρρηγνύομενα καλώδια. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται η εγκατάσταση από υψηλό μελλοντικό κόστος συντήρησης.
4. Επιλέξτε πλήρως διηλεκτρικούς τύπους καλωδίων.

⇒ Σε εξωτερικούς χώρους

1. Επιλέξτε έναν από τους τρεις τύπους καλωδίων με υλικά μπλοκαρίσματος της υγρασίας και ειδικού τύπου γέμισης σχεδιάσεων χαλαρού σωλήνα απομονωτή.
2. Εάν το πλήθος των ινών είναι μεγάλο (>36), τότε συγκρίνατε το συνολικό κόστος εγκατάστασης με επίπεδα καλώδια (ταινίας), έναντι των άλλων δύο τύπων χαλαρού απομονωτή.
3. Εάν είναι σημαντική η εύκολη πρόσβαση σε οποιοδήποτε σημείο του καλωδίου, επιλέξτε μία τυπική σχεδίαση χαλαρού απομονωτή.
4. Επιλέξτε πλήρως διηλεκτρικό τύπο καλωδίου.

⇒ Διαδρομή καλωδίου

Εάν η διαδρομή του καλωδίου περιλαμβάνει εσωτερικό και εξωτερικό χώρο, μπορείτε να αποφύγετε τη χρήση σύνδεσης μέσω βύσματος, επιλέγοντας μία σχεδίαση καλωδίου εσω-εξωτερικού χώρου. Μία τέτοια σχεδίαση διαθέτει ένα εύκολα αφαιρούμενο εξωτερικό περίβλημα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κώδικα NEC. Μπορείτε ακόμη να επιλέξετε ένα καλώδιο με υλικά μπλοκαρίσματος, το οποίο και αυτό υπακούει στις ανάλογες προδιαγραφές NEC.

[56]

4.3.3. Απόδοση ινών

⇒ Πολύτροπες ίνες

Επιλέξτε προδιαγραφές διπλού μήκους κύματος.

μήκος κύματος: 850/1300 nm

απώλειες σήματος: <3,75/1,0 dB/km

γινόμενο εύρους συχνοτήτων επί απόσταση: > 160/500 MHz-km

Αριθμητικό διάφραγμα (NA):0,275 ονομαστική τιμή

⇒ Μονότροπες ίνες

Επιλέξτε προδιαγραφές ενός μήκους κύματος, μήκος κύματος: 1300 nm

απώλειες σήματος: <0,5 dB/km διασπορά: <3,5 psec/km/nm @ 1310 nm

4.3.4 Απόδοση καλωδίου

⇒ Σε εσωτερικούς χώρους

μέγιστο συνιστώμενο φορτίο εγκατάστασης: 164-227 kg εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας: -10 έως +60°C

⇒ Σε εξωτερικούς χώρους

μέγιστο συνιστώμενο φορτίο εγκατάστασης: 272 kg εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας: -40 έως +60°C εάν απαιτείται αντίσταση στα τρωκτικά: χρήση θωράκισης ή εγκατάσταση μέσα σε σωλήνες
ανθεκτικά σώματα καλωδίων: εποξικό ή εύκαμπτο fiberglass περίβλημα: μαύρο πολυαιθυλένιο [56]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Συνδέσεις οπτικών ινών

5.1 Εισαγωγή

Τα σημεία σύνδεσης μεταξύ οπτικών ινών, είναι αυτά στα οποία οι συνδεόμενες ίνες επιτρέπουν τη διέλευση του διερχόμενου φωτός από τη μία ίνα στην άλλη, με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες σήματος.

Αν και υπάρχουν πολλοί λόγοι που επιβάλλουν στην πράξη τη σύνδεση μεταξύ δύο διαφορετικών οπτικών ινών, οι συνηθέστεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

1. Οι ίνες και τα καλώδια δεν έχουν ατελείωτο μήκος, οπότε αναγκαστικά κάπου συνδέονται πολλά τμήματα μεταξύ τους.
2. Είναι δυνατό να έχουμε στην πράξη καταμερισμό του σήματος σε διχάλεις ή κατανομείς.
3. Στα σημεία αρχής και κατάληξης της γραμμής (εκπομπής και λήψης), απαιτείται η σύνδεση με τον ανάλογο ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
4. Ο τελευταίος και πιο επίφοβος λόγος είναι η αποκατάσταση του καλωδίου σε σημεία που αυτό έχει κοπεί.

Αφού βλέπουμε, λοιπόν, την ανάγκη στην πράξη της χρήσης συνδέσεων οπτικών ινών, οι συνδέσεις αυτές θα πρέπει να είναι μηχανικά ανθεκτικές και να προκαλούν όσο το δυνατό χαμηλότερες απώλειες του οπτικού σήματος. Οι συνδέσεις αυτές θα πρέπει να αντέχουν στα τραβήγματα και στις κάμψεις μέσης προς ισχυρής έντασης. Ταυτόχρονα, μία τέτοια σύνδεση θα πρέπει να επιτρέπει τη διέλευση όσο το δυνατό μεγαλύτερης οπτικής ισχύος σήματος, χωρίς απώλειες και ανακλάσεις προς τα πίσω.

Γενικά, υπάρχουν δύο κατηγορίες συνδέσεων οπτικών ινών: οι μόνιμες συνδέσεις και οι τερματιζόμενες με βύσματα. Οι μόνιμες συνδέσεις (ματίσεις) εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Προσφέρουν χαμηλές απώλειες και υψηλή μηχανική σταθερότητα, αλλά όμως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το κόστος και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της ίδιας σύνδεσης.

Τα βύσματα σύνδεσης οπτικών ινών εφαρμόζονται και αυτά σε εσωτερικές και εξωτερικές εγκαταστάσεις (κεντρικά γραφεία, τοπικά δίκτυα, τερματισμοί σε πομπούς και δέκτες, κ.λπ.).

Και στις δύο περιπτώσεις σύνδεσης οπτικών ινών, η κοινή όψη είναι οι απώλειες εξασθένησης του σήματος.[42]

5.2 Απώλειες εξασθένησης σήματος

Οι απώλειες εξασθένησης της έντασης του οπτικού σήματος διεξάγονται κατά τη διάδοση του φωτός μέσα σε ένα σύστημα οπτικών ινών. Ορισμένες απώλειες λαμβάνουν χώρα μέσα στην ίδια την ίνα, ενώ άλλες

συμβαίνουν στις συνδέσεις αυτών. Η μέτρηση των απωλειών γίνεται σε decibels (dB). Το decibel αποτελεί μαθηματική λογαριθμική μονάδα που περιγράφει το λόγο της ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου, σε οποιοδήποτε σύστημα (οπτικών ινών ή χάλκινων αγωγών).

Σε ένα σύστημα οπτικών ινών, οι απώλειες συνήθως οφείλονται σε απορρόφηση, ανάκλαση, διάχυση, σκέδαση ή διασπορά των φωτονίων μέσα στην ίνα. Ωστόσο, απώλειες συμβαίνουν επίσης στις μόνιμες συνδέσεις και στα βύσματα. Οι παράγοντες που προκαλούν απώλειες στις μόνιμες συνδέσεις και στα βύσματα (σχήμα 5.1) διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: εσωτερικούς και εξωτερικούς.

Οι εσωτερικές απώλειες οφείλονται σε παράγοντες τους οποίους δεν ελέγχει ο τεχνίτης, και εξαρτώνται από τη σχεδίαση και κατασκευή της ίνας. Οι συνηθέστεροι παράγοντες εσωτερικών απωλειών είναι:

1. Εκκεντρότητα πυρήνα
2. Ελλειπτικότητα πυρήνα
3. Κακή προσαρμογή αριθμητικού διαφράγματος (NA)
4. Κακή προσαρμογή διαμέτρων πυρήνων

Η εκκεντρότητα του πυρήνα σημαίνει ότι οι άξονες πυρήνα και μανδύα δε συμπίπτουν ακριβώς. Η ελλειπτικότητα του πυρήνα εκφράζει κάθε απόκλιση από τη διατομή κυκλικού σχήματος. Μικρές αποκλίσεις τέτοιου είδους επηρεάζουν τις συνολικές απώλειες του συστήματος. Η κακή προσαρμογή του αριθμητικού διαφράγματος και των διαμέτρων των πυρήνων δεν αποτελούν λάθη δεξιτεχνίας του τεχνίτη, ωστόσο απαιτείται προσοχή στη σύνδεση των ινών για την αντιστάθμιση αυτών. Όταν οι δύο συνδεόμενες μεταξύ τους ίνες έχουν διαφορετικές διαμέτρους πυρήνων, τότε η διεξαγωγή ελέγχου φανερώσει υψηλές απώλειες από την κατεύθυνση της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη διάμετρο, ενώ φανερώσει το αντίθετο προς την άλλη κατεύθυνση.[42]



Σχήμα 5.1. Παράγοντες απωλειών συνδέσεων οπτικών ινών.

Οι εξωτερικές απώλειες οφείλονται στην ίδια τη μηχανική σύνδεση. Συνήθεις αιτίες απωλειών στις συνδέσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Κακή ευθυγράμμιση των άκρων των συνδεόμενων ινών, λόγω εσφαλμένων τεχνικών σύνδεσης ή βυσμάτωσης.
2. Κακές τεχνικές κοπής ή γυαλισματος οδηγούν σε αυξημένες απώλειες σήματος.
3. Διάκενα αέρα μεταξύ των ινών σε βύσματα ή μόνιμες συνδέσεις, στα οποία δεν έχει εφαρμοσθεί ειδικό ζελέ ή υγρό προσαρμογής του δείκτη διάθλασης.
4. Εισχώρηση ακαθαρσιών, από μαντηλάκια καθαρισμού ή εναέρια σωματίδια σκόνης. ΠΡΟΣΟΧΗ, ΕΑΝ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΔΕΙΤΕ ΤΙΣ ΑΚΑΘΑΡΣΙΕΣ ΜΕ ΓΥΜΝΟ ΜΑΤΙ, ΤΟΤΕ ΑΥΤΕΣ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. Δείτε παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό, τον τρόπο καθαρισμού των συνδέσεων.

Ένας άλλος μηχανισμός απωλειών είναι η ανάκλαση της διερχόμενης οπτικής ακτινοβολίας, η οποία αναφέρεται και ως οπτικές απώλειες επιστροφής (σχήμα 5.2). Καθώς το φως διαδίδεται μέσα από την ίνα, διερχόμενο μέσω συνδέσεων και βυσμάτων, μέρος από αυτό ανακλάται προς τα πίσω. Οι οπτικές απώλειες επιστροφής αφορούν κυρίως τα μονότροπα δίκτυα υψηλής απόδοσης, και όχι τα πολύτροπα.

Τυπικές επιτρεπόμενες απώλειες μόνιμων συνδέσεων για μονότροπες ίνες είναι 0,0 - 0,18 dB, και οπτικές απώλειες επιστροφής < -50 dB. Τυπικές επιτρεπόμενες απώλειες μόνιμων συνδέσεων για πολύτροπες ίνες είναι 0,0 - 0,18 dB, με μία μέση τιμή 0,18 dB και οπτικές απώλειες επιστροφής < -50 dB. Στην περίπτωση των βυσμάτων, τυπικές τιμές απωλειών για μονότροπες ίνες είναι 0,05 έως 0,5 dB ανά βύσμα (0,1 έως 1,0 dB ανά σύνδεση), και οπτικές απώλειες επιστροφής < -30 dB. Για τις πολύτροπες ίνες οι ονομαστικές απώλειες είναι 0,06 έως 0,7 dB ανά βύσμα (0,12 έως 1,4 dB ανά σύνδεση), και οπτικές απώλειες επιστροφής < -25 dB



Σχήμα 5.2. Οπτικές απώλειες επιστροφής.

5.6 Προβλήματα

Υπάρχουν μόνο τρία πραγματικά προβλήματα που σχετίζονται με τη σύνδεση των οπτικών ινών:

- Οι ίνες θα πρέπει να είναι συμβατού τύπου
- Τα άκρα των ινών θα πρέπει να τοποθετούνται το ένα κοντά στο άλλο
- Θα πρέπει οι ίνες να είναι ευθυγραμμισμένες με ακρίβεια

[11]

5.3.1 Προβλήματα συμβατότητας

Ένα περίεργο χαρακτηριστικό αυτών των προβλημάτων συμβατότητας είναι ότι έχουν σαν αποτέλεσμα ο βαθμός απώλειας να εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία ταξιδεύει το φως μέσα στην ίνα. Μέχρι τώρα, θεωρούσαμε πάντα την κατεύθυνση του φωτός άσχετη.

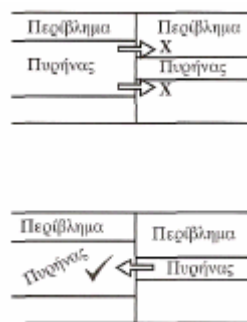
5.3.1.1. Διάμετρος πυρήνα

Οι πολύτροπες ίνες κυκλοφορούν σε μεγάλη ποικιλία μεγέθους πυρήνα μεταξύ 7 μm και 2 mm, από τα οποία τα πιο συνηθισμένα είναι τα 50, 62,5, 85,100 και 200 μm . Παρομοίως, οι ίνες από πλαστικό κυμαίνονται από 0,25 mm μέχρι 3 mm από τα οποία το 1 mm είναι το πιο συνηθισμένο.

Όταν αγοράζουμε εξαρτήματα, όπως ένα λέιζερ, αυτά συχνά είναι προσαρμοσμένα σε ένα κομμάτι οπτικής ίνας που ονομάζεται σπειροειδής σύνδεσμος (rigtail), το οποίο δεν μπορούμε να αποσυνδέσουμε. Αν η ίνα αυτή έχει χαρακτηριστικά διαφορετικά από εκείνα του κύριου συστήματος, τότε θα πρέπει να γνωρίζουμε πως μπορεί να έχουμε απώλεια ισχύος στο σημείο σύνδεσης.

Οι μονότροπες ίνες περιορίζονται σε μέγεθος περίπου 8 μm , έτσι προβλήματα μεγέθους πυρήνα δεν είναι συνηθισμένα.

Αν συνδέσουμε μια πολύτροπη ίνα με μεγάλο πυρήνα με μια άλλη με μικρότερο πυρήνα, όπως δείχνει το σχήμα 5.3, μόνο λίγο από το φως που εκπέμπεται από τον μεγαλύτερο πυρήνα θα εισέλθει στον μικρότερο πυρήνα, λόγω της πιο μικρής περιοχής, και θα έχουμε απώλεια ισχύος. Αν, όμως, το φως ταξιδεύει από τον μικρότερο πυρήνα στον μεγαλύτερο, δεν θα παρουσιαστεί καθόλου απώλεια ισχύος.

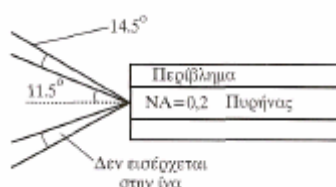


Σχήμα 5.3 Απώλειες λόγω άνισου μεγέθους πυρήνα

5.3.1.2 Αριθμητικές λειτουργούσες διελεύσεις

Μια πολύ παρόμοια επίδραση κάνει την εμφάνιση της, στις αριθμητικές λειτουργούσες διελεύσεις. Ο λόγος είναι ότι η αριθμητική λειτουργούσα διεύωση καθορίζει τον κώνο λήψης.

Ας υποθέσουμε ότι μια συνηθισμένη ίνα με αριθμητική λειτουργούσα διεύωση 0,2 με κώνο λήψης $11,5^\circ$ συνδέεται με μια ίνα με $NA = 0,25$ με κώνο λήψης $14,5^\circ$ (σχήμα 5.4). Χρησιμοποιώντας αυτή την κατεύθυνση εκπομπής, όλες οι γωνίες ακτίνας θα ήταν αποδεκτές από την άλλη ίνα και δεν θα εμφανίζονταν καθόλου απώλειες. Αν, όμως, μεταδώσουμε φως προς την άλλη κατεύθυνση, οι ακτίνες του φωτός μεταξύ των $11,5^\circ$ και $14,5^\circ$ βρίσκονται έξω από τον κώνο λήψης της ίνας λήψης, δεν θα γίνονταν αποδεκτές και θα κατέληγαν σε απώλειες.

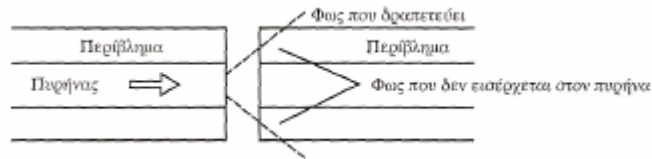


Σχήμα 5.4 Μια συνηθισμένη ίνα

Τι γίνεται αν και τα μεγέθη των πυρήνων και οι αριθμητικές λειτουργούσες διελεύσεις δεν είναι οι ιδανικές;

Μπορούμε να βρούμε την συνολική απώλεια αν προσθέσουμε απλά τις δυο επιμέρους απώλειες.[34]

5.3.2 Προβλήματα απώλειας κενού



Σχήμα 5.5 Απώλεια κενού

Καθώς τα άκρα της ίνας χωρίζονται, το φως από τον πυρήνα διαχέεται έξω σε γωνία ίση με τη γωνία λήψης. Λιγότερο φως χτυπά την περιοχή του πυρήνα της ίνας λήψης και εμφανίζεται απώλεια.

Ο βαθμός απώλειας δεν είναι μεγάλος με τιμή μικρότερη από 0,5 dB όταν τα άκρα της ίνας διαχωρίζονται από απόσταση ίση με τη διάμετρο του πυρήνα. Η απώλεια μειώνεται ακόμη περισσότερο με τη χρήση ειδικού ζελέ, που προστίθεται στη σύνδεση για να κάνει τον πυρήνα της ίνας να μοιάζει συνεχής. Το ζελέ συνδυασμού δείκτη έχει διαθλαστικό δείκτη όμοιο με τον πυρήνα μιας οπτικής ίνας και χρησιμοποιείται για να γεμίσει το κενό μεταξύ των ινών για να κάνουν τη διαδρομή του φωτός να μοιάζει συνεχής. Συνήθως προστίθεται για να μειώσουμε τις ανακλάσεις Fresnel αλλά βοηθάει ταυτόχρονα και στην απώλεια κενού. Η απώλεια κενού αυξάνεται γραμμικά με το μέγεθος του κενού.[34]

5.3.3. Προβλήματα ευθυγράμμισης

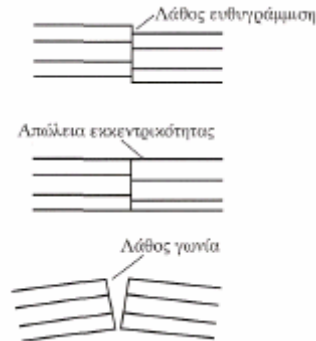
5.3.3.1 Παράλληλη λάθος ευθυγράμμιση

Αυτή μοιάζει κάπως με την απώλεια λόγω των διαφορών στο μέγεθος πυρήνα. Καθώς οι ίνες μετακινούνται η περιοχή επικάλυψης μεταξύ των δύο πυρήνων μειώνεται και επομένως έχουμε μεταφορά λιγότερου φωτός. Η ευθυγράμμιση αυτή είναι αρκετά σημαντική, πολύ περισσότερο από την απώλεια κενού, και μια λάθος ευθυγράμμιση ενός τετάρτου της διαμέτρου του πυρήνα θα προκαλέσει απώλεια 1,5 dB. Επομένως, η απώλεια αυξάνεται πολύ γρήγορα μη-γραμμικά.

5.3.3.2 Ευθυγράμμιση πυρήνα (απώλεια εκκεντρικότητας)

Αυτή συμβαίνει όταν ο πυρήνας δεν βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο της ίνας. Όταν οι οπτικές ίνες συνδέονται, συνήθως είναι ευθυγραμμισμένες ως προς το εξωτερικό του περιβλήματος. Αν ο πυρήνας δεν τοποθετείται κεντρικά μέσα στην ίνα, το αποτέλεσμα θα είναι λάθος ευθυγράμμιση του

πυρήνα, με αποτελέσματα παρόμοια με εκείνα που προκαλεί η παράλληλη λάθος ευθυγράμμιση. Χρήσιμο-ποιώντας σύγχρονες τεχνικές κατασκευής, σπάνια έχουμε σοβαρά παραδείγματα αυτής της βλάβης.



Σχήμα 5.6 Απώλειες ευθυγράμμισης

5.3.3.3 Γωνιακή λάθος ευθυγράμμιση

Καθώς μεγαλώνει η λάθος θέση της γωνίας, το φως από τον ένα πυρήνα σιγά-σιγά δεν βρίσκει τον άλλον. Με ένα κενό αέρος, οι γωνίες με λάθος ευθυγράμμιση μέχρι 3 ή 4 μοίρες προκαλεί απώλειες μικρότερες από 1 dB. Στις μεγάλες γωνίες, οι απώλειες αυξάνονται πολύ γρηγορότερα μη-γραμμικά. Η χρήση ζελέ συνδυασμού δείκτη στην πράξη χειροτερεύει την κατάσταση, αφού εμποδίζει την διάχυση του κώνου λήψης, η οποία κανονικά θα εμφανιζόταν σε ένα κενό αέρος.

5.7 Σύνδεση οπτικών ινών - η προετοιμασία

Όποια μέθοδο και να διαλέξουμε για να συνδέσουμε τις ίνες θα χρειαστεί να προετοιμάσουμε τις ίνες αφαιρώντας τον αρχικό απομονωτή για να παρουσιάσουμε το περίβλημα. Το περίβλημα χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση των ινών, για να εμποδίσει τις απώλειες από τη λάθος ευθυγράμμιση και, αγνοώντας τις απώλειες λόγω εκκεντρικότητας, εξασφαλίζει ότι οι πυρήνες είναι ευθυγραμμισμένοι. Ο αρχικός απομονωτής δεν είναι αρκετά ακριβής ή σταθερός για τον σκοπό αυτό.

5.4.1 Πληροφορία για την ασφάλεια μας

Μόλις αφαιρέσουμε τον αρχικό απομονωτή, ο πυρήνας και το περίβλημα είναι, φυσικά, πολύ λεπτά. Αυτό σημαίνει πως αν εφαρμόσουμε μια πολύ απαλή πίεση στην ίνα θα έχει σαν αποτέλεσμα να συγκεντρωθεί

πολύ μεγάλη δύναμη στο τέλος τις ίνας. Ακόμη χειρότερα, μπορεί να σπάσει μέσα στα χέρια μας.

5.4.2 Απογύμνωση

Ο αρχικός απομονωτής εμφανίζεται αφού αφαιρέσουμε το εξωτερικό κάλυμμα. Αυτό μπορεί να σημαίνει μερικά δευτερόλεπτα με έναν απλό ψαλίδι απογύμνωσης καλωδίων, όπως αυτό που χρησιμοποιούμε για τα ηλεκτρικά καλώδια.

Έχουμε δύο μεθόδους για την αφαίρεση του αρχικού απομονωτή - χημική ή μηχανική. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία πλαστικών που χρησιμοποιείται για τον απομονωτή γι' αυτό και οι προμηθευτές προτείνουν την καλύτερη μέθοδο. Όποια μέθοδο και αν χρησιμοποιήσουμε, σκοπός είναι να απομακρύνουμε περίπου 50 mm από τον απομονωτή χωρίς να γρατσουνίσουμε ή να χαράξουμε την επιφάνεια του περιβλήματος, καθώς κάτι τέτοιο θα προκαλούσε σπάσιμο της ίνας.

5.4.2.1 Χημική μέθοδος

Το πλεονέκτημα της χημικής μεθόδου είναι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος μηχανικής ζημιάς στο κάλυμμα.

Παρέχεται ένα μικρό μπουκάλι υγρού διαχωρισμού. Το υγρό ή το ζελέ τοποθετείται με βούρτσα πάνω στην επιφάνεια του απομονωτή και το αφήνουμε δύο-τρία λεπτά. Μαλακώνει το πλαστικό, το οποίο μετά μπορούμε να αφαιρέσουμε με μια χαρτοπετσέτα. Το υγρό αυτό μυρίζει σαν αφαιρετικό μπογιάς και εκπέμπει εξίσου δυσάρεστες αναθυμιάσεις. Θα πρέπει να το μεταχειριζόμαστε προσεκτικά, εξασφαλίζοντας ότι δεν θα έρθει σε επαφή με τα μάτια, ή το δέρμα. Χρησιμοποιείστε σταγονόμετρο για να αποφύγετε την επαφή με το δέρμα, και γυαλιά ασφαλείας.

5.4.2.2. Μηχανική μέθοδος

Υπάρχει μια σειρά από εργαλεία που διεξάγουν την ίδια λειτουργία χωρίς να χρησιμοποιούμε χημικά. Η λειτουργία είναι βασικά η ίδια με εκείνη των εργαλείων αφαίρεσης του καλύμματος των συρμάτων χαλκού, εκτός του ότι είναι κατασκευασμένα με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Η αρχή είναι να κόψουμε τον απομονωτή με μια λεπίδα σταματώντας μόλις ακουμπήσει την επιφάνεια του περιβλήματος. Τότε, τραβάμε την ίνα με τη λαβίδα και η λεπίδα κόβει τον αρχικό απομονωτή. Λόγω της ακρίβειας της κατασκευής, τα εργαλεία είναι κατασκευασμένα για ειδικά μεγέθη απομονωτή.

5.4.3 Καθαρισμός της ίνας

Κάθε ίχνος του απομονωτή ή οποιασδήποτε άλλης μόλυνσης πρέπει να αφαιρεθεί προσεκτικά. Ένα μόνο πολύ μικρό κομματάκι απομονωτή, σκόνης ή λιπαντικού θα προκαλέσει λάθος ευθυγράμμιση των ινών και επομένως απώλεια φωτός.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καθαρισμού είναι να υγράνετε ένα κομμάτι σταθερό πανί ή μια χαρτοπετσέτα με ισοπροπυλική αλκοόλη (IPA), να το τυλίξετε γύρω από το καλώδιο και να τραβήξουμε την ίνα μέσα από το πανί. Όταν η ίνα είναι καθαρή τρίζει. Καλό είναι να αποφύγουμε πολύ επαφή με το IPA και η χρήση σταγονόμετρου είναι μια πολύ καλή ιδέα. Το ασετόν μερικές φορές προσφέρεται σαν εναλλακτικό υγρό καθαρισμού, αλλά ο κίνδυνος για την υγεία μας όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα και όταν αναπνέουμε τις αναθυμιάσεις θεωρείται μεγαλύτερος από της ισοπροπυλικής αλκοόλης. Η ανάμειξη υγρών καθαρισμού μπορεί να είναι επικίνδυνη, γι' αυτό διαλέξτε ένα και χρησιμοποιείτε συνέχεια το ίδιο.

Αν το καλώδιο είναι γεμάτο με ζελέ, είναι πολύ σημαντικό να μην αφήσουμε το ζελέ να μολύνει τα εργαλεία ή το περίβλημα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τερεβινθίνη ή νέφτι για τον καθαρισμό στο στάδιο αυτό.

Μόλις η ίνα είναι εντελώς καθαρή, εξασφαλίστε ότι δεν θα μολυνθεί και πάλι. Αυτό γίνεται τόσο εύκολα, σχεδόν χωρίς σκέψη. Μερικοί άνθρωποι, αφού καθαρίσουν την ίνα, αισθάνονται την ασίγαστη ανάγκη να την περάσουνε μέσα από τα δάχτυλα τους για να σιγουρευτούν, άλλοι το αποφεύγουν αυτό και τοποθετούν την ίνα προσεκτικά πάνω σε μια σκονισμένη επιφάνεια!

5.4.4 Τομή της ίνας

Για να συνδέσουμε δύο ίνες, εκτός από το να απογυμνωθούν και να καθαριστούν, πρέπει να κόψουμε την άκρη τους σε σωστή γωνία. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται τομή. Προσδοκούμε το λάθος στη γωνία αυτή να μην είναι πάνω από 1°. Μεγαλύτερο λάθος θα δημιουργήσει γωνιακές απώλειες. Θέλουμε η ίνα να σπάσει ξεκάθαρα, χωρίς η άκρη της να έχει ψεγάδι.

Υπάρχουν πολλά και διάφορα εργαλεία κοπής στην αγορά με ποικίλο μέγεθος, ακρίβεια, και τιμή. Γενικά, τα μικρά και φθηνά εργαλεία είναι πιο δύσκολα στη χρήση τους και χρειάζεται εξάσκηση για να "τους πάρουμε τον αέρα". Τα πιο ακριβά είναι ευκολότερα στη χρήση τους και δίνουν τομές ποιότητας κάθε φορά που τα χρησιμοποιούμε, με ελάχιστη εκπαίδευση. Είναι πολύ καλή ιδέα να δοκιμάσουμε διάφορα είδη ίσως σε μια έκθεση ή όταν παρακολουθούμε μαθήματα - πάντα υπάρχουν πολλές απόψεις ως προς το πιο είναι το καλύτερο. Το "καλύτερο" είναι συνήθως αυτό που αισθάνεστε πιο άνετα όταν το χρησιμοποιείτε.

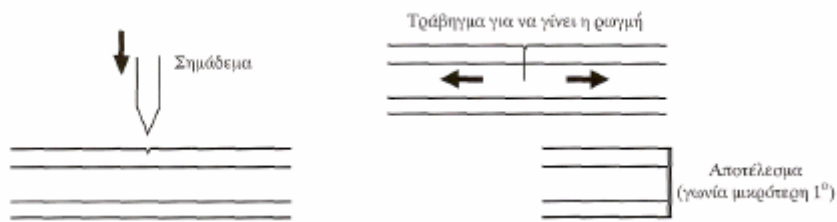
Η εντελώς καθαρή ίνα παραμένει στη θέση της, συχνά σε ένα αυλάκι σε σχήμα V όπως βλέπουμε στο σχήμα 5.7. Αν ένα αυλάκι σε σχήμα V κοπεί με

ακρίβεια, σε ένα σταθερό υλικό, η ίνα θα καθίσει στο κάτω μέρος του και θα ευθυγραμμιστεί με το αυλάκι. Οποιαδήποτε μόλυνση θα πρέπει να αποφευχθεί με οποιοδήποτε κόστος - και το αυλάκι σε σχήμα V και η ίνα θα πρέπει να είναι πάρα πολύ καθαρά, αλλιώς θα αποδειχθεί καταστροφικό.



Σχήμα 5.7 Η μέθοδος αυλακιών V εναπόθεσης της οπτικής ίνας

Μια λεπίδα τοποθετείται στην επιφάνεια του περιβλήματος και κάνει ένα πολύ μικρό σημάδι στην επιφάνεια (σχήμα 5.8) η λεπίδα θα πρέπει να βρίσκεται σε γωνία 90° ως προς την ίνα και το σημάδι δεν θα πρέπει να έχει βάθος μεγαλύτερο από 5 μm.



Σχήμα 5.8 Η διαδικασία τομής

Στις πιο προσεγμένες τομές εφαρμόζεται μεγαλύτερη μηχανική ακρίβεια και γίνεται εντελώς αυτόματα. Το πιο φθηνό εργαλείο στην αγορά είναι ένα χειροκίνητο εργαλείο που αποτελείται από ένα ψεύτικο ζαφείρι πάνω σε ένα είδος στυλό. Ο χειριστής πρέπει να κρατά την ίνα με το ένα δάχτυλο καθώς το "στυλό" περνά απαλά την ίνα. Χρειάζεται μεγάλη εξάσκηση για να δημιουργήσουμε το σωστό σημάδι πάνω στο περίβλημα. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τον χειριστή. Μόλις γίνει το σημάδι, τραβάμε την ίνα και η ρωγμή διαδίδεται σε ολόκληρη την ίνα και αυτή τέμνεται.

5.4.4.1 Επιθεώρηση της τομής

Το άκρο ελέγχεται χρησιμοποιώντας μικροσκόπιο ή μεγεθυντικό φακό. Ενδιαφερόμαστε για την γωνία της άκρης και ελέγχουμε για προεξοχές, ή ρωγμές (σχήμα 5.9). Αν υπάρχει κάτι τέτοιο, θα εμποδίσει την αποτελεσματική μεταφορά του φωτός και δεν υπάρχει εναλλακτική λύση παρά να κάνουμε και πάλι την τομή.[41]

⇒ Πλαστική ίνα

Το εξωτερικό κάλυμμα απομακρύνεται με ένα εργαλείο απογύμνωσης καλωδίων, και μετά η άκρη της ίνας είναι έτοιμη για τομή. Η διαδικασία τομής είναι πάρα πολύ απλή - η ίνα απλά κόβεται με ένα κοφτερό μαχαίρι. Με το πλαστικό τα πράγματα δεν είναι τόσο δύσκολα και τα αποτελέσματα είναι πολύ καλά.



Σχήμα 5.9. Απαράδεκτες τομές

5.4.5 Ένωση σύντηξης

Η ένωση σύντηξης είναι η πιο μόνιμη και με τις λιγότερες απώλειες μέθοδος σύνδεσης οπτικών ινών. Ουσιαστικά, οι δυο ίνες απλά ευθυγραμμίζονται και μετά ενώνονται με τη τήξη ηλεκτρικού τόξου. Η σύνδεση που παίρνουμε έχει απώλεια λιγότερη από 0.1 dB (λιγότερο από 2% απώλεια ισχύος). Επίσης υπάρχουν ενώσεις που συνδέουν αυτόματα καλώδια πολλών πυρήνων ή ταινίας με μέχρι και 12 ίνες τη φορά.

5.4.5.1 Προετοιμασία της ίνας

Οι ίνες πρέπει πρώτα να απογυμνωθούν και να καθαριστούν. Ο αρχικός μονωτής απογυμνώνεται μόνο για περίπου 25mm. Το ακριβές μήκος καθορίζεται από το είδος της ένωσης σύντηξης που χρησιμοποιείται.

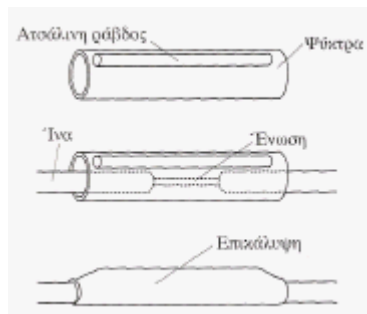
Η ποιότητα της τομής έχει πολύ μεγάλη σημασία. Όσα χρήματα και να ξοδέψουμε για να αγοράσουμε την πιο εξελιγμένη συσκευή ένωσης, θα πάνε χαμένα αν δεν μπορούμε να κόψουμε την ίνα με ακρίβεια. Οι περισσότερες συσκευές ένωσης σήμερα υπολογίζουν την ακρίβεια της τομής και αν βρει κάποιο λάθος, απορρίπτει την ίνα μέχρι να την κόψουμε σωστά. Οι περισσότερες συσκευές ένωσης θεωρούν ικανοποιητική κάθε τομή με γωνία περίπου 3°.

5.4.5.2 Προστασία της ίνας

5.4.5.2.1 Προστατευτικό κάλυμμα ένωσης

Στην φάση προετοιμασίας, απογυμνώσαμε την ίνα από όλη της τη μηχανική και αδιάβροχη προστασία. Μόλις η ίνα ενωθεί, πρέπει να αποκαταστήσουμε το κάλυμμα, αφού η διαδικασία ένωσης μειώνει την αντοχή της ίνας σε λιγότερο από 30 % από την προηγούμενη τιμή της.

Αυτό επιτυγχάνεται με ένα εξάρτημα που ονομάζεται προστατευτικό κάλυμμα ένωσης. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό κοντό κομμάτι (περίπου 60μπι) ψήκτρας που περιέχει λιωμένη ζεστή κόλλα και ράβδο από ανοξείδωτο ατσάλι, όπως βλέπουμε στο σχήμα 5.10



Σχήμα 5.10 Το προστατευτικό κάλυμμα της ένωσης

Πριν ενώσουμε την ίνα, βάζουμε το προστατευτικό κάλυμμα στην ίνα. Αφού ολοκληρωθεί η ένωση, το προστατευτικό κάλυμμα τοποθετείται πάνω στην ένωση και θερμαίνεται, συνήθως σε έναν φούρνο που δημιουργήθηκε ειδικά για αυτόν τον λόγο, παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ένα πιστόλι θερμού αέρα. Ο φούρνος είναι ένας απλός δίσκος με ένα καπάκι, μια θερμάστρα και ένα χρονιστή. Η ζεστή λιωμένη κόλλα διατηρεί το προστατευτικό κάλυμμα στη θέση του ενώ η ράβδος από ανοξείδωτο ατσάλι παρέχει προστασία ενάντια στην κάμψη που μπορεί να παρουσιαστεί. Το εξωτερικό κυλινδρικό κομμάτι παρέχει γενικά μηχανική και αδιάβροχη προστασία για να εξασφαλίσουμε ότι η ίνα προστατεύεται εντελώς σε όλο το μήκος, τουλάχιστον 10mm του προστατευτικού καλύμματος θα πρέπει να επικαλύπτει τον αρχικό απομονωτή σε κάθε άκρη της ένωσης.[41]

5.4.5.2.2 Περιτυλίγματα (τελικά περιτυλίγματα)

Αφού ολοκληρωθεί η ένωση, μας απομένει ένα κομμάτι ίνα που δεν έχει εξωτερικό κάλυμμα. Η ίνα πρέπει να προστατευτεί από μηχανικές ζημιές και από το νερό. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα περιτύλιγμα ανάλογο με το περιβάλλον μέσα στο οποίο πρόκειται να παραμείνει η ίνα.

Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες που θα πρέπει να υπολογίσουμε.

- Η ασφάλεια των δεδομένων. Με το εξωτερικό κάλυμμα να έχει απομακρυνθεί μπορείτε να συνδέσετε με έναν συνδετήρα έναν απλό ανιχνευτή λειτουργίας της ίνας, πάνω στην ίνα και όλα τα δεδομένα που περνούν από εκεί να αντιγράφονται.

- Η πρόσβαση σε ένα περιτύλιγμα είναι ο εύκολος τρόπος να σαμποτάρετε ένα σύστημα επικοινωνίας.

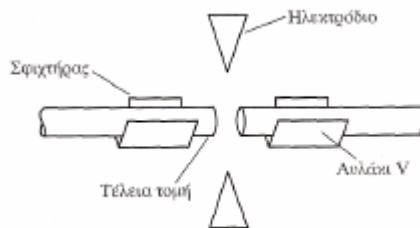
- Επίσης, υπάρχει πρόβλημα με το φως, αφού χωρίς εξωτερικό κάλυμμα και με αναπόφευκτες κάμψεις, υπάρχει ο κίνδυνος να μπει φως στο σύστημα.

- Δυσάρεστο περιβάλλον. Άλατα, οξέα, υψηλές θερμοκρασίες, θραύσεις και κάθε είδους άλλη ζημιά.

- Πρόσβαση για διορθώσεις ή για λόγους ελέγχου.

5.4.5.2.3 Κρατώντας και μετακινώντας τις ίνες μέσα στη συσκευή ένωσης

Οι ίνες διατηρούνται μέσα σε αυλακιά με σχήμα V που χαράσσονται σε κομμάτια ατσαλιού ή κεραμικού (σχήμα 5.11). Ως συνήθως, η καθαριότητα είναι πολύ σημαντική. Η ίνα καθαρίζεται και κόβεται μετά καθαρίζεται το αυλάκι σε σχήμα V με ένα σταθερό πανί, χαρτοπετσέτα ή ένα κομμάτι βαμβάκι βουτηγμένο σε ισοτροπυ-λική αλκοόλη. Μην χρησιμοποιείτε καθαριστικά αέρα υπό πίεση καθώς πολλά σκουπίδια θα εκτοξευτούν και θα χαλάσουν τις διαστάσεις του αυλακιού V. Η ίνα πιέζεται ελαφρά μέσα στο αυλάκι από έναν μαγνητικό σφιχτήρα ή σφιχτήρα βαρύτητας.



Σχήμα 5.11 Η ίνα διατηρείται στη θέση της

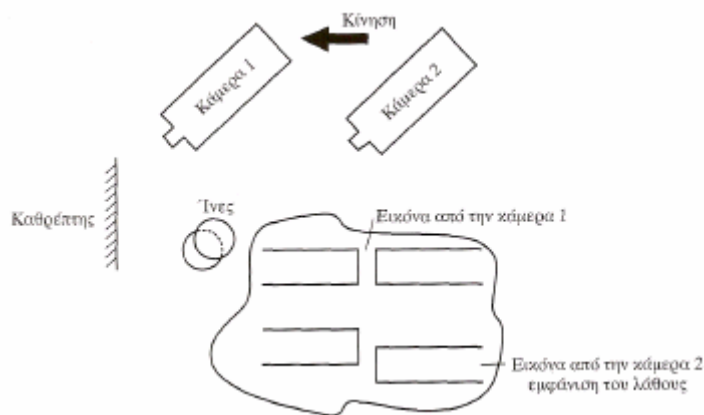
Μόλις οι ίνες σταθεροποιηθούν στο αυλάκι σε σχήμα V, μετακινούνται, μαζί με τα αυλάκια V, μέχρι οι ίνες να ευθυγραμμιστούν μεταξύ τους και τοποθετούνται ακριβώς κάτω από τα ηλεκτρόδια, που θα δημιουργήσουν το ηλεκτρικό τόξο. Σκοπεύουμε να τις τοποθετήσουμε με ακρίβεια μεγαλύτερη από 1μm.

Στις συσκευές ένωσης με την μικρότερη ακρίβεια, που είναι κατάλληλες μόνο για τις πολύτροπες ίνες, αυτό επιτυγχάνεται με τον χειρισμό μικρών εξαρτημάτων με το χέρι. Μεγαλύτερη ακρίβεια απαιτείται για τις μονότροπες ίνες, αφού ο πυρήνας τους είναι πολύ πιο μικρός.

5.4.5.2.4 Παρατηρώντας την ευθυγράμμιση

Σε όλες οι ενώσεις σύντηξης προσαρμόζουμε κάποιο μέσο για να παρατηρούμε τη θέση της ίνας και την κατάσταση των ηλεκτροδίων. Από επιτυγχάνεται ή με ένα μικροσκόπιο ή με μια κάμερα CCD. Η τάση που επικρατεί είναι οι κάμερες CCD αφού είναι πιο ευχάριστες στη χρήση και έχει το πλεονέκτημα ασφαλείας ότι προστατεύει τα μάτια μας από την υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία μπορεί να δημιουργήσει ανεπανόρθωτες βλάβες στα μάτια μας, αν κατά λάθος κοιτάξουμε μια ενεργό ίνα μέσα από ένα μικροσκόπιο.

Το οπτικό σύστημα πάντα μας επιτρέπει να βλέπουμε δύο γωνίες καθώς αλλιώς οι ίνες μπορούν να κρυφτούν η μία πίσω από την άλλη και να μοιάζουν ευθυγραμμισμένες. Ένας τρόπος για να το πετύχετε αυτό φαίνεται στο σχήμα 5.12.



Σχήμα 5.12 Παρατηρώντας την θέση της ίνας

5.4.5.3 Αυτόματη τοποθέτηση

➤ Υπάρχουν δύο μέθοδοι

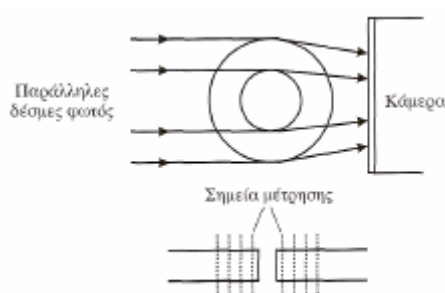
5.4.5.3.1 PAS-σύστημα ευθυγράμμισης προφίλ

Αυτή είναι η στάνταρ μέθοδος ευθυγράμμισης των ινών στις μοντέρνες συσκευές ένωσης. Η ιδέα είναι πολύ απλή. Ένα φως λάμπει μέσα στην ίνα και κατευθύνεται από μια κάμερα CCD. Η μεταβολή της έντασης του φωτός στην άκρη της τομής και στον πυρήνα λόγω των αλλαγών στους ανακλαστικούς

δείκτες, επιτρέπει στο σύστημα να ανιχνεύσει τις θέσεις τους. Αρκετές τιμές λαμβάνονται από κάθε ίνα και βρίσκεται ο μέσος όρος τους για να μειωθούν και τα μικρότερα λάθη.

Μόλις ανιχνευθούν οι θέσεις, ενεργοποιούνται μικροί βήματικοι κινητήρες για να ευθυγραμμίσουν τις δύο ίνες. Η γωνία παρατήρησης μετατρέπεται στις 90° για να επιτρέψει τον έλεγχο του συστήματος και στα δύο επίπεδα και δημιουργεί μικρές ρυθμίσεις μέχρι να ικανοποιηθεί η συσκευή ένωσης.

Η όλη λειτουργία είναι συνήθως αυτόματη αλλά μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη διαδικασία στην οθόνη υγρών κρυστάλλων. Καθώς το σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει τη θέση του πυρήνα και την τομή, κάθε λάθος εκκεντρικότητας μπορεί να καλυφθεί.



Σχήμα 5.13 PAS - ανίχνευση της θέσης της ίνας

5.4.5.3.2 LID- σύστημα έγχυσης φωτός και ανίχνευσης

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί την απώλεια κάμψης, τη διαρροή φωτός που εμφανίζεται όταν εισάγονται στην ίνα αρκετά κλειστές κάμψεις. Να θυμάστε ότι το φως μπορεί να εισαχθεί στην ίνα σε μία κάμψη, όπως μπορεί και να φύγει από μια τέτοια κάμψη.

Κάνουμε μια κάμψη στην πλευρά της εισόδου της συσκευής ένωσης και το φως - εισέρχεται στην ίνα μέσω του αρχικού απομονωτή. Το φως ταξιδεύει μέσα στην ίνα και πηδά το κενό για να βρεθεί στην άλλη ίνα. Μια παρόμοια κάμψη στην άλλη ίνα επιτρέπει στο φως να δραπετεύσει.

Ένας βήματικός κινητήρας χρησιμοποιείται για να μετακινήσει μια από τις ίνες οριζόντια και το φως που βγαίνει στην έξοδο παρακολουθείται για να βρεθεί το σημείο μέγιστης μεταφοράς φωτός. Αυτό σημαίνει ότι οι πυρήνες είναι ευθυγραμμισμένοι, τουλάχιστον σε ένα επίπεδο. Η ίνα τότε μετακινείται στο κάθετο επίπεδο μέχρι να βρεθεί και πάλι, το σημείο της μέγιστης μεταφοράς φωτός. Όλη η διαδικασία επαναλαμβάνεται μία ή δύο φορές κάνοντας όλο και πιο ακριβείς ρυθμίσεις μέχρι να φτάσει στο σημείο της καλύτερης μέγιστης μεταφοράς. Μόλις αυτό επιτευχθεί, οι ίνες ενώνονται.

5.4.5.4 Ένωση των ινών με σύντηξη

Το τόξο που εμφανίζεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων είναι περίπου 7000 volts με ρυθμιζόμενο ρεύμα μέχρι 25 mA.

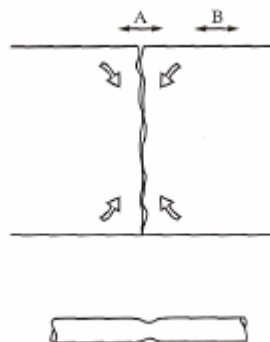
5.4.5.3.1 Προ-τήξη

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας τήξης είναι να ευθυγραμμίσουμε τις ίνες με ένα κενό στην άκρη τους ίσο με τη διάμετρο της ίνας και να εφαρμόσουμε ένα σύντομο τόξο χαμηλής ισχύος. Αυτό ονομάζεται προ-τήξη. Σκοπός του είναι να καθαρίσει και να στεγνώσει τις επιφάνειες των άκρων στις τομές, για να μην παγιδεύεται τίποτε ανεπιθύμητο μέσα στην ένωση. Μπορεί να απομακρύνει πολύ μικρές προεξοχές από την τομή αλλά μην περιμένετε θαύματα. Δεν μπορεί να διορθώσει μια ίνα κακής ποιότητας.

5.4.5.3.2 Κύρια τήξη

Μετά, ενώνονται οι ίνες και ασκείται κάποια επιπλέον πίεση στις άκρες. Η επιπλέον πίεση επιτρέπει τις ίνες να κινούνται η μία προς την άλλη ελαφρώς καθώς έλιωναν. Το πόσο μπορούν να μετακινηθούν οι ίνες, που ονομάζεται απόσταση υπερτροφοδότησης ή γέμισης, είναι πολύ σημαντική. Δεν είναι ικανοποιητική μια ένωση με πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή απόσταση γέμισης.

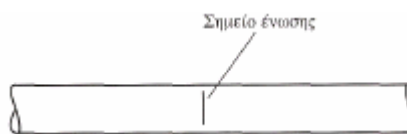
Ο λόγος που εισάγουμε την υπερτροφοδότηση φαίνεται στο σχήμα 7.12. Στο σχήμα, η κομμένη άκρη της ίνας φαίνεται πολύ μεγενθυσμένη και, ακόμη και με μια καλή τομή η επιφάνεια δεν είναι ποτέ εντελώς λεία. Όταν ενώνουμε δύο ίνες υπάρχουν κάποια μικρά κενά αέρος, που σημαίνει μέσα στην περιοχή A υπάρχει λιγότερο γυαλί απ' ότι στο ίδιο μήκος, που παρουσιάζεται στο B. Όταν το ηλεκτρικό τόξο λιώνει την άκρη της ίνας, το γυαλί καταρρέει εσωτερικά, γεμίζοντας τα κενά αέρος. (Σχήμα 5.14).



Σχήμα 5.14 Η ανάγκη υπερτροφοδότησης

Το τόξο της κύριας τήξης είναι πιο ισχυρό και διαρκεί για περισσότερο χρόνο, μεταξύ 10 και 20 δευτερόλεπτα.

Αν η ένωσης μπει στο μικροσκόπιο, είναι πολύ σημαντικό να ελέγξουμε το βιβλίο οδηγιών για να δούμε αν μπορούμε να παρατηρήσουμε την ίνα κατά τη διάρκεια της ένωσης. Το τόξο εκπέμπει υπεριώδες φως και καθώς το μικροσκόπιο επικεντρώνει το φως υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσουμε μόνιμη ή προσωρινή βλάβη στο μάτια μας. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της τήξης με ηλεκτρικό τόξο χωρίς προστασία των ματιών μας. Τα περισσότερα μικροσκόπια έχουν φίλτρο UV (και ένα υπέρυθρο φίλτρο) για να προστατέψουν τα μάτια μας, αλλά ελέγξτε το εγχειρίδιο πρώτα. Αυτό είναι ένα ακόμη πλεονέκτημα για να διαλέξουμε μια κάμερα CCD και μια οθόνη.



Σχήμα 5.15 Αυτό ελπίζουμε να δούμε

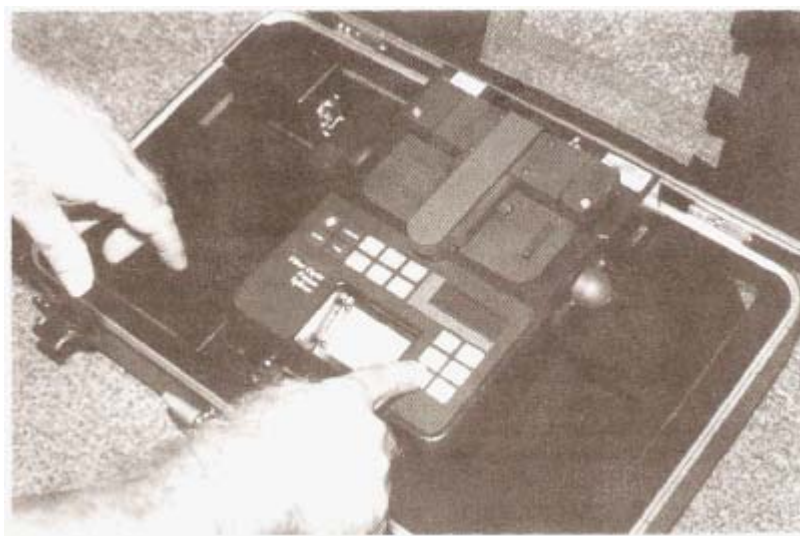
Μόλις ολοκληρωθεί η τήξη, κοιτάξτε καλά την ένωση. Αν την διακρίνουμε με δυσκολία, τότε είναι μάλλον καλή (σχήμα 5.15). βλέπουμε οι εξωτερικές άκρες του περιβλήματος να είναι παράλληλα, όπως μια καινούργια συνεχής ίνα. Μερικές φορές μια μικρή άσπρη γραμμή εμφανίζεται στον πυρήνα αλλά αυτό δεν είναι που σημαντικό και μπορούμε να το αγνοήσουμε. Δες το σχήμα 5.16 για όλες τις καταστροφές που μπορεί να εμφανιστούν.



Σχήμα 5.16 Καταστροφές ένωσης

5.4.5.3 Αυτόματος έλεγχος ένωσης

Όταν ολοκληρωθεί η ένωση, οι θέσεις της ίνας ελέγχονται ξανά και υπολογίζεται και εμφανίζεται η απώλεια της ένωσης. Παρόλο που ο υπολογισμός είναι σχετικά ακριβής, αποτελεί μόνο υπολογισμό και όχι μέτρηση. Για να είμαστε πράγματι σίγουροι, η απώλεια πρέπει να μετρηθεί και αυτό πρέπει να γίνει αφού προσαρμόσουμε το προστατευτικό κάλυμμα, για την περίπτωση που η ένωση καταστραφεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αυτής.



Σχήμα 5.17. Συσσκευή μόνιμων συνδέσεων ινών, με τήξη.

5.4.6 Μηχανικές ενώσεις

Η μηχανική ένωση επιτελεί παρόμοια λειτουργία με την ένωση σύντηξης εκτός του ότι οι ίνες κρατιούνται μαζί με μηχανικά μέσα και όχι με την τεχνική τήξης. Εξωτερικά μοιάζουν πάρα πολύ με τα προστατευτικά καλύμματα των ενώσεων.

❖ Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Δεν χρειάζονται καμία τροφοδοσία, και δεν χρειάζονται καθόλου εργαλεία εκτός από μια συσκευή απομάκρυνσης του καλύμματος και έναν κόπτη, έτσι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις μηχανικές ενώσεις σε περιπτώσεις, όπου οι ενώσεις σύντηξης δεν τα καταφέρνουν. Οι μηχανικές ενώσεις συχνά χρησιμοποιούνται και πάλι και μπορούν να προσαρμοστούν σε λιγότερο από δύο λεπτά, πράγμα που τις κάνει ιδανικές για προσωρινές συνδέσεις.

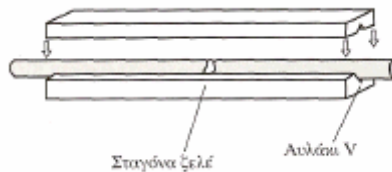
Τα μειονεκτήματα είναι ότι προκαλούν απώλεια, που ονομάζεται απώλεια εισαγωγής, περίπου 0,1 - 0,3 dB ανά σύνδεση, που είναι πολύ υψηλότερη από ότι σε μια καλή ένωση σύντηξης. Αυτό υπονοεί ότι η ένωση σύντηξης είναι η πρώτη επιλογή σε περιπτώσεις όπου οι απώλειες είναι πολύ σημαντικές.

❖ Πώς λειτουργούν

Ουσιαστικά, είναι πολύ απλή η λειτουργία τους. Η ίνες πρέπει να απογυμνωθούν, να καθαριστούν και να κοπούν. Μετά πρέπει να ευθυγραμμιστούν και κατόπι να σταθεροποιηθούν στη θέση τους ή με κόλλα εποξική ή με μηχανικούς συνδετήρες.

⇒ Υπάρχουν μόνο τρεις βασικοί μέθοδοι

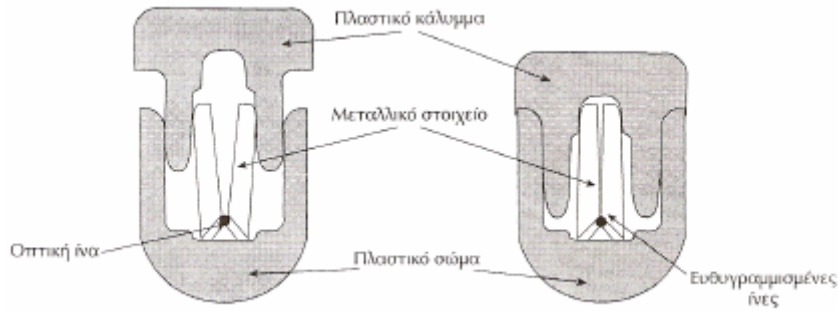
5.4.6.1 Αυλάκι σε σχήμα V



Σχήμα 5.18 Αρχή λειτουργίας των περισσότερων μηχανικών ενώσεων

Οι περισσότερες μηχανικές ενώσεις σχεδιάζονται γύρω από το αυλάκι σε σχήμα V. Αποτελούνται από μια επίπεδη βάση στην οποία χαράζεται ή δημιουργείται το αυλάκι.

Οι έτοιμες ίνες τοποθετούνται στο αυλάκι και οι άκρες τους έρχονται σε επαφή. Χρησιμοποιείται κάποια ποσότητα ζελέ με ταιριαστό δείκτη για να καλύψει το κενό μεταξύ των δύο άκρων και να εμποδίσει την απώλεια κενού μειώνοντας την ανάκλαση Fresnel. Μετά, ένας μηχανισμός σταθεροποίησης κρατά τις ίνες στη θέση τους και παρέχει μηχανική προστασία στην ίνα.



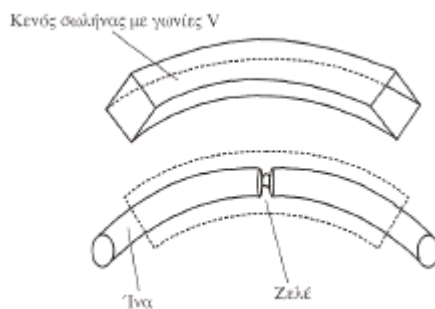
Σχήμα 5.19. Μηχανική σύνδεση Fiberlok

5.4.6.2 Σωλήνας κάμψης

Αν σπρώξετε ένα κομμάτι ίνας μέσα σε έναν σωλήνα που κάνει μια καμπύλη, η ελαστικότητα της ίνας θα την αναγκάσει να ακολουθήσει το εξωτερικό της καμπύλης. Τώρα, αν ο σωλήνας είναι τετράγωνος, η ίνα θα ακολουθήσει την πιο μακρινή γωνία. Η γωνία αυτή μοιάζει πολύ με το αυλάκι σε σχήμα V αφού η ίνα είναι τοποθετημένη στο τοίχωμα του σωλήνα που έχει σχήμα V. Αυτό ονομάζεται σχέδιο *λυγισμένου σωλήνα*. Μια μικρή ποσότητα ζελέ με ταιριαστό δείκτη προστίθεται πριν εισαχθούν οι ίνες. Σε μερικά σχέδια, χρησιμοποιείται κυκλικός λυγισμένος σωλήνας αλλά η αρχή είναι ακριβώς η ίδια.

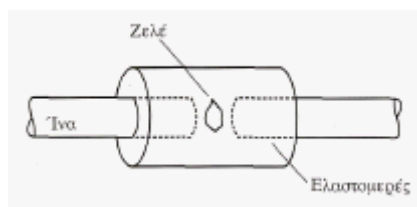
5.4.6.3 Σωλήνας ακριβείας

Αυτός ο τύπος είναι πολύ απλός. Μια τρύπα, λίγο μεγαλύτερη από τη διάμετρο της ίνας σχηματίζεται σε ένα κομμάτι κεραμικό ή άλλο υλικό. Όταν εισάγουμε ένα κομμάτι γυμνή ίνα από κάθε άκρη, οι δύο ίνες αναγκαστικά ευθυγραμμίζονται όταν συναντιούνται. Οι απώλειες εισαγωγής είναι υψηλότερες από τους άλλους τύπους λόγω της ανοχής της διαμέτρου της τρύπας.



Σχήμα 5.20 Το σχέδιο λυγισμένου σωλήνα

Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή της ιδέας αυτής είναι να χρησιμοποιήσουμε μια τρύπα σε ένα ελαστομερές υλικό όπως δείχνει το σχήμα 5.21. Το ελαστομερές υλικό ανήκει σε μια ομάδα μαλακών πλαστικών που επιστρέφουν στην αρχική τους φόρμα μετά το νεφορμάρισμα τους.



Σχήμα 5.21 Μια ελαστομερής ένωση

Μπορούμε να κάνουμε μια γρήγορη και πολύ απλή ένωση από το υλικό αυτό αν απλά δημιουργήσουμε μια πιο μικρή τρύπα στο κέντρο του. Όταν εισαχθούν οι ίνες από κάθε άκρη, ευθυγραμμίζονται λόγω της ελαστικότητας του ελαστομερούς, με αποτέλεσμα απώλεια εισαγωγής μόλις 0,2 dB.

Στο κέντρο της ένωσης υπάρχει ένα σφαιρίδιο από ζελέ με ταιριαστό δείκτη. Αυτή η μορφή ένωσης είναι για προσωρινή σύνδεση μέσα στο εργαστήριο και ολοκληρώνεται μέσα σε δευτερόλεπτα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια σύριγγα για να τοποθετήσουμε μέσα στην ένωση και άλλο ζελέ με ταιριαστό δείκτη και, με τον τρόπο αυτό, μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί μέχρι 50 φορές. Δεν χρειάζεται καθόλου εργαλεία αφού απογυμνωθεί και καθαριστεί η ίνα.

5.4.7 Προδιαγραφές ενώσεων

Οι προδιαγραφές δίνουν πληροφορίες για διάφορα πράγματα.

5.4.7.1 Η διάμετρος τομής και απομονωτή

Η διάμετρος τομής. Συνήθως είναι 125 μπι για τις περισσότερες ίνες, λίγο περισσότερη ανοχή είναι αποδεκτή στις ελαστομερείς ενώσεις λόγω της ελαστικότητας του υλικού, η διάμετρος του απομονωτή είναι ή 250 μπι ή 900 μπι ανάλογα με το αν είναι ο αρχικός ή ο δευτερεύον απομονωτής.

5.4.7.2 Απώλεια εισαγωγής

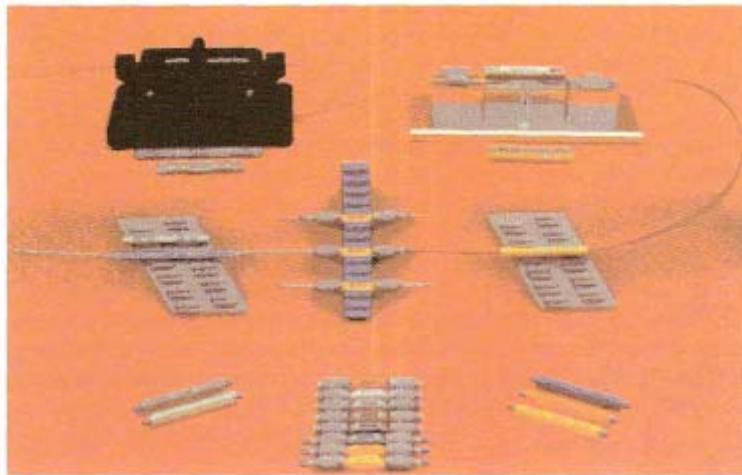
Είναι η απώλεια που προκαλείται από τη συσκευή όταν την εγκαθιστούμε στο σύστημα. Οι τυπικές τιμές είναι γύρω στα 0,2 dB.

5.4.7.3 Απώλεια επιστροφής

Είναι η αναλογία του εισερχόμενου φωτός που ανακλάται και πάλι πίσω στην ίνα. Συνήθως μεταξύ -40 dB και -60 dB. Η χαμηλή απώλεια είναι το αποτέλεσμα της πρόσθεσης του ζελέ με ταιριαστό δείκτη για να μειωθεί η ανάκλαση Fresnel.

5.4.7.4 Τέντομα της ίνας

Πόσο μπορούμε να τεντώσουμε την ολοκληρωμένη ένωση μέχρι αυτή να σπάσει; η κατάσταση θραύσης μπορεί να είναι προφανής και καταστροφική καθώς η ίνα στην πραγματικότητα αποσυνδέεται ή οι άκρες της ίνας διαχωρίζονται ελαφρώς, προκαλώντας τεράστια απώλεια κενού, αλλά καμία ορατή ζημιά. Οι τυπικές τιμές είναι γύρω στα 4 N αλλά φτάνουν μέχρι και τα 180 N όταν εφαρμόζουμε το σωστό εξωτερικό προστατευτικό κάλυμμα.



Εξαρτήματα ενώσεων

5.4.8 Επιλογή τύπου μόνιμης σύνδεσης

✓ Η επιλογή του τύπου σύνδεσης ελέγχεται από:

1. Τον τύπο της ίνας. Οι περισσότερες μονότροπες ίνες συνδέονται με τήξη, λόγω των χαμηλότερων απωλειών και απωλειών ανάκλασης. Οι πολύτροπες ίνες, με την πολύπλοκη κατασκευή πυρήνα, δε συνδέονται εύκολα με τήξη, οπότε οι μηχανικές συνδέσεις προτιμώνται ως απλούστερες και χαμηλότερου κόστους.

- 2.Τις απώλειες, μαζί με της απώλειες ανάκλασης. Οι σημερινές συνδέσεις με τήξη παρέχουν εξαιρετικά χαμηλές απώλειες, ενώ τα καλύτερα βύσματα πλησιάζουν τις απώλειες των μηχανικών συνδέσεων.
- 3.Η φυσική αντοχή. Η διαδικασία κόλλησης που χρησιμοποιείται στις συνδέσεις τήξης παρέχει μεγαλύτερη φυσική αντοχή.
- 4.Ευκολία εγκατάστασης. Μία πλήρως αυτοματοποιημένη συσκευή συνδέσεων με τήξη εκτελεί ολόκληρη τη διαδικασία με το πάτημα ενός κουμπιού. Οι τεχνικές μηχανικής σύνδεσης ποικίλλουν, αλλά συνήθως είναι ευκολότερες από τις τεχνικές βυσμάτωσης.
- 5.Κόστος ανά σύνδεση. Στην περίπτωση της σύνδεσης με τήξη, η οποία είναι και η συνηθέστερη για νέες εγκαταστάσεις μονότροπων ινών, η αρχική επένδυση κεφαλαίου είναι γενικά πολύ υψηλότερη από το κόστος της μηχανικής σύνδεσης. Η αγορά μίας συσκευής συνδέσεων με τήξη κοστίζει από 10.000 Ευρώ (\$7000) έως 71.429 Ευρώ (\$50000). Μέσα σε αυτό το εύρος τιμών περιλαμβάνονται όλα, από τα πλήρως χειροκίνητα μέχρι τα πλήρως αυτόματα συστήματα τήξης. Ωστόσο, επιτυγχάνουν πολύ χαμηλές απώλειες σύνδεσης (μερικές φορές έως και 0 dB), χωρίς καθόλου απώλειες ανάκλασης. Ένα επιπλέον όφελος της σύνδεσης με τήξη είναι ότι η μηχανική αντοχή της ίνας παραμένει σχεδόν στο επίπεδο της αρχικής ίνας, δηλαδή από 3400 έως 5100 atm.

[26]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Συνδετήρες - Προσαρμογείς και Συζεύκτες

6.1 Συνδετήρες

Οι συνδετήρες (*connectors*) και οι προσαρμογείς (*adapters*) είναι τα βύσματα και οι υποδοχές σε ένα σύστημα οπτικών ινών.

Οι συνδετήρες είναι πιο δύσκολο να σχεδιαστούν σε σύγκριση με τις μηχανικές ενώσεις. Αυτό οφείλεται στην επιπρόσθετη ανάγκη να απομακρυνθούν και να αντικατασταθούν πολλές φορές. Άλλο είναι να βρεις τρόπο να ευθυγραμμίσεις δύο ίνες αλλά είναι κάτι άλλο αν οι ίνες πρέπει να αποσυνδεθούν και να ανασυνδεθούν χίλιες φορές και να συνεχίζουν να λειτουργούν καλά.

Αν δύο ίνες πρόκειται να συνδεθούν, κάθε ίνα έχει προσαρμοσμένο έναν συνδετήρα και συνδέεται σε έναν προσαρμογέα. Ο προσαρμογέας βασικά είναι ένας σωλήνας στον οποίο εισέρχονται οι δύο συνδετήρες. Τους κρατά ευθυγραμμισμένους και οι συνδετήρες σταθεροποιούνται στον προσαρμογέα για να παρέχουν μηχανική υποστήριξη. Ο προσαρμογέας φαίνεται σαν τμήμα του σχήματος.

Η σχεδίαση των συνδετήρων έγινε με βάση εκείνους που χρησιμοποιούνται για τα ομοαξονικά χάλκινα καλώδια, και συνήθως οι κατασκευαστές τους προσαρμόζουν σε μερικά μέτρα ίνας που ονομάζεται *σπειροειδής σύνδεσμος (pigtail)*.

Είναι καλό να προσαρμόζεται ο συνδετήρας στο εργοστάσιο, αφού έτσι γλιτώνουμε χρόνο και έχουμε υψηλά στάνταρ απόδοσης.

Όταν αγοράζουμε έναν συνδετήρα, πάντα συνοδεύεται από ένα πλαστικό κάλυμμα για τη σκόνη που προστατεύει την άκρη της οπτικής ίνας. Είναι πολύ κακό να αφήσετε τις ίνες εκτεθειμένες χωρίς τα καλύμματα αυτά.

Πριν δούμε με λεπτομέρειες τα διάφορα είδη συνδετήρων, θα δούμε τις κύριες παραμέτρους που καλύπτονται στις προδιαγραφές τους για να μπορούμε να καταλάβουμε τα δεδομένα των κατασκευαστών. { 9 }



6.1.1 Παράμετροι συνδετήρων

6.1.1.1 Απώλεια εισαγωγής

Είναι η πιο σημαντική μέτρηση της απόδοσης ενός συνδετήρα. Φανταστείτε ότι έχουμε ένα κομμάτι ίνας που έχει σπάσει και ξανασυνδέεται με δύο συνδετήρες και έναν προσαρμογέα στη σειρά. Αν μετρήσουμε την απώλεια του συστήματος και βρούμε ότι ξεπερνά τα 0,4 dB αυτή είναι η τιμή της απώλειας εισαγωγής. Είναι η απώλεια που προκαλείται από την εισαγωγή ενός συνδεδεμένου ζευγαριού συνδετήρων σε μια ίνα. Προσέξτε να βεβαιωθείτε αν η απώλεια αυτή για έναν συνδετήρα είναι για το ζευγάρι ή για κάθε έναν συνδετήρα.

Τυπική τιμή: 0,2 - 0,5 dB ανά συνδεδεμένο ζευγάρι.

6.1.1.2 Απώλεια επιστροφής

Είναι ένα μέτρο της ανάκλασης Fresnel. Η ισχύς αυτή ανακλάται έξω από τον συνδετήρα και πάλι προς την πηγή του φωτός. Τα λέιζερ και οι φωτοδιόδοι που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των πολύτροπων ινών δεν επηρεάζονται σημαντικά από την ισχύ ανάκλασης και έτσι η απώλεια

επιστροφής δεν δίνεται συνήθως σ' αυτή την περίπτωση. Στα μονότροπα συστήματα το λέιζερ επηρεάζεται και δημιουργεί θόρυβο εξόδου. Οι προμηθευτές λέιζερ σας συμβουλεύουν για τα επιτρεπτά όρια της απώλειας επιστροφής.

Τυπική τιμή: - 40 dB

6.1.1.3 Διάρκεια σύνδεσης

Επίσης ονομάζεται και μεταβολή απώλειας εισαγωγής. Είναι μέτρο του πόσο θα αυξηθεί η απώλεια εισαγωγής με τη χρήση, αφού συνδεθεί και αποσυνδεθεί πολλές φορές.

Τυπική τιμή: 0,2 dB για 1000 συνδέσεις

6.1.1.4 Θερμοκρασία λειτουργίας

Τυπικές τιμές: -25°C μέχρι +80°C

6.1.1.5 Αντοχή καλωδίου

Ονομάζεται και αντοχή στο τάνυσμα ή φορτίο απόσπασης. Αυτό είναι το φορτίο που μπορεί να εφαρμοστεί στο καλώδιο πριν η ίνα αποσπαστεί από τον συνδετήρα. Η τιμή είναι ίδια με το τάνυσμα εγκατάστασης σε ένα καλώδιο ελαφρών εργασιών.

Τυπική τιμή: 200 N

6.1.1.6 Δυνατότητα επανάληψης

Είναι μέτρο του πόσο σταθερή είναι η απώλεια εισαγωγής όταν τον αποσυνδέουμε και μετά ξανασυνδέουμε. Δεν είναι πρόβλημα φθοράς, όπως η διάρκεια σύνδεσης, αλλά απλά ένας έλεγχος του αν ο συνδετήρας και ο προσαρμογέας έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε η διαδρομή του φωτός να είναι ταυτόσημη κάθε φορά που γίνεται η σύνδεση.

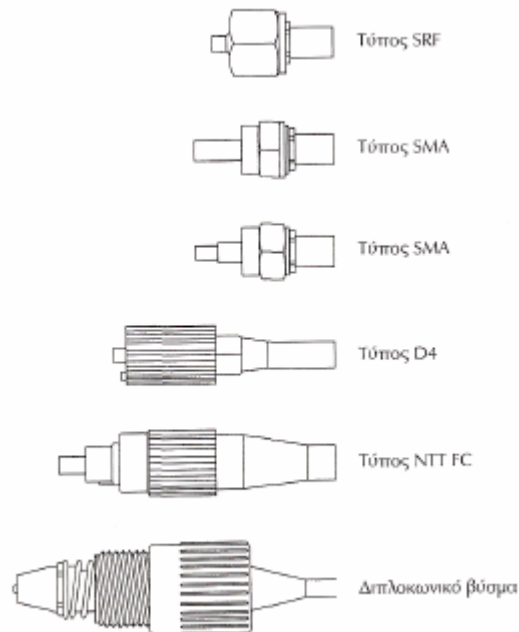
Είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για έναν συνδετήρα αλλά δεν δίνεται πάντα στις προδιαγραφές λόγω του ότι είναι δύσκολο να συμφωνήσουν σε μια ομοιόμορφη μέθοδο υπολογισμού του. Μερικοί κατασκευαστές δίνουν μια τιμή, άλλοι χρησιμοποιούν περιγραφικούς όρους όπως "υψηλή" ή "πολύ υψηλή". Η απώλεια εισαγωγής που δίνεται πρέπει κανονικά να είναι η μέση απώλεια εισαγωγής για μια σειρά συνδέσεων. Δηλαδή, υπολογίζοντας και τη δυνατότητα επανάληψης.

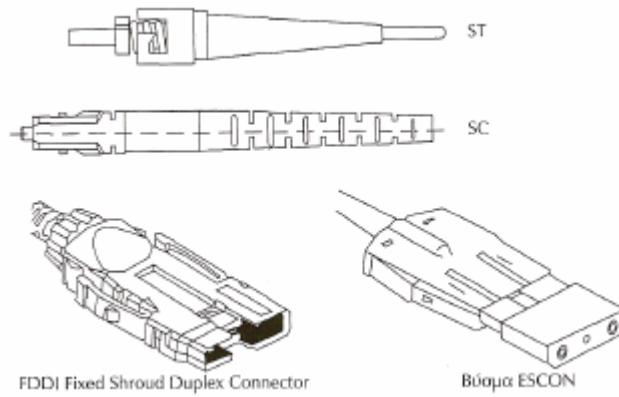
⇒ **Βύσματα**

Υπενθυμίζεται, ότι τα βύσματα χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό των οπτικών ινών, για εφαρμογή σε μη-σταθερές συνδέσεις. Γι' αυτό, κατασκευάζονται έτσι, ώστε να μπορούν να συνδέονται και να αποσυνδέονται εκατοντάδες, ίσως και χιλιάδες φορές. Επειδή κανένα βύσμα δεν είναι ιδανικό για όλων των ειδών τις συνδέσεις, έχει αναπτυχθεί μία μεγάλη ποικιλία διαφόρων τύπων βυσμάτων. Γενικά, τα βύσματα ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες:

1. Ελαστικής λαβής
2. Σταθερής λαβής
3. Υβριδικοί τύποι αυλακωτής πλάκας
4. Επεκτεινόμενης δέσμης
5. Περιστροφικά

Παραδείγματα των τύπων αυτών απεικονίζονται στο σχήμα 6-3. Όσον αφορά τη μεταξύ τους συμβατότητα, αν και λίγοι από τους αρχικούς τύπους ακολούθησαν κάποια συμβατότητα, σήμερα παρατηρείται μεγαλύτερη συμβατότητα ιδίων τύπων από διαφορετικούς κατασκευαστές (π.χ. AT&T ST σε AMP ST, σχήμα 6.1).

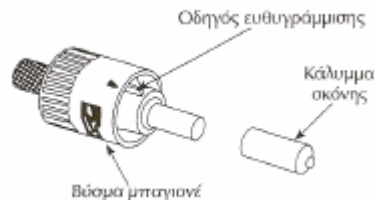




Σχήμα 6.1. Δημοφιλείς τύποι βυσμάτων.

Αν και δεν υπάρχει πλήρης συμβατότητα, οι περισσότεροι δακτύλιοι βυσμάτων έχουν διάμετρο 2,5 mm με χαλαρή στερέωση για κάποιο πρώτο έλεγχο. Για παράδειγμα, τοποθετώντας το δακτύλιο ενός ST σε μια ζεύξη FC, μπορούμε να εκτελέσουμε ένα γρήγορο έλεγχο συνέχειας. Προσαρμοστές μεταξύ διαφορετικών τύπων βυσμάτων γενικά διατίθενται ως περαστοί ή κολλητοί. Αν και δεν υπάρχει ένας και μοναδικός τύπος βύσματος ιδανικός για όλες τις εφαρμογές, παρακάτω αναγράφονται οι περισσότερο δημοφιλείς τύποι:

Επικοινωνίες δεδομένων (κυρίως πολύτροπες)	Τηλεπικοινωνίες (κυρίως μονότροπες)
SMA (σπάνιος τύπος)	FC/PC (πολύ διαδεδομένος τύπος)
ST (πολύ συνηθισμένος τύπος)	ST (μονότροπη έκδοση)
SC (σε νεότερα συστήματα)	SC (αυξανόμενης διάδοσης)
FDDI (duplex)	D4 (σπάνιος τύπος)
ESCON (duplex)	Διπλοκωνικός (σπάνιος τύπος)



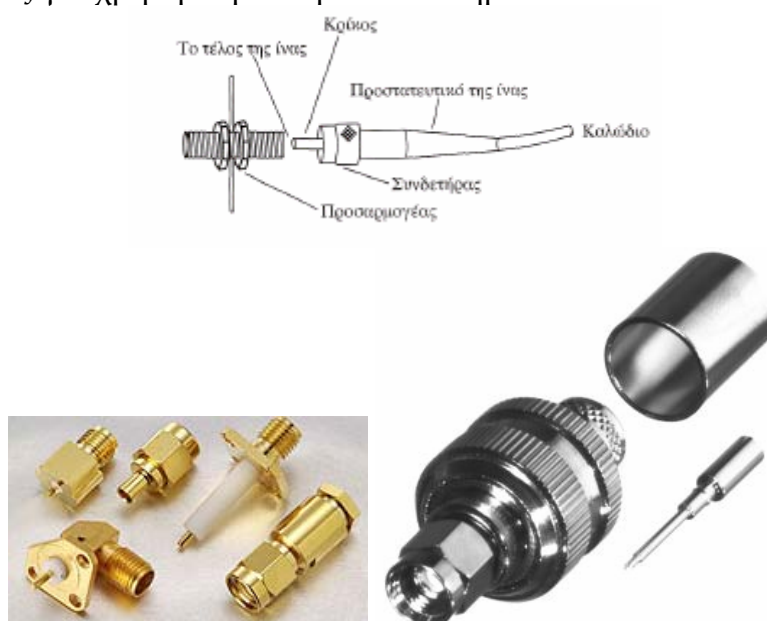
Σχήμα 6.5. Ένα τυπικό βύσμα ST^T (της AT&T) αποτελείται από το σώμα και το μηχανισμό ασφάλισης στο καλώδιο

6.1.2 Τύποι συνδετήρων

Αν εξαιρέσουμε τον πρώτο καιρό όταν οι συνδετήρες κατασκευάζονταν από συμπαγή ορείχαλκο και προσαρμόζονταν στο εργοστάσιο, οι πρώτοι μοντέρνοι, προσαρμοζόμενοι στον χώρο εφαρμογής, συνδετήρες ήταν οι SMA. Υπάρχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ των διάφορων τύπων συνδετήρων και αυτός είναι ένα πολύ καλό σημείο εκκίνησης. Οι συνδετήρες σχεδόν πάντα συναρμολογούνται χρησιμοποιώντας εποξική κόλλα και δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. [51]

6.1.2.4 SMA (συναρμολόγηση μινιατούρας)

Ο συνδετήρας SMA παραγκωνίστηκε από πιο μοντέρνα σχέδια, αλλά πολλοί από αυτούς χρησιμοποιούνται ακόμη. Για να συνδέσουμε δύο ίνες, απλά βιδώνουμε έναν συνδετήρα σε κάθε άκρη του προσαρμογέα. Χρησιμοποιείται μόνο για πολύτροπα συστήματα αφού οι απώλειες είναι πολύ μεγάλες για χρήση σε μονότροπα συστήματα.



Σχήμα 6.3 Συνδετήρας SMA

❖ Το κενό αέρα

Το μήκος του προσαρμογέα εξασφαλίζει ότι οι άκρες των δύο μεταλλικών κρίκων διαχωρίζονται από ένα κενό αέρα, αρκετά μικρό για να επιτρέπει στο φως να υπερπηδάει το κενό και να φτάνει στην άλλη ίνα. Αυτό δημιουργεί το πρώτο πρόβλημα. Πόσο σφιχτά πρέπει να το βιδώσουμε; Αν δεν το βιδώσουμε αρκετά σφιχτά, οι απώλειες θα είναι πολύ μεγάλες. Αν το βιδώσουμε πολύ σφιχτά θα δημιουργήσουμε τριβή στις όψεις των δύο ινών

και θα προκαλέσουμε θραύσματα στο γυαλί ή θα το χαράξουμε. Αν γίνει αυτό, πρέπει να απομακρύνουμε και να πετάξουμε τον συνδετήρα.

❖ Δυνατότητα επανάληψης

Οι μεταλλικοί κρίκοι έχουν μια τρύπα στο κέντρο τους για να περνά η γυμνή ίνα (αφού απομακρύνουμε τον αρχικό απομονωτή) και είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι ή κεραμικό. Στην περίπτωση του ανοξείδωτου ατσαλιού, πρέπει να ανοίξουμε μια τρύπα με διάμετρο 127 μμ. Αν η τρύπα αυτή δεν είναι ακριβώς στο κέντρο ή είναι λίγο μεγαλύτερη, μπορεί να προκαλέσει απώλεια εκκεντρικότητας. Από τα δύο είδη το κεραμικό είναι πολύ πιο ανώτερο. Το κεραμικό "αναπτύσσεται" πάνω σε ένα κομμάτι σύρμα με το κατάλληλο πάχος. Όταν απομακρύνουμε το σύρμα, υπάρχει μια πολύ πιο ακριβής τρύπα.

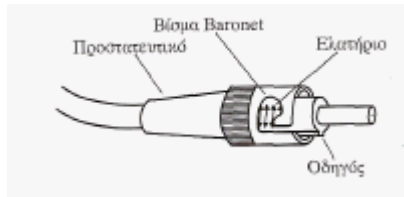
Λόγω της λάθος ευθυγράμμισης και της κάποιας διαφοροποίησης στη συναρμολόγηση του συνδετήρα, υπάρχουν απώλειες που διαφέρουν σε μέγεθος αφού ο συνδετήρας περιστρέφεται μαζί με τον προσαρμογέα. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι μας επιτρέπει να βελτιώσουμε τη σύνδεση παρατηρώντας τις απώλειες καθώς ο συνδετήρας περιστρέφεται. Αυτό είναι καλό μόνο αν όλοι όσοι χρησιμοποιούν τον συνδετήρα έχουν τον εξοπλισμό, τον χρόνο και την υπομονή που χρειάζεται για να κάνουν τις τελικές ρυθμίσεις. Είναι πολύ καλύτερα να γνωρίζουμε την απώλεια κάθε φορά που ενώνουμε τους συνδετήρες εξασφαλίζοντας ότι μπορούν να συνδυαστούν σε μια μόνο θέση. Ο SMA έχει μικρή δυνατότητα επανάληψης γιατί μπορεί να συναρμολογηθεί σε οποιαδήποτε τυχαία θέση. Είναι συνηθισμένο να εισάγουμε τον συνδετήρα, να υπολογίζουμε την απώλεια και μετά να τον περιστρέψουμε για 90° και να μετρήσουμε και πάλι.

6.1.2.5 ST

Αυτός αναπτύχθηκε, για να ξεπεράσει πολλά από τα προβλήματα του SMA και τώρα είναι η πιο δημοφιλής επιλογή συνδετήρα για τις πολύτροπες ίνες. Επίσης διατίθεται και για μονότροπα συστήματα.

Τώρα υπάρχει μια μόνο θέση μέσα στην οποία μπορεί να ταιριάξει ο συνδετήρας στον προσαρμογέα.

Το βύσμα που βιδώνει, του SMA, αντικαταστάθηκε από μια ειδική προσαρμογή για να μην ανησυχούμε αν ο συνδετήρας χαλαρώσει. Ο μεταλλικός κρίκος έχει ένα ελατήριο ώστε η πίεση στο άκρο του κρίκου να μην ελέγχεται από το άτομο που προσαρμόζει τον συνδετήρα. Δεν ανησυχούμε όπως στο SMA πόσο σφιχτά να βιδώσουμε το παξιμάδι.



Σχήμα 6.4 Ο συνδετήρας ST

❖ Τρόποι λείανσης

Η ίνα που περνάει μέσα από το κέντρο του συνδετήρα λειάνεται κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης του συνδετήρα για να βελτιώσει τη μεταφορά φωτός μεταξύ των συνδετήρων. Υπάρχουν τρεις διαφορετικού τύπου που ονομάζονται

1. Επίπεδου τελειώματος,
2. Φυσικής επαφής (PC),
3. Γωνιακής φυσικής επαφής (APC).

Πολλοί από τους συνδετήρες κυκλοφορούν με διαφορετικούς τύπους τελειώματος και έτσι βλέπουμε στο τέλος του ονόματος του συνδετήρα να προστίθεται και ένα PC ή APC. Αν δεν αναφέρεται τίποτε, υποθέτουμε πως είναι επίπεδου τελειώματος.

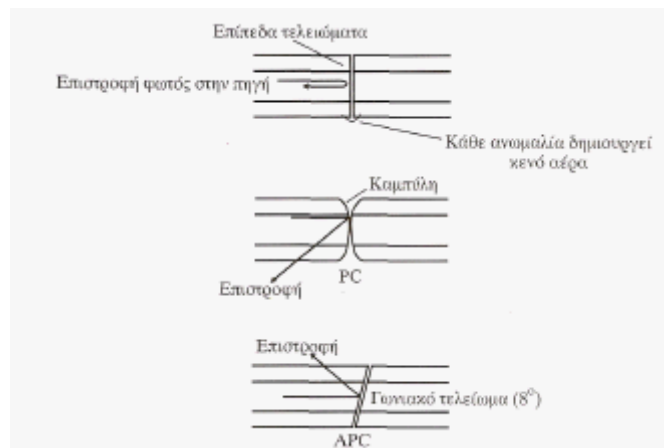
Στο επίπεδο τελείωμα απλά λειάνεται για να παράγει μια ομαλή, επίπεδη άκρη στην ίνα ώστε το φως να βγαίνει κατευθείαν από τον συνδετήρα μέσα στην αποδεκτή γωνία της άλλης ίνας.

Στην περίπτωση του τελειώματος PC, η ίνα λειάνεται για να δημιουργήσει μια ελαφριά καμπύλη. Ο συνδετήρας PC έχει δυο πλεονεκτήματα. Όπως υπονοεί και το όνομα του, οι δυο ίνες κάνουν τη φυσική επαφή και επομένως περιορίζουν το κενό αέρα που οφείλεται σε μικρές απώλειες εισαγωγής. Η καμπυλωτή άκρη της ίνας επίσης μειώνει την απώλεια επιστροφής ανακλώντας το φως έξω από την ίνα.

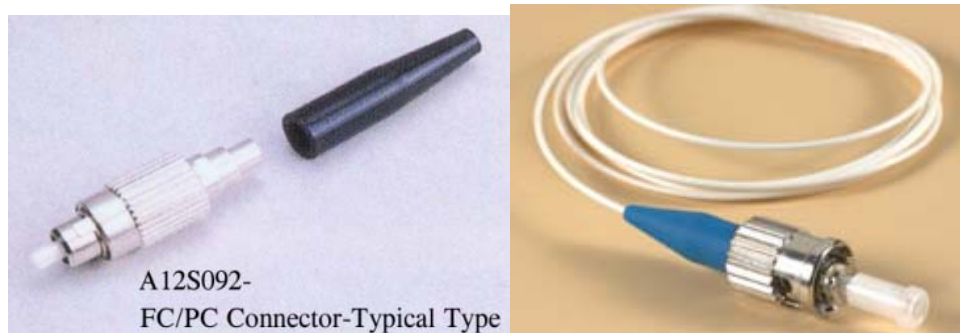
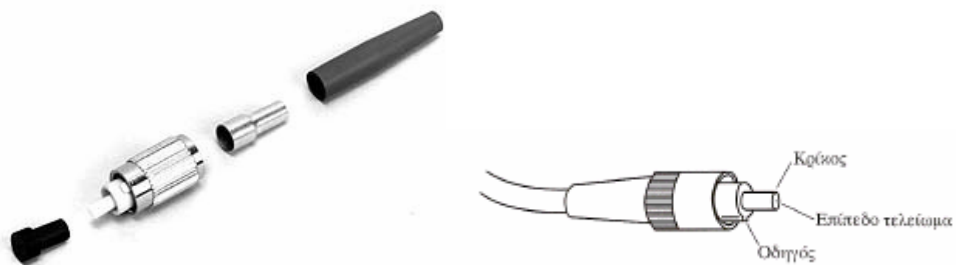
Το τελείωμα APC έχει σαν αποτέλεσμα πολύ μικρές απώλειες επιστροφής. Είναι απλά ένα επίπεδο τελείωμα σε γωνία συνήθως 8°. Όταν εμφανίζεται ανάκλαση Fresnel, η περισσότερη από την ισχύ ανάκλασης βρίσκεται σε γωνία μικρότερη από την κρίσιμη γωνία και δεν μεταδίδεται και πάλι πίσω κατά μήκος της ίνας.

6.1.2.6 Συνδετήρας ίνας, φυσικής επαφής (FCPC)

Διατίθεται και σαν FC (επίπεδη άκρη) ή FC APC (γωνιακή φυσική επαφή). Ο FCPC είναι ένας συνδετήρας πολύ καλής ποιότητας που σχεδιάστηκε για μονότροπα συστήματα μεγάλων αποστάσεων και έχει πολύ μικρές απώλειες. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εργασίες πολύ καλής ποιότητας σε πολύτροπα συστήματα, αν χρειαστεί, και συχνά βρίσκεται σε εξοπλισμό ελέγχου.



Σχήμα 6.5 Εναλλακτικά τελειώματα





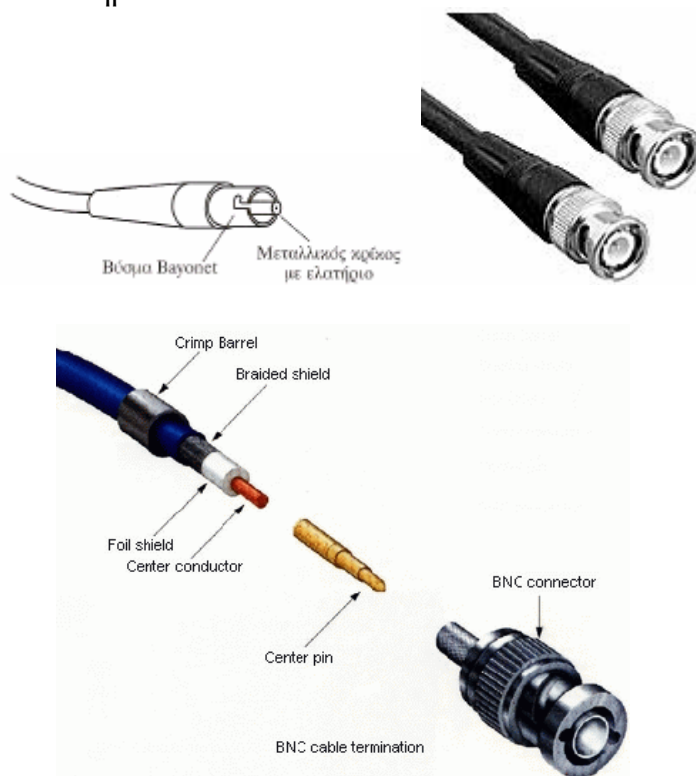
Σχήμα 6.6 Ο συνδετήρας FCPC

6.1.2.4 Mini-BNC

Αυτός δεν αποδείχθηκε πολύ δημοφιλής και επιβιώνει μόνο επειδή έχει προδιαγραφές για το δίκτυο δακτυλίου της IBM. Εκτός από το ότι είναι ελαφρώς μικρότερος, δεν προσφέρει τίποτε περισσότερο σε σύγκριση με τον STPC.

Εξ' όψεως, μπορείτε εύκολα να τον μπερδέψετε με ένα βύσμα BNC που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικά συστήματα με βάση τον χαλκό.

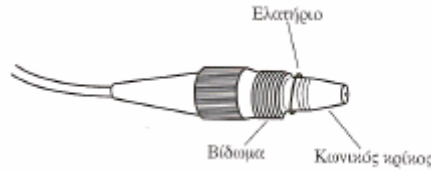
Χρησιμοποιείται μόνο για πολύτροπα συστήματα, δεν χρησιμοποιεί βιδωτούς προσαρμογείς και ο μεταλλικός του κρίκος έχει ένα ελατήριο και αποτελεί έναν συνδετήρα PC.



Σχήμα 6.7 Ο συνδετήρας mini-BNC

6.1.2.5 Δικωνικός συνδετήρας

Αυτός είναι ένας άλλος συνδετήρας, που φαίνεται στο σχήμα 6.8 και που χρησιμοποιείται πολύ για μονότροπες τηλεπικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων.



Σχήμα 6.8 Ο δικωνικός συνδετήρας

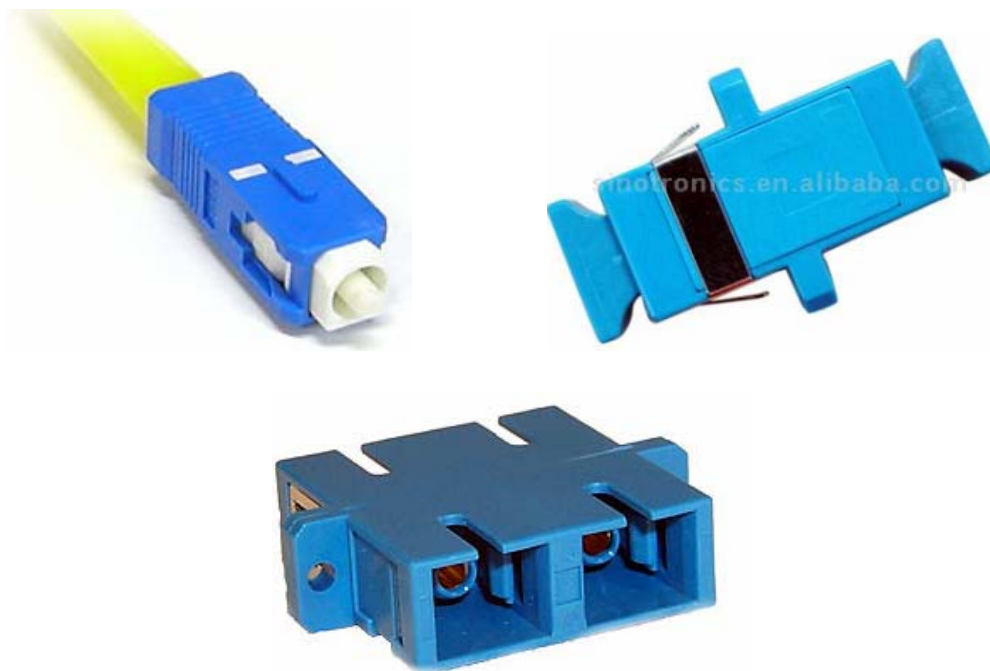
Ασφαλίζει βιδώνοντας και έχει έναν μεταλλικό κρίκο με ελατήριο και με τελείωμα PC. Όταν συνδεθεί στον προσαρμογέα, ο κωνικός μεταλλικός κρίκος κεντράρεται και παρέχει, έτσι μικρή απώλεια.

6.1.2.6 Συνδετήρας συνδρομητή (SC)

Διατίθεται επίσης και σε εκδόσεις PC και APC και είναι κατάλληλος για μονότροπα και πολύτροπα συστήματα, και φαίνεται στο σχήμα 6.9.

Ο συνδετήρας αυτός έχει σχεδιαστεί για υψηλή απόδοση στις τηλεπικοινωνίες και στα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης. Υπάρχει διαφορετική αίσθηση για τους συνδετήρες αυτούς όταν συγκρίνονται με τα προηγούμενα είδη. Το κύριο μέρος του είναι ελαφρύ και πλαστικό και δίνει περισσότερο την αίσθηση του "οπτικού" παρά του "επαγγελματικού" συνδετήρα. Έχει μικρή απώλεια και το μικρό του μέγεθος με την τετραγωνισμένη φόρμα πάνει πολύ λίγο χώρο στη συσκευασία μέσα στα κουτιά σύνδεσης. Συνδέεται στον προσαρμογέα με ένα κλικ, ειδοποιώντας μας ότι συνδέθηκε. Είναι ένας πολύ όμορφος συνδετήρας προορισμένος να επιτύχει.

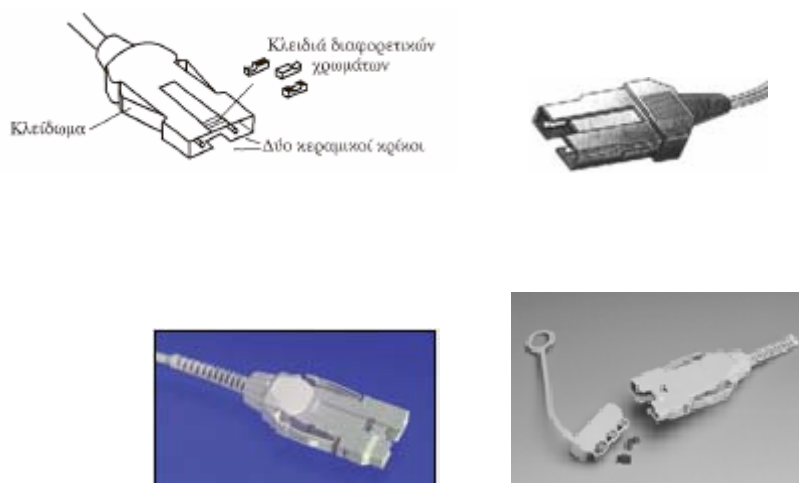




Σχήμα 6.9 Ο συνδετήρας SC

Σταθερός συνδετήρας διπλής προστασίας (FSD) που ονομάζεται και συνδετήρας προσαρμογής μέσω (MIC) - σχήμα 6.10

Σε αντίθεση με τους άλλους συνδετήρες, αυτός έχει δύο ίνες μέσα στο ίδιο κάλυμμα. Αυτό επιτρέπει στα σήματα να δρομολογούνται σε δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Αυτό ονομάζεται διπλή λειτουργία.



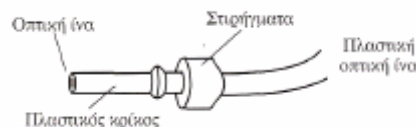
Σχήμα 6.10 Συνδετήρας FSD ή MIC

Χρησιμοποιεί κεραμικούς κρίκους STPC, αλλιώς είναι ένας συνδετήρας κατασκευασμένος μόνο από πλαστικό, όπως και ο SC. Χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα (LAN) για σύνδεση υπολογιστών και άλλου εξοπλισμού γραφείου.

Σε σύγκριση με τους άλλους συνδετήρες, φαίνεται ογκώδης και έχει σχεδιαστεί για να τον χειριζόμαστε εύκολα και συνδέεται στον εξοπλισμό συχνά από τον χρήστη και όχι από αυτός που κάνει την εγκατάσταση του συστήματος. Κλειδώνει για να μην μπει κατά λάθος σε άλλη υποδοχή και έχει κωδικό χρώμα για εύκολη αναγνώριση.

6.1.2.7 Συνδετήρας πλαστικής ίνας

Οι συνδετήρες πλαστικής ίνας προσαρμόζονται γρήγορα και εύκολα αλλά η απώλεια εισαγωγής είναι πολύ πιο μεγάλη από την κανονική απώλεια των γυάλινων ινών - μεταξύ 1 και 2 dB. Τα καλώδια συνδέονται με την συνηθισμένη μέθοδο, όπου δυο συνδετήρες συνδέονται σε έναν προσαρμογέα στη σειρά.



Σχήμα 6.11 Συνδετήρας για πλαστικές ίνες

6.1.3 Επιλογή βύσματος

Με την τεράστια δυνατότητα επιλογής βυσμάτων (τύπου και φυσικών χαρακτηριστικών) που διατίθενται στην αγορά, η επιλογή ενός τύπου βύσματος για κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή πολλές φορές είναι περίπλοκη. Σημαντικό κριτήριο αποτελεί η απόδοση.

Η σύγκριση της απόδοσης βασίζεται στα ακόλουθα:

- Απώλειες παρεμβολής, συνήθως 0,10 έως 1,0 dB ανά βύσμα
- Οπτικές απώλειες επιστροφής, συνήθως από -20 (διάκενο αέρα όπως στα SMA) έως -60 dB (τα καλύτερα γυαλισμένα βύσματα APC)
- Επαναληπτικότητα συνδέσεων, συνήθως μερικές χιλιάδες φορές

Η επιλογή βύσματος μπορεί ακόμη να βασίζεται στον πολύτροπο ή μονότροπο τύπο της λαβής. Η χρήση από τυχαίους χρήστες απαιτεί αντοχή στη σκληρή μεταχείριση. Η αντοχή της λαβής του βύσματος είναι σημαντική για την αποφυγή τυχαίων τραβηγμάτων. Τα σημεία λαβής των βυσμάτων μπορεί να περιλαμβάνουν την ίδια την ίνα, την πρωτεύουσα πλαστική επιστροφή του απομονωτή (σφιχτός/κολλητός τύπος), τη σωλήνα του χαλαρού απομονωτή, τα ανθεκτικά σώματα του καλωδίου (Kevlar), και το περίβλημα του καλωδίου.

Ένας επιπλέον λόγος για την επιλογή συγκεκριμένου τύπου βύσματος είναι το είδος του υπάρχοντος εξοπλισμού. Εάν για παράδειγμα, το υπάρχον σύστημα χρησιμοποιεί βύσματα ST, θα πρέπει να συνεχίσετε να χρησιμοποιείτε τα ίδια βύσματα σε ολόκληρο το σύστημα, για λόγους συμβατότητας. Διαφορετικά, θα πρέπει να αλλάξει πλήρως ο εξοπλισμός (βύσματα, ηλεκτρονικά, κτλ).

6.1.4 Τερματισμός καλωδίου και τοποθέτηση βύσματος

Πριν από την τοποθέτηση βυσμάτων στα καλώδια οπτικών ινών, ίσως απαιτείται η εγκατάσταση ενός διαρρηγνυόμενου ΚΙΤ. Η διαδικασία αυτή δεν είναι απαραίτητη σε διαρρηγνυόμενα καλώδια οπτικών ινών με απομονωτές 2 mm, αλλά απαιτείται σε καλώδια 250, 500 ή 900 μm κολλητού απομονωτή. Το διαρρηγνυόμενο ΚΙΤ αποτελείται από μία σωλήνα απομονωτή 2 mm, γύρω από μία εσωτερική σωλήνα 900 μm. Οι γυμνές ίνες εισάγονται μέσα σε αυτές τις σωληνώσεις για προστασία και αντοχή, όταν πρόκειται να τοποθετηθούν βύσματα.

Η τοποθέτηση ενός βύσματος σε μία ίνα χωρίς απομονωτή αποτελεί μία διαδικασία που μπορεί να εκτελεστεί με πολλούς τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι είναι

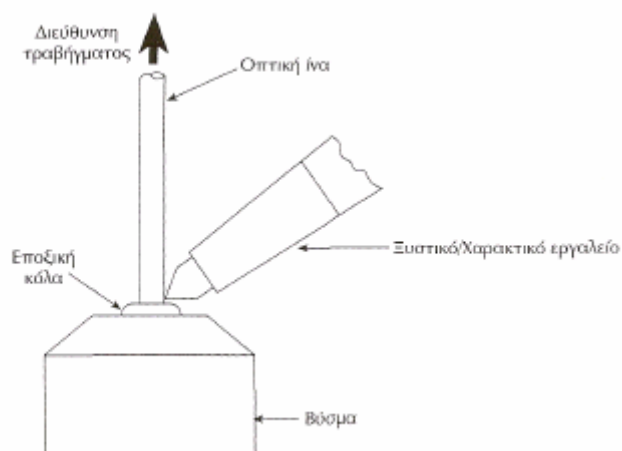
- Εποξική κόλλα, θέρμανση σε φούρνο και μετά γυάλισμα
- Προκόλληση τύπου 'Hot Melt' και μετά γυάλισμα
- Κοπή και πλισάρισμα, χωρίς γυάλισμα

Η πρώτη μέθοδος είναι η παλαιότερη και η περισσότερο διαδεδομένη (σχήμα 6.12). Κατά τη διαδικασία αυτή, το εσωτερικό του βύσματος γεμίζεται με μίγμα εποξικής κόλλας. Στη συνέχεια, η προετοιμασμένη / καθαρισμένη ίνα εισέρχεται στο βύσμα. Μετά από θέρμανση της κόλλας επί 10 - 40 λεπτά μέσα σε φούρνο, η ίνα ξύνεται και κόβεται (σχήμα 6.13) σχεδόν στο τέρμα του βύσματος και ακολούθως γυαλίζεται (σχήμα 6.14), με διαδοχικά λεπτότερα γυαλόχαρτα. Τυπικά χρησιμοποιούμενα γυαλόχαρτα αρχίζουν από κόκκο 3 μm και καταλήγουν σε 0,3 μm. Τερματισμοί πολλών ινών συνήθως γυαλίζονται από ειδικά μηχανήματα, τα οποία γυαλίζουν δώδεκα ή και περισσότερες ίνες ταυτόχρονα (σχήμα 6.15).

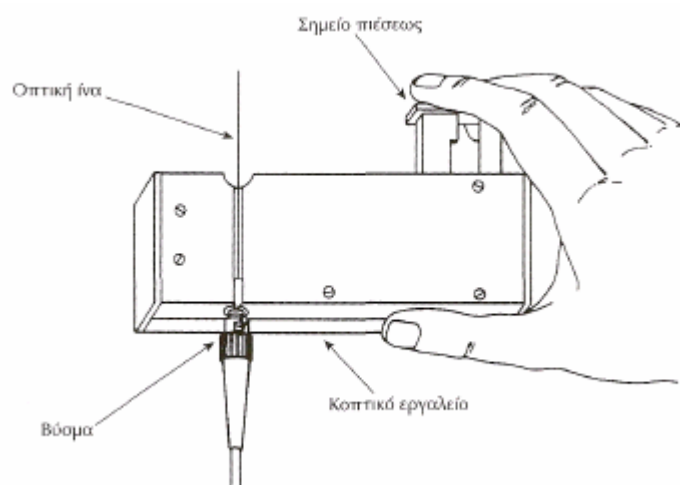
Η διαδικασία "hot melt" (της 3MCo) χρησιμοποιεί μία εποξική προφόρμα, η οποία τοποθετείται στο βύσμα. Ακολουθεί η θέρμανση σε φούρνο, όπου η κόλλα μαλακώνει και επιτρέπει την είσοδο της κατάλληλα προετοιμασμένης ίνας. Μετά από την ψύξη, η διαδικασία του ξυσίματος και του γυαλισματος της ίνας είναι ίδια με προηγούμενως.

Τα βύσματα κοπής και πλισαρίσματος δε χρειάζονται γυάλισμα της ίνας. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι τέτοιων βυσμάτων. Ο ένας τύπος διαθέτει από κατασκευής γυαλισμένη άκρη, οπότε απαιτεί μόνο την εισαγωγή της κατάλληλα κομμένης ίνας. Μετά την τοποθέτηση, στη συνέχεια εκτελείται πλισάρισμα του βύσματος για τη συγκράτηση της ίνας. Στο δεύτερο τύπο η ίνα εισέρχεται γυμνή, εκτελείται πλισάρισμα για τη συγκράτηση της, και στη

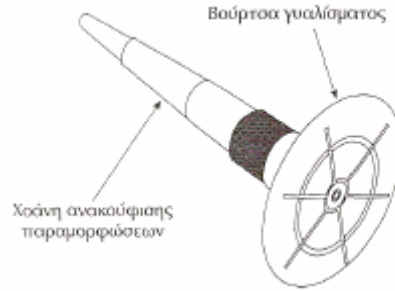
συνέχεια χρησιμοποιείται ένα ειδικό εργαλείο για την κοπή της ίνας ακριβώς στον τερματισμό του βύσματος.



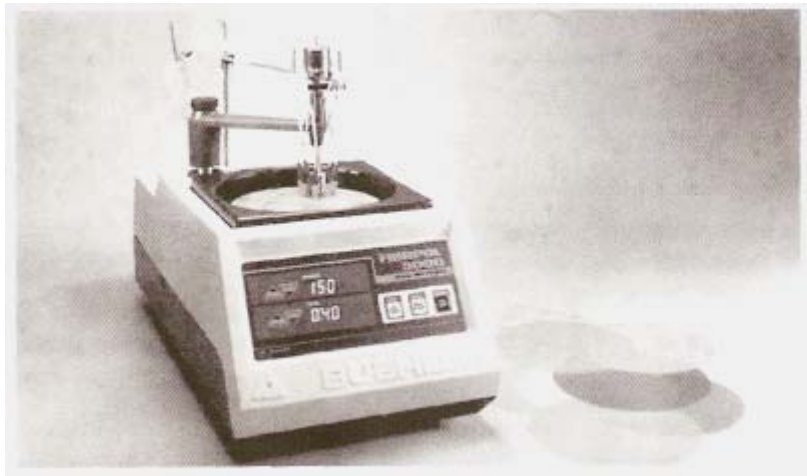
Σχήμα 6.12. Η ίνα συγκολλείται με εποξική κόλλα μέσα στο σώμα του βύσματος, έπειτα ξύνεται και αφαιρείται λίγο πριν από το πρόσωπο του βύσματος, πριν από το γράλισμα.



Σχήμα 6.13. Ορισμένα βύσματα χρησιμοποιούν ειδικά εργαλεία για την ακριβή κοπή της ίνας, οπότε στη συνέχεια το γράλισμα δεν είναι απαραίτητο.



Σχήμα 6.14. Η ειδική βούρτσα γυαλίσματος χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση του βύσματος στη σωστή γωνία για γυάλισμα



Σχήμα 6.15. Το μηχάνημα αυτό γυαλίζει γρήγορα πολλές ίνες ταυτόχρονα

Κάθε τεχνική στερέωσης του βύσματος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με την ευκολία τοποθέτησης, το κόστος και την ποιότητα απόδοσης. Στο τέλος του κεφαλαίου, παρατίθενται οι πραγματικές διαδικασίες τερματισμού για ορισμένους τύπους βυσμάτων.

6.1.5 Εποξικές κόλλες για οπτικές ίνες

Οι εποξικές κόλλες χρησιμοποιούνται από καταβολής των οπτικών ινών, για την τοποθέτηση βυσμάτων σε αυτές. Ο κύριος σκοπός τους είναι η συγκράτηση της ίνας στη θέση της και η αποφυγή εμβολοειδών μετακινήσεων. Επίσης, οι κόλλες υποστηρίζουν και δυναμώνουν την ίνα στον τερματισμό της. Ακόμη, χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση προστατευτικών χοανών στο περίβλημα των ινών. Παρόμοια υλικά χρησιμοποιούνται και σε εφαρμογές laser. Στη συνέχεια εστιαζόμαστε στην παραδοσιακή μέθοδο εφαρμογής βυσμάτων σε οπτικές ίνες.

Στα τελευταία 15 χρόνια έχουν γίνει τεράστια βήματα για την ικανοποίηση των μεγάλων αναγκών απόδοσης των βυσμάτων οπτικών ινών. Νέα αυστηρότερα τεστ απαιτούν κόλλες που να επιτρέπουν ελάχιστη έως και

καθόλου μετακίνηση της ίνας μέσα στο βύσμα, κάτω από δύσκολες συνθήκες. Επίσης, θα πρέπει να επιδεικνύουν αντοχή στο γυάλισμα και ταυτόχρονα να είναι αρκετά εύκαμπτες, έτσι ώστε να αντέχουν τη διαφορετική ευκαμψία της τεράστιας ποικιλίας υλικών που χρησιμοποιούνται στα καλώδια οπτικών ινών. Τέλος, θα πρέπει να διατηρούν μία καλή ένωση μεταξύ όλων αυτών των υλικών.

Οι τεχνικές εφαρμογής των εποξικών ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του βύσματος και τις απαιτήσεις της παραγωγής. Η συνηθέστερη τεχνική είναι η έγχυση κόλλας μέσα στο βύσμα, με τη χρήση σύριγγας ή φύσιγγας. Επίσης, εφαρμόζεται και η τεχνική της απευθείας εφαρμογής της κόλλας στην ίνα. Ωστόσο, για την καλύτερη αντοχή της κόλλησης, η κόλλα θα πρέπει να απλωθεί ικανοποιητικά πάνω στην επιφάνεια της ίνας και εσωτερικά του βύσματος. Η μέθοδος αυτή δεν παρέχει τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα.

Υπάρχει μία λανθασμένη αντίληψη σχετικά με τη χρήση εποξικών σε πλαστικές ίνες. Οι εποξικές κόλλες λειτουργούν καλά και με πλαστικές και με γυάλινες ίνες. Οι χρησιμοποιούμενες κόλλες δεν προσβάλλουν ούτε μολύνουν τις πλαστικές ίνες. Συνήθως, για τις πλαστικές ίνες χρησιμοποιούνται εποξικές κόλλες θερμοκρασίας δωματίου, αν και έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ακόμη και θερμαινόμενες και ταχείας πήξης κόλλες.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι εποξικών που χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση βυσμάτων σε οπτικές ίνες. Οι θερμαινόμενες, οι θερμοκρασίας δωματίου και ταχείας πήξης μπορούν όλες να χρησιμοποιηθούν για τα περισσότερα βύσματα και σε όλα τα είδη ινών.

Οι θερμαινόμενες εποξικές κόλλες, έχουν τις υψηλότερες θερμοκρασικές δυνατότητες από όλους τους άλλους τύπους. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις που είναι επιθυμητή η ταχεία κόλληση. Συνήθως, συνιστάται η θέρμανση στους 100°C, έτσι ώστε να αντιδράσει χημικά το εποξικό με το σκληρυντικό. Ορισμένοι τύποι αντιδρούν μέσα σε ένα λεπτό, με θέρμανση μόλις στους 50°C. Πλεονέκτημα των θερμαινόμενων εποξικών είναι η μεγαλύτερη διάρκεια λειτουργικής ζωής. Μπορούν επίσης να εξασφαλίσουν την κατάλληλη αναλογία μίγματος με τη βοήθεια κάποιου χρωματικού κώδικα.

Ο δεύτερος τύπος εποξικής κόλλας, που χρησιμοποιείται στα βύσματα οπτικών ινών, είναι ο λεγόμενος τύπος θερμοκρασίας δωματίου (*RT*). Είναι οι περισσότερο δημοφιλείς κόλλες, και χρησιμοποιούνται τόσο για μονότροπες όσο και για πολύτροπες ίνες. Οι κόλλες αυτές αντιδρούν χωρίς θέρμανση μέσα σε μία νύχτα. Η αντίδραση ορισμένων από αυτές επιταχύνεται με θέρμανση μέχρι τους 65°C. Η πλήρης αντίδραση επιτυγχάνεται μέσα σε μία ώρα, ενώ μέσα σε 15 λεπτά μπορεί να εκτελεστεί γυάλισμα. Ορισμένες από αυτές τις κόλλες μπορούν να αντιδράσουν πλήρως στους 90°C μέσα σε 10 λεπτά. Οι τύποι *RT* παρουσιάζουν μία διάρκεια λειτουργικής ζωής 15 έως 60 λεπτών.

Οι κόλλες ταχείας πήξης χρησιμοποιούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις όπου δεν είναι διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια για φούρνους, ενώ η ταχύτητα αντίδρασης είναι σημαντική. Διαθέτουν μηχανισμό διπλής αντίδρασης, ο οποίος οδηγεί σε ταχεία πήξη και δυνατότητα γυαλίσματος μέσα 10 λεπτά.

Μετά την πήξη, η πλήρης αντίδραση διαρκεί μία νύχτα, σε θερμοκρασία δωματίου. Κατάλληλη εφαρμογή της τεχνικής αυτής έχει δείξει ότι δεν επιτρέπει μετακινήσεις της ίνας.

Οι κόλλες ταχείας πήξης διαθέτουν ένα χρόνο λειτουργίας 5 λεπτών. Νέοι τύποι, π.χ. TRA-BOND FS-275, παρέχουν λειτουργικό χρόνο 10 λεπτών. Οι νέοι αυτοί τύποι χαρακτηρίζονται από λιγότερες σπατάλες, καθώς υπάρχει περισσότερος χρόνος διαθέσιμος για τη χρήση όλου του υλικού ενός μίγματος. Επίσης, οι νέοι τύποι γυαλίζονται μέσα σε 20 λεπτά, και αντιδρούν πλήρως μέσα σε 12 έως 18 ώρες.

Όταν χρησιμοποιείτε εποξικές κόλλες, να προσέχετε τα θέματα ασφαλείας. Πολλά από τα χημικά αυτά προκαλούν δερματίτιδες και αναπνευστικά προβλήματα. Επομένως, θα πρέπει να αποφεύγετε κάθε επαφή της κόλλας με το δέρμα, και να εξασφαλίζετε τον κατάλληλο αερισμό του χώρου. Τα πιο επικίνδυνα είναι κυρίως τα σκληρυντικά. Οι προ-πακεταρισμένες εποξικές κόλλες, περιορίζουν την έκθεση σε χημικά και αναθυμιάσεις.

6.1.6 Καθαρισμός βυσμάτων οπτικών ινών

Στις οπτικές ίνες, η ανοχή στις ακαθαρσίες είναι σχεδόν μηδενική. Τα εναέρια σωματίδια έχουν συνήθως το μέγεθος του πυρήνα μονότροπης ίνας, ενώ η σύσταση τους βασίζεται στο πυρίτιο. Εάν δεν απομακρυνθούν, μπορεί να χαράξουν τα βύσματα με πλαστικές ίνες. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις δικτύων, όλες οι βυσματώσεις θα πρέπει να καθαρίζονται προσεκτικά κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, και να μην αποσυνδέονται παρά μόνο για λόγους ελέγχου. Ο εξοπλισμός και τα καλώδια ελέγχου απαιτούν και αυτά περιοδικό καθαρισμό, αφού μπορεί να χρησιμοποιούνται εκατοντάδες φορές μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Στη συνέχεια, παρατίθεται μία σύνοψη για τον καθαρισμό βυσμάτων οπτικών ινών.

1. Να χρησιμοποιείτε πάντοτε καλύμματα σκόνης, τόσο στα βύσματα όσο και σε οτιδήποτε πρόκειται να συνδεθεί με οπτικές ίνες.
2. Για τον καθαρισμό των βυσμάτων να χρησιμοποιείτε μόνο ισοπροπυλική αλκοόλη. Τα άλλα διαλυτικά μπορεί να προσβάλουν το εποξικό. Επίσης, ορισμένα υφάσματα, όπως αυτά που περιέχουν βαμβάκι, αφήνουν ανεπιθύμητα υπολείμματα ινών.
 - ✓ Ορισμένα καθαριστικά οπτικών συστημάτων αφήνουν υπολειμματικές ουσίες, οι οποίες στη συνέχεια έλκουν διάφορες ακαθαρσίες. Παράδειγμα ενός καλού συστήματος καθαρισμού χωρίς προβλήματα είναι το Texwipe's Alco Pads που διατίθεται μαζί με το Fotec Test Kit.

3. Όλες οι φιάλες συμπιεσμένου αέρα περιέχουν κάποιο υγρό προωθητικό. Παλαιότερα, για τον καθαρισμό αντικειμένων υπήρχαν φιάλες καθαρού αζώτου, οι οποίες σήμερα όμως έχουν εξαφανιστεί. Οι σημερινές φιάλες αεροζόλ χρησιμοποιούν κάποιο οικολογικό προωθητικό (χωρίς CFC), και αφήνουν πάντοτε υπολείμματα, εκτός εάν κατά τον ψεκασμό τις κρατάτε εντελώς όρθιες, και πριν από τη χρήση ψεκάσετε για τρία έως πέντε δευτερόλεπτα, ώστε να απομακρύνεται κάθε υπόλειμμα υγρού προωθητικού από το ακροφύσιο. Όλες αυτές οι φιάλες συμπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση της σκόνης από τα βύσματα οπτικών ινών. Ποτέ να μη χρησιμοποιείτε για το σκοπό αυτό συμπιεσμένο αέρα από λαστιχένιο σωλήνα συμπιεστή (ψεκάζονται διάφορα σταγονίδια λαδιού) ούτε να φυσάτε τα βύσματα με το στόμα (η ανθρώπινη αναπνοή είναι γεμάτη υγρασία και μικρόβια).

4. Ο καλύτερος τρόπος καθαρισμού βυσμάτων είναι τα Alco Pads και στη συνέχεια το σκούπισμα τους με οινόπνευμα.

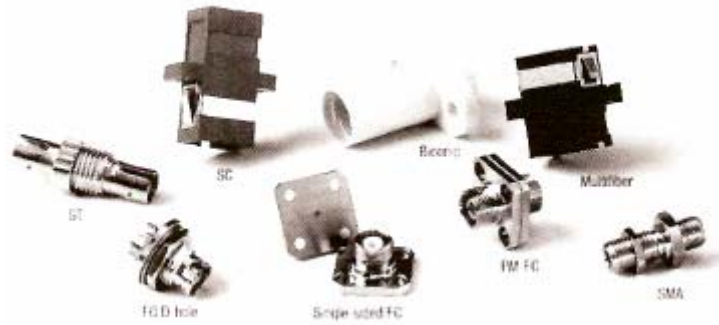
5. Τα βύσματα των ανιχνευτών των οργάνων μέτρησης οπτικών ινών θα πρέπει και αυτά να καθαρίζονται περιστασιακά με Alco Pads.

6. Τα βύσματα των καλωδίων ελέγχου / μετρήσεων βρωμίζουν και αυτά από τη συχνή χρήση (τριβές, κτλ). Μέσα σε δέκα χρήσεις (βυσματώσεις), οι τριβές ξύνουν τα υλικά ευθυγράμμισης του βύσματος και βρωμίζουν την άκρη τερματισμού της ίνας. Αποτέλεσμα, είναι η δημιουργία διακένου, ικανού να οδηγήσει σε απώλειες σήματος 1 - 2 dB. Εάν αναμένουμε συχνά επαναλαμβανόμενες βυσματώσεις, τότε θα πρέπει να επιλέγουμε βύσματα με κεραμικά υλικά ευθυγράμμισης. Ο καθαρισμός των επικαθήσεων λόγω τριβών απαιτεί έντονο ξύσιμο με Alco Pad.

7. Ορισμένες εταιρείες πωλούν έτοιμα ΚΙΤ καθαρισμού οπτικών ινών. Αυτές οι λύσεις μπορεί να είναι καλές, αλλά ίσως όχι όσο απαιτείται για τις συγκεκριμένες ανάγκες σας.

6.2 Προσαρμογείς

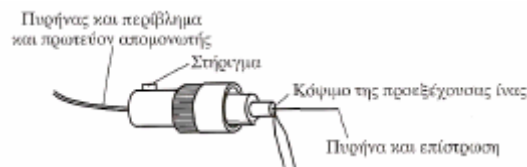
Γενικά, ένα σύστημα σχεδιάζεται για να χρησιμοποιεί τον ίδιο τύπο συνδετήρων και για να εξασφαλίζει πλήρη συμβατότητα, και επομένως την πιο καλή απόδοση, κατασκευάζονται από την ίδια εταιρεία.



Προσαρμογείς

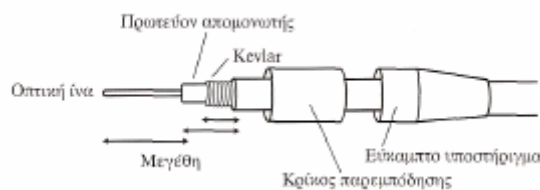
Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να αντιμετωπίσουμε ένα δύο προβλήματα. Το πρώτο είναι να συνδέσουμε δύο καλώδια με προσαρμοσμένους μη συμβατούς συνδετήρες, για παράδειγμα έναν STPC και έναν δικωνικό. Τέτοια προβλήματα λύνονται εύκολα με τον κατάλληλο τύπο προσαρμογέα. Ορισμένοι από τους προσαρμογείς αυτούς έχουν κάπως μεγαλύτερη απώλεια εισόδου, αλλά όχι πάνω από 1 dB.

Το δεύτερο είναι να συνδε'σουμε μια γυμνή ίνα σε ένα σύστημα, γρήγορα και εύκολα, ίσως να συνδέσουμε ένα εξάρτημα ελέγχου ή να δοκιμάσουμε μια νέα πηγή φωτός. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν προσαρμογέα γυμνής ίνας. Το όνομα είναι παραπλανητικό αφού είναι ένας συνδετήρας όπως αυτός που φαίνεται στο σχήμα 6.16. Είναι πράγματι ένας συνδετήρας γυμνής ίνας αφού πρέπει να συνδεθεί σε έναν προσαρμογέα. Η μόνη διαφορά είναι ότι η ίνα σταθεροποιείται στη θέση της με ένα ελατήριο και όχι με εποξική κόλλα, για να χρησιμοποιηθεί ξανά.[33]



Σχήμα 6.16 Προσαρμογέας γυμνής ίνας

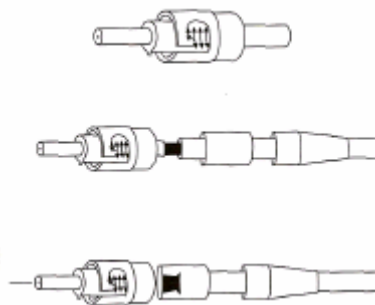
6.2.1 Προσαρμόζοντας τον συνδετήρα σε μια ίνα



Σχήμα 6.17 Προετοιμασία της ίνας

1. Απομακρύνετε το εξωτερικό κάλυμμα, κόψτε το Kevlar, και αφαιρέστε τον αρχικό απομονωτή στις διαστάσεις που απαιτεί ο συνδετήρας (σχήμα 6.17).
2. Γλιστρήστε το εύκαμπτο υποστήριγμα και τον κρίκο παρεμπόδισης στην ίνα. Ο κρίκος παρεμπόδισης είναι ένας μεταλλικός σωλήνας περίπου 10 mm σε μήκος, ο οποίος σφίγγει το Kevlar και τον συνδετήρα για να παρέχει μηχανική υποστήριξη.
3. Καθαρίστε την ίνα με ισοπροπυλική αλκοόλη. Περάστε προσεκτικά την απογυμνωμένη ίνα μέσα στο πίσω μέρος του μεταλλικού κρίκου και σπρώξτε την μέχρι το σημείο που ο απομονωτής την εμποδίζει να πάει παραπέρα. Αν αυτό σας φανεί δύσκολο, μπορεί να βοηθηθείτε αν στρίψετε τον συνδετήρα μπρος και πίσω λίγο και προσεκτικά, για να μην σπάσει η ίνα. Βεβαιωθείτε ότι η ίνα προεξέχει από την άκρη του μεταλλικού κρίκου.
4. Ανακατέψτε εποξική κόλλα δυο στοιχείων και βάλτε την σε μια σύριγγα. Συνήθως η εποξική κόλλα διατίθεται σε πλαστική σφραγισμένη σακούλα πολυαιθυλενίου, όπου το σκληρυντικό και η κόλλα διαχωρίζονται από ένα αεροστεγές σφράγισμα. Αφαιρέστε το σφράγισμα και ανακατέψτε τα δύο υλικά πιέζοντας συνεχώς τη σακούλα ανάμεσα στα δάχτυλα σας. Η διαδικασία ανάμειξης μπορεί να βοηθηθεί από τη χρήση ενός κυλίνδρου με αυλάκια.
5. Τοποθετήστε τη σύριγγα στον συνδετήρα, μέχρι να φτάσει στην πίσω άκρη του μεταλλικού κρίκου. Πιέστε τη σύριγγα με την εποξική κόλλα σιγά-σιγά, μέχρι να δείτε να βγαίνει ένα μικρό σφαιρίδιο από την μπροστινή άκρη του κρίκου. Αυτό σημαίνει ότι ο κρίκος έχει γεμίσει με κόλλα.
6. Τοποθετήστε προσεκτικά την απογυμνωμένη ίνα στο πίσω μέρος του μεταλλικού κρίκου, μέχρι ο απομονωτής να μην επιτρέπει παραπέρα κίνηση. Και πάλι, προσέξτε να μην σπάσετε την ίνα. Αν σπάσει, πρέπει να επεξεργαστείτε και πάλι την ίνα αφού οι διαστάσεις της θα είναι λανθασμένες. Είναι πολύ δύσκολο να απομακρύνετε την εποξική κόλλα από τον μεταλλικό κρίκο. Το ασετόν μπορεί να σαν φανεί χρήσιμο. Καλύτερα όμως να αποφύγετε την δουλειά αυτή.
7. Τοποθετήστε το Kevlar στο πώμα στην πίσω άκρη του συνδετήρα και γλιστρήστε τον κρίκο παρεμπόδισης στο Kevlar όπως δείχνει το σχήμα 6.18 . Η μια άκρη του κρίκου παρεμπόδισης θα πρέπει να υπερκαλύπτει το πώμα και η άλλη άκρη θα πρέπει να καλύπτει το εξωτερικό κάλυμμα της ίνας.
8. Χρησιμοποιώντας ένα χειροκίνητο εργαλείο παρεμπόδισης, τοποθετήστε τον κρίκο παρεμπόδισης στο Kevlar και με την άλλη άκρη του κρίκου παρεμπόδισης σφίγγει το εξωτερικό κάλυμμα του καλωδίου. Αυτό εξασφαλίζει ότι η πίεση θα απορροφάται από τα ανθεκτικά μέρη του Kevlar και όχι από την οπτική ίνα.
9. Θερμάνετε τον για να σταθεροποιήσετε την κόλλα, η χρυσαφιά εποξική κόλλα θα αλλάξει χρώμα και θα γίνει σκούρο καφετί.

10. Όταν κρυώσει, προσαρμόστε το κάλυμμα υποστήριξης.
11. Χρησιμοποιώντας έναν χειροκίνητο κόπτη χαράξτε ελαφρά την ίνα κοντά στην άκρη του μεταλλικού κρίκου και τραβήξτε προς τα έξω την άκρη της ίνας (σχήμα 6.19).
12. Πρέπει τώρα να λειάνετε την άκρη της ίνας. Ο εύκολος τρόπος είναι να εισάγετε μια ίνα σε μια φορητή συσκευή λείανσης και να θέσετε τη συσκευή αυτή σε λειτουργία.



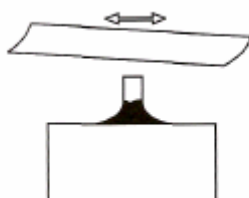
Σχήμα 6.18 Συναρμολόγηση



Σχήμα 6.19 Απομάκρυνση της επιπλέον ίνας

13. Σ' αυτό το στάδιο συμβουλευτείτε τις οδηγίες. Κάθε κατασκευαστής προτείνει μια διαδικασία για κάθε είδους συνδετήρα, και συνήθως αυτοί ξέρουν καλύτερα. Θα χρειαστούμε μια επίπεδη βάση από γυαλί, σκληρό ελαστικό περίπου 200 mm. Μια μαλακή βάση συνήθως χρησιμοποιείται για το τελείωμα του PC. Το λειαντικό στρώμα ονομάζεται ταινία λείανσης (γυαλόχαρτο). Είναι ένα στρώμα οξειδίου του αλουμινίου πάνω σε ένα χρωματιστό, πλαστικό τμήμα. Ταινίες από καρβίδιο του πυριτίου και διαμάντι διατίθενται επίσης στην αγορά. Η σκληρότητα του λειαντικού υλικού μετριέται από το μέγεθος των σωματιδίων και χρωματίζεται για να μας βοηθήσει στην αναγνώριση τους. Οι βαθμοί ποικίλουν από 30 μm με πράσινο χρώμα, μέχρι το πολύ απαλό, άσπρο των 0.3 μm. Προσέξτε - όλα τα είδη ταινιών δεν χρησιμοποιούν τα ίδια χρώματα.
14. Χρησιμοποιώντας έναν μεγεθυντικό φακό, παρατηρήστε την άκρη του μεταλλικού κρίκου να δείτε πόσο γυαλί προεξέχει από την μικρή προεξοχή της κόλλας (σχήμα 6.20). Αυτό το μη υποστηριζόμενο γυαλί σπάει πολύ εύκολα και θα πρέπει να το κρατήσουμε στο επίπεδο της εποξικής κόλλας, χρησιμοποιώντας μια ταινία πολύ

σκληρή (30 μm) την οποία τοποθετούμε με το χέρι μας απαλά πάνω στην ίνα. Προσέξτε να μην την πιέσετε πάρα πολύ, γιατί η ταινία αυτή θα μεταδώσει κύματα ηλεκτρικής εκκένωσης στην ίνα και την σπάει. Η ρωγμή έχει την χαρακτηριστική μορφή Υ που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.21. Είναι κάθετη προς την ίνα και η λείανση δεν μπορεί να βοηθήσει καθόλου. Μόλις χάσαμε έναν συνδετήρα και κερδίσαμε εμπειρία.

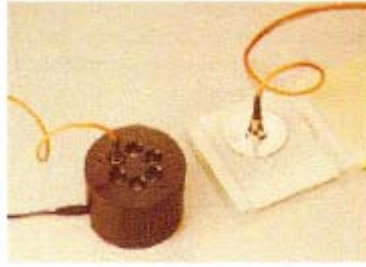


Σχήμα 6.20 Αφαιρέστε απαλά την επιπλέον ίνα

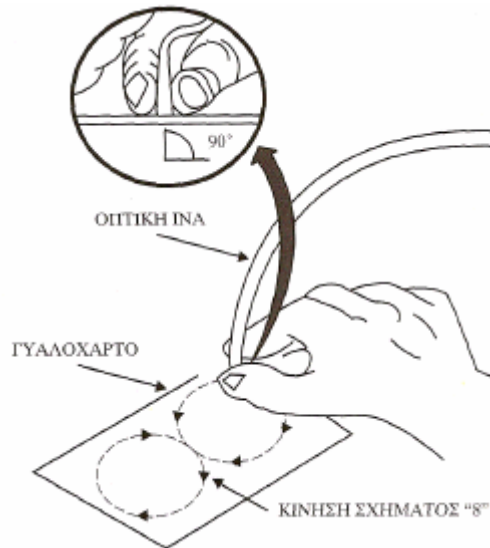


Σχήμα 6.21 Χαρακτηριστική ρωγμή

15. Η ίνα υποστηρίζεται κάθετα από ένα εργαλείο λείανσης που ονομάζεται dolly ή οδηγός λείανσης. Καθένα απ' αυτά είναι σχεδιασμένο για έναν ειδικό τύπο συνδετήρα για να εξασφαλίζει τις σωστές διαστάσεις και τους μηχανισμούς προσαρμογής. Οι προμηθευτές πάντα θα μας συμβουλεύουν για τους βαθμούς σκληρότητας της ταινίας και τις μεθόδους που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε. Και πάλι αξίζει να διαβάσουμε τις εντολές προσεκτικά, αν προσαρμόζουμε έναν άγνωστο συνδετήρα. Αρχίζουμε με τον σκληρότερο βαθμό που συνιστάται, συνήθως γύρω στα 9 μm . Απλώστε την ταινία στο υλικό βάσης και προσαρμόστε την ίνα στην dolly. Χρησιμοποιώντας μόνο το βάρος της, γλιστρήστε την dolly σε ένα σχηματισμό του οχτώ (Βλέπε Εικόνα).



Συσκευές λείανσης



Μέθοδος λείανσης

16. Χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο ή έναν μεγεθυντικό φακό, παρατηρείστε την άκρη του μεταλλικού κρίκου. Θα υπάρχει μια μεγάλη σκοτεινή περιοχή που είναι εποξική κόλλα. Αν έχουμε την περίπτωση αυτή, επαναλάβετε το παραπάνω στάδιο μέχρι η κόλα να γίνει πιο ανοιχτόχρωμη και τελικά να έχει ένα διαφανές λεπτό άκρο.
17. Όταν γίνει αυτό, απομακρύνετε την ταινία των 9 μm και καθαρίστε όλη την περιοχή, μαζί με την dolly και τον συνδετήρα. Καθαρίστε το πολύ προσεκτικά με ένα κομμάτι πανί βουτηγμένο σε οινόπνευμα ή σε αποσταγμένο νερό. Να σιγουρευτείτε πως δεν έχει μείνει ίχνος σκληρότητας από το ένα στάδιο στο άλλο. *Η καθαριότητα είναι πολύ σημαντική*
18. Χρησιμοποιώντας πολύ λεπτό βαθμό σκληρότητας, περίπου 3 μm, επαναλάβετε τα οχτάρια. Το άκρο της ίνας γίνεται μπλε με λίγο κίτρινο όπου έχει απομείνει λίγη κόλα. Τα μαύρα σημεία είναι περιοχές που δεν έχουν λειανθεί, ή ίσως νερό στην επιφάνεια του μεταλλικού κρίκου (στεγνώστε το πριν κάνετε τον έλεγχο). Λειάνετε λίγο ακόμη και η κόλλα θα φύγει εντελώς. Τότε αλλάξτε βαθμό σκληρότητας για τελευταία φορά.
19. Άλλο ένα καθάρισμα και μετά αλλάξτε την ταινία σε 1.0 μm ή ακόμη και 0.3 μm για την τελική λείανση. Η άκρη της ίνας θα καθαρίσει και θα γίνει μπλε χωρίς κανένα σημάδι ή ρωγμή.

6.2.2 Τελική επιθεώρηση

Ο τελειωμένος συνδετήρας θα πρέπει να επιθεωρείται με ένα μικροσκόπιο και με μεγέθυνση τουλάχιστον 200 φορές. Ψάχνουμε για χαραματιές και εγκοπές στην επιφάνεια που προκλήθηκαν από την λείανση καθώς και για ρωγμές μέσα στην ίνα και όχι στην επιφάνεια της.

Όταν ψάχνουμε για πιθανά μειονεκτήματα, ο πυρήνας είναι προφανώς πολύ σημαντικός. Το περίβλημα χωρίζεται στα δύο. Το εξωτερικό μέρος του περιβλήματος δεν επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία της ίνας και μπορούμε να συγχωρέσουμε λάθη στην περιοχή αυτή.

Βασικά σημεία λάθους - Σχήματα 6.22 και 6.23

- Εγκοπές και ρωγμές που φτάνουν μέχρι το εσωτερικό μέρος το περίβλημα.
- Ρωγμές που φτάνουν σε τμήμα μεγαλύτερο του 25% της περιφέρειας του περιβλήματος.
- Χαραματιές στην περιοχή του πυρήνα πολύ έντονες, που δεν παραμένουν αν υποβάλλουμε την ίνα στις τεχνικές λείανσης, τις οποίες συνιστά ο κατασκευαστής. Αυτό θα συμβεί αν η χαραματιά από το ένα στάδιο λείανσης περάσει στην επικαλυπτόμενη ταινία μικρότερου βαθμού.



Σχήμα 6.22 Αποδεκτά μειονεκτήματα



Σχήμα 6.23 Μη αποδεκτά μειονεκτήματα

6.3 Τερματισμός μονότροπων ινών με pigtails

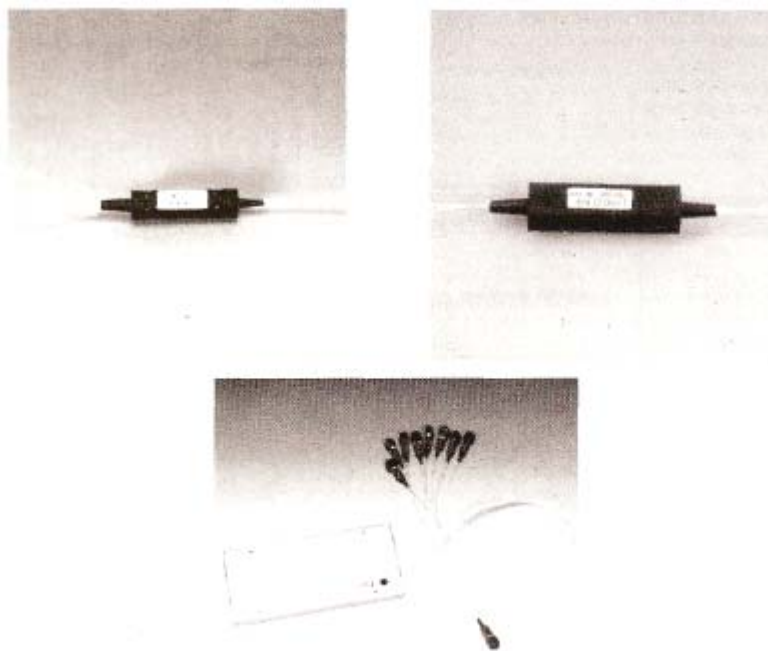
Γενικά, οι μονότροπες ίνες τερματίζονται χρησιμοποιώντας συνδυασμό βυσμάτων και μόνιμων συνδέσεων. Επειδή τα βύσματα μονότροπων ινών έχουν κρίσιμες διαστάσεις και απαιτήσεις ταιριάσματος, συνήθως τερματίζονται στο εργαστήριο της κατασκευάστριας εταιρίας. Εκεί, ελέγχεται με ακρίβεια η φυσική εισαγωγή και γυάλισμα της ίνας για επαφή μέσα στο βύσμα. Επίσης, κατασκευάζονται και ελέγχονται καλώδια πλήρως τερματισμένα και στα δύο τους άκρα. Κατά την εγκατάσταση, τα καλώδια κόβονται στη μέση και συνδέονται με μόνιμες συνδέσεις στο ήδη εγκατεστημένο παρακλαδικό δίκτυο. Αν και οι μόνιμες συνδέσεις συνεισφέρουν σε κάποιες επιπλέον απώλειες και κόστος, συνολικά η μέθοδος αποδίδει τα μέγιστα από πλευράς απόδοσης, συγκριτικά με την προσπάθεια επιτόπου τερματισμού των καλωδίων.[17]

6.6 Συζεύκτες

Φανταστείτε μια οπτική ίνα που μεταφέρει ένα σήμα εισόδου, που χρειάζεται να συνδεθεί σε δυο διαφορετικούς προορισμούς. Το σήμα πρέπει να διαιρεθεί στη μέση. Αυτό το πετυχαίνουμε εύκολα με έναν *συζεύκτη*. Όταν χρησιμοποιείται για αυτόν τον σκοπό, συχνά τον ονομάζουμε *διαιρέτη*.

Οι συζεύκτες είναι δυο κατευθύνσεων, μπορούν να μεταφέρουν φως προς κάθε κατεύθυνση. Γι' αυτό ο συζεύκτης που περιγράφεται παραπάνω μπορεί με τον ίδιο τρόπο να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να συνδυάζει τα σήματα από δύο πομπούς σε μία μόνο οπτική ίνα. Σ' αυτήν την περίπτωση ονομάζεται συνδυαστής. Είναι ακριβώς η ίδια συσκευή, απλά χρησιμοποιείται διαφορετικά.

Εξωτερικά, μοιάζουν με τις μηχανικές ενώσεις, στην πραγματικότητα σε μερικές περιπτώσεις χρειάζεται να μετρήσουμε τον αριθμό των ινών, για να κάνουμε τον διαχωρισμό μεταξύ τους. Αν υπάρχει μια ίνα σε κάθε άκρο, είναι μηχανική ένωση, αν υπάρχει οποιοσδήποτε άλλος αριθμός είναι συζεύκτης.[11]



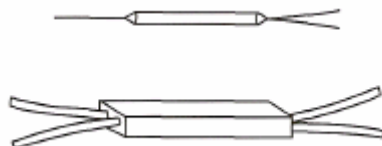
Συζεύκτες

6.4.1 Μεγέθη συζεύκτη

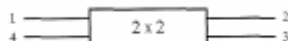
Ένας συζεύκτης με μία μόνο ίνα στο ένα άκρο και δύο στο άλλο ονομάζεται συζεύκτης 1x2 (διαβάζεται ένα προς δύο). Παρόλο που τα 1 x 2 και 2x2 είναι τα πιο συνηθισμένα μεγέθη μπορούμε να έχουμε μια μεγάλη ποικιλία τύπων μέχρι και 32 x 32. Οι διαιρέτες είναι πιο συνηθισμένοι από τους συζευκτές και έτσι είναι πιο φυσικό να αναφερόμαστε σε ένα μόνο άκρο ίνας σαν είσοδο.

6.4.2 Λόγος διαιρέσης ή λόγος σύζευξης

Η αναλογία της ισχύος εισόδου σε κάθε έξοδο ονομάζεται λόγος διαιρέσης ή λόγος σύζευξης. Σε έναν συζεύκτη 1x2, το σήμα εισόδου μπορεί να διαιρεθεί μεταξύ των δύο εξόδων σε οποιοδήποτε επιθυμητό λόγο. Στην πραγματικότητα, όμως, οι πιο συνηθισμένες αναλογίες είναι 90:10 και 50:50. Γράφονται επίσης και σαν 9:1 και 1:1. Στις περιπτώσεις όπου ο λόγος διαιρέσης είναι 1:1, η πύλη που μεταφέρει την ισχυρότερη ισχύ ονομάζεται μερικές φορές *πύλη παραγωγής* και η άλλη *πύλη άντλησης*.



Σχήμα 6.24 Οι πιο συνηθισμένοι τύπου συζευκτών



Σχήμα 6.25 Μία πιθανή αριθμηση των θυρών

6.4.3 Ανοχή σύζευξης

Ακόμη και όταν ο λόγος διαίρεσης δίνεται σαν 1:1, είναι πολύ απίθανο, λόγω της κατασκευαστικής ανοχής η ισχύς εισόδου να μοιράζεται ίσα μεταξύ των δύο εξόδων. Το αποδεκτό λάθος είναι μεταξύ 1% και 5% και ονομάζεται ανοχή σύζευξης ή διαίρεσης.

6.4.4 Απώλεια σύζευξης

Συχνά παραλείπεται. Όταν χρησιμοποιούμε έναν συζεύκτη, πρέπει να τον συνδέσουμε με το υπόλοιπο κύκλωμα. Αυτό συμπεριλαμβάνει τη χρήση συνδετήρων και ενώσεων. Η απώλεια που προκαλείται από αυτούς τους συνδετήρες και τις ενώσεις πρέπει να προστεθεί στις απώλειες που εισάγει ο συζεύκτης.

6.4.5 Ο συζεύκτης σε μορφή T

Είναι απλά ένας συζεύκτης 1x2 που χρησιμοποιείται ώστε να περιέχει ένα μόνο σήμα σε έναν αριθμό από διάφορους σταθμούς εργασίας. Οι σταθμοί αυτοί λέμε ότι συνδέονται σε ένα δίκτυο. Χρησιμοποιεί υψηλό λόγο διαίρεσης 9:1 ή κάτι παρόμοιο για να αποφύγει την εκροή της ισχύος από το εισερχόμενο σήμα.

6.4.5.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός δικτύου T

Το βασικό πλεονέκτημα του είναι η απλότητα. Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο μπορεί να συνδεθεί πολύ γρήγορα. Το μειονέκτημα είναι η γρήγορη μείωση της ισχύος που διατίθεται σε κάθε σταθμό εργασίας αφού συνδέουμε όλο και περισσότερα τερματικά στο δίκτυο. Καθώς η ισχύς μειώνεται, ο αριθμός των εσφαλμένων δεδομένων αυξάνεται και η έξοδος γίνεται όλο και πιο αναξιόπιστη. Με την πρώτη ματιά, μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα αυτό αυξάνοντας απλά το επίπεδο ισχύος εισόδου. Όμως, διατρέχουμε τον πραγματικό κίνδυνο να υπερφορτώσουμε τον πρώτο σταθμό εργασίας.

6.4.6 Ο συζεύκτης αστέρος

Είναι μια εναλλακτική λύση στον συζεύκτη T όταν συνδέεται ένας μεγάλος αριθμός τερματικών.

Ο συζεύκτης αστέρος πηγαίνει το σήμα εισόδου σε μια συγκεκριμένη θέση, μετά το διαιρεί σε πολλές εξόδους σε έναν μόνο συζεύκτη. Τα στυλ από 1 x 32 και μέχρι 32 x 32 διατίθενται συνήθως.

6.4.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Το κύριο πλεονέκτημα χρήσης συζευκτών αστέρος είναι ότι οι απώλειες είναι μικρότερες από εκείνες του συζεύκτη T για δίκτυα που έχουν περισσότερα από τρία ή τέσσερα τερματικά. Αυτό γίνεται γιατί ο συζεύκτης αστέρος χρειάζεται μόνο έναν συνδετήρα εισόδου και υπομένει μόνο μια απώλεια υπερβολής. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των τερματικών τόσο, πιο σημαντικά είναι τα πλεονεκτήματα.

Το μειονέκτημα είναι ότι ο συζεύκτης αστέρος συνήθως χρησιμοποιεί πολύ μεγαλύτερες ποσότητες καλωδίου για να συνδέσει τα τερματικά, αφού ο αστέρας είναι τοποθετημένος στο κέντρο και ένα ξεχωριστό καλώδιο συνδέεται σε κάθε τερματικό. Ένα δίκτυο T μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα καλώδιο που θα πηγαίνει από τερματικό σε τερματικό.

6.4.8 Κατασκευή συζευκτών

Τηγμένοι συζευκτες

Είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος κατασκευής ενός συζεύκτη. Είναι, ή φαίνεται να είναι, πολύ απλή διαδικασία. Οι ίνες τοποθετούνται μαζί και λιώνουν όπως και στην ένωση με τήξη, το εισερχόμενο φως συναντά ένα πιο παχύ τμήμα ίνας και διαθλάται.

Στο άλλο άκρο της λιωμένης περιοχής, το φως εισέρχεται σε καθεμιά από τις ίνες που βγαίνουν προς τα έξω.

Ένας τηγμένος συζεύκτης αστέρος κατασκευάζεται με παρόμοιο τρόπο. Οι ίνες πλέκονται για να είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη, μετά λιώνουμε το κεντρικό τμήμα τους. Στην περίπτωση του αστέρος ανάκλασης, οι ίνες λυγίζουν προς τα πίσω, η μια πάνω στην άλλη, πριν να τις τήξουμε.

Συζεύκτες ράβδου ανάμειξης

Αν αρκετές ίνες συνδέονται πολύ κοντά η μία στην άλλη σε μια ίνα μεγάλης διαμέτρου, που ονομάζεται ράβδος ανάμειξης, το εισερχόμενο φως διαχέεται μέχρι να καταλάβει όλη τη διάμετρο της ίνας. Αν συνδέσουμε αρκετές ίνες στο άλλο άκρο, η καθεμιά τους θα πάρει λίγο από το φως.

Ένας συζεύκτης ανάκλασης μπορεί να δημιουργηθεί αν βάλουμε έναν καθρέφτη στην άκρη της ράβδου ανάμειξης. Το φως που ταξιδεύει κατά μήκος της ράβδου ανάμειξης ανακλάται στον καθρέφτη που βρίσκεται στην άκρη της ράβδου και όλες οι ίνες που είναι προσαρμοσμένες σ' αυτή, δέχονται ίσο μερίδιο του εισερχόμενου φωτός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - Υλικό Οπτικών Ινών

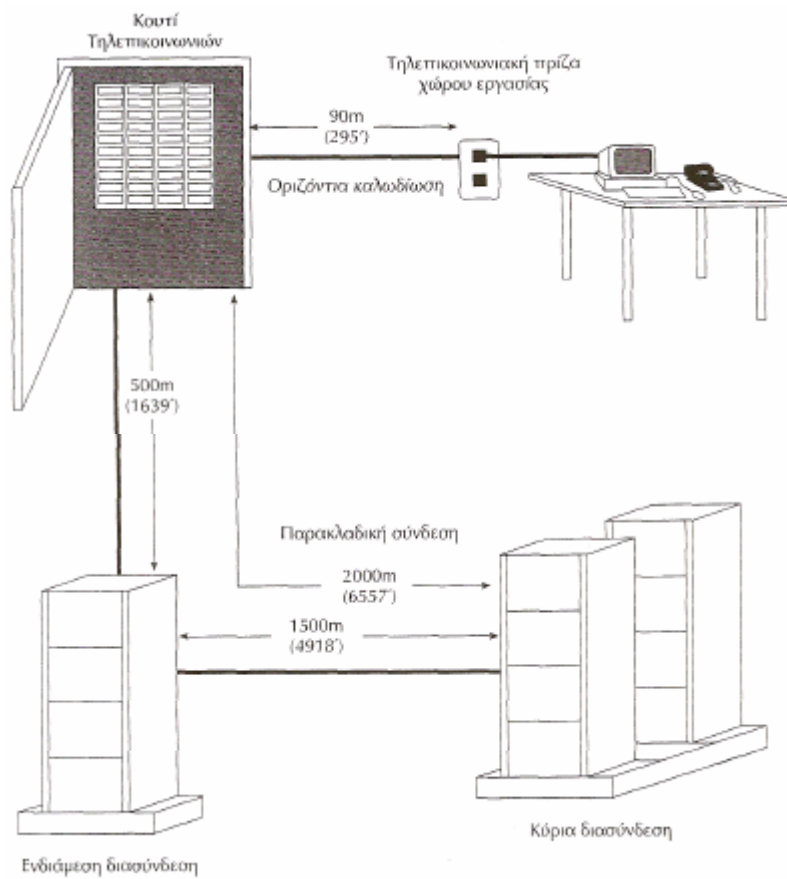
Ο βασικός σκοπός του υλικού των οπτικών ινών είναι η προστασία και η οργάνωση των σημείων σύνδεσης και τερματισμού. Το υλικό χωρίζεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, το εσωτερικών και το εξωτερικών εφαρμογών. Στο κεφάλαιο αυτό, θα ασχοληθούμε κυρίως με το υλικό εσωτερικού χώρου, το οποίο χρησιμοποιείται σε εμπορικά κτίρια και πανεπιστήμια, ενώ στο τέλος θα ασχοληθούμε και λίγο με το υλικό των εξωτερικών εφαρμογών.

Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού, απαιτείται καλή σχεδίαση από την αρχή. Συγκεκριμένα, απαιτείται η γνώση του πλήθους των ινών σε κάθε θέση, καθώς και ο σκοπός της κάθε μίας. Στη συνέχεια, επιλέγουμε το υλικό και τον τύπο του καλωδίου, ανάλογα με την εφαρμογή. Ο σχεδιαστής θα πρέπει να αποφασίσει για το δίκτυο, τα συστήματα υποστήριξης, την τοπολογία που θα χρησιμοποιηθεί, όπως π.χ. ethernet, token ring, φωνή, δεδομένα, video, εικόνα, έλεγχος και βιομηχανικές εφαρμογές. Μόλις προσδιοριστεί το είδος της εφαρμογής, οι ίνες και οι συνδέσεις / βυσματώσεις, στη συνέχεια θα πρέπει να επιλεγεί η διαδρομή. Ακολουθώντας, αποφασίζονται τα σημεία τοποθέτησης των κουτιών, πινάκων, κτλ.

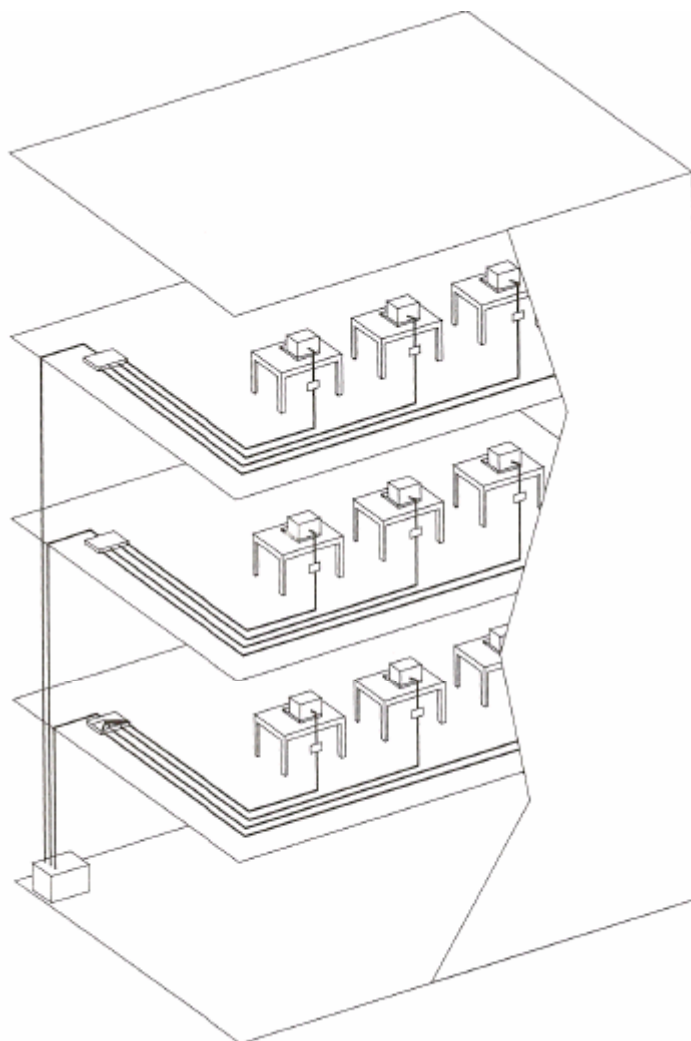
Για τη διασύνδεση των οπτικών ινών σε εμπορικά κτίρια, υπάρχουν οι κανονισμοί EIA / TIA 568. Αυτοί βασίζονται στον ιεραρχικό αστέρα για την παρακλαδική σύνδεση και στον απλό αστέρα για οριζόντια διασύνδεση. Οι κανονισμοί για τις παρακλαδικές συνδέσεις ισχύουν για μέγιστη απόσταση 2000 μέτρων μεταξύ της κύριας διασύνδεσης και του κουτιού επικοινωνιών, με μέγιστο μία ενδιάμεση διασύνδεση (σχήμα 7.1). Πολλά δίκτυα συνδέονται με το απλούστερο και χαμηλότερου κόστους σύστημα καλωδίωσης homerun (σχήμα 7.2). Οι τέσσερις κύριες λειτουργίες κάθε σημείου διασύνδεσης (σύμφωνα με τους κανονισμούς EIA / TIA 568) είναι οι ακόλουθες:

1. Κύρια διασύνδεση. Η κύρια διασύνδεση είναι γνωστή και ως MDF (Main Distribution Frame), και θα πρέπει να βρίσκεται πλησίον ή στην ίδια θέση με το κέντρο δεδομένων. Το σημείο αυτό εξασφαλίζει μία κεντρική θέση διαχείρισης για επαναδιαμόρφωση του δικτύου οπτικών ινών. Ο εξοπλισμός της κύριας διασύνδεσης θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Χειρισμό αρκετά μεγάλου πλήθους οπτικών ινών.
- Δυνατότητα αποδοχής εξοπλισμού ή συνδέσεων απευθείας τερματισμού, καθώς και προ-τερματισμένων συστημάτων.
- Αποθηκευτικό χώρο για τα καλώδια σύνδεσης και δυνατότητες επαναδιαμόρφωσης.
- Δυνατότητα επέκτασης.



Σχήμα 7.1. Παρακλαδική σύνδεση (καλωδίωση).



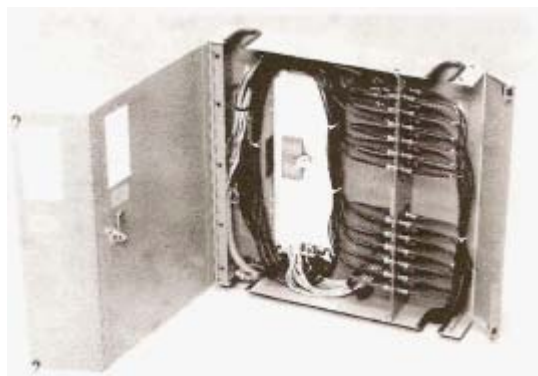
Σχήμα 7.2. Σύστημα καλωδίωσης *home-run*.

2. Ενδιάμεση διασύνδεση. Η ενδιάμεση διασύνδεση τυπικά συνδέει το εντός του κτιρίου καλώδιο με το εξωτερικό καλώδιο. Είναι μικρότερο και διαθέτει μικρότερο πλήθος ινών από το προηγούμενο. Ο εξοπλισμός του καλωδίου αυτού εγκαθίσταται σε τοίχους. Το μέγεθος της ενδιάμεσης διασύνδεσης καθορίζει και τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν.
3. Κουτί τηλεπικοινωνιών. Υλοποιεί τη μετάβαση από την παρακλαδική σύνδεση στην οριζόντια καλωδίωση.
4. Τηλεπικοινωνιακή πρίζα χώρου εργασίας. Αποτελεί το άκρο όπου περατώνεται η οριζόντια καλωδίωση. Τα χρησιμοποιούμενα καλώδια μπορεί να διαθέτουν εκτός από οπτικές ίνες και χάλκινους αγωγούς.

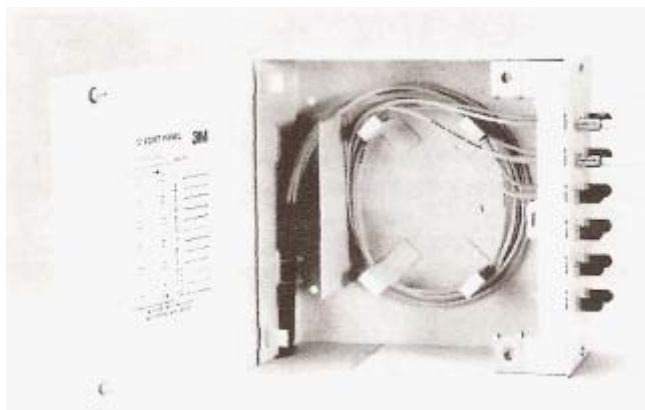
Σε κάθε ένα από τα προηγούμενα σημεία διασύνδεσης μπορούν να εγκατασταθούν ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Πίνακας μόνιμων συνδέσεων. Διασυνδέει το εξωτερικό καλώδιο σε επιμέρους ίνες. Μετά από τις μόνιμες συνδέσεις τους, οι ίνες οδηγούνται σε ειδικούς οδηγούς όπου προστατεύονται από τυχόν φθορές. Οι μόνιμες συνδέσεις του πίνακα μπορεί να είναι είτε μηχανικές είτε τήξης (σχήμα 7.3).

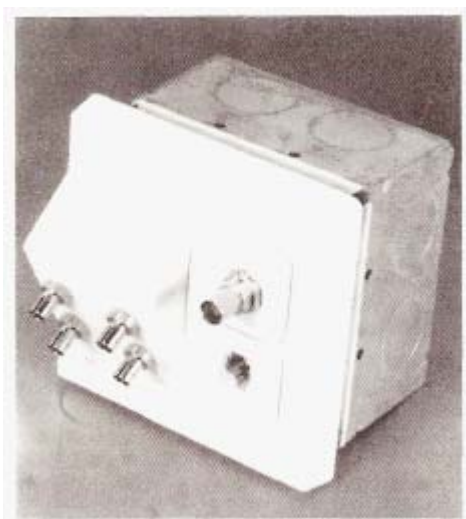
2. Πίνακας ελέγχου συνδέσεων. Προσφέρει ένα κεντρικό σημείο σύνδεσης των ινών, ελέγχου και παρακολούθησης. Στο σχήμα 7.4, ένα εισερχόμενο καλώδιο τερματίζεται με κάποιο βύσμα. Στην άλλη άκρη υπάρχει μία άλλη ομάδα βυσμάτων όπου καταλήγουν τα καλώδια ενός τοπικού δικτύου (LAN). Σε μικρά γραφεία, ο πίνακας αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κύρια ή ενδιάμεση διασύνδεση. Για την επιλογή ενός τέτοιου πίνακα, απαιτείται η γνώση του τύπου και πλήθους των απαιτούμενων βυσμάτων, ο τρόπος στερέωσης (σε τοίχο ή σε ράγες οδηγούς), καθώς και το μέγεθος του απαιτούμενου κουτιού που θα συμπεριλάβει όλους τους επιμέρους πίνακες συνδέσεων.



Σχήμα 7.3. Πίνακας μόνιμων συνδέσεων, ο οποίος συνδέει τις μεμονωμένες ίνες των καλωδίων με συνδέσεις *rigtail* (προσφορά AMP).



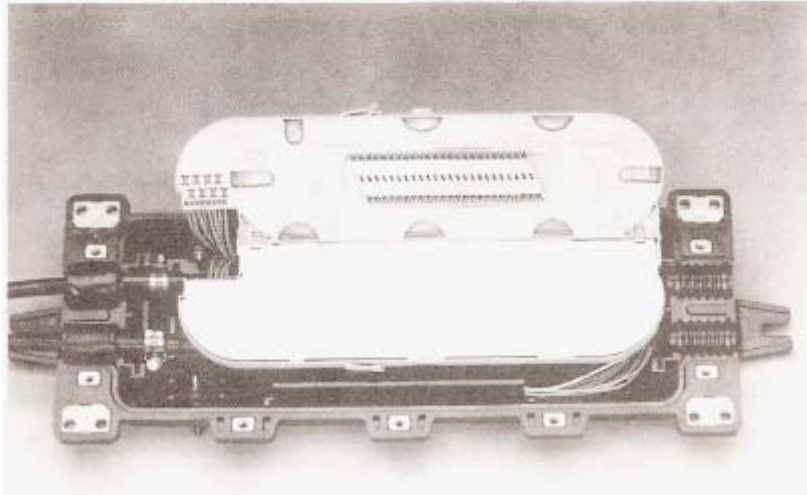
Σχήμα 7.4. Πίνακας ελέγχου συνδέσεων, ο οποίος συνδέει μεταξύ τους δύο καλώδια. Εδώ, απεικονίζονται καλώδια σύνδεσης απλών ινών, συνδεδεμένα σε ένα διαρρηγνύμενο καλώδιο (προσφορά 3M).



Σχήμα 7.5. Οι πρίζες τοίχου τερματίζουν τα καλώδια στα επιθυμητά σημεία των εφαρμογών γραφείου (προσφορά AMP).

3. Πρίζα τοίχου. Σε μία πρίζα τοίχου (σχήμα 7.5) στην οποία καταλήγει η μόνιμη εγκατάσταση, παρέχεται η σύνδεση του εξοπλισμού με το δίκτυο. Οι πρίζες αυτές μπορούν είτε να είναι εγκατεστημένες εσωτερικά του τοίχου, είτε στερεωμένες πάνω σε αυτόν.
4. Πίνακες. Στην πράξη, θα πρέπει να επιλέγονται πίνακες με αντίστοιχες δυνατότητες σύνδεσης/προσαρμογής με τα διαθέσιμα βύσματα. Επίσης, μπορούμε να επιλέξουμε πίνακες χωρίς καθόλου συνδέσεις, ώστε να εγκαταστήσουμε τις επιθυμητές ανάλογα με τα διαθέσιμα βύσματα. Κάθε κατασκευαστής διαθέτει μια δική του σχεδίαση για τη στοίβαξη των πινάκων μέσα σε κουτιά. Σε μία τέτοια σχεδίαση, οι πίνακες στοιβάζονται πάνω σε ράγες οδηγούς. Μία άλλη μέθοδος τοποθετεί τους πίνακες μέσα σε ένα μεγάλο κουτί, και κάθε κουτί εγκαθίσταται πάνω στον τοίχο, το ένα πάνω στο άλλο ή δίπλα-

δίπλα. Όταν παραγγέλλουμε ένα κουτί, θα πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι συμπεριλαμβάνει τον απαιτούμενο εξοπλισμό τερματισμού (κλιπς γειώσεων, κτλ), θέση ασφαλούς κατάληξης του κεντρικού διηλεκτρικού ανθεκτικού σώματος του καλωδίου, Keniar ή άλλο υλικό γέμισης, καθώς και οδηγούς καλωδίων / καναλιών.



Σχήμα 7.6. Κουτί μόνιμης σύνδεσης ASP, για τη μηχανική σύνδεση Fiberlok της 3M (προσφορά 3M).

5. Συνδέσεις *rigtail*. Αποτελούν καλώδια οπτικών ινών, τα οποία στο ένα άκρο φέρουν βύσματα τοποθετημένα από τον κατασκευαστή, ενώ το άλλο άκρο παραμένει ατερμάτιστο. Το ατερμάτιστο άκρο χρησιμοποιείται για τη μόνιμη σύνδεση της οπτικής ίνας που απαιτεί τερματισμό. Οι συνδέσεις *rigtail* χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε εφαρμογές μονότροπων, και σπανιότερα πολύτροπων ινών. Συνήθως, πωλούνται τερματισμένες και στα δύο τους άκρα με βύσματα (για ευκολία ελέγχου της ποιότητας των βυσμάτων), και στη συνέχεια κόβονται στη μέση για τη χρησιμοποίησή τους στις εφαρμογές.

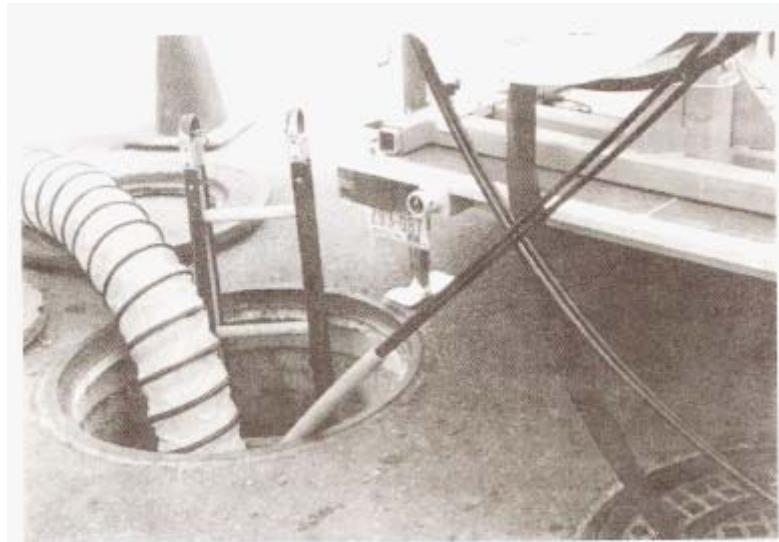
6. Υλικό εγκαταστάσεων εξωτερικού χώρου. Για εγκαταστάσεις εξωτερικού χώρου, χρησιμοποιούνται κουτιά μόνιμων συνδέσεων (σχήμα 7.6), αφού τα βύσματα χρησιμοποιούνται μόνο στα σημεία τερματισμού εσωτερικών χώρων. Τα κουτιά αυτά διατίθενται σε τύπους για απευθείας ταφή, για χρήση σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα ή σε εναέριες εγκαταστάσεις. Τα περισσότερα από τα κουτιά αυτά μετά από την τοποθέτηση της σύνδεσης σφραγίζονται.

7. Σωληνωτοί οδηγοί. Τα καλώδια οπτικών ινών, συνήθως τοποθετούνται μέσα σε σωληνωτούς αγωγούς (σχήμα 7.7). Με τον τρόπο αυτό προστατεύονται από φθορές, υγρασία, μηχανικές καταπονήσεις, τόσο κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης όσο και μετά. Οι σωληνωτοί οδηγοί διατίθενται σε πολλούς τύπους, από απλούς μέχρι και χαλύβδινους σωλήνες. Για την αποφυγή πρόκλησης φθοράς του καλωδίου κατά την εγκατάσταση, πολλοί τύποι είναι έτοιμοι

σχεδιασμένοι, ώστε να αποτρέπουν την υπέρβαση των ορίων αντοχής του καλωδίου στο τράβηγμα. Ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους, οι ίνες συνήθως τοποθετούνται μέσα σε κάποιο απλό οδηγό. Με τον τρόπο αυτό, αναγνωρίζεται το καλώδιο ως οπτικής ίνας, και προστατεύεται τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά την απομάκρυνση άλλων καλωδίων. Επίσης, μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία της εγκατάστασης. Ο οδηγός αυτός μπορεί να εγκαθίσταται γρήγορα και εύκολα, χωρίς μεγάλη ανησυχία για τυχόν φθορές.

Σε εγκαταστάσεις εξωτερικού χώρου, με τη χρήση κατάλληλης λίπανσης, είναι δυνατό να αυξήσουμε σημαντικά το μήκος του καλωδίου, που είναι δυνατό να τραβηχτεί μέσα από τον οδηγό. Υπάρχει δυνατότητα επιλογής από μεγάλη ποικιλία τύπων, πλήθους και μεγέθους καλωδίων, ιδιαίτερα όταν ενδιαφέρει η μελλοντική επεκτασιμότητα. Ορισμένοι κατασκευαστές προσφέρουν οδηγούς μαζί με τα καλώδια που επιθυμεί ο αγοραστής, έτοιμα για απευθείας ταφή ή τοποθέτηση σε ήδη εγκατεστημένους οδηγούς.

Σκάψιμο τάφρων για οδηγούς: Σε σημεία που είναι ήδη επιστρωμένα (πεζοδρόμια, κτλ), η επιφάνεια θα πρέπει να κόβεται προσεκτικά για την αποφυγή υπερβολικού εύρους που θα απαιτήσει νέα επίστρωση. Πα λόγους οικονομίας, το εύρος αυτό δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τον απαιτούμενο χώρο για εργασία. Γενικά, η διάσταση αυτή καθορίζεται από τα εκοκαφικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται. Το ελάχιστο εύρος της τάφρου θα πρέπει να είναι 10 cm μεγαλύτερο του οδηγού (ή 7,5 cm μεγαλύτερο όταν χρησιμοποιείται τοιμεντένια τάφρος). Οι προδιαγραφές της συγκεκριμένης εφαρμογής καθορίζουν το τελικό εύρος της τάφρου.



Σχήμα 7.7. Δοο καλώδια οπτικών ινών τοποθετούνται μέσα σε υπόγεια διαδρομή, ενώ προηγουμένως εισάγονται μέσα σε κάποιο σωληνωτό οδηγό (προσφορά Condux).

Για την οριζόντια και ομοιόμορφη υποστήριξη του καλωδίου μέσα στην τάφρο, θα πρέπει, όπου απαιτείται, να χρησιμοποιείται άμμος ή άλλη κοκκώδης γέμιση στον πυθμένα της τάφρου.

Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στον τρόπο αλλαγής κατεύθυνσης. Η ιδανική κατασκευή οδηγού είναι η εντελώς ευθύγραμμη, η οποία όμως έχει κατάλληλη κλίση για αποστράγγιση σε υπονόμους. Οι αλλαγές κατεύθυνσης θα πρέπει να γίνονται όσο το δυνατό περισσότερο σταδιακές. [16]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Σχεδίασης μίας εγκατάστασης οπτικών ινών

8.1 Η διαδικασία σχεδίασης

Η σχεδίαση αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά και ιδιαίτερα κρίσιμα τμήματα οποιουδήποτε κατασκευαστικού έργου. Ένα από τα χαρακτηριστικά μίας κατασκευής είναι ότι δεν επαναλαμβάνεται. Αν και συγκεκριμένες δραστηριότητες μπορεί να επαναλαμβάνονται, π.χ. το τράβηγμα των καλωδίων και οι τερματισμοί των ινών, το κάθε έργο χωριστά εκτελείται κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Το συνολικό αποτέλεσμα όλων των μικρών διαφορών, καθιστά τα διάφορα έργα πολύ διαφορετικά μεταξύ τους. Το κάθε έργο, θα πρέπει να σχεδιάζεται λεπτομερώς, και να λαμβάνονται υπόψη τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Στην κατασκευαστική βιομηχανία, σχεδιάζονται και κατασκευάζονται πρωτότυπα για τον έλεγχο της σχεδίασης και των κατασκευαστικών διαδικασιών. Όταν συμβαίνουν λάθη και παραβλέψεις, τότε αναπτύσσεται ένα άλλο πρωτότυπο που λύνει τα προβλήματα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται πολλές φορές μέχρι το προϊόν και η κατασκευαστική διαδικασία να καταστούν χωρίς λάθη, οπότε και το προϊόν εισέρχεται στην παραγωγή.

Στην οικοδομική βιομηχανία, δεν υπάρχει αυτή η πολυτέλεια. Οι σχεδιαστές θα πρέπει να σχεδιάσουν σωστά από την πρώτη στιγμή. Το ίδιο και οι κατασκευαστές θα πρέπει να οικοδομήσουν σωστά από την πρώτη στιγμή. Σχεδιαστικά ή κατασκευαστικά σφάλματα έχουν κόστος επιδιόρθωσης ή αντικατάστασης, και προκαλούν καθυστερήσεις. Ορισμένα σφάλματα δεν είναι εμφανή από την πρώτη στιγμή και δε γίνονται αντιληπτά μέχρι το σύστημα να λειτουργήσει. Σε αυτήν την περίπτωση, τα λάθη δεν επιφέρουν μόνον κόστος και καθυστερήσεις, αλλά είναι και καταστροφικά για αυτούς που εξαρτώνται από ένα πλήρως λειτουργικό και σωστό σύστημα.

Ο μόνος τρόπος για μία ποιοτική εργασία είναι η αποφυγή των σφαλμάτων, των παραλείψεων και των λαθών, με κατάλληλη σχεδίαση και εφαρμογή σωστών διαδικασιών εγκατάστασης. Ένα όφελος, που προκύπτει από τη διαδικασία της σχεδίασης, είναι η βελτίωση της απόδοσης της εγκατάστασης, πράγμα το οποίο καταλήγει σε υψηλότερα κέρδη για τους εργολάβους. Η σχεδίαση μίας εγκατάστασης οπτικών ινών από κάθε άποψη δεν αποτελεί επιλογή αλλά αναγκαιότητα.[4]

8.2 Μετρήσεις για το απαιτούμενο μήκος καλωδίου

Η σχεδίαση για τα κατάλληλα μήκη καλωδίων είναι εξαιρετικής σημασίας στις εγκαταστάσεις οπτικών ινών, για δυο λόγους. Ο

σημαντικότερος λόγος είναι ότι οι συνδέσεις προκαλούν απώλειες ποιότητας και ισχύος σήματος. Στην πράξη, οι περισσότεροι σχεδιαστές καθορίζουν απευθείας διαδρομές από σημείο σε σημείο ή από συσκευή σε συσκευή, ώστε να αποφεύγουν τις οποιοσδήποτε απώλειες λόγω συνδέσεων. Ο δεύτερος λόγος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τον εργολάβο, και έχει σχέση με το ότι οι συνδέσεις κοστίζουν σε χρόνο και σε χρήμα.

Γενικά, θα πρέπει να λαμβάνονται μετρήσεις απαιτούμενου μήκους από κάποιον έμπειρο τεχνικό, ο οποίος αντιλαμβάνεται τη σημασία των σωστών και με ακρίβεια μετρήσεων. Συνήθως, αυτό γίνεται από τον ίδιο το μηχανικό ή τον επόπτη του έργου.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για να μετρήσει κάποιος το μήκος της διαδρομής των ινών, αρχίζοντας από τη λιγότερο προς την περισσότερη επιθυμητή:

1. Από τα σχέδια. Αυτό ισχύει, όταν θέλετε να επενδύσετε σε επιπρόσθετο υλικό. Σκοπός των σχεδίων είναι η απλή ένδειξη της υποτιθέμενης θέσης των γραμμών της εγκατάστασης. Ωστόσο, είναι σχεδόν αδύνατο για το σχεδιαστή να προβλέψει όλες τις συνθήκες που μπορεί κάποιος να συναντήσει στην πράξη. Γι' αυτό, η λήψη μετρήσεων ακριβείας από τα σχέδια δεν είναι δυνατή, με αποτέλεσμα να έχουμε τελικά περισσεύματα ή ελλείμματα μήκους καλωδίου.

2. Επιτόπιες μετρήσεις με τροχό. Μία επιτόπια μέτρηση με τροχό και τη βοήθεια σχεδίων παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια από την προηγούμενη μέθοδο. Η επιτόπια επίσκεψη παρέχει ορισμένα στοιχεία και χαρακτηριστικά του έργου, τα οποία δεν είναι δυνατό να γίνουν αντιληπτά αποκλειστικά και μόνο από τα σχέδια. Με την επιτόπια επίσκεψη, μπορούν να επιβεβαιωθούν λεπτομέρειες της εγκατάστασης, π.χ. αλλαγές στην ευθυγράμμιση ή στην ύψωση των διαδρομών, πιθανά εμπόδια, ενώ παρέχεται δυνατότητα ακριβούς καταγραφής των σημείων τερματισμού.

3. Μετρήσεις με μετροταινία. Μέχρι τώρα, η ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδος μέτρησης είναι με τη χρήση μετροταινίας. Η ταινία αυτή είναι επίπεδη, πλαστικοποιημένη, και φέρει υποδιαιρέσεις μονάδων μήκους (μέτρα). Συναντάται σε διάφορα μήκη και αντοχές εφελκυσμού.

Στο τέλος της διαδικασίας μέτρησης, απαιτείται κάποια επαύξηση του απαιτούμενου μήκους, για πρόβλεψη μόνιμων συνδέσεων, βυσματώσεων και πιθανών περιελίξεων μελλοντικής πρόσβασης. Το επιπρόσθετο μήκος για μόνιμες συνδέσεις εξαρτάται από τις συνθήκες που συναντώνται στην πράξη, τη μέθοδο που εφαρμόζεται για τη σύνδεση και τα μακροπρόθεσμα σχέδια που υπάρχουν για τη χρήση του καλωδίου. Οι βυσματώσεις απαιτούν περίπου δύο έως τρία μέτρα επί πλέον μήκους καλωδίου. Περιελίξεις πρόσβασης ή επισκευής γενικά κυμαίνονται σε μήκος από 10 έως 15 μέτρα. Ένας πρακτικός κανόνας είναι 1% επί πλέον μήκος για εξωτερική εγκατάσταση και 5 - 7% για εσωτερική εγκατάσταση καλωδίου.[18]

8.3 Μόνιμες συνδέσεις

Οι μόνιμες συνδέσεις τήξης δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε περιβάλλοντα στα οποία υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, όπως π.χ. μέσα σε ανθρωποθυρίδες. Έτσι, τα σημεία των καλωδίων που πρόκειται να συνδεθούν θα πρέπει να καταλήγουν σε περιοχές, στις οποίες η σύνδεση μπορεί να εκτελεστεί με ασφάλεια. Συνήθως, απαιτείται ένα επί πλέον μήκος 10 μέτρων σε κάθε άκρη των καλωδίων που πρόκειται να συνδεθούν (συνολικά 20 μέτρα καλωδίου επί πλέον).

Οι μηχανικές συνδέσεις μπορούν να εκτελεστούν με ασφάλεια μέσα σε ανθρωποθυρίδες, και απαιτούν μόνο 3 μέτρα επί πλέον μήκους καλωδίου (αντί των 20 μέτρων), για κάθε σύνδεση. Υπενθυμίζεται, ότι το μήκος αυτό είναι επιπρόσθετο αυτού που θα απαιτηθεί για την εγκατάσταση μέσα στην ανθρωποθυρίδα.

8.4 Βυσματώσεις

Κατά τον τερματισμό μίας ίνας με βύσμα, είναι σημαντική η τοποθέτηση της τερματικής περιοχής σε ασφαλές και ευρύχωρο μέρος. Εάν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες επιθυμίες του χρήστη, τοποθετήστε την τερματική περιοχή πλησιέστερα στον εξοπλισμό μετάδοσης της οπτικής ίνας. Επειδή είναι σημαντικότερη η προστασία των εκτεθειμένων ινών, η περιοχή τερματισμού θα πρέπει να επιλέγεται σε ένα τέτοιο μέρος, το οποίο θα παρέχει κατάλληλο χώρο για εργασία.

8.5 Αποτελεσματικό τράβηγμα καλωδίων

Όταν κάποιος εμπλέκεται για πρώτη φορά με την εγκατάσταση οπτικών ινών, μπορεί να νομίζει ότι είναι σίγουρος για το πόσο μήκος καλωδίου μπορεί να τραβηχτεί κάθε φορά. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μικρό μέγεθος και βάρος των καλωδίων οπτικών ινών. Για να μην αποτύχετε στο τράβηγμα ενός μεγάλου μήκους καλωδίου, είναι καλύτερα να χωρίζετε ένα μήκος τραβήγματος στα δύο, ή ακόμη και στα τρία, συνήθως σε γωνίες ή σε κουτιά.

Δε θα πρέπει κάποιος να επιμένει στο τράβηγμα του καλωδίου, εάν η τάση εφελκυσμού' φθάσει το όριο αντοχής του. Στην περίπτωση αυτή, το καλώδιο θα πρέπει να τραβιέται πάλι πίσω, και να ξαναρχίζει η διαδικασία από την αρχή με μικρότερο μήκος καλωδίου, καλύτερη λίπανση ή και τα δύο μαζί. Εφόσον το καλώδιο δεν έχει καταστραφεί, μπορεί κατά την επανάληψη της διαδικασίας να χρησιμοποιηθεί το ίδιο.

Θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε στα σημεία όπου εκτελείται το τράβηγμα των καλωδίων να υπάρχει αρκετός χώρος για

εργασία. Ο καλός σχεδιαστής καθορίζει αρκετά τέτοια σημεία. Επίσης, ο τεχνικός εγκατάστασης θα πρέπει να βεβαιώνεται ότι υπάρχουν αρκετά τέτοια σημεία, διαφορετικά θα πρέπει να τα καθορίζει ο ίδιος πριν από την έναρξη της εργασίας.

Συνήθως, η εργασία του τραβήγματος των καλωδίων εκτελείται από δύο έως τρεις τεχνικούς. Ο ένας τεχνικός ξετυλίγει το καλώδιο από το καρούλι αποθήκευσης, για τη μείωση της τάσης φορτίου (αποτελεί την απαιτούμενη τάση ξετυλίγματος). Ένας ή δύο τεχνικοί τραβούν το καλώδιο από το άλλο άκρο. Ο αριθμός των απαιτούμενων τεχνικών καθορίζεται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- μήκος καλωδίου
- συνολικές μοίρες κάμψης
- τάση φορτίου
- χρήση λιπαντικού καλωδίων
- χρήση εξοπλισμού τραβήγματος καλωδίων

Πριν από την έναρξη κάθε τραβήγματος, θα πρέπει να είστε βέβαιοι ότι υπάρχει αρκετός χρόνος για την περάτωση της εργασίας αυθημερόν. Δε θα πρέπει να αφήνετε καρούλια με καλώδια αξίας εκατομμυρίων σε αφύλακτους χώρους. Ιδιαίτερα σε δημόσιους χώρους, απαιτείται κάποια βάρδια ασφαλείας για τη φύλαξη των καλωδίων και την αποφυγή τυχόν κλοπών.

Τα ακριβή σημεία τερματισμού θα πρέπει να προκαθορίζονται. Η παράβλεψη του βήματος αυτού πολλές φορές οδηγεί σε λάθη που κοστίζουν. Το καλώδιο θα πρέπει να τραβιέται εντελώς, μέχρι το σημείο τερματισμού του. Ο σχεδιαστής θα πρέπει να έχει κατασκευάσει ένα κατάλληλο διάγραμμα του χώρου, το οποίο θα (Βοηθήσει ουσιαστικά στον τερματισμό των καλωδίων.

8.6 Κατάλληλος χώρος οδηγίων

Η τρέχουσα πρακτική στη βιομηχανία πέραν της τηλεφωνίας τείνει να μη χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το διαθέσιμο χώρο των οδηγών καλωδίων. Για παράδειγμα, σε οδηγούς τεσσάρων ιντσών, τις περισσότερες φορές συναντώνται καλώδια μόνο μισής ίντσας. Σε μία καλή σχεδίαση, τα καλώδια θα πρέπει να καταλαμβάνουν περίπου το 60 - 70% του διαθέσιμου στους οδηγούς χώρο.

Επειδή είναι δύσκολο το τράβηγμα των καλωδίων σε οδηγούς που είναι ήδη κατειλημμένοι, είναι πολύ σημαντικό να φαίνονται από τα σχέδια τα σημεία τραβήγματος με λεπτομέρεια. Τα περισσότερα καλώδια οπτικών ινών έχουν διάμετρο 19 mm ή μικρότερη, οπότε για αποδοτικότερη χρήση θα πρέπει οι μεγαλύτερης διαμέτρου οδηγοί (76 ή 101 mm) να υποδιαιρούνται σε υπο-οδηγούς.

Οι υποδιαιρέσεις των οδηγών (υπο-οδηγοί) αποτελούν μικρότερους εύκαμπους μη-μεταλλικούς οδηγούς, οι οποίοι τραβιούνται μέσα από τους

κανονικούς μεγαλύτερους οδηγούς. Κατασκευάζονται από πολυαιθυλένιο και έρχονται μαζί με το σχοινί τραβήγματος στο εσωτερικό τους. Ο σκοπός των υπο-οδηγών είναι τριπλός:

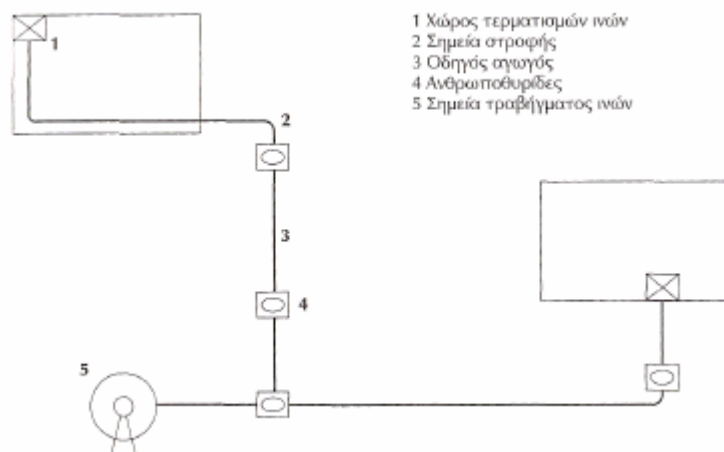
- υποδιαίρεση των κυρίων οδηγών
- προστασία των καλωδίων οπτικών ινών
- μείωση των τριβών κατά το τράβηγμα

Το εσωτερικό των υπο-οδηγών είναι έτσι σχεδιασμένο, ώστε το καλώδιο να γλιστράει εύκολα. Αυτό επιτυγχάνεται τόσο με τη χρήση ειδικών επιστρώσεων όσο και με τις φυσικές ιδιότητες των εσωτερικών τοιχωμάτων. Οι οδηγοί με πτωχώσεις είναι οι περισσότερο δημοφιλείς, επειδή είναι εύκαμπτοι. Ένας οδηγός 76 mm (τριών ιντσών) μπορεί να υποδιαιρεθεί μέχρι και σε τέσσερις υπο-οδηγούς 25,4 mm (μίας ίντσας). Ένας υπο-οδηγός 101 mm (τεσσάρων ιντσών) μπορεί να υποδιαιρεθεί μέχρι και σε έξι υπο-οδηγούς 25,4 mm (μίας ίντσας).

Οι υπο-οδηγοί δε διευκολύνουν απλώς και μόνο την επιτυχή πρώτη εγκατάσταση των καλωδίων, αλλά επιτρέπουν και τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης του συστήματος. Αυτό παρέχει μεγάλη ανταπόδοση της επένδυσης σε τυχόν μελλοντικές αναβαθμίσεις.

8.7 Αρχική σχεδίαση

Πριν αρχίσει το τράβηγμα ενός καλωδίου, ο μηχανικός του έργου, ο επικεφαλής τεχνικός και ο επιβλέπων το πρόγραμμα θα πρέπει να ελέγξουν τη σχεδίαση βήμα προς βήμα. Ο μηχανικός του έργου είναι υπεύθυνος για τη σχεδίαση του συστήματος και θα πρέπει να γνωρίζει καλά τις ανάγκες του πελάτη. Ο επικεφαλής τεχνικός δεν είναι απαραίτητο να αναλάβει ο ίδιος την εγκατάσταση, αλλά θα πρέπει να διαθέτει εμπειρία στις οπτικές ίνες και να απαντά σε όσο το δυνατό περισσότερες ερωτήσεις, πριν αρχίσει η ομάδα τεχνικών τις εργασίες. Ο επιβλέπων το πρόγραμμα μπορεί να παρέχει γενικές πληροφορίες για το έργο, και θα πρέπει να γνωρίζει όσο το δυνατό περισσότερα για τις δραστηριότητες των τεχνικών, ώστε να τις συντονίζει με τυχόν άλλες στην ίδια περιοχή της εγκατάστασης.



Σχήμα 8.1. Σχεδιάγραμμα προ-σχέδιο πριν από την έναρξη της εγκατάστασης.

Ο βήμα προς βήμα έλεγχος αρχίζει από κάποια θέση τερματισμού (σχήμα 8.1). Η θέση αυτή προσδιορίζεται με κάποια ξεκάθαρη ονομασία, όπως π.χ. "Χώρος επικοινωνιών #12". Σε ένα σχέδιο θα πρέπει να αναγράφονται όλες οι θέσεις τερματισμού των ινών, οι θέσεις του βασικού εξοπλισμού του συστήματος, καθώς και άλλα σχετικά χαρακτηριστικά του χώρου. Στους τοίχους και στο πάτωμα μαρκάρονται με μολύβι τα σημεία τερματισμού. Πάνω στο σχέδιο, σημειώνονται τα στοιχεία που αφορούν τον τύπο και μέγεθος των οδηγών, καθώς επίσης εάν χρησιμοποιήθηκε μετροταινία. Από τον επιβλέποντα το πρόγραμμα παρέχεται η πληροφορία εάν θα χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί οδηγοί.

Ακόμη, θα πρέπει να καθορίζεται ποιος οδηγός πάει πού, είτε με οπτικό έλεγχο ή με τοποθέτηση ετικετών στην ταινία τραβήγματος. Η διαδρομή του οδηγού θα πρέπει να επιθεωρείται, σημειώνοντας στο διάγραμμα τυχόν κουτιά τραβήγματος, ανθρωποθύριδες ή άλλα εμπόδια. Η ίδια διαδικασία θα πρέπει να επαναλαμβάνεται για κάθε διαδρομή.

Όσο περισσότερες πληροφορίες παρέχονται στο αρχικό σχέδιο από το μηχανικό, τόσο ταχύτερα θα προχωρήσει η διαδικασία εγκατάστασης. Υπενθυμίζεται, ότι αντικειμενικός σκοπός του ελέγχου της σχεδίασης είναι η αποφυγή να παραμένει ολόκληρο το συνεργείο εγκατάστασης άεργο, ενώ ο επικεφαλής τεχνικός ψάχνει να βρει το μηχανικό ή τον επιβλέποντα, για διευκρινίσεις και επιπρόσθετες πληροφορίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - Τράβηγμα Καλωδίων Οπτικών Ινών

Αυτοί που εγκαθιστούν ηλεκτρικά καλώδια γνωρίζουν από τεχνικές τραβήγματος καλωδίων. Η βασική προσέγγιση του τραβήγματος καλωδίων οπτικών ινών διαφέρει λίγο από τις τεχνικές τραβήγματος χάλκινων ή αλουμινένιων αγωγών. Ωστόσο, όπως το αλουμίνιο αποκρίνεται διαφορετικά από το χαλκό όταν τραβιέται, έτσι και οι οπτικές ίνες έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά. Το κεφάλαιο αυτό εστιάζεται στον τρόπο τραβήγματος των καλωδίων οπτικών ινών (σχήμα 9.1) και στο τι θα πρέπει να αποφεύγεται.[17]



Σχήμα 9.1. Σε εγκαταστάσεις εξωτερικών χώρων, τα καλώδια οπτικών ινών συνήθως τοποθετούνται μέσα σε σωληνωτούς οδηγούς.

9.1 Αποφυγή καταστροφών

Το πρώτο βήμα στο τράβηγμα των καλωδίων είναι η μέτρηση και η κοπή του υλικού. Ανακριβείς μετρήσεις αποτελούν καταστροφή για την εγκατάσταση καλωδίων οπτικών ινών. Οι μόνιμες συνδέσεις είναι πολύ πιο κρίσιμες στις οπτικές ίνες απ' ό,τι στους συρμάτινους αγωγούς, λόγω των απωλειών σήματος που εισάγουν. Γι' αυτό, δεν επιτρέπονται υποθέσεις και προχειροδουλειές.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός καλωδίου οπτικών ινών θα πρέπει να είναι πάντοτε στο μυαλό μας κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης. Τα δύο χαρακτηριστικά τα οποία είναι ιδιαίτερης σημασίας κατά την εγκατάσταση, είναι το φορτίο έλξης και η ακτίνα κάμψης.

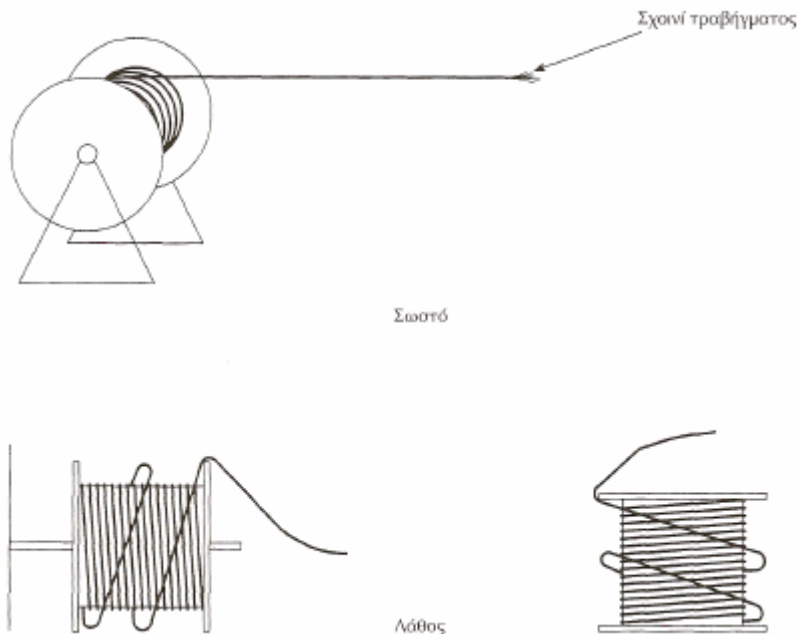
Οι γυάλινες ίνες είναι εύθραυστες, και παρά ότι το καλώδιο έχει σχεδιαστεί ώστε να τις προστατεύει, μπορούν να καταστραφούν πολύ ευκολότερα από τα καλώδια μεταλλικών αγωγών. Γι' αυτό και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διαδικασία του τραβήγματος. Απλά, δεν έχετε την πολυτέλεια να σπάσετε το καλώδιο κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης.

Η καταστροφή ενός καλωδίου μπορεί να συμβεί με διάφορες μορφές. Η πιο συνήθης ζημιά είναι κάποια σπασμένη ίνα, η οποία μάλιστα είναι και δύσκολο να εντοπιστεί. Για το λόγο αυτό, η εγκατάσταση καλωδίων οπτικών ινών αποτελεί μία πολύ λεπτή διαδικασία.

9.2 Ξετύλιγμα καλωδίου

Αν και τα καλώδια οπτικών ινών μοιάζουν εξωτερικά με τα καλώδια χάλκινων αγωγών, στην πραγματικότητα είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους. Τα καλώδια οπτικών ινών μπορεί να υποστούν ζημιά όταν ξετυλίγονται ή τραβιούνται με λανθασμένες μεθόδους. Τραβώντας το εξωτερικό περίβλημα ενός καλωδίου, προκαλείται συμπίεση των οπτικών ινών και σημαντική απώλεια σήματος. Όταν δημιουργηθεί η κατάσταση αυτή, συνήθως τα αποτελέσματα είναι μη-αναστρέψιμα. Επίσης, για τους ίδιους λόγους θα πρέπει να αποφεύγεται κατά το ξετύλιγμα η συστροφή του καλωδίου.

Η άσκηση διαμηκών δυνάμεων στο περίβλημα ενός καλωδίου μπορεί να προκαλέσει προσωρινή επιμήκυνση και επακόλουθη συμπίεση των ινών. Ως εκ τούτου, τα καλώδια θα πρέπει να ξετυλίγονται κανονικά από τα τύμπανα αποθήκευσης και να μην τραβιούνται από πάγιες διευθύνσεις. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται το ξετύλιγμα και αποφεύγονται οι ζημιές (σχήμα 9.2).



Σχήμα 9.2. Ξετύλιγμα καλωδίου οπτικών ινών.

Κατά το ξετύλιγμα του καλωδίου, ολόκληρη η δύναμη θα πρέπει να ασκείται στο κεντρικό ανθεκτικό σώμα, το οποίο δεν επιμηκώνεται. Όταν το καλώδιο ξετυλίγεται τραβώντας το εξωτερικό του περίβλημα, τότε η

ασκούμενη τάση στρεσάρει το εξωτερικό περίβλημα στιγμιαία. Όταν ακολούθως το περίβλημα επανέλθει στην αρχική του θέση, τότε οι ίνες μπορεί να συμπιεστούν με αποτέλεσμα την πρόκληση απωλειών σήματος.

9.3 Δύναμη έλξης

Η δύναμη τραβήγματος θα πρέπει να διατηρείται κάτω από το καθορισμένο όριο του συγκεκριμένου καλωδίου. Το όριο αυτό συνήθως είναι ~ 274 kg για καλώδια OSP και ~ 137 kg ή λιγότερο για άλλους τύπους καλωδίων. Επίσης, η ασκούμενη δύναμη έλξης θα πρέπει να είναι ομοιόμορφη.

Τα περισσότερα καλώδια οπτικών ινών δεν μπορούν να αντέξουν φορτία πρόσκρουσης, και γι' αυτό τα καλώδια αυτά δε θα πρέπει να τραντάζονται. Το ανθεκτικό τμήμα στο εσωτερικό του καλωδίου τοποθετείται σκόπιμα για την υποβοήθηση της εγκατάστασης. Το τμήμα αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε φορά που είναι επιθυμητή η άσκηση τάσης τραβήγματος στο καλώδιο.

Κατά την έλξη καλωδίων OSP με ηλεκτρικό εξοπλισμό, θα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντοτε εξοπλισμός παρακολούθησης τάσης ή γάντζοι απελευθέρωσης των καλωδίων. Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός δε θα πρέπει ποτέ να χρησιμοποιείται απευθείας πάνω στις ίνες.

9.4 Έλεγχος καλωδίων

Για την αποφυγή προβλημάτων ποιότητας μετά από την εγκατάσταση, καθώς και για την αποφυγή επίρριψης ευθυνών για τυχόν κατεστραμμένα καλώδια, συνιστάται ο έλεγχος των καλωδίων πριν από την εγκατάσταση. Ο έλεγχος αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. σε εγκαταστάσεις κάτω από εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες, εγκαταστάσεις καλωδίων υψηλού κόστους, ή σε περιπτώσεις καλωδίων αγνώστου προμηθευτή ή κατασκευαστή.

Ο έλεγχος αυτός δεν απαιτείται να είναι περίπλοκος ή χρονοβόρος. Εάν το καλώδιο δεν έχει εξωτερικά σημάδια φθοράς, τότε μπορεί να ελεγχθεί απλά με έναν ανιχνευτή συνέχειας. Εάν όλες οι ίνες μεταδίδουν φως, τότε το καλώδιο πιθανότατα είναι καλό. Εάν υπάρχει ακόμη και η παραμικρή ένδειξη πιθανής ζημιάς του καλωδίου, τότε αυτό θα πρέπει να ελεγχθεί ή και να απορριφθεί.

Ο έλεγχος του καλωδίου μετά από την εγκατάσταση (και προ του τερματισμού του) συνιστάται σε περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται ασυνήθιστες καταστάσεις κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση υπέρβασης των ορίων δύναμης έλξης ή όταν παρατηρούνται σημάδια φθοράς κατά τη διάρκεια της έλξης ή μετά. Σε κάθε

φάση υπάρχει πιθανότητα ζημιάς, η οποία όσο το συντομότερο εντοπιστεί και αποκατασταθεί τόσο καλύτερα.

9.5 Κάμψη των ινών

Το δεύτερο πιο συνηθισμένο πρόβλημα είναι η πολύ μεγάλη κάμψη των ινών. Η ακτίνα κάμψης σε στατική κατάσταση είναι πολύ σημαντική. Ωστόσο, είναι περισσότερο σημαντική κάτω από φόρτιση, επειδή δρα προσθετικά. Σε μακροχρόνια στατική κατάσταση συνιστάται ελάχιστη ακτίνα κάμψης ίση με 10 διαμέτρους καλωδίου.

Κάτω από κατάσταση φόρτισης, γενικά συνιστάται μία ελάχιστη ακτίνα κάμψης ίση με 20 διαμέτρους του καλωδίου. Όταν το καλώδιο τοποθετείται απλά με το χέρι πάνω σε έναν οδηγό, τότε επιτρέπεται ακόμη μικρότερη ακτίνα κάμψης συγκριτικά με την περίπτωση κατά την οποία η εγκατάσταση εκτελείται τραβώντας το καλώδιο.

9.6 Παρεμβολή με άλλες εγκαταστάσεις

Μία άλλη αιτία καταστροφής του καλωδίου κατά την εγκατάσταση είναι η παρεμβολή με άλλες εγκαταστάσεις. Απαιτείται προσεκτικός συντονισμός, για μέγιστη προστασία των καλωδίων. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι το καλώδιο οπτικών ινών θα πρέπει να εισέλθει πρώτο, ενώ τα υπόλοιπα καλώδια που θα ακολουθήσουν θα πρέπει να τοποθετούνται προσεκτικά από πάνω, έτσι ώστε να υπάρχει κάποια προστασία σε περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιηθεί μελλοντικά ο ίδιος οδηγός για άλλες εγκαταστάσεις καλωδίων. Στην πράξη, όμως, η συνηθέστερη περίπτωση είναι οι οπτικές ίνες να εγκαθίστανται τελευταίες, έτσι ώστε να μην κινδυνεύουν από την εγκατάσταση των υπολοίπων περισσότερο ανθεκτικών καλωδίων που τοποθετούνται από τεχνίτες που δεν έχουν καμία συναίσθηση της ευαισθησίας των ινών.

Μία ακόμη αιτία φθοράς των καλωδίων οπτικών ινών είναι οι αιχμηρές γωνίες, π.χ. όταν το καλώδιο εισέρχεται σε κουτιά συνδέσεων ή τραβήγματος. Οι περιπτώσεις αυτές απαιτούν προσοχή και θα πρέπει είτε να αποφεύγονται είτε να χρησιμοποιείται εσωτερικός οδηγός σωλήνας. Εάν είναι δυνατή η εγκατάσταση πολλών στρωμάτων ή υπάρχουν επίφοβα για ζημιά εμπόδια στη διαδρομή του καλωδίου, τότε μία καλή ιδέα αποτελεί η χρήση εσωτερικού οδηγού σωλήνα με πτυχώσεις (μορφής ακορντεόν). Ο οδηγός αυτός προστατεύει το καλώδιο, ενώ το ευδιάκριτο πορτοκαλί του χρώμα βοηθά στον εύκολο εντοπισμό του.

Σε περιπτώσεις όπου είναι πιθανό να συμβεί φθορά του καλωδίου, όπως π.χ. σε τραχείς οδηγούς, ή σωληνώσεις που κόβονται και κατασκευάζονται στο χώρο εργασίας, απαιτείται κάποια μικρή επιθεώρηση

πριν από την έναρξη της εγκατάστασης, προκειμένου να απαλειφθούν όλα τα πιθανά εμπόδια.

9.7 Διαδικασίες τραβήγματος καλωδίων

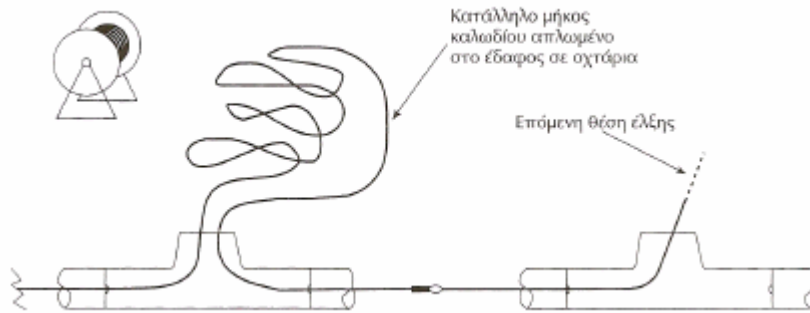
Όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση καλωδίων, έτσι και με τις οπτικές ίνες, το σωστό ξετύλιγμα του καλωδίου γίνεται όπως απεικονίζεται στο σχήμα 15-2. Το καρούλι τοποθετείται όσο το δυνατό πλησιέστερα στον οδηγό σωλήνα. Η χρήση λιπαντικού συνιστάται σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός από τις πολύ μικρές διαδρομές. Βεβαιωθείτε, ότι χρησιμοποιείτε το κατάλληλο λιπαντικό, κατά κανόνα φυτικά έλαια, για καλώδια οπτικών ινών.

Για μεγάλες διαδρομές, η διαδικασία τραβήγματος μπορεί να αποτελείται από δύο ή περισσότερα στάδια (σχήματα 9.3 και 9.4). Ένα κουτί τραβήγματος ή μία ανθρωποθυρίδα τοποθετείται σχεδόν στο μέσον της διαδρομής ή σε κατάλληλα μεταξύ τους διαστήματα για μεγάλες διαδρομές.

Το τράβηγμα αρχίζει από την ενδιάμεση θέση και συνεχίζεται προς τα πέρα. Ένας συνδετικός κρίκος τραβήγματος ή μία πιάστρα Keilems (παρόμοια με κινέζικο παζλ) προσαρμόζεται πάνω στο ανθεκτικό σώμα του καλωδίου και συνδέεται με το σχοινί τραβήγματος μέσω ενός περιστρεφόμενου κρίκου έλξης. Στην αρχή, το τράβηγμα εκτελείται προσεκτικά, τραβώντας αρκετό καλώδιο περισσότερο από το μήκος της διαδρομής.

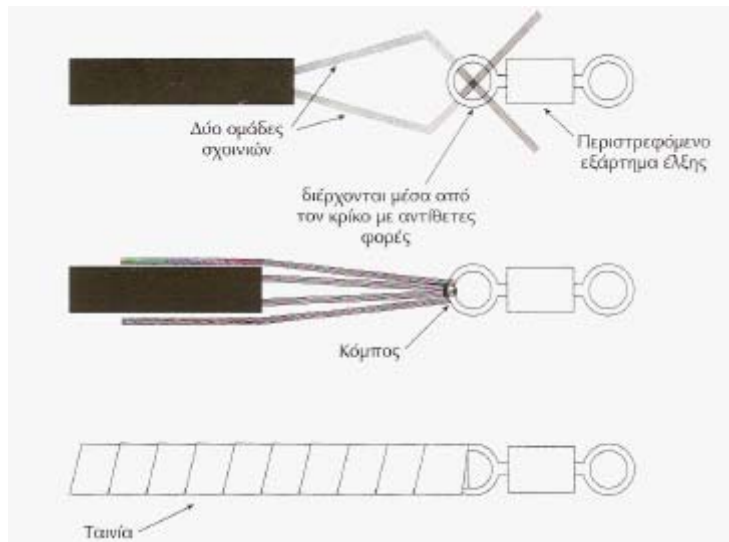


Σχήμα 9.3. Το πρώτο ήμισυ μίας διαδικασίας τραβήγματος πολλών σταδίων.



Σχήμα 9.4. Το δεύτερο ήμισυ μιας διαδικασίας τραβήγματος πολλών σταδίων.

Εάν απαιτείται καλώδιο για περισσότερες από δυο διαδρομές, τότε κάθε φορά τραβάμε το ανάλογο μήκος, απλώνοντας το περισσευούμενο μήκος σε σχτάρια πάνω στο έδαφος.

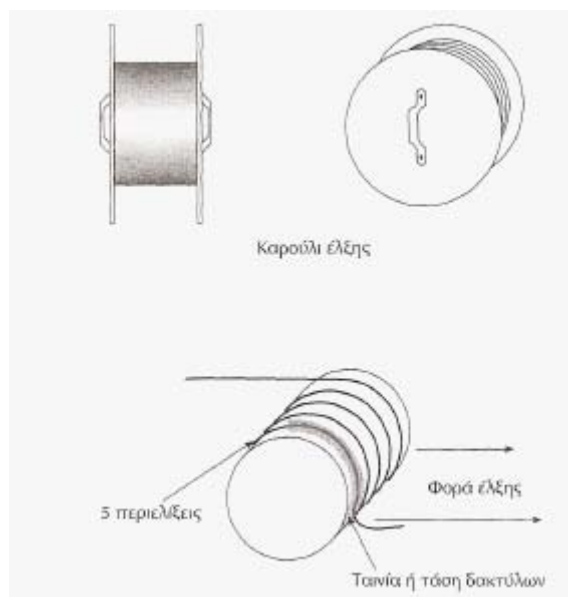


Σχήμα 9.5. Προσαρμογή περιστρεφόμενου εξαρτήματος έλξης, πάνω στο ανθεκτικό σώμα καλωδίου οπτικών ινών.

Όταν φθάσουμε στο τέλος μιας διαδρομής, η διαδικασία επαναλαμβάνεται τραβώντας από το επόμενο άκρο. Στο έδαφος έχει απλωθεί αρκετό καλώδιο σε σχτάρια, ώστε να μπορέσει να φθάσει στο άλλο άκρο της διαδρομής. Το καλώδιο τραβιέται διαδοχικά από τη μία θέση στην επόμενη, απλώνοντας το περισσεύμα σε κάθε θέση σε σχτάρια πάνω στο έδαφος (και σε ασφαλή περιοχή μακριά από την κυκλοφορία).

Καλώδια με σχοινένια ανθεκτικά σώματα μπορούν να προσαρμοστούν απευθείας πάνω στους κρίκους έλξης (σχήμα 9.5). Για την προσαρμογή μιας πιάστρας Kellems, πρώτα απογυμνώστε το καλώδιο εντελώς από το περίβλημα, τις ίνες, κτλ, αφήνοντας τουλάχιστον 60 cm μήκος από το καθαρό ανθεκτικό σώμα Kevlar. Στη συνέχεια περάστε την πιάστρα Keliems πάνω στα

60 cm του γυμνού ανθεκτικού σώματος. Προσαρμόστε το περιστρεφόμενο εξάρτημα έλξης πάνω στην πιάστρα, και δέστε τα πρώτα 60 cm του ανθεκτικού σώματος πάνω στο εξάρτημα έλξης. Με τον τρόπο αυτό, η φόρτιση κατανέμεται στο ανθεκτικό σώμα. Σε καλώδια που χρησιμοποιούν εσωτερικά του προστατευτικού περιβλήματος fiberglass, Kevlar ή ανοξειδωτο χάλυβα, μπορείτε να τοποθετήσετε απλά την πιάστρα πάνω στο περίβλημα. Στην περίπτωση αυτή, δεν απαιτείται απογύμνωση του καλωδίου, αφού το ειδικό προστατευτικό περίβλημα ενεργεί και ως ανθεκτικό σώμα. Το τελευταίο βήμα στη διαδικασία προσαρμογής είναι το τύλιγμα της πιάστρας με ταινία βινυλίου, αρχίζοντας από το καλώδιο και καταλήγοντας μέχρι το περιστρεφόμενο εξάρτημα έλξης, χωρίς το τελευταίο να καλυφθεί.



Σχήμα 9.6. Χρήση κυλίνδρου για το τράβηγμα καλωδίου.

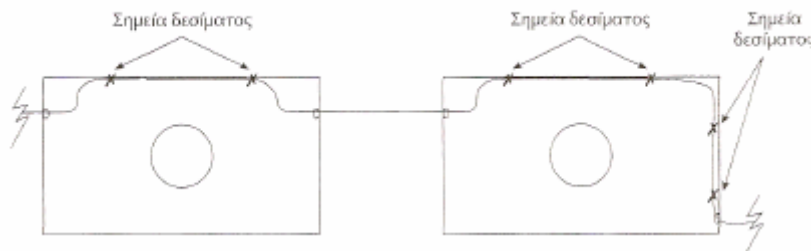
Τα απλά και διπλά καλώδια θα πρέπει να τραβιούνται πάντοτε με σχοινί και όταν είναι δυνατό και με κρίκο έλξης. Εάν απαιτείται η έλξη από το εξωτερικό περίβλημα του καλωδίου, τότε να χρησιμοποιείτε κάποιο κύλινδρο (σχήμα 9.6). Πρακτικά, απαιτείται ένας κύλινδρος διαμέτρου 15 cm, πάνω στον οποίο τοποθετούνται πέντε περιελίξεις καλωδίου. Η τάση διατηρείται είτε με κάποια κολλητική ταινία είτε με το δάχτυλο, έτσι ώστε να μη χαλαρώνει το ελεύθερο άκρο. Με τον τρόπο αυτό, οι ασκούμενες τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω στο καλώδιο, όπως ακριβώς συμβαίνει με τους κάβους στους εργάτες (βαρούλκα) των πλοίων.

Πριν αρχίσετε το τράβηγμα, βεβαιωθείτε ότι το καλώδιο δεν κάνει βρόχους ούτε το έχετε δέσει πουθενά. Στην αρχή το τράβηγμα θα πρέπει να είναι απαλό, έτσι ώστε να βεβαιωθείτε ότι όλα πάνε όπως τα έχετε σχεδιάσει. Όταν το απαραίτητο μήκος καλωδίου που πρέπει να φθάσει στο άλλο άκρο έχει εισέλθει μέσα στον οδηγό, εφαρμόστε το λιπαντικό. Σταματήστε το τράβηγμα, και με ένα χάρτινο χωνί αδειάστε περίπου το 50% του λιπαντικού που απαιτείται μέσα στον οδηγό. Αρχίστε πάλι το τράβηγμα με υψηλότερη

ταχύτητα. Τοποθετήστε και το υπόλοιπο λιπαντικό, ως απαιτείται. Εάν δεν έχετε χρόνο για το καθάρισμα του καλωδίου από το λιπαντικό, τότε οι εμπλεκόμενοι τεχνικοί θα πρέπει να φοράνε γάντια λατέξ.

Όταν τραβάτε το καλώδιο με σχοινί, τότε η μέγιστη ταχύτητα τραβήγματος μέσα στον οδηγό θα πρέπει να είναι περίπου ίση με 1 μέτρο ανά ώρα. Όταν χρησιμοποιείτε ειδική ταινία τραβήγματος, τότε η ταχύτητα μπορεί να τριπλασιαστεί, επειδή σε υψηλότερες ταχύτητες η ταινία δε χαράζει το εσωτερικό του οδηγού όπως το σχοινί.

Μετά από το τέλος του τραβήγματος, ασφαλίστε το καλώδιο (σχήμα 9.7). Η στερέωση του καλωδίου είναι απαραίτητη όταν τραβάτε μέσα από πολλές ανθρωποθυρίδες ή κουτιά. Αρχίστε τη στερέωση από την κεντρική ανθρωποθυρίδα ή κουτί, και καταλήξτε στα άκρα. Να εφαρμόζετε δύο σημεία δεσίματος, χωρίς να σφίγγετε το καλώδιο πολύ, ώστε να μη φθαρεί το εξωτερικό του περίβλημα.



Σχήμα 9.7. Ασφάλιση καλωδίου σε ανθρωποθυρίδες.

Τοποθετήστε ετικέτες αναγνώρισης του καλωδίου, σε κάθε σημείο στο οποίο έχει πρόσβαση άνθρωπος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι ένα καλώδιο οπτικών ινών, που εξυπηρετεί χιλιάδες χρήστες, μπορεί να κοπεί εύκολα από κάποιον που δεν το αναγνωρίζει.

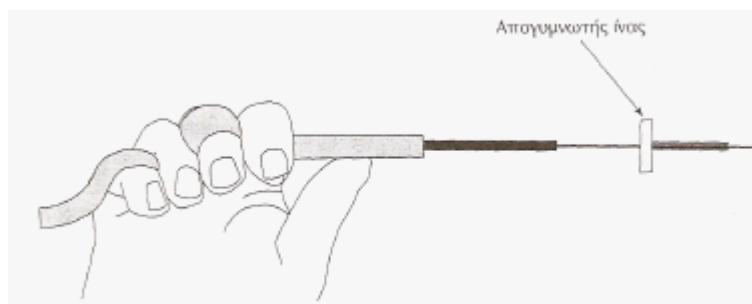
Οι ετικέτες των καλωδίων θα πρέπει να είναι πλαστικές, 5 - 8 cm, μαρκαρισμένες με ανεξίτηλο μαρκαδόρο και να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μέγεθος ίνας, π.χ. 62,5/125
- Από ποιες θέσεις υπάρχει πρόσβαση στα δύο άκρα της ίνας, π.χ. τερματικό δωμάτιο 410 έως το τερματικό δωμάτιο 912
- Σε ποιον ανήκει ή ποιος είναι υπεύθυνος για τις ίνες

Εάν το λιπαντικό στάζει έξω από τον οδηγό, τότε αυτό αποτελεί πρόβλημα ασφαλείας ή ακόμη και αισθητικής, και θα πρέπει να στεγανοποιήσετε το καλώδιο μέσα στον οδηγό χρησιμοποιώντας είτε μηχανικά βύσματα (τάπιες) είτε κατάλληλο αφρό σε σπρέι. Η πρώτη λύση είναι καθαρή, γρήγορη, αφαιρούμενη και ακριβή (αντίθετα με τη δεύτερη λύση).

9.8 Κράτημα καλωδίου για απογύμνωση

Για την απογύμνωση ενός καλωδίου από το εξωτερικό του περίβλημα και τον απομονωτή, κρατήστε το καλώδιο με τα δάκτυλα σας (σχήμα 9.8), έτσι ώστε να συγκρατάτε καλά και την ίνα μαζί. Η τεχνική αυτή εξασφαλίζει αποτελεσματικότητα και λιγότερη άσκηση δύναμης.



Σχήμα 9.8. Κράτημα καλωδίου για απογύμνωση ίνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - Όργανα Ελέγχου Οπτικών Ινών

Με τον όρο "έλεγχος οπτικών ινών", αναφερόμαστε στην διαδικασία επαλήθευσης των παραμέτρων απόδοσης των εξαρτημάτων, των συνδέσεων, των συστημάτων και δικτύων των οπτικών ινών καθώς και στην ανίχνευση βλάβης τους αλλά και στα προβλήματα που αυτές δημιουργούν. Οι βασικοί έλεγχοι συμπεριλαμβάνουν τον υπολογισμό της οπτικής ισχύος, που απορρέει από μία ίνα, και της συνέχειας ή οπτικής απώλειας των ινών των καλωδίων, των επαφών σύνδεσης και των ενώσεων μεταξύ αγωγών . Ο έλεγχος του εύρους ζώνης και του διασκορπισμού καθορίζει τη χωρητικότητα μεταφοράς πληροφοριών μέσω των ινών ή των καλωδίων. Οι περισσότεροι έλεγχοι πρέπει να επαναληφθούν για να καθορίσουμε τις μεταβολές στον υπολογισμό των παραμέτρων κάτω από συνθήκες περιβαλλοντικής πίεσης. Ο έλεγχος αυτός επίσης συμπεριλαμβάνει την ανεύρεση προβλημάτων σ'εγκατεστημένες μονάδες οπτικών ινών.

Στα επόμενα κεφάλαια θα καλυφθούν όλα τα βασικά εξαρτήματα και συστήματα οπτικών ινών συμπεριλαμβανομένων των ίδιων των οπτικών ινών, των καλωδίων, των ενώσεων μεταξύ αγωγών και των επαφών σύνδεσης, των πομπών και των δεκτών, των φωτοδιόδων, των συνδέσμων και των δικτύων. Η γενική προσέγγιση θα είναι τόσο απλή όσο και ολοκληρωμένη. Θα παρέχει τις απαραίτητες πρακτικές πληροφορίες για τη χρησιμοποίηση των εξαρτημάτων στη βιομηχανία, την εγκατάσταση και την καθημερινή χρήση.

Ο έλεγχος εξαρτημάτων και συστημάτων οπτικών ινών απαιτεί τη διεξαγωγή διάφορων βασικών μετρήσεων. Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι μετρήσεων δίνονται στον Πίνακα 10.1.[55]

Πίνακας 10.1: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για τον έλεγχο των Οπτικών Ινών.	
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΌΡΓΑΝΟ
Οπτική ισχύς (έξοδος πηγής, επίπεδο σήματος δεκτή)	Μετρητής Ισχύος Οπτικών Ινών
Εξασθένιση ή Απώλεια των ινών των καλωδίων και των επαφών σύνδεσης.	Μετρητής Ισχύος Οπτικών Ινών και πηγής Σετ ελέγχου οπτικής απώλειας
Μήκος κύματος πηγής	Αναλυτής φάσματος Οπτικών ινών
Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (απώλεια, μήκος, εντοπισμός λάθους)	Μετρητής Ανάλασης πεδίου οπτικού χρόνου (OTDR)
Εντοπισμός λάθους	OTDR, Συσκευή οπτικού εντοπισμού λάθους στο καλώδιο
Μήκος κύματος / ανάλυση φωτός (τροπολογική και χρωματική)	Ελεγκτής εύρους ζώνης ή λογισμικό προσομοίωσης

10.2 Τυπικές διαδικασίες έλεγχου

Οι περισσότερες τυπικές διαδικασίες έλεγχου για τις προδιαγραφές των εξαρτημάτων οπτικών ινών έχουν τυποποιηθεί τόσο από εθνικές όσο και από διεθνείς επιτροπές τυποποίησης. Οι διαδικασίες μέτρησης της απόλυτης οπτικής ισχύος, της απώλειας των καλωδίων και των συνδέσεων καθώς και των επιδράσεων πολλών περιβαλλοντικών παραγόντων (όπως θερμοκρασία, πίεση, ευκαμψία κ.τ.λ.) καλύπτονται από τις διαδικασίες αυτές.

Για να διεξαχθούν οι έλεγχοι αυτοί, τα βασικά όργανα είναι ο μετρητής ισχύος οπτικών ινών, η δοκιμαστική πηγή, ο μετρητής ανάκλασης (O.T.D.R.), ο αναλυτής οπτικού φάσματος κι ένα μικροσκόπιο έλεγχου. Αυτά και κάποια ακόμη πιο εξειδικευμένα όργανα περιγράφονται στη συνέχεια.[55]

10.1.1. Μετρητές Ισχύος Οπτικών Ινών

Οι μετρητές ισχύος οπτικών ινών υπολογίζουν κατά μέσον όρο την οπτική ισχύ που απορρέει από μία οπτική ίνα.



Οι μετρητές ισχύος διαβαθμίζονται έτσι ώστε αν διαβάζονται σε γραμμικές μονάδες (mW, μ W και η W), ή σε dB (ντεσιμπέλ) που αντιστοιχεί 1 mW (μιλιβάτ) ή 1 μ W μικρο-βάτ) οπτικής ισχύος. Μερικοί μετρητές παρέχουν μία σχετική κλίμακα dB επίσης, χρήσιμη για εργαστηριακές μετρήσεις απώλειας.

Οι μετρητές ισχύος καλύπτουν μία πολύ μεγάλη κλίμακα δυνατοτήτων, έτσι παρέχεται κάποια μορφή αυτόματης εναλλαγής κλίμακας για να καταστήσουν δυνατή την καλύτερη ευκρίνεια της απεικόνισης σε κάποιες μετρήσεις. Παρόλο που οι περισσότερες μετρήσεις οπτικής ισχύος και απώλειας γίνονται στην κλίμακα από 0dBm έως -5dBm, κάποιιοι μετρητές παρέχουν μία πολύ ευρύτερη κλίμακα. Για τον έλεγχο αναλογικών συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) ή ενισχυτών οπτικών ινών, θα χρειαστούμε ειδικούς μετρητές μ' εκτεταμένη την κλίμακα υψηλής ισχύος έως και +2dBm (1mW). Παρόλο που κανένα σύστημα οπτικών ινών δεν λειτουργεί σε πολύ χαμηλή ισχύ κάτω από περίπου -5dBm, μερικοί εργαστηριακοί μετρητές προσφέρουν κλίμακες έως -7dBm ή και περισσότερο, πράγμα που είναι χρήσιμο για μετρήσεις απώλειας οπτικής επιστροφής ή

υπολογισμού των χαρακτηριστικών απώλειας φάσματος με μία μονοχρωματική πηγή.

Οι μετρητές ισχύος υπολογίζουν την μέση στάθμη της οπτικής ισχύος, όχι την ανώτατη ισχύ, έτσι οι μετρητές είναι ευαίσθητοι στον κύκλο εργασίας (duty cycle) ψηφιακού παλμού. Έτσι, μπορούμε να υπολογίσουμε την ανώτατη ισχύ, αν γνωρίζουμε τον κύκλο εργασίας της εισόδου, διαιρώντας την μέση ισχύ προς τον κύκλο εργασίας. Για περισσότερες μετρήσεις απώλειας χρησιμοποιούμε μια δοκιμαστική πηγή CW ή παλμική έξοδο 2kHz. Όσο δεν μεταβάλλεται η διαμόρφωση της πηγής, δεν χρειάζεται η αντιστάθμιση. Όταν ελέγχουμε την ισχύ του πομπού ή την ευαισθησία του δέκτη, είναι απαραίτητο να θέσουμε μία στάνταρ διαδικασία ελέγχου, σε γενικές γραμμές έναν κύκλο εργασίας 50%, που ονομάζεται τετραγωνικό σήμα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ακριβής μέτρηση της εξόδου του πομπού ή της ευαισθησίας του δέκτη.

Οι μετρητές ισχύος οπτικών ινών έχουν μία τυπική απόκλιση της τάξεως του +/-5%. Τα τυχόν λάθη μπορεί να οφείλονται στην μεταβολή απόδοσης της σύζευξης του ανιχνευτή ή του προσαρμοστή του συνδετήρα. Ακόμη, οφείλονται σε ανακλάσεις λόγω της γυαλιστερής επιφάνειας των επαφών σύνδεσης, σε μήκη κύματος άγνωστης πηγής (αρκεί ο ανιχνευτής να είναι ευαίσθητος στα μήκη κύματος, στη μη γραμμικότητα των κυκλωμάτων εξαρτημένης αντίδρασης του ηλεκτρονικού σήματος στον ίδιο τον μετρητή και τέλος στο θόρυβο του ανιχνευτή σε πολύ χαμηλά επίπεδο σήματος). Από τη στιγμή που οι περισσότεροι από τους παράγοντες αυτούς επηρεάζουν όλους τους μετρητές, ανεξάρτητα από το πόσο περίπλοκοι είναι, οι πανάκριβοι μετρητές των εργαστηρίων δεν είναι ακριβέστεροι από τους πιο φθηνούς και φορητούς.

10.1.2 Δοκιμαστικές Πηγές Οπτικών Ινών

Για να διεξάγουμε μετρήσεις οπτικής απώλειας ή εξασθένησης στις ίνες, τα καλώδια και συνδετήρες, θα πρέπει να έχουμε μία στάνταρ πηγή σήματος, καθώς κι έναν μετρητή ισχύος οπτικών ινών. Η πηγή πρέπει να επιλεγεί βάσει της συμβατότητας της με τον τύπο των ινών που χρησιμοποιούμε (απλής ή πολλαπλής κατάστασης με την κατάλληλη διάμετρο πυρήνα), και του επιθυμητού μήκους κύματος για την διεξαγωγή του ελέγχου. Οι περισσότερες πηγές είναι, κοινού τύπου LEDs, που χρησιμοποιούνται ως πομποί στα πραγματικά συστήματα οπτικών ινών. Έτσι τα συστήματα αυτά καθίστανται αντιπροσωπευτικά των πραγματικών εφαρμογών και διευρύνουν τη χρησιμότητα του ελέγχου. Κάποιοι έλεγχοι, όπως ο υπολογισμός εξασθένησης του φάσματος των οπτικών ινών, απαιτούν μία πηγή μεταβαλλόμενου μήκους κύματος.



Τυπικά μήκη κύματος των πηγών είναι 665 nm (πλαστικές ίνες), 820, 850 και 870nm (γυάλινες ίνες) και 1300 και 1550nm. Τα LEDS τυπικά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο πολυτρόπων ινών και τα λέιζερ για μονότροπες ίνες παρόλο που οι ρόλοι αυτοί μπερδεύονται μερικές φορές. Το μήκος κύματος της πηγής αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την διεξαγωγή ακριβέστατων υπολογισμών απώλειας, αφού η εξασθένιση της ίνας είναι ευαίσθητη ως προς το μήκος κύματος.

Η προσαρμοστικότητα σε μία ποικιλία συνδετήρων οπτικών ινών είναι επίσης σημαντική, αφού υπάρχουν πάνω από 70 είδη συνδετήρων, παρόλο που οι τύποι που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι οι SMA, ST, FDDI και ESCON για πολύτροπες ίνες και Δικωνικός FC,SC, και D4 για μονότροπες. Μερικές πηγές LED όπως και οι μετρητές ισχύος χρησιμοποιούν προσαρμοστές (εικόνα), για να επιτρέπουν την προσαρμογή σε διάφορους τύπους συνδετήρων. Τα λέιζερ έχουν σταθερούς συνδετήρες ως προς την πηγή στο ένα άκρο, ενώ στο άλλο ελέγχουμε την επαφή σύνδεσης.



Άλλοι παράγοντες σχετικοί με την πηγή που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων είναι η σταθερότητα της ισχύος εξόδου. Για πάρα πολύ ακριβείς μετρήσεις, η πηγή μπορεί να χρειάζεται σταθεροποίηση οπτικής τροφοδοσίας για να διατηρήσουμε την ισχύ εξόδου σε ακριβή επίπεδα για μεγάλο χρονικό διάστημα, πράγμα που απαιτείται σε ορισμένες μετρήσεις. Ακόμη, για την ρύθμιση της τροποποιητικής κατανομής στην ίνα έτσι ώστε να πλησιάσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένους τύπους διαιρετών συχνοτήτων, και φίλτρα.

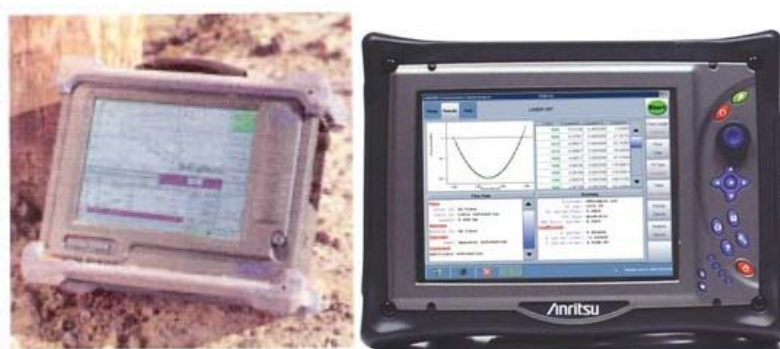
10.1.3 ΣΕΤ Ελέγχου Οπτικής Απώλειας

Το ΣΕΤ ελέγχου οπτικής απώλειας είναι ένα όργανο που αποτελείται από τον συνδυασμό ενός μετρητής ισχύος οπτικών ινών και μία πηγή, η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση απώλειας ινών, και συνδεδεμένων καλωδίων, Στην αρχική του έκδοση το όργανο αυτό ονομαζόταν μετρητής εξασθένισης.



Ο συνδυασμός ενός (σετ ελέγχου οπτικής απώλειας) μπορεί να χρησιμεύσει για εργαστηριακές μετρήσεις, αλλά χρησιμοποιούνται συχνότερα ξεχωριστά πηγές και μετρητές ισχύος. Αυτό γιατί οι άκρες της ίνας και του καλωδίου συνήθως απέχουν μεγάλη απόσταση. Κάτι τέτοιο απαιτεί τη χρήση δύο διαφορετικών σετ με κόστος διπλάσιο από εκείνο μιας πηγής κι ενός μετρητή οπτικών ινών. Ακόμη και σε συνθήκες εργαστηρίου, μπορεί να χρειαστούμε διάφορες πηγές. Όλ' αυτά καθιστούν την ευελιξία μιας ξεχωριστής πηγής κι ενός μετρητή την πιο καλή επιλογή.

10.1.4 Μετρητής Ανάκλασης Πεδίου Οπτικού Χρόνου



Ο μετρητής ανάκλασης πεδίου οπτικού χρόνου OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) χρησιμοποιεί τα φαινόμενα επιστροφόμενης ακτινοβολίας των οπτικών ινών για να χαρακτηρίσει τις ίνες αυτές, να βρει τις βλάβες και να βελτιώσει της ενώσεις μεταξύ αγωγών. Αφού η επιστροφόμενη ακτινοβολία είναι ένας απ' τους πρωταρχικούς παράγοντες απώλειας στις ίνες (ο άλλος είναι η απορρόφηση), ο μετρητής ανάκλασης μπορεί να στείλει στην ίνα έναν παλμό υψηλής ισχύος και να μετρήσει το φως

που επιστρέφει στο όργανο. Αν θεωρήσουμε τον συντελεστή επιστροφόμενης ακτινοβολίας σταθερό, ο μετρητής ανάκλασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη μέτρηση απώλειας, όσο και για την επισήμανση ρωγμών, ενώσεων και συνδετήρων των ινών. Επιπλέον, ο μετρητής ανάκλασης δίνει μια γραφική απεικόνιση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η ίνα που ελέγχουμε. Ακόμη, προσφέρει κι ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με την πηγή / μετρητή ισχύος ή σέτ και των δύο: απαιτεί πρόσβαση στο ένα μόνο άκρο της ίνας. Η αβεβαιότητα των υπολογισμών ενός μετρητή ανάκλασης εξαρτάται κατά πολύ από τον συντελεστή επιστροφόμενης ακτινοβολίας, που αποτελεί έκφραση των εσωτερικών χαρακτηριστικών της ίνας, όπως η δυνατότητα επιστροφής της ακτινοβολίας, η διάμετρος του πυρήνα και το αριθμητικό άνοιγμα. Έλεγχοι έχουν αποδείξει ότι ο υπολογισμός απώλειας στις ενώσεις, από τον μετρητή ανάκλασης, μπορεί να έχει απόκλιση μέχρι και 0,8 dB. Οι μετρητές ανάκλασης, εξάλλου, θα πρέπει ν' αντιστοιχούν με τις ίνες που ελέγχουν και ως προς το μήκος κύματος, αλλά και ως προς την διάμετρο πυρήνα των ινών, έτσι ώστε να υπάρχουν ακριβείς μετρήσεις. Πολλοί μετρητές ανάκλασης έχουν διαβαθμισμένες πηγές για να επιτρέπουν την επιλογή της κατάλληλης πηγής για την εκάστοτε εφαρμογή.

Ενώ οι περισσότερες εφαρμογές στον μετρητή ανάκλασης έχουν να κάνουν με την ανεύρεση βλαβών σ' εγκατεστημένα καλώδια ή με τη βελτίωση των ενώσεων μεταξύ αγωγών, είναι πολύ χρήσιμοι, επίσης, στον έλεγχο των ινών για κατασκευαστικές βλάβες τους. Οι μετρητές ανάκλασης οπτικών ινών κυκλοφορούν σε τρεις εκδόσεις. Οι υπερπλήρεις μετρητές προσφέρουν την καλύτερη επίδοση και συνοδεύονται από όλα τ' απαραίτητα χαρακτηριστικά, όπως αποθήκευση δεδομένων, αλλά είναι ογκώδεις κι ακριβοί. Οι μίνι μετρητές παρέχουν τον ίδιο τύπο υπολογισμού, αλλά με λιγότερα χαρακτηριστικά για να μειωθεί το μέγεθος και το κόστος. Οι ανιχνευτές βλαβών χρησιμοποιούν την τεχνική του μετρητή ανάκλασης, αλλά κατά πολύ απλουστευμένη, γ ία να δίνει μόνο την απόσταση όπου βρίσκεται η βλάβη. Κι αυτό για να γίνουν τα όργανα πιο εύχρηστα και πιο φθηνά.

10.1.5 Οπτικοί Ανιχνευτές Καλωδίου και Συσκευή Εντοπισμού βλάβης

Αφού το φως που χρησιμοποιείται στα συστήματα είναι αόρατο, δεν μπορούμε να δούμε το φως του πομπού του συστήματος. Με την έγχυση φωτός από μία ορατή πηγή, όπως μία LED ή μία λάμπα πυρακτώσεως, μπορούμε ν' ανιχνεύσουμε οπτικά την ίνα από τον πομπό έως τον δέκτη, για να εξασφαλίσουμε τον σωστό προσανατολισμό και παράλληλα να ελέγξουμε την συνέχεια της λειτουργίας της. Τα απλά αυτά όργανα που εκχέουν ορατό φως ονομάζονται συσκευές οπτικού εντοπισμού βλάβης.



Αν μία αρκετά ισχυρή ποσότητα ορατού φωτός, όπως π.χ. ένα HeNe ή ένα διάδικο λέιζερ ορατού φωτός, εκχυθεί σε μία ίνα, τα σημεία υψηλής απώλειας γίνονται ορατά. Οι περισσότερες εφαρμογές επικεντρώνονται στα κοντά καλώδια στα κεντρικά γραφεία τηλεπικοινωνιών για να κάνουν τις συνδέσεις με τα καλώδια - αρτηρίες οπτικών ινών. Ωστόσο, αφού καλύπτουν έναν τομέα όπου οι μετρητές ανάκλασης δεν χρησιμοποιούνται, λειτουργούν ως συμπληρωματικά στοιχεία αυτών για την ανεύρεση βλαβών στα καλώδια. Η μέθοδος αυτή θα λειτουργήσει σε ίνες με προσωρινές αποθηκευτικές μονάδες μνήμης ή σε επενδεδυμένο καλώδιο μίας οπτικής ίνας, αν η επένδυση δεν μπλοκάρει το ορατό φως, λόγω αδιαφάνειας. Το κίτρινο κάλυμμα για τις μονότροπες οπτικές ίνες και το πορτοκαλί για εκείνες της πολύτροπες επιτρέπουν τη διέλευση του ορατού φωτός. Τα περισσότερα από τα υπόλοιπα χρώματα, ειδικά το μαύρο και το γκρι, δεν λειτουργούν σ' αυτήν την τεχνική, ούτε και τα περισσότερα καλώδια πολλαπλών οπτικών ινών. Ωστόσο, πολλές ρωγμές καλωδίων, απώλειες μακροκάμψεων λόγω συστροφής της ίνας, ακατάλληλες ενώσεις μεταξύ αγωγών κ.τ.λ., μπορούν να ελεγχθούν οπτικά. Το όργανο αυτό έχει μικρή εμβέλεια, τυπικά 3 - 5 km.

10.1.6 Όργανο Αναγνώρισης Ινών

Αν προσεκτικά λυγίσουμε την ίνα αρκετά ώστε να προκαλέσουμε κάποια απώλεια, το φως που θα εκλυθεί μπορεί επίσης ν' ανιχνευθεί από έναν ανιχνευτή μεγάλης εμβέλειας. Ένα όργανο αναγνώρισης ινών χρησιμοποιεί αυτή την τεχνική για την ανίχνευση σήματος στο εσωτερικό της ίνας σε μήκη κύματος κανονικής εκπομπής. Τα όργανα αυτά λειτουργούν συνήθως ως δέκτες, ικανοί να διακρίνουν μεταξύ μη ύπαρξης σήματος, σήματος υψηλής ταχύτητας ή ενός σήματος 2kHz. Κατά την αναζήτηση ενός σήματος 2kHz από μία δοκιμαστική πηγή, που συνδέεται στην ίνα, το όργανο μπορεί ν' αναγνωρίσει μία συγκεκριμένη ίνα μέσα σ' ένα μεγάλο καλώδιο πολλαπλών ινών, πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για την επιτάχυνση της διαδικασίας ένωσης μεταξύ αγωγών ή αποκατάστασης.

10.2 Υπολογίζοντας του Εύρους Ζώνης της Ίνας

Παρόλο που η ίνα έχει ένα μεγάλο εύρος ζώνης, κάποιες εφαρμογές αγγίζουν τα όρια του εύρους αυτού, αποκτώντας έτσι αξιολόγηση της απόδοσης.

Δυο παράγοντες περιορίζουν το εύρος ζώνης της ίνας: ο τροπολογικός και χρωματικός διασκορπισμός, δεν είναι εύκολο να κατασκευάσουμε ένα μόνο όργανο που να διεξάγει τις μετρήσεις του εύρους ζώνης.

Ο τροπολογικός διασκορπισμός της ακτινοβολίας προκαλείται από την διαφορά δρόμων, καταστάσεων (τρόπων), που ακολουθεί το φως καθώς περνά μέσα από μία πολύτροπη ίνα. Αφού η μέση ταχύτητα του φωτός σε κάθε τρόπο μπορεί να είναι διαφορετική, οι παλμοί διασκορπίζονται κατά μήκος της ίνας. Ο διασκορπισμός αυτός μπορεί να ελεγχθεί με μια πηγή λέιζερ υψηλής ταχύτητας κι έναν δέκτη, αναζητώντας την υποβάθμιση του χρόνου ανόδου και καθόδου παλμού. Αφού ο δείκτης διάθλασης του φωτός αποτελεί στοιχείο του μήκους κύματος, φως διαφορετικού μήκους θα έχει διαφορετική ταχύτητα μέσα στην ίνα.

Επομένως, μία πηγή μεγάλου φασματικού εύρους, LED, θα υποστεί αρκετά σημαντικό χρωματικό διασκορπισμό, περιορίζοντας έτσι το εύρος ζώνης της ίνας. Ακόμη και το μικρό φασματικό εύρος ενός λέιζερ θα προκαλέσει φασματικό διασκορπισμό σε μονότροπες ίνες, αν το μήκος των ινών αυτών είναι το κατάλληλο.

Ο έλεγχος του χρωματικού διασκορπισμού απαιτεί τον υπολογισμό της ταχύτητας παλμού διαμέσω της ίνας σε διάφορα μήκη κύματος. Ελάχιστα όργανα έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα για τον έλεγχο διασκορπισμού ινών. Ως εναλλακτική λύση, χρησιμοποιούμε μετατροπείς οπτικού σε ηλεκτρικό (O/E) για να συνδεθεί η ελεγχόμενη ίνα σε ηλεκτρονικά όργανα υψηλής ταχύτητας, έτσι ώστε να καλύπτεται η γκάμα συχνοτήτων της ίνας. Λογισμικό προσομοίωσης το οποίο έχει αναπτυχθεί για την ανάλυση του εύρους ζώνης των πολύτροπων οπτικών ινών, μπορεί να υπολογίζει της συνολικό διασκορπισμό με απόκλιση όχι μεγαλύτερη από τον πραγματικό έλεγχο (περίπου 11%) και γι' αυτό το λόγο είναι πιο φιλικό προς τους χρήστες.

10.3 Μετατροπείς Οπτικού σε Ηλεκτρικό (O/E) και Ηλεκτρικού σε Οπτικό (E/O)

Τα δύο αυτά είδη μετατροπέων έχουν κι άλλες χρήσεις πέρα από τον έλεγχο του εύρους ζώνης της ίνας. Οι μετατροπείς οπτικού σε ηλεκτρικό (O/E) μπορεί να χρησιμοποιηθούν με παλμογράφους υψηλής ταχύτητας για την ανάλυση παλμών σε δίκτυα οπτικών ινών, για να δούμε αν οι κυματομορφές έχουν της κατάλληλη μορφή. Αυτό σημαίνει τον υπολογισμό του χρόνου ανόδου και καθόδου του παλμού και το βάθος της διαμόρφωσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο λέιζερ και LEDS, που χρησιμοποιούνται στους πομπούς καθώς και για τον διασκορπισμό της σύνδεσης, για

απομακρυσμένα σημεία συνδέσεων. Οι μετατροπείς ηλεκτρικού σε οπτικό (E/O) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των δεκτών για το εύρος ζώνης και το περιθώριο, συνήθως σε συνδυασμό μ' έναν δοκιμαστή λανθασμένης μετάδοσης πληροφοριών και μ' έναν εξασθενητή.

10.4 Αναλυτές Οπτικών Ινών

Υπάρχουν πολλές παράμετροι των οπτικών ινών που απαιτούν ελέγχους από τον κατασκευαστή. Οι έλεγχοι αυτοί συμπεριλαμβάνουν την εξασθένιση (ως έκφραση του μήκους κύματος της πηγής), το εύρος ζώνης, τον διασκορπισμό, το αριθμητικό άνοιγμα και τις φυσικές διαστάσεις, όπως ο πυρήνας και η ομοκεντρικότητα. Υπάρχουν στη διάθεση μας αυτόματα εργαστηριακά όργανα για την μέτρηση όλων αυτών των παραμέτρων. Ωστόσο, πολλοί κατασκευαστές οπτικών ινών προτιμούν να φτιάξουν τα δικά τους. Το πιο δύσκολο μέρος των μετρήσεων σε οπτικές ίνες είναι το γεγονός ότι απειροελάχιστες διαφορές στο όργανα και τις εγκαταστάσεις ελέγχου μπορούν να προκαλέσουν διαφορές στις υπολογισμένες τιμές.

10.5 Πολυκάναλα Συστήματα Ελέγχου

Συχνά, είναι απαραίτητο να ελέγξουμε έναν αριθμό εξαρτημάτων ταυτόχρονα, όπως π.χ. περιβαλλοντικοί έλεγχοι των συνδετήρων ή ένα καλώδιο πολλαπλών ινών. Αφού, λοιπόν, από κάθε άποψη - και κυρίως οικονομική - δεν ενδείκνυται η χρήση ενός μεγάλου αριθμού μεμονωμένων μετρητών ισχύος και πηγών, διατίθενται πολυκάναλα συστήματα ελέγχου. Τα συστήματα αυτά συνήθως βασίζονται είτε σ' ένα αριθμό πρότυπων μεμονωμένων μετρητών ισχύος με πηγές διασκορπισμένες μεταξύ των συζευκτών, ή σε συστήματα μίας πηγής κι ενός μετρητή με πολυκάναλους διακόπτες οπτικών ινών, έτσι ώστε να επιλέγουμε κάθε εξάρτημα για έλεγχο με τη σειρά. Και τα δύο είδη συστημάτων συνήθως ελέγχονται από έναν προσωπικό υπολογιστή (PC).

10.6 Μικροσκόπια

Η κατάλληλη διαμόρφωση των άκρων των οπτικών ινών για την μεταξύ τους σύνδεση και οι ραφινარიσμένες ενώσεις των επαφών σύνδεσης απαιτούν οπτική επιθεώρηση για να βρεθούν πιθανά αδύνατα σημεία.



Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο, το οποίο έχει ένα σημείο τροποποιημένο έτσι ώστε να κρατά την ίνα, ή την επαφή σύνδεσης, στο οπτικό πεδίο. Τα μικροσκόπια επιθεώρησης οπτικών ινών διαφέρουν ως προς τη δυνατότητα μεγένθυσης από 30 έως 800, με πιο εύχρηστα από αυτά τα μικροσκόπια της τάξεως του 30 - 100. Τα διαμορφωμένα άκρα των οπτικών ινών παρατηρούνται από πλάγια, για να επισημανθούν η ορθή διάσπαση και το περιστόμιο. Οι επαφές σύνδεσης ελέγχονται σε μικρή γωνία (ως προς την οθόνη) για να προσδιοριστούν τυχόν ανωμαλίες στο φινίρισμα, όπως για παράδειγμα γρατσουνιές.

10.7 Συστήματα Ήχου Οπτικών Ινών

Ενώ από τεχνική άποψη δεν αποτελούν όργανα μέτρησης, τα συστήματα ήχου οπτικών ινών θεωρούνται ανεκτίμητα τόσο για την εγκατάσταση, όσο και για τον έλεγχο των οπτικών ινών. Μεταδίδουν τη φωνή μέσω ήδη εγκατεστημένων καλωδίων οπτικών ινών, πράγμα που επιτρέπει στους τεχνικούς την ένωση αγωγών ή τον έλεγχο των ινών για την αποτελεσματική επικοινωνία. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα όταν δεν έχουμε στη διάθεση μας ασυρμάτους ή τηλέφωνα, όπως σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου γίνεται ένωση μεταξύ αγωγών, ή σε κτίρια όπου δεν φτάνουν τα ραδιοκύματα.

Ο καλύτερος τρόπος χρησιμοποίησης των συστημάτων αυτών είναι η εγκατάσταση τους με μία οπτική ίνα (ή ζεύγος ινών) και η παραμονή τους σ' αυτή τη θέση καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του ελέγχου ή της ένωσης των αγωγών.

Επομένως, πάντα θα υπάρχει ένας επικοινωνιακός σύνδεσμος μεταξύ των μελών της ομάδας εργασίας, πράγμα που διευκολύνει την απόφαση για το ποιες ίνες θα συνδεθούν με ποιες. Η δυνατότητα συνεχούς επικοινωνίας θ' αυξήσει κατά πολύ την ταχύτητα διεξαγωγής της όλης διαδικασίας. Δεν υπάρχουν στάνταρ για τον τρόπο επικοινωνίας των συστημάτων ήχου. Κάποια χρησιμοποιούν απλή μετάδοση AM, κάποια άλλα FM.

10.8 Εξασθενητές

Οι εξασθενητές χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση της απώλειας κατά τη λειτουργία μεγάλων ινών. Στον έλεγχο βρόγχου χρησιμοποιούμε έναν εξασθενητή τοποθετημένο μεταξύ του πομπού και του δέκτη ενός μόνο εξαρτήματος, και ελέγχουμε την λειτουργία του κάτω από συνθήκες ανώτατης προσδιορισμένης ποιοτικής απώλειας. Αν τα συστήματα λειτουργούν στον έλεγχο βρόγχου, θα πρέπει να το κάνουν με το κατάλληλο καλώδιο / αρτηρία. Έτσι, πολλοί κατασκευαστές εξοπλισμού δικτύων, καθορίζουν τον έλεγχο βρόγχου ως μία διαδικασία διάγνωσης / διόρθωσης βλαβών.



Εξασθενητές μπορούν να δημιουργηθούν με απώλεια κενού, ή μ' έναν φυσικό διαχωρισμό των άκρων των οπτικών ινών, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας κάμψης ή της χρήσης καλυμμένων οπτικών φίλτρων. Διατίθενται μεταβλητοί και σταθεροί εξασθενητές, αλλά συνήθως χρησιμοποιούμε τους μεταβλητούς για τη διεξαγωγή των ελέγχων. Οι σταθεροί εξασθενητές μπορούν να τοποθετηθούν σε καλώδια του συστήματος, όπου οι αποστάσεις στις συνδέσεις οπτικών ινών είναι πολύ μικρές και η υπερβολική ισχύς στον δέκτη προκαλεί προβλήματα στην εκπομπή.

10.9 Καλώδια - Διακλαδωτήρες Ελέγχου

Για ακριβείς μετρήσεις, τα καλώδια εκπομπής και λήψης θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από ίνες και οι επαφές σύνδεσης θα πρέπει να ταιριάζουν με το καλώδια που θα ελεγχθούν. Για την διεξαγωγή αξιόπιστων μετρήσεων, όλα τα καλώδια θα πρέπει να βρίσκονται σε άριστη κατάσταση. Εύκολα μπορούμε να τα ελέγξουμε μεταξύ τους για να εξασφαλίσουμε τη καλή τους λειτουργία.



10.10 Πρότυπα οπτικών ινών

Οι ακριβείς έλεγχοι και μετρήσεις πάντοτε απαιτούν σπάντα μεθόδους ελέγχου καθώς και πολύ καλό σπάντα διαβάθμισης. Στις οπτικές ίνες, αυτό σημαίνει σπάντα διαδικασίες ελέγχου για οπτική απώλεια από ίνες, καλώδια, συνδετήρες και συνδέσεις μεταξύ αγωγών κάτω από πολλές και διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Επίσης απαιτούνται βασικά σπάντα και σπάντα μεταφοράς για την οπτική ισχύ, την εξασθένιση, το εύρος ζώνης και τα φυσικά χαρακτηριστικά των ινών.[24]

10.10.1 Αποδεκτά Σπάντα

Σε οποιαδήποτε αναπτυσσόμενη τεχνολογία, όπως οι οπτικές ίνες, παρουσιάζεται πάντα κάποια αντίδραση στην δημιουργία σπάντα. Οι κριτικοί επιμένουν πως τα σπάντα καταστέλλουν την τεχνολογική ανάπτυξη. Κάποιοι απ' αυτούς, ωστόσο, αντιδρούν επειδή δεν είναι το δικό τους σπάντα εκείνο που προτείνεται για υιοθέτηση. Υπάρχουν, βέβαια, και περιπτώσεις που κανείς πραγματικά δεν γνωρίζει ποια σπάντα είναι τα καλύτερα. Κάτω απ αυτές τις συνθήκες, οι χρήστες επιλέγουν τις καλύτερες λύσεις για τα προβλήματα τους και συνεχίζουν ακάθεκτοι.

Στον τομέα των οπτικών ινών, αυτοί που έχουν καθιερώσει πολλά από τα σημερινά σπάντα, είναι όσοι προχώρησαν κι αφιερώθηκαν στην τεχνολογία στο έπακρο, ή όσοι έχουν ισχυρή παρουσία στην αγορά. Τα εξαρτήματα αυτά παρέχουν την καλύτερη λύση για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και καθώς υποστηρίζονταν από τους πιο ισχυρούς προμηθευτές και χρήστες, κυριάρχησαν στον χώρο.

Οι τηλεπικοινωνίες συμπεριλαμβάνουν πολλά είδη συστημάτων, αλλά όλα τους λειτουργούν με μονότροπες ίνες σε μήκη κύματος 1300 και 1500nm. Ήδη λειτουργούν συστήματα με ποσοστά μετάδοσης πληροφοριών από 1.544 Mbits/S έως 2,5Gbits/S, και υπόσχονται ήδη υψηλότερα ποσοστά. Στην πραγματικότητα, στις μέρες μας δεν υπάρχει συμβατότητα μεταξύ κατασκευαστών εξοπλισμού τερματικών.

Σε συστήματα μετάδοσης δεδομένων (η γενική εκείνη κατηγορία που συμπεριλαμβάνει σύνδεση υπολογιστών και τοπικών δικτύων μεταξύ τους), η

ομοφωνία στις αποφάσεις είναι σχεδόν πραγματικότητα. Τέσσερις πολύτροπες ίνες χρησιμοποιούνται στα συστήματα μετάδοσης δεδομένων: 20/125, 62,5/125, 85/125 και 100/140 αλλά η επικρατέστερη ίνα είναι εκείνη των 62,5/125. Οι συνδετήρες ήταν συχνά οι SMA, αλλά οι επαφές πολλαπλής κατάστασης που χρησιμοποιούνται τελευταία είναι οι ST. Τα περισσότερα συστήματα μετάδοσης δεδομένων χρειάζονται διπλές επαφές σύνδεσης, αλλά καμία τους δεν χρησιμοποιείται εκτενέστατα έως τώρα. Ίσως οι FDDI να καθιερωθούν ως οι στάνταρ διπλοί συνδετήρες. Ενώ τα συστήματα LED (820 - 850nm) είναι τα πιο δημοφιλή μέχρι σήμερα, τα υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης πληροφοριών των νέων συστημάτων απαιτούν LED στα 1300nm, λόγω των περιοριστικών αποτελεσμάτων που έχει ο χρωματικός διασκορπισμός στο εσωτερικό της ίνας.

10.10.2 Στάνταρ Συστήματος

Πολύ λίγα στάνταρ συστήματος οπτικών ινών έχουν προταθεί έως σήμερα. Τα περισσότερα συστήματα είναι συμβατά με κάποια στάνταρ ηλεκτρικού εξοπλισμού, όπως τα T-3, RS-232 κ.τ.λ., αλλά κάθε κατασκευαστής χρησιμοποιεί το δικό του πρωτόκολλο στο τμήμα του δικτύου που αποτελείται από οπτικές ίνες. Ως αποτέλεσμα, στα συστήματα οπτικών ινών είναι ελάχιστα συμβατά προς το παρόν.

Ακόμη και στην τηλεφωνία, οι σύνδεσμοι οπτικών ινών έχουν εξελιχθεί ως προσαρμοστές για στάνταρ συστήματα φέρουσας συχνότητας τύπου T, έτσι κάθε κατασκευαστής, χρησιμοποίησε το δικό του πρωτόκολλο.

10.10.3 Συμβατότητα των Μετρήσεων

Όταν διεξάγουμε μετρήσεις οπτικών ινών, είναι απαραίτητο να επιστήσουμε την προσοχή μας στις μονάδες μέτρησης και τη συμβατότητα τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 - Μετρήσεις Οπτικών Ινών

11.1 Μέτρηση ισχύος

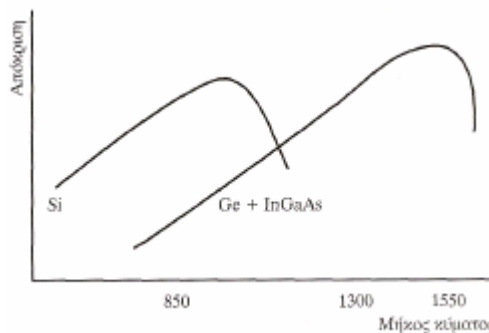
Η πιο βασική μέτρηση των οπτικών ινών είναι η οπτική ισχύς, που υπολογίζεται στο άκρο της οπτικής ίνας. Η μέτρηση αυτή αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό της απώλειας της ισχύος από μία πηγή ή σ' έναν δέκτη. Ενώ οι μετρητές οπτικής ισχύος αποτελούν το βασικό όργανο μέτρησης, τα σύνολα ελέγχου οπτικής απώλειας (O.L.T.S.s.) και οι μετρητές ανάκλασης πεδίου οπτικού χρόνου (OTDRs) επίσης υπολογίζουν την ισχύ κατά τον έλεγχο απώλειας.

Η οπτική ισχύς βασίζεται στην θερμική ισχύ του φωτός, και κάποια όργανα στην πραγματικότητα υπολογίζουν την θερμότητα, όταν το φως απορροφάται από τον ανιχνευτή. Αυτή η μέθοδος, ενώ μπορεί να αποδίδει για λέιζερ υψηλής ισχύος, ωστόσο οι συγκεκριμένοι ανιχνευτές δεν είναι αρκετά ευαίσθητοι για τα τυπικά επίπεδα ισχύος, που συναντώνται στα συστήματα επικοινωνίας οπτικών ινών.

Οι μετρητές οπτικής ισχύος τυπικά χρησιμοποιούν ανιχνευτές ημιαγωγούς, αφού είναι υπερβολικά ευαίσθητοι στο φως, σε μήκη κύματος κοινά στις οπτικές ίνες. Οι περισσότεροι μετρητές ισχύος οπτικών ινών διατίθενται με δυνατότητα επιλογής τριών διαφορετικών ανιχνευτών: Πυριτίου (Si), Γερμανίου (Ge) ή Ινδίου - Γαλλίου - Αρσενίου (InGaAs)

Οι ανιχνευτές Πυριτίου είναι ανιχνευτές πολύ χαμηλού θορύβου, ευαίσθητοι στο φως σε μήκη κύματος περίπου 400 έως 1100nm, ανάλογα με την ακρίβεια της μεθόδου διαβάθμισης. Επομένως, είναι χρήσιμοι για τις στάνταρ συνδέσεις στις τηλεπικοινωνίες, χρησιμοποιώντας LED των 820 nm με γυάλινες ίνες, ή LED των 665 nm με πλαστικές ίνες. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα παλαιότερα συστήματα τηλεπικοινωνιών, τα οποία χρησιμοποιούσαν λέιζερ των 850 nm.

Οι ανιχνευτές Πυριτίου έχουν πολύ χαμηλά όρια θορύβου. Τυπικά όρια θορύβου για όργανα μέτρησης οπτικών ινών, τα οποία χρησιμοποιούν ανιχνευτές πυριτίου, είναι από -70 έως -90 dB, ή περίπου 1 έως 100 (picowatts).[54]



Σχήμα 11.1 Απόκριση ανιχνευτών σε σχέση με το μήκος κύματος

Οι ανιχνευτές Γερμανίου είναι ευαίσθητοι στο φως σε μήκη κύματος από 800 έως 1800 nm, πράγμα που τους καθιστά χρήσιμους για όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούν γυάλινες ίνες, συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων μονότροπων ινών της τάξεως των 1300 και 1550 nm.

Ωστόσο, οι ανιχνευτές Γερμανίου είναι πιο θορυβώδεις, δημιουργώντας έτσι υψηλότερα όρια θορύβου για μετρήσεις χαμηλού επιπέδου. Ο θόρυβος αυτός είναι ανάλογος προς το μέγεθος του ανιχνευτή, έτσι χρησιμοποιώντας έναν μικρότερο ανιχνευτή, λαμβάνουμε ένα χαμηλότερο όριο θορύβου. Όμως, οι μικροί ανιχνευτές απαιτούν τοποθέτηση του άκρου της ίνας πολύ κοντά στην οθόνη του ανιχνευτή και προσανατολισμένο με ακρίβεια στην ευαίσθητη περιοχή του ανιχνευτή. Ο θόρυβος ενός ανιχνευτή Γερμανίου των 2mm είναι τυπικά 10 με 50 φορές χαμηλότερος από εκείνον ενός ανιχνευτή Γερμανίου 5 mm, σε θερμοκρασία δωματίου.

Μερικοί κατασκευαστές μετρητών ισχύος οπτικών ινών επέλεξαν να ψύξουν αυτούς τους μεγάλους ανιχνευτές Γερμανίου, για να μειώσουν τον θόρυβο και να πετύχουν, με τον τρόπο αυτό, χαμηλότερα όρια μετρήσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πιο ευαίσθητες μετρήσεις, αλλά με τίμημα τη χρήση πολύπλοκων κυκλωμάτων, βαρέων οργάνων και μπαταριών σύντομου χρόνου ζωής, αφού θα πρέπει να παρέχουμε ρεύμα της τάξεως του 1A στον ψύκτη τον οποίο συμπεριλαμβάνει το πακέτο του ανιχνευτή Γερμανίου.

Μία άλλη λύση, για υπερβολικά χαμηλά επίπεδα μετρήσεων στα 1300 και 1550 nm, είναι να χρησιμοποιήσουμε ανιχνευτή τεχνολογίας Ινδίου - Γαλλίου- Αρσενίου (In Ga As), που έχει αναπτυχθεί για τους δέκτες των συστημάτων επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας και μεγάλου μήκους κύματος. Οι ανιχνευτές αυτοί έχουν την ίδια ευαισθησία όπως κι εκείνοι του Γερμανίου, αλλά είναι πολύ λιγότερο θορυβώδεις. Με τους ανιχνευτές Ινδίου - Γαλλίου - Αρσενίου, οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν εύκολα στα -65 dB (λιγότερο από 0,5nW). Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι ανιχνευτές είναι πολύ ακριβοί, περιορίζοντας έτσι τη χρήση τους μόνο στα πιο ακριβά όργανα.

11.1.1 Διαβάθμιση

Η διαβάθμιση του εξοπλισμού μέτρησης ισχύος οπτικών ινών απαιτεί την καθιέρωση ενός στάνταρ αναφοράς, για λόγους διεξαγωγής συγκρίσεων, κατά τη διαβάθμιση κάθε μετρητή ισχύος, ή άλλου οργάνου, ή αλλιώς ένα Ηλεκτρικά διαβαθμισμένο Πυροηλεκτρικό Ραδιόμετρο, το οποίο μετρά την οπτική ισχύ, συγκρίνοντας τη θερμική ισχύ του φωτός με τη γνωστή θερμική ισχύ μίας αντίστασης. Η διαβάθμιση γίνεται στα 850,1300 και 1550nm. (Μερικές φορές χρησιμοποιείται το 1310 nm). Ωστόσο, σήμερα το στάνταρ είναι το 1300nm.

Για την διαβάθμιση χρειαζόμαστε μία πηγή γνωστών χαρακτηριστικών. Συνήθως χρησιμοποιούνται πηγές λέιζερ στα 850,1300 και 1550 nm συνδεδεμένες με μικρούς εύκαμπτους αγωγούς. Οι πηγές λέιζερ έχουν πολύ στενό εύρος φάσματος, για να επιτρέπουν την ακριβή διαβάθμιση του μήκους κύματος, ενώ η μονότροπη ίνα ελέγχει την ακτίνα εξόδου, η οποία εμφανίζεται στον ανιχνευτή του οργάνου. Καθεμιά απ' αυτές τις πηγές ελέγχεται τακτικά για το μήκος κύματος, για να εξασφαλίσει ότι δεν εμφανίστηκε μετατόπιση σήματος. Η ισχύς εξόδου των λέιζερ αυτών ελέγχεται με ακρίβεια από ένα κύκλωμα οπτικής ανατροφοδότησης, για την εξασφάλιση της σταθερότητας. Ακόμη και η θερμοκρασία του λέιζερ συχνά ελέγχεται με ακρίβεια για τον προσδιορισμό τυχόν μετατόπισης της ισχύος εξόδου ή του μήκους κύματος, κατά τη διαδικασία της διαβάθμισης.

Πίνακας 11.1: Ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται στους μετρητές ισχύος οπτικών ινών

Τύπος Ανιχνευτή	Μήκος κύματος (nm)	Κλίμακα ισχύος dBm
Πυρίτιο	400-1100	+10 έως -70
Γερμάνιο	800-1600	+10 έως -60
	<i>-70 dBm με ανιχνευτές μικρής περιοχής,</i>	<i>+20 dBm με εξασθενητή</i>
InGaAs	800-1600	+10 έως -70
<i>Οι ανιχνευτές μικρής περιοχής μπορεί να υπερφορτισθούν σε υψηλή ισχύ (>0 dBm)</i>		

Χρησιμοποιώντας τις πηγές που προανέφερα, μπορούμε να μετρήσουμε την έξοδο ενός από τα λέιζερ σ' έναν στάνταρ μετρητή ή ανιχνευτή και να καταγράψουμε την τιμή. Κατόπιν, το όργανο που ελέγχεται ρυθμίζεται ώστε να διαβάζει την ίδια τιμή, όπως ο στάνταρ ανιχνευτής. Έτσι έχουμε διεξάγει διαβάθμιση απλού σημείου. Για όλους τους μετρητές ισχύος, ειδικά για εκείνους με αυτόματο συντονισμό, θα πρέπει να κάνουμε ξεχωριστή διαβάθμιση για κάθε πεδίο, κάνοντας διπλούς ελέγχους, για να σιγουρευτούμε ότι οι μετρητές έχουν ομαλή μετάβαση από το ένα πεδίο στο άλλο, εμποδίζοντας έτσι τις διακοπές στη διαβάθμιση. Γι'αυτό το λόγο, η διαβάθμιση ελέγχεται σε διάφορα σημεία κοντά στα άκρα του πεδίου, για κάθε μετρητή.

Οι μετρητές που έχουν διαβαθμιστεί με τον τρόπο αυτό έχουν απόκλιση διαβάθμισης περίπου +/-5%, σε σύγκριση με τα βασικά στάνταρ. Περιορισμούς του βαθμού απόκλισης αποτελούν η εσωτερική ανακολουθία της οπτικής σύζευξης, περίπου ποσοστό 1% για κάθε μεταφορά, κι αμυδρές διαφοροποιήσεις της διαβάθμισης του μήκους κύματος.

Η επαναδιαβάθμιση των οργάνων θα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο. Ωστόσο, η πείρα έχει δείξει ότι η ακρίβεια των μετρητών σπάνια μεταβάλλεται σημαντικά, κατά τη διάρκεια ενός έτους, αρκεί να μην υποστούν βλάβη τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του μετρητή.

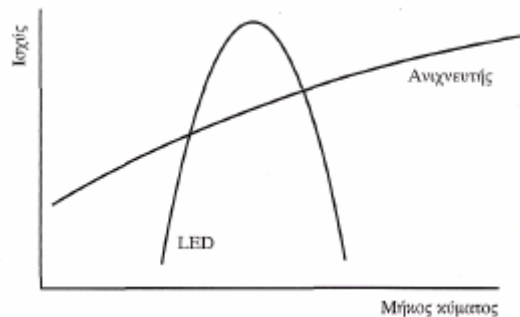
11.1.2 Κατανόηση της απόκλισης των υπολογισμών του Μετρητή Ισχύος Οπτικών Ινών

Έχουμε δώσει πάρα πολύ προσοχή στην ανάπτυξη των στάνταρ μεταφοράς για τις μετρήσεις οπτικής ισχύος ινών καθώς και οργανισμοί καθορισμού στάνταρ των περισσότερων κρατών, εργάστηκαν για την παροχή κατάλληλων στάνταρ, βάσει των οποίων μπορούμε να εργαστούμε. Τώρα πια, μπορούμε να εξασφαλίσουμε την τεκμηρίωση των διαβαθμίσεων μας, αλλά ακόμη κι έτσι, τα λάθη που ενέχονται στη διεξαγωγή μετρήσεων είναι ουσιαστικά. Η κατανόηση αυτών των λαθών και οι πιθανές αιτίες τους θα εξασφαλίσουν μία ρεαλιστική γενική άποψη, όσον αφορά στις μετρήσεις οπτικής ισχύος των ινών.

Η πρώτη πηγή λάθους είναι η οπτική σύζευξη. Το φως από την οπτική ίνα απλώνεται σε κωνικό σχήμα. Είναι σημαντικό ο ανιχνευτής ως προς τη γεωμετρική φόρμα της ίνας να είναι τέτοιος, ώστε το φως από την ίνα να χτυπά τον ανιχνευτή, αλλιώς η μέτρηση θα μας δώσει τιμή χαμηλότερη της πραγματικής. Όμως, κάθε φορά που το φως περνά μέσα από ένα κύκλωμα διασύνδεσης γυαλιού με αέρα, όπως για παράδειγμα η οθόνη του ανιχνευτή, μία μικρή ποσότητα φωτός ανακλάται. Κάποιο μέρος αυτής της ποσότητας χάνεται, αλλά η υπόλοιπη μπορεί να υποστεί επανάκλαση στην επιφάνεια του λείου άκρου της επαφής σύνδεσης και να επιστρέψει στον ανιχνευτή. Η ποσότητα εξαρτάται από τον τύπο των επαφών σύνδεσης και την ποιότητα της λείας επιφάνειας. Παρόλο που οι ανιχνευτές έχουν ένα περίβλημα για την αποφυγή ανάκλασης, ωστόσο κάποια ποσότητα φωτός ανακλάται στην επιφάνεια του ανιχνευτή, το οποίο φως μπορεί να υποστεί επανάκλαση από την οθόνη, τις επαφές σύνδεσης κ.τ.λ. Τέλος, η καθαρότητα των οπτικών επιφανειών που χρησιμοποιούνται μπορεί να προκαλέσει απορρόφηση και διασκορπισμό. Το σύνολο όλων αυτών των εν δυνάμει λαθών εξαρτάται από τον τύπο των επαφών σύνδεσης, το μήκος κύματος, το μέγεθος της ίνας και το αριθμητικό άνοιγμα (N. A.)

Εκτός από τα λάθη σύζευξης, μπορεί ν' αντιμετωπίσουμε και προβλήματα διαβάθμισης του μήκους κύματος. Οι ανιχνευτές ημιαγωγών, που χρησιμοποιούνται στα όργανα οπτικών ινών (καθώς και στα συστήματα) έχουν ευαισθησία εξαρτώμενη από το μήκος κύματος. Από τη στιγμή που η πραγματική πηγή μήκους κύματος σπανίως είναι γνωστή, είναι σχεδόν βέβαιη η εμφάνιση λάθους σχετικού με τη φασματική ευαισθησία του ανιχνευτή (Σχ 11.2). Βάσει της βιομηχανικής συμβατότητας, τα τρία κύρια μήκη κύματος (850, 1300 και 1550nm) χρησιμοποιούνται σε όλους τους υπολογισμούς ισχύος, αντί για την πραγματική πηγή μήκους κύματος. Η πηγή έχει πεπερασμένο φασματικό εύρος, πολύ μικρό για το λέιζερ, αρκετά μεγάλο για μία LED. Για να υπολογίσουμε την ισχύ της πηγής με ακρίβεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τη διανομή της φασματικής ισχύος της πραγματικής πηγής (την οποία και προσπαθούμε να μετρήσουμε), την ευαισθησία του ανιχνευτή και να διεξάγουμε μία περίπλοκη ενοποίηση αυτών των δύο. Ένα άλλο λάθος της πηγής εμφανίζεται σε μετρήσεις υψηλής και χαμηλής στάθμης. Σε υψηλά επίπεδα, η οπτική ισχύς μπορεί να υπερφορτώσει και να

προκαλέσει τον κορεσμό του ανιχνευτή, προκαλώντας έτσι λάθος στη μέτρηση, η οποία τώρα τείνει προς την χαμηλή πλευρά. Η συνεχής υπερφόρτωση μπορεί να προκαλέσει ακόμη και μόνιμη ζημιά στον ανιχνευτή, ειδικά αν αυτός είναι μικρής εμβέλειας. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται ιδιαίτερα σε συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης (CATV), όπου η ισχύς του πομπού είναι υπερβολικά υψηλή για να έχουμε καλή απόδοση σήματος προς θόρυβο στον δέκτη. Τα επίπεδα ισχύος της καλωδιακής τηλεόρασης είναι αρκετά υψηλά, ώστε να καταστρέψουν τον ανιχνευτή σε πολλών ειδών μετρητές ισχύος, ιδιαίτερα σ' εκείνους που εμπεριέχουν ανιχνευτές Ινδίου - Γαλλίου - Αρσενίου μικρής εμβέλειας για καλωδιακές τηλεοράσεις. Ειδικοί μετρητές στους οποίους έχει αντικατασταθεί η οθόνη από έναν διαβαθμισμένο εξασθενητή των 20 περίπου ντεσιμπέλ. Επομένως, μπορούν να διεξάγουν μετρήσεις σε επίπεδα υψηλής ισχύος, έως και +20 ή +30 dBm, αλλά θυσιάζοντας τις μετρήσεις ισχύος χαμηλών επιπέδων.[47]



Σχήμα 11.2 Λάθη φασματικής ευαισθησίας

Στα χαμηλά επίπεδα, ο εσωτερικός θόρυβος του ανιχνευτή προστίθεται στο σήμα και γίνεται λάθος. Αν το σήμα είναι 10 dB πάνω από το όριο του θορύβου (10 φορές ο θόρυβος), το λάθος εξουδετέρωσης είναι 10% ή 0,4 dB. Η τεχνολογία οπτικών ινών πάντοτε καθόριζε την εμβέλεια των μετρήσεων των μετρητών ισχύος οπτικών ινών ως 10 dB πάνω από το όριο θορύβου, αλλά, τουλάχιστον ένας κατασκευαστής το προδιαγράφει ως μόνο 3dB, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει λάθος έως και 50%.

Ακόμη κι όταν δυο μετρητές ισχύος Οπτικών Ινών έχουν διαβαθμιστεί με τις ίδιες προδιαγραφές, η απόκλιση μπορεί να είναι +1/5% (περίπου 0,2dB) δε κάθε μετρητή. Στη χειρότερη περίπτωση μπορεί να έχουμε δυο μετρητές που ν' αποκλίνουν από την ονομαστική τιμή προ τις αντίθετες κατευθύνσεις, δίνοντας έτσι ένα λάθος δυναμικό της τάξης του 10% (0,4 dB), κατά τη μέτρηση της ίδιας πηγής και του ίδιου συνδυασμού ινών. Παρόμοιο λάθος μπορεί να εμφανιστεί σ' έναν Μετρητή Ισχύος Οπτικών Ινών, εκτός αν ο κατασκευαστής συμπεριλάβει κάποια εξισοροπιστική ρύθμιση για τη διαβάθμιση του μετρητή.

Όταν αναλογιστούμε τον λόγο που μετράμε την ισχύ των οπτικών ινών, η σημασία των λαθών είναι πασιφανής. Αλλά, χωρίς να γνωρίζουμε την φασματική έξοδο της πηγής του συστήματος, την φασματική ευαισθησία του ανιχνευτή του συστήματος και τα χαρακτηριστικά φασματικής εξασθένησης

της ίνας, δεν μπορούμε να προβλέψουμε την απόδοση του συστήματος με κανένα τρόπο.

Πως μπορούμε, λοιπόν να χειριστούμε όλη αυτή την αβεβαιότητα Τα μικρά συστήματα θα πρέπει να σχεδιάζονται με αρκετά μεγάλο περιθώριο. Στα μεγάλα, θα πρέπει να καθορίζουμε τα μήκη κύματος της πηγής του συστήματος, αλλά και του ελέγχου (ή να διορθώνουμε τις μεταβολές των πηγών του συστήματος και μα μήκη κύματος των πηγών ελέγχου). Και πάντα να θυμάστε ότι το λάθος στις μετρήσεις οπτικής ισχύος μπορεί να είναι ελάχιστο με άγνωστες μεταβολές στον εξοπλισμό του συστήματος.

Τα εξαρτήματα οπτικών ινών είναι ευαίσθητα στη φυσική πίεση, η οποία μπορεί να επάγει απώλεια. Μπορούμε να δούμε τ' αποτελέσματα της φυσικής κίνησης των καλωδίων και των συνδετήρων οπτικών ινών σε συστήματα οπτικών ινών. Μία απλή κάμψη ενός καλωδίου μονότροπων οπτικών ινών μπορεί να επάγει απώλεια πολλών dB. Όλοι οι συνδετήρες είναι πολύ ευαίσθητοι στις δυνάμεις που επενεργούν πάνω στο καλώδιο. Και μόνο ο χειρισμός των ινών για τη διεξαγωγή μετρήσεων μπορεί να προκαλέσει διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα κάποιων δεκάδων dB.[43]

11.1.3 Ευκρίνεια των Οργάνων έναντι Απόκλισης των Μετρήσεων

Λαμβάνοντας υπόψιν τους την απόκλιση των περισσότερων μετρήσεων οπτικών ινών, οι κατασκευαστές οργάνων εφοδίασαν τους μετρητές ισχύος και απώλειας μ' ευκρίνεια μέτρησης που είναι συνήθως μεγαλύτερη από την αναγκαία. Η απόκλιση των μετρήσεων οπτικής ισχύος είναι περίπου 0,2 dB (5%), οι μετρήσεις απώλειας είναι πιθανό να παρουσιάζουν απόκλιση της τάξεως του 0,5 dB ή και περισσότερο, ενώ οι μετρήσεις απώλειας οπτικής επιστροφής έχουν απόκλιση ίση με 1 dB. Τα όργανα που έχουν απεικόνιση στοιχείων στην οθόνη τους με ανάλυση 0,01dB είναι γενικά κατάλληλα μόνο για εργαστηριακές μετρήσεις πολύ χαμηλών επιπέδων απώλειας, όπως για παράδειγμα σε συνδετήρες ή σ' ενώσεις μεταξύ αγωγών, κάτω από 1dB, ή για καταγραφή μικρών αλλαγών, στην απώλεια ή την ισχύ, κατά τη διάρκεια περιβαλλοντικών μεταβολών. Σε συνθήκες εργαστηρίου, μία ανάλυση της τάξεως του 0,01dB μπορεί να φανεί κατά πολύ χρήσιμη, από τη στιγμή που συχνά υπολογίζουμε την απώλεια των συνδετήρων και των ενώσεων μεταξύ αγωγών, σ' επίπεδα κάτω από τα 0,10 dB, ή αλλαγές στην απώλεια κάτω από περιβαλλοντική πίεση, σ' επίπεδα κάτω από τα 0,1dB. Η σταθερότητα των πηγών και η φυσική πίεση στα καλώδια περιορίζουν την απόκλιση των μετρήσεων περίπου στα 0,01 έως 0,05dB τη μέρα, αλλά μία ανάλυση 0,01dB μπορεί να μας βοηθήσει να καθορίσουμε μικρές αλλαγές στην απόδοση των εξαρτημάτων.

Τα όργανα μέτρησης πεδίου αποδίδουν καλύτερα όταν η ανάλυση τους περιορίζεται στο 0,1dB, αφού οι απεικονίσεις των στοιχείων στην οθόνη τους είναι μάλλον απίθανο να παρουσιάσουν αστάθεια κατά την ανάγνωση

τους. Ακόμη, το πιθανότερο είναι να δηλώνουν την ίδια την απόκλιση των μετρήσεων.

11.1.4 Μετρήσεις διακριτής ισχύος

Από τη στιγμή που μπορούμε να επάγουμε την απώλεια, στην οπτική ίνα αν λυγίσουμε την τελευταία, η χαμένη αυτή ισχύς μπορεί να υπολογισθεί. Χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή με συνδετήρα, σαν εκείνους που χρησιμοποιούνται στα σημεία αναγνώρισης ινών, η επαγόμενη απώλεια μπορεί να υπολογιστεί. Ωστόσο, η απόκλιση των μετρήσεων είναι πάρα πολύ υψηλή, λόγω του απροσδιόριστου ποσοστού παρουσίας της ισχύος στο εσωτερικό της ίνας, η οποία θα συζευχθεί έξω από την πυρήνα, από την επαγόμενη πίεση, εξαιτίας της ποσότητας της ισχύος που θα μεταδοθεί μέσω των βαθμίδων απομόνωσης της ίνας (και ειδικότερα των έγχρωμων βαθμίδων) καθώς και λόγω του εξωτερικού περιβλήματος της ίνας. Επομένως, αυτού του είδους οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται ως ποιοτικός δείκτης της παρουσίας ισχύος στα συστήματα κι όχι ποσοτικό μέτρο της ισχύος αυτής.

11.2 Μετρήσεις της οπτικής ίνας

11.2.1 Έλεγχος Οπτικών Ινών

Στις οπτικές ίνες, ο έλεγχος συμπεριλαμβάνει την γεωμετρία ινών, την εξασθένιση και το εύρος ζώνης. Η βασικότερη παράμετρος της οπτικής ίνας είναι η γεωμετρία, αφού οι διαστάσεις της ίνας καθορίζουν τη δυνατότητα της σύνδεση και τον τερματισμό. Η διάμετρος του πυρήνα, η διάμετρος της σύνδεσης και ο συγκεντρωτισμός είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την σύνδεση δύο ινών. Έτσι, οι κατασκευαστές δουλεύουν πολύ σκληρά για να καταφέρουν να ελέγξουν τις παραμέτρους αυτές, συμπεριλαμβανομένου και του συνεχούς ελέγχου καθ' όλη τη διαδικασία της βιομηχανικής παραγωγής.

Ενώ ο έλεγχος της διαμέτρου και του συγκεντρωτισμού μπορεί ν' ακούγεται απλός, οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν με απόλυτη ακρίβεια. Η διαδικασία περιπλέκεται από το γεγονός ότι το υλικό είναι διαφανές και οι διαστάσεις της ίνας αρκετά μικρές, ώστε να φράσσουν τα όρια των οπτικών μετρήσεων. [39]

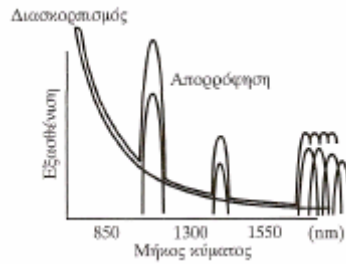
11.2.2 Έλεγχος Συνεχειας Οπτικής Ίνας

Ο έλεγχος συνέχειας είναι ο πιο σημαντικός, όσον αφορά τις οπτικές ίνες. Συνήθως διεξάγεται με τη χρήση μίας πηγής ορατού φωτός, συνήθως ένα λέιζερ Ηλίου - Νέον στα 633 nm, ή μίας LED, ή μίας διόδου λέιζερ στα 650nm που είναι ορατή. Τα όργανα λέιζερ Ηλίου - Νέον συνήθως συντονίζονται σ' επίπεδα μικρότερα του 1 mW, μετατρεπόμενα έτσι σε λέιζερ τάξης Π, τα οποία δεν είναι τόσο ισχυρά ώστε να βλάψουν τα μάτια, έχουν όμως την απαραίτητη ισχύ για να είναι εύκολα ορατά σε απόσταση περίπου 4 χμ. μέσα στην ίνα. Ακόμη, μπορούν να προσδιορίσουν μικρές καμπές ή ρωγμές της ίνας, ελέγχοντας το φως που λάμπει από τη ρωγμή, μέσω του κίτρινου και πορτοκαλί περιβλήματος που χρησιμοποιείται είναι στα περισσότερα καλώδια μονότροπων ινών.[33]

11.2.3 Εξασθένιση

Η εξασθένιση των οπτικών ινών είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων, της απορρόφησης και του διασκορπισμού. Η απορρόφηση προκαλείται από την απορρόφηση του φωτός και τη μετατροπή του σε θερμότητα, από μόρια που βρίσκονται στο εσωτερικό του γυαλιού. Πρωτεύοντα στοιχεία που απορροφούν ενέργεια ακτινοβολίας (φως εδώ) είναι το παραμένον θετικό Οξείδιο του Υδρογόνου (OH⁺) και οι νοθείες των υλικών στους ημιαγωγούς, που χρησιμοποιούνται για την τροποποίηση του δείκτη ανάκλασης του γυαλιού. Η απορρόφηση αυτή εμφανίζεται σε διακριτά μήκη κύματος, που καθορίζονται από τα στοιχεία που απορροφούν το φως. Η απορρόφηση του OH⁺ είναι πρωταρχική κι εμφανίζεται σε πιο έντονη μορφή στα 1000 nm, 1400nm και πάνω από 1600nm.

Η μεγαλύτερη αιτία εξασθένισης είναι η διασκορπισμός. Αυτός εμφανίζεται όταν το φως έρχεται σε σύγκρουση με μεμονωμένα άτομα στο εσωτερικό του γυαλιού και είναι ανισοτροπικό. Το φως, που διασκορπίζεται σε γωνίες, που βρίσκονται εκτός του αριθμητικού ανοίγματος NA της ίνας, θ' απορροφηθεί στις συνδέσεις ή θα σταλεί πίσω στην πηγή. Ο διασκορπισμός είναι επίσης έκφραση του μήκους κύματος, ανάλογος προς την ανάστροφη τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος του φωτός. Επομένως, αν διπλασιάσουμε το μήκος κύματος του φωτός, μειώνουμε τις απώλειες διασκορπισμού κατά 2 ή 16 φορές. Γι' αυτό το λόγο, για μεταδόσεις σε μεγάλη απόσταση, έχει πολλά πλεονεκτήματα η χρήση του μεγαλύτερου δυνατού μήκους κύματος για την ελάχιστη εξασθένιση και τη μέγιστη απόσταση μεταξύ επαναληπτικών κυκλωμάτων. Από κοινού, η απορρόφηση και ο διασκορπισμός μας δίνουν την καμπύλη εξασθένισης για μία τυπική γυάλινη οπτική ίνα, όπως φαίνετε στο σχ. 11.3.



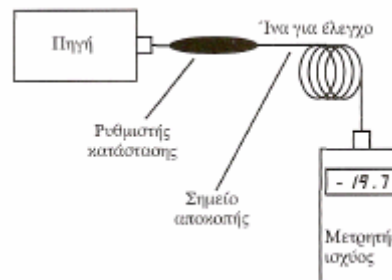
Σχήμα 11.3 Εξασθένιση στις οπτικές ίνες

Τα συστήματα οπτικών ινών μεταδίδουν πληροφορίες στα παράθυρα που δημιουργούνται μεταξύ των ζωνών απορρόφησης στα 850 nm, 1300nm και 1550 nm, όπου με τη χρήση της Φυσικής μπορούμε να κατασκευάσουμε εύκολα λέιζερ και ανιχνευτές. Οι πλαστικές ίνες έχουν πιο περιορισμένη ζώνη μήκους κύματος, πράγμα που περιορίζει με τη σειρά του την πρακτική χρήση πηγών LED στα 660nm.[54]

11.2.4 Έλεγχος Εξασθένισης Ινών

Ο υπολογισμός του συντελεστή εξασθένισης των ινών απαιτεί μετάδοση φωτός σε γνωστό μήκος κύματος, μέσω της ίνας και μέτρηση των αλλαγών σε κάποια απόσταση.

Η συμβατική μέθοδος, γνωστή ως μέθοδος μείωσης, (Σχ. 11.4), συμπεριλαμβάνει τη σύζευξη ίνας στην πηγή και τον υπολογισμό της ισχύος στην μακρινότερη άκρη της. Τότε η ίνα κόβεται κοντά στην πηγή και η ισχύς υπολογίζεται ξανά.



Σχήμα 11.4 Μέθοδος μείωσης

Γνωρίζοντας την ισχύ στην πηγή και στην άκρη της ίνας, καθώς και το μήκος της ίνας, ο συντελεστής εξασθένισης μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό:

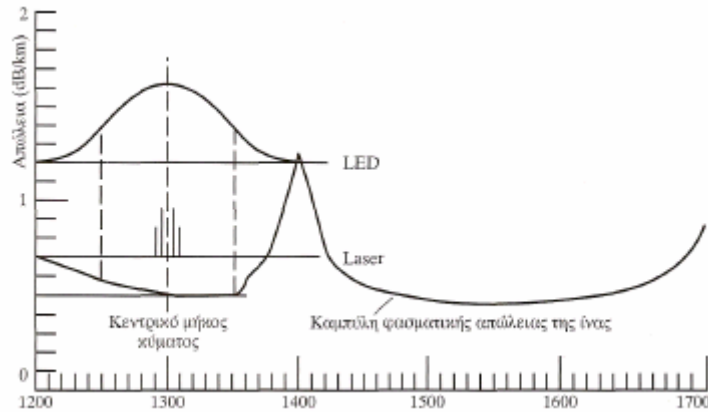
$$\text{Συντελεστής εξασθένισης (dB)} = \frac{P_{\text{άκρου}} - P_{\text{πηγής}} \text{ (dB)}}{\text{μήκος (χλμ)}}$$

Μία άλλη μέθοδος ελέγχου των ινών, η οποία μπορεί να είναι ευκολότερη για χρήση στις μετρήσεις πεδίου, συμπεριλαμβάνει την προσαρμογή μιας ίνας, μέσω μικρού εύκαμπτου αγωγού, στην πηγή, η οποία έχει στο ένα άκρο της μία επαφή σύνδεσης και μία προσωρινή σύνδεση αγωγών στο άλλο. Η μέθοδος αυτή ενέχει μεγαλύτερο ποσοστό απόκλισης των μετρήσεων, εξαιτίας της απώλειας στη σύνδεση, που έχει συζευχθεί με την υπό έλεγχο ίνα, αφού ίσως να μην είναι εύκολο να διαβαθμίσουμε μ' ακρίβεια την ισχύ εξόδου του μικρού, εύκαμπτου αγωγού. Η καλύτερη μέθοδος είναι να χρησιμοποιήσουμε έναν προσαρμογέα γυμνής ίνας στον μετρητή ισχύος, για να υπολογίσουμε πρώτα την έξοδο της ίνας αυτής και μετά να προσαρμόσουμε τη σύνδεση. Ειδικά, θα πρέπει να προσαρμόσουμε τη σύνδεση αγωγών, στον μικρό εύκαμπτο αγωγό, και να συζεύξουμε μία ίνα μεγάλου πυρήνα στον αγωγό αυτό και τότε να μετρήσουμε την ισχύ. Η συγκεκριμένη ίνα θα ελαχιστοποιήσει της απώλειες στο σημείο σύνδεσης για να έχουμε έτσι ακριβέστερη διαβάθμιση.[54]

11.2.5 Πηγές για Μετρήσεις Απώλειας

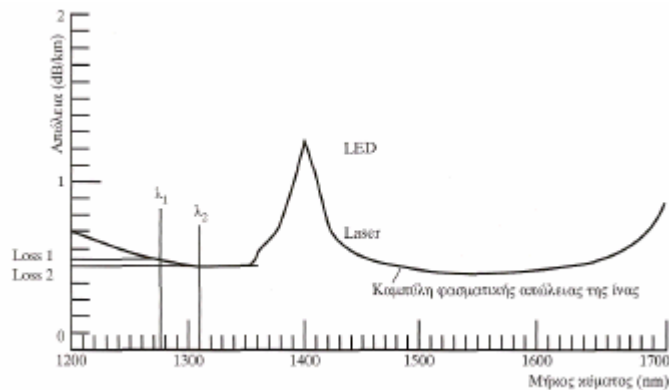
Όσον αφορά την πηγή ελέγχου, θα πρέπει να ελέγξουμε δύο παράγοντες έτσι ώστε να μειώσουμε την απόκλιση των μετρήσεων: τα χαρακτηριστικά φασματικής εξόδου και τα τροπολογικά χαρακτηριστικά. Τα πρώτα προφανώς συμπεριλαμβάνουν το μήκος κύματος, αλλά μπορεί να συμπεριλαμβάνει το φασματικό εύρος. Μία πηγή μεγάλου φασματικού εύρους μπορεί να υποστεί απορρόφηση σε μία μεγάλη κλίμακα μήκους κύματος, δυσχεραίνοντας έτσι την απόκτηση δεδομένων ακριβείας, όσον αφορά τη φασματική εξασθένιση σ' οποιοδήποτε μήκος κύματος. Για τον έλεγχο φασματικής απώλειας χρησιμοποιούμε ως πηγές μονοχρωματικές, αφού το φασματικό εύρος της πηγής μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια.

Για μετρήσεις απλού μήκους κύματος, η πηγή μπορεί να είναι μία LED ή ένα λέιζερ σταθερού μήκους κύματος. Γενικά, οι μετρήσεις εξασθένισης θα πρέπει να γίνονται με μία πηγή κατάλληλη προς την ίνα. Τα περισσότερα συστήματα πολύτροπων ινών χρησιμοποιούν πηγές LED ενώ τα συστήματα μονότροπων ινών χρησιμοποιούν πηγές λέιζερ. Έτσι, ο έλεγχος καθεμιάς από αυτές τις ίνες θα πρέπει να γίνεται με τη χρήση της κατάλληλης πηγής. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούμε λέιζερ με μονότροπες ίνες πολλαπλής κατάστασης, αφού οι σύμφωνες πηγές όπως τα λέιζερ έχουν υψηλές αποκλίσεις μετρήσεων στις πολύτροπες ίνες, που προκαλούνται από τον τροπολογικό θόρυβο. Το μεγάλο φασματικό εύρος των LED μερικές φορές επικαλύπτει το μήκος κύματος αποκοπής της μονότροπης ίνας, σε χαμηλά μήκη κύματος και στα 1400nm ΟΗ. (ΟΗ: ζώνη απορρόφησης στα υψηλά μήκη κύματος).



Σχήμα 11.5 Το εύρος του φάσματος στις μετρήσεις απωλειών

Η επιπρόσθετη απορρόφηση και στα δυο άκρα της φασματικής εξόδου των LED μπορεί να πολώσει τις μετρήσεις εξασθένισης σε μία μονότροπη ίνα ουσιαστικά. Το σχήμα 11.5. παρουσιάζει την καμπύλη απώλειας μίας μονότροπης ίνας με καθιέρωση φασματικών εξόδων ενός τυπικού λέιζερ ή LED. Το φάσμα των LED καλύπτει από το μήκος κύματος αποκοπής της μονότροπης ίνας, γύρω στα 1200 nm, έως και ζώνη απορρόφησης OH. Το λέιζερ συγκεντρώνει όλη του την ισχύ σε μία εξαιρετικά μικρή φασματική ζώνη, όπου η ίνα χρησιμοποιείται στην πραγματικότητα. Στην κλίμακα που καλύπτει η έξοδος της LED η απώλεια ίνας αποκλίνει κατά 0,2 dB/Km, αγνοώντας τη ζώνη απορρόφησης OH.



Σχήμα 11.6 Απώλεια της ίνας σε σχέση με το μήκος κύματος

Ακόμη και με πηγές λέιζερ, η απώλεια αποκλίνει ουσιαστικά, ανάλογα με το μήκος κύματος της πηγής. Το σχήμα 11.6 παρουσιάζει την απώλεια της ίνας ως έκφραση του μήκους κύματος, συμπεριλαμβάνοντας δύο δοκιμαστικές πηγές. Και πάλι οι έλεγχοι έδειξαν απόκλιση απώλειας την τάξεως των 0,05dB/Km, με απόκλιση πηγής 29nm (1276 και 1305 nm), μέσα στα πλαίσια των πηγών που χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα. Επομένως, οι έλεγχοι θα πρέπει να διεξάγονται με πηγές όσο το δυνατόν πλησιέστερες στο μήκος κύματος του.

11.2.6 Τροπολογικές Επιδράσεις στην Εξασθένιση

Για να ελέγξουμε τα καλώδια πολύτροπων οπτικών ινών με ακρίβεια, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τον τροπολογικό διασκορπισμό, τον έλεγχο του τύπου και τους παράγοντες διόρθωσης της εξασθένισης. Ο τροπολογικός διασκορπισμός στις πολύτροπες ίνες είναι πολύ σημαντικός για την ακρίβεια και αναπαραγωγικότητα των μετρήσεων.

11.2.6.1 Τροπολογικός Διασκορπισμός

Στις πολύτροπες ίνες, κάποιες ακτίνες φωτός μεταφέρονται ακριβώς κάθετα στον άξονα της ίνας, ενώ όλες οι άλλες ακτίνες παλινδρομούν και προσκρούουν στα τοιχώματα, στο εσωτερικό του πυρήνα. Στην βηματικό δείκτη οπτική ίνα, οι εκτός άξονα ακτίνες, που ονομάζονται "υψηλής τάξεως" παλινδρομούν στα όρια του πυρήνα και του περιβλήματος, καθώς εκπέμπονται μέσω της ίνας. Αφού, λοιπόν, αυτές οι ακτίνες υψηλής τάξεως διανύουν μία μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι η ακτίνα που είναι κάθετη στον άξονα, είναι υπεύθυνες για τον διασκορπισμό, ο οποίος περιορίζει το μήκος ζώνης της ίνας.

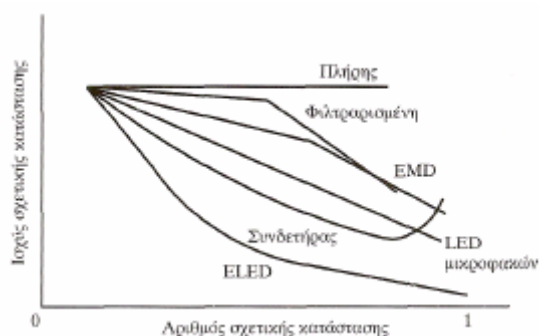
Στις βαθμιαίου δείκτη οπτικές ίνες, η μείωση του δείκτη ανάκλασης του πυρήνα, καθώς πλησιάζουμε το περίβλημα, αναγκάζει τις ακτίνες υψηλής τάξεως ν' ακολουθήσουν μία καμπυλωτή πορεία, μακρύτερη από την ακτίνα που είναι κάθετη στον άξονα ("μηδενικής τάξεως"). Όμως λόγω του χαμηλού δείκτη ανάκλασης -μακριά από τον άξονα - το φως επιταχύνει την πορεία του καθώς πλησιάζει στο περίβλημα και κάνει περίπου τον ίδιο χρόνο για να διανύσει όλη την ίνα. Επομένως, ο "διασκορπισμός", ή οι διαφοροποιήσεις του χρόνου μεταβίβασης για κάθε διαφορετικό τύπο, περιορίζεται κι αυξάνεται έτσι το εύρος ζώνης της ίνας.

Ωστόσο, το γεγονός ότι οι ακτίνες υψηλής τάξεως μεταφέρονται ως ένα μακρινότερο σημείο στον γυάλινο πυρήνα, σημαίνει πως έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να διασκορπιστούν ή ν' απορροφηθούν. Αυτές άλλωστε είναι και οι πρωταρχικές αιτίες εξασθένισης στις οπτικές ίνες. Γι' αυτό το λόγο, οι ακτίνες υψηλής τάξεως θα υφίστανται μεγαλύτερη εξασθένιση, απ' ό,τι εκείνες χαμηλής τάξεως.

Αυτή η μεταβολή του "τροπολογικού διαχωρισμού", μεταξύ μικρών και μεγάλων ινών, μπορεί να χαρακτηριστεί ως "προσωρινή απώλεια" και μπορεί να προκαλέσει μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις που κάνουμε σε μία συγκεκριμένη ίνα. Δεν διαφοροποιείται μόνο ο "τροπολογικός διασκορπισμός", αλλά μεταβάλλεται επίσης η ενεργός διάμετρος του πυρήνα καθώς και το αριθμητικό άνοιγμα.

Ο όρος "ισορροπία τροπολογικού διασκορπισμού" (EMD) περιγράφει τον τροπολογικό διασκορπισμό σε μία, "Μεγάλη" ίνα, η οποία έχει αποβάλλει τις ακτίνες υψηλής κατάστασης. "Μεγάλη" ίνα είναι λοιπόν αυτή που βρίσκεται σε ισορροπία τροπολογικού διασκορπισμού.

11.2.6.2 Μορφή του Τροπολογικού Διασκορπισμού του Συστήματος



Σχήμα 11.7 Τροπολογικός διασκορπισμός εξαρτημάτων

Ο τροπολογικός διασκορπισμός του συστήματος εξαρτάται από την πηγή, την ίνα και τα ενδιάμεσα εξαρτήματα, όπως επαφές σύνδεσης, συζεύκτες και διακόπτες, που χρησιμοποιούμε και που όλα τους επηρεάζουν τον τροπολογικό διασκορπισμό των ινών που συνδέουν. Οι τυπικοί τροπολογικοί διασκορπισμοί για διάφορα εξαρτήματα οπτικών ινών παρουσιάζονται στο σχήμα 11.7

Θεωρείται πλέον κοινό μυστικό ότι οι μικροφακοί των LED (τα οποία και χρησιμοποιούνται στα περισσότερα πολύτροπα συστήματα επικοινωνίας δεδομένων) υπερφορτώνουν τις ίνες, κι όταν τις χρησιμοποιούμε ως δοκιμαστικές πηγές, διεξάγουμε τους ελέγχους με υπερφορτωμένη μετάδοση. Δεν είναι, όμως, ακριβώς έτσι. Οι έλεγχοι με LEDs που έχουν μικροφακούς σημαίνουν την υποφόρτιση σε σχέση με την ισορροπία τροπολογικού διασκορπισμού (EMD). Οι LED σημειακής εκπομπής, τυπικές για τους γρήγορους πομπούς στα 1300 nm, συγκεντρώνουν την ισχύ τους ακόμη περισσότερο στις ακτίνες χαμηλότερου επιπέδου.

Τι συμπεράσματα βγάζουμε λοιπόν. Το σημαντικότερο συμπέρασμα είναι ότι ίσως να μην φανερώνει σύνεση ο σχεδιασμός συστημάτων επικοινωνίας δεδομένων και τοπικών δικτύων, βάσει των κατώτερων προδιαγραφών απώλειας, για τις επαφές σύνδεσης και στους διακόπτες. Επιπλέον, κατά τον έλεγχο των συστημάτων, με τη χρήση πηγής LED παρόμοιας μ' εκείνη που χρησιμοποιούμε στο σύστημα και με καλώδια περιορισμένης μετάδοσης μπορεί να διεξαχθεί τόσο ακριβής ο έλεγχος - όσο είναι δυνατόν να συμβεί αυτό κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες - αφού η LED μοιάζει πολύ με την πηγή του συστήματος.

Πλήρης ίνα σημαίνει ότι όλες οι καταστάσεις μεταφέρουν ίση ποσότητα ισχύος. Μία ίνα μεγάλου μήκους χάνει γρηγορότερα τις ακτίνες υψηλής τάξεως, δημιουργώντας έτσι μία ελαφρά γυρτή καμπύλη "EMD" (τροπολογικού διασκορπισμού). Η χρήση ενός φίλτρου κατάστασης αφαιρεί τις ακτίνες αυτές, αλλά μας παρέχει μονό κατά προσέγγιση και χονδρικά τον τροπολογικό διασκορπισμό. Η ELED (σημειακής εκπομπής), που πιστεύουμε ότι συχνά υπερφορτώνει τις ίνες, στην πραγματικότητα διοχετεύει το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος της σε ακτίνες χαμηλού επιπέδου. Η LED σημειακής εκπομπής (ELED = edge-emitting LED) συζευγνυεται ακόμη

περισσότερο με τις συγκεκριμένες ακτίνες. Οι επαφές σύνδεσης είναι μικτών καταστάσεων, αφού οι απώλειες λόγω μη ευθυγράμμισης προκαλούν τη σύζευξη κάποιας ποσότητας ισχύος των ακτινών χαμηλού επιπέδου με κάποιες υψηλής τάξεως.

11.2.6.3 Ρυθμιστές Κατάστασης

Υπάρχουν τρεις βασικές συσκευές για τη ρύθμιση της τροπολογικής μετάδοσης στις πολύτροπες ίνες πολλαπλής κατάστασης:

- αφαιρέτες κατάστασης, οι οποίοι απομακρύνουν την ανεπιθύμητη ποσότητα φωτός,
- διαιρέτες κατάστασης, οι οποίοι συνδυάζουν τις καταστάσεις για να ισοσταθμίσουν την ισχύ σε όλες τις καταστάσεις, και τέλος
- φίλτρα κατάστασης (ή τύπου), τα οποία αφαιρούν τις ακτίνες ανώτερης τάξεως, έτσι ώστε να δώσουν προσομοιωμένη EMD ή σταθερές συνθήκες μετάδοσης.

11.2.7 Ελέγχοντας τις μονότροπες ίνες

Ο έλεγχος των μονότροπων ινών είναι πιο απλός σε σύγκριση με εκείνο των πολύτροπων ινών. Όπως λέει τ' όνομα τους, η μονότροπη ίνα υποστηρίζει μόνο μετάδοση μιας κατάστασης για μήκη κύματος μεγαλύτερα από το μήκος κύματος αποκοπής της ίνας. Έτσι, τα περισσότερα προβλήματα που σχετίζονται με την μετάδοση ισχύος σε διάφορες καταστάσεις, δεν αποτελούν πλέον σημαντικό παράγοντα. Ωστόσο, για να είναι μια ίνα πραγματικά μονότροπη, θα πρέπει να είναι μικρή, αφού διάφορες καταστάσεις μπορούν να υποστηριχθούν από μια μικρή ίνα με συνδετήρες, συνδέσεις μεταξύ αγωγών και πηγές. Οι μονότροπες ίνες που είναι μικρότερες από 10 μέτρα μπορούν να έχουν διάφορες καταστάσεις. Για να εξασφαλίσουμε ότι μικρά καλώδια ινών έχουν μόνο μια κατάσταση μετάδοσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα φίλτρο κατάστασης.

11.2.8 Απώλειες λόγω κάμψεων

Τόσο οι ίνες όσο και τα καλώδια υπόκεινται σε επιπλέον απώλειες ως αποτέλεσμα, της πίεσης. Στην πραγματικότητα, η ίνα είναι ένας πολύ καλός αισθητήρας πίεσης. Ωστόσο, αυτό αποτελεί μία επιπλέον πηγή απόκλισης όταν διεξάγουμε μετρήσεις εξασθένησης. Είναι απαραίτητο να μειώσουμε τις διάφορες πιέσεις στην ίνα, όταν κάνουμε μετρήσεις. Αν η ίνα ή το καλώδιο

είναι τυλιγμένα, θα έχουν μεγαλύτερη απώλεια όταν είναι τυλιγμένα σφιχτά. Ίσως θα πρέπει να τα ξετυλίξουμε και να τα ξανατυλίξουμε τεντώνοντας τα λιγότερο. Η ξετυλιγμένη ίνα θα πρέπει να τοποθετηθεί προσεκτικά πάνω σ' έναν πάγκο και να κολληθεί με κολλητική ταινία για να αποφύγουμε την κίνηση. Πάνω απ' όλα, θα πρέπει να προσέχουμε πώς τοποθετούμε στον πάγκο τα σημεία σύνδεσης της ίνας. Ταλαντούμενες ίνες που πιέζουν το πίσω μέρος των συνδετήρων θα έχουν σημαντικές απώλειες.

11.2.9 Μετρητές OTDR

Έως τώρα, έχουμε ασχοληθεί μόνο με τον έλεγχο της εξασθένησης από τη μετάδοση του φωτός από μία πηγή, αλλά θα μπορούσαμε επίσης να έχουμε και απώλεια φωτός με την επιστροφή του διασκορπισμένου φωτός από μία πηγή, χρησιμοποιώντας έναν μετρητή ανάκλασης πεδίου οπτικού χρόνου (Ο.Τ.Δ.Ρ.).

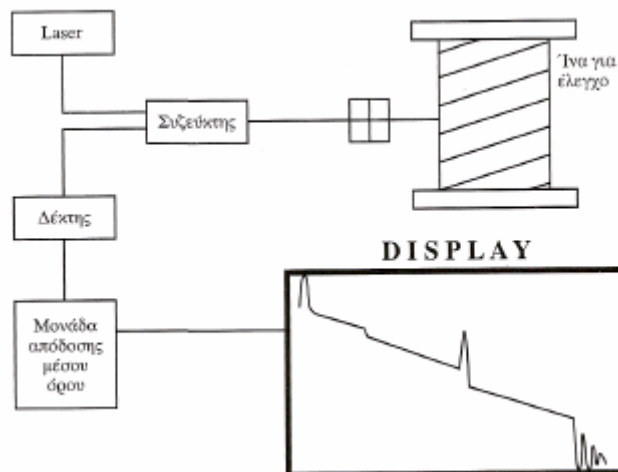


Οι μετρητές αυτοί χρησιμοποιούνται πάρα πολύ για τον έλεγχο καλωδίων οπτικών ινών. Ανάμεσα στις συνηθισμένες χρήσεις συμπεριλαμβάνεται και ο υπολογισμός του μήκους της ίνας, η ανεύρεση βλαβών στις ίνες, ρωγμών στα καλώδια, η εξασθένηση των ινών καθώς και οι απώλειες στις συνδέσεις μεταξύ αγωγών κι επαφών σύνδεσης. Επίσης, χρησιμοποιούνται στη βελτίωση των συνδέσεων μεταξύ αγωγών παρατηρώντας τις απώλειες στα σημεία αυτά. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα τους είναι το ότι παρουσιάζουν την εικόνα (που ονομάζεται ίχνος) του καλωδίου που κάθε φορά ελέγχουμε. Παρόλο που τα OTDR είναι αναμφισβήτητα ιδιαίτερα χρήσιμα για όλες αυτές τις δραστηριότητες, έχουν μηχανισμούς ανίχνευσης βλάβης σχετικά μεγάλους, περίπλοκους και όχι εύκολα κατανοητούς.

11.2.9.1 Η Λειτουργία του OTDR

Ο μετρητής ανάκλασης OTDR (Σχ. 11.8) χρησιμοποιεί το μεταφερόμενο φως στο εσωτερικό της ίνας, το οποίο έχει χαθεί και κατευθύνεται πάλι πίσω στην πηγή για να τη θέσει σε λειτουργία. Κάνει σύζευξη ενός παλμού από μία πηγή λέιζερ υψηλής ισχύος μέσω ενός συζεύκτη κατεύθυνσης. Καθώς ένας παλμός φωτός περνά μέσα από μία ίνα, μία μικρή ποσότητα φωτός επιστρέφει προς την πηγή. Καθώς, λοιπόν, αυτή επιστρέφει στον μετρητή ανάκλασης, κατευθύνεται μέσω του συζεύκτη σ' έναν πολύ ευαίσθητο δέκτη. Η ένδειξη του OTDR (Σχ. 11.9) παρουσιάζει την ένταση του επιστρεφόμενου σήματος σε dB ως έκφραση του χρόνου, αφού αυτή έχει μετατραπεί σε απόσταση, με τη χρήση της μέσης ταχύτητας του φωτός στο εσωτερικό της γυάλινης ίνας.

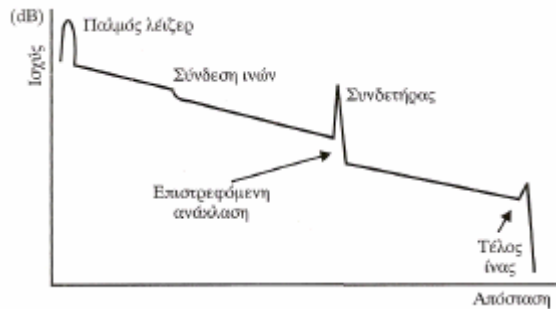
Για να κατανοήσουμε πως το OTDR κάνει τις μετρήσεις, θα πρέπει να δούμε τι συμβαίνει στον παλμό φωτός που μεταδίδει. Καθώς αυτός διαπερνά την ίνα, στην πραγματικότητα "γεμίζει" τον πυρήνα της ίνας με φως για απόσταση ίση με το εύρος του παλμού που μεταδίδεται από τον μετρητή ανάκλασης. Σε κάθε τοπική ίνα, κάθε nSec εύρους του παλμού ισούται με περίπου 200 mm.



Σχήμα 11.8 Μπλοκ διάγραμμα μετρητή OTDR

Σ' όλο τον παλμό, το φως διασκορπίζεται, επομένως όσο περισσότερο χρόνο διαρκεί το εύρος του παλμού, τόσο μεγαλύτερο είναι και το μήκος του παλμού στην ίνα κι επίσης μεγαλύτερη θα είναι η ποσότητα του επιστρεφόμενου ποσού, σε άμεση αναλογία προς το παλμικό εύρος. Η ένταση του παλμού μειώνεται από την εξασθένηση της ίνας, καθώς η πρώτη διαχέει την τελευταία. Ένα κομμάτι της ισχύος του παλμού επιστρέφει πίσω στον μετρητή ανάκλασης OTDR και ξαναμειώνεται από την εξασθένηση της ίνας, καθώς ξαναεπιστρέφει μέσω της ίνας στον OTDR. Επομένως, η ένταση του σήματος, που λαμβάνει ο OTDR ανά πάσα χρονική στιγμή, αποτελεί έκφραση της θέσης του παλμού φωτός στην ίνα.

Αν ρίξουμε μία ματιά στη μείωση του επιστρεφόμενου παλμού κάθε χρονική στιγμή, μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή εξασθένησης της υπό έλεγχο ίνας. Από τη στιγμή που ο παλμός μεταφέρεται μπρος - πίσω μέσα στην ίνα, η εξασθένηση της ίνας μειώνει το σήμα και προς τις δύο κατευθύνσεις, και ο χρόνος μετάδοσης από την εκπομπή ως την επιστροφή είναι διπλάσιος του χρόνου που θα χρειαζόταν η μετάδοση προς τη μία μόνο κατεύθυνση. Έτσι, τόσο η κλίμακα έντασης, όσο και η κλίμακα απόστασης, θα πρέπει να διαιρούνται δια δύο, για να επιτρέψουμε το φως να διεξάγει την κυκλική του πορεία.



Σχήμα 11.9 Τοπική ένδειξη οθόνης OTDR

Αν η ίνα έχει σύνδεση αγωγών ή συνδετήρες, το σήμα θα μειώνεται καθώς ο παλμός διαπερνά την ίνα. Έτσι, ο μετρητής ανάκλασης παρατηρεί μία μείωση στην ισχύ, δηλώνοντας έτσι την απώλεια φωτός των συνδεδεμένων ινών. Αν οι συνδέσεις και οι συνδετήρες ανακλούν φως, ο μετρητής ανάκλασης θα παρουσιάσει την αντανάκλαση αυτή ως μία ακίδα πάνω από το επιστρεφόμενο σήμα. Ο OTDR μπορεί να διαβαθμιστεί έτσι ώστε να χρησιμοποιούμε την ακίδα αυτή για τον υπολογισμό της απώλειας οπτικής επιστροφής.

Το άκρο της ίνας θα εμφανίζεται ως μετατροπή του επιστρεφόμενου σήματος σε θόρυβο, αν αυτό, βέβαια, βρίσκεται μέσα στην ακτίνα δυναμικού του OTDR.

Αν η άκρη της ίνας έχει λειανθεί, θα μπορέσουμε να παρατηρήσουμε την ακίδα πάνω από το ίχνος του επιστρεφόμενου φωτός. Αυτό μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό μήκος της ίνας που ελέγχεται.

Για να επαυξήσουμε το σήμα στο ποσοστό θορύβου του λαμβανομένου σήματος, ο μετρητής ανάκλασης στέλνει πολλούς παλμούς και δίνει τον μέσο όρο των επιστρεφόμενων σημάτων, και για να επιτυγχάνουμε μεγαλύτερες αποστάσεις, η ισχύς του μεταδιδόμενου παλμού αυξάνεται με την αύξηση του παλμικού εύρους. Το μεγαλύτερο παλμικό εύρος πληρεί μεγαλύτερη απόσταση στο εσωτερικό της ίνας, όπως προαναφέραμε. Αυτό το μεγαλύτερο παλμικό εύρος καλύπτει όλες τις λεπτομέρειες στα πλαίσια του παλμού, αυξάνοντας την κατώτατη απόσταση μεταξύ των χαρακτηριστικών, τα οποία μπορούν ν' αναδιαλυθούν με τον μετρητή ανάκλασης. [17]

11.2.9.2 Αποκλίσεις Μετρήσεων με τον OTDR

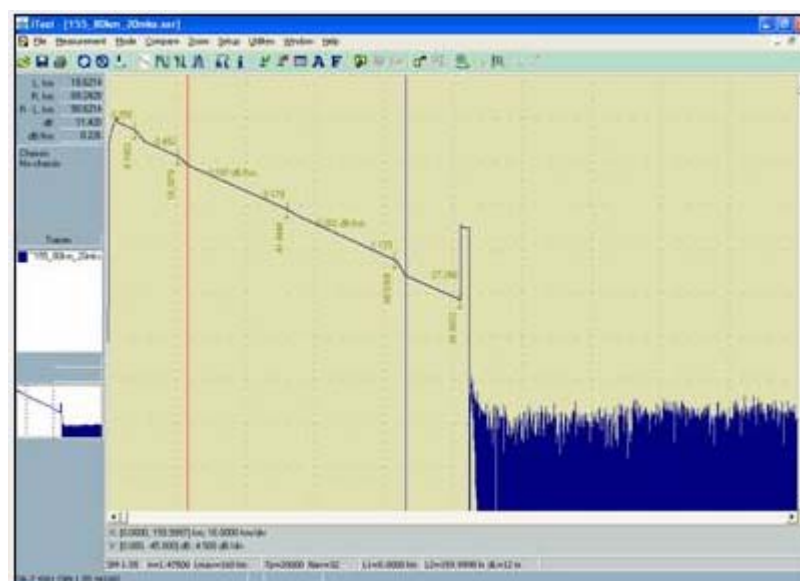
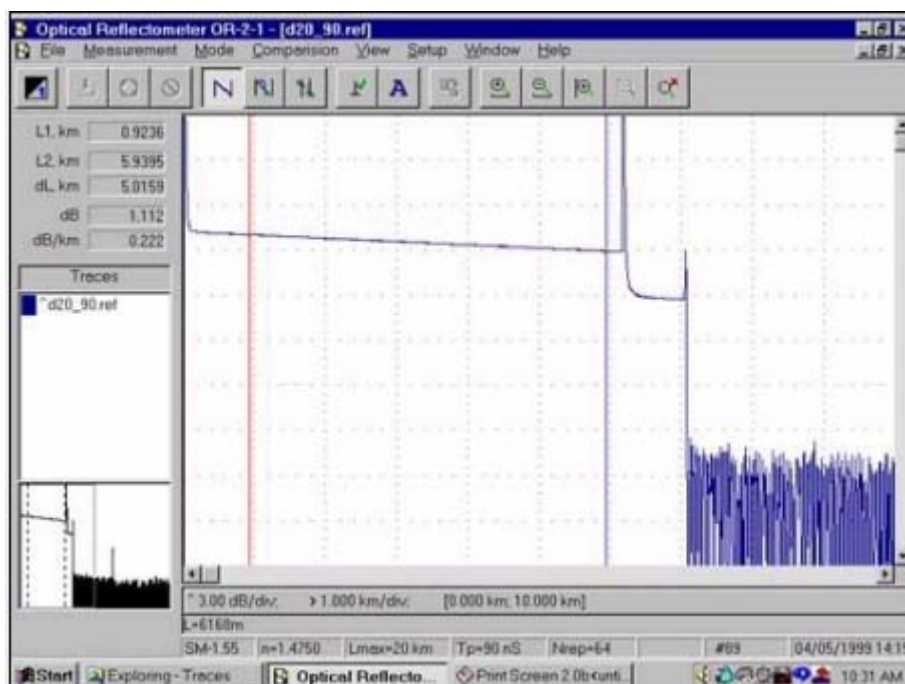
Μ' έναν μετρητή ανάκλασης μπορούμε να υπολογίσουμε την απώλεια και την απόσταση. Για την αποτελεσματική χρήση του, θα πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τους περιορισμούς των μετρήσεων του. Η ανάλυση απόστασης του OTDR περιορίζεται από το εύρος του μεταδιδόμενου παλμού. Καθώς ο OTDR εκπέμπει τον παλμό η αλληλεπίδραση των καναλιών στον συζεύκτη, στο εσωτερικό του οργάνου, από τη μία και οι αντανάκλασεις από την πρώτη επαφή σύνδεσης, από την άλλη, θα επιφέρουν κορεσμό του δέκτη. Ο δέκτης, λοιπόν, θα χρειαστεί κάποιο χρόνο για να επανέλθει, προκαλώντας έτσι ασυνέχεια στην κάτω πλευρά της ένδειξης. Μπορεί να χρειαστεί να περάσουν 100 έως 1000 μέτρα πριν ο δέκτης επανέλθει, Είναι συνηθισμένη η χρήση ενός καλωδίου ινών μεγάλου μήκους, που ονομάζεται καταστολέας παλμού, μεταξύ του μετρητή ανάκλασης και των καλωδίων που ελέγχονται για να επιτρέψουν στον δέκτη να ανακάμψει πλήρως.

Ο μετρητής ανάκλασης επίσης έχει περιορισμένη ικανότητα να λύσει δύο πολύ κοντινά χαρακτηριστικά, από το παλμικό εύρος. Οι OTDR μεγάλης απόστασης μπορεί να έχουν κατώτατη ανάλυση από 250 έως 500 μέτρα, ενώ εκείνοι μικρής εμβέλειας μπορούν να αναλύσουν χαρακτηριστικά με ενδιάμεση απόσταση από 5 έως 10 μέτρα. Ο περιορισμός αυτός καθιστά δύσκολη την ανεύρεση προβλημάτων στο εσωτερικό ενός κτιρίου, όπου οι αποστάσεις είναι μικρές. Ένας οπτικός επισημαντής βλάβης χρησιμοποιείται γενικά για να βοηθήσει τον OTDR σε μία τέτοια περίπτωση.

Όταν υπολογίζουμε την απόσταση, ο OTDR έχει δύο βασικές πηγές σφάλματος, οι οποίες δεν σχετίζονται με το ίδιο το όργανο: την ταχύτητα του παλμού φωτός στο εσωτερικό της ίνας, και την ποσότητα ινών που περιέχει το καλώδιο. Η ταχύτητα του παλμού φωτός όσο διασχίζει την ίνα αποτελεί έκφραση του μέσου δείκτη ανάκλασης του γυαλιού. Παρόλο που αυτό αποτελεί μία σταθερή κατάσταση για τα περισσότερα είδη ινών, μπορεί ωστόσο να διαφέρει κατά κάποιο ποσοστό τοις εκατό. Κατά την κατασκευή του καλωδίου, είναι απαραίτητο να έχουμε αφήσει κάποια επιπλέον ποσότητα ίνας στο εσωτερικό του, έτσι ώστε το καλώδιο ταυτό να τεντώνεται, όταν το τραβάμε, χωρίς να τεντώνεται και η ίνα. Αυτή η επιπλέον ποσότητα ίνας φτάνει συνήθως το 1-2%. Αφού ο μετρητής ανάκλασης υπολογίζει το μήκος της ίνας, όχι του καλωδίου, θα πρέπει ν' αφαιρέσουμε το 1-2% από το συνολικό μήκος που υπολογίσαμε για να έχουμε το ακριβές μήκος του καλωδίου.

Αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό αν κάποιος χρησιμοποιεί τον μετρητή ανάκλασης για ν' ανιχνεύσει τυχόν βλάβη στο εγκατεστημένο καλώδιο, για ν' αποφύγει να ψάχνει μακριά από τον OTDR για να βρει το πρόβλημα. Αυτή η μεταβολή προσθέτει έως και 10 -20 μέτρα το χιλιόμετρο, γι' αυτό και δεν είναι αμελητέα. Όταν διεξάγουμε ελέγχους απώλειας, δημιουργούνται δύο μεγάλα ερωτήματα λόγω των ανωμαλιών στους υπολογισμούς του OTDR; γιατί οι μετρήσεις του OTDR διαφέρουν από ένα σύνολο ελέγχων οπτικής απώλειας, οι οποίοι ελέγχουν την ίνα βάσει των ίδιων προδιαγραφών με τις οποίες χρησιμοποιείται και γιατί οι μετρήσεις από

τα OTDR διαφέρουν τόσο πολύ όταν υπολογίζονται προς αντίθετες κατευθύνσεις στην ίδια ένωση μεταξύ αγωγών. Κι ακόμη, γιατί η μία κατεύθυνση μερικές φορές παρουσιάζει κέρδος κι όχι απώλεια.



Οθόνη OTDR σε Η/Υ

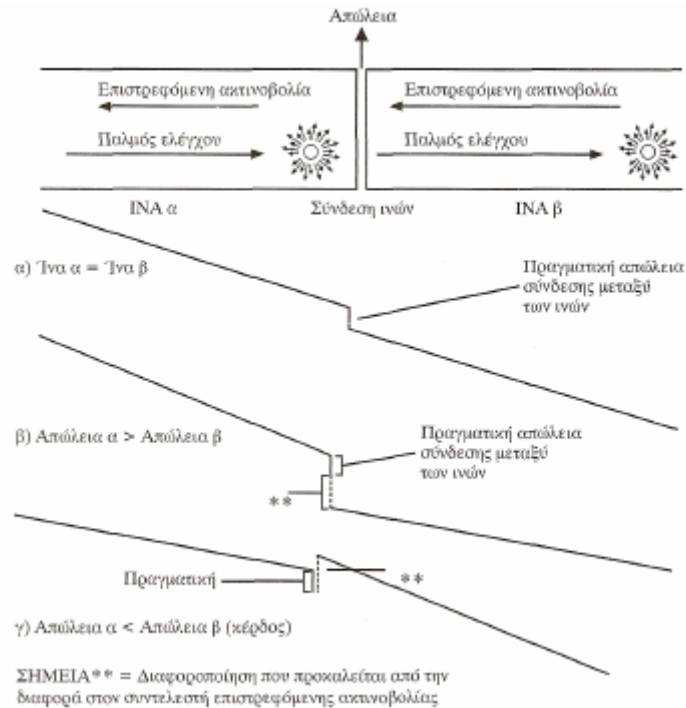
Για να κατανοήσουμε το πρόβλημα, είναι απαραίτητο να εξετάσουμε πάλι τη λειτουργία του OTDR. Ένας πολύ ισχυρός παλμός λέιζερ αποστέλλεται μέσα στην ίνα, ο οποίος υφίσταται εξασθένιση καθώς προχωράει. Σε κάθε σημείο στην ίνα, ένα μέρος του φωτός επιστρέφει προς τα πίσω μέσω της ίνας. Το διασκορπιζόμενο αυτό φως τότε εξασθενεί και πάλι από την ίνα, έως ότου επιστρέφει και πάλι στο OTDR κι εκεί υπολογίζεται.

Σημειώστε πως τρεις παράγοντες επηρεάζουν το υπολογιζόμενο σήμα: η εξασθένιση εκπομπής, ο διασκορπισμός και η εξασθένιση λήψης. Κατά κοινή ομολογία, συμπεραίνουμε πως ο συντελεστής επιστροφόμενης ακτινοβολίας αποτελεί σταθερά και γι' αυτό ο μετρητής ανάκλασης OTDR μπορεί να διαβαθμιστεί έτσι ώστε να διαβάσει την εξασθένιση. Στην πραγματικότητα ο συντελεστής επιστροφόμενης ακτινοβολίας αποτελεί έκφραση της διαμέτρου του πυρήνα της ίνας (ή αλλιώς διάμετρος πεδίου κατάστασης, στις μονότροπες ίνες απλής κατάστασης) και της σύνθεσης του υλικού κατασκευής της ίνας (που καθορίζει την εξασθένιση). Επομένως, μία ίνα με μία υψηλή εξασθένιση ή με μεγάλο πυρήνα θα δώσει ένα μεγαλύτερο επιστροφόμενο σήμα.

Οι ακριβείς υπολογισμοί εξασθένισης μ' έναν μετρητή ανάκλασης εξαρτώνται από την ύπαρξη ενός σταθερού συντελεστή επιστροφόμενης ακτινοβολίας. Δυστυχώς, αυτό δε συμβαίνει πάντα. Μια μικρή αλλαγή στη διάμετρο (1%) προκαλεί μία μεγαλύτερη αλλαγή στην περιοχή μεταξύ διαφορετικών τμημάτων, η οποία επηρεάζει άμεσα τον συντελεστή επιστροφόμενης ακτινοβολίας και μπορεί να προκαλέσει μεγάλη μεταβολή στην εξασθένιση (της τάξεως του 0,1 dB). Έτσι, η εξασθένιση που υπολογίζει ο OTDR μπορεί να είναι μη γραμμική κατά μήκος της ίνας και να παράγει σημαντικά διαφορετικές απώλειες σε αντίθετες κατευθύνσεις.

Η πρώτη ένδειξη ότι ο μετρητής ανάκλασης αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα, για τους περισσότερους χρήστες, εμφανίζεται όταν παρατηρώντας μία σύνδεση μεταξύ αγωγών, αυτή έχει την ένδειξη κέρδος. Η κοινή λογική μας λέει πως οι παθητικές ίνες και οι συνδέσεις μεταξύ αγωγών δεν μπορούν να δημιουργήσουν φως, άρα θα πρέπει να συμβαίνει ένα άλλο φαινόμενο. Στην πραγματικότητα, η ένδειξη κέρδος σημαίνει τη διαφορά των συντελεστών επιστροφόμενης ακτινοβολίας στις δύο ίνες που ενώνονται. Δείτε το σχήμα 11.10 που θα σας βοηθήσει να κατανοήσετε το φαινόμενο.

Αν χρησιμοποιούμε έναν μετρητή ανάκλασης για τον υπολογισμό της απώλειας σε μία σύνδεση και οι δύο ίνες είναι πανομοιότυπες, η απώλεια θα είναι σωστή, αφού ο συντελεστής επιστροφόμενης ακτινοβολίας είναι ο ίδιος και στις δύο ίνες. Όταν, λοιπόν, διακόψουμε και συνδέσουμε την ίδια ίνα, τότε ο κανονικός τρόπος λειτουργίας του μετρητή ανάκλασης είναι αυτό ακριβώς που θα δούμε. [17]



Σχήμα 11.10 Σφάλματα ενώσεων στον μετρητή OTDR

Αν η ίνα λήψης έχει μικρότερο συντελεστή επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, απ' ό,τι η ίνα πριν τη σύνδεση, τότε η ποσότητα του φωτός που στέλνεται πίσω στον μετρητή θ' αυξηθεί μετά τη σύνδεση. Έτσι, ο μετρητής OTDR θα δείχνει μεγαλύτερη απώλεια σύνδεσης από την πραγματική.

Αν κοιτάξουμε τη σύνδεση αυτή προς την αντίθετη κατεύθυνση, τα αποτελέσματα θα είναι αντίθετα. Η ποσότητα του επιστρεφόμενου φωτός θα είναι μεγαλύτερη μετά τη σύνδεση των αγωγών και η απώλειες που θα εμφανιστεί στον OTDR, θα είναι μικρότερη από την πραγματική. Αν η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη από την απώλεια στη σύνδεση, ο μετρητής ανάκλασης θα παρουσιάζει απολαβή στο σημείο σύνδεσης των αγωγών, πράγμα που είναι ξεκάθαρο λάθος. Το ένα τρίτο του συνόλου των συνδέσεων θα παρουσιάσει απολαβή προς τη μία κατεύθυνση. Αυτό που συνιστάται συνήθως είναι να διεξάγουμε τον έλεγχο με τον μετρητή ανάκλασης προς και τις δύο κατευθύνσεις και να βγάλουμε τον μέσο όρο των ενδείξεων, οι οποίες παρουσιάζουν υπολογισμούς ακριβείς κατά περίπου 0,1 dB.

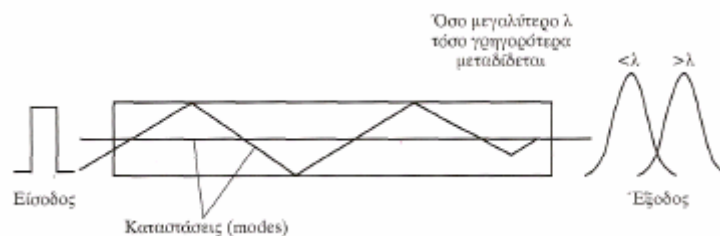
Κάτι τέτοιο, όμως, απορρίπτει το πιο χρήσιμο χαρακτηριστικό του μετρητή ανάκλασης, την ικανότητα του, δηλαδή, να λειτουργεί από το ένα μόνο άκρο της ίνας. Υπάρχει κάποιος τρόπος πρόβλεψης του φαινομένου αυτού και επικάλυψης των επιδράσεων του, είναι όμως περιορισμένης ακρίβειας. Η διαφορά στους υπολογισμούς της απώλειας των συνδέσεων μεταξύ αγωγών που λαμβάνονται από κάθε κατεύθυνση είναι περίπου $0,5 < 3B$ για κάθε 0,1 dB/Rm διαφοράς στον συντελεστή εξασθένισης της ίνας. Επομένως, αν η ίνα λήψης έχει εξασθένιση ίση με 0,1 dB/Km περισσότερη από την ίνα μετάδοσης στο σημείο σύνδεσης, η υπολογισμένη απώλεια σύνδεσης θα είναι 0,25dB μικρότερη από τον μέσο όρο και των δύο κατευθύνσεων. Αφού μπορούμε να υπολογίσουμε τους συντελεστές εξασθάνι-

σης και των δύο ινών, στον μετρητή ανάκλασης, ενώ ταυτόχρονα υπολογίζουμε την απώλεια της σύνδεσης, η διαφορά εξασθένισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ανατροφοδότηση στον πιθανό λάθος υπολογισμό απώλειας σύνδεσης.

Ολοκληρώνοντας, είμαστε σε θέση ν' αναγνωρίσουμε καταστάσεις, όπου ο μετρητής ανάκλασης δίνει αναξιόπιστα δεδομένα, αλλά είναι δύσκολα ν' αναγνωρίσουμε και να προβλέψουμε πιθανά λάθη. Ο μόνος τρόπος να ελέγξουμε την απώλεια απ' άκρο σ' άκρο, με σίγουρα αποτελέσματα, είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα σετ ελέγχου απώλειας, πράγμα που θα πρέπει να γίνεται σε κάθε σημείο σύνδεσης ινών.

11.2.9.3 Έλεγχος Εύρους Ζώνης

Η ικανότητα εκπομπής πληροφοριών μίας ίνας περιορίζεται από δύο χωριστά συστατικά του διασκορπισμού: την τροπολογική και χρωματική διάσπαση, (σχήμα 11.11). Ο τροπολογικός διασκορπισμός εμφανίζεται στις βηματικού δείκτη πολύτροπες ίνες, όπου οι διάφορες διαδρομές κάθε κατάστασης έχουν διαφορετικό μήκος. Ο τροπολογικός διασκορπισμός επίσης προκαλείται από το ότι το προφίλ της βαθμιαίου δείκτη πολύτροπης ίνας δεν είναι τέλειο. Το προφίλ αυτό επιλέχτηκε για να επιτρέπει θεωρητικά όλες οι καταστάσεις να έχουν την ίδια ομαδική ταχύτητα ή ταχύτητα μετάδοσης σ' όλο το μήκος της ίνας.



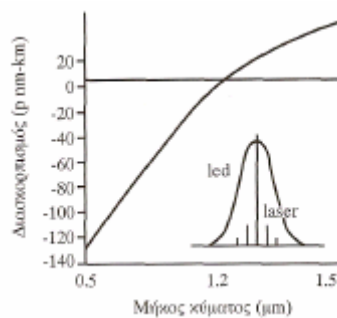
Σχήμα 11.11 Παράγοντες διασκορπισμού

Σε μία ιδανική ίνα βαθμιαίου δείκτη όλες οι καταστάσεις έχουν την ίδια ταχύτητα και δεν εμφανίζεται καθόλου τροπολογικός διασκορπισμός. Στις πραγματικές ίνες όμως, το προφίλ δείκτη είναι τμηματική προσέγγιση κι όλες οι καταστάσεις δεν μεταδίδονται τέλεια. Αφού οι καταστάσεις υψηλής τάξεως έχουν μεγαλύτερη απόκλιση, ο τροπολογικός διασκορπισμός μίας ίνας (και γι' αυτό το λόγο το εύρος ζώνης του λέιζερ) τείνει να έχει ιδιαίτερη ευαισθησία στις τροπολογικές συνθήκες της ίνας. Έτσι το εύρος ζώνης των μεγάλων ινών υποβιβάζει τη μη γραμμικότητα, καθώς οι καταστάσεις υψηλής τάξεως εξασθενούν πιο έντονα.

Ο δεύτερος παράγοντας του εύρους ζώνης της ίνας είναι ο χρωματικός διασκορπισμός. Ας θυμηθούμε πως ένα πρίσμα αναλύει το φως που πέφτει πάνω του σε φάσμα, αφού το φως ταξιδεύει με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με το χρώμα του, και γι' αυτό διαθλάται σε διαφορετικές γωνίες. Ο

πιο συνηθισμένος τρόπος να το πούμε αυτό είναι: ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού εξαρτάται από το μήκος κύματος. Έτσι, μία προσεκτικά κατασκευασμένη βαθμιαίου δείκτη πολύτροπη ίνα μπορεί να βελτιωθεί για ένα μόνο μήκος κύματος, συνήθως κοντά στα 1300 nm, και το φως των άλλων χρωμάτων θα υποστεί χρωματικό διασκορπισμό. Ακόμη και το φως της ίδιας κατάστασης θα διασκορπιστεί αν έχει διαφορετικό μήκος κύματος.

Ο χρωματικός διασκορπισμός αποτελεί μεγαλύτερο πρόβλημα με τις LED, οι οποίες έχουν μεγάλες φασματικές εξόδους, σ' αντίθεση με τα λέιζερ, τα οποία επικεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος του φωτός τους σε μικρή φασματική εμβέλεια (Σχ. 11.12). Ο χρωματικός διασκορπισμός εμφανίζεται στις LED, γιατί μεγάλο μέρος της ισχύος τους απέχει πολύ από το μηδενικό μήκος κύματος του διασκορπισμού της ίνας.



Σχήμα 11.12 Διασκορπισμός σε LED και Laser

Ο τροπολογικός διασκορπισμός είναι ο πιο ελεγχόμενος παράγοντας του εύρους ζώνης. Ο έλεγχος διεξάγεται με τη χρήση μίας πηγής λέιζερ μικρής φασματικής εμβέλειας κι ενός δέκτη υψηλής ταχύτητας, για τον καθορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών. Ο έλεγχος μπορεί να διεξαχθεί με τη σάρωση της συχνότητας ενός ημιτονικού κύματος και την έρευνα για εξασθένιση στο μέγεθος της κορυφής του παλμού. Αυτό μας οδηγεί σε προδιαγραφές εύρους ζώνης στο σημείο απώλειας της τάξεως των 32 dB, δηλαδή το μέγεθος του παλμού κατά 0,5 μεγαλύτερο της τιμής χαμηλής συχνότητας. Η εναλλακτική μέθοδος είναι να υπολογίσουμε την υποβάθμιση του χρόνου ανόδου του παλμού.

Ο χρωματικός διασκορπισμός απαιτεί τη σύγκριση των χρόνων μετάδοσης του παλμού ή της μετατόπισης φάσης ως έκφραση του μήκους κύματος. Έτσι, χρησιμοποιούνται πηγές διαφόρων μηκών κύματος και οι διαφοροποιήσεις στον χρόνο επιτρέπουν τον υπολογισμό του διασκορπισμού ως έκφραση του μήκους κύματος. Παρόλο που φαίνεται πως αυτό θα μπορούσε να γίνει με μία πηγή μεγάλου φασματικού εύρους, όπως μία LED, η απομάκρυνση των επιδράσεων των φασματικών χαρακτηριστικών της διόδου είναι περίπλοκη μαθηματικά για κάθε LED είναι μοναδική, όσον αφορά τα φασματικά χαρακτηριστικά της καθιστώντας έτσι τη διαβάθμιση του εξοπλισμού ελέγχου πολύ δύσκολη.

Αφού όλος αυτός ο εξοπλισμός ελέγχου θα πρέπει να λειτουργεί στο επίπεδο των GHz, θα είναι πάρα πολύ ακριβός. Ευτυχώς, τα χαρακτηριστικά

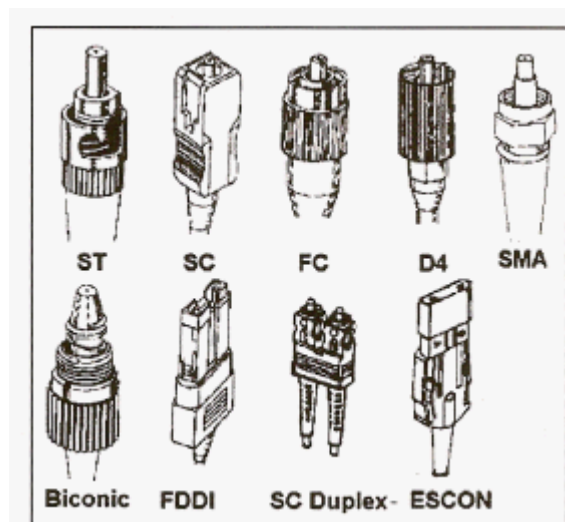
εύρους ζώνης των ινών έχουν διαμορφωθεί πολύ καλά. Ακόμη τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν υπολογιστεί με ακρίβεια ανάλογη των πραγματικών υπολογισμών.[12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 - Έλεγχος Εξαρτημάτων Οπτικών Ινών

Οι συνδετήρες χρησιμοποιούνται για τη σύζευξη μεταξύ δύο ινών ή ακόμη για να συνδέσουμε ίνες με πομπούς και δέκτες. Οι επαφές αυτές, λοιπόν έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι αποσπώμενες. Οι συνδέσεις μεταξύ αγωγών, ωστόσο, χρησιμοποιούνται για να συνδέουν δύο ίνες μεταξύ τους με μόνιμη σύνδεση. Ενώ, λοιπόν, έχουν κάποιες κοινές απαιτήσεις, όπως για παράδειγμα χαμηλή απώλεια, υψηλή απώλεια οπτικής επιστροφής και επαναληπτικότητα, οι συνδετήρες έχουν την επιπλέον απαίτηση της αντοχής στις επανειλημμένες ενώσεις, ενώ οι συνδέσεις μεταξύ αγωγών θα πρέπει να διαρκέσουν πολλά χρόνια τις πραγματικά δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Οι περισσότεροι τύποι συνδετήρων λειτουργούν με την απλή ευθυγράμμιση των άκρων των δύο ινών, όσο το δυνατόν πιο ακριβέστερα και με την ασφάλιση τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να επηρεάζεται όσο το δυνατόν λιγότερο από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Οι ενώσεις μεταξύ κεντρικών αγωγών κατασκευάζονται από μέταλλο, πλαστικό καθώς και κεραμικό. Οι πλαστικές ίνες αποδίδουν καλά σε περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά μπορεί να υποστούν προβλήματα λόγω αλληπάλληλων συνδέσεων, ειδικά κάτω από συνθήκες που αντιμετωπίσαμε κατά τον έλεγχο διάφορων συνδετήρων ή καλωδίων. Ελέγξτε τις κεντρικές ενώσεις για προβλήματα, παρατηρώντας την άκρη των συνδετήρων σε μικροσκόπιο, -ψάχνοντας για σκόνη.[14]



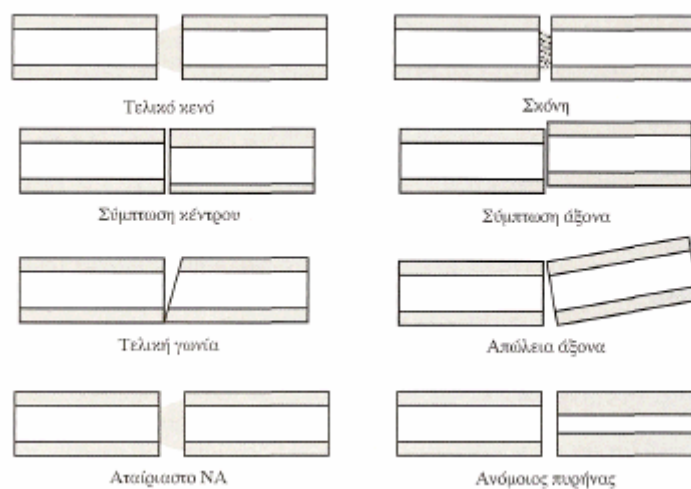
Σχήμα 12.1 Οι πιο εύχρηστοι συνδετήρες Μηχανισμοί απώλειας Συνδετήρων και Συνδε'σεων μεταξύ αγωγών

Η απώλεια στις επαφές σύνδεσης και στις συνδέσεις μεταξύ αγωγών προκαλείται από έναν αριθμό παραγόντων, οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα 12.2. Η απώλεια περιορίζεται όταν οι πυρήνες των δυο ινών

ευθυγραμμίζονται τελειώς. Μόνο το φως που έχει συζευχθεί στον πυρήνα της ίνας λήψης θα διαδίδεται, κι έτσι όλο το υπόλοιπο φως θα γίνει απώλεια συνδέσεων ή συνδετήρων.

Παρόλο που είναι συνηθισμένο να συγκρίνουμε τους τυπικούς συνδετήρες, που παραθέτουν οι κατασκευαστές, μπορεί να μην είναι η πιο δίκαιη σύγκριση. Ο κατασκευαστής έχει ένα σχέδιο, το οποίο έχει βελτιωθεί συνδέοντας σωστά και διεξάγοντας ελέγχους σε πολλά δείγματα των συνδετήρων. Όμως, η πραγματική απώλεια, που έχει ο κάθε τελικός χρήστης, θα καθοριστεί αρχικά από τις επιδόσεις των συνδετήρων στην διαδικασία τερματισμού. Μόνο ο κατασκευαστής έχει τον έλεγχο του βασικού σχεδίου σύνδεσης, της μηχανικής ακρίβειας στην κατασκευή και της σαφήνειας των οδηγιών τερματισμού.

Τα τελικά κενά προκαλούν δύο ειδών προβλήματα: απώλεια εισόδου κι απώλεια επιστροφής. Ο κώνος φωτός που εκπέμπεται από τον συνδετήρα, θα διασκορπιστεί στον πυρήνα της ίνας λήψης και θα χαθεί. Επιπλέον το κενό αέρος μεταξύ των ίνσων προκαλεί ανάκλαση, όταν το φως έρχεται αντιμέτωπο με την αλλαγή του δείκτη ανάκλασης, από την γυάλινη ίνα στον αέρα του κενού. Η ανάκλαση αυτή που ονομάζεται ανάκλαση Fresnel (κυκλική) ανέρχεται στο 5% στους τυπικούς, επίπεδους, λείους συνδετήρες και σημαίνει πως κανένας από αυτούς τους συνδετήρες με κενό δεν θα έχει απώλεια μικρότερη του 0,3dB. Η ανάκλαση είναι γνωστή και ως ανάκλαση επιστρεφόμενη ή αλλιώς απώλεια οπτικής επιστροφής, η οποία μπορεί ν' αποτελέσει πρόβλημα στα συστήματα που λειτουργούν βάση λέιζερ. Οι συνδετήρες χρησιμοποιούν έναν αριθμό τεχνικών λείανσης, για να εξασφαλίσουν τη φυσική επαφή των άκρων των ινών και να μειώσουν έτσι την επιστρεφόμενη ανάκλαση. Στις μηχανικές συνδέσεις, είναι δυνατόν να μειώσουμε την επιστρεφόμενη ανάκλαση με τη χρήση μη-κάθετων συνδέσεων, οι οποίες προκαλούν την απορρόφηση της ανάκλασης αυτής στο σημείο σύνδεσης της ίνας.



Σχήμα 12.2 Παράγοντες απωλειών

Το άκρο της ίνας θα πρέπει να λειανθεί κατάλληλα για να ελαχιστοποιήσουμε την εμφάνιση απώλειας. Μία άγρια επιφάνεια διασκορπίζει το φως και η βρωμιά μπορεί είτε να διασκορπίσει, είτε ν' απορροφήσει φως. Αφού η οπτική ίνα είναι τόσο μικρή, η απλή βρωμιά που αφήνει ο αέρας μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή απώλειας. Όταν οι συνδετήρες είναι τερματισμένοι πρέπει να καλύπτονται, για να προστατεύεται το άκρο της ένωσης από τη βρωμιά. Δεν θα πρέπει ποτέ ν' αγγίζουμε την άκρη της ένωσης, αφού η λιπαρότητα του δέρματος κάνει την ίνα να συγκεντρώνει βρωμιά. Πριν τη σύνδεση και τον έλεγχο, προτείνουμε τον καθαρισμό των επαφών σύνδεσης.

Δύο πηγές απώλειας έχουν σχέση με τις διαστάσεις: το αριθμητικό άνοιγμα (NA) και η διάμετρος του πυρήνα. Οι διαφορές σ' αυτές τις δύο θα δημιουργήσουν συνδέσεις με διαφορετικές απώλειες, ανάλογα με την κατεύθυνση μετάδοσης του φωτός. Το φως από μία ίνα με μεγαλύτερο αριθμητικό άνοιγμα θα είναι πιο ευαίσθητο στη γωνιότητα και στο τελικό κενό, έτσι η μετάδοση από μία ίνα με μεγαλύτερο αριθμητικό άνοιγμα προς ένα μικρότερο, θα έχει υψηλότερη απώλεια απ' ό,τι στην αντίθετη περίπτωση. Παρομοίως, το φως από μία μεγαλύτερη ίνα θα έχει υ-ψηλότερη απώλεια αν συζευκτεί σε μία ίνα μικρότερης διαμέτρου. Ωστόσο, μπορούμε να συζεύξουμε ίνα μικρότερης διαμέτρου με μία μεγαλύτερης, παίρνοντας την ελάχιστη απώλεια, αφού είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητη στο τελικό κενό ή στην πλευρική παράκαμψη.

Αυτές οι ασυνέπειες των ινών εμφανίζονται για δύο λόγους. Η περιστασιακή ανάγκη σύνδεσης δύο ανόμοιων ινών και η δημιουργία διαφοροποιήσεων στις ίνες με την ίδια ονομαστική διάσταση. Με δύο πολύτροπες ίνες να χρησιμοποιούνται σήμερα και με δύο ακόμη είδη που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς στο παρελθόν, είναι δυνατόν μερικές φορές να πρέπει να συνδέσουμε ανόμοιες ίνες, ή να χρησιμοποιήσουμε συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για τη χρήση με ένα συγκεκριμένο είδος ίνας. Ορισμένοι κατασκευαστές συστημάτων παρέχουν οδηγίες για τη χρήση συγκεκριμένων ινών, κάποιιοι άλλοι όχι. Αν συνδέσουμε μία μικρότερης διαμέτρου ίνα με μία μεγαλύτερης διαμέτρου, οι απώλειες σύνδεσης θα είναι ελάχιστες, συχνά μόνο απώλεια Fresnel, μόνο 0,3dB. Αν όμως συνδέσουμε μία μεγαλύτερης διαμέτρου ίνα με μία μικρότερης διαμέτρου θα έχουμε σημαντικές απώλειες, όχι μόνο λόγω του μικρότερου πυρήνα, αλλά και λόγω του μικρότερου αριθμητικού ανοίγματος στις ίνες με μικρότερο πυρήνα.

Παρακάτω δίνονται οι απώλειες, σε dB, που προέρχονται από αταίριαστες μεταξύ τους ίνες. Η κλίμακα των τιμών προκύπτει από τη διαφοροποίηση των τροπολογικών συνθηκών. Αν η ίνα μετάδοσης είναι υπερπλήρης ή πολύ κοντά στην πηγή, η απώλεια θα είναι μεγαλύτερη. Αν η ίνα βρίσκεται σε σχεδόν σταθερές συνθήκες η απώλεια θα είναι πιο κοντά στη χαμηλότερη τιμή.

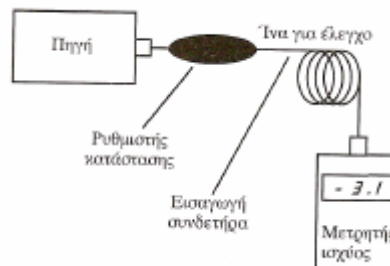
ΙΝΑ ΛΗΨΗΣ	ΙΝΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ		
	62.5/125	85/125	100/140
50/125	1.6-1.6	3.0-4.6	4.7-9
62.5/125	-	0.9	2.1-4.1
85/124	-	-	0.9-1.4

Αν συνδέσουμε την ίνα κατευθείαν στην πηγή, η διαφοροποίηση της ισχύος θα είναι περίπου η ίδια μ' εκείνη της σύνδεσης αταίριαστων ινών. Εκτός αν συνδέσουμε την μικρότερης διαμέτρου ίνα με μία μεγαλύτερης διαμέτρου, η απολαβή ισχύος θα είναι μετά βίας ίση με την απώλεια ισχύος κατά τη σύζευξη μίας μεγαλύτερης διαμέτρου ίνας με μία μικρότερης διαμέτρου.

Όποτε χρησιμοποιούμε μία διαφορετική (και συχνά χωρίς προδιαγραφές) ίνα σ' ένα σύστημα, θα πρέπει επίσης να γνωρίζουμε τις διαφορές στο εύρος ζώνης. Ένα σύστημα μπορεί να λειτουργεί θεωρητικά, με αρκετή διαθέσιμη ισχύ, αλλά η ίνα μπορεί να μην έχει αρκετό εύρος ζώνης.

12.1 Έλεγχος απώλειας συνδετήρων και συνδέσεων μεταξύ αγωγών

Για να καθορίσουμε μία τυπική τιμή απώλειας για τους συνδετήρες θα πρέπει να ελέγξουμε όλους τους συνδετήρες βάσει ενός προκαθορισμένου συστήματος, για να μπορέσουμε να διεξάγουμε συγκρίσεις μεταξύ διάφορων ειδών συνδετήρων. Οι μετρήσεις απώλειας των συνδετήρων και των συνδέσεων μεταξύ αγωγών διεξάγονται μετρώντας την ισχύ εκπομπής ενός καλωδίου μικρού μήκους και κατόπιν τοποθετώντας ένα ζεύγος συνδετήρων, η μία σύνδεση μεταξύ αγωγών μέσα στην ίνα (σχήμα 12.3). Αυτός ο έλεγχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ίνες μονότροπες και πολύτροπες, αλλά τ' αποτελέσματα για την πολύτροπη ίνα θα εξαρτώνται από την τροπολογική μετάδοση ισχύος.



Σχήμα 12.3 Έλεγχος απώλειας συνδετήρων και συνδέσεων

Ο έλεγχος αυτός έχει τρεις διαφορετικές επιλογές τροπολογικής μετάδοσης: 1) Ισορροπημένη τροπολογική μετάδοση ή αλλιώς σταθερή κατάσταση (E.M.D.), 2) πλήρης μετάδοση και 3) οποιοσδήποτε άλλες συνθήκες, αρκεί να έχουν προσδιοριστεί. Εκτός, από τους παράγοντες που

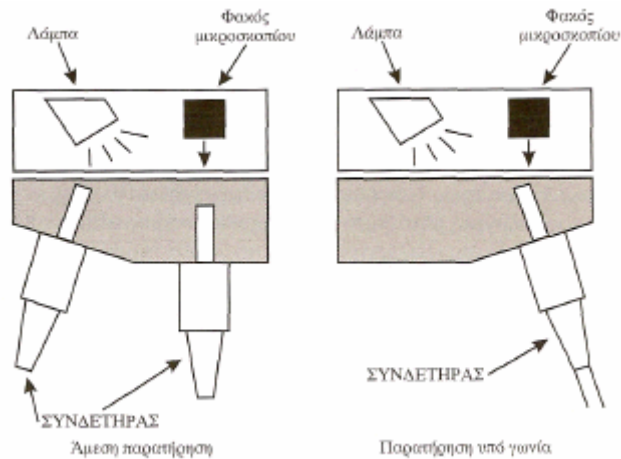
επιηρεάζουν την τροπολογική μετάδοση ισχύος, η απόκλιση της υπολογισμένης απώλειας αποτελεί συνδυασμό την εσωτερικών γεωμετρικών διαφοροποιήσεων των ινών, των χαρακτηριστικών των εγκατεστημένων συνδετήρων, καθώς και των επιδράσεων της σύνδεσης μεταξύ κεντρικών αγωγών, που χρησιμοποιούνται για την ευθυγράμμιση των δύο συνδετήρων.

Ο έλεγχος αυτός επαναλαμβάνεται εκατοντάδες ή και χιλιάδες φορές από κάθε κατασκευαστή συνδετήρων. Αυτό αποδεικνύει και τη δυνατότητα επανάληψης των σχεδίων των συνδετήρων, και είναι βασικός παράγοντας για τον καθορισμό των περιθωρίων για εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν πολλούς συνδετήρες. Επομένως, η απώλεια δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για ένα κατάλληλο συνδετήρα, η τελευταία θα πρέπει να έχει δυνατότητα επανάληψης, έτσι η μέση απώλεια της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους υπολογισμούς του περιθωρίου σε κάποια σταθερή βάση.[51]

12.1.1 Επιθεώρηση των Συνδετήρων με Μικροσκόπιο

Η οπτική επιθεώρηση της επιφάνειας του άκρου ενός συνδετήρα είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για τον καθορισμό της ποιότητας της διαδικασίας τερματισμού, καθώς και για την διάγνωση προβλημάτων. Ένας φτιαγμένος συνδετήρας θα έχει απαλό, λείο άκρο, χωρίς ρωγμές και η ίνα δεν θα παρουσιάζει κανένα σημάδι σπασίματος ή εμβολισμού (εκεί όπου η ίνα είτε προεξέχει από το άκρο της ένωσης, είτε βρίσκεται πιο μέσα σ' αυτή).

Η κατάλληλη μεγένθυση για την επιθεώρηση των επαφών σύνδεσης είναι γενικά αποδεκτή σ' επίπεδο ισχύος 30-100. Μικρότερη μεγένθυση, τυπικά με φακό χρυσοχόου ή μεγενθυτικό φακό τσέπης, δεν θα μας δώσει αρκετή ανάλυση, ώστε να εξετάσουμε το άκρο του συνδετήρα. Μία πολύ έντονη μεγένθυση τείνει να κάνει τα μικρά, ασήμαντα ψεγάδια να παρουσιάζονται χειρότερα απ' ότι είναι στην πραγματικότητα. Μία καλύτερη λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε μέση μεγένθυση, αλλά να ελέγξουμε τον συνδετήρα με τρεις τρόπους: να επιθεωρήσουμε κατευθείαν το άκρο της λείας επιφάνειας με πλαϊνό φωτισμό και φως να μεταδίδεται μέσω της ίνας (του πυρήνα), και τέλος να επιθεωρήσουμε σε γωνία με φωτισμό από την απέναντι γωνία (Σχ. 12.4).



Σχήμα 12.4 Επιθεώρηση των Συνδετήρων με Μικροσκόπιο

Η κατευθείαν επιθεώρηση με πλαϊνό φωτισμό μας επιτρέπει να δούμε αν η οπή της ένωσης έχει το κατάλληλο μέγεθος, η ίνα επικεντρώνεται στην οπή κι εφαρμόζουμε την σωστή ποσότητα κόλλας. Όμως, με τον τρόπο αυτό θα φανούν μόνο οι μεγάλες (βαθιές) ρωγμές. Αν προσθέσουμε το φως που μεταδίδεται μέσω του πυρήνα, θα δημιουργήσουμε ρωγμές στο άκρο της ίνας, λόγω της πίεσης ή της θερμότητας κατά τη διάρκεια της λείανσης, οι οποίες ρωγμές θα είναι ορατές. Η επιθεώρηση σε γωνία του άκρου του συνδετήρα, με φωτισμό από την απέναντι γωνία και περίπου με την ίδια κλίση θα μας επιτρέψει να ελέγξουμε καλύτερα την ποιότητα της λείανσης και τις πιθανές ρωγμές. Η σκίαση που δημιουργείται από τη γωνία του φωτός ενισχύει την αντίθεση των ρωγμών απέναντι στη γυαλιστερή, λεία επιφάνεια του γυαλιού.[51]

12.1.2 Ανθεκτικότητα των συνδετήρων και των συνδέσεων

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για ένα συνδετήρα είναι η ανθεκτικότητα του σχεδιασμού του στις αλληπάληλες ενώσεις χωρίς περιορισμό ή μεταβολή της απώλειας του. Ο έλεγχος της ανθεκτικότητας των συνδετήρων συμπεριλαμβάνει επανειλημμένες ενώσεις και διαχωρισμούς ενός ζεύγους συνδετήρων, κατά τη διάρκεια του υπολογισμού της απώλειας. Από τη στιγμή που η απώλεια αποτελεί παράγοντα και των συνδετήρων και της ευθυγράμμισης, θα μας βοηθήσει να καθορίσουμε ποιοι είναι οι παράγοντες που συμβάλλουν στην μείωση και τον περιορισμό της απώλειας. Οι πλαστικές θήκες ευθυγράμμισης, όταν χρησιμοποιούνται με κεραμικές επαφές σύνδεσης, για παράδειγμα, συνήθως χαλάνε πολύ γρήγορα, απομακρύνοντας το πλαστικό από τα σημεία ενώσεων και προκαλώντας έτσι αυξημένη απώλεια, αλλά και επιστροφόμενη απώλεια. Κατά τον έλεγχο της ανθεκτικότητας, είναι πολύ σημαντική η περιοδική επιθεώρηση των προσώπων των άκρων τους και των ενώσεων με μικροσκόπιο για να εντοπίσουμε τυχόν φθορά ή πρόβλημα.

Η ανθεκτικότητα των ενώσεων μεταξύ αγωγών είναι σημαντική γιατί αυτές υφίστανται τεράστια περιβαλλοντική πίεση, αφού χρησιμοποιούνται σε ειδικές κατασκευές στα πεζοδρόμια ή τοποθετούνται σε κολώνες, όπου κι εκτίθενται σε υπερβολικά μεγάλες κλιματολογικές αλλαγές. Οι κατασκευαστές συνήθως ελέγχουν έναν αριθμό ενώσεων σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες που επισπεύδουν τη φθορά τους, για να καθορίσουν την ανθεκτικότητά τους. Τέτοιου είδους έλεγχοι μπορεί να διαρκέσουν χρόνια.

12.1.2 Απώλεια οπτικής επιστροφής στους συνδετήρες

Αν έχετε δει ποτέ συνδετήρες και οπτική ίνα σε ένα μετρητή ανάκλασης πεδίου οπτικού χρόνου (OTDR), γνωρίζετε την χαρακτηριστική ακίδα, η

οποία δείχνει που βρίσκονται οι συνδετήρες. Η ακίδα αυτή αποτελείτο μέτρο της επιστροφόμενης ανάκλασης ή αλλιώς της απώλειας οπτικής επιστροφής των συνδετήρων δηλ. της ποσότητας του φωτός που ανακλάται πίσω στην ίνα, λόγω της ανάκλασης του φωτός στην λεία επιφάνεια του άκρου του συνδετήρα και του αέρα.

Αυτή ονομάζεται ανάκλαση Fresnel (κυκλική) και προκαλείται από τη διέλευση του φωτός μέσω διαφορετικού δείκτη ανάκλασης των σημείων σύνδεσης μεταξύ των ινών ($n=1,5$) και του αέρα ($n=1$).

Στα περισσότερα συστήματα, αυτή η ακίδα επιστροφής είναι ένας ακόμη συντελεστής απώλειας των συνδετήρων κι αντιπροσωπεύει περίπου 0,3dB απώλειας (δύο συνδέσεις αέρα / γυαλιού με 4% ανάκλαση η καθεμία), η οποία και αποτελεί την ελάχιστη απώλεια για συνδετήρες εκτός σύνδεσης, χωρίς υγρό κάλυψη του δείκτη.

Όμως, στα μονότροπα συστήματα με υψηλό δείκτη μετάδοσης πληροφοριών, η ανάκλαση αυτή μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή προβλημάτων στο ποσοστό λάθους της μετάδοσης πληροφοριών. Το φως που ανακλάται και που έρχεται σ' επαφή με το τσιπ της διόδου λέιζερ, προκαλεί απότομη αλλαγή κατάστασης συνεχών και μπορεί ν' αποτελέσει πηγή θορύβου. Μειώνοντας την ποσότητα του φωτός που επιστρέφει στην πηγή λέιζερ, θα πρέπει να λάβουμε τη μέγιστη απόδοση από τη προηγμένα συστήματα λέιζερ, ιδιαίτερα από τα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης με διαμόρφωση πλάτους AM.

Από τη στιγμή που αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται μόνο σε μονότροπα συστήματα, οι κατασκευαστές έχουν επικεντρωθεί στην επίλυση των προβλημάτων για τα εξαρτήματα που μετέχουν στη συγκεκριμένη κατάσταση μόνο. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα σενάρια για τη μείωση της επιστροφόμενης ανάκλασης, συμπεριλαμβανομένης και της μείωσης του κενού μεταξύ των συνδετήρων κάποια τουλάχιστον μήκη κύματος του φωτός-πράγμα που σταματά την κυκλική ανάκλαση.

Η πιο συνηθισμένη τεχνική είναι η λείανση της επιφάνειας του άκρου της ίνας έτσι ώστε να είναι κυρτό ή να παρουσιάζει μία ελαφρά κλίση, για ν' αποφύγουμε την άμεση επιστροφόμενη ανάκλαση.

Η μέτρηση αυτής της επιστροφόμενης ανάκλασης είναι απλή, αλλ' απαιτεί μία ειδική εγκατάσταση για τη διεξαγωγή του ελέγχου αυτού, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 12.5. Την εγκατάσταση αυτή μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε με μία γυμνή οπτική ίνα ως έξοδο, όπου εγκαθιστούμε ένα ζευγάρι συνδετήρων ή με μία συνδεδεμένη έξοδο για τον έλεγχο προσυνδεδεμένων γεφυρών.

Για τη διεξαγωγή του ελέγχου θα χρειαστούμε έναν διαβαθμισμένο συζεύκτη, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψουμε την είσοδο μίας πηγής στο καλώδιο ελέγχου ή σ' έναν μικρό εύκαμπτο αγωγό καινά μετρήσουμε την ποσότητα φωτός που ανακλάται στην ίνα πίσω στην πηγή, με τη βοήθεια ενός στάνταρ μετρητή ισχύος και μία πηγή λέιζερ.

Το ποσοστό διαχωρισμού του συζεύκτη πρέπει να είναι διαβαθμισμένο για να γνωρίζουμε ποια ποσότητα του επιστροφόμενου σήματος πηγαίνει στον μετρητή ισχύος και ποια ποσότητα εκτρέπεται στην πλευρά του συζεύκτη

που βρίσκεται η πηγή, για να υπολογίσουμε έτσι τη συνολική ποσότητα της επιστρεφόμενης ανάκλασης. Λόγω της απαιτούμενης εμβέλειας δυναμικού, για τον υπολογισμό της απώλειας επιστροφής στην κλίμακα από -25 έως -60 dB, απαιτείται μία πηγή λέιζερ υψηλής ισχύος. Και η πηγή θα πρέπει να είναι αρκετά σταθερή για να επιστρέψει τη διεξαγωγή μετρήσεων ακριβείας για τα σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα, που απαιτούνται για το πείραμα.



Σχήμα 12.5. Ειδική εγκατάσταση μέτρηση της επιστρεφόμενης ανάκλασης

Για να υπολογίσουμε την απώλεια επιστροφής, θα πρέπει να μετρήσουμε την ποσότητα ισχύος που εκπέμπεται στο άκρο του καλωδίου (P_{out}) και την ισχύ που ανακλάται πίσω μέσω του συζεύκτη -και συγκεκριμένα της εισόδου ελέγχου του (P_{back}) με τη χρήση ενός μετρητή ισχύος οπτικών ινών. Για να εξαλείψουμε οποιαδήποτε παρεμβολή στον συζεύκτη, ή τις επιστρεφόμενες ανακλάσεις των ενδιάμεσων συνδετήρων και συνδέσεων μεταξύ αγωγών, θα πρέπει να βυθίσουμε το άκρο της επαφής, που βρίσκεται υπό έλεγχο, σε υγρό με παρόμοιο δείκτη (το οινόπνευμα έχει πολύ καλά αποτελέσματα) και να καταγράψουμε την ποσότητα ισχύος στην είσοδο ελέγχου του συζεύκτη (P_{zero}). Αν το ποσοστό διαχωρισμού του συζεύκτη είναι R_{split} (το τμήμα του φωτός που πηγαίνει στην είσοδο μέτρησης, όταν μεταδίδεται προς τα πίσω) η απώλεια επιστροφής είναι:

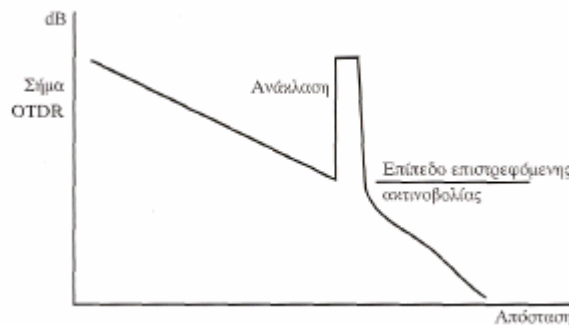
$$\text{Απώλεια οπτικής επιστροφής (dB)} = \frac{P_{back} - P_{zero}}{R_{split} \times P_{out}}$$

Οι πολύ εξελιγμένοι συνδετήρες θα έχουν απώλεια επιστροφής περίπου 40-60dB, ή περίπου 0,1/1000-1/1.000.000 του φωτός που ανακλάται πίσω στην πηγή. Η εγκατάσταση των παραμέτρων για την διεξαγωγή των μετρήσεων θα πρέπει να υφίσταται προσεκτικό έλεγχο, έτσι ώστε να δώσει αξιόπιστα δεδομένα. Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο άλλων συνδετήρων ή γέφυρες καλωδίων, θα πρέπει να διατηρούνται καθαρές και να ξαναλειανίζονται περιοδικά για να εξασφαλίσουμε όσο το δυνατόν πιο τέλεια ραφινάρισμένη επιφάνεια άκρου. Οι σχολαστικοί θα παρατηρήσουν πως οι υπολογισμοί της P_{out} αγνοούν την κυκλική ανάκλαση (Fresnel) από το άκρο της ίνας ελέγχου και ίσως ακόμη κι από την οθόνη του ανιχνευτή, πράγμα που μπορεί να προσθέσει μερικές εκατοστιαίες μονάδες στην απόκλιση.

Ο υπολογισμός της απώλειας οπτικής επιστροφής δεν είναι ακριβής. Τα ποσοστά σύζευξης είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστούν, οι ανακλάσεις που εμφανίζονται στον συζεύκτη και στους συνδετήρες είναι πολύ δύσκολο να εκμηδενιστούν, οποιοδήποτε ίχνος βρωμιάς ή φθοράς στους συνδετήρες, θα επηρεάσει τις μετρήσεις και η εμβέλεια δυναμικού των μετρήσεων είναι τόσο μεγάλη ώστε αποκλίσεις της τάξεως έως και $\pm 1\text{dB}$ αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο.

Όπως σ' όλες οι μετρήσεις οπτικής ισχύος των ινών, οι κατασκευαστές των οργάνων φέρουν την ευθύνη για την παροχή πολύ μεγάλης ανάλυσης των οργάνων απέναντι στην αβεβαιότητα των μετρήσεων. Οι κατασκευαστές επίσης προσφέρουν ακριβέστατα όργανα για την μέτρηση της απώλειας οπτικής επιστροφής, αλλά οι μετρήσεις μπορεί να διεξαχθούν εύκολα μ' έναν στάνταρ μετρητή και μία πηγή λέιζερ.

Ενώ οι τεχνικές που προαναφέρθηκαν αφορούν στον έλεγχο επιστρεφόμενης απώλειας των συνδετήρων και των συνδέσεων μεταξύ αγωγών, με τη χρήση πηγών και μετρητών ισχύος, οι τεχνικές αυτές επίσης αναφέρονται στον έλεγχο συνδετήρων στα καλώδια-γέφυρες. Ωστόσο, δεν αναφέρονται σ' ελέγχους συνδετήρων και συνδέσεων μεταξύ αγωγών που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε μία σύνδεση. Αφού γίνει η εγκατάσταση, ο έλεγχος θα γίνει με έναν OTDR (Σχ. 12.6)



Σχήμα 12.6 Ένδειξη OTDR

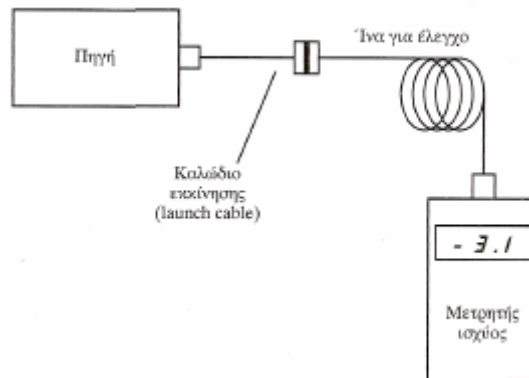
Η ακίδα που βλέπουμε όταν παρατηρούμε ένα ζεύγος συνδετήρων σ' έναν OTDR μπορεί να μετρηθεί αναφορικά με το σήμα διασκορπισμού του OTDR. Οι περισσότεροι μετρητές έχουν διαβαθμιστεί για την άμεση διεξαγωγή της συγκεκριμένης μέτρησης. Η τεχνική με τη χρήση συζεύκτη / πηγής λέιζερ / μετρητή (στην οποία κατά καιρούς αναφερόμαστε ως "μέτρηση ανάκλασης συνεχούς οπτικού κύματος" ή OCWR), δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη στιγμή που τα εξαρτήματα αποτελούν μέρος της καλωδιακής εγκατάστασης, κι αφού η συνεχής επανασκέδαση από την ίνα συγκαλύπτει τ' αποτελέσματα που θα μπορούσε να δώσει οποιοδήποτε εξάρτημα. Εξάλλου, αν αντιμετωπίσετε κάποιο πρόβλημα θα πρέπει να γνωρίζετε το σημείο όπου βρίσκεται αυτό, πληροφορία, που μόνο ο μετρητής OTDR μπορεί να σας δώσει.[56]

12.1.3 Έλεγχος συνδεδεμένων καλωδίων

Αφού προσθέσουμε τους συνδετήρες σ' ένα καλώδιο, ο έλεγχος θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την απώλεια της ίνας στο εσωτερικό του καλωδίου συν την απώλεια των συνδετήρων. Σε πολύ μικρές συνδέσεις καλωδίων (με μήκος έως 10 μέτρα), η απώλεια των μετρητών θα είναι η μόνη σχετική απώλεια, ενώ η ίνα θα συνεισφέρει στη συνολική απώλεια σε μεγαλύτερες συνδέσεις καλωδίων. Για καλώδια που έχουν εγκατασταθεί θα πρέπει να ελέγξουμε ολόκληρο το καλώδιο απ' άκρο σ' άκρο, συμπεριλαμβανομένων και όλων των εξαρτημάτων που βρίσκονται συνδεδεμένα σ' αυτό, όπως για παράδειγμα συνδέσεις μεταξύ αγωγών, συζεύκτες, και συνδετήρες, ενδιάμεσα μικρά πάνελ οργάνων.

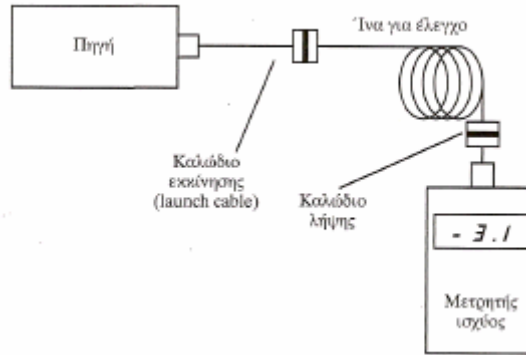
Προφανώς, δεν μπορούμε να ελέγχουμε τις εγκαταστάσεις καλωδίων με τον ίδιο τρόπο, όπως και τους μεμονωμένους συνδετήρες των ινών, αφού οι έλεγχοι αυτοί είναι καταστροφικοί.

Ένας καλύτερος έλεγχος, αναπτύχθηκε για τους συνδετήρες (σχήμα 12.7). Αρχίζουμε προσαρμόζοντας ένα καλώδιο εκκίνησης (launch cable) στην πηγή, κατασκευασμένο από ίνα ίδιου μεγέθους και ίδιο τύπο συνδετήρες, όπως το καλώδιο που πρόκειται να ελεγχθεί. Η ισχύς από το άκρο αυτού του καλωδίου υπολογίζεται σ' έναν μετρητή ισχύος για να βαθμονομήσει την ισχύ για τον έλεγχο. Κατόπιν προσαρμόζουμε το καλώδιο που πρόκειται να ελεγχθεί και υπολογίζουμε την ισχύ που βρίσκεται στο άκρο για μία ακόμη φορά (σχήμα 12.7α). Μπορούμε να υπολογίσουμε την απώλεια που προκαλείται στις επαφές σύνδεσης, που εφάπτονται στο καλώδιο εκκίνησης και στην ίνα, στο ίδιο το καλώδιο.



Σχήμα 12.7α Έλεγχος απλού άκρου

Αφού ο έλεγχος αυτός υπολογίζει μόνο την απώλεια στους συνδετήρες που εφάπτονται στο καλώδιο εκκίνησης, μπορούμε να προσθέσουμε ένα δεύτερο καλώδιο στον μετρητή ισχύος και συγκεκριμένα στο άκρο του, που ονομάζεται καλώδιο λήψης, έτσι ώστε το καλώδιο που θα ελέγξουμε να βρίσκεται μεταξύ του καλωδίου εκκίνησης και λήψης (σχήμα 12.7β).



Σχήμα 12.7β Έλεγχος διπλού άκρον.

Κατόπιν υπολογίζουμε την απώλεια και στα δύο άκρα των συνδετήρων καθώς και σε οτιδήποτε βρίσκεται στο ενδιάμεσο. Αυτός ο έλεγχος έχει την κοινή ονομασία: έλεγχος απώλειας "διπλού άκρον".

Έχουν δοθεί δυο ερμηνείες της βαθμονόμησης της εξόδου της πηγής στον συγκεκριμένο έλεγχο. Η μία είναι να προσαρμόσουμε το καλώδιο εκκίνησης πηγή και το καλώδιο λήψης στον μετρητή. Τότε, συνδέουμε τα δυο κι έχουμε την αναφορά 0dB. Στην άλλη, προσαρμόζουμε το καλώδιο εκκίνησης και υπολογίζουμε την ισχύ με τον μετρητή ισχύος. Με την πρώτη μέθοδο, έχουμε δυο νέες αποκλίσεις των μετρήσεων, πρώτον η μέθοδος αυτή υπολογίζει ως κατώτερη την απώλεια του εγκατεστημένου καλωδίου μέσω της απώλειας στη μία επαφή σύνδεσης αφού αυτή εκμηδενίζεται κατά την διαδικασία διαβάθμισης. Δεύτερον, αν μία από τις επαφές σύνδεσης είναι ακατάλληλη, στο ένα ή και στα δύο καλώδια, συγκαλύπτεται από την διαβάθμιση, αφού ακόμη κι αν και οι δύο συνδετήρες έχουν απώλεια της τάξης των 10 dB δεν φαίνεται με την μέθοδο διαβάθμισης που χρησιμοποιούμε.

Στη δεύτερη μέθοδο, η ισχύς εκκίνησης υπολογίζεται άμεσα από τον μετρητή. Αυτό μας επιτρέπει να υπολογίσουμε και τους δύο συνδετήρες στο καλώδιο ελέγχου, από τη στιγμή που η ισχύς δηλώνεται στην ποσότητα της ισχύς εξόδου του συνδετήρα εκκίνησης. Επιπλέον, μπορούμε να ελέγξουμε την ποιότητα προσαρμογής των συνδετήρων των καλωδίων ελέγχου προσαρμόζοντας τη γέφυρα λήψης στον μετρητή και κατόπιν υπολογίζοντας την απώλεια στους συνδετήρες μεταξύ των γεφυρών εκκίνησης και λήψης. Αν η απώλεια αυτή είναι υψηλή, γνωρίζουμε ότι υπάρχει πρόβλημα με τις συνδέσεις που ελέγχουμε, το οποίο θα πρέπει να διορθωθεί πριν διεξαχθούν οι ακριβείς μετρήσεις απώλειας του καλωδίου.

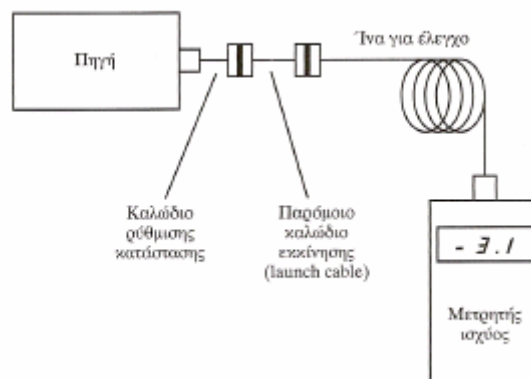
12.1.4 Ανεύρεση ακατάλληλων συνδετήρων

Αν ένας έλεγχος παρουσιάζει κάποιο καλώδιο-γέφυρα με υψηλή απώλεια, υπάρχουν διάφοροι τρόποι να προσδιορίσουμε το πρόβλημα. Αν διαθέτουμε μικροσκόπιο, θα πρέπει να ελέγξουμε τους συνδετήρες για

εμφανείς ατέλειες, όπως γρατσουνιές, χαραγματιές ή επικαλύψεις της επιφάνειας τους. Αν φαίνονται εντάξει, καθαρίστε τες πριν ξανακάνετε τον έλεγχο. Ξαναελέγξτε το καλώδιο εκκίνησης για να σιγουρευτείτε ότι βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Κατόπιν, ξαναελέγξτε το καλώδιο-γέφυρα με τη μέθοδο απλού- άκρου, χρησιμοποιώντας μόνο ένα καλώδιο εκκίνησης. Ελέγξτε το καλώδιο και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το καλώδιο θα πρέπει να έχει υψηλότερη απώλεια όταν διεξάγουμε τον έλεγχο με ακατάλληλους συνδετήρες, προσαρμοσμένους στο καλώδιο εκκίνησης, αφού ο ανιχνευτής ευρείας εμβέλειας του μετρητή ισχύος δεν θα επηρεαστεί τόσο πολύ από τους τυπικούς παράγοντες απώλειας των συνδετήρων.[48]

12.1.5 Επίδραση της διανομής κατάστασης ισχύος στην απώλεια σε πολύτροπα καλώδια οπτικών ινών

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την απόκλιση στους ελέγχους απώλειας των πολύτροπων καλωδίων είναι η διανομή κατάστασης ισχύος που προκαλείται από την πηγή ελέγχου. Όταν ελέγχουμε ένα απλό εγκατεστημένο καλώδιο μήκους ενός μέτρου, διαφοροποιήσεις στις πηγές μπορούν να προκαλέσουν αποκλίσεις από 0,3 έως 1dB στον υπολογισμό της απώλειας. Η επίδραση είναι παρόμοια μ' εκείνη στην απώλεια οπτικών ινών που σχολιάσαμε νωρίτερα, αφού η συγκέντρωση φωτός στις χαμηλότερες καταστάσεις, ως αποτέλεσμα της EMD ή το φιλτράρισμα κατάστασης, θα μειώσει τις επιδράσεις του κενού, της μετατόπισης, και της γωνιακότητας στην απώλεια σύνδεσης μειώνοντας αποτελεσματικά το μέγεθος του πυρήνα της ίνας και το αριθμητικό άνοιγμα.



Σχήμα 12.8 Έλεγχος με καλώδιο ρύθμισης κατάστασης

Εάν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συσκευές παρεμβολών κατάστασης και φίλτρα για να ελέγχουμε την διανομή κατάστασης ισχύος, όταν διεξάγουμε ελέγχους στο εργαστήριο, είναι πιο δύσκολο να τα χρησιμοποιήσουμε στις πραγματικές εγκαταστάσεις. Μία εναλλακτική τεχνική είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα καλώδιο δημιουργίας ειδικής

κατάστασης μεταξύ της πηγής και του καλωδίου εκκίνησης, το οποίο επάγει την κατάλληλη διανομή κατάστασης ισχύος (σχήμα 12.8). Αυτό μπορεί να γίνει με μία ίνα βηματικού δείκτη με περιορισμένο αριθμητικό άνοιγμα.

Πειράματα με τη χρήση τέτοιου καλωδίου έχουν αποδεδειγμένα μειώσει τις αποκλείσεις στη διανομή κατάστασης ισχύος μεταξύ των πηγών. Αυτή η τεχνική έχει καταπληκτικά αποτελέσματα τόσο με ελέγχους που διεξάγονται στο εργαστήριο για την απώλεια των συνδετήρων, όσο και στις πραγματικές εγκαταστάσεις, για την απώλεια σ' εγκατεστημένα καλώδια.

12.1.6 Επιλέγοντας το καλώδιο εκκίνησης για τη διεξαγωγή ελέγχου

Προφανώς, η ποιότητα του καλωδίου εκκίνησης θα επηρεάσει τις μετρήσεις απώλειας σ' εγκατεστημένα καλώδια που ελέγχονται με τη χρήση του καλωδίου αυτού. Φυσικά είναι απαραίτητοι οι καλοί συνδετήρες με την κατάλληλη λείανση, αλλά θα μπορούσαμε να βελτιώσουμε τις μετρήσεις και προσδιορίζοντας αυστηρές προδιαγραφές για τις ίνες και τους συνδετήρες. Αν η ίνα πλησιάζει περισσότερο τις ονομαστικές προδιαγραφές και ο μεταλλικός κρίκος των συνδετήρων έχει υψηλή ανοχή, θα πρέπει να περιμένουμε περισσότερο επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Σε μία σειρά ελέγχων που έχει διεξαχθεί σ' έναν μεγάλο αριθμό δειγμάτων καλωδίων απέδειξαν ότι το πόσο τεντωμένη ήταν η ίνα και πόση ανεκτικότητα διαθέτουν οι συνδετήρες δεν επηρεάζουν σημαντικά τη μεταβλητότητα των καλωδίων που αλληλοσυνδέονται. Στην πραγματικότητα, η ελάχιστη μεταβλητότητα προήλθε από ένα σετ καλωδίων που κατασκευάστηκαν από εξαρτήματα, τα οποία δεν έγιναν κατά ειδική παραγγελία, αλλά χρησιμοποιήθηκε καλώδιο με πιο άκαμπτο περίβλημα, απ' ό,τι τα άλλα καλώδια, τα οποία και μείωναν τις μεταβολές απώλειας λόγω της ευλυγισίας, στο πίσω άκρο των συνδετήρων. Φαίνεται πως ο μεγάλος αριθμός παραγόντων, που έχουν να κάνουν με τις απώλειες λόγω σύνδεσης, καθιστά αδύνατο τον έλεγχο ανοχής της συγκεκριμένης απώλειας. Γι' αυτόν τον λόγο, συνιστούμε τα καλώδια εκκίνησης να επιλέγονται για χαμηλή απώλεια, αλλά να μην προδιαγράφονται για υψηλή ανοχή, στα χαρακτηριστικά της ίνας ή των συνδετήρων. Είναι ίσως πολύ πιο σημαντικό να χειριστούμε προσεκτικά τα καλώδια ελέγχου και να επιθεωρούμε τις επιφάνειες των άκρων κάθε επαφής για βρωμιά ή γρατσουνιές, σε τακτά χρονικά διαστήματα.

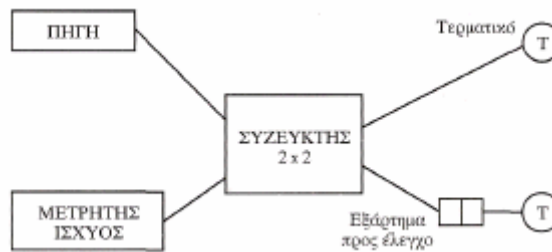
12.1.7 Έλεγχος απώλειας οπτικής επιστροφής σ' εγκατεστημένα καλώδια

Ο έλεγχος της απώλειας οπτικής επιστροφής των καλωδίων και ιδιαίτερα σ' εγκατεστημένα καλώδια, είναι πολύ σημαντικός για μονότροπα συστήματα λέιζερ αφού το φως που ανακλάται πίσω στο λέιζερ μπορεί να προκαλέσει αστάθεια, θόρυβο και μη γραμμικότητα. Ενώ ο έλεγχος της

απώλειας οπτικής επιστροφής είναι παρόμοιος μ' εκείνον ενός ζεύγους συνδετήρων, θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας διάφορους παράγοντες για να ελαχιστοποιήσουμε τα λάθη.

Αρχικά, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι οι συνδετήρες της εκκίνησης είναι της καλύτερης δυνατής ποιότητας και να τις ελέγχουμε τακτικά για βρωμιά, επικαλύψεις και χαραματιές. Η επαναλείανση είναι δυνατή για τους περισσότερους βασικούς συνδετήρες με κεραμικό κρίκο και συχνά συμβάλλει στη βελτίωση των μετρήσεων. Επίσης, θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι ο τριβέας διατηρείται καθαρός και δεν παρουσιάζει σημάδια φθοράς.

Θα πρέπει, ωστόσο, να θυμηθείτε να τερματίσετε τον συνδετήρα του εγκατεστημένου καλωδίου, αλλιώς θ' ανακλά το φως και θα δίνει λάθος αποτελέσματα. Αν βυθίσουμε τον συνδετήρα σε υγρό με παρόμοιο δείκτη, ή ζελέ (που συνήθως ταιριάζει), καθώς και δημιουργώντας καμπές στην ίνα και για να δημιουργήσουμε εξασθένιση, επίσης θα μειώσουμε την ανάκλαση.



Σχήμα 12.9 Έλεγχος απώλειας οπτικής επιστροφής σε καλώδια

Οι μετρητές ανάκλασης OTDR έχουν περιορισμένη εφαρμογή στον έλεγχο καλωδίων γέφυρας, αφού οι γέφυρες αυτές είναι συχνά πολύ μικρές για την ανάλυση του συγκεκριμένου οργάνου. Αυτό, βέβαια μπορούμε να το ξεπεράσουμε χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο καλώδιο εκκίνησης και να αποσυνδέσουμε τον ανοιχτό συνδετήρα, για να εμποδίσουμε την ανάκλαση του φωτός, το οποίο θα μπορούσε να συμπεριλαμβάνεται σε μία απλή ακίδα, που εμφανίζεται στον μετρητή ανάκλασης. Στο εγκατεστημένο καλώδιο, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η ακίδα επιστρεφόμενης ανάκλασης, που εμφανίζεται στον μετρητή ανάκλασης, δεν υπερβαίνει την εμβέλεια δυναμικού του OTDR αλλιώς ο υπολογισμός θα δώσει κατώτερη τιμή της ανάκλασης.[32]

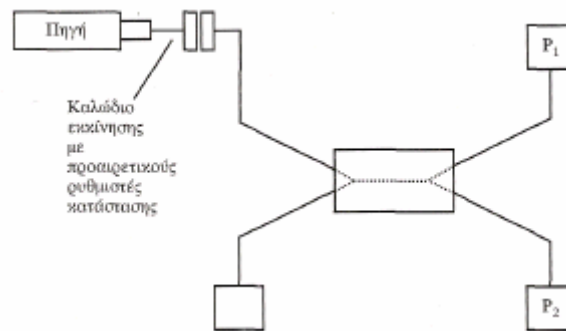
12.2 Έλεγχος σε συζεύκτες και διακόπτες

12.2.1 Συζεύκτες Οπτικών Ινών

Οι συζεύκτες διαχωρίζουν ή συνδυάζουν το φως στις οπτικές ίνες. Μπορεί να είναι απλοί διαιρέτες ή συζεύκτες 2x2, ή έως και 64x64 εισόδων σύζευξης κατ' αστέρα. Οι περισσότεροι κατασκευάζονται με την σύντηξη ινών κάτω από υψηλή θερμοκρασία, ενώ παρατηρούμε την εκπομπή του φωτός

μέσω των ινών για να έχουμε τα σωστά ποσοστά σύζευξης. Η σύντηξη των ινών προκαλεί τη διαίρεση ή τον συνδυασμό του φωτός στα κατάλληλα ποσοστά. Άλλες έχουν κατασκευαστεί με διάχυση του φωτός στο υπόστρωμα του γυαλιού και προσαρμογή ινών σ' αυτό.

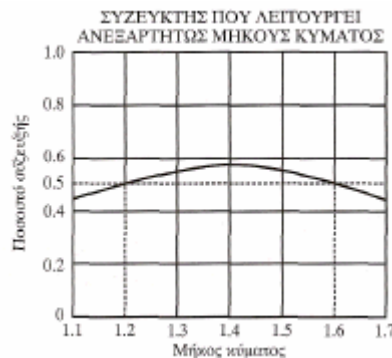
Προδιαγραφές σχετικές με τους συζεύκτες είναι τα ποσοστά σύζευξης για κάθε πύλη ή η συνάφεια όλων των πυλών, η επίδραση ενός καναλιού στο άλλο και η υπερβολική απώλεια που προκαλείται από την σύντηξη. Η υπερβολική απώλεια είναι η διαφορά μεταξύ του συνόλου όλων των εξόδων και του συνόλου όλων των εισόδων. Όταν χρησιμοποιούνται σε συστήματα λέιζερ, οι συζεύκτες μπορεί να χρειάζονται έλεγχο για απώλεια οπτικής επιστροφής.



Σχήμα 12.10 Έλεγχος συζεύκτων

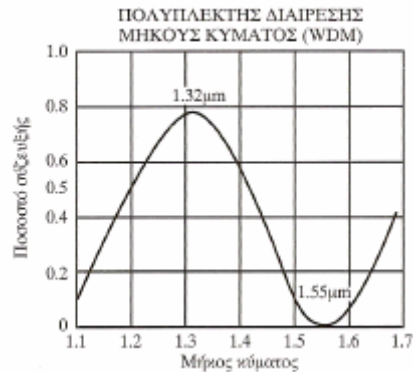
Επομένως, ο έλεγχος των συζευκτών (σχήμα 12.10) συμπεριλαμβάνει τη σύζευξη μίας πηγής ελέγχου σε κάθε μια πύλη εισόδου με τη σειρά και τον υπολογισμό της συνέπειας όλων των εξόδων. Κατόπιν, προσθέτουμε για να βρούμε την ολική ισχύ εξόδου και αφαιρούμε το νούμερο αυτό από την ισχύ εισόδου για να υπολογίσουμε την υπερβολή απώλειας. Οι συνδεδεμένοι συζεύκτες ελέγχονται όπως και τα καλώδια του είδους, με τη χρήση ενός καλωδίου εκκίνησης, ενώ οι συζεύκτες με γυμνές ίνες θα πρέπει να χρησιμοποιούν μία μέθοδο αποκοπής ή έναν μικρό εύκαμπτο αγωγό με σύνδεση μεταξύ αγωγών, για τη σύζευξη της πηγής εκκίνησης.

Οι μονότροποι συζεύκτες έχουν άλλο ένα χαρακτηριστικό το οποίο θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας: είναι πολύ ευαίσθητοι όσον αφορά το μήκος κύματος (σχήμα 12.11).



Σχήμα 12.11 Ευαισθησία σε σχέση με το μήκος κύματος

Οι περισσότεροι συζεύκτες έχουν την καλύτερη απόδοση σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, εκτός αν έχουν σχεδιαστεί ειδικά για λειτουργία και στα 1300 και στα 1550 nm. Μερικοί από αυτούς έχουν κατασκευαστεί ώστε να λειτουργούν ως πολυπλέκτες διαίρεσης μήκους κύματος, δημιουργώντας σύζευξη του φωτός από λέιζερ των 1300 και 1550nm σε ξεχωριστές πύλες εξόδου. Γι' αυτό το λόγο, οι πηγές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συζευκτών θα πρέπει να χαρακτηρίζονται με ακρίβεια όσον αφορά το μήκος κύματος για να ελαχιστοποιούν την απόκλιση των μετρήσεων.[15]



Σχήμα 12.12 Πολυπλεκτής με διπλή σύζευξη

12.2.2 Διακόπτες Οπτικών Ινών

Οι διακόπτες μπορούν να κάνουν χρήση μίας- από ένα συγκεκριμένο αριθμό-τεχνικής για να μεταφέρουν το φως από τη μία ίνα στην άλλη. Κάποιοι απ' αυτούς χρησιμοποιούν κυρίως ίνες στον βραχίονα ενός ηλεκτρονόμου με ευθυγράμμιση v-bloc για να δημιουργήσει μεταβολή από την έξοδο της μίας ίνας στην άλλη. Άλλοι πάλι χρησιμοποιούν φακούς και πρίσματα για την ευθυγράμμιση του φωτός που προέρχεται από την ίνα εισόδου και για να το δρομολογήσει στην ίνα εξόδου.

Όπως και στους συζεύκτες, ο έλεγχος των διακοπών συμπεριλαμβάνει τον υπολογισμό του φωτός που χάνεται μέσα στον διακόπτη, μέσω του υπολογισμού της εισόδου μίας πηγής και την κατάλληλη έξοδο για κάθε θέση του διακόπτη.

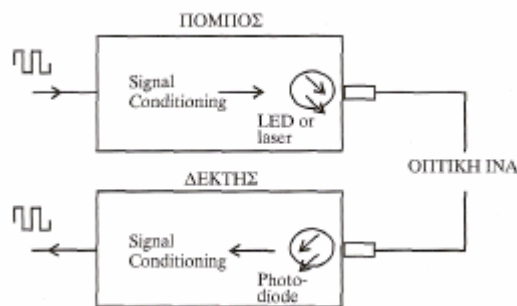
Όπως έχει προαναφερθεί, τα εξαρτήματα αυτά είναι πολύ ευαίσθητα στην διανομή κατάστασης ισχύος. Για μονότροπους συζεύκτες και διακόπτες τα ποσοστά σύζευξης θα είναι ευαίσθητα όσον αφορά στο αν το φως που εισέρχεται είναι πραγματικά μονότροπο. Στα πολύτροπα εξαρτήματα η διανομή κατάστασης ισχύος μπορεί να προκαλέσει μεγάλη διακύμανση στις απώλειες του διακόπτη ή στα ποσοστά σύζευξης. Τα φίλτρα κατάστασης είναι απαραίτητα στους μονότροπους ελέγχους.

Ακόμη, ο συνδυασμός μίκτη κατάστασης και φίλτρου χρειάζονται στους πολύτροπους ελέγχους για να εξασφαλίσουν την ελάχιστη δυνατή επίδραση από οποιαδήποτε άγνωστη διανομή κατάστασης ισχύος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 - Έλεγχος Εγκαταστάσεων Οπτικών Ινών

13.1 Έλεγχος κυκλωμάτων μεταφοράς δεδομένων

Τα συστήματα μετάδοσης οπτικών ινών λειτουργούν με τρόπο παρόμοιο μ' εκείνον που παρουσιάζεται στο σχήμα 13.1. Αποτελούνται από έναν πομπό, ο οποίος παίρνει μία ηλεκτρική είσοδο και την μετατρέπει σε οπτική έξοδο με μία δίοδο λείζερ ή μια LED. Το φως από τον πομπό συζευγνύεται μέσα στην ίνα με ένα συνδετήρα και μεταδίδεται μέσω του καλωδίου οπτικής ίνας. Το φως τελικά τροφοδοτεί έναν δέκτη, όπου ένας ανιχνευτής το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο με τη σειρά του επεξεργάζεται κατάλληλα, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί από τα εξαρτήματα λήψης. Όπως ακριβώς με τα σύρματα χαλκού ή τη ραδιοφωνική μετάδοση, η λειτουργία της σύνδεσης δεδομένων των οπτικών ινών καθορίζεται από το πόσο καλά το επαναμετατρεπόμενο ηλεκτρικό σήμα, που βρίσκεται εκτός του δέκτη, ταιριάζει με την είσοδο του πομπού.



Σχήμα 13.1 Τυπικό σύστημα μετάδοσης

Η ικανότητα οποιουδήποτε συστήματος οπτικών ινών να μεταδώσει δεδομένα, τελικά εξαρτάται από την οπτική ισχύ στον δέκτη, όπως φαίνεται στο σχήμα 13.2, που παρουσιάζει το ποσοστό ψηφιακού λάθους της σύνδεσης δεδομένων, ως μία λειτουργία της οπτικής ισχύος στον δέκτη. Πολύ μικρή, ή πολύ μεγάλη ποσότητα ισχύος, θα προκαλέσει μεγάλα ποσοστά ψηφιακού λάθους (BER). Αν η ισχύς είναι πολύ μεγάλη, θα υπάρξει κορεσμός του ενισχυτή του δέκτη, ενώ αν είναι πολύ μικρή, τότε ο θόρυβος που θα προκληθεί θ' αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα. Αυτή η ισχύς του δέκτη εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες, πόση ισχύ προωθείται μέσα στην ίνα από τον πομπό και πόση απ' αυτή χάνεται από την εξασθένιση στο καλώδιο οπτικών ινών, το οποίο συνδέει τον πομπό με τον δέκτη.

Η σύνδεση δεδομένων μπορεί από τη φύση της να είναι αναλογική ή ψηφιακή. Και τα δύο είδη έχουν κάποιες κρίσιμες παραμέτρους, καθώς και κάποιες μεγάλες διαφορές. Και στις δύο ωστόσο η πιο σημαντική παράμετρος

είναι το περιθώριο οπτικής απώλειας. Αυτό καθορίζεται από την σύνδεση μ' έναν ρυθμιζόμενο εξασθενητή, στο εγκατεστημένο καλώδιο και μεταβάλλοντας την απώλεια, ώπου να καταφέρουμε να δημιουργήσουμε την καμπύλη που παρουσιάζεται στο σχήμα 13.2.



Σχήμα 13.2 Ποσοστό ψηφιακού λάθους

Οι αναλογικές συνδέσεις ελέγχονται γ' ία τα ποσοστά σήματος και θορύβου, ώστε να καταφέρουμε να καθορίσουμε το περιθώριο σύνδεσης, ενώ οι ψηφιακές συνδέσεις χρησιμοποιούν το ποσοστό ψηφιακού λάθους ως μέτρο υπολογισμού της απόδοσης. Και οι δύο συνδέσεις απαιτούν τη διεξαγωγή ελέγχου σ' ολόκληρο το εύρος ζώνης που καθορίζεται για τη λειτουργία, όμως οι περισσότερες συνδέσεις δεδομένων τώρα προδιαγράφονται για συγκεκριμένες εφαρμογές δικτύων, όπως οι καλωδιακές τηλεοράσεις ή έγχρωμες οθόνες RGB για τις αναλογικές συνδέσεις και SONET, Ethernet, FDDI και ESCON για ψηφιακές συνδέσεις.

Το περιθώριο οπτικής ισχύος της σύνδεσης καθορίζεται από δύο παράγοντες: την ευαισθησία του δέκτη-η οποία καθορίζεται στην καμπύλη του ποσοστού ψηφιακού λάθους, που προαναφέρθηκε-και η ισχύς εξόδου του πομπού στην ίνα. Το κατώτατο επίπεδο ισχύος, που προσδίδει ένα αποδεκτό ποσοστό ψηφιακού λάθους, καθορίζει την ευαισθησία του δέκτη. Η ισχύς του πομπού, που έχει συνδεθεί στην οπτική ίνα, καθορίζει το περιθώριο απώλειας της σύνδεσης. Αν η σύνδεση έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί σε διαφορετικά ποσοστά ψηφιακού λάθους, είναι απαραίτητο να δημιουργήσουμε την καμπύλη λειτουργίας για κάθε ποσοστό τέτοιου είδους. Αφού η ολική ισχύς του σήματος είναι λειτουργία του παλμικού εύρους, και το παλμικό εύρος θα ποικίλει ανάλογα με το ποσοστό ψηφιακού λάθους (υψηλότερα ποσοστά σημαίνει βραχύτεροι παλμοί), η ευαισθησία του δέκτη θα μειώνεται όσο αυξάνονται τα ποσοστά ψηφιακού λάθους.

Κάθε κατασκευαστής εξαρτημάτων και συστημάτων συνδέσεων δεδομένων, τα προδιαγράφει όσον αφορά στην ευαισθησία του δέκτη (ίσως ν' απαιτείται μία ελάχιστη ισχύς) και στην ελάχιστη ισχύ που διοχετεύεται στην ίνα από την πηγή. Οι τυπικές τιμές για τις παραμέτρους αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 13.1. Για να διεξαχθεί ο έλεγχος τους σωστά, θα πρέπει να γνωρίζουμε τις συνθήκες ελέγχου. Στα εξαρτήματα σύνδεσης δεδομένων συμπεριλαμβάνονται η συχνότητα εισόδου, το ποσοστό ψηφιακού

λάθους, και ο κύκλος έργου, η τάση τροφοδοσίας και το είδος της ίνας που συνδέεται στην πηγή. Στα συστήματα θα είναι και ένα διαγνωστικό πρόγραμμα που απαιτείται από το σύστημα.

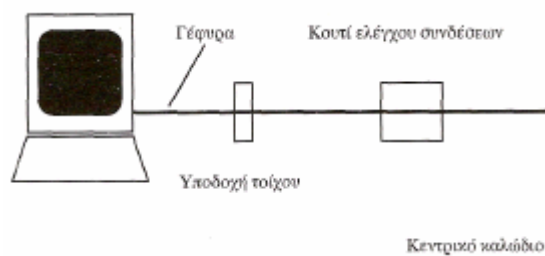
Στα δίκτυα και τις συνδέσεις δεδομένων των τηλεπικοινωνιών, υπάρχουν πολλά συστήματα οπτικών ινών που είναι προσανατολισμένα στις απαιτήσεις της αγοράς αλλά υπάρχει επίσης κι ένας αριθμός στάνταρ βιομηχανικών δικτύων. Τα δίκτυα αυτά έχουν προδιαγραφές, οι οποίες έχουν συμφωνηθεί από κοινού απ' όλους τους κατασκευαστές, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η συμβατότητα των προϊόντων τους.[7]

Πίνακας 13.1 Τυπικές τιμές παραμέτρων

Τύπος Σύνδεσης	Είδος Πηγής / Ίνας	Μήκος Κύματος (nm)	Ισχύς Εκπομπής (dBm)	Ευαισθησία Δέκτη (dBm)	Περιθώριο (dB)
Τηλεπικοινωνίες	Laser/SM	1300 1500	+3 έως -6 0 έως -10	-40 έως -45 -40 έως -45	34 έως 48 40 έως 45
Επικοινωνίες Δεδομένων	LED/MM	850 1300	-10 έως -20 -10 έως -20	-30 έως -35 -30 έως -35	10 έως 25 10 έως 25
Καλωδιακή Τηλεόραση (AM)	Laser/SM	1300	+10 έως 0	0 έως -10	10 έως 20

13.2 Εγκατάσταση και έλεγχος καλωδίου οπτικών ινών

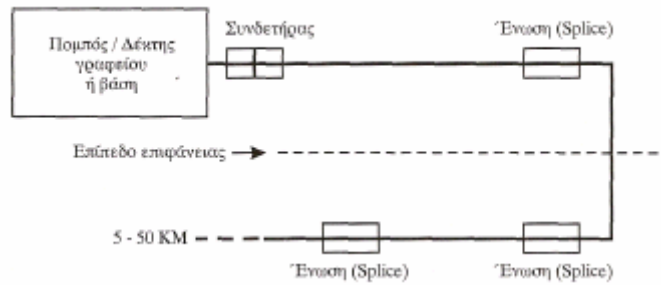
Τα τυπικά καλώδια οπτικών ινών αποτελούνται από ένα κεντρικό καλώδιο το οποίο συνδέει τους πίνακες συνδεσμολογίας και διάφορα μικρά καλώδια-γέφυρες, τα οποία με τη σειρά τους συνδέουν τον εξοπλισμό με το εγκατεστημένο κεντρικό καλώδιο. Τα συστήματα των κτιρίων και των περιορισμένων περιοχών είναι σαν αυτό που παρουσιάζει το σχήμα 13.3, όπου η κεντρική ίνα καταλήγει σε ντουλαπάκια ελέγχου καλωδίων και μικρά καλώδια-γέφυρες συνδέουν το σύστημα με υποδοχές στον τοίχο ή άμεσα στον εξοπλισμό. Αυτές οι εγκαταστάσεις συχνά δεν έχουν καθόλου ενώσεις μεταξύ αγωγών, αφού οι αποστάσεις είναι μικρές.



Σχήμα 13.3 Σύστημα κτιρίου

Τα εγκατεστημένα καλώδια των τηλεπικοινωνιών μοιάζουν πιο πολύ όπως αυτά του σχήματος 13.4, όπου το μήκος του καλωδίου είναι μεγάλο κι

απαιτεί ενώσεις κάθε 2-4 χλμ. Επιπλέον, οι ίνες δεν έχουν άμεση απόληξη, αλλά υψηλής ποιότητας εργοστασιακοί μικροί, εύκαμπτοι αγωγοί, δημιουργούν τις συνδέσεις στο κεντρικό καλώδιο. Η διαδικασία ελέγχου οποιουδήποτε εγκατεστημένου καλωδίου οπτικών ινών, κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση, συμπεριλαμβάνει όλες τις ενέργειες που καλύψαμε έως τώρα. Για να ελέγξουμε το εγκατεστημένο καλώδιο θα πρέπει να διεξάγουμε τον έλεγχο τρεις φορές, πριν την εγκατάσταση, κάθε εγκατεστημένο τμήμα του και για ολοκληρωμένη απώλεια από άκρο σε άκρο.



Σχήμα 13.4 Τηλεπικοινωνιακή εγκατάσταση

Θα πρέπει, ακόμη, να ελέγξουμε το καλώδιο όσο αυτό βρίσκεται στην μπομπίνα, για να εξασφαλίσουμε το γεγονός ότι δεν έγινε καμία ζημιά κατά τη μεταφορά του από τον κατασκευαστή στο χώρο εγκατάστασης του. Αφού το κόστος εγκατάστασης του είναι συνήθως υψηλό, συχνά υψηλότερο από το κόστος των υλικών, είναι λογικό να εξασφαλίσουμε από πριν ότι τα καλώδια που θα εγκαταστήσουμε θα είναι κατάλληλα.

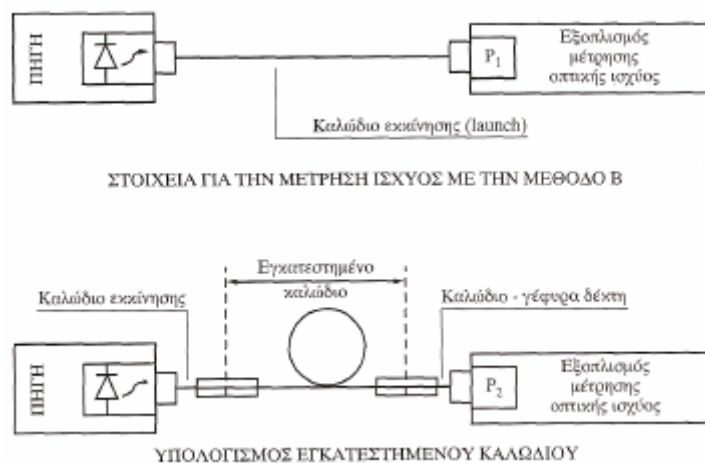
Γενικά, είναι αρκετό να διεξάγουμε ελέγχους απλά για να εξασφαλίσουμε τη συνέχεια του καλωδίου, αφού οι περισσότερες ίνες εγκαθίστανται χωρίς συνδετήρες και καταλήγουν στην σωστή τους θέση, ενώ παράλληλα το πιο πιθανό είναι οι συνδετήρες να προκαλούν οποιοδήποτε πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τον έλεγχο απώλειας. Μετά την εγκατάσταση και τον τερματισμό, κάθε τμήμα του εγκατεστημένου καλωδίου θα πρέπει να ελέγχεται μεμονωμένα, όταν γίνεται η εγκατάσταση του, για να εξασφαλίσουμε την καλή κατάσταση τόσο κάθε συνδετήρα, όσο και κάθε καλώδιου. Τέλος, κάθε σύνδεση απ' άκρο σ' άκρο (από τον ένα εξοπλισμό που εγκαθίσταται πάνω στο καλώδιο, έως τον αμέσως επόμενο) θα πρέπει να υποστεί έναν τελικό έλεγχο.

Ο έλεγχος ολόκληρου του εγκατεστημένου καλωδίου διεξάγεται με μία άλλη σπάνια διαδικασία ελέγχου, σχήμα 13.5. Αυτή καλύπτει τις ιδιαιτερότητες μίας πολύτροπης ίνας με κάθε λεπτομέρεια. Στην πραγματικότητα είχε δημιουργηθεί για πολύτροπα καλώδια, έτσι ώστε να καλύπτει τα προβλήματα ελέγχου την διανομής της κατάστασης ισχύος, αλλά η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται και για μονότροπες, όπου ο φόβος για λάθος στην διανομή της κατάστασης ισχύος είναι πιο περιορισμένος.

Στις πολύτροπες ίνες, ο έλεγχος τώρα πια διεξάγεται και στα 850 και στα 1300nm, με τη χρήση LEDs ως πηγές. Έτσι, μπορούμε να αποδείξουμε την απόδοση του καλωδίου για κάθε σύστημα επικοινωνίας δεδομένων,

συμπεριλαμβανομένων του FDDI και του ESCON, και να καλύψουμε τις απαιτήσεις του κάθε αγοραστή δικτύων. Για τα καλώδια μονότροπων ινών ο έλεγχος συνήθως διεξάγεται στα 1500nm αλλά μερικές φορές απαιτείται επίσης η διεξαγωγή του ελέγχου και στα 1550nm. Ο έλεγχος στα 1550nm θ' αποδείξει ότι το καλώδιο μπορεί να υποστηρίξει την πολλαπλή διανομή της υποδιαίρεσης του μήκους κύματος (WDM) στα 1300nm και 1550nm για πιθανή μελλοντική επέκταση. Επιπλέον, ο έλεγχος στα 1550nm μπορεί να προσδιορίσει απώλεια από μικρές καμπές, η οποία δεν είναι εμφανής στα 1300nm, αφού οι ίνες είναι πολύ πιο ευαίσθητες στην απώλεια λόγω κάμψης στα 1550nm.

Αν η απώλεια του εγκατεστημένου καλωδίου απ' άκρο σ' άκρο υπερβαίνει το όριο της συνολικής αποδεκτής απώλειας, η καλύτερη λύση είναι να ξαναελέγξουμε το κάθε τμήμα του εγκατεστημένου καλωδίου ξεχωριστά, ελέγχοντας τα καλώδια όπου υποπτευόμαστε την ύπαρξη προβλήματος προς κάθε κατεύθυνση, αφού το πιθανότερο πρόβλημα είναι ένας ακατάλληλος συνδετήρας ή σύνδεση μεταξύ αγωγών. Αν το εγκατεστημένο καλώδιο είναι αρκετά μεγάλο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν μετρητή ανάκλασης (OTDR) για να προσδιορίσουμε το πρόβλημα. Οι ακατάλληλοι συνδετήρες θα πρέπει τότε να ξαναλειαινούνται ή ν' αντικαθίστανται, έτσι ώστε να περιορίζουμε την απώλεια σε αποδεκτά πλαίσια.[40]



Σχήμα 13.5 Διαδικασία ελέγχου

13.3 Έλεγχος με μετρητή ανάκλασης (OTDR)

Κάποτε, οι μετρητές ανάκλασης χρησιμοποιούνται για την διεξαγωγή ελέγχου στα εγκατεστημένα καλώδια. Στην πραγματικότητα, εκτυπώσεις ή εικόνες του κάθε ίχνους κάθε μετρητή ανάκλασης για κάθε ίνα καλωδίου αρχειοθετούνταν. Ο μετρητής ισχύος και η πηγή αντικατέστησαν τον μετρητή ανάκλασης OTDR σε κάθε τελικό έλεγχο καταλληλότητας, αφού ο άμεσος έλεγχος απώλειας δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά στην απώλεια απ' άκρο σ' άκρο, απ' ό,τι κάνει ο OTDR.

Ωστόσο, μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε τον μετρητή ανάκλασης για να βρούμε ακατάλληλους συνδετήρες ή προβλήματα απώλειας οπτικής επιστροφής στους συνδετήρες και τις συνδέσεις στα εγκατεστημένα καλώδια οπτικών ινών. Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν μόνο μ' έναν μετρητή ανάκλασης, έτσι ώστε να μπορέσουμε να τα διορθώσουμε. Τα τυπικά συστήματα ελέγχου επιστρεφόμενης ανάκλασης δίνουν μόνο ένα συνολικό ποσό απώλειας επιστροφής, όχι όμως την επίδραση των μεμονωμένων εξαρτημάτων, που είναι απαραίτητη για να προσδιορίσουμε και να διορθώσουμε το πρόβλημα.

Ο ανιχνευτής ανάκλασης επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπίσουμε τους ακατάλληλους συνδετήρες και τις συνδέσεις μεταξύ αγωγών σ' ένα εγκατεστημένο καλώδιο υψηλής απώλειας, αν βέβαια ο ανιχνευτής έχει αρκετά υψηλή ανάλυση ώστε να ανιχνεύσει μικρές μεμονωμένες συνδέσεις καλωδίων. Ωστόσο, αν τα καλώδια είναι πολύ μικρά και οι ενώσεις μεταξύ των αγωγών βρίσκονται πολύ κοντά στο άκρο της ίνας (όπως συμβαίνει συχνά με τους μικρούς εύκαμπτους αγωγούς που συνδέονται σε καλώδια μονότροπων ινών), ο μόνος τρόπος να προσδιορίσουμε το πρόβλημα είναι να χρησιμοποιήσουμε μία συσκευή εντοπισμού οπτικού λάθους, κατά προτίμηση μία συσκευή τύπου λέιζερ Ηλίου-Νέον υψηλής ισχύος, που μπορεί να λαμπριζεί μέσα από το κάλυμμα των κλασσικών καλωδίων οπτικών ινών, (με το κίτρινο ή πορτοκαλί κάλυμμα από PVC). Αυτή η μέθοδος προσδιορισμού λάθους είναι ευκολότερη αν τα καλώδια μονότροπων ινών χρησιμοποιούν κίτρινο ή πορτοκαλί περίβλημα, χρώματα που είναι πιο διαμπερή στο φως του λέιζερ.[40]

13.4 Έλεγχος δικτύων οπτικών ινών

Παρόλο που τα δίκτυα οπτικών ινών έχουν κάποιες σημαντικές διαφορές από τα δίκτυα χαλκού (συμβατικά), ο έλεγχος και ο εντοπισμός λαθών τους είναι ουσιαστικά κατά πολύ παρόμοιος. Τις τεχνικές μπορούν εύκολα να εφαρμόσουν τεχνικοί με βασική εκπαίδευση στις οπτικές ίνες και στον έλεγχο δικτύων.

13.4.1 Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τη διεξαγωγή ελέγχου

Για όλα τα καλώδια που θα υποστούν έλεγχο ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ένα σετ ελέγχου οπτικών ινών, το οποίο συμπεριλαμβάνει έναν μετρητή ισχύος οπτικών ινών, και μία πηγή LED ή λέιζερ. Η πηγή θα πρέπει να είναι του τύπου και της κυματομορφής που χρησιμοποιείται για τους πομπούς στο υπό έλεγχο δίκτυο. Προσαρμοστές οργάνων παρέχουν τα συνδετικά κυκλώματα που είναι απαραίτητα για τους συνδετήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο δίκτυο. Τα καλώδια ελέγχου χρησιμοποιούνται ως γέφυρες εκκίνησης και λήψης για τον έλεγχο των

καλωδίων του δικτύου κι απαιτείται ένα κουτί σύζευξης συνδετήρων, για ν' αλληλοσυνδέσουμε τις γέφυρες ελέγχου με τα καλώδια που πρόκειται να ελεγχθούν

13.4.2 Διαδικασίες χειρισμού και καθαρισμού

Τους συνδετήρες και τα καλώδια θα πρέπει να τα χειριζόμαστε με προσοχή. Μην λυγίζετε και τεντώνετε τα καλώδια υπερβολικά, ειδικά κοντά στους συνδετήρες, καθώς οι απότομες κάμψεις μπορεί να σπάσουν τις ίνες. Μην ρίχνετε κάτω τους συνδετήρες, γιατί μπορεί να καταστραφούν από ένα χτύπημα στην οπτική επιφάνεια. Μην τραβάτε με δύναμη τους συνδετήρες, καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να σπάσει την ίνα στο πίσω μέρος του συνδετήρα ή να προκαλέσει εμβολισμό αν ο μεταλλικός κρίκος σύνδεσης μεταξύ ίνας και συνδετήρα σπάσει.

Αν αμφισβητείτε την κατάλληλη κατάσταση των συνδετήρων, καθαρίστε τους πριν τη διεξαγωγή του ελέγχου. Ένα μικροσκόπιο ελέγχου οπτικών ινών με τα κατάλληλα εξαρτήματα συγκράτησης των συνδετήρων θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να επαληθεύσουμε την κατάσταση των συνδετήρων στην περίπτωση που έχουμε την οποιαδήποτε αμφιβολία για την καθαρότητα και τη φυσική τους κατάσταση.

13.5 Τι Πάει στραβά στις εγκαταστάσεις των οπτικών ινών.

Στην προσπάθεια να βοηθήσουμε τους χρήστες να εγκαταστήσουν και να ελέγξουν το δίκτυο οπτικών ινών, το πρώτο πρόβλημα που θ' αντιμετωπίσουμε είναι οι ακατάλληλες συνδέσεις οπτικών ινών. Μία σύνδεση οπτικών ινών αποτελείται από δύο ίνες, οι οποίες εκπέμπουν προς αντίθετες κατευθύνσεις για να παρέχουν πλήρη ταυτόχρονη επικοινωνία. Δεν είναι σπάνιο φαινόμενο η σύνδεση με διακόπτη, της ίνας εκπομπής με την ίνα λήψης, έτσι οδότε να εκπέμπει σ' έναν πομπό και να λαμβάνει στον δέκτη. Αυτό βέβαια, δεν έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Ένας οπτικός εντοπιστής θα διευκολύνει την επαλήθευση και τον προσδιορισμό των κατάλληλων συνδετήρων πολύ γρήγορα. Ο οπτικός εντοπιστής είναι ένα ορατό φως που ρίχνουμε μέσα στην ίνα και με το μάτι την ελέγχουμε καθώς περνάει μέσα από το καλώδιο, τα κουτιά ελέγχου κτλ. έως το τελευταίο άκρο της. Ο ίδιος ο ανιχνευτής μπορεί να είναι ένας φακός (παρόλο που είναι πράγματι δύσκολο να κρατήσουμε την ίνα σταθερή, έτσι ώστε να ρίξουμε αρκετό φως για να την ελέγξουμε), ένας τροποποιημένος φακός ή ακόμη κι ένα μικροσκόπιο, που θα κρατά την ίνα σταθερή στη θέση της και θα ρίχνει μια επαρκή ποσότητα φωτός (ισχύος) μέσα στην ίνα, ή μία ειδική πηγή ελέγχου, η οποία θα χρησιμοποιεί μία λαμπερή κόκκινη LED, όπως εκείνες που χρησιμοποιούν οι πλαστικές συνδέσεις ινών. (Μην

ανησυχείτε για την ασφάλεια των ματιών σας. Το επίπεδο ισχύος σ' αυτού του είδους τις πηγές δεν είναι αρκετά υψηλό ώστε να προκαλέσει βλάβη).

Οι οπτικοί εντοπιστές μπορούν να σας επιτρέψουν να ελέγξετε ίνες μήκους έως και 4χλμ. Εκτός, όμως από την ανίχνευση των ινών, ο ανιχνευτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της συνέχειας και την ανεύρεση σπασμένων ινών στα καλώδια. Μία άλλη χρήση του, που συνιστάται ανεπιφύλακτα είναι ο έλεγχος της συνέχειας της κάθε ίνας που βρίσκεται μέσα σ' ένα καλώδιο πολλών ινών, πριν την εγκατάσταση του για να εξασφαλίσουμε ότι όλες οι ίνες είναι εντάξει. Αν εγκαταστήσουμε ένα καλώδιο με ακατάλληλες ίνες, εκτός του ότι θα γίνουμε ρεζίλι, θα μας κοστίσει και ακριβά. Οι οπτικοί ανιχνευτές ινών είναι φθηνοί κι αποτελούν ένα ανεκτίμητο εργαλείο για κάθε μέλος της ομάδας εγκατάστασης των ινών.

Για τα μονότροπα καλώδια, υπάρχει επίσης ένα ακόμη πιο ισχυρό εργαλείο στη διάθεση μας ένα ορατό λέιζερ υψηλής ισχύος που διοχετεύεται στην ίνα και που ονομάζεται "οπτικός εντοπιστής λάθους" (VFL). Αυτός χρησιμοποιεί κόκκινο λέιζερ, είτε Ηλίου-Νέον, ή διόδους λέιζερ, με αρκετή ισχύ για να παρουσιάζουν τις ρωγμές που τυχόν υπάρχουν στην ίνα πάνω από το κάλυμμα της ίνας. Ωστόσο, είναι πολύ πιο ακριβά από τους απλούς ανιχνευτές ινών.

13.5.1 Ο έλεγχος του εγκατεστημένου καλωδίου οπτικών ινών

Τα δίκτυα οπτικών ινών πάντοτε προδιαγράφονται να λειτουργούν για μια ορισμένη ποσότητα απώλειας που τυπικά ονομάζεται περιθώριο του συστήματος. Είτε η υπερβολική, είτε η ελάχιστη απώλεια μπορεί ν' αποτελεί πρόβλημα. Αν η απώλεια είναι πολύ μεγάλη, το σήμα στον δέκτη θα είναι χαμηλό προκαλώντας έτσι ένα ασθενές σήμα σε μορφή θορύβου στον δέκτη. Αν η απώλεια είναι πολύ υψηλή, το επίπεδο ισχύος στον δέκτη θα είναι πολύ υψηλό, προκαλώντας κορεσμό του δέκτη. Και οι δύο αυτές καταστάσεις θα προκαλέσουν υψηλά ποσοστά λάθους στα ψηφιακά συστήματα ή χαμηλή απόδοση αναλογικού σήματος.

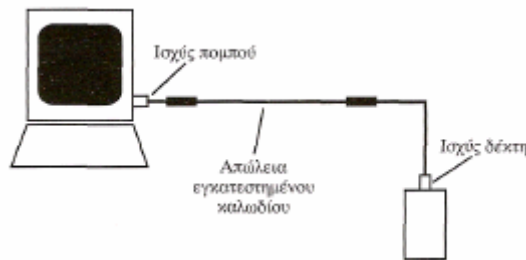
Θα πρέπει να ελέγξουμε ολόκληρο το εγκατεστημένο καλώδιο, συμπεριλαμβανομένου κάθε μεμονωμένου καλωδίου - γέφυρας ή κεντρικού καλωδίου, για απώλεια, χρησιμοποιώντας έναν μετρητή ισχύος και των μέθοδο διπλού άκρου. Χρησιμοποιείστε τη μέθοδο διπλού άκρου, αφού οι προδιαγραφές του περιθωρίου του συστήματος συμπεριλαμβάνουν την απώλεια στους συνδετήρες και στα δύο άκρα της ίνας. Αν ο υπολογισμός απώλειας από τον πομπό στον δέκτη, για μία συγκεκριμένη ίνα συμπεριλαμβάνεται στις προδιαγραφές περιθωρίου, τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να καταγραφούν για μελλοντική χρήση. Αν η απώλεια είναι πολύ χαμηλή, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ίνα κατά πάσα πιθανότητα θα χρειαστεί έναν εσωτερικό εξασθενητή γραμμής, έτσι ώστε να μειώσει την ισχύ του δέκτη σ' αποδεκτά όρια. Αν η απώλεια είναι πολύ υψηλή, θα πρέπει να

ξαναελέγξουμε κάθε σύνδεση σε ολόκληρο το καλώδιο για να βρούμε ποια είναι η ακατάλληλη.

Πιθανή αιτία για την υψηλή απώλεια στις συνδέσεις απ' άκρο σ' άκρο είναι οι ακατάλληλοι συνδετήρες, οι ακατάλληλες συνδέσεις μεταξύ αγωγών στα κουτιά ελέγχου, τα καλώδια που είναι σφιχτά γυρισμένα στις γωνίες, οι σπασμένες ίνες, ή ακόμη και τα ακατάλληλα καλώδια λήψης ή όργανα. Υπάρχουν μόνο δύο τρόποι να εντοπίσουμε το πρόβλημα: να ελέγξουμε κάθε τμήμα του καλωδίου μεμονωμένα για να προσδιορίσουμε το πρόβλημα ή με τη χρήση ενός μετρητή ανάκλασης, αν τα μήκη είναι αρκετά μεγάλα για να τα παρατηρήσουμε μεσ' από την περιορισμένη ανάλυση ενός μετρητή ανάκλασης.

13.6 Έλεγχος και ανίχνευση λάθους των δικτύων

Το εγκατεστημένο δίκτυο μπορεί να ελεγχθεί γρήγορα κι εύκολα μ' έναν μετρητή ισχύος οπτικών ινών (Σχ. 13.6). Ο πομπός του δικτύου πρέπει να καθοριστεί ώστε να εκπέμπει έξοδο ρολογιού ή άλλο ψηφιακό σύνολο με γνωστό σε μας κύκλο εργασίας. Ρυθμίστε τη διαβάθμιση του μετρητή ισχύος στο κατάλληλο μήκος κύματος και τις μονάδες καθορίστε τις σε Watt. Για ελέγξετε το πιο σημαντικό στοιχείο του δικτύου, που είναι η λαμβανόμενη ισχύς, αρχικά θα πρέπει ν' αποσυνδέσετε τον συνδετήρα του καλωδίου οπτικών ινών, να προσαρμόσετε τον μετρητή ισχύος και να υπολογίσετε την ισχύ.



Σχήμα 13.6 Έλεγχος δικτύου

Αν η ισχύς του δέκτη είναι χαμηλή, η ισχύς του πομπού θα πρέπει να υπολογίζεται αφού αποσυνδέσουμε το καλώδιο-γέφυρας της πηγής από το πρώτο διαθέσιμο συνδετήρα και να υπολογίσουμε την ισχύ με την ίνα στο σημείο εκείνο. Αλλιώς, μπορούμε ν' αποσυνδέσουμε το καλώδιο από τον πομπό και να χρησιμοποιήσουμε μία γνωστή γέφυρα έλεγχου, για να μετρήσουμε την ισχύ. Αν η έξοδος υπολογίζεται μέσω ενός μικρού καλωδίου-γέφυρας του δικτύου (κάτω από 10 μέτρα) δεν χρειάζεται κάλυψη της απώλειας στη γέφυρα. Για μεγαλύτερες γέφυρες, μπορεί η κάλυψη αυτή να χρειαστεί.

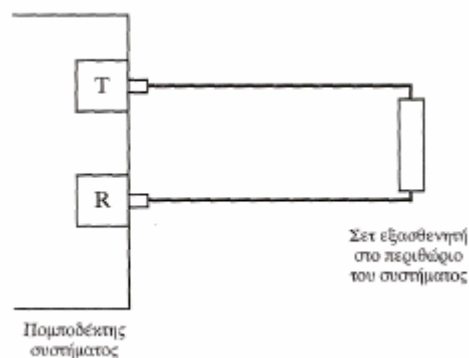
Αν η ισχύς του δέκτη είναι χαμηλή αλλά η ισχύς του πομπού υψηλή, τότε κάτι πάει στραβά με τα καλώδια. Θα πρέπει να τα ελέγξουμε σε κάθε

επαφή σύνδεσης, για ν'απομονώσουμε τ'ακατάλληλα καλώδια και συνδετήρες. Αυτό μπορεί να γίνει ξεκινώντας από οποιοδήποτε άκρο. Ξεκινώντας από το άκρο του πομπού ή του δέκτη, θ' ακολουθήσουμε τα καλώδια του δικτύου έως κάθε κουτί σύνδεσης. Αποσυνδέστε τον συνδετήρα και υπολογίστε την ισχύ σε κάθε σημείο. Διεξάγοντας μετρήσεις σε dB μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την απώλεια στα καλώδια του δικτύου, σε κάθε σημείο του, αφαιρώντας τις διαδοχικές μετρήσεις.

Όταν εντοπίσουμε ένα ύποπτο καλώδιο, βρίσκοντας μία απώλεια στη σύνδεση του καλωδίου μεγαλύτερη της αναμενόμενης, το ύποπτο αυτό καλώδιο χρειάζεται έλεγχο με την μέθοδο που περιγράψαμε παραπάνω. Αν το καλώδιο έχει εξασθένηση υψηλότερη των προδιαγραφών, αλλά συνεχίζει να εκπέμπει φως, ελέγξτε τους συνδετήρες μ' ένα μικροσκόπιο για να καθορίσετε αν αυτοί έχουν καταστραφεί και θα πρέπει να αντικατασταθούν. Αν οι συνδετήρες φαίνονται να βρίσκονται σε καλή κατάσταση, η καλύτερη λύση ίσως να είναι η αντικατάσταση του καλωδίου ή του διακόπτη με κάποιον άλλον. Αν διαθέτουμε έναν οπτικό εντοπιστή λάθους, μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε για να εντοπίσουμε οπτικά ρωγμές στην ίνα καθώς και σπασμένους συνδετήρες. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, όπως για παράδειγμα υψηλή απώλεια σε μεγάλες γέφυρες ή κεντρικά καλώδια, ένας μετρητής οπτικής ανάκλασης (OTDR) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση λαθών στα καλώδια.

13.7 Έλεγχος πομποδέκτη με συνδεσμολογία βρόγχου

Η χωρητικότητα του δικτύου, όσον αφορά στην επικοινωνία των δεδομένων, μπορεί να ελεγχθεί μ' έναν έλεγχο συνδεσμολογίας βρόγχου (Σχ. 13.7).



Σχήμα 13.7 Έλεγχος συνδεσμολογίας βρόγχου

Ο έλεγχος αυτός χρησιμοποιεί είναι βαθμονομημένο εξασθενητή οπτικών ινών, τοποθετημένο μεταξύ πομπού και δέκτη, πάνω σ' ένα συγκεκριμένο εξάρτημα του εξοπλισμού, για να δούμε αν μπορεί να εκπέμπει δεδομένα στον εαυτό του. Αυτό θα ελέγξει τον πομπό και τον δέκτη της

μονάδας κάτω από συνθήκες εκπομπής συγκεκριμένων δεδομένων, για έναν προϋπολογισμό συγκεκριμένης απώλειας στη σύνδεση.

Ορισμένα είδη εξοπλισμού μπορούν να υποστούν έλεγχο ηλεκτρικού δικτύου με συνδεσμολογία βρόγχου, όπου η διέλευση του βρόγχου βρίσκεται στο εσωτερικό του εξοπλισμού, και μέσω του βρόγχου περνά μέσα απ' ολόκληρη τη σύνδεση των δεδομένων για να φθάσει μέχρι τον εξοπλισμό που βρίσκεται στο άλλο άκρο της σύνδεσης. Αν και τα δύο άκρα της σύνδεσης περάσουν με συνδεσμολογία βρόγχου, το πρόβλημα βρίσκεται στα καλώδια, τα οποία κατόπιν χρειάζονται έλεγχο με τις μεθόδους που προαναφέραμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 - Αποκατάσταση βλαβών Οπτικών Ινών

Η τεχνολογία των οπτικών ινών προσφέρει στους χρήστες επικοινωνιών τη δυνατότητα να μεταδίδουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό συμβαδίζει με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, fax, υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και ψηφιακού video. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως σε παρακλαδικές συνδέσεις, λόγω της ικανότητας τους να διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες πληροφοριών, είτε από πόλη σε πόλη είτε μεταξύ χρηστών σε πανεπιστημιακές εφαρμογές.

Καθώς μεγαλώνει η ανάπτυξη των βιομηχανιών αυτών, αυξάνει παράλληλα και η χρήση των οπτικών ινών για τη μετάδοση πληροφοριών. Οι τηλεφωνικές και άλλες εταιρείες παροχής υπηρεσιών έχουν καλά οργανωμένες επισκευαστικές αρχές. Οι μεγάλες εναέριες ή υπόγειες διαδρομές καθιστούν κρίσιμες τις πρακτικές επισκευής για την ορθή λειτουργία των συστημάτων τους.

Τα τοπικά δίκτυα LAN (Local Area Networks) έχουν τη μοναδικότητα να αποτελούνται από εσωτερικές και εξωτερικές ζεύξεις μικρού μήκους, συγκριτικά με τα WAN (Wide Area Networks) ή τα μητροπολιτικά δίκτυα οπτικών επικοινωνιών. Αυτό απαιτεί διαφορετικές προσεγγίσεις και εξοπλισμό για ανταπόκριση σε καταστάσεις ανάγκης.

14.1 Πρόληψη αντί αποκατάστασης βλαβών

Όλα τα δίκτυα αρχίζουν από το στάδιο της σχεδίασης. Στο στάδιο αυτό, θα πρέπει να καθορίζονται τα μέτρα που θα λαμβάνονται για την προστασία της εγκατάστασης. Από την καθιέρωση του προτύπου FDDI στα τέλη της δεκαετίας του 1980, έχουν υπάρξει σοβαρές προσπάθειες προστασίας των δικτύων οπτικών επικοινωνιών. Ο λόγος που συνέβη αυτό είναι ότι το FDDI σχεδιάστηκε ως ένα παρακλαδικό σύστημα ταχύτητας 100 Mbits/sec. Με τον υψηλό αυτό ρυθμό δεδομένων, οι χρήστες απαιτούσαν αξιοπιστία, έτσι ώστε να μην καταρρέει ολόκληρο το σύστημα σε περίπτωση δυσλειτουργίας κάποιου κόμβου ή καλωδίου. Ο αντίθετος φοράς δακτύλιος του FDDI, προσέφερε εναλλακτικές λύσεις, οπτικούς διακόπτες παράκαμψης για προστασία του δικτύου και διαγνωστικό έλεγχο για διοίκηση του δικτύου.

Οι σύγχρονοι σχεδιαστές θα πρέπει να πάρουν μαθήματα από αυτό. Τα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, κρίσιμης αξιοπιστίας, ασφάλειας και χρηστών προτεραιότητας, θα πρέπει να σχεδιάζονται με εναλλαξιμότητα διαδρομών. Αυτό σημαίνει εντελώς διαφορετικές διαδρομές, και όχι τοποθέτηση των καλωδίων μέσα στον ίδιο οδηγό. Βέβαια, με τον τρόπο αυτό αυξάνεται το κόστος υλικών και εγκατάστασης. Για παράδειγμα, εάν ένα πανεπιστημιακό δίκτυο βασίζεται σε τοπολογία αστέρα, το κόστος θα είναι υψηλό για τη δημιουργία φυσικού δακτυλίου. Πάντως, η χρυσή τομή μεταξύ αξιοπιστίας και κόστους του δικτύου θα πρέπει να γίνεται στο στάδιο της σχεδίασης.

14.2 Τύποι βλαβών

Ένα άλλο θέμα, που εξετάζεται στο στάδιο της σχεδίασης, είναι τα είδη των βλαβών που έχουν συμβεί κατά το παρελθόν. Η ιστορία επαναλαμβάνεται ακόμη και στις βλάβες των δικτύων. Στους πίνακες 16-1 και 16-2 αναγράφονται ορισμένες από τις βλάβες αυτές.

Από τους πίνακες αυτούς, προκύπτουν οι ακόλουθοι τύποι βλαβών:

A: Βλάβες σχετικά με τους πίνακες συνδέσεων

Οι βλάβες αυτές συμβαίνουν γύρω από τους πίνακες συνδέσεων. Η αιτία μπορεί να είναι ακατάλληλη τοποθέτηση των καλωδίων και συνδετήρων, ακατάλληλο κλείδωμα των βυσμάτων, ακαθαρσίες στις συνδέσεις ή ακατάλληλη δρομολόγηση των καλωδίων.

B: Βλάβες σχετικά με το σύστημα

Υπερ-οδήγηση ή υπο-οδήγηση της οπτικής μετάδοσης μπορεί να προκαλέσει ολική βλάβη ή διακοπτόμενη λειτουργία.

Γ: Βλάβες σχετικά με την εγκατάσταση

Ακατάλληλη ακτίνα κάμψης, συμπίεση των καλωδίων, ακατάλληλα τυλίγματα των καλωδίων αποτελούν όλα συνήθεις τύπους προβλημάτων. Εγκαταστάσεις γύρω από προηγούμενα δίκτυα οπτικών ινών μπορεί και αυτά να αποτελούν αιτίες προβλημάτων, λόγω απρόσεκτων τερματισμών ή δρομολογήσεων καλωδίων.

Δ: Βλάβες σχετικά με άλλες κατασκευές (μεγάλες και μικρές)

Κανονικά, λόγω δραστηριοτήτων άλλων κατασκευών μπορεί να προκληθούν βλάβες π.χ. από μηχανήματα εκσκαφής. Τα εναέρια καλώδια μπορεί να καταστραφούν από ακατάλληλες τεχνικές εγκατάστασης, κλαριά δέντρων, συγκρούσεις αυτοκινήτων, πυροβολισμούς και κεραυνούς. Στα δίκτυα LAN, τρύπες μέσα από τοίχους και οροφές, λάθος κομμένα καλώδια, ακατάλληλη στερέωση και σπασμένες ίνες στα βύσματα από ακατάλληλο χειρισμό ή ατυχήματα, αποτελούν μερικά παραδείγματα βλαβών, λόγω απροσεξιών των τεχνικών.

Πίνακας 14.1. Τοπικές βλάβες καλωδιακών συστημάτων

Βλάβη	Αιτία	Εξοπλισμός	Θεραπεία
Κακή σύνδεση	Ακαθαρσίες ή ζημιά	Μικροσκόπιο	Καθαρισμός/ Γυάλισμα/ βύσματος
Βλαμμένο pigtail	Καμπύλωση	Οπτικός έλεγχος	Ευθυγράμμιση καμπύλωσης
Τοπικές απώλειες	Καμπύλωση	OTDR	Ευθυγράμμιση καλωδίου καμπύλωσης
Θραύση ίνας	Καταστροφή καλωδίου	OTDR Οπτικός έλεγχος	Επισκευή/ Αντικατάσταση

Επανατερματισμός Κατανεμημένες Ελαττωματικό OTDR
 Μείωση φορτίου/ απώλειες καλωδίου καλώδιο ή υπέρβαση
 Αντικατάσταση προδιαγραφών εγκατάστασης
 Απώλειες μόνιμης Ελαττωματική OTDR
 Επανασύνδεση σύνδεσης σύνδεση

Πίνακας 14.2. Τοπικές αιτίες βλαβών LAN

A/A	Θέση βλάβης	Τύπος βλάβης
1	Σπασμένες ίνες σε βύσματα σύνδεσης	A
2	Σπασμένες ίνες σε πίνακες σύνδεσης	A
3	Κατεστραμμένα καλώδια σε βύσματα σύνδεσης	A
4	Κατεστραμμένα καλώδια σε πίνακες σύνδεσης	A
5	Κομμένα καλώδια σε οροφές και τοίχους	D
6	Κομμένα καλώδια σε εξωτερικές κατασκευές	D
7	Βύσματα με ακαθαρσίες	A
8	Σπασμένοι συνδετήρες	A
9	Υπερβολικά υψηλές απώλειες	B
10	Υπερβολικά χαμηλές απώλειες (υπεροδήγηση του δέκτη)	B
11	Ακατάλληλα τυλίγματα καλωδίων	C
12	Όχι καλά κλειδωμένα βύσματα	C
13	Βλάβη εξοπλισμού μετάδοσης σήματος	B
14	Βλάβη τροφοδοσίας ισχύος	B

14.3 Εξοπλισμός αποκατάστασης βλαβών

1. ΚΙΤ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ. Πολλές δυσλειτουργίες οφείλονται σε ακαθαρσίες στα βύσματα, οπότε και ο απλός καθαρισμός αυτών αποτελεί τη λύση. Τα βύσματα, που δε χρησιμοποιούνται, θα πρέπει να διατηρούνται πάντοτε καθαρά και κλειστά (με καπάκι). Αυτό επιλύει το πρόβλημα 7 του πίνακα 16-2.

2. Όργανο οπτικής επιθεώρησης. Εντοπίζει τις όχι καλά γυαλισμένες συνδέσεις βυσμάτων, καθώς επίσης και τις επιφανειακές ακαθαρσίες ή φθορές. Η μεγεθυντική ισχύς του οργάνου (μικροσκοπίου), μπορεί να είναι από 30 έως 400 φορές. Το χρησιμοποιούμενο όργανο θα πρέπει να μπορεί να συγκρατεί την επιθεωρούμενη ίνα με ασφάλεια. Αυτό εντοπίζει το πρόβλημα 7 του πίνακα 16-2.

3. Διάταξη ελέγχου οπτικών απωλειών. Χρησιμοποιείται για έλεγχο των απωλειών μεταξύ άκρων. Αποτελείται από μία σταθερή πηγή φωτός και ένα διακριβωμένο όργανο μέτρησης ισχύος. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να ταιριάζει με το χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος, τον τύπο της ίνας, τα βύσματα και το σύστημα μετάδοσης. Το όργανο μέτρησης ισχύος αποτελεί απλά ένα όργανο ελέγχου, τύπου go ή no-go. Με το όργανο αυτό, ελέγχουμε το επίπεδο ισχύος στον πομπό, στο δέκτη και σε οποιοδήποτε ενδιάμεσο σημείο σύνδεσης, με σκοπό την εξακρίβωση εάν το πρόβλημα οφείλεται στις ηλεκτρο-οπτικές διατάξεις (χαμηλή ισχύς εκπομπής ή προβληματικό σύστημα λήψης) ή στο ίδιο το καλώδιο (αυξημένες απώλειες πέραν των αποδεκτών ορίων). Με τη διάταξη αυτή και με καλές οδηγίες χρήσης, μπορούμε να εξακριβώσουμε σχεδόν οποιοδήποτε πρόβλημα του δικτύου. Συγκεκριμένα, εντοπίζονται τα προβλήματα 1 έως 6, 8 έως 11 και 13, του πίνακα 16-2.

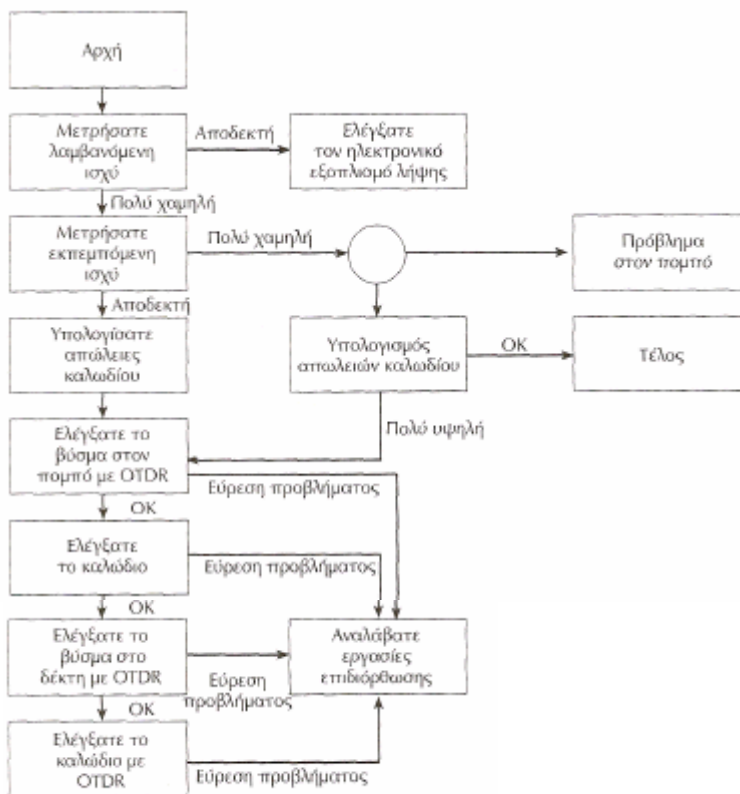
4. Σύστημα ελέγχου οπτικής συνεχείας των ινών. Αποτελεί σύστημα χαμηλού κόστους, το οποίο μεταδίδει ορατό φως μέσα από τις ίνες. Οι ισχυρότερες εκδόσεις χρησιμοποιούν κόκκινο laser He-Ne ή ημιαγωγών διόδων στο ορατό φάσμα, και εντοπίζουν σπασμένες ίνες. Το σύστημα όμως αυτό δε χρησιμεύει για τα περισσότερα καλώδια πολλαπλών οπτικών ινών, και ορισμένα καλώδια μίας οπτικής ίνας (μαύρου ή γκρι περιβλήματος). Υπάρχουν επίσης εκδόσεις λευκού φωτός και κόκκινου LED, αλλά δεν έχουν την απαιτούμενη ισχύ για να εντοπίσουν εσωτερικά σπασίματα. Το σύστημα αυτό εντοπίζει τα προβλήματα 1 έως 3, 8 και 11 του πίνακα 16-2.

5. Optical Time Domain Reflectometer (OTDR). Αποτελείτο όργανο εντοπισμού βλαβών για τις περισσότερες εφαρμογές μεγάλων αποστάσεων. Στα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων, όπου τα προβλήματα συνήθως δημιουργούνται πολύ μακριά από τον εξοπλισμό μετάδοσης, το OTDR αποτελεί ένα κρίσιμο όργανο εντοπισμού βλαβών. Στα LAN, τα περισσότερα προβλήματα δεν εντοπίζονται εύκολα με το όργανο αυτό, λόγω του μικρού μήκους των καλωδίων. Στις περιπτώσεις αυτές, χρησιμοποιούνται όλα τα

προαναφερθέντα όργανα, εκτός εάν πρόκειται για πανεπιστημιακό δίκτυο με καλώδια μήκους πάνω από 500 -1000 μέτρα.[51]

14.4 Εξακρίβωση του προβλήματος

Η πρώτη απαίτηση για την αποκατάσταση μίας βλάβης είναι, φυσικά, ο προσδιορισμός της. Στο σχήμα 14.1, απεικονίζεται ένα διάγραμμα εντοπισμού του προβλήματος. Αρχικά, θα πρέπει να εξακριβώσουμε εάν το πρόβλημα βρίσκεται στα ηλεκτρονικά ή στις ίδιες τις οπτικές ίνες. Συνδέστε το όργανο μέτρησης ισχύος στο δέκτη, για τη μέτρηση της λαμβανόμενης ισχύος και συγκρίνετε την τιμή με τις προδιαγραφές του δικτύου. Μερικές φορές είναι απαραίτητο να εκτελέσετε κάποιους διαγνωστικούς ελέγχους στον πομπό, εκπέμποντας κάποιο σήμα ελέγχου. Εάν το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος συμφωνεί με τις προδιαγραφές, τότε πιθανότατα υπάρχει πρόβλημα στα ηλεκτρονικά του πομπού. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να καλέσετε τους ειδικούς τεχνικούς του δικτύου.



Σχήμα 14.1. Τολικό διάγραμμα εντοπισμού προβλήματος.

Εάν η λαμβανόμενη ισχύς είναι χαμηλή, μετρήστε την εκπεμπόμενη ισχύ του πομπού, χρησιμοποιώντας ένα γνωστό καλό καλώδιο σύνδεσης και ένα όργανο μέτρησης ισχύος. Εάν η εκπεμπόμενη ισχύς είναι χαμηλή, τότε θα πρέπει να αποκατασταθεί το πρόβλημα του πομπού. Εάν η εκπεμπόμενη

ισχύς είναι μέσα στις προδιαγραφές, τότε υπάρχουν αυξημένες απώλειες στην καλωδιακή εγκατάσταση.

Για τον προσδιορισμό του προβλήματος της καλωδιακής εγκατάστασης, μπορείτε να αρχίσετε με ένα σύστημα ελέγχου της οπτικής συνέχειας των ινών. Εάν το δίκτυο μόλις εγκαταστάθηκε ή τροποποιήθηκε, βεβαιωθείτε ότι έχουν γίνει οι σωστές συνδέσεις σε όλους τους πίνακες. Αυτό γίνεται με έλεγχο όλων των ινών μεταξύ των άκρων τους. Ακόμη και εάν όλες οι συνδέσεις είναι σωστές, θα πρέπει να εντοπίσετε σε ποιο τμήμα της εγκατάστασης διακόπτεται η μετάδοση του σήματος.

Πολλοί λόγοι μπορούν να προκαλέσουν διακοπή σε κάποιο τμήμα του δικτύου, π.χ. κοπή ή συμπίεση του καλωδίου, σπασμένα ή φθαρμένα βύσματα, κακές μόνιμες συνδέσεις, κτλ. Εάν επηρεάζεται μία και μοναδική ίνα και δεν υπάρχουν μόνιμες συνδέσεις, το πιθανότερο πρόβλημα είναι κάποιο βλαμμένο βύσμα. Η οπτική επιθεώρηση του καλωδίου για καμπυλώσεις ή άλλες βλάβες, και ο μικροσκοπικός έλεγχος των βυσμάτων, μπορεί να αποκαλύψει το πρόβλημα. Για καλώδια μικρού μήκους, όπως π.χ. στα περισσότερα LAN, ένα σύστημα οπτικής συνέχειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Πολύ καλό βοήθημα είναι το έγγραφο ιστορικό του δικτύου, αλλά εάν η βλάβη οφείλεται σε κατασκευαστικές εργασίες ή κοπή του καλωδίου, τότε αυτή μπορεί να εντοπιστεί ακολουθώντας τη διαδρομή του καλωδίου και ψάχνοντας για εμφανή στοιχεία.

Για μεγάλου μήκους καλώδια (πάνω από 500 μέτρα) ή υπόγεια καλώδια, ίσως απαιτείται η χρήση ενός OTDR. Επειδή, όμως, το OTDR έχει χαμηλή διακριβωτική ικανότητα για καλώδια μικρού μήκους, δεν αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό προβλημάτων στα περισσότερα δίκτυα LAN. Όταν χρησιμοποιείτε OTDR σε ζεύξεις πολύτροπων ινών, να επιλέγετε 850 nm, λόγω υψηλότερης ανάλυσης από τα 1300 nm.[43]

14.5 Εργασίες αποκατάστασης βλαβών

Από τη στιγμή που εξακριβώθηκε το πρόβλημα, απαιτείται η ανάληψη εργασιών αποκατάστασης. Αυτό μπορεί να μην είναι απλό και να αποβεί αρκετά περίπλοκο. Ωστόσο, εάν το πρόβλημα περιορίζεται σε μία μόνο ίνα μέσα στο καλώδιο, επιλέξτε μία αμοιβή ίνα και αντικαταστήστε το βλαμμένο βύσμα, ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο. Εάν απαιτείται άμεση αποκατάσταση, εξετάστε τα ακόλουθα:

Βασικές ερωτήσεις

1. Διαθέτει το έκταμα του καλωδίου περισσευούμενες κουλούρες; Εάν ναι, τότε μπορείτε να τραβήξετε το καλώδιο προκειμένου να εκτελέσετε την επισκευή στο βλαμμένο σημείο.

2.Μήπως είναι ευκολότερο, γρηγορότερο και φθηνότερο να αντικαταστήσετε το βλαμμένο τμήμα, παρά να το επισκευάσετε;

3.Θα χρησιμοποιήσουμε βύσματα ή μόνιμες συνδέσεις για την επισκευή;

4.Θα απαιτηθεί να προστατεύσουμε τα σημεία επισκευής, για την αποφυγή μελλοντικών ζημιών. Αυτό μπορεί να σημαίνει προσθήκη κουτιών, πινάκων ή επαναδρομολόγηση καλωδίων από άλλες διαδρομές.

5.Μπορεί το σύστημα να ανεχτεί επιπλέον απώλειες, λόγω των επιπρόσθετων βυσμάτων, μόνιμων συνδέσεων ή επιπρόσθετου μήκους οπτικής ίνας;

6.Εάν απαιτηθεί, μπορούμε να τοποθετήσουμε ένα πρόχειρο καλώδιο στην οροφή ή στη στέγη, μέχρι να ολοκληρωθεί η μόνιμη αποκατάσταση της βλάβης;

Στερέωση καλωδίων

Τα δίκτυα και τα κτίρια, που τα στεγάζουν, υφίστανται πολλές αλλαγές, τροποποιήσεις και προσθήκες κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Οι σχεδιαστές θα πρέπει να προβλέπουν διάφορα θέματα που σχετίζονται με την αποκατάσταση βλαβών των δικτύων, Ένα από τα θέματα αυτά σχετίζεται με την πρόβλεψη, ώστε κατά τη στερέωση των καλωδίων να υπάρχουν περισευούμενες κουλούρες.

Τράβηγμα καλωδίων για επισκευή

Τα εκτάματα των καλωδίων σχεδιάζονται έτσι, ώστε να υπάρχουν σημεία στα οποία να εμφανίζονται κοιλίες, για να επιτρέπουν το τράβηγμα τους για τυχόν επισκευές. Η χρήση μηχανικών μόνιμων συνδέσεων ή απευθείας βυσματώσεων επιτρέπει την ταχεία αποκατάσταση με ελάχιστες απώλειες. Επειδή τα περισσότερα καλώδια στο εσωτερικό των κτιρίων είναι διαρρηγνυόμενου τύπου, η επαναβυσμάτωσή τους αποτελεί εύκολη διαδικασία. Το κύριο θέμα αποτελεί η κατάλληλη στερέωση της μόνιμης σύνδεσης ή της βυσμάτωσης, έτσι ώστε να μην καταπονείται το καλώδιο και ταυτόχρονα η σύνδεση να προστατεύεται από φυσικές φθορές.

Η στερέωση της σύνδεσης μπορεί να γίνει πάνω από το δάπεδο, στον τοίχο ή στην οροφή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, υπάρχει θέμα μεγέθους και αισθητικής. Πα πολλούς χρήστες είναι σοβαρή η πρόσβαση και η ασφάλεια της σύνδεσης. Το καλώδιο δε θα πρέπει να καταπονείται από μηχανικές τάσεις, ενώ θα πρέπει να διαθέτει όσο το δυνατό περισσότερες κουλούρες για διευκόλυνση τυχόν μελλοντικών επισκευών ή τροποποιήσεων.

Αποκατάσταση ανάγκης (για καλώδια με κουλούρες)

Η βλάβη του καλωδίου έχει προσδιοριστεί και έχει τραβηχτεί μία αμοιβή γραμμή. Θα πρέπει να βεβαιωθούμε, ότι το σπάσιμο του καλωδίου βρίσκεται εκεί που φαίνεται. Με τη χρήση πηγών ορατού φωτός, μπορούμε να ελέγξουμε την κάθε ίνα και από τα δύο άκρα (δε θα θέλαμε να έχουμε ένα δεύτερο σπάσιμο σε μικρή απόσταση από το πρώτο και να μην το δούμε).

Θα πρέπει να επιθεωρήσουμε το χώρο, για να βρούμε το καλύτερο σημείο και τρόπο επισκευής των ινών. Τα καλώδια μπορούν να περάσουν για φυσική στερέωση, από την οροφή, το δάπεδο, κτλ. Η διαδρομή αυτή θα πρέπει να σημειωθεί στα έγγραφα αρχεία. Ο πίνακας συνδέσεων και αυτός θα πρέπει να μαρκαριστεί και να ασφαλιστεί. Μετά από την επισκευή των καλωδίων, απαιτείται επανέλεγχος των ινών για απώλειες, χρησιμοποιώντας κάποια διάταξη ελέγχου οπτικών απωλειών.

Αποκατάσταση καλωδίων χωρίς κουλούρες

Ας εξετάσουμε σοβαρά τις επιλογές μας. Μήπως είναι ταχύτερο να τραβήξουμε ένα καινούργιο καλώδιο ή ένα καινούργιο τμήμα; Θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε βύσματα ή μόνιμες συνδέσεις, και πώς θα τις προστατέψουμε φυσικά; Χωρίς την ύπαρξη περισευόμενου μήκους, απαιτείται να προσθέσουμε κάποιο τμήμα καλωδίου στο συνολικό έκταμα. Αυτό δε σημαίνει απλώς δύο επί πλέον βύσματα τερματισμού, αλλά επίσης διπλάσια εργασία και υλικά. Θα πρέπει επίσης να διαθέτουμε ένα μήκος ίνας ίσο ή μεγαλύτερο από το πλήθος των ινών μέσα στο έκταμα. Το τμήμα να μην αφήνουμε κουλούρες στα καλώδια έχει επίπτωση τόσο στο οικονομικό κόστος όσο και στην εργασία. Η διαδικασία των αποφάσεων είναι η ίδια με τα καλώδια με κουλούρες, με τη διαφορά ότι τώρα έχουμε ακόμη δύο σημεία, τα οποία θα πρέπει να εξετάσουμε.

Αποκατάσταση δικτύων μονότροπων οπτικών ινών

Τα δίκτυα μονότροπων οπτικών ινών είναι περισσότερο κρίσιμα και περισσότερο δύσκολα στην επισκευή συγκριτικά με τα αντίστοιχα δίκτυα πολύτροπων ινών. Αυτό οφείλεται στις υψηλότερες ταχύτητες λειτουργίας και στις μεγαλύτερες αποστάσεις που καλύπτουν. Επιπρόσθετα, τα καλώδια μονότροπων ινών είναι συνήθως απευθείας ταφής, εγκαθίστανται με εναέριες μεθόδους και σε μεγαλύτερου μήκους συστήματα οδηγών. Οι τεχνικές αυτές, συνήθως, παρέχουν μία αρκετά καλή προστασία των καλωδίων. Ωστόσο, σε περίπτωση βλάβης, οι ζημιές είναι πολύ μεγάλες. Οι φυσικές καταστροφές, διάφορα έργα και ατυχήματα προκαλούν τις περισσότερες από τις βλάβες αυτές.

Οι βλάβες αυτές επηρεάζουν περισσότερους χρήστες, οι οικονομικές απώλειες είναι μεγαλύτερες και επισκευάζονται κατά μία τάξη μεγέθους

δυσκολότερα. Για το λόγο αυτό, οι χρήστες δικτύων μονότροπων ινών συνήθως διαθέτουν κάποιο σχέδιο αποκατάστασης, και σε νεκρούς χρόνους εξασκούνται με αυτό.

Συνοψη προτάσεων

1. Ταξινομήστε τις ίνες σας. Τα περισσότερα δίκτυα διαθέτουν αμοιβές ίνες. Όταν το σύστημα είναι εκτός λειτουργίας, επισκευάστε πρώτα τις ίνες προτεραιότητας, και στη συνέχεια τις αμοιβές.
2. Να έχετε διαθέσιμα αμοιβά βύσματα, και ΚΙΤ τερματισμού ινών με βύσματα ή μηχανικών μόνιμων συνδέσεων.
3. Να έχετε διαθέσιμους εκπαιδευμένους τεχνικούς, οι οποίοι γνωρίζουν πώς τερματίζονται και πώς ελέγχονται οι οπτικές ίνες. Να έχετε εύκολα προσβάσιμο το τηλέφωνο για βοήθεια σε κατάσταση ανάγκης.
4. Να έχετε πάντοτε τον κατάλληλο εξοπλισμό και εργαλεία για τη δουλειά. Σχεδιάση για την αποκατάσταση βλαβών

Οι βασικές συνιστώμενες αρχές για την αποκατάσταση

Όλοι οι χρήστες επικοινωνιακών συστημάτων θα πρέπει να έχουν σχεδιάσει ορισμένες βασικές αρχές που θα ακολουθήσουν σε περίπτωση βλάβης. Στη συνέχεια, αναφέρονται ορισμένες από τις αρχές αυτές:

1. Όλες οι διαδρομές των ινών θα πρέπει να συνοδεύονται από κατάλληλα έγγραφα αρχείου, στα οποία θα αναγράφονται τα φυσικά και οπτικά χαρακτηριστικά τους.
2. Στα έγγραφα αυτά, θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων στους πίνακες, ο τύπος του σήματος, και πληροφορίες δρομολόγησης διασυνδέσεων.
3. Θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα οπτικά χαρακτηριστικά όλων των πομπών και δεκτών του συστήματος. Για τους πομπούς απαιτείται η οπτική ισχύς εξόδου, ενώ για τους δέκτες η μέγιστη και ελάχιστη λαμβανόμενη ισχύς.
4. Για όλα τα εκτάματα καλωδίων θα πρέπει να είναι καταγεγραμμένες οι οπτικές απώλειες. Συγκεκριμένα, απαιτούνται οι τιμές απωλειών στα 850/1300 nm για εφαρμογές πολύτροπων ινών και στα 1300/1550 nm για τις εφαρμογές μονότροπων ινών. Επίσης, θα πρέπει να αναγράφεται το μέγεθος της ίνας και ο κατασκευαστής της.

5.Εάν έχουν διεξαχθεί έλεγχοι OTDR, θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο αρχείο οι αναφορές των μετρήσεων.

6.Εάν το καλώδιο διαθέτει ειδικά σημάδια, οι διαφορές μεταξύ τους δείχνουν το πραγματικό μήκος του κάθε τμήματος. Και αυτό θα πρέπει να αναγράφεται στο αρχείο.

7.Οι ίνες θα πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζονται και να ταξινομούνται, έτσι ώστε οι βλάβες να αποκαθίστανται γρήγορα (με έμφαση στις ίνες προτεραιότητας).

[46]

Σχεδίαση αποκατάστασης βλαβών

Φανταστείτε μία βλάβη του συστήματος, για την οποία θα πρέπει να επισκευάσετε κάποιο καλώδιο οπτικών ινών. Ας δούμε μερικά από τα θέματα τα οποία θα πρέπει να εξετάσουμε:

- 1.Πώς θα γνωρίζουμε ποιο είναι το πρόβλημα;
- 2.Ποιον θα συμβουλευτούμε πρώτα για το πρόβλημα;
- 3.Υπάρχει κάποια ομάδα τελικών να καλέσουμε;
- 4.Η διαδρομή του καλωδίου διαθέτει καθόλου εναλλακτικές λύσεις;
Εάν δε διαθέτει, τότε απαιτείται αποκατάσταση ανάγκης.
5. Εάν υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές, τότε μπορεί να καταστρωθεί κάποιο κανονικό σχέδιο αποκατάστασης. Ένα τέτοιο σχέδιο παρουσιάζει μεγαλύτερη ευελιξία και καλύτερη ποιότητα επισκευής.
6. Έχετε έγγραφα αρχεία μαζί με εκτυπώσεις OTDR, τιμές οπτικής ισχύος και ενημερωμένα σχέδια όλων των τμημάτων;
7. Έχετε κάποιο πρόγραμμα επείγουσας αποκατάστασης;
8. Έχετε ΚΙΤ επείγουσας αποκατάστασης;
- 9.Έχουν όλα αυτά εκτιμηθεί με το προσωπικό σας, μαζί με τη διοίκηση, κατασκευή και συντήρηση;
- 10.Έχουν οι πελάτες σας προτεραιότητες; Υπάρχουν συμβόλαια ή υπηρεσίες που επηρεάζουν τις προτεραιότητες αυτές (π.χ. υπηρεσίες ανάγκης, κυβερνητικές ή στρατιωτικές);
- 11.Έχετε θέσει προτεραιότητες στις ίνες;
- 12.Ποιος είναι ο επιτρεπόμενος για αποκατάσταση χρόνος;
- 13.Κατά την αποκατάσταση αυτή, επιτρέπεται προσωρινά η εισαγωγή απωλειών από μόνιμες συνδέσεις, οι οποίες θα διορθωθούν αργότερα όταν θα είμαστε καλύτερα προετοιμασμένοι;
- 14.Ποιες είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες μόνιμων συνδέσεων κατά την αποκατάσταση;
15. Υπάρχει κάποιο διαθέσιμο όχημα μέσα στο οποίο θα εργάζονται οι τεχνικοί, σε συνθήκες καλού φωτισμού και ξηρού περιβάλλοντος, και με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος;

16. Έχουν όλα τα απαραίτητα υλικά και ο εξοπλισμός εύκολη πρόσβαση από τους τεχνικούς;
17. Πόσες μόνιμες συνδέσεις και διατάξεις ελέγχου διαθέτετε;
18. Εάν έχετε κάποια συσκευή μόνιμων συνδέσεων με τήξη, γνωρίζετε τους τύπους των ινών και τις επιλογές λειτουργίας του εξοπλισμού;
19. Ποιο είναι το OTDR με τη μέγιστη ανάλυση; Ποιο είναι το μήκος παλμού και το μήκος κύματος; Γνωρίζετε το δείκτη διάθλασης των ινών του συστήματος και τους κατασκευαστές αυτών;
20. Τι είδους επικοινωνία θα χρησιμοποιήσετε μεταξύ των χειριστών OTDR και των τεχνικών που εκτελούν τις μόνιμες συνδέσεις;
21. Ποιοι είναι οι περιορισμοί του επικοινωνιακού σας εξοπλισμού;
22. Τι επίπεδο βαρέως εξοπλισμού είναι απαραίτητο;
23. Πώς προσδιορίζετε το σημείο κοπής του καλωδίου; Μπορείτε με τριγωνισμό;
24. Σε περίπτωση κοπής ενός καλωδίου με κουλούρες, τι εξοπλισμό θα χρησιμοποιήσετε;
25. Σε περίπτωση κοπής καλωδίου χωρίς κουλούρες, τι εξοπλισμό θα χρησιμοποιήσετε;
- Ομάδα Α _____
- Ομάδα Β _____
- Ποια ομάδα είναι ταχύτερη; _____
- Ποια ομάδα έχει τη μεγαλύτερη εμπειρία; _____
26. Σε περίπτωση ολικής ζημιάς του καλωδίου, πόσα καλώδια μπορείτε να επισκευάσετε ταυτόχρονα;
27. Μπορεί η αποκατάσταση να γίνει με ασφάλεια, ή θα καθυστερήσει;
28. Υπάρχει τίποτα που μπορούμε να κάνουμε γι' αυτό;
29. Πού βρίσκονται τα αμοιβά καλώδια και πώς θα τα αναγνωρίσουμε;
30. Τι άλλο μπορεί να πάει λάθος;
31. Έχουμε ξεχάσει τίποτα άλλο; (εξοπλισμός, περιβάλλον, προσωπικό, εργαλεία)

Αποκατάσταση βλαβών (διάφορα θέματα)

1. Πώς διατηρείτε συνεχώς ενήμερο το προσωπικό σας και το σχέδιο αποκατάστασης βλαβών;
2. Έχετε βαθμολογήσει το προσωπικό σας ανάλογα με τις ικανότητες του στην αποκατάσταση βλαβών οπτικών ινών;
3. Έχετε ετήσιες ή εξαμηνιαίες διαδικασίες ελέγχου των σκοτεινών (αμοιβών) ινών;
4. Πώς αρχειοθετούνται οι αναφορές ελέγχου;
5. Πού αρχειοθετούνται οι αναφορές ελέγχου;
6. Κάνετε συχνές ενημερώσεις;
7. Όλα τα προηγούμενα συμβαίνουν και για τα σημεία αποθήκευσης των καλωδίων με κουλούρες;

8. Κάθε τμήμα καλωδίου θα πρέπει να ελέγχεται/ εκτιμάται για τις περιπτώσεις των χειρότερων βλαβών. Γίνεται αυτό;
9. Έχετε μία λίστα υλικών, εργαλείων και προμηθευτών;
10. Έχετε αρκετά υλικά, αναλώσιμα και μη; Έχουν ορισμένα από αυτά ημερομηνία λήξεως;
11. Φωτογραφίζετε /καταγράφετε τις επισκευές σας; Η χρήση φωτογραφιών διευκολύνει τη μάθηση και την υπενθύμιση. Σε περίπτωση αμφιβολιών, οι φωτογραφίες είναι ανεκτίμητες.

Συνιστώμενες ενέργειες μετά από την αποκατάσταση

1. Αναθεωρήστε τα έγγραφα του αρχείου και επανελέγξτε τις μόνιμες συνδέσεις, τα εκτάματα και τα τμήματα του δικτύου.
2. Διορθώστε τα σχέδια. Όλα τα νέα κουτιά, μόνιμες συνδέσεις, σημεία με κουλούρες, θα πρέπει να προστεθούν στο προηγούμενο σχέδιο.
3. Προγραμματίστε να κάνετε κάποια σύσκεψη για εξέταση όλων των θεμάτων της αποκατάστασης.

Α) Τι συνέβη; Ποια ήταν η αιτία και ποιες οι επιπτώσεις; Β) Τι κάναμε καλά;
Γ) Τι δε δούλεψε καλά; (τεχνική, εξοπλισμός, προϊόντα, προσωπικό)
Δ) Πώς μπορεί αυτό να επιλυθεί;
Ε) Πώς μπορούμε να βελτιωθούμε;
ΣΤ) Τι απαιτείται να γίνει για την επανασύσταση των ΚΙΤ επισκευών και τη συμπλήρωση/εφοδιασμό με τα απαιτούμενα υλικά;

[51]

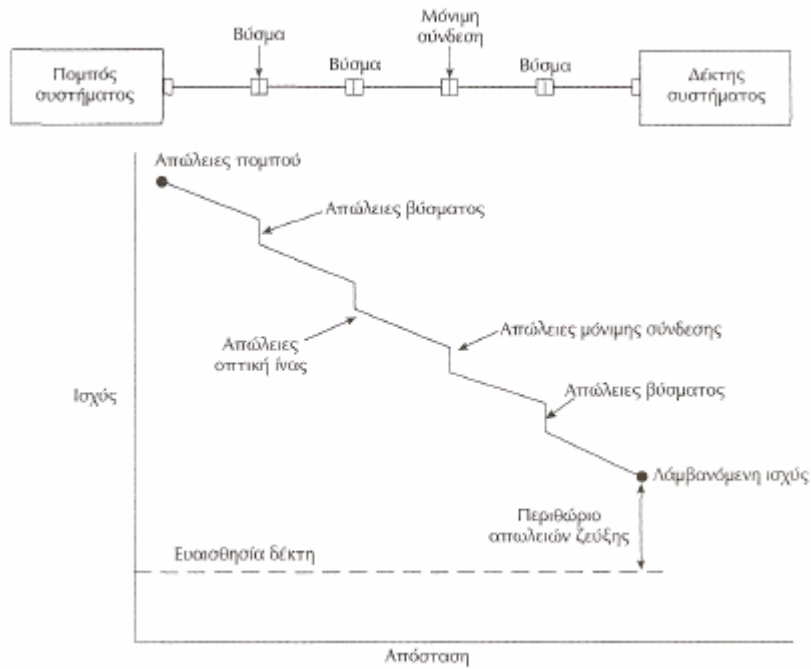
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 - Ανάλυση Ισολογισμού Απώλειων Ζεύξης Καλωδίου Οπτικών Ινών

Για την ορθή λειτουργία, ένα δίκτυο οπτικών ινών θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλο περιθώριο απωλειών. Αυτό σημαίνει, ότι οι συνολικές απώλειες της εγκατάστασης θα πρέπει να είναι μικρότερες από τις αποδεκτές για τους πομπούς και δέκτες του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού μετάδοσης. Το σχήμα 15-1, απεικονίζει γραφικά τις παραμέτρους απωλειών ζεύξης.

Κατά τη φάση σχεδίασης, θα πρέπει να εκτιμηθούν οι απώλειες της καλωδιακής εγκατάστασης, με βάση τις μέσες τιμές χαρακτηριστικών των εξαρτημάτων και το συνολικό μήκος καλωδίου, με σκοπό την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του εξοπλισμού που θα επιλεγεί. Στην ιδανική περίπτωση, θα πρέπει να έχουμε τουλάχιστον 3 dB χαμηλότερες απώλειες στην καλωδιακή εγκατάσταση, από το δυναμικό εύρος της ζεύξης, ώστε να υπάρχουν περιθώρια υπολειτουργίας των εξαρτημάτων και πρόβλεψη για τυχόν μόνιμες συνδέσεις που μπορεί να απαιτηθούν.

Η ανάλυση του ισολογισμού απωλειών και η επιβεβαίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας ενός συστήματος οπτικών ινών περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες σε μία καλωδιακή εγκατάσταση, όπως είναι το μήκος της ίνας, το πλήθος των βυσμάτων και μόνιμων συνδέσεων, και οποιοδήποτε άλλο παθητικό εξάρτημα, όπως οι οπτικοί διακλαδωτήρες. Οι οπτικές απώλειες αποτελούν την παράμετρο κλειδί για μία ανάλυση ισολογισμού, ενώ το εύρος διέλευσης συχνοτήτων θα πρέπει να εξετάζεται σε ορισμένα υψηλής ταχύτητας πολύτροπα συστήματα, π.χ. FDDI, όπου καθορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου ανεξαρτήτως των οπτικών απωλειών.

Πριν από την εφαρμογή ή τη σχεδίαση ενός κυκλώματος οπτικών ινών, απαιτείται μία ανάλυση των απωλειών της εγκατάστασης. Πριν από την ενεργοποίηση του συστήματος, ελέγξτε το κύκλωμα με μία οπτική πηγή και ένα όργανο μέτρησης ισχύος οπτικών ινών, ώστε να βεβαιωθείτε ότι βρίσκεται εντός του ισολογισμού απωλειών.



Σχήμα 15.1. Ισολογισμός απωλειών ζεύξης οπτικής ίνας.

15.1 Απώλειες παθητικών εξαρτημάτων καλωδιακής εγκατάστασης

Θεωρήστε την απεικονιζόμενη στο σχήμα 15.1 ζεύξη, για πολύτροπη ίνα και λειτουργία στα 1300 nm.

Βήμα 1. Απώλειες ίνας στο μήκος κύματος λειτουργίας

Μήκος καλωδίου (km) 2,0

Τυπικές απώλειες ίνας:

Τύπος ίνας	Πολύτροπη		Μονότροπη	
	850	1300	1300	1550
Μήκος κύματος (nm)	3	1	0,5	0,4
Απώλειες ίνας (dB/km)				

Συνολικές απώλειες συστήματος
πολύτροπης οπτικής ίνας που λειτουργεί
στα 1300 nm 2,0

Βήμα 2. Απώλειες βυσμάτων

Τυπικές απώλειες βύσματος (dB)	0,5
Συνολικό πλήθος ζευγών βυσμάτων (dB)	3,0
Συνολικές απώλειες βυσμάτων (dB)	1,5

Βήμα 3. Απώλειες μόνιμων συνδέσεων

Τυπικές απώλειες μόνιμων συνδέσεων (dB)	0,2
Συνολικό πλήθος μόνιμων συνδέσεων (dB)	1,0
Συνολικές απώλειες μόνιμων συνδέσεων (dB)	0,2

Βήμα 4. Συνολικές απώλειες καλωδιακής εγκατάστασης

Συνολικές απώλειες ίνας (dB)	2,0
Συνολικές απώλειες βυσμάτων (dB)	1,5
Συνολικές απώλειες μόνιμων συνδέσεων (dB)	0,2
Άλλες απώλειες (dB)	0,0
Συνολικές απώλειες ζεύξης (dB)	3,7

15.2 Υπολογισμός ισολογισμού απωλειών ζεύξης εξοπλισμού

Βήμα 5. Χαρακτηριστικά κατασκευαστή για τα ενεργά εξαρτήματα

Μήκος κύματος λειτουργίας (nm)	1300
Τύπος οπτικής ίνας MM	
Ευαισθησία δέκτη (dBm@ για συγκεκριμένη τιμή BER)	-31
Μέση ισχύς εξόδου πομπού (dBm)	-18
Δυναμικό εύρος (dB)	13
Συνιστώμενο περιθώριο υπέρβασης (dB)	3,0
Μέγιστες απώλειες καλωδιακής εγκατάστασης (dB)	10

Βήμα 6. Υπολογισμός περιθωρίου απωλειών

Δυναμικό εύρος (dB)	10
Απώλειες καλωδιακής ζεύξης (dB)	-3,7
Περιθώριο απωλειών ζεύξης (dB)	6,3

Τέλος, ο υπολογισμός αυτός θα πρέπει να επιβεβαιωθεί με έλεγχο μέσω κάποιας οπτικής πηγής κατάλληλου μήκους κύματος και ενός οργάνου μέτρησης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στις οποίες η εγκατάσταση μπορεί να λειτουργεί σε δύο διαφορετικά μήκη κύματος ή σχεδιάζονται μελλοντικές αναβαθμίσεις, απαιτείται ο έλεγχος και στα δύο μήκη κύματος. Εάν η υπολογισθείσα τιμή διαφέρει σημαντικά από τη μετρηθείσα, ενώ όλες οι ελεγχθείσες ίνες του καλωδίου έχουν παρεμφερείς απώλειες, τότε να έχετε υπόψη ότι αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς δεν είναι ακριβή. Καθόσον

εκπληρώνονται τα κατάλληλα περιθώρια λειτουργίας, η καλωδιακή εγκατάσταση θα πρέπει να θεωρείται αποδεκτή.[54] , [52]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 - Βιβλιογραφία Εγκατάστασης Οπτικών Ινών

Η βιβλιογραφία (εγχειρίδια) μίας εγκατάστασης οπτικών ινών αποτελεί απαραίτητο τμήμα της διαδικασίας σχεδίασης ενός δικτύου. Τα κατάλληλα εγχειρίδια μίας εγκατάστασης μας γλιτώνουν χρόνο και υλικά και διευκολύνουν τις μελλοντικές σχεδιάσεις για αναβάθμιση. Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, η ύπαρξη εγχειριδίων για τις διαδρομές και τους τερματισμούς των ινών επιταχύνει το τράβηγμα των καλωδίων και γενικότερα την όλη εργασία. Μετά από την εγκατάσταση, τα εγχειρίδια μπορούν να συμπληρωθούν με στοιχεία μετρήσεων αποδοχής από τον τελικό χρήστη. Εάν υπάρξει επαναδιάταξη του εξοπλισμού του δικτύου, όπως συνήθως συμβαίνει, η σωστή βιβλιογραφία επιτρέπει την ευκολότερη επαναχάραξη των διαδρομών στα τερματικά σημεία. Τέλος, η καλή (Βιβλιογραφία είναι απαραίτητη για την αποκατάσταση βλαβών.

Ωστόσο, η κατασκευή εγχειριδίων για εγκαταστάσεις οπτικών ινών αποτελεί διαδικασία διαφορετική από τις εγκαταστάσεις χάλκινων αγωγών. Ενώ σε μία απλή ζεύξη χρησιμοποιείται χάλκινο καλώδιο κατηγορίας 3 ή 5, τα καλώδια οπτικών ινών μπορεί να περιέχουν πολλές ίνες οι οποίες συνδέουν μεταξύ τους διαφορετικά σημεία που μπορεί να μη βρίσκονται ούτε στον ίδιο χώρο. Επιπρόσθετα, οι χάλκινοι αγωγοί ελέγχονται μόνο για τυχόν διακοπή της συνέχειας, ενώ για τα περισσότερα συστήματα οπτικών ινών απαιτούνται μετρήσεις απωλειών σήματος.

Επομένως, είναι φανερό ότι για μία εγκατάσταση οπτικών ινών θα πρέπει να υπάρχει βιβλιογραφία για κάθε διαδρομή ίνας, σύνδεση / τερματισμό και στοιχεία ελέγχου. Τα στοιχεία που θα πρέπει να αναγράφονται είναι τα ακόλουθα:

- Καλώδιο: κατασκευαστής, τύπος, μήκος
- Σημεία μόνιμων συνδέσεων και τερματισμών με βύσματα (αποστάσεις)
- Ίνες: τύπος ινών και μέγεθος, στοιχεία μόνιμων συνδέσεων και βυσμάτων, απώλειες
- Συνδέσεις: τύποι (μόνιμες ή βύσματα), συνδεδεμένες ίνες, απώλειες
- Διαδρομές: ζεύξεις διαδρομών για κάθε καλώδιο

[14]

Τα περισσότερα από τα στοιχεία αυτά μπορούν να φυλαχτούν σε βάση δεδομένων, όπου αποθηκεύονται εξαρτήματα, συνδέσεις και στοιχεία μετρήσεων. Οι ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων θα πρέπει να διαθέτουν στοιχεία μετρήσεων OTDR, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν είτε τυπωμένα σε χαρτί υπολογιστή είτε σε ειδική τυποποίηση αρχείων για χρήση σε μελλοντικά προβλήματα. Εάν τα στοιχεία OTDR αποθηκευτούν με ψηφιακό τρόπο, τότε απαιτείται μία βάση δεδομένων που θα επιτρέπει την ευκολότερη πρόσβαση στα επιθυμητά στοιχεία.

16.1 Φύλαξη εγγράφων καλωδιακής εγκατάστασης

Η καλή φύλαξη των εγγραφών/εγχειριδίων μίας καλωδιακής εγκατάστασης μπορεί να φανεί χρήσιμη σε πολλά πράγματα.

16.2 Σχεδίαση καλωδιακής εγκατάστασης

Χρησιμοποιώντας κάποιο απλό πακέτο γραφικών για τη χωρική απεικόνιση των συνδέσεων, μπορείτε να σχεδιάσετε ολόκληρη την εγκατάσταση: ανάθεση καλωδίων, ινών και πινάκων σύνδεσης, παροχή αναφορών για κάθε εξάρτημα και χρησιμοποιούμενη ποσότητα αυτών. Για κάθε καλώδιο θα πρέπει να καθορίζεται ο τύπος του, η μέθοδος εγκατάστασης, το πλήθος και ο τύπος των ινών, και τέλος το μήκος των διαδρομών.

16.3 Κοστολόγηση της εργασίας εγκατάστασης

Καλές εγγραφές και αναφορές παρέχουν όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την εκτίμηση του συνολικού εξοπλισμού και του μήκους των καλωδίων. Μεμονωμένες αναφορές καλωδίων παρέχουν τις λεπτομέρειες ειδικών απαιτήσεων εγκατάστασης (απευθείας ταφής, εναέρια, οδηγών, κτλ), για υποβοήθηση της κοστολόγησης εργασίας και του συνολικού έργου.

16.4 Εγκατάσταση του συστήματος

Οι εγγραφές θα πρέπει να περιέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την αποστολή υλικών στο κατάλληλο μέρος, για τον προσδιορισμό τι θα πρέπει να εγκατασταθεί πού, και για τις κατάλληλες διασυνδέσεις. Τα σχέδια των πινάκων μπορούν να παραμείνουν στο εσωτερικό των θυρών / καπακιών τους, για υποβοήθηση αργότερα του έργου των επισκευών.

16.5 Έλεγχος της καλωδιακής εγκατάστασης

Μετά από την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, ελέγξτε τα στοιχεία σε κάθε διαδρομή οπτικής ίνας. Μπορείτε να ελέγξετε οποιαδήποτε ζεύξη και να αρχειοθετήσετε τα αντίστοιχα στοιχεία απωλειών. Μπορείτε να συγκρίνετε τα στοιχεία αυτά αργότερα, όταν θα έχετε κάποια προβλήματα που απαιτούν αντιμετώπιση. Σημειώστε τον τρόπο εκτέλεσης του ελέγχου και τι όργανα

χρησιμοποιήθηκαν. Χρησιμοποιήστε ένα μετρητή ισχύος και μία πηγή για να πάρετε ακριβή στοιχεία απωλειών, ενώ χρησιμοποιήστε OTDR μόνο όταν θέλετε να βεβαιωθείτε για τις απώλειες των μόνιμων συνδέσεων (η συνολική απόσβεση θα ισούται με το αλγεβρικό ημίθροισμα των τιμών που πάρθηκαν και από τις δυο κατευθύνσεις) ή να βεβαιωθείτε ότι δεν υπήρξαν απώλειες λόγω κάμψης κατά την εγκατάσταση.

16.6 Επισκευή καλωδιακής εγκατάστασης

Μία καλωδιακή εγκατάσταση με καλή βιβλιογραφία είναι πολύ ευκολότερο να επισκευαστεί. Από τα εγχειρίδια βρίσκουμε τις διαδρομές των καλωδίων, με τι συνδέονται και πόσο μεγάλες αποστάσεις διανύουν μεταξύ των σημείων, καθιστώντας ευκολότερο των εντοπισμό των προβληματικών περιοχών. Τα στοιχεία μετρήσεων δείχνουν οποιαδήποτε μείωση της απόδοσης με το χρόνο, η οποία θα πρέπει να αντιμετωπιστεί,

16.7 Σύνταξη εγχειριδίων της εγκατάστασης για αποδοχή από τον πελάτη

Οι περισσότεροι πελάτες απαιτούν τη σύνταξη εγχειριδίων της εγκατάστασης πριν από την αποδοχή. Η καλή φύλαξη των εγγραφών από την αρχή, μαζί με όλα τα στοιχεία της εγκατάστασης και των τελικών ελέγχων, θα αποτελέσουν ένα αντίγραφο της αναφοράς αποδοχής από τον πελάτη. Εάν οι πελάτες επιθυμούν να συντηρούν οι ίδιοι τις εγκαταστάσεις τους, τότε μπορούν να χρησιμοποιούν τα στοιχεία αυτά για μελλοντική αναφορά.

16.8 Κατασκευή εγχειριδίων

Πριν αρχίσετε να εισάγετε στοιχεία, θα πρέπει να έχετε ένα βασικό σχήμα του τελειωμένου έργου. Ένα απλό σχεδιάγραμμα ίσως είναι αρκετό για κάποιο δίκτυο ενός μικρού κτιρίου, αλλά για μεγάλες εγκαταστάσεις σε χώρους πανεπιστημίων ή αστικών κέντρων πιθανότατα θα χρειαστείτε ένα περίπλοκο πρόγραμμα CAD. Ο καλύτερος τρόπος να στήσετε τα αρχικά δεδομένα είναι ένα σχεδιάγραμμα, στο οποίο θα απεικονίζονται οι θέσεις όλων των καλωδίων και των σημείων συνδέσεων. Αναγνωρίστε όλα τα καλώδια και τους πίνακες, και στη συνέχεια να εισάσετε έτοιμοι να μεταφέρετε όλα αυτά σε μία βάση δεδομένων.

Θα πρέπει να γνωρίζετε πού πηγαίνουν όλα τα καλώδια του δικτύου, και με τι συνδέεται η κάθε οπτική ίνα. Επίσης, θα πρέπει να γνωρίζετε τα χαρακτηριστικά κάθε καλωδίου και κάθε ίνας: ποιοι τύποι ινών χρησιμοποιούνται, πόσες από αυτές, τον τύπο κατασκευής των καλωδίων, το

εκτιμώμενο μήκος αυτών και την τεχνική εγκατάστασης (θαμμένα, εναέρια, κτλ).

Βοηθά πάντοτε να γνωρίζετε τους τύπους των πινάκων που χρησιμοποιούνται, αλλά και με τι εξοπλισμό συνδέονται. Σε μία εγκατάσταση ενός μεγάλου πανεπιστημιακού χώρου, με πολλές αχρησιμοποίητες (σκοτεινές) ίνες, θα πρέπει να καταγράφονται στα εγχειρίδια ακόμη και οι μη-συνδεδεμένες στους πίνακες. Κατά τη σχεδίαση ενός δικτύου, αποτελεί πολύ καλή ιδέα η πρόβλεψη για ασύνδετες ίνες, καθώς και για σημεία συνδέσεων στους πίνακες για μελλοντική επέκταση, επισκευές ή αναδιάταξη του εξοπλισμού (σχήμα 16.1).[7]

01/19/1995	FODOC Cable List Deitailed Report	page1	
Listing of cables in the FODOC database in directory: C:\FODOC\DEMO			
Cable ID: C001	Length: 1130m	Fibers: 8	
Type: MM 62,5	Mfg: NLC	Color: Orange	
Notes: Pulled through 4 in PVC duct in steam line tunnels to Library. 8 fibers, 900um buffer, color coded.			
Costs Estimates:			
Cable	_____		
Installation	_____		
Termination	_____		
(if included with cable)			
Panel A	*Fiber ID*	Notes	Panel B
ADM01-01-0001	C001-0001	red	SCA01-01
ADM01-01-0002	C001-0002	orange	SCA01-02
ADM01-01-0003	C001-0003	yellow	SCA01-03
ADM01-01-0004	C001-0004	blue	SCA01-04
ADM01-01-0005	C001-0005	green	SCA01-05
ADM01-01-0006	C001-0006	violet	SCA01-06
ADM01-01-0007	C001-0007	black	SCA01-07
ADM01-01-0008	C001-0008	white	SCA01-08

Σχήμα 16.1. Δείγμα τυποποιημένης αναφοράς καλωδιακής εγκατάστασης, η οποία χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα εγγράφων FODOC

16.9 Προστασία εγγράφων

Τα εγχειρίδια ή τα ιστορικά έγγραφα μίας καλωδιακής εγκατάστασης οπτικών ινών είναι πολύ σημαντικά. Γι' αυτό, θα πρέπει να διατηρείτε αρκετά αντίγραφα από το καθένα, είτε σε χαρτί είτε σε μαγνητική μορφή, και σε διαφορετικά μέρη. Κανονικά, θα πρέπει να έχετε μερικά αντίγραφα σε

δισκέτες και μερικά σε χαρτί, σε διαφορετικές τοποθεσίες, για αντιμετώπιση περιπτώσεων καταστροφής. Εάν κάποιο αντίγραφο δοθεί στον πελάτη, θα πρέπει να διατηρείτε και τα δικά σας αντίγραφα για μελλοντικά προγράμματα. Επίσης, η πρόσβαση για τροποποίηση των εγγραφών, θα πρέπει να εμποδίζεται με κώδικες λέξεις (passwords).

Παρακάτω φαίνεται συμπληρωμένος ο Πίνακας Αποτύπωσης με τα στοιχεία μιας γραμμής οπτικών ινών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Ρη ή	B25	B26	B27	B28	B29	B30	B31
Δήμος/Κονόμητα	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS
Οδός	EVANGELISTRIAS & GR. LAMBRAKI	PRAXITELOUS & GR. LAMBRAKI	PRAXITELOUS & DISTOMOU	PRAXITELOUS & TRAIN RAILS	TRAIN RAILS/PIREAUS AV. SIDE	TRAIN RAILS/PIREAUS SIDE	GR. LAMBRAKI & SARANTAFOROU
Πλευρά R-L	L	L	R	R	R	R	L
Απόσταση m	227	216	168	167	185	41	162
Άθροισμα Αποστάσεων m	4913	5129	5297	5464	5649	5690	5852
Αριθμός Σωλήνων	9	9	9	9	9	9	9
Διάμετρος cm	50	50	50	50	50	50	50
Τύπος	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4
Μήκος Καλωδίου m	143	221	165	160	130	40	156
Άθροισμα Μήκος Καλωδίου m	4883	5104	5269	5429	5559	5599	5755
Πάχος Καλωδίου m	20	20	20	44	20	20	20
Εντάση n	144						
Εργασιοποίηση mBar							
Παρατηρήσεις							

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Ρη ή	B17	B18	B19	M5(B20)	B21	B22	B23	B24
Δήμος/Κονόμητα	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS	PIREAUS
Οδός	SACHTOU RI & LEKKA	LEKKA	AFENTOU LI	AKTI MOUTSOPOU LOU & FILLELINON	AKTI MOUTSOPOU LOU & SKOUZE	BOUBOULIN AS & GR. LAMBRAKI	XXXXXX & GR. LAMBRAKI	KARAOLI & GR. LAMBRAKI
Πλευρά R-L	L	L	L	L	L	L	L	L
Απόσταση m	61	82	214	243	126	233	280	248
Άθροισμα Αποστάσεων m	3260	3342	3556	3799	3925	4158	4438	4686
Αριθμός Σωλήνων	9	9	9	9	9	9	9	9
Διάμετρος cm	50	50	50	50	50	50	50	50
Τύπος	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4
Μήκος Καλωδίου m	66	76	209	256	224	238	236	263
Άθροισμα Μήκος Καλωδίου m	3238	3314	3523	3779	4003	4241	4477	4740
Πάχος Καλωδίου m	22	20	21	37	20	20	20	20
Εντάση n				144				
Εργασιοποίηση mBar								
Παρατηρήσεις								

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

PH n.	M3(B8)	B	B9	B10	B12	M4(B13)	B14	B15	B16	A3
Δήμος/Κονόμια	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS
Οδός	IROON POLITECHNI OU & PALEOLOG OU	IROON POLITECHNI OU & PALEOLOG OU	IROON POLITECHNI OU & FILELLINON	AKTI MIAOULI & FILELLINON	AKTI MIAOULI & AGIOS NIKOLAOS CH.	AKTI MIAOULI & IASONOS	ZAIMI & AKTI MIAOULI	CHATZI KIRIAK OU & ZAIMI	THEOCHAR I & ZAIMI	THEOCHARI (OTE)
Πλάτος R-L	L	L	L	R	L	L	R	R	R	L
Απόσταση m	280	56	317	265	206	140	170	73	270	222
Μήκος Αποστάσεων m	1480	1536	1853	2118	2324	2464	2634	2707	2977	3199
Αριθμός Σωλήνων	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Διάμετρος cm	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Τύπος	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4
Μήκος Καλωδίου m	287	55	309	259	190	126	166	85	270	216
Αθροιστικό Μήκος Καλωδίου m	1496	1551	1860	2119	2309	2435	2601	2686	2956	3172
Περίσσεια Καλωδίου m	40	24	20	20	20	31	20	21	20	20
Συνδέσμος n	144					144				
Συσκευασία mBar										
Παρατηρήσεις										

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

PH n.	ODF	M1	B1	B2	B3	B4	B5	M2(A1)	B6	B7
Δήμος/Κονόμια	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS	PIREAEUS
Οδός	ODF	K/D	FOKIDOS & (K/D-OSE)	AG. DIONISIOU & OSE	RETSINA & AG. DIONISIOU	ETHNIKIS ANTISTASIS & GOUNARI	ETHNIKIS ANTISTASI & KARAOLI D.	KARAOLI D. (OTE)	IROON POLITECHNI OU & KARAOLI D.	IROON POLITECHNI OU & AKTI POSIDONOS
Πλάτος R-L		L	L	L	L	L	L	L	L	L
Απόσταση m	0	100	50	15	108	170	241	41	222	253
Μήκος Αποστάσεων m	0	100	150	165	273	443	684	725	947	1200
Αριθμός Σωλήνων	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Διάμετρος cm	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Τύπος	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4	EN 50086-2-4
Μήκος Καλωδίου m	0	85	74	19	102	216	198	53	215	247
Αθροιστικό Μήκος Καλωδίου m	0	85	159	178	280	496	694	747	962	1209
Περίσσεια Καλωδίου m	0	40	20	20	20	23	20	44	20	20
Συνδέσμος n	144	144						144		
Συσκευασία mBar										
Παρατηρήσεις		INDOOR F.O.								

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 - Εναέριο και Υποβρύχιο δίκτυο Οπτικών Ινών

17.1 Γενικά

Η ενσωμάτωση των οπτικών ινών στα εναέρια ηλεκτροφόρα καλώδια παρέχει μια εξαιρετικά οικονομικώς αποδοτική λύση για γραμμές τηλεπικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων. Επομένως, ένας αυξανόμενος αριθμός ηλεκτρικών εταιριών (ή εταιριών που χρησιμοποιούν κολώνες) σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιεί τα εναέρια ηλεκτροφόρα καλώδια του όχι μόνο για τη διαβίβαση ή τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και για την οπτική μετάδοση στοιχείων.

Η ίδια ιδέα της χρησιμοποίησης των ήδη υπαρχόντων δικαιωμάτων του τρόπου για τα οπτικά δίκτυα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις επιχειρήσεις σιδηροδρόμων. Οι ειδικά αναπτυγμένες εναέρια λύσεις καλωδίων μπορούν να εγκατασταθούν κατά μήκος των διαδρομών σιδηροδρόμων χωρίς να ασκήσουν οποιαδήποτε επίδραση στην κυκλοφορία ραγών καθόλου.

Το εναέριο δίκτυο οπτικών ινών μέσα στις πόλεις κατασκευάζεται στις περιοχές όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή υπογείου δικτύου και συνήθως αποφεύγεται και λόγω καλαισθησίας αλλά και από το γεγονός ότι κάθε εναέριο δίκτυο σε σχέση με το υπόγειο είναι πιο επιρρεπές στις βλάβες.

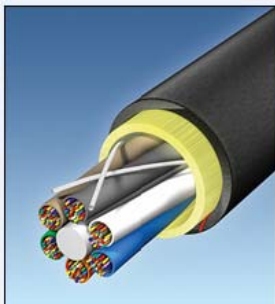
Τα εναέρια δίκτυα κορμού συνδέονται συνήθως με υπόγεια αλλά ταυτόχρονα και με δίκτυα πελατών (διανομής) βέβαια τείνουν να καταργηθούν λόγω της υπογειοποίησης όλων των δικτύων.

17.2 Εναέριο δίκτυο οπτικών ινών σας πόλεις

17.2.1 Παρουσίαση & τεχνικές προδιαγραφές του καλωδίου

Στο δίκτυο πόλης το καλώδιο που χρησιμοποιείται είναι το "Aramidic Yarn" TOL 12D 144 12(12SMR)/EVE. Ουσιαστικά είναι το ίδιο καλώδιο με αυτό που χρησιμοποιούμε και στο υπόγειο δίκτυο (βλέπε κεφαλαίο) με την μόνη διάφορα ότι είναι ενισχυμένο με ένα φύλλο Aramidic και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.[19]

Το καλώδιο που παρουσιάζεται στο διπλανό σχήμα πρέπει να έχει την ακόλουθη δομή:



- μεταλλικό διηλεκτρικό πυρήνα
- Ένα κυκλικό στεφάνι που αποτελείται από τους συνδεδεμένους πλαστικούς σωλήνες που περιέχουν τις οπτικές ίνες. Οι ίνες μέσα σε κάθε σωλήνα θα

έχουν τα διαφορετικά χρώματα προκειμένου να επιτραπεί ο προσδιορισμός τους και θα χρωματιστούν όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 11.2

- Συνεχής σύνδεση μεταξύ των σωλήνων προκειμένου να αποτραπεί η διαμήκης διάδοση του νερού
- Γκρίζα εσωτερική θήκη πολυαιθυλενίου ή τύπου LSZH με ένα μέτριο πάχος
- Ένα περιφερειακό στοιχείο ενίσχυσης που αποτελείται από ένα διπλό φύλλο aramidic ώστε να μας δώσει το απαραίτητο μέγιστο κράτημα
- Γκρίζα εξωτερική Θήκη πολυαιθυλενίου ή τύπου LSZH με ένα μέτριο πάχος
- Εκτιμημένη εξωτερική διάμετρος καλωδίων 21 χιλ.
- Εκτιμημένο βάρος καλωδίων 315 κλ/χλμ ή 370 κλ/χλμ για τη έκδοση "flame-roof (πυρασφάλειας)

Σύμφωνα με το CEI 9/2 η μέγιστη εφαρμόσιμη πίεση για αυτό το καλώδιο είναι 3800N.

Αυτό το καλώδιο πρέπει επομένως να εξασφαλίσει:

- αντίσταση συντριβής 1500 N/100 χιλ.
- αντίσταση κρούσης 5 N.m
- θερμοκρασία λειτουργίας -30/+60°C
- θερμοκρασία εγκαταστάσεων -5/+ 40°C

FIBRE NUMBER	ΧΡΩΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ
1	Κόκκινο
2	Πράσινο
3	Κίτρινο
4	Καφέ
5	Μλπε
6	Μωβ
7	Γκρι
8	Πορτοκαλί
9	Ροζ
10	Άσπρο / Φυσικό
11	Μαύρο
12	Τυρκουάζ

Πίνακας 17.2 :Πιλότος χρωμάτων οπτικών ινών σε κάθε σωληνάκι

17.2.2 Εγκατάσταση εναέριου καλωδίου

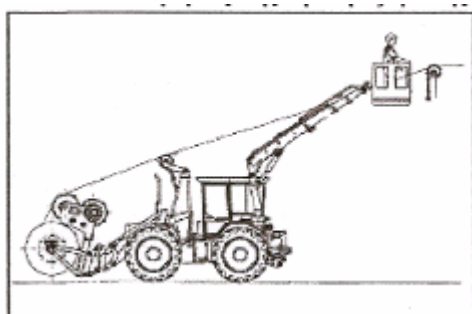
Οι στύλοι πάνω στους οποίους εγκαθίσταται το εναέριο δίκτυο είναι τοιμεντένιοι ή ξύλινοι και απέχουν συνήθως μεταξύ τους από 30 έως 50 μέτρα.

Το καλώδιο οπτικών ινών τοποθετείται σε κυλίνδρους εγκατάστασης, που είναι προσωρινά τοποθετημένοι πάνω στους στύλους τις ηλεκτρικής γραμμής, και τελικά τοποθετείται στις μόνιμες στερεωτικές συσκευές που βρίσκονταν σε κάθε στύλο κατά μήκος της γραμμής, κάτω από τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και σε απόσταση τέτοια ούτως ώστε στην μεγαλύτερη καμπυλότητα (οριακό σημείο) ΤΟΥ κάτω ηλεκτρικού καλωδίου (λόγω θέρμανσης είτε από φωτιά ή καιρικές συνθήκες) να είναι 60 cm. Σε κάθε κολώνα αφήνουμε αρκετά μέτρα περίσσεια καλωδίου για τους ίδιους λόγους που αφήνουμε και σε κάθε φρεάτιο στο υπόγειο δίκτυο οπτικών ινών (βλέπε κεφαλαίο).



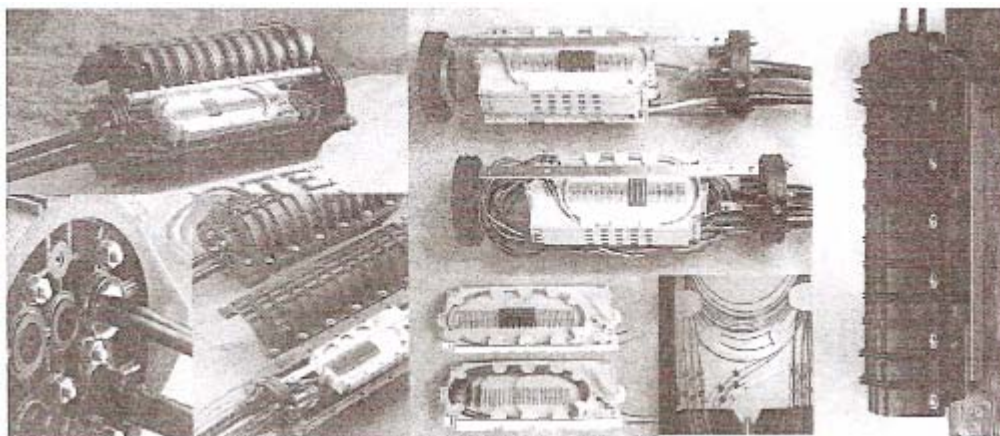
Σχήμα 17.4 :Μόνιμη εγκατάσταση οπτικών ινών πάνω σε στύλο

Εάν ο δρόμος το επιτρέπει, ένα όχημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του καλωδίου κατά μήκος της προοριζόμενης διαδρομής.



Σχήμα 17.5:Μηχανοκίνητο όχημα που διευκολύνει στην εγκατάσταση εναέριου καλωδίου

Ανάλογα με την συγκέντρωση των πελατών, σε ύψος 1,80 (ύψος που μπορεί να χειριστεί το καλώδιο) τοποθετούνται διακλαδωτικοί ή σειριακοί σύνδεσμοι (μούφες) για την σύνδεση των πελατών.



Σχήμα 17.6: Διακλαδωτικός εναέριος σύνδεσμος

Η πρόσβαση στον πελάτη γίνεται με σκάψιμο από ο σημείο του συνδέσμου με χαντάκι συνήθως 40 cm βάθος και πλάτος 15αη με ειδικά μηχανήματα λόγω κόστους.[7]

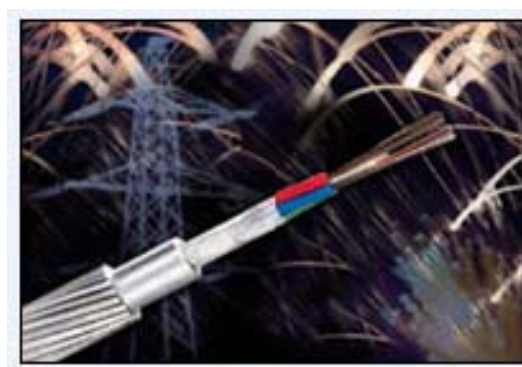
17.3 Εναέριο δίκτυο οπτικών ινών εκτός πόλεων (Εθνικό Δίκτυο)

17.3.1 Παρουσίαση & τεχνικές προδιαγραφές του καλωδίου

Το εναέριο δίκτυο εκτός πόλεων (ή εθνικό δίκτυο) στηρίζεται κυρίως στους πολώνες υψηλής τάσης. Το καλώδιο που χρησιμοποιείται είναι το :

OPGW-DAB 1x12 E10/125 0.25H3.7

1x36 E9/1250.36F3.5 + 0.22H18(ACS49)



Σχήμα 17.7:Εναέριο καλώδιο



Το εικονιζόμενο καλώδιο πληρή τις σχετικές προδιαγραφές IEC και ειδικότερα τις IEC 60793-1 και IEC 607944.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καλωδίου είναι τα εξής:

- 12NZD5-ίνες
- Λειτουργικό μήκος κύματος από 1530 έως 1565 nm και από 1565 έως 1625 nm
- 36SM-ίνες
- Λειτουργικό μήκος κύματος στα 1310 και 1550 nm
- Κεντρικό απομονωτικό σωλήνα
- 4 σωληνίσκους χωρητικότητας 12 οπτικών ινών
- θωράκιση από σύρματα αλουμινίου

Η κωδικοποίηση των χρωμάτων των οπτικών ινών σε κάθε σωληνάκι φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

FIBRE NUMBER	ΧΡΩΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ
1	Κόκκινο
2	Πράσινο
3	Κίτρινο
4	Καφέ
5	Μλπε
6	Μωβ
7	Γκρι
8	Πορτοκαλί
9	Ροζ
10	Άσπρο / Φυσικό
11	Μαύρο
12	Τυρκουάζ

Ο πυρήνας του καλωδίου διαμορφώνεται από έναν κεντρικό απομονωτικό σωλήνα, στον οποίο οι ίνες είναι εγκαταστημένες μέσα σε 4 σωληνάκια των 12 ινών. Τα σωληνάκια αυτά διατηρούν τη συνοχή τους με ένα διαφορετικό χρωματισμό. Ο σωλήνας γεμίζει σιλικόνη προκειμένου να αποτραπεί η διείσδυση και η μετακίνηση νερού.

Tube Number	Χρωματισμός
Tube 1	Μπλε
Tube 2	Πορτοκαλί
Tube 3	Πράσινο
Tube 4	Καφέ

Πίνακας :Πιλότος χρωμάτων σωλήνων

Γύρω από τον κεντρικό απομονωτικό σωλήνα υπάρχει ένα στρώμα θωράκισης που κατασκευάζεται από σύρματα αλουμινίου. Αποτελείται από 30 σύρματα αλουμινίου διαμέτρου 5 και 3 χιλ..

Αυτή η διαμόρφωση εξασφαλίζει στα καλώδια αυτά μια καλή προστασία ενάντια στους κεραυνούς καθώς και σε οποιαδήποτε βαλλιστική δράση από κνηγούς.[9]

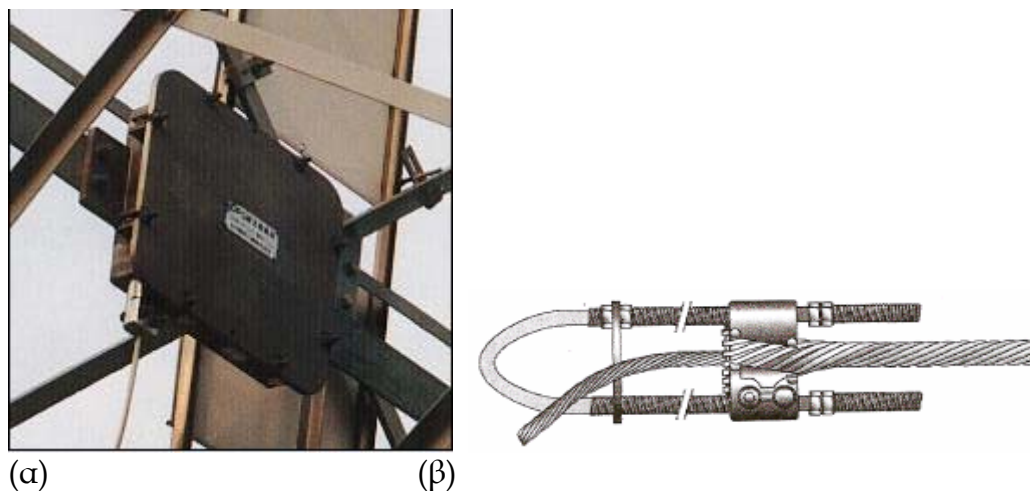
17.3.2 Εγκατάσταση εναέριου καλωδίου

Το εναέριο καλώδιο τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο του πυλώνα και αντικαθιστά στο καλώδιο γείωσης του. Οι αποστάσεις των πυλώνων είναι συνήθως 500 μέτρα και το μήκος των εναέριων καλωδίων είναι συνήθως 10 χιλιόμετρα.



Σχήμα 17.8 :πυλώνας υψηλής τάσης

Υπάρχουν ειδικά εξαρτήματα στην κορυφή κάθε πυλώνα όπου στερεώνεται το καλώδιο της οπτικής ίνας που στο τέλος του το καλωδίου καταλήγει στη βάση κάθε πυλώνα σε μεταλλικούς συνδέσμους (μούφες).



Σχήμα 17.9(α)Μεταλλικός εναέριος σύνδεσμος
(β)Διευθέτηση του καλωδίου στη βάση του πυλώνα

❖ Εξάρτημα Ανάρτησης

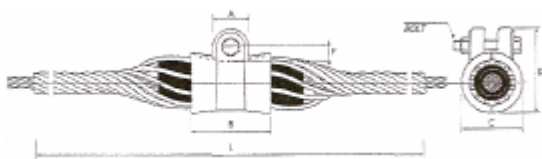
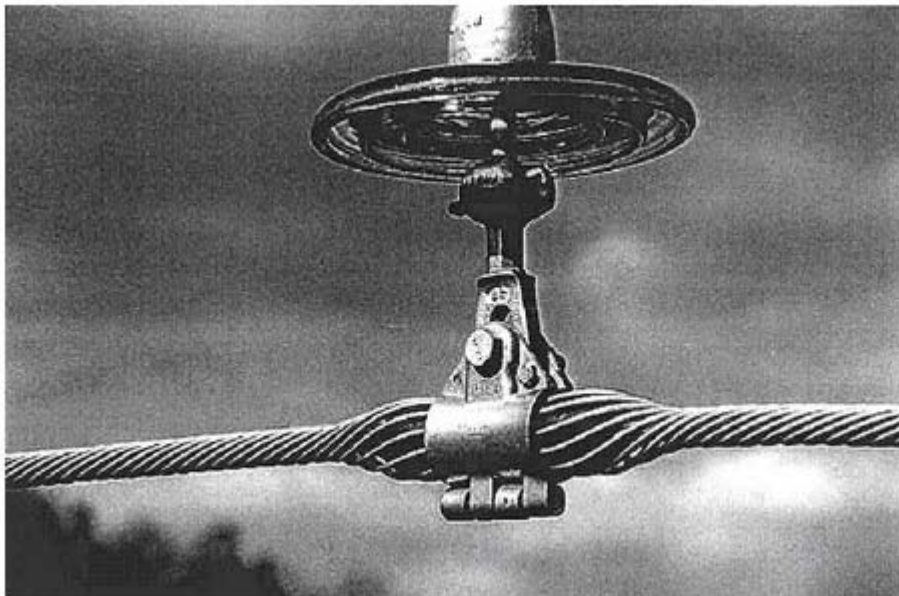
Αυτό το εξάρτημα είναι μια προσηματισμένη μεταλλική σπείρα που χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει το καλώδιο χωρίς, ή με περιορισμένη, αξονική τάνση και πρέπει να είναι ανθεκτικό στη διάβρωση που προκαλείται από τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες.



Σχήμα 17.10 :Εξάρτημα Ανάρτησης

❖ Εξάρτημα Στήριξης

Αυτό το εξάρτημα είναι ένα προσηματισμένο μεταλλική έλιγμα με μια κατάλληλη διάμετρο για την εξασφάλιση ενός επαρκούς πιασίματος του συστήματος. Το εξάρτημα πρέπει να έχει ένα κατάλληλο μήκος για να διανείμει την πίεση προκειμένου να αποφευχθεί η πιθανή βλάβη στη θήκη και η αύξηση της εξασθένησης λόγω της πίεσης στις ίνες. Πρέπει επίσης να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας ανθεκτικό ολικό στη διάβρωση από τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του. Κάθε ένα από αυτά τα εξαρτήματα θα πρέπει ακολουθείται με όλα τα συμπληρωματικά μέρη (δακτυλίους, κολάρα, υποστηρίγματα, κλπ...) που απαιτούνται για την εγκατάσταση στους πυλώνες της γραμμής.

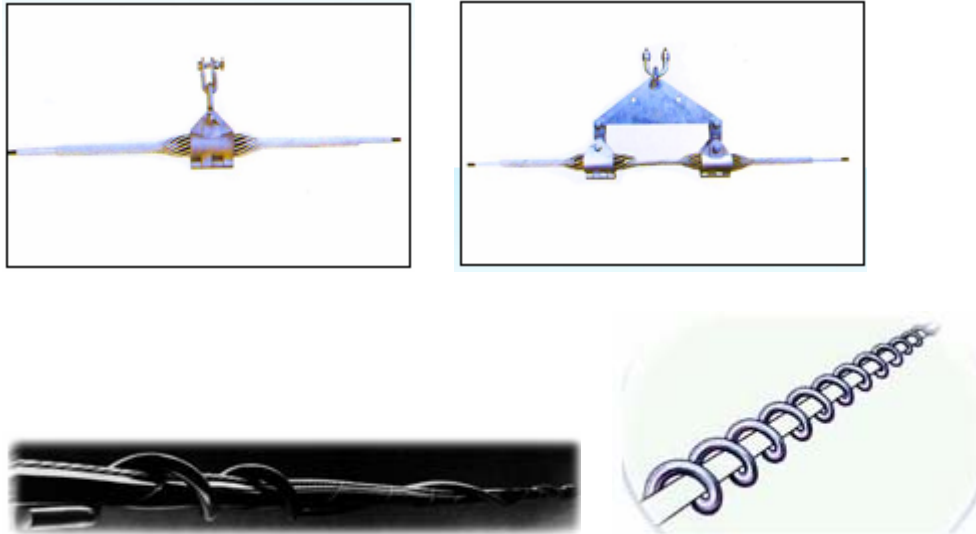


Σχήμα 17.11: Εξάρτημα Στήριξης

❖ Εξάρτημα Air Flow Spoiler

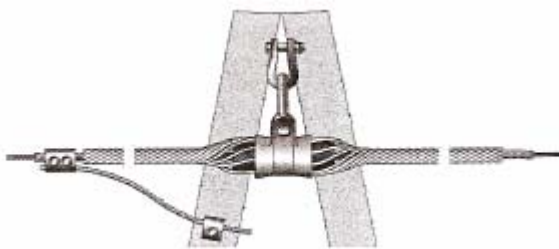
Το spoiler ροής αέρα (Air Flow Spoiler) σχεδιάζεται για να αντιδράσει στον πλήρη κυματισμό ΠΟΟ μπορεί να προκαλέσει ένας καταστροφικός αέρας καταστροφής. Ο κυματισμός είναι χαμηλής συχνότητας, μεγάλου πλάτους και μπορεί να εμφανιστεί στους αγωγούς στις εναέριες γραμμές μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας και διανομής. Μπορεί να προκαλέσει μηχανική ζημία που έχει επιπτώσεις στην εξασθένηση. Οι συναρμολογήσεις και τα εξαρτήματα

υποστήριξης μπορούν επίσης να βλαφτούν, και οι γραμμές μετάδοσης και διανομής μπορεί να παρουσιάσουν διακοπές λειτουργίας. Το Air Flow Spoiler έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός μειώνοντας σημαντικά τον κυματισμό το γδάρισμα και τη μηχανική κούραση. Κατασκευάζονται από άκαμπτο, στερεό πολυβινυλοχλωρίδιο PVC, το οποίο μπορεί να διατηρήσει τα καλά φυσικά χαρακτηριστικά μέσα σε μια σειρά των ακραίων θερμοκρασιών. Οι υπαίθριες δοκιμές γήρανσης δείχνουν ότι τουλικό δεν επιδεινώνεται σε περίπτωση αυστηρών καιρικών συνθηκών, βιομηχανικής ρύπανσης ή αλμυρού νερού.



Σχήμα 17.12: Εξάρτημα Air Flow Spoiler

Για την προστασία του καλωδίου σε κάθε पुलόνα υπάρχει ειδική γείωση.



Σχήμα 17.13 : Γείωση του καλωδίου στον पुलόνα υψηλής τάσης

Λαμβάνεται υπόψη η ακτίνα καμπυλότητας του καλωδίου οπτικών ινών η οποία θα πρέπει να επέχει το λιγότερο 2 μέτρα από τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Κάθε 100 χιλιόμετρα περίπου (σήμερα και στα 500) στη βάση του पुलόνα τοποθετείται οικίσκος που μέσα του τοποθετείται ο εναέριος εξοπλισμός (αναγεννητές, πολυπλέκτες, τροφοδοτικά, UPS και κλιματισμός).

17.4 Υποβρύχιο δίκτυο οπτικών ινών

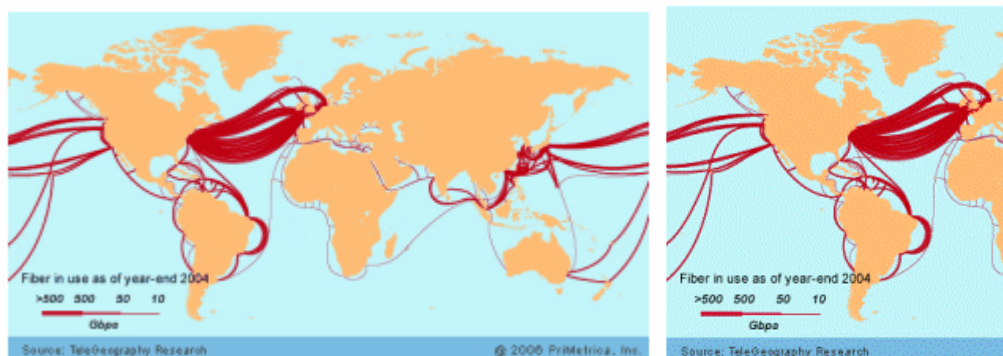
17.4.1 Τοποθέτηση του υποβρύχιου καλωδίου

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών ο αριθμός των εγκατεστημένων υποβρύχιων οπτικών καλωδίων ινών έχει αυξηθεί γρήγορα. Η ακόρεστη ανάγκη για το περισσότερο εύρος ζώνης, τα υψηλότερα bitrates και μεγαλύτερες αποστάσεις εγκαταστάσεων χωρίς τους ενισχυτές και επαναληπτές έχει ευνοήσει πραγματικά την εγκατάσταση των υποβρύχιων καλωδίων. Η απαίτηση για το εύρος ζώνης ικανοποιείται με την πολυπλεξία του μήκους κύματος και τη διασπορά στην ίνα. Τα υψηλά bitrates καλύπτονται από τους νέους τύπους λέιζερ και του εξοπλισμού λήψεως. Η μεγάλης απόστασης επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των έρβιο ενισχυτών ("erbium doped fiber amplifiers" EDFA).[11]

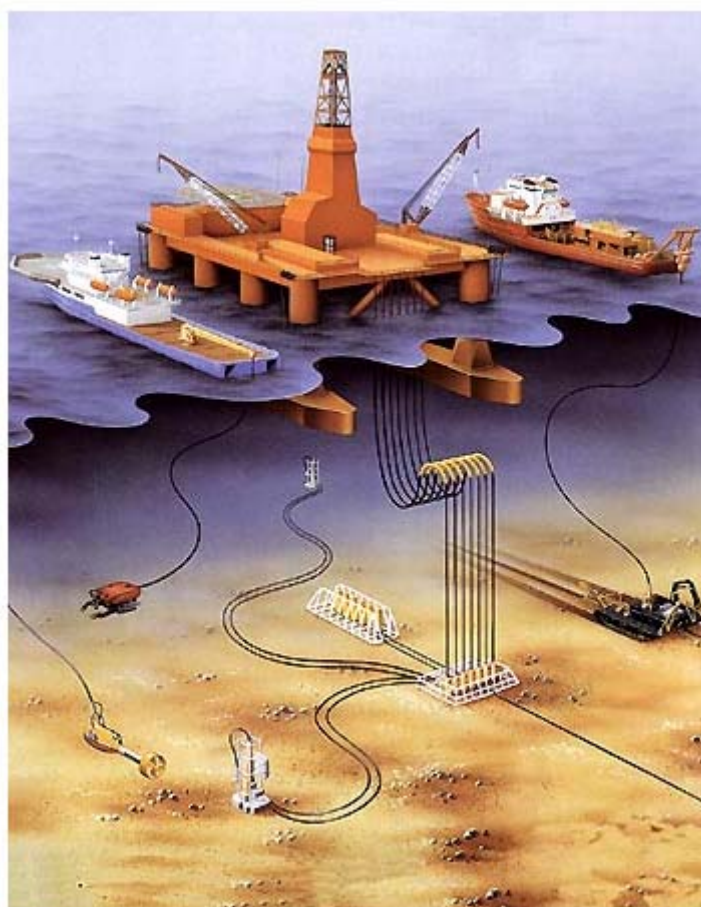


Σχήμα 17.14: Ύπαρξη οπτικής ίνας σε λίμνη

Η μεγάλης απόστασης επικοινωνία (2,5 Gbit/s ή περισσότεροι) μερικές φορές που υπερβαίνει 300 χλμ είναι σήμερα δυνατή χωρίς την ανάγκη για τον ενδιάμεσο ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Συνδέοντας την ακτή κοντά στις πόλεις με τα υποβρύχια καλώδια είναι συχνά μια οικονομικά πιο αποδοτική εναλλακτική λύση από τον άμεσο ενταφιασμό.



Σχήμα 17.15 : Χάρτης υποβρυχίων οπτικών ινών



Σχήμα 17.16 : Πύργοι διαχείρισης υποβρυχίων δικτύων οπτικών ινών

Πολλοί πύργοι - γεωτρήσεις κατά μήκος των ακτών συνδέονται με την στεριά με τα υποβρύχια συστήματα καλωδίων χωρίς επαναληπτές. Ο έλεγχος παραγωγής εποπτεύεται έπειτα από την στεριά αντί των πληρωμάτων επί της πλατφόρμας. Οι πύργοι - γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται επίσης ως ενδιάμεσα σημεία διέλευσης προκειμένου να γεφυρωθούν οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας και των νησιών (Καραϊβική, Ινδονησία κλπ.) ή μεταξύ των χωρών (Μεγάλη Βρετανία -Νορβηγία κλπ.)

17.4.2 Εγκατάσταση υποβρύχιου καλωδίου

Η τοποθέτηση του υποβρύχιου καλωδίου απαιτεί τις λεπτομερείς προετοιμασίες για όλες τις σχετικές φάσεις. Το καλώδιο οπτικών ινών δεν διαφέρει σημαντικά από το συμβατικό καλώδιο των πόλεων. Επειδή το καλώδιο οπτικών ινών είναι πολύ ελαφρύτερο από το χάλκινο καλώδιο, εισάγεται πρόσθετο βάρος με τη θωράκιση του καλωδίου οπτικών ινών από βαριά χαλύβδινα συρμάτων. Η θωράκιση προστατεύει επίσης το καλώδιο από τις άγκυρες, τα αλιευτικά πλοιάρια, τις ζημίες από τους καταδυμένους βράχους κλπ.

Δεδομένου ότι το υποβρύχιο καλώδιο θα είναι τοποθετημένο μόνιμα κάτω από το νερό, μια μεταλλική αδιάβροχη θήκη χαλκού ή αλουμινίου προστίθεται μεταξύ του καλωδίου οπτικών ινών και της θωράκισης. Αυτή η πρόσθετη θήκη προστατεύει την οπτική ίνα από την είσοδο του νερού και του υδρογόνου.

Μια κοινή μέθοδος για την προστασία του υποβρύχιου καλωδίου είναι να οργωθεί μια τάφρος στο βυθό στην οποία τα καλώδια θα θάβονται. Στην ακτή το καλώδιο μεταβιβάζεται σε μια τάφρο την που προστατεύεται στα ρηχά ύδατα και από τον πάγο στις περιοχές που παρουσιάζουν θερμοκρασίες υπό του μηδέν.

Τα καλώδια και τα υλικά συναρμογών για την υποβρύχια χρήση σε ένα βάθος αρκετών μέτρων αναπτύσσονται για να ταιριάζουν με τα σχέδια των κατασκευαστών των καλωδίων. Για το υποβρύχιο καλώδιο, κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση έχει τα ειδικά προβλήματα της που απαιτούν συχνά τις μοναδικές λύσεις, το οποίο σημαίνει ότι κανένας συγκεκριμένος κανόνας δεν μπορεί να δοθεί. Η στενή συνεργασία μεταξύ του χειριστή δικτύων, της επιχείρησης εγκαταστάσεων και του κατασκευαστή καλωδίων είναι πάντα ενδεδειγμένη.

17.4.3 Υποβρύχιο καλώδιο και υποβρύχιοι σύνδεσμοι

Η κατασκευή ενός υποβρύχιου καλωδίου είναι ένας πολύ περίπλοκος στόχος. Η ένωση ενός υποβρύχιου καλωδίου εισάγει νέες παραμέτρους όπως η ακραία ανοχή δύναμης και πίεσης. Όσο λιγότερος είναι ο αριθμός των συγκολλήσεων τόσο ευκολότερη και ασφαλέστερη είναι η εγκατάσταση του καλωδίου. Εάν τα καλώδια μπορούν να παραδοθούν σε μήκη αρκετών χιλιομέτρων (σε ένα ενιαίο μήκος) χωρίς την ανάγκη για να συγκολλήσεις, κερδίζονται χρόνος και πρόβλημα.



Σχήμα 17.17: Υποβρόχιοι Σύνδεσμοι και επαναλήπτες

Μέχρι στιγμής έχει αναπτυχθεί ένα υποβρόχιο καλώδιο με μέχρι 192 ίνες και με μήκος μέχρι 300 χλμ, που προ- ενώνονται στο εργοστάσιο.

Ο υποβρόχιος σύνδεσμος (μούφα) αποτελείται από ανθεκτικό κράμα διάβρωσης (συνήθως ανοξείδωτος χάλυβας ή χαλκός). Διάφορα πρόσθετα (φλάντζες, τοιμούχες) καθιστούν την περάτωση αδιάβροχη. Το σύνδεσμο τον γεμίζουν με ενώσεις για να αντισταθεί την τεράστια πίεση από το περιβάλλον νερό σε βάθος κάτω σε διάφορα χιλιόμετρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 - Εφαρμογές Οπτικών Ινών

18.1. Ιατρικές εφαρμογές

Σε χώρους ευαίσθητους όπως αυτοί των νοσοκομείων, ιατειών, κλινικών κλπ οι εφαρμογές των λέιζερ και των οπτικών ινών έχουν δημιουργήσει μια δική τους ξεχωριστή ενότητα της ιατρικής φυσικής.

Οι εφαρμογές των οπτικών ινών στον ιατρικό τομέα περιλαμβάνουν.

- Ενδοσκόπια για επόπτευση εσωτερικών οργάνων του οργανισμού.
- Καθετήρες
- Συστήματα ψυχρού φωτισμού και συστήματα μεταφοράς φωτεινής ισχύος σε μικροσκόπια καθώς και διάφορα όργανα και σημεία του σώματος.
- Μεταφορά μεγάλου όγκου ψηφιακής πληροφορίας από διάφορα μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας και πιστότητας όπως αξονικός και μαγνητικός τομογράφος.
- Μετάδοση αναλογικής και ψηφιακής πληροφορίας (φωτογραφίες, ακτινογραφίες, αναλύσεις) σε περιβάλλον με μεγάλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως τα ακτινολογικά εργαστήρια και αυτόματοι μικροβιολογικοί σταθμοί.[36]

18.2. Στρατιωτικές εφαρμογές

Η ανάπτυξη των οπτοηλεκτρονικών εξαρτημάτων σε συνδυασμό με την μικροηλεκτρονική και τις οπτικές ίνες βρίσκουν πολλές εφαρμογές στο σύγχρονο στρατιωτικό εξοπλισμό και στις πολεμικές επιχειρήσεις των διαφόρων στρατών του κόσμου.

Οι στρατιωτικές συσκευές που περιλαμβάνουν οπτοηλεκτρονικά εξαρτήματα είναι:

- Τηλέμετρα - αποστασιόμετρα - ταχύμετρα (Lidar)
- Γυροσκόπια
- Τηλεχειρισμοί
- Διακόπτες νυχτερινής κατόπτευσης
- Υπέρυθρες δέσμες στόχευσης

Ένας άλλος στρατιωτικός τομέας που βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή οι οπτικές ίνες και τα λοιπά οπτοηλεκτρονικά μέσα είναι:

- ✓ Η δικτύωση των αεροσκαφών, πλοίων καθώς και επίγειων οργάνων ελέγχου και μονάδων αφού οι ίνες είναι πολύ ελαφρύτερες από αντίστοιχα χάλκινα καλώδια και φυσικά αναισθητες σε περιβάλλον ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (Radar, Κεραίες ασύρματης επικοινωνίας με μεγάλη ισχύ εκπομπής, Η/Μ αντίμετρα, και παρεμβολές κάθε είδους). [36]

18.3. Βιομηχανικές εφαρμογές

Το βιομηχανικό ή βιοτεχνικό περιβάλλον πολλές φορές παρουσιάζει τα εξής προβλήματα:

- Βιομηχανικό Θόρυβο (κραδασμούς - ισχυρά κρουστικά κύματα).
- Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (λόγω ισχυρών πεδίων από υψηλές τάσεις και ρεύματα).
- Μεγάλες αυξομειώσεις σε θερμοκρασία, υγρασία, πίεση και πυκνότητα στους χώρους εφαρμογών.
- Μεγάλο μήκος καλωδίων μεταφοράς πληροφορίας.
- Μεγάλο όγκο πληροφορίας σε σημεία διαφορετικών περιβαλλοντολογικών συνθηκών.

Στα παραπάνω προβλήματα σήμερα έχουν δοθεί άμεσες λύσεις με την χρήση των λέιζερ και των οπτικών ινών ως:

- Μέσα μεταφοράς μεγάλου όγκου πληροφορίας
- Αισθητήρες Πίεσης - Θερμοκρασίας - Συγκέντρωσης μορίων - Φωτεινότητας -Χρώματος κλπ.
- Απαριθμητές και μηχανική όραση για ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο γραμμής παραγωγής προϊόντων, μοναδικής ακρίβειας και αποτελεσματικότητας.
- Αποστασία μετρά, κλησιόμετρα και συμβολομετρικά κινησιόμετρα για την κοπή, ευθυγράμμιση και παρακολούθηση της κίνησης τόσο των μεγάλων όσο και των εξαιρετικά μικρών κατασκευών και επιφανειών.[36]

18.4 Δίκτυα οπτικών επικοινωνιών

Ο κύριος όγκος εφαρμογών των οπτικών ινών είναι τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα κάθε είδους. Σήμερα ένας πραγματικός οργανισμός

ανακαίνισης και αντικατάστασης των παλαιότερων χάλκινων και ομοαξονικών, μακρινών ιδιαίτερα, ζεύξεων με οπτικές ίνες έχει αρχίσει. Βρισκόμαστε δηλαδή σε μια σπάνια εξελικτική στιγμή της τεχνολογίας μεταφοράς πληροφορίας, τόσο σημαντικής, όσο αυτής του χαλκού ως μέσο μετάδοσης σήματος. Οι δυνατότητες που ανοίγονται μπροστά μας με την χρήση των οπτικών ινών ως μέσο διάδοσης δεδομένων στην εποχή αυτή της πληροφορικής είναι τεράστιες.

Τέτοιες εφαρμογές περιλαμβάνουν:

- Καλωδιακή Τηλεόραση (CATV)
- Κλειστό Κύκλωμα Τηλεόρασης (CCTV)
- Συστήματα Οικονομικών και Ταμειακών Υπηρεσιών.
- Τοπικά και Μητροπολιτικά (Αστικά Δίκτυα) (LAN, MAN)
- Τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις (Μεγάλων και μέσων αποστάσεων).

Η καλωδιακή τηλεόραση σε πολλές χώρες της Ευρώπης και ιδιαίτερα στις ΗΠΑ και Ιαπωνία είναι ευρέως διαδεδομένη. Παρά το γεγονός ότι το ομοαξονικό καλώδιο προσφέρει πολύ καλές υπηρεσίες σ' αυτό το χώρο οι σύγχρονες απαιτήσεις για μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις καθώς και μεταφορά μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για ένα πιο αξιόπιστο και αποδοτικό δίκτυο οπτικών ινών. Τα σύγχρονα τηλεοπτικά καλωδιακά κανάλια έχουν ξεφύγει πια από το τοπικό χαρακτήρα τους ενώ η ανάγκη παροχής προγραμμάτων τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV) είναι ένα από τα μεγαλύτερα όπλα που διαθέτουν στο μάρκετινγκ των προγραμμάτων τους.

Τα **κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης** βρίσκονται συνήθως σε: εγκαταστάσεις παρακολούθησης χώρου (πολιτικό και στρατιωτικό), εγκαταστάσεις ασφαλείας (τράπεζες, καταστήματα) και σε ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές. Σε τέτοιες περιπτώσεις μια σχετικά απλή σύνδεση αρκεί μεταξύ μιας απομακρυσμένης κάμερας και μιας μονάδας παρατήρησης / καταγραφής. Το ομοαξονικό καλώδιο παραδοσιακά χρησιμοποιείται σε τέτοιες εφαρμογές. Όμως, στη μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών σήμερα παρατηρείται οξύ πρόβλημα παρεμβολών και απωλειών εικόνας λόγω παρακειμένων ηλεκτρικών πεδίων. Τρεις πολύ βασικοί λόγοι χαρακτηρίζουν τη χρήση των οπτικών ινών ως επιθυμητή:

- α) Αναισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές με άριστη ποιότητα εικόνας.
- β) Δεν χρειάζεται ειδικό σχεδιασμό και ακριβή εγκατάσταση καλωδίου ακόμη και δίπλα σε ηλεκτρικές μηχανές, κινητήρες και καλώδια υψηλής τάσης.
- γ) Η οπτική ίνα και το περιβάλλον καλώδιο δεν παράγουν κανένα είδος ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από το οποίο θα μπορούσε κάποιος είτε να πάρει πληροφορίες είτε να κάνει παρεμβολές στο δίκτυο χωρίς να εντοπιστεί.

Μια τοπική ζεύξη μπορεί να επεκταθεί με χαμηλότατο κόστος σήμερα σε αποστάσεις των 2-8 χλμ.[36]

18.5 Συστήματα οικονομικών υπηρεσιών

Τα σημερινά εμπορικά κέντρα των μεγάλων εταιριών, τραπεζών και οργανισμών είναι απαραίτητο για να ανταποκριθούν στον ανταγωνισμό να παρέχουν όλες εκείνες τις ευκολίες για την άμεση και αποδοτική πληροφόρηση και ενημέρωση των στελεχών τους. Κάποιοι από τους συνήθεις λόγους που συντρέχουν στην ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων είναι οι εξής:

- α) Σχετικά μεγάλος αριθμός χρηστών που εργάζονται σε πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους (εκατοντάδες εντός ενός κτιρίου).
- β) Δυνατότητες μεταώγησης έγχρωμης εικόνας υψηλής ανάλυσης, γ) Χρήση συνδέσεων όπως RS232, IBM X21, BS422 κλπ.
- δ) Εξωτερικές συνδέσεις σε δίκτυα μέσω τηλεφωνικών γραμμών καθώς και δορυφορικών και μικροκυματικών ζεύξεων.

Το μεγαλύτερο ίσως τέτοιο σύστημα είναι εγκατεστημένο στο World Financial Centre στη Νέα Υόρκη. Αποτελείται από 5.000 km οπτική ίνα, 60.000 συνδετήρες οπτικών ινών, 12.700 μονάδες πομποδεκτών σήματος βίντεο και 5.000 μονάδες διασύνδεσης ψηφιακών δεδομένων. Οι κύριοι λόγοι που υιοθέτησε η επιτροπή σχεδιασμού και που καθόρισαν την επένδυση αυτή σε δίκτυο με οπτικές ίνες ήταν:

- α) Χαμηλή απόσβεση σήματος.
 - β) Χαμηλότατη συνακρόαση (crosstalk).
 - γ) Αναισθησία σε παρεμβολές
- [36]

18.6 Τοπικά και μητροπολιτικά Δίκτυα (LAN, MAN)

Ως τοπικό ορίζουμε ένα δίκτυο που αποτελείται από ελεγχόμενο αριθμό τερματικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, μικροϋπολογιστών και άλλων συσκευών ψηφιακής επεξεργασίας δεδομένων σε ένα περιορισμένο γεωγραφικό χώρο. Σκοπός ενός τοπικού δικτύου είναι να παρέχει ένα λειτουργικό και αλληλοεξαρτώμενο σχήμα δικτύου για μια ομάδα χρηστών. Η βάση για την τυποποίηση ενός τοπικού δικτύου μέσω διεθνών οργανισμών (ISO - International Standards Organization) είναι γνωστή ως μοντέλο ανάπτυξης τοπικών δικτύων OSI (Open System Interconnection). Τα τοπικά δίκτυα που στην περίπτωση μας έχουν ως φυσικό μέσο το οπτικό καλώδιο ανάλογα με τη δυνατότητα τους ως προς το ρυθμό σηματοδότησης, ευκολίες τοπολογίας και κατάσταση οπτοηλεκτρονικής ανάπτυξης κατατάσσονται σε τρεις εξελικτικές φάσεις:

- **Πρώτης γενεάς:** Ρυθμός μέχρι 10 Mbits/sec. Επικοινωνία μεταξύ στοιχείων ηλεκτρονικού γραφείου (π.χ. επεξεργασία κειμένου), ή διανεμημένα συστήματα υπολογιστών. Εμπορικά είναι διαθέσιμα.

- **Δεύτερης γενεάς:** Ρυθμός μέχρι 100 Mbits/sec. Τοπικά δίκτυα ικανά να διαχειριστούν χρήσιμο αριθμό τηλεφωνικών τερματικών και περιορισμένη μετάδοση εικόνας ως επιπλέον των χαρακτηριστικών της πρώτης γενεάς (σημαντικά απαιτητική και ακριβή τεχνολογία). Εμπορικά διαθέσιμα και με μεγάλη διεισδυτικότητα στην αγορά.
- **Τρίτης γενεάς:** Ρυθμός πάνω από 1000 Mbit/sec. Σκοπός είναι να πιάσει περιοχές εφαρμογών για αλληλοεπιδρούσες υπολογιστικές δραστηριότητες όπως μετάδοσης βίντεο, και υψηλής ανάλυσης γραφικών. Τα τοπικά δίκτυα αυτά είναι υπό ανάπτυξη, όμως πιστεύετε ότι πολύ σύντομα θα είναι στη διάθεση των εταιριών με τέτοιες απαιτήσεις.

Τα πλεονεκτήματα των οπτικών τοπικών δικτύων απορρέουν από τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών. Κυρίως μπορούμε να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στα εξής:

- Υψηλή ασφάλεια πληροφορίας,
- Υψηλή ποιότητα σε περιβάλλον με βιομηχανικό θόρυβο και παρεμβολές.
- Μοναδική επιδεκτικότητα σε διεύρυνση και ανάπτυξη για μελλοντικές σχεδιάσεις και τοπολογίες.

Τοπολογίες δικτύων

Ένας εκτεταμένος αριθμός πιθανών τοπολογιών τοπικών δικτύων έχει προκύψει κατά τη διάρκεια της πολυετούς χρήσης τους. Τοπολογίες που γενικά απαντώνται σε τοπικά δίκτυα είναι:

- Τοπολογία λεωφόρου
- Τοπολογία αστέρος
- Τοπολογία δακτυλίου
- Τοπολογία βρόγχου (ή δενδροειδής).

Η πιο διαδεδομένη τοπολογία σήμερα σε οπτικά τοπικά και αστικά δίκτυα είναι μια τοπολογία διπλού δακτυλίου γνωστή σαν FDDI (Fibre Distributed Data Interface).

Η τοπολογία του διπλού δακτυλίου επιτρέπει τεχνικές εναλλακτικής δρομολόγησης σε περιπτώσεις βλάβης ή φυσικής διακοπής του καλωδίου. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του FDDI είναι:

- Υποστηρίζει περισσότερους από 100 κόμβους.
- Μέγιστη απόσταση κόμβων είναι 2Km
- Μέγιστη περιφέρεια δικτύου περίπου 200Km.
- Οπτικό καλώδιο με ίνα 62,5/125μm και μήκος κύματος 1300 nm.
- Κώδικας γραμμής 4B/5B

- Διαμόρφωση οπτικού σήματος με NRZ-L

Το δίκτυο FDDI χρησιμοποιείται σήμερα σα δίκτυο "ραχοκοκαλιά" πάνω στο οποίο μπορούμε να "κρεμάσουμε" άλλα τοπικά δίκτυα διαφορετικού πρωτοκόλλου αλλά μικρότερου ή ίσου ρυθμού σηματοδοσίας. Σήμερα το FDDI-II δίνει τη δυνατότητα παράλληλης μεταφοράς φωνής και δεδομένων.

18.7 Τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις

Οι εθνικές τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις λειτουργούν σε τρία ξεχωριστά επίπεδα.

α. Υπεραστικό και κομβικό δίκτυο

Το δίκτυο αυτό συνδέει πρωτεύοντα και υπεραστικά κέντρα και επιτρέπει την έξοδο σε διεθνείς συνδέσεις. Το οπτικό αυτό δίκτυο λειτουργεί συνήθως στα 8,34, 140, 565 Mbits/sec. Στις ζεύξεις αυτές οι οπτικές ίνες είναι μονότροπες, η πηγή λέιζερ ημιαγωγού και ο δέκτης τύπου PINFET. Οι επαναλήπτες που τοποθετούνται είναι συνήθως σε απόσταση των 30-50 km.

β. Τερματικό δίκτυο

Σκοπός του τερματικού δικτύου είναι να συνδέσει τα κέντρα μεταγωγής με τα τοπικά κέντρα το καθένα εκ των οποίων εξυπηρετεί 100-10.000 συνδρομητές. Σ' αυτό το επίπεδο πολλές φορές αντί για μονότροπες ίνες χρησιμοποιούνται πολύτροπες σε ρυθμούς 8 Mbits/sec σε καλώδια των δύο ινών και τυπική απόσταση των 10 km η οποία δεν απαιτεί αναγέννηση του σήματος.

γ. Αστικό δίκτυο

Το αστικό δίκτυο διανέμει το σήμα στο συνδρομητή. Μέχρι σήμερα πολύ λίγες είναι οι περιπτώσεις εγκατάστασης τέτοιου δικτύου. Μεμονωμένα πιλοτικά προγράμματα έχουν επιδειχθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου όπου η ίνα έφτασε μέχρι τον συνδρομητή. Υπάρχουν βέβαια πολλά τέτοια σενάρια που μελλοντικά προβλέπεται να αποτελέσουν την λύση για ολοκληρωμένα δίκτυα τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

18.8 Συνδέσεις οπτικών δικτύων

Η σύνδεση των διαφόρων στοιχείων, ενεργών ή παθητικών, που αποτελούν ένα δίκτυο είναι το πιο ουσιώδες και ζωτικό σημείο της ζεύξεως.

Σχεδιασμός οπτικού δικτύου

Γνωρίζοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία των οπτικών τηλεπικοινωνιών μπορεί κανείς να σχεδιάσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα οπτικής μετάδοσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις του δικτύου βρίσκονται στην οπτική ισχύ και το εύρος ζώνης.

Το πρώτο βήμα στη **σχεδίαση δικτύων** είναι η εφαρμογή για την οποία θα σχεδιαστεί και ειδικά οι απαντήσεις στα ερωτήματα "πόσο μακριά" και "πόσο γρήγορα". Μετά τον καθορισμό της απόστασης και του ρυθμού μετάδοσης μένουν τα εξής:

- τύπος οπτικής ίνας
- αριθμητικό άνοιγμα
- διάμετρος πυρήνα
- μήκος κύματος λειτουργίας
- απορρόφηση ίνας
- διασπορά ίνας
- τύπος πηγής
- εκπεμπόμενη ισχύς
- τύπος ανιχνευτή
- ευαισθησία
- εύρος ζώνης πομπού και δέκτη
- λόγος σήματος προς θόρυβο
- απώλειες συνδέσμων
- αριθμός και απώλεια συγκολλήσεων
- περιβάλλον λειτουργίας
- μηχανική προστασία
- αξιοπιστία
- κόστος

Η ανάλυση του συστήματος περιλαμβάνει ένα σχηματικό διάγραμμα με τα επιμέρους στοιχεία και επιλογή οπτικής ίνας και πηγής. Για κάλυψη μικρών αποστάσεων οι πλαστικές ίνες και τα LED καλύπτουν τις προδιαγραφές. Για μεγαλύτερες χρειάζονται πολύτροπες ίνες και λέιζερ. Για μεγάλες ζεύξεις είναι αναγκαία η χρήση μονότροπης οπτικής ίνας.

Ο υπολογισμός των απωλειών ισχύος γίνεται στο διάγραμμα και λαμβάνει υπόψη όλες τις απώλειες ώστε να υπολογιστεί η απαιτούμενη ευαισθησία του δέκτη. Οι απώλειες μετρώνται σε dB ώστε η λογαριθμική κλίμακα τους να επιτρέπει αριθμητική πρόσθεση. Ένας τυπικός υπολογισμός περιλαμβάνει:

Ισχύς πομπού	-12dBm
Απώλειες εκπομπής	-1dB
1ος συνδετήρας	-2dB
Συγκόλληση	-0,5dB
2ος συνδετήρας	-2dB
Απορρόφηση ίνας 2dB/Km	-4dB
Απώλειες δέκτη	-1dB

Περιθώριο ασφαλείας	-4dB
Λόγος σήματος / θόρυβο	-10dB
Ελάχιστη ευαισθησία δέκτη	-36,5dBm

Από μια τέτοια ανάλυση προκύπτει η ισχύς που φθάνει στο δέκτη και στη συνέχεια μπορεί να γίνει η επιλογή του ώστε να ολοκληρωθεί η σχεδίαση του συστήματος. Αντίστοιχα γίνεται και η σχεδίαση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Οι παράγοντες που διαφέρουν και καθορίζουν την τελική επιλογή είναι η αξία και η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων υλικών από τους διάφορους κατασκευαστές.[53]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Keiser G., *"Optical Fibre Communications"*, Me Graw Hill, Singapore, 1991.
- [2] John Crisp – Barry Elliott , *"Introduction to Fiber Optics,Third Edition"* , 2005
- [3] Jeff Hecht , *"Understanding Fiber Optics"* , 2005
- [4] Jim Hayes , *" Εγχειρίδιο Οπτικών Ινών"* , Εκδόσεις Ίων , 1999
- [5] Αλέξανδρος Αλεξανδρής , *"Οπτικές Ίνες"* , Εκδόσεις Ίων , 2002
- [6] Cochrane P., Brain P., *"Future Optical Fiber Transmission Technology and Networks"*, IEEE Communications Magazine, pp. 45-60, Nov. 1988.
- [7] David Goff , *"Fiber Optics Reference Guide,Third Edition"* , 2002
- [8] Jim Hayes , *"Fiber Optics Technician's Manual"* , 2005
- [9] Green , *"Δίκτυα Οπτικών Ινών"* , Εκδόσεις Παπασωτηρίου , 1993
- [10] Agrawal G.P., *"Συστήματα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες"*, Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2001.
- [11] Senior J.M., *"Optical fibre Communications - Principles and Practice"*, Prentice HaU, 1985.
- [12] La Course J., *"Laser Pnmerfor Fiber Optics Users"*, IEEE Cir. Devices, pp. 27-32, Mar. 1992.

- [13] Urquhart P., *"Review of rare earth doped fibre lasers and amplifiers"*, IEE Proceedings, Vol. 135, Pt J, No. 6, Dec. 1988.
- [14] Mellis J., *"Optical Amplifiers make their move"*, Lasers & Optronics, pp. 45-46, Aug. 1991
- [15] Πομαόρτσης " Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών"
- [16] Dennis Derickson , *"Fiber Optic Test and Measurement (Hewlwoth-Packard Professional Books" , 1997*
- [17] R.P.Khare , *"Fiber Optics and Optoelectronics" , 2004*
- [18] Chomycz Bob , *"Fiber Optic Installer's Field Manual" , 2000*
- [19] John C. Huber , *"Industrial Fiber Optics Networks" , 1995*
- [20] Eric Udd , *"Fiber Optics Smart Structures" , 1995*
- [21] P.Rastogi , *"Optical Measurement Techniques and Applicats"*, 1997
- [22] P.Vasilev , *"Ultrafast Diode Laser" , 1994*
- [23] POF CLUB (F) , *"Plastic Optical Fibers (pof club France)" , 1996*
- [24] Maclean , *"Optical Line Systems" , 1996*
- [25] Sudo , *"Optical Fiber Amplifiers : Materials , Devices" , 1997*
- [26] Kazovsky , *"Optical Fiber Communication Systems" , 1996*

- [27] D.Derickson , “*Fiber Optics Test and Measurment*” , 1996
- [28] C.DeGusatis , “*Hndbook of Fiber Optic Data Communication* “ , 1997
- [29] Agraval , “*Nonlinear Fiebroptics Second edition* “ , 1997
- [30] Marcu , “*Plastic Optical Fibers : Practical Applications*” , 1997
- [31] Rajiv Ramaswami , “*Optical Networks : A Practical Perspective*” , 1998
- [32] Jeff Hecht , “*City of Light : The Story Of Fiber Optics*” , 1999
- [33] Erik R. Pearson , “*The Complete Guide to Fiber Optic Cable System Installation*” , 1996
- [34] Joseph C. Palais , “*Fiber Optic Communications 4th Edition*” , 1998
- [35] Govind P. Agrawal , “*Nonlinear Fiber Optics*” , 1995
- [36] Gersil N. Kay , “*Fiberoptics In Architectual Lighting: Systems , Design and Applications*” , 1999
- [37] Thomas Petruzzellis , “*Optoelectronics , Fiber Optics and Laser Cookbook*” , 1997
- [38] M. John Matthewson , “*Optical Fiber Reliability and Testing*” , 1999
- [39] Michel J. Digonnet , “*Optical Devices For Fiber Communication*” , 1999
- [40] Mohammed Saad , “*Infrared Optical Fibers and ther Applications*” , 1999

- [41] Matt Young , *“Optics an Lasers : Including Fibers and Optical Waveguides”* , 1999
- [42] Donald J. Sterling , *“Technician’s Guide to Fiber Optics”* , 1999
- [43] Byoung Y. Kim , *“ 13th International Conferencs On Optical Fiber Sensors”* , 1999
- [44] Anurag Sharma , *“Fiber Optics and Photonics”* , 1999
- [45] Keigo Lizuka , *“Photonics for Fiber and Integrated Optics”* , 1998
- [46] Randy Frank , *“Understamdng Smart Sensors, 2nd Edition”* , 2000
- [47] Miller , *“Optical Fiber Telecommunication”* , 1979
- [48] Volotinen , *“Reliability Of Optical Fibers and Components”* , 1999
- [49] Harry Dutton , *“Understanding Optical Communications”* , 1999
- [50] Hornak , *“Polymers for Lightwave & integrated Optics”* , 1992
- [51] Ivan P. Kaminow , *“ Optical Fiber Telecommunications I,II,III Volume B”* , 1997
- [52] John G. Nellist , *“Understanding Telecommunications and Lightwave Systems : an Entry-Level Guide”* , 1996
- [53] A.Olsson , *“ Erbium Fiber Amplifiers , Fundamentals & theory “* , 1997
- [54] G.Boisde , *“Chemical and Biochemical Sensing with Optical”* , 1996

[55] B.Culshaw , “*Optical Fiber Sensors Volumes III & IV*” , 1997

[56] K.Nosu , “ *Optical Fdm Network Technologies*” , 1997

[57] E.R. Pearson , “ *The Complete Guide to Fo Cable System Install*” , 1997

[58] R.Marz , “*Integrated Optics*” , 1995