



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος,

Σχολή Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.

Πτυχιακή εργασία

**«Θεωρητική και πειραματική μελέτη των φυσικών διαδικασιών
απωλειών ισχύος σε δίκτυο οπτικών επικοινωνιών»**

Σωκράτης Αντύπας (ΑΜ:0634)



Επιβλέπων καθηγητής: Ηλίας Ασαρίδης

ANTIPPIO 9/6/2016



Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να παρουσιάσει την οπτική ίνα. Αναφέρονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της καθώς και τον τρόπο που μεταδίδεται η πληροφορία στο μεσο. Επίσης γίνεται αναφορά στον τρόπο εγκατάστασης οπτικής ίνας και στα όργανα μέτρησης που μας πληροφορούν για προβλήματα που προκείπτον είτε σε σημεία συγκόλλησης μεταξύ των ινών είτε σημεία που έχουν υποστεί φυσικές καταστροφές ή καταστροφή από ανθρώπινο παράγοντα. Τέλος παρουσιάζονται μερικές μετρήσεις οπτικών ινών σε πραγματικές συνθήκες.



Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας αυτήν την Πτυχιακή εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ηλία Ασαρίδη για την βοήθεια και την συμπαράσταση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας.

Τον εργαζόμενο στο τεχνικό τμήμα του ΟΤΕ Ναυπάκτου κ. Ζωργιό Κωνσταντίνο για την βοήθεια και την διάθεση του εξοπλισμού για την λήψη των μετρήσεων του πειραματικού μέρους της εργασίας.

Τέλος, την οικογένεια μου για την αμέριστη υπομονή και στήριξη που μου προσέφεραν σε όλη αυτή την προσπάθεια.



Πρόλογος

Η ανάγκη των ανθρώπων για επικοινωνία είναι γνωστή από την αρχαιότητα. Από την πρώτη μέρα της δημιουργίας του αναπτύχθηκε η ικανότητα του λόγου. Η πρώτη μορφή έκφρασης και επικοινωνίας που υπάρχει έως σήμερα.

Όμως, με την εξέλιξη του είδους μας προφανώς έπρεπε να εξελιχτούν και οι μορφές επικοινωνίας του με τους υπόλοιπους ανθρώπους.

Σε όλη την έκταση του πλανήτη μας αναπτύσσονται από τις πιο άπλες μορφές, σήματα καπνού, φρυκτωρίες, ταχυδρομείο μέχρι το τηλέφωνο, το Internet και τα δορυφορικά συστήματα.

Ένα δίκτυο επικοινωνίας που ακλουθεί σε ρυθμό ανάπτυξης, τις απαιτήσεις της εξέλιξης του ανθρωπίνου είδους.



Α΄ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ :



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εισαγωγή στις οπτικές ίνες

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφαλαίο γίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία των οπτικών επικοινωνιών. Αρχικά γίνεται περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των οπτικών ινών και αναλύονται τα βασικά στοιχεία μιας οπτικής γραμμής μετάδοσης, αναφέρεται η βασική δομή μιας οπτικής ίνας, οι τρεις τύποι οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται καθώς και ο τρόπος μετάδοσης του φωτός εντός της οπτικής ίνας. Επιπλέον, γίνεται περιγραφή των λόγων υποβάθμισης του οπτικού σήματος εντός της οπτικής ίνας και οι τρόποι αποφυγής αυτών. Ακόμα, αναφέρονται οι τεχνικές πολυπλεξίας που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα δίκτυα οπτών ινών, οι πηγές και οι ανιχνευτές της οπτικής γραμμής μετάδοσης καθώς και οι προδιαγραφές του δέκτη φωτός και η τεχνολογία των οπτικών ενισχυτών.

1.1 Ανακάλυψη των οπτικών ινών

Η ανάγκη μείωσης των παρεμβολών που υφίστανται τα καλώδια του χαλκού οδήγησαν τους επιστήμονες στη σκέψη να δημιουργηθεί ένα γυαλί τέτοιας καθαρότητας που θα μπορούσε να διατηρήσει 1% του φωτός στο τέλος ενός χιλιομέτρου (Km). Από την άποψη της μείωσης, αυτό το 1% διατήρησης του φωτός μεταφράζεται σε 20 decibels ανά χιλιόμετρο (dB/Km) του γυάλινου υλικού. Οι έρευνες ανά τον κόσμο την δεκαετία του '60 ήταν πυρετώδεις, αλλά η σημαντική ανακάλυψη ήρθε το 1970, όταν οι επιστήμονες οι Δρ Robert Maurer, Donald Keck, και Peter Schultz δημιούργησαν μια ίνα με μετρημένη εξασθένιση λιγότερη από 20dB/Km. Ήταν το καθαρότερο γυαλί που έγινε ποτέ.



Η εργασία των τριών επιστημόνων αναγνωρίζεται ως η ανακάλυψη που άνοιξε το δρόμο στην εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας οπτικών ινών. Από τότε, η τεχνολογία έχει προχωρήσει παρά πολύ από την άποψη απόδοσης, ποιότητας, συνέπειας και εφαρμογών.

1.2 Στη σημερινή εποχή

Η αύξηση των τελευταίων χρόνων σε απαιτήσεις των δικτύων των επιχειρήσεων και των δικτύων ISPs, προώθησαν την τεχνολογία του διαδικτύου από την εποχή της απλής εναλλαγής e-mail.

Το διαδίκτυο πλέον χρησιμοποιείται και από απλούς οικιακούς χρήστες για λόγους ψυχαγωγίας, ενημέρωσης και εξυπηρέτησης της καθημερινότητας μέσω της online παροχής υπηρεσιών. Οι χρήστες του internet διαρκώς αυξάνονται, αυξάνοντας έτσι και την εξάπλωσή του.

Το παραπάνω όμως κατέστησε απαιτητή την ταυτόχρονη εξέλιξη της ποιότητας του διαδικτύου, καθώς η διαρκώς αυξανόμενη ποσότητα χρηστών και υπηρεσιών χρήσης ήταν γεγονός. Παράλληλα όμως, δεν θα έπρεπε να αυξηθεί το κόστος χρήσης του ή να μειωθεί η ταχύτητα χρήσης του.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια η μετάδοση των δεδομένων γινόταν κυρίως με καλώδια χαλκού. Η τεχνολογία του χαλκού εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και σήμερα ενσωματωμένη στις νέες τεχνολογίες ISDN και CABLE. Τα τελευταία χρόνια όμως οι οπτικές ίνες δίνουν την λύση στην αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων και της μείωσης του κόστους. Η χρήση των φωτονίων αντικαθιστούν τα Bits που μεταδίδονταν με τα καλώδια χαλκού. Τα φωτόνια δεν είναι τίποτα άλλο από Bits φωτός που μεταδίδονται εντός της οπτικής ίνας.

Τα οπτικά πλέον δίκτυα είναι ταχύτερα από τα παραδοσιακά δίκτυα γιατί τα φωτόνια είναι ελαφρύτερα, δεν επιδρούν το ένα στο άλλο κατά την κίνηση μέσα στην ίνα και δεν επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Το φως έχει υψηλές συχνότητες που σημαίνει χαμηλό μήκος κύματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα περισσότερες πληροφορίες να μπορούν να μεταδοθούν μέσω του μήκους της οπτικής ίνας σε αντίθεση με το ίδιου μήκους καλωδίου χαλκού.

Στην Ελλάδα σήμερα λειτουργούν δίκτυα οπτικών ινών χωρητικότητας 25 Gbps με δυνατότητα σημαντικής αυξησής της. Πρακτικά διαθέτουμε πάνω από 5000 km οπτικών ινών σε όλη την επικράτεια.



1.3 Οπτική Ζεύξη

Το φως είναι ένα κομμάτι της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα κύματα φωτός μπορούν να ταξιδεύουν με ταχύτητα 300km/s (ταχύτητα φωτός). Οι περισσότερες οπτικές ίνες είναι φτιαγμένες από γυαλί και ελάχιστες από πλαστικό. Για την προστασία τους βρίσκονται μέσα σε καλώδια. Ανάλογα λοιπόν με τον τύπο του περιβλήματος διακρίνονται σε ίνες εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου, εδάφους ή ύδατος.

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως στην επικοινωνία καθώς έτσι επιτρέπεται η μετάδοση δεδομένων σε μεγαλύτερες αποστάσεις και με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ένα βασικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα χωρίζεται σε τρία μέρη: πομπός, κανάλι μετάδοσης και δέκτης. Η σχηματική παρουσίαση του συστήματος αυτού φαίνεται παρακάτω.

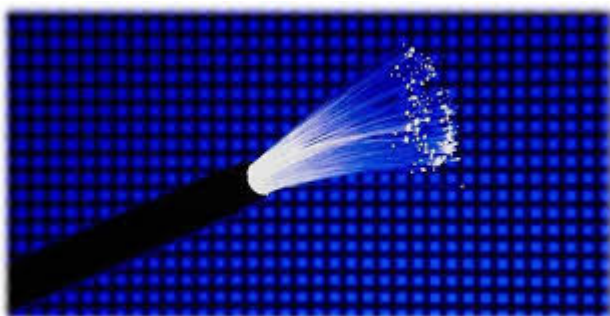


Βασικό οπτικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα



1.4. Η δομή της οπτικής ίνας

Η πρώτη ύλη για την κατασκευή των οπτικών ινών είναι η άμμος. Μια φθηνή πρώτη ύλη, η οποία έπειτα από ειδική επεξεργασία μετατρέπεται σε γυαλί. Η ποιότητα του γυαλιού πρέπει να είναι πολύ καλή. Η ποιότητά του καθορίζει και την καθαρότητά του. Το γυαλί που χρησιμοποιείται για την κατασκευή οπτικών ινών είναι υψηλής καθαρότητας. Το χαρακτηριστικό της καθαρότητας κατέχει σημαντικό ρόλο καθώς επηρεάζει την διάδοση του φωτός μέσα στην ίνα.



Οπτική Ίνα

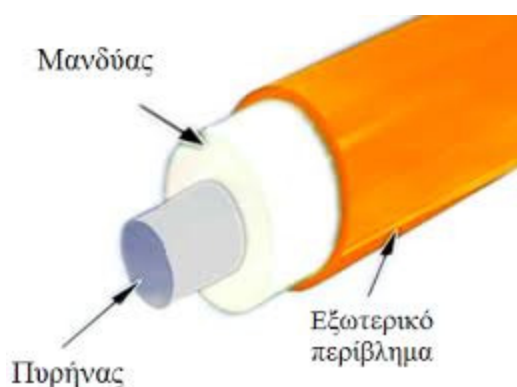
Το μήκος κύματος του φωτός κατά την διαδρομή του στην οπτική ίνα εξασθενεί. Σ' αυτό όπως αναφέρθηκε συντελεί η ποιότητα του γυαλιού.

Η εξασθένιση αυτή μετριέται σε decibel και η τιμή της υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Εξασθένιση (decibel)} = \log_{10} \frac{\text{μεταδιδόμενη ενέργεια}}{\text{λαμβανόμενη ενέργεια}}$$



Η βασική δομή της οπτικής ίνας περιλαμβάνει μια κυκλική ράβδο (τον πυρήνα) και έναν σωλήνα που τον περιβάλλει (τον μανδύα). Για να προστατευθεί από εξωτερικούς παράγοντες συνήθως περιβάλλεται από ένα εξωτερικό πλαστικό περίβλημα.



Βασική δομή οπτικής ίνας

Τόσο ο πυρήνας όσο και ο μανδύας αποτελούνται από γυαλί υψηλής καθαρότητας. Οι πυρήνας περιλαμβάνει νοθεύσεις από GeO_2 (διοξείδιο του Γερμανίου) ενώ ο μανδύας από SiO_2 (διοξείδιο το Πυριτίου). Οι νοθεύσεις αυτές είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί μια διαφορά μεταξύ των συντελεστών διάθλασης του πυρήνα και του μανδύα της τάξεως του 0,01 ($\delta n=0,01$).

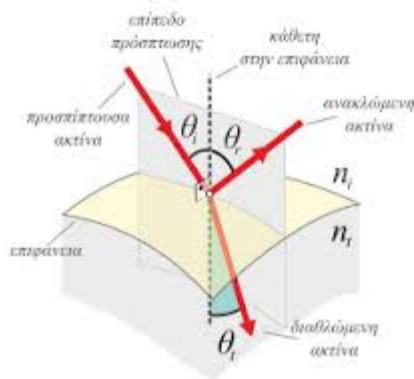
1.5 Η διάδοση φωτός στις οπτικές ίνες

Η μετάδοση του φωτός μέσα στην οπτική ίνα βασίζεται στα φαινόμενα τη Ανάκλασης και της Διάθλασης



Ανάκλαση έχουμε όταν γίνεται αλλαγή της κατεύθυνσης μιας ακτίνας φωτός στην διαχωριστική επιφάνεια δύο υλικών αλλά η μετάδοση συνεχίζεται στο ίδιο υλικό.

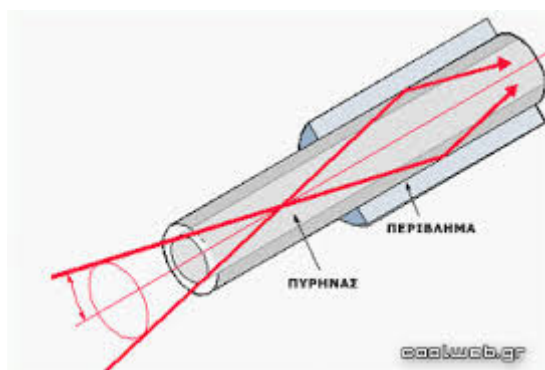
Διάθλαση έχουμε όταν γίνεται αλλαγή ταχύτητας γιατί η ακτίνα φωτός εισέρχεται μια στο ένα υλικό και μια στο άλλο.



Παραστάσεις Ανάκλασης και Διάθλασης

Δείκτης διάθλασης (n) είναι ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός σε ένα υλικό. Συνεπώς μια ακτίνα φωτός μπορεί να πάθει ανάκλαση ή διάθλαση προσπίπτουσα σε μια διαχωριστική επιφάνεια δύο υλικών με διαφορετικό δείκτη διάθλασης.

Στην περίπτωση των οπτικών ινών είναι πολύ σημαντικό να περιοριστεί η μετάδοση του φωτός εντός του πυρήνα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του φωτός στην ίνα υπό συγκεκριμένη γωνία. Με την είσοδο υπό γωνία και με το κατάλληλο υλικό στον πυρήνα γίνεται παγίδευση του φωτός. Η παγίδευση αυτή ονομάζεται ολική εσωτερική ανάκλαση.



Ολική εσωτερική ανάκλαση

1.6 Οι τύποι οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά τους.

1. Το υλικό κατασκευής πυρήνα και μανδύα:

Σε αυτήν την κατηγορία συναντάμε έναν διαχωρισμό των οπτικών ινών σε τρεις υποκατηγορίες.

α) Οπτικές ίνες μόνο από γυαλί

Ο πυρήνας και ο μανδύας είναι κατασκευασμένοι από συνθετικό γυαλί υψηλής καθαρότητας. Με τις κατάλληλες προσμίξεις επιτυγχάνουμε την επιθυμητή διαφορά των συντελεστών διάθλασής τους. Για τον πυρήνα χρησιμοποιούνται συνήθως Ge (Γερμάνιο) και P (Φώσφορος) που αυξάνουν τον συντελεστή διάθλασης. Για τον μανδύα χρησιμοποιούνται B (Βόριο) και F (Φθόριο) που μειώνουν τον συντελεστή διάθλασης.

Διάμετρος μανδύα	125nm
Δείκτης διάθλασης πυρήνα	1.4485
Δείκτης διάθλασης μανδύα	1.4440



Διαφοροποίηση δείκτη διάθλασης	$0.003 = 0.3 \%$
--------------------------------	------------------

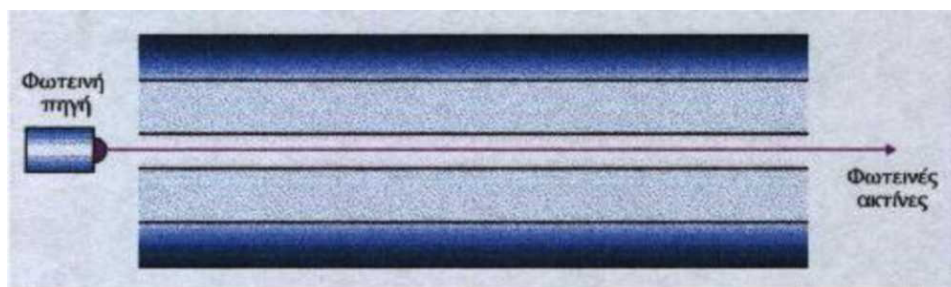
β) Ύαλο γυάλινου πυρήνα και πλαστικού μανδύα οι οποίες όμως είναι προς αντικατάσταση από εξολοκλήρου πλαστικές ίνες.

γ) Πλαστικές οπτικές ίνες οι οποίες είναι κατώτερης ποιότητας επειδή έχουν μεγάλη ευαισθησία στις θερμικές μεταβολές.

2. Την μεταβολή του δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στο μανδύα.

3. Το πλήθος των τρόπων μετάδοσης που υποστηρίζουν:

- Μονότροπες – βηματικού δείκτη (step index)



Μονότροπη οπτική ίνα

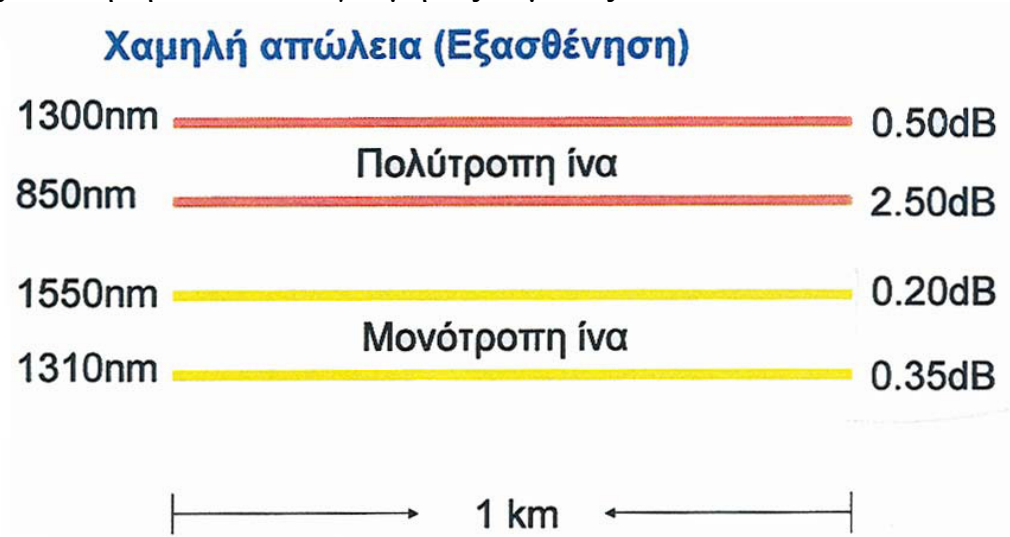
- Πολύτροπες - βηματικού δείκτη (step index)
- Πολύτροπες - βαθμιαίου δείκτη (graded index)



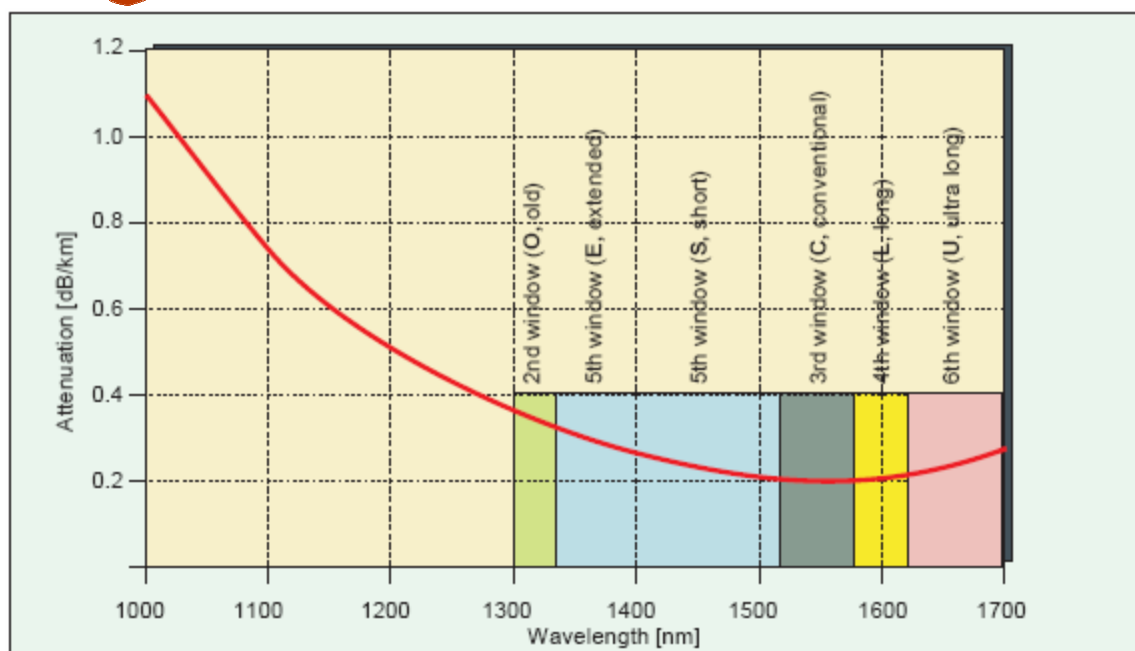
Πολύτροπη ίνα



Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση του είδους οπτικής ίνας διαφέρει κατά περίπτωση. Οι χαμηλού κόστους πολύτροπες ίνες χρησιμοποιούνται σαν πηγές LED ενώ οι μονότροπες σαν πηγές LASER. Η εξασθένηση σε μια πολύτροπη οπτική ίνα τύπου 625/125 είναι 3,5 db/km για μήκος κύματος 850nm σε αντίθεση με την μονότροπη οπτική ίνα όπου έχουμε εξασθένηση 0,5 db/km για μήκος κύματος 1310nm



Πολύτροπη και μονότροπη ίνα και η εξασθένηση τους ανά Km



Εξασθένηση σε συνάρτηση με το μήκος κύματος

1.7 Η εξασθένηση

Διακρίνουμε δύο είδη εξασθένησης:

1. εξασθένηση που σχετίζεται με το υλικό της ίνας όπου περιλαμβάνονται η απορρόφηση του υλικού και οι απώλειες λόγω σκέδασης

Σε αυτού του τύπου την εξασθένηση σημαντική επίδραση έχουν οι ατέλειες στη δομή του υλικού της ίνας, όπως μόρια που λείπουν ή μεγάλη πυκνότητα ατόμων, οι προσμίξεις στο υλικό της ίνας (κυρίως ιόντα σιδήρου, χρωμίου) οι οποίες προκαλούν εξασθένηση 1-10dB/Km για κάθε 10ppb και τέλος η 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.

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.

Η σκέδαση αποτελεί και αυτή συνάρτηση του μήκους κύματος, 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 αναμεταδοτών σήματος.

Οι απώλειες σκέδασης προέρχονται από:

- Μικροσκοπικές μεταβολές της πυκνότητας του υλικού της ίνας, που προκαλούν διακυμάνσεις του δείκτη διάθλασης της ίνας.
- Δομικές ανομοιογένειες και ατέλειες. Με τις νέες κατασκευαστικές μεθόδους ο ρόλος τους στις απώλειες έχει περιοριστεί κατά πολύ.

2. εξασθένηση κατασκευαστικής φύσεως όπου περιλαμβάνονται οι απώλειες λόγω κυρτώσεων και συγγολήσεων καθώς και οι απώλειες σύζευξης.

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να διακρίνουμε την συσχέτιση της διαμέτρου του πυρήνα των οπτικών ινών με την εξασθένηση.

Είδος Ίνας	Διαστάσεις Πυρήνα/Μανδύα	Εξασθένηση (dB/km)
Μονότροπη	9/125	2 - 5 για $\lambda = 850$ nm 0,35 για $\lambda = 1300$ nm 0 21 για $\lambda = 1550$ nm
Πολύτροπη (βαθμιαίας μεταβολής)	50/125	4,00 για $\lambda = 850$ nm 2,50 για $\lambda = 1300$ nm
	62,5/125	6,00 για $\lambda = 850$ nm
	85/125	7,00 για $\lambda = 850$ nm
Πολύτροπη (βηματικής μεταβολής)	200/380	6,00 για $\lambda = 850$ nm
	300/440	6,00 για $\lambda = 850$ nm
PCS (γυάλινου πυρήνα με πλαστικό μανδύα)	200/350	10,00 για $\lambda = 790$ nm
	400/550	10,00 για $\lambda = 790$ nm
	600/900	6,00 για $\lambda = 790$ nm
Πλαστική	750	150 για $\lambda = 650$ nm
	1000	200 για $\lambda = 650$ nm

Εξασθένηση οπτικού σήματος συναρτήσει μήκους κύματος



1.8 Εφαρμογές

Οι οπτικές ίνες πλέον έχουν διευρυμένο πεδίο χρήσης. Σαφέστατα έλυσαν μέχρι νεοτέρας το πρόβλημα της ταχύτητας των τηλεπικοινωνιών, όμως με δεδομένο ότι η αρχή λειτουργίας τους είναι η διέλευση του φωτός συναντάμε μια γκάμα εφαρμογών στην καθημερινότητά μας.

Η πιο απλή μορφή εφαρμογής των οπτικών ινών είναι τα led και τα laser



Leds



Laser

Τα Leds αποτελούν μια απλή πηγή φωτός ενώ τα Laser είναι πιο σύνθετη εφαρμογή. Όμως πάνω σε αυτές τις δύο εφαρμογές με πιο σημαντικά τα Laser βασίζονται κάποιες από τις πιο ενδιαφέρουσες και πολυπλοκότερες εφαρμογές των οπτικών ινών.

Έτσι συναντάμε τις οπτικές ίνες σε φωταγώγηση καταστημάτων, πισίνων και έργων τέχνης καθώς και σε συστήματα αρχιτεκτονικού φωτισμού.



Φωταγώγηση πισίνας

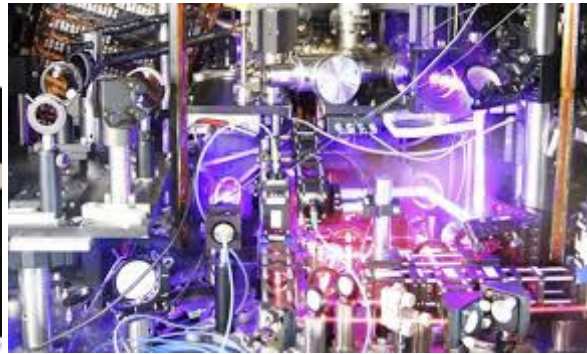


Φωταγώγηση έργου τέχνης

Επίσης σημαντική είναι και η χρήση τους στην ιατρική την βιομηχανία και την μετεωρολογία.



Οπτικές ίνες στην ιατρική



Οπτικές ίνες στη βιομηχανία

Χωρίς βέβαια να αφήνουμε έξω τον λόγο για τον οποίο πρωτοεμφανίστηκαν, τις τηλεπικοινωνίες



Τηλεπικοινωνίες

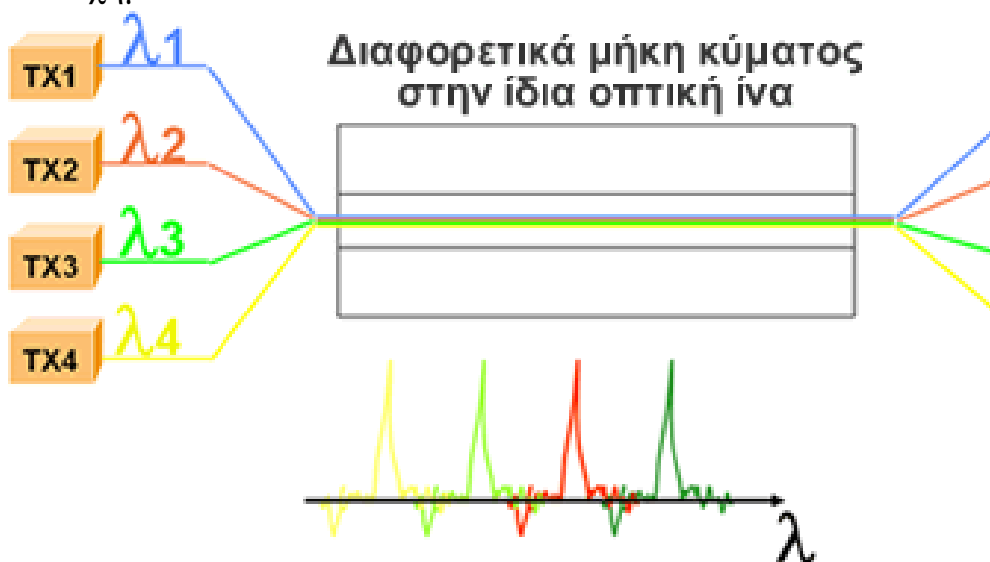
1.9 Η Πολυπλεξία

Η πολυπλεξία είναι μία τεχνική στην οποία ένας αριθμός ανεξάρτητων σημάτων μπορεί να συνδυαστεί σε σύνθετο σήμα κατάλληλο για μετάδοση σε ένα κοινό δίαυλο επικοινωνίας. Για να μεταδώσουμε ένα αριθμό τέτοιων σημάτων στον ίδιο φορέα, πρέπει τα σήματα να κρατηθούν απομακρυσμένα, να μην επηρεάζονται μεταξύ τους και έτσι ώστε να μπορούν να διαχωριστούν εύκολα στη λήψη.

1.9.1 Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος



Για την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των οπτικών ινών και την μεγιστοποίηση του όγκου δεδομένων μέσα από μια ίνα, εφαρμόζεται η τεχνολογία της Πολυπλεξίας με Διαίρεση Μήκους Κύματος. Η τεχνολογία αυτή συνίσταται στην πολυπλεξία οπτικών σημάτων με διαφορετικά μήκη κύματος και την μετάδοσή τους μέσα από μια μόνο οπτική ίνα. Η λογική της τεχνολογίας αυτής στηρίζεται στο ότι σε κάθε οπτική ίνα το οπτικό σήμα που διαδίδεται έχει μια συγκεκριμένη συχνότητα. Είναι δυνατόν από την ίδια ίνα να περάσουν περισσότερα του ενός διαφορετικά σήματα διαφορετικής συχνότητας ή αλλιώς διαφορετικού μήκους κύματος που το καθένα να μεταφέρει διαφορετικά δεδομένα. Τα παραπάνω φαίνονται πολύ παραστατικά στο ακόλουθο σχήμα :



Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος

Έτσι, σε ένα τέτοιο σύστημα, ένα πλήθος από διαφορετικά σήματα μεταφέρονται υπό τη μορφή διακριτών μηκών κύματος ή καναλιών μέσω της οπτικής ίνας και αποπολυπλέκονται στο σημείο λήψης. Η ολική χωρητικότητα του μέσου είναι το άθροισμα της χωρητικότητας των εισερχόμενων σημάτων, καθένα από τα σήματα όμως μεταφέρεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κάθε κανάλι έχει το δικό του εύρος ζώνης.

πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Διαφάνεια
- Κλιμάκωση Μεγέθους. Επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή αξιοποίηση της οπτικής ίνας

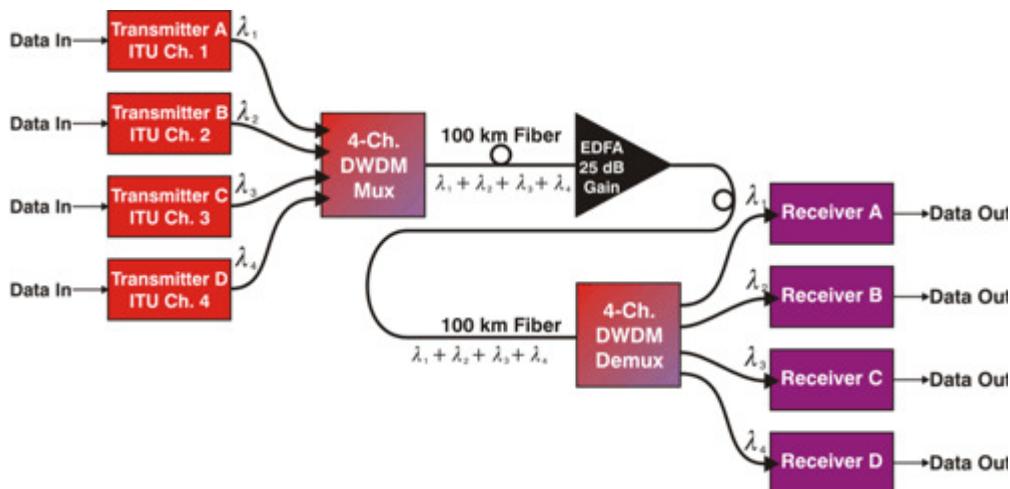


- Δυναμική Παροχή Εύρους Ζώνης. Δυνατότητα παροχής υπηρεσιών υψηλών ταχυτήτων για ικανοποίηση αναγκών των χρηστών μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα

1.9.2 Πυκνή Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος

Αυτός ο τύπος πολυπλεξίας ανατρέπει την τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων αυξάνοντας την χωρητικότητα μιας εγκατεστημένης ίνας. Με αυτή την αύξηση τα εισερχόμενα οπτικά σήματα είναι προσδιορισμένα σε συγκεκριμένα μήκη κύματος μέσα σε μια καθορισμένη ζώνη συχνοτήτων, έπειτα πολυπλέκεται μέσα στην ίνα. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει σε πολλαπλά κανάλια εικόνας, ήχου και δεδομένων να μεταδοθούν μέσω μιας ίνας, ενώ διατηρείται η απόδοση του συστήματος και η αύξηση των συστημάτων μεταφοράς. Αυτή η τεχνολογία στάθηκε σωτήρια στην αυξανόμενη ζήτηση για αποδοτική και αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων.

Ο τρόπος λειτουργίας της μεθόδου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Εφαρμογή συστήματος πυκνής πολυπλεξίας

1.9.3 Χονδροειδής Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος

Η ανάπτυξη της χονδροειδούς πολυπλεξίας είχε εφαρμογή στις αυξανόμενες απαιτήσεις των δικτύων οπτικών ινών. Με μια χωρητικότητα μεγαλύτερη από τις δύο προηγούμενες επιτρέπει ένα μέτριο αριθμό καναλιών,



συνήθως οχτώ ή λιγότερα, να συσσωρευτούν στην περιοχή των 1550nm της οπτικής ίνας, η οποία καλείται C-Band. Προκειμένου να μειωθεί εξαιρετικά το κόστος, χρησιμοποιούν αναξιόπιστα Laser με μια ανοχή της τάξης των } 3nm. Οι απώλειες εισαγωγής για μια συσκευή οκτώ καναλιών είναι περίπου 2dB ανά άκρη.

1.10 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα οπτικών ινών

Τέλος εντελώς επιγραμματικά αναφέρονται κάποια από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των οπτικών ινών

Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος πρώτης ύλης
- Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια
- Παράλληλη μεταφορά τεράστιου όγκου δεδομένων σε σύγκριση με τα χάλκινα καλώδια
- Λιγότερος απαιτητός χώρος για την υλοποίηση ενός δικτύου
- Γρήγορη μεταφορά δεδομένων
- Λιγότερες παρεμβολές στα δεδομένα
- Ψηφιακή μετάδοση (γρηγορότερη κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση)
- Σχεδόν καθόλου απώλειες δεδομένων

Μειονεκτήματα

- Πιο δύσκολη εγκατάσταση
- Πιο εύθραυστες
- Μη ευλύγιστες
- Εγκατάσταση με ελαφριά κλίση για την αποφυγή της απώλειας δεδομένων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών. Έχουμε 14 παραμέτρους οι οποίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Τις παραμέτρους εγκατάστασης και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Ο συνυπολογισμός και των δύο οδηγεί στη επιτυχή εγκατάσταση των οπτικών ινών.

2.1 Παράμετροι εγκατάστασης

Η επιτυχής εγκατάσταση μιας οπτικής ίνας εξαρτάται από δύο χαρακτηριστικά.

α) Την ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης και την ακτίνα κάμψης κατά την εγκατάσταση. Η ελάχιστη συνιστώμενη ακτίνα κάμψης είναι η ελάχιστη ακτίνα στην οποία επιτρέπεται να καμφθεί το καλώδιο. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα υλικά κατασκευής. Η κάμψη αυτή δεν προκαλεί μόνιμη απώλεια σήματος αλλά ούτε και καταστροφή το καλωδίου. Η τιμή της μπορεί να είναι έως και 20 φορές η διάμετρος του καλωδίου. Η παράμετρος αυτή κατέχει



σημαντικό ρόλο στην έλξη των καλωδίων, όμως ο υπολογισμός της απαιτεί επιπλέον εξέταση του χώρου εγκατάστασης.

β) Η διάμετρος του καλωδίου. Ευνόητο είναι ότι το καλώδιο θα πρέπει να χωράει στην θέση εγκατάστασης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα καλώδια που πρέπει να τοποθετηθούν μέσα σε σωληνώσεις.

2.2 Περιβαλλοντικοί παράμετροι

Με τον όρο περιβαλλοντικοί παράμετροι προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά εκείνα που απαιτούνται ώστε να επιτευχθεί η ορθή λειτουργία του καλωδίου στο περιβάλλον εγκατάστασής του.

Οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι:

- Η θερμοκρασία λειτουργίας.

Το εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας είναι αυτό που απαιτείται, ώστε οι απώλειες σήματος του καλωδίου να μην υπερβαίνουν ποτέ τη προκαθορισμένη τιμή. 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 λιγότερες αντίξοες συνθήκες (80-200 °C), χρησιμοποιούνται πλαστικά φθοριούχου άνθρακα, π.χ. Teflon, Tefzel, Kynar, κτλ.

Υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους ενδιαφερόμαστε για τη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου. Ο ένας λόγος αφορά τη φυσική επιβίωση του καλωδίου όταν αυτές εκτίθενται σε ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες.

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.

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

- Το 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. 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 αντίσταση στη φωτιά.

Η αντίσταση στην πυρκαγιά απαιτείται ιδιαίτερα σε εφαρμογές πλοίων και αεροσκαφών. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται η χρήση καλωδίων από υλικά ανθεκτικά στη φωτιά.

- Αντοχή στη υπεριώδη ακτινοβολία.

Εάν τα καλώδια προορίζονται για συνεχή εξωτερική χρήση, τότε απαιτείται ο καθορισμός της αντοχής ή της σταθερότητας στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η 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.

- Αντοχή στην καταστροφή από τα τρωκτικά.

Σε περιβάλλοντα με τρωκτικά, απαιτείται η προστασία των θαμμένων καλωδίων από τη φθορά την οποία μπορεί να προξενήσουν. Τα καλώδια τοποθετούνται μέσα σε σωληνώσεις, οι οποίες παρέχουν προστασία.

- Αντοχή στην υγρασία.

Αν το καλώδιο πρόκειται να λειτουργήσει μέσα σε περιβάλλον νερού, μόνιμα ή για μεγάλες χρονικές περιόδους, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα ειδικού τύπου καλώδιο. Διαθέτει ειδική γέμιση μέσα σε κάθε χαλαρή σωλήνα απομονωτή, καθώς και υλικά που μπλοκάρουν τον κενό χώρο μεταξύ των σωλήνων.

- 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 ή αρκετά συχνά τα εξωτερικά καλώδια είναι εκτεθειμένα σε κεραυνούς.

- 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 που κατασκευάζονται για την Ευρωπαϊκή αγορά απαιτείται να μην περιέχουν αλογόνα.

- Αντοχή στις εκδορές.

Πολύ συχνά τα καλώδια κινδυνεύουν να γδαρθούν, τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η αντίσταση στις εκδορές. Αυτό αφορά το υλικό του περιβλήματος του καλωδίου.

- Αντίσταση στην ραδιενέργεια.

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

- Αντίσταση στις συγκρούσεις.

Πολλές φορές απαιτείται ο καθορισμός της αντίστασης του καλωδίου σε μηχανικές συγκρούσεις. Σε στρατιωτικές εφαρμογές, σε τηλεοπτικούς σταθμούς και γενικά σε χώρους που ενδέχεται να πέσουν πάνω στα καλώδια βαριά αντικείμενα. Τα καλώδια οπτικών ινών συνήθως είναι αρκετά ανθεκτικά στις συγκρούσεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Οι συνδέσεις οπτικών ινών

Εισαγωγή

Σε αυτό κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις συνδέσεις των οπτικών ινών καθώς έχουν σημαντικό ρόλο στην εξασθένηση του μεταδιδόμενου μήκους κύματος. Θα αναφερθούν οι μέθοδοι σύνδεσης ώστε να επιτευχθεί η ελάχιστη δυνατή εξασθένηση. Οι λόγοι για τους οποίους επιβάλλεται η εξειδικευμένη σύνδεση των καλωδίων είναι οι παρακάτω:

- Οι ίνες και τα καλώδια είναι αδύνατον να έχουν απεριόριστο μήκος. Άρα κάπου πρέπει να συνδεθούν
- Συχνά χρειάζεται καταμερισμός του σήματος, το οποίο απαιτεί διακλαδώσεις.
- Η έναρξη και η λήξη της γραμμής απαιτεί σύνδεση με τον ανάλογο ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
- Η αποκατάσταση του καλωδίου σε σημείο που έχει κοπεί.

3.1 Απώλειες εξασθένησης σήματος

Οι απώλειες της εξασθένησης της έντασης του οπτικού σήματος μπορεί να πραγματοποιούνται εντός του καλωδίου ή στις συνδέσεις των καλωδίων. Η



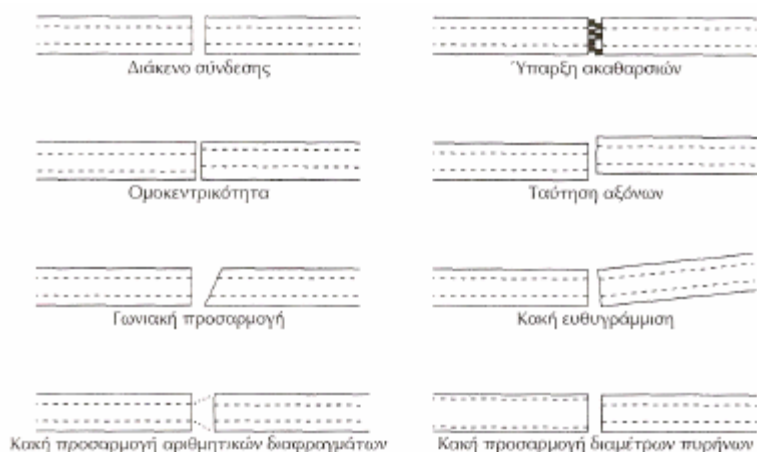
μέτρηση των απωλειών γίνεται σε decibel (db). Είναι μια μαθηματική λογαριθμική μονάδα του λόγου της ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου.

$$db = 10 \log_{10} \frac{\text{ισχύς εξόδου}}{\text{ισχύς εισόδου}}$$

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο οι απώλειες μπορεί να οφείλονται σε απορρόφηση, ανάκλαση, διάθλαση, σκέδαση ή διασπορά των φωτονίων μέσα στην ίνα. Οι παράγοντες όμως που προκαλούν τις παραπάνω μορφές απωλειών διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς.

Οι εσωτερικές απώλειες οφείλονται στην κατασκευή των καλωδίων και είναι:

- i. Η εκκεντρότητα του πυρήνα, που σημαίνει ότι δεν συμπίπτουν οι άξονες του πυρήνα και του μανδύα.
- ii. Η ελλειπτικότητα του πυρήνα, που εκφράζει κάθε απόκλιση από τη διατομή του κυκλικού σχήματος.
- iii. Η κακή προσαρμογή αριθμητικού διαφράγματος και των διαμέτρων των πυρήνων δεν αποτελεί λάθος των τεχνικών αλλά απαιτούν την προσοχή τους στη σύνδεση των ινών για την αντιστάθμιση αυτών.
- iv. Οι διαφορετικές διαμέτροι του πυρήνα. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε υψηλές απώλειες από την κατεύθυνση της μεγαλύτερης προς την μικρότερη διάμετρο.



Παράγοντες απωλειών συνδέσεων οπτικών ινών



Οι εξωτερικές απώλειες οφείλονται στην ίδια τη μηχανική σύνδεση. Συνήθως έχουμε:

- i. Κακή ευθυγράμμιση των άκρων των συνδεόμενων ινών, λόγω εσφαλμένης σύνδεσης.
- ii. Λανθασμένη κοπή ή γυάλισμα οδηγούν επίσης σε αύξηση της απώλειας.
- iii. Διάκενα αέρα μεταξύ των ινών στις συνδέσεις αν δεν έχει εφαρμοστεί το ειδικό υγρό προσαρμογής του δείκτη διάθλασης.
- iv. Εισχώρηση ακαθαρσιών, συνήθως από σκόνη.

3.2 Προβλήματα σύνδεσης

Αντιμετωπίζουμε τρία προβλήματα στη 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.

Στα προβλήματα συμβατότητας ο βαθμός της απώλειας εξαρτάται από την κατεύθυνση του φωτός εντός της οπτικής ίνας. Και στις τρεις όμως παραπάνω περιπτώσεις σημαντικό στοιχείο είναι η διάμετρος του πυρήνα. Με εύρος διαμέτρου πυρήνα από 7μm έως 3mm ανάλογα με το υλικό κατασκευής, κατανοούμε πως η διαδικασία της σύνδεσης των οπτικών ινών αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Σε πολλές περιπτώσεις αντιμετωπίζουμε προβλήματα σύνδεσης με καλώδιο μικρότερης διαμέτρου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ένα μεγάλο πρόβλημα είναι η απόσταση των καλωδίων κατά την σύνδεση. Το κενό ανάμεσα τους είναι ένας παράγοντας απωλειών. Το ζελέ σύνδεσης είναι η λύση στο πρόβλημα αυτό όμως απαιτεί προσοχή γιατί η ποιότητα και ο τρόπος χρήσης του μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του καλωδίου.

Η ακρίβεια στην ευθυγράμμιση των καλωδίων είναι εξίσου σημαντική γιατί η έλλειψή της επιφέρει μεγάλες απώλειες. Η ευθυγράμμιση δεν αφορά μόνο στην είσοδο του φωτός στην οπτική ίνα αλλά και την διατήρηση του μήκους κύματός του εντός αυτής. Για παράδειγμα μια λάθος ευθυγράμμιση της τάξεως του $\frac{1}{4}$ του πυρήνα μπορεί να προκαλέσει απώλειες 1,5dB. Αυτό βέβαια αυξάνεται σε άτακτη γραμμική πορεία και πολύ γρήγορα.



3.3 Τα Εργαλεία τερματισμού οπτικών ινών

Προς αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων απαιτείται η χρήση ειδικών εργαλείων. Η σωστή τους χρήση επίσης μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης απωλειών από ανθρώπινο λάθος.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τερματισμό καλωδίων οπτικών ινών περιλαμβάνουν τα εξής:

- Απογυμνωτήρας περιβλήματος καλωδίου
- Ψαλίδια
- Απογυμνωτήρες μόνωσης ίνας
- Εργαλείο διαχωρισμού
- Εργαλείο κοπής
- Μαντηλάκια οινόπνεύματος
- Χαρτί στίλβωσης
- Δίσκο στίλβωσης
- Μικροσκόπιο οπτικών ινών

Σε κάθε περίπτωση οι οδηγίες του κατασκευαστή σε συνδυασμό με τις γνώσεις του τεχνικού αποτελούν μια σίγουρη συνταγή επιτυχίας της εγκατάστασης των οπτικών ινών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Η σχεδίαση μίας εγκατάστασης οπτικών ινών & οι τεχνικές υλοποίησης των οπτικών δικτύων

Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται στη σχεδίαση μιας εγκατάστασης οπτικών ινών. Θα δώσουμε έμφαση στην σωστή σχεδίαση της εγκατάστασης, σωστή επιλογή κατάλληλων καλωδίων, μόνιμων συνδέσεων καθώς και αποτελεσματικού τρόπου τραβήγματος καλωδίων οπτικών ινών. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα περιβάλλοντα τοποθέτησης οπτικών ινών.

4.1 Η διαδικασία της σχεδίασης

Η σχεδίαση αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα τμήματα οποιουδήποτε κατασκευαστικού έργου. Ένα από τα χαρακτηριστικά μίας κατασκευής είναι ότι δεν επαναλαμβάνεται. 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. Για να υλοποιηθεί μια εγκατάσταση ενός συστήματος οπτικών ινών δεν είναι δυνατή η κατασκευή ενός προτύπου όπως



σε άλλες περιπτώσεις. Έτσι είναι απαραίτητη η σωστή σχεδίαση του δικτύου και σαφώς η εξίσου σωστή εγκατάσταση του.

Η κατάλληλη σχεδίαση και εφαρμογή σωστών διαδικασιών εγκατάστασης είναι ο μόνος τρόπος να αποφευχθούν τα λάθη και να μην επιβαρυνθεί χρονικά και οικονομικά η εγκατάσταση. Η σχεδίαση μίας εγκατάστασης οπτικών ινών από κάθε άποψη δεν αποτελεί επιλογή αλλά αναγκαιότητα.

4.2 Οι μετρήσεις για το απαιτούμενο μήκος καλωδίου

Η σχεδίαση για τα κατάλληλα μήκη καλωδίων είναι μεγάλης σημασίας στις εγκαταστάσεις οπτικών ινών, για δυο λόγους. Ο σημαντικότερος λόγος είναι ότι οι συνδέσεις προκαλούν απώλειες στην ποιότητα και στην ισχύ του σήματος. Οι περισσότεροι σχεδιαστές καθορίζουν απευθείας διαδρομές από σημείο σε σημείο ή από συσκευή σε συσκευή, ώστε να αποφεύγουν τις οποιεσδήποτε απώλειες λόγω συνδέσεων. Ο δεύτερος λόγος έχει σχέση με το ότι οι συνδέσεις κοστίζουν οικονομικά και απαιτούν επιπλέον χρόνο.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για να μετρήσει κάποιος το μήκος της διαδρομής των ινών:

1. Από τα σχέδια. Αυτό όμως δεν είναι καθόλου πρακτικό γιατί δεν είναι δυνατόν από τα σχέδια να υπολογιστεί με ακρίβεια το μήκος του καλωδίου. Δεν είναι εφικτό ο σχεδιαστής να μπορέσει να λάβει υπόψη όλα όσα ενδέχεται να συναντήσει ο τεχνικός κατά την εγκατάσταση. Αποτέλεσμα αυτής της μεθόδου είναι πολύ συχνά να έχουμε είτε περίσσειμα είτε έλλειμμα καλωδίου.
2. Επιτόπιες μετρήσεις με τροχό. Μία επιτόπια μέτρηση με τροχό και τη βοήθεια σχεδίων παρέχει μεγαλύτερη. Η επιτόπια επίσκεψη παρέχει ορισμένα στοιχεία και χαρακτηριστικά του έργου, τα οποία δεν είναι δυνατό να γίνουν αντιληπτά αποκλειστικά και μόνο από τα σχέδια. Μπορούν να επιβεβαιωθούν λεπτομέρειες της εγκατάστασης, και φυσικά υπάρχει η δυνατότητα μιας ακριβούς καταγραφής των σημείων τερματισμού.
3. Μετρήσεις με μετροταινία. Μέχρι τώρα, η ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδος μέτρησης είναι με τη χρήση μετροταινίας. Έπειτα από αυτή την μέτρηση απαιτείται προσαύξηση του μετρηθέντος μήκους το οποίο θα διευκολύνει στην τοποθέτηση των υποχρεωτικών συνδέσμων και βυσμάτων. Συνήθως υπολογίζουμε 1% επί πλέον μήκος για εξωτερική εγκατάσταση και 5 - 7% για εσωτερική εγκατάσταση καλωδίου.



4.3 Η 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. Οι τεχνικοί θα πρέπει να διαθέτουν εμπειρία στις οπτικές ίνες και οι επί τω έργο προϊστάμενοι τους είναι απαραίτητο να είναι σωστά καταρτισμένοι και έτοιμοι να δώσουν λύσεις σε οτιδήποτε παρουσιαστεί κατά την διάρκεια της εγκατάστασης. Ο επιβλέπων μηχανικός θα ενημερώσει αν θα χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί οδηγοί και ποια θα είναι η κατεύθυνση τους σύμφωνα με τα σχέδια και την επιτόπια διαπίστωση του χώρου. Σημαντική είναι η αποφυγή των εμποδίων με το λιγότερο δυνατό κόστος, όπως και το σωστό τράβηγμα των καλωδίων. Σκοπός των παραπάνω είναι να μην χάνεται χρόνος και χρήμα κατά την εγκατάσταση. Όσο περισσότερες πληροφορίες παρέχονται στο αρχικό σχέδιο από το μηχανικό, τόσο ταχύτερα θα προχωρήσει η διαδικασία εγκατάστασης.

4.4 Τα περιβάλλοντα εγκατάστασης

Τα δίκτυα των οπτικών ινών είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στους παρακάτω περιβαλλοντικούς χώρους:

- Απευθείας ταφής

Όταν η τοποθέτηση των καλωδίων γίνεται απευθείας στο έδαφος, χωρίς την χρήση κατάλληλης υπόγεια υποδομής, τότε η μέθοδο εγκατάστασης καθώς και το περιβάλλον εγκατάστασης θεωρείται ότι είναι απευθείας ταφής.

- Εντός υπόγεια υποδομής

Όταν η τοποθέτηση των καλωδίων γίνεται εντός κατάλληλων υπόγειων οδών, τότε η μέθοδος εγκατάστασης καθώς και το περιβάλλον εγκατάστασης θεωρείται ότι είναι εντός υπόγεια υποδομής. Η υπόγεια υποδομή περιλαμβάνει διαδρομές μεταξύ των φρεατίων συντήρησης, των φρεατίων διέλευσης, και των εισαγωγών στα κτίρια.

- Εναέριας τοποθέτησης

Όταν η τοποθέτηση των καλωδίων γίνεται με χρήση εναέριου συστήματος, τότε η μέθοδος εγκατάστασης καθώς και το περιβάλλον εγκατάστασης θεωρείται ότι είναι εναέριας τοποθέτησης.

- Διέλευσης

Όταν η τοποθέτηση των καλωδίων αποτελεί συνδυασμό απευθείας ταφής ή εντός υπόγεια υποδομής και εναέριας τοποθέτησης και οδεύει εντός κατάλληλων οδεύσεων μέσω πολλαπλών οριζόντιας ιδιοκτησίας κτιρίων, τότε η μέθοδος εγκατάστασης καθώς και το περιβάλλον εγκατάστασης θεωρείται ότι είναι διέλευσης.



4.5 Τα υπόγεια καλώδια

Τα υπόγεια καλώδια χρησιμοποιούνται συνήθως μέσα στις πόλεις ή στα σημεία τερματισμού των εναέριων συστημάτων, σχηματίζοντας έτσι, την τελική τους σύνδεση στους υποσταθμούς ή άλλο εξοπλισμό και είναι συνήθως μικρού μήκους. Συνήθως δεν προτιμώνται, λόγω των παρακάτω μειονεκτημάτων:

- Έχουν πολυέξοδη κατασκευή
- Η εγκατάστασή τους είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, ειδικά δε όταν πρόκειται για δύσκολο ανάγλυφο εδάφους
- Απαιτούνται περισσότερες άδειες και εγκρίσεις, π.χ. για εφαρμογή σε καλλιεργήσιμες ή πλακόστρωτες περιοχές
- Απαιτείται μεγάλος βαθμός προστασίας έναντι τρωκτικών και μηχανών

Τα υπόγεια καλώδια είτε θάβονται απευθείας ή εγκαθίστανται σε σωλήνες, σήραγγες νερού ή τάφρους. Η εγκατάστασή τους εξαρτάται από την κατάσταση του εδάφους. Υποβάλλονται σε θερμοκρασίες από -30 έως $+70^{\circ}\text{C}$ [20].

Τα υπόγεια καλώδια είναι εκτεθειμένα σε πολλούς κινδύνων, όπως τρωκτικά, υγρασία κ.α. γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τα στάδια της κατασκευής και της εγκατάστασης. Η θωράκιση με ατσαλόβερρες κρίνεται απαραίτητη καθώς αποτελούν τη μοναδική ουσιαστική προστασία των υπόγειων καλωδίων άμεσης ταφής, απέναντι στις επιθέσεις τρωκτικών.

Περιέχουν σταθερά μέρη, τα οποία είναι μεταλλικά ή διηλεκτρικά για την εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής.

Η εγκατάσταση σε σωλήνες είναι επιβεβλημένη σχεδόν όταν πρόκειται για AC καλώδια.

Μεγάλη προσοχή απαιτείται όταν χρησιμοποιείται μεταλλικό στοιχείο, για την αποφυγή καταστροφών από ρεύματα λανθασμένων γειώσεων. Επίσης, υπάρχουν κάποια επίπεδα στοιχείων, τα οποία παρέχουν προστασία ενάντια στη διείσδυση νερού. Για προστασία, λοιπόν, από εισχώρηση νερού, χρησιμοποιούνται πετρελαιοειδή τζελ, λιπαντικά (βαζελίνη, γράσο) ή μείγματα που διογκώνονται και απορροφούν την υγρασία. Ειδικοί μανδύες και χαλύβδινες ή χάλκινες κορδέλες περιβάλλουν το καλώδιο προς αποφυγή ζημιών από τρωκτικά.

Τα υπόγεια καλώδια εγκαθίστανται κατά κανόνα μέσα σε σωλήνες από PVC, οι οποίοι καταλήγουν σε φρεάτια. Συνήθως, οι σωλήνες καλωδίων εγκαθίστανται παράλληλα με την εγκατάσταση ενεργειακών καλωδίων, ώστε να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στο κόστος εκσκαφών αποκαταστάσεων



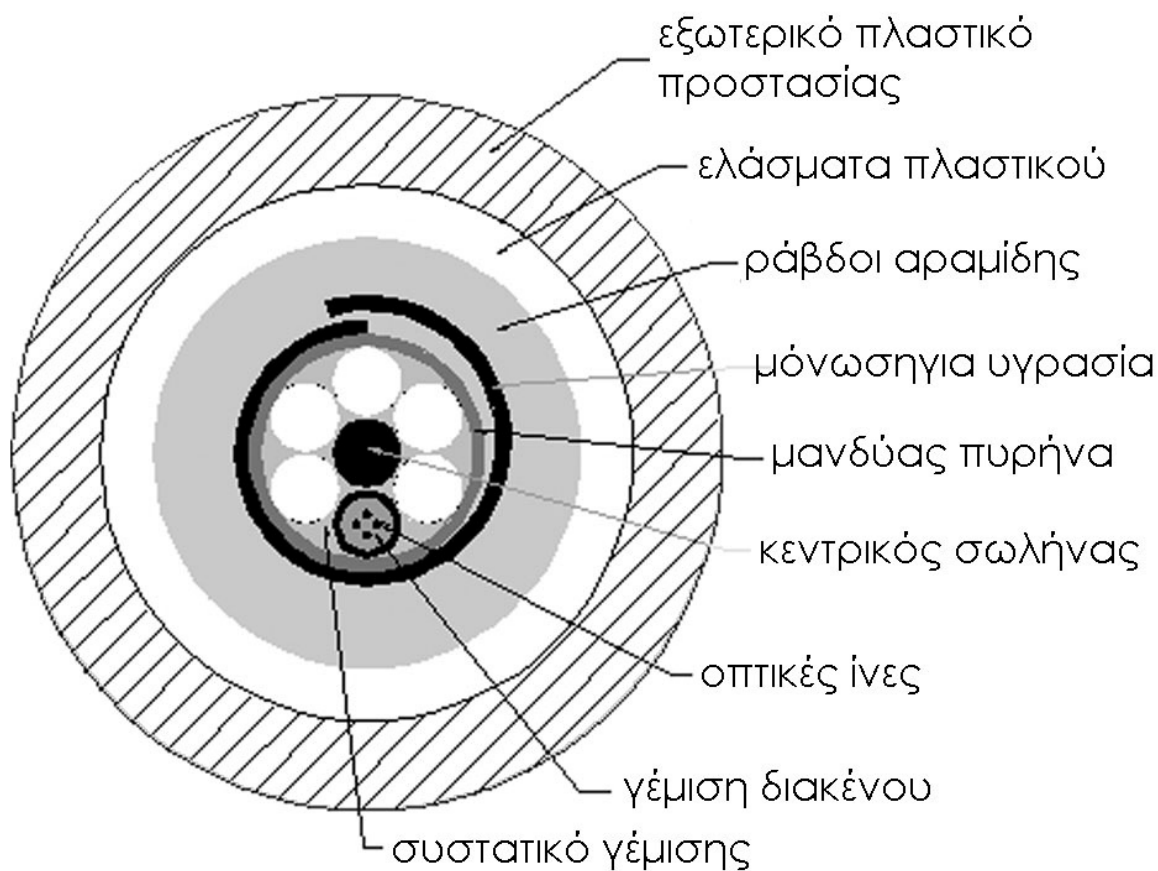
Στις πόλεις είναι πιο πρακτικό να χρησιμοποιούνται οι ήδη υπάρχουσες σωληνώσεις. Έτσι, τα καλώδια οπτικών ινών τοποθετούνται είτε σε ξεχωριστούς αγωγούς, είτε μαζί με άλλα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τηλεπικοινωνίες δίχως να επηρεαστεί η λειτουργία τους .

4.6 Τα υποβρύχια καλώδια

Τα καλώδια οπτικών ινών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπόγειες και υποβρύχιες ζεύξεις. Τα υποβρύχια καλώδια είναι συνήθως καλώδια πυρήνα με εγκοπές. Συνδέουν το νησιωτικό δίκτυο με το κυρίως ηπειρωτικό ενεργειακό δίκτυο, τα συναντάμε σε λίμνες, ποταμούς και λιμάνια. Ο συνδυασμός της ενεργειακής παροχής με την τηλεπικοινωνιακή ζεύξη στο ίδιο υποθαλάσσιο καλώδιο αποτελεί οικονομική λύση, αφού η εγκατάστασή του είναι μια διαδικασία με υπερβολικά υψηλό κόστος.

Τα υποβρύχια καλώδια είναι φιλικά προς το περιβάλλον, αθέατα και χωρίς εναπομείναντα ίχνη μετά την εγκατάστασή τους.

Τα υποθαλάσσια καλώδια τοποθετούνται με πλοία βύθισης καλωδίων. Γνωρίζοντας 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. Επειδή το καλώδιο οπτικών ινών είναι πολύ ελαφρύτερο από το χάλκινο καλώδιο, συγκρατείται στο βυθό με βαριά χαλύβδινα στηρίγματα. Η θωράκιση αυτή προστατεύει επίσης το καλώδιο από τις άγκυρες ή αλιευτικά πλοία.



Υποθαλάσσιο καλώδιο

4.7 Τα εναέρια καλώδια

Η ενσωμάτωση των οπτικών ινών στα εναέρια ηλεκτροφόρα καλώδια είναι μια πολύ οικονομική λύση για γραμμές τηλεπικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων. Επομένως, ένα επεκταμένο δίκτυο ηλεκτροφόρων καλωδίων δεν εξυπηρετεί μόνο την ανάγκη προώθησης της ηλεκτρικής ενέργειας σε περισσότερες περιοχές αλλά και την οπτική μετάδοση δεδομένων. Το εναέριο δίκτυο οπτικών ινών μέσα στις πόλεις κατασκευάζεται στις περιοχές όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή υπογείου δικτύου και συνήθως αποφεύγεται και για αισθητικούς λόγους αλλά και από το γεγονός ότι εναέριο δίκτυο είναι πιο επιρρεπές στις βλάβες.

Τα εναέρια δίκτυα κορμού συνδέονται συνήθως με υπόγεια αλλά ταυτόχρονα και με δίκτυα διανομής αν και τείνουν να καταργηθούν λόγω της υπογειοποίησης όλων των δικτύων.

Το εναέριο καλώδιο τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο της κολόνας και ουσιαστικά αντικαθιστά το καλώδιο γείωσης του. Υπάρχουν ειδικά εξαρτήματα



στην κορυφή κάθε κολόνας όπου στερεώνεται το καλώδιο της οπτικής ίνας που στο τέλος του το καλώδιου καταλήγει στη βάση καθεμιάς σε μούφες.

4.8 Φρεάτια σε δρόμους

Τα φρεάτια χρησιμοποιούνται για τρεις κυρίως σκοπούς:

- α) για τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου (looping cable),
- β) για συγκόλληση/διακλάδωση καλωδίων και φιλοξενία των διατάξεων συγκόλλησης (cable splicing) ή διακλαδωτήρων μικροσωληνώσεων (microtube branching) και
- γ) ως σημεία για την υποβοήθηση της έλξης ή της εμφύσησης καλωδίου. Για ομοιομορφία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας τύπος φρεατίου. Σε περιπτώσεις που ο υπόγειος χώρος είναι περιορισμένος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπαίθρια κιβώτια καλωδίων.

Φρεάτια για τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου τοποθετούνται σε τακτά διαστήματα ειδικά σε περιοχές όπου προβλέπονται μελλοντικές μικρομετατοπίσεις της δίοδευσης.

Πρέπει να δοθεί προσοχή στον προσδιορισμό της θέσης των φρεατίων ώστε να μπορούν να προστεθούν εύκολα χρήστες στο μέλλον.

Η επιλογή του τύπου του φρεατίου βασίζεται στα ακόλουθα κριτήρια:

- Που θα εγκατασταθεί; (κυρίως λόγοι ασφαλείας)
- Ποιο είναι το μέγιστο φορτίο που πρέπει να αντέχει;
- Πόσος χώρος απαιτείται;
- Ποιοι είναι οι τοπικοί κανονισμοί;
- Θα τοποθετηθεί υπογείως ή στην επιφάνεια του εδάφους;

Υπάρχουν διαθέσιμοι τέσσερις βασικοί τύποι Φρεατίων:

- Θυρίδες χειρός από σκυρόδεμα
- Θυρίδες χειρός από HDPE
- Πολυεστερικές θυρίδες χειρός
- Πολυκαρβονικές θυρίδες χειρός

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος κατεδάφισης ορισμένες φορές είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί το φρεάτιο πλήρως υπογείως. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί φρεάτιο με κάλυμμα που κλειδώνει με ειδικά κλειδιά.

Υπάρχουν διαθέσιμοι

αρκετοί τύποι για όλους τους τύπους θυρίδων χειρός. Κάποια από αυτά αναφέρονται παρακάτω.

1. Φρεάτιο Φ1 μεγάλο

Χαρακτηριστικά του φρεατίου Φ1 θα είναι:

- Μέσο μήκος φρεατίου (εσωτερικά): 900mm
- Μέσο πλάτος φρεατίου (εσωτερικά) 700mm



- Μέσο βάθος φρεατίου 650mm με απόσταση μεγαλύτερη των 200mm

2. Φρεάτιο Φ2 μεσαίο

Χαρακτηριστικά του φρεατίου Φ3 θα είναι:

- Μέσο μήκος φρεατίου (εσωτερικά): 600mm
- Μέσο πλάτος φρεατίου (εσωτερικά) 600mm
- Μέσο βάθος φρεατίου 650mm με απόσταση μεγαλύτερη των 200mm μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και των αγωγών
- Προβλεπόμενη μέση απόσταση μεταξύ των φρεατίων: 250-300 m

3. Φρεάτιο Φ3 μικρό

Χαρακτηριστικά του φρεατίου Φ3 θα είναι:

- Μέσο μήκος φρεατίου (εσωτερικά): 300mm
- Μέσο πλάτος φρεατίου (εσωτερικά) 300mm
- Μέσο βάθος φρεατίου 450mm με απόσταση μεγαλύτερη των 200mm μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και των αγωγών
- Περιμετρική κάλυψη με σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 150mm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Έλεγχος οπτικών ινών

Εισαγωγή



Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην διαδικασία ελέγχου των δικτύων των οπτικών ινών.

Οι βασικοί έλεγχοι συμπεριλαμβάνουν τον υπολογισμό της οπτικής ισχύος και της οπτικής απώλειας των ινών των καλωδίων, των επαφών σύνδεσης και των ενώσεων μεταξύ αγωγών. 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 σε εγκατεστημένες μονάδες οπτικών ινών.

Για την εκτέλεση των ελέγχων αυτών, χρειαζόμαστε τον παρακάτω εξοπλισμό:

- ένα όργανο μέτρησης ισχύος οπτικών ινών,
- μια διακριβωμένη πηγή ελέγχου,
- ένα οπτικό ανακλασίμετρο στο πεδίο του χρόνου (OTDR),
- ένα ανακλασίμετρο συνεχών οπτικών κυμάτων (OCWR)
- έναν οπτικό αναλυτή φάσματος και
- ένα μικροσκόπιο επιθεωρήσεως.

5.1 Οι 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 υπολογίζουν την μέση στάθμη της οπτικής ισχύος, όχι την ανώτατη ισχύ, έτσι οι μετρητές είναι ευαίσθητοι στον κύκλο εργασίας 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. Όσο δεν μεταβάλλεται η διαμόρφωση της πηγής, δεν χρειάζεται η αντιστάθμιση.



Μετρητές ισχύος οπτικών ινών



Οι μετρητές ισχύος οπτικών ινών έχουν μία τυπική απόκλιση της τάξεως του $\pm 5\%$. Η απόκλιση αυτή μπορεί να οφείλονται στην μεταβολή απόδοσης της σύζευξης του ανιχνευτή ή του προσαρμοστέι του συνδετήρα. Ακόμη, οφείλονται σε ανακλάσεις λόγω της γυαλιστερής επιφάνειας των επαφών σύνδεσης, στη μη γραμμικότητα των κυκλωμάτων του ηλεκτρονικού σήματος στον ίδιο τον μετρητή και τέλος στο θόρυβο του ανιχνευτή.

5.2 Οι πηγές ισχύος για ελέγχους οπτικών ινών

Για την μέτρηση των οπτικών απωλειών σε ίνες, καλώδια και βύσματα, απαιτείται κάποια πρότυπη/τυποποιημένη πηγή σήματος και ένα όργανο μέτρησης ισχύος. Η πηγή θα πρέπει να διαθέτει συμβατότητα με τον τύπο της μετρούμενης ίνας (μονότροπη ή πολύτροπη με κατάλληλη διάμετρο πυρήνα) και το μήκος κύματος που θα χρησιμοποιηθεί. Οι περισσότερες πηγές είναι δίοδοι LED ή Laser, όπως αυτές που συνήθως χρησιμοποιούνται στους πομπούς των συστημάτων οπτικών ινών.

Συνήθως χρησιμοποιούνται μήκη κύματος πηγών στα 665nm, 850nm, και 1300, 1310 ή 1550nm. Οι δίοδοι LED τυπικά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο πολύτροπων ινών, ενώ οι δίοδοι laser χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μονότροπων ινών.

Επειδή οι μετρήσεις παρουσιάζουν μεγάλες διαβαθμίσεις αβεβαιότητας ανάλογα τόσο με το μήκος κύματος όσο και με το μήκος του καλωδίου θα πρέπει όλες οι πηγές ελέγχου να είναι διακριβωμένες ως προς το μήκος κύματος που παράγουν. Επίσης, σημαντική είναι η δυνατότητα προσαρμογής των πηγών σε μια μεγάλη ποικιλία βυσμάτων οπτικών ινών, αφού συνολικά υπάρχουν πάνω από 70 τύποι.

5.3 ΣΕΤ ελέγχου οπτικής απώλειας (OLTS)

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.

Τα ολοκληρωμένα όργανα OLTS είναι συνήθως χρήσιμα στις μετρήσεις εργαστηρίου, αλλά σε μετρήσεις εγκαταστάσεων συνήθως χρησιμοποιούνται ανεξάρτητη πηγή και όργανο μέτρησης ισχύος, επειδή τα άκρα της ελεγχόμενης ίνας βρίσκονται σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση.



ΣΕΤ Ελέγχου Οπτικής Απώλειας

5.4 Μετρητής Ανάκλασης Πεδίου Οπτικού Χρόνου (OTDR)

Το optical time-domain reflectometer (OTDR) είναι ένα οπτοηλεκτρονικό όργανο, το οποίο χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει μια οπτική ίνα. Το όργανο αυτό εξαπολύει συρμό οπτικών παλμών μέσα στην υπό εξέταση ίνα. Επίσης, είναι δυνατή η εξαγωγή φωτός από το ίδιο σημείο της ίνας, το οποίο σκεδάζεται και ανακλάται κατά την αντίθετη κατεύθυνση μετάδοσης του σήματος σε σημεία της οπτικής ίνας όπου ο δείκτης διάθλασης. Η ισχύς των παλμών που επιστρέφουν υπολογίζεται και μελετάται ως συνάρτηση του χρόνου, ενώ αναπαριστάται γραφικά ως συνάρτηση του μήκους της οπτικής ζεύξης.

Οι συσκευές OTDR χρησιμοποιούνται συνήθως στον χαρακτηρισμό των απωλειών και του μήκους μιας οπτικής ίνας καθώς αυτή περνά από τα στάδια της αρχικής παραγωγής, το σχηματισμό καλωδίων. Το τελευταίο στάδιο δοκιμής της οπτικής ίνας που έχει εγκατασταθεί σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι και το πιο ενδιαφέρον, αφού μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων ή σε μικρή περιοχή ίνας όπου έχουν συμβεί πολλές κολλήσεις ή σε ίνες με διαφορετικά οπτικά χαρακτηριστικά και συνδέονται μεταξύ τους.

Οι συσκευές OTDR χρησιμοποιούνται επίσης πολύ συχνά για την ανεύρεση σφαλμάτων σε εγκατεστημένα συστήματα. Στην περίπτωση αυτή, η αναφορά στα αποτελέσματα του OTDR κατά την εγκατάσταση του συστήματος είναι πολύ χρήσιμη, ώστε να καθοριστούν με μεγάλη ακρίβεια οι περιοχές στις οποίες έχουν γίνει αλλαγές.

Οι δοκιμές με ένα όργανο OTDR σε μεγάλα μήκη κύματος όπως 1550nm ή 1625nm, μπορούν να πραγματοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό της εξασθένισης της ίνας που προκαλείται από την ίδια την οπτική ίνα σε αντίθεση με τις περισσότερο κοινές απώλειες λόγω συγκολλήσεων ή ενώσεων.

Όταν χρησιμοποιούμε ένα OTDR για να υπολογίσουμε την εξασθένιση που παρουσιάζεται σε πολλαπλές ενώσεις οπτικών ινών.



Η ακρίβεια υπολογισμού της απόστασης ενός OTDR είναι εξαιρετική, μιας και βασίζεται σε ειδικό software και ρολόι κρυστάλλων και καλύτερη του 0.01%. Η τυπική ακρίβεια υπολογισμού του μήκους του οπτικού καλωδίου περιορίζεται στο 1% μόλις, αφού το μήκος του καλωδίου δεν είναι το ίδιο με το μήκος της οπτικής ίνας.



OTDR

5.5 Οι εξασθενητές

Οι εξασθενητές χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, για την προσομοίωση απωλειών μεγάλου μήκους ινών, για έλεγχο του περιθωρίου ζεύξης σε προσομοίωση δικτύων ή για αυτοελέγχους ζεύξεων σε διαμόρφωση βρόχου. Στους ελέγχους περιθωρίου, χρησιμοποιούνται μεταβαλλόμενοι εξασθενητές για αύξηση των απωλειών μέχρι το σύστημα να παρουσιάσει υψηλό αριθμό σφαλμάτων.

Στους ελέγχους λειτουργίας βρόχου, χρησιμοποιείται ένας εξασθενητής μεταξύ πομπού και δέκτη του εξοπλισμού, για έλεγχο λειτουργίας κάτω από τις μέγιστες καθορισθείσες απώλειες ίνας. Αν το σύστημα λειτουργεί σε διαμόρφωση βρόχου για έλεγχο, απαιτείται η κατάλληλη καλωδιακή εγκατάσταση. Γι' αυτό, πολλοί κατασκευαστές εξοπλισμού δικτύων καθορίζουν κάποιο έλεγχο βρόχου ως μια διαδικασία ευρέσεως βλαβών.

Οι εξασθενητές διακρίνονται σε σταθερούς και μεταβαλλόμενους, αλλά για την εκτέλεση ελέγχων χρησιμοποιούνται κυρίως οι δεύτεροι. Οι σταθεροί



εξασθενητές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις μικρού μήκους ζεύξης οπτικών ινών, όπου η υπερβολική ισχύς στο δέκτη προκαλεί προβλήματα λήψης.



Οι εξασθενητές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Ποιοτικός έλεγχος οπτικών ινών

Εισαγωγή



Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να διαπιστώσουμε την ποιότητα τόσο της εγκατάστασης όσο και του διελευθέντος μήκους κύματος εντός των οπτικών ινών. Οι έλεγχοι αυτοί είναι ιδιαίτερα σημαντικοί γιατί εξασφαλίζουν την ποιότητα χρήσης των υπηρεσιών που καλύπτουν τα δίκτυα των οπτικών ινών

6.1 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) 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.

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

6.2 Μετρήσεις της οπτικής ίνας

Ο έλεγχος των οπτικών ινών περιλαμβάνει τρία χαρακτηριστικά την γεωμετρία, την εξασθένηση και το εύρος ζώνης

Σημαντικότερο δε από όλα αυτά είναι η γεωμετρία της οπτικής ίνας και αυτό γιατί από αυτήν μπορούν να επηρεαστούν και τα άλλα δύο. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή καθώς οι ίνες είναι από διαφανές υλικό και οι διαστάσεις της πολύ μικρές. Αποτέλεσμα τούτων είναι η δυσκολία των ορίων μέτρησης.

6.3 Συνέχεια οπτικής ίνας

Μια ακόμα από τις σημαντικές μετρήσεις των οπτικών ινών είναι ο έλεγχος της συνέχειας. Συνήθως πραγματοποιείται με την χρήση μιας πηγής φωτός τύπου Laser Ηλίου – Νέον στα 633nm. Τα όργανα αυτού του τύπου συντονίζονται σε επίπεδο μικρότερο του 1Mw και έχουν την απαιτούμενη ισχύ να είναι ορατά σε απόσταση έως και 4Km μέσα στην ίνα. Έτσι αποκαλύπτονται τυχόν ενδιάμεσες ρωγμές ή καμπύλες του καλωδίου.



6.4 Έλεγχος εξασθένησης ινών

Ο υπολογισμός του συντελεστή εξασθένησης 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, 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. Γνωρίζοντας την ισχύ στην πηγή και στην άκρη της ίνας, καθώς και το μήκος της ίνας, ο συντελεστής εξασθένησης μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό:

$$\text{συντελεστής εξασθένησης (dB)} = \frac{P_{\text{άκρου}} - P_{\text{πηγής}}}{\text{μήκος(km)}} \text{ (dB)}$$

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 ίνα που ελέγχουμε, 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. Αλλιώς, 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

6.5 Απώλεια συνδετήρων

Για να υπολογίσουμε την απώλεια στους συνδετήρες χρησιμοποιούμε ένα καλώδιο μικρού μήκους. Αρχικά μετράμε την ισχύ του καλωδίου και στην συνέχεια προσθέτουμε ένα ζεύγος συνδετήρων ή ένα σύστημα σύνδεσης και μετράμε εκ νέου.



Τέτοιου είδους έλεγχος χρησιμοποιείται και για μονότροπες και για πολύτροπες οπτικές ίνες. Οι συνδετήρες πρέπει να είναι ελεγμένοι με μικροσκόπιο. Λόγω της μεγάλης μεγέθυνσης που επιτυγχάνεται με το μικροσκόπιο είναι δυνατή η διαπίστωση ή όχι αλλοιώσεων στα άκρα του συνδετήρα. Ένας άλλος τρόπος ελέγχου της απώλειας των συνδετήρων είναι με διοχέτευση φωτός στη μία άκρη και μέτρηση της εξόδου του.

6.6 Μέτρηση απωλειών μονίμων συνδέσεων

Οι περισσότερες διατάξεις μονίμων συνδέσεων τήξης διαθέτουν ενσωματωμένο εξοπλισμό έγχυσης και ανίχνευσης φωτός μέσω της κατασκευαζόμενης σύνδεσης, για εκτίμηση των οπτικών απωλειών αυτής. Οι συσκευές αυτές δεν απαιτούν άλλα μέσα μέτρησης των απωλειών των μονίμων συνδέσεων. Ωστόσο, για άλλους τύπους μονίμων συνδέσεων είναι επιθυμητή η απευθείας μέτρηση των απωλειών τους. Ένα OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των απωλειών αυτών αλλά η αβεβαιότητα των μετρήσεων που προκαλείται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ των δυο διαφορετικών ινών που συνδέονται, καθιστά τη τιμή της μέτρησης πολύ σχετική.

6.7 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.

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 μεγάλο εύρος στις απώλειες του διακόπτη ή στα ποσοστά σύζευξης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Βλάβες & Αποκατάσταση βλαβών οπτικών ινών



Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά των βλαβών που μπορεί να παρουσιαστούν για διαφόρους λόγους σε ένα δίκτυο οπτικών ινών. Με τον όρο «βλάβη» σε ένα καλώδιο οπτικών ινών ονομάζουμε την με οποιονδήποτε τρόπο υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του κυκλώματος που υποστηρίζει το συγκεκριμένο καλώδιο.

7.1 Είδη βλαβών

Διακρίνουμε τέσσερεις τύπους βλαβών

- 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.

- Βλάβες σχετικά με το σύστημα

Υπέρ-οδήγηση ή υπό-οδήγηση της οπτικής μετάδοσης μπορεί να προκαλέσει ολική βλάβη ή διακοπτόμενη λειτουργία.

- 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.

- Βλάβες σχετικά με άλλες κατασκευές

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.

Ένα καλώδιο οπτικής ίνας μπορεί να υποστεί διακοπή ή τραυματισμό. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με την περίπτωση ίσως να υπάρξει πλήρης αποκοπή του καλωδίου και διακοπή της μεταφοράς των δεδομένων ή κάποιες ίνες του



καλωδίου να έχουν παραμορφωθεί ή κοπεί με συνέπεια την αλλοίωση των χαρακτηριστικών του καλωδίου.

Εκτός από τα καλώδια όμως, βλάβη δύναται να εκδηλωθεί και σε οποιοδήποτε σημείο του οπτικού δικτύου. Όπως στους καταναμητές και στα επιμέρους υλικά τους και σε συρτάρια αποθήκευσης της περίσσειας των συγκολλημένων ινών, αλλά και σε κάθε κινητό τμήμα του καταναμητή.

7.2 Εξοπλισμός αποκατάστασης βλαβών

Βασικός εξοπλισμός αποκατάστασης βλαβών

- ΚΙΤ καθαρισμού
- Όργανο οπτικής επιθεώρησης
- Διάταξη ελέγχου οπτικών απωλειών
- Σύστημα ελέγχου οπτικής συνεχείας των ινών
- Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)

7.3 Μεθοδολογία άρσης της βλάβης

Για την αποκατάσταση μιας βλάβης ακολουθούνται συγκεκριμένα βήματα τα οποία μας οδηγούν σε γρήγορο εντοπισμό της βλάβης και γρήγορη αποκατάστασή της.

Έπειτα, λοιπόν από την αναγγελία της βλάβης, την λήψη και καταγραφή της από τα κατάλληλα συστήματα, πρέπει να βεβαιωθούμε αν πρόκειται για βλάβη καλωδίου. Με την διακοπή του κυκλώματος η βλάβη διαπιστώνεται αμέσως. Στο πλησιέστερο κέντρο κάνουμε μετρήσεις. Οι αλλαγές στις απώλειες είναι αδιαμφισβήτητος παράγοντας πιστοποίησης της ύπαρξης και του είδους της βλάβης.

Αφού αποσυνδέσουμε τα κυκλώματα και μετρήσουμε το μήκος του καλωδίου με OTDR, ώστε να αποφύγουμε τις εναλλακτικές διαδρομές λειτουργίας, που προστατεύουν το δίκτυο σε περίπτωση βλάβης, έχουμε προσεγγίσει το πρόβλημα. Έπειτα πρέπει να εκτιμηθούν οι εργασίες που ενδέχεται να χρειαστούν για την αποκατάσταση (σκάψιμο, υλικά).

Ένας στοιχειώδης τρόπος αποκατάστασης είναι:



1. Αντικατάσταση καλωδίου και κατασκευή συνδέσμων
2. Μετρήσεις των νέων συνδέσμων και από τα δύο άκρα
3. Αντιστοιχία των ινών και στα δύο άκρα
4. Ενεργοποίηση των συστημάτων που είχαν διακοπεί
5. Επιβεβαίωση της πλήρους λειτουργίας των κυκλωμάτων.-

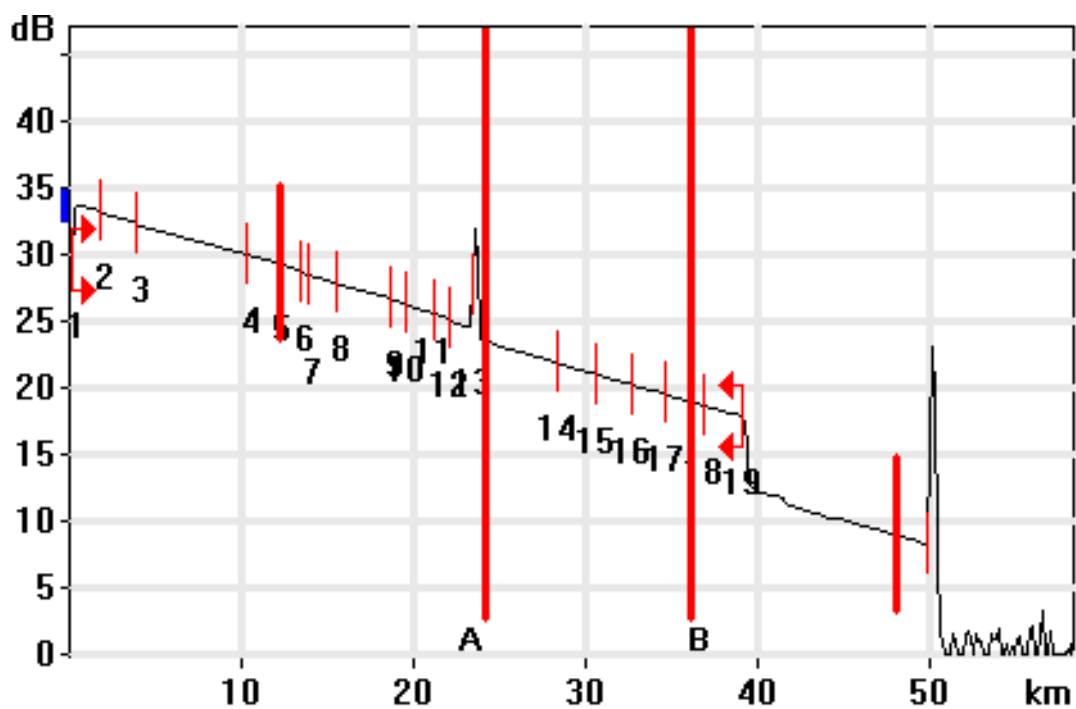


Β' ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι μετρήσεις του πειραματικού μέρους αφορούν την οπτική ίνα του τμήματός μας. Όπως θα δούμε και στις παρακάτω γραφικές αποικονίσεις των μετρήσεων που πήραμε η εξασθένηση ή η απώλεια της ισχύος της οπτικής ίνας, λόγω των παραμέτρων που στο θεωρητικό μέρος αναφερθηκαν

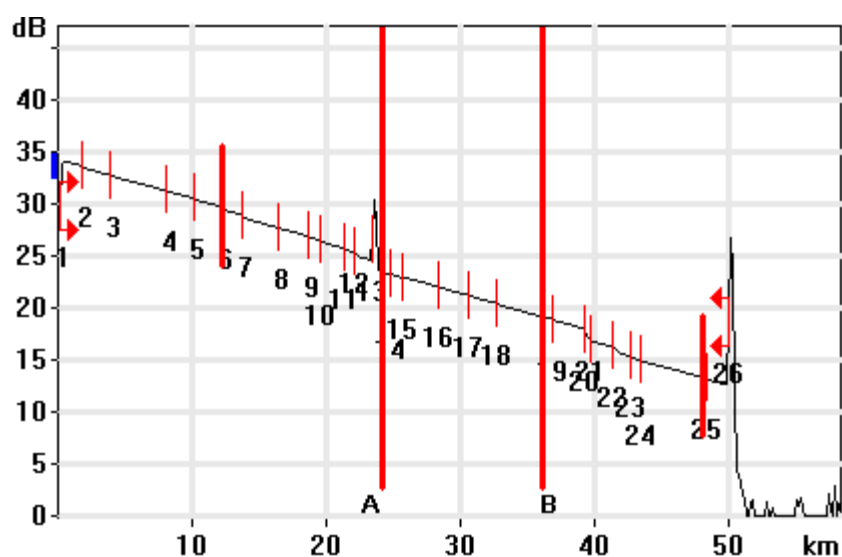


λεπτομερώς, παρουσιάζεται σταθερή. Από αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η οπτική ίνα που εξετάσαμε δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς ή κατασκευαστικούς παραγοντες.

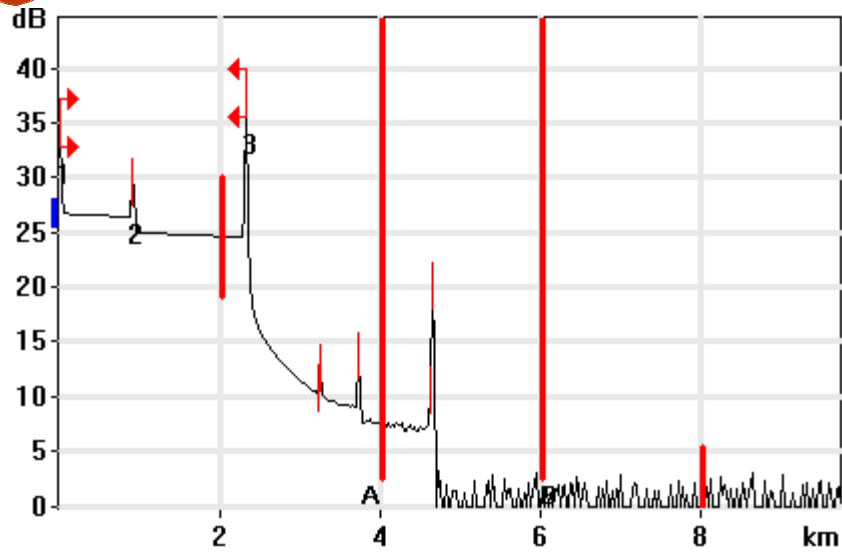




Από την γραφική παράσταση προκύπτει ότι το συνολικό μήκος της οπτικής ίνας είναι περίπου 48,0062 km. Από την μελέτη της παραπάνω μέτρησης μπορούμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα: Η οπτική ίνα έχει μήκος κυματος 1310nm και παρουσιάζει σταθερή απώλεια σε όλο το μήκος της. Πιο συγκεκριμένα ο συντελεστής απωλειών είναι 0,406 dB/Km. Επίσης στα 22km παρουσιάζει ένα peak που μας δείχνει ότι υπάρχει διασύνδεση δυο οπτικών ινών.



Από την γραφική παράσταση προκύπτει ότι το συνολικό μήκος της οπτικής ίνας είναι περίπου 50 Km. Από την μελέτη της παραπάνω μέτρησης μπορούμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα: Η οπτική ίνα παρουσιάζει σταθερή απώλεια σε όλο το μήκος της, αλλά ο συντελεστής απωλειών παρουσιάζει διαφορετικές τιμές σε διάφορα σημεία της οπτικής ίνας.



Από την γραφική παράσταση προκύπτει ότι το συνολικό μήκος της οπτικής ίνας είναι περίπου 4,600 m. Από την μελέτη της παραπάνω μέτρησης μπορούμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα:

Η οπτική ίνα δεν παρουσιάζει σταθερή απώλεια σε όλο το μήκος της. Από την αρχή της μέτρησης μέχρι 900 m όπου παρουσιάζει σταθερό συντελεστή απωλειών 0,344 dB/Km. Από τα 3700 m έως το τέλος της μέτρησης με συντελεστή απωλειών 0,830 dB/Km.



Γ' ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

- wikipedia.org
- citytech.gr
- golem.de
- m.swp.de
- telekom.de
- glasfaser.de
- britannica.com
- hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
- Φυσική Γ' Λυκείου
- Σεμινάριο περί Δικτύων Οπτικών Ινών (OTE-academy)



Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Πρόλογος	4
Α΄ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ :	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εισαγωγή στις οπτικές ίνες	6
Εισαγωγή	6
1.1 Ανακάλυψη των οπτικών ινών	6
1.2 Στη σημερινή εποχή	7
1.3 Οπτική Ζεύξη	8
1.4. Η δομή της οπτικής ίνας	9
1.5 Η διάδοση φωτός στις οπτικές ίνες	10
1.6 Οι τύποι οπτικών ινών	12
1.7 Η εξασθένηση	15
1.8 Εφαρμογές	16
1.9 Η Πολυπλεξία	18
1.9.1 Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος	18
1.9.2 Πυκνή Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος	19
1.9.3 Χονδροειδής Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος	20
1.10 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα οπτικών ινών	20



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών	22
Εισαγωγή	22
2.1 Παράμετροι εγκατάστασης	22
2.2 Περιβαλλοντικοί παράμετροι	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Οι συνδέσεις οπτικών ινών	26
Εισαγωγή	26
3.1 Απώλειες εξασθένησης σήματος	26
3.2 Προβλήματα σύνδεσης	28
3.3 Τα Εργαλεία τερματισμού οπτικών ινών	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Η σχεδίαση μίας εγκατάστασης οπτικών ινών & οι τεχνικές υλοποίησης των οπτικών δικτύων	30
Εισαγωγή	30
4.1 Η διαδικασία της σχεδίασης	30
4.2 Οι μετρήσεις για το απαιτούμενο μήκος καλωδίου	30
4.3 Η αρχική σχεδίαση	31
4.4 Τα περιβάλλοντα εγκατάστασης	32
4.5 Τα υπόγεια καλώδια	32
4.6 Τα υποβρύχια καλώδια	33
4.7 Τα εναέρια καλώδια	34
4.8 Φρεάτια σε δρόμους	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Έλεγχος οπτικών ινών	37
Εισαγωγή	37
5.1 Οι μετρητές ισχύος οπτικών ινών	37
5.2 Οι πηγές ισχύος για ελέγχους οπτικών ινών	38
5.3 ΣΕΤ ελέγχου οπτικής απώλειας (OLTS)	39
5.4 Μετρητής Ανάκλασης Πεδίου Οπτικού Χρόνου (OTDR)	39
5.5 Οι εξασθενητές	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Ποιοτικός έλεγχος οπτικών ινών	42
Εισαγωγή	42
6.1 Μέτρηση ισχύος	42
6.2 Μετρήσεις της οπτικής ίνας	42
6.3 Συνέχεια οπτικής ίνας	43
6.4 Έλεγχος εξασθένησης ινών	43
6.5 Απώλεια συνδετήρων	44



6.6 Μέτρηση απωλειών μονίμων συνδέσεων	44
6.7 Διακόπτες οπτικών ινών	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Βλάβες & Αποκατάσταση βλαβών οπτικών ινών	46
Εισαγωγή	46
7.1 Είδη βλαβών	46
7.2 Εξοπλισμός αποκατάστασης βλαβών	47
7.3 Μεθοδολογία άρσης της βλάβης	47
Β΄ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	49
Γ΄ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ	54