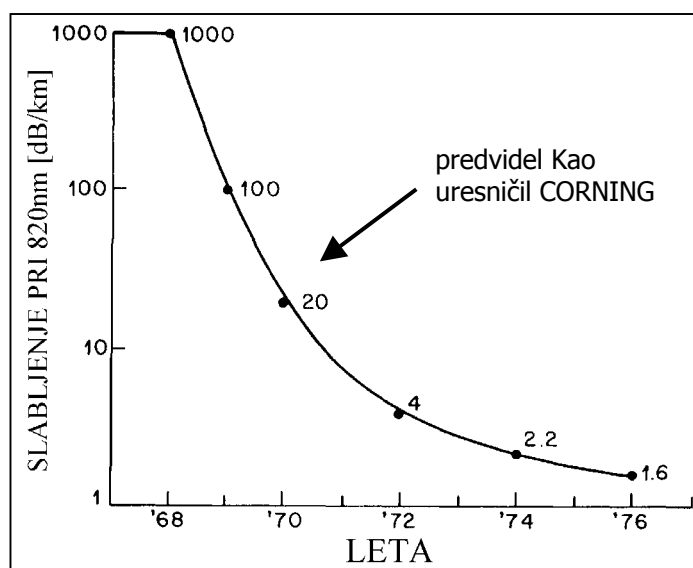


VAJA 31. - MERITEV SLABLJENJA OPTIČNEGA VLAKNA

31.1. Slabljenje optičnega vlakna

Novejša zgodovina optičnih komunikacije se začne leta 1968 oziroma še nekoliko prej – leta 1966. Slabljenje vlakna je takrat zanašalo nekaj 1000 dB/km. V tem času sta pionirja optičnih komunikacij, Angleža Kao in Hockham, objavila članek, v katerem sta teoretično predvidela možnost uporabe optičnega vlakna kot prenosnega informacijskega medija, če bi bilo slabljenje le-tega pod 20 dB/km.

Do leta 1970 so tehnologi slabljenje vlakna zmanjšali iz obstoječih 1000 dB/km na 20 dB/km. Prvemu je to uspelo podjetju Corning, ki bilo še do nedavnega eden vodilnih proizvajalcev optičnega vlakna. Izboljšave vlakna so se nato še vrstile in v letu 1976 privedle do 1,6 dB/km pri valovni dolžini 820 nm, kot prikazuje slika 31.1.

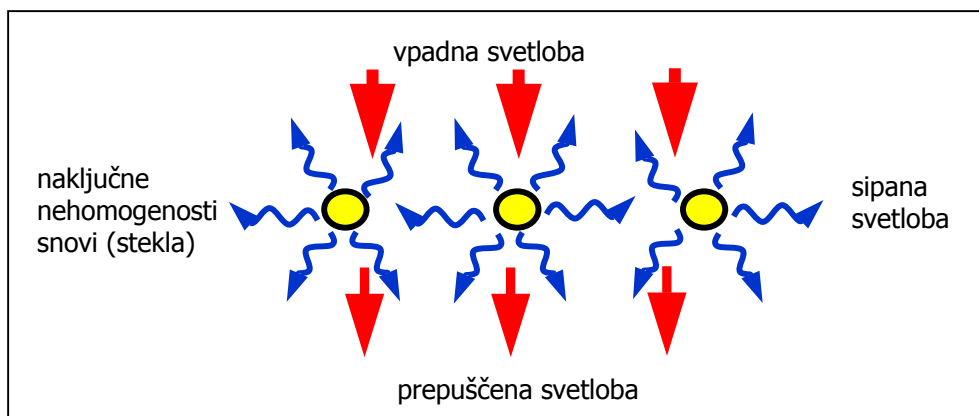


Slika 31.1. – Zgodovinski pregled slabljenja optičnega vlakna.

Kasneje so prišli do ugotovitve, da je mogoče doseči še manjše slabljenje pri večjih valovnih dolžinah. Pojav se imenuje Rayleighovo sipanje po lordu Rayleighu, ki je fizikalni pojav odkril. Rayleighovo sipanje razprši svetlobo, ki potem izhaja iz vlakna, kot prikazuje slika 31.2.

Za razliko od loma in odboja, kjer se svetlobno valovanje po pojavu odbije samo v eno smer, se pri sipanju razprši svetloba v vse smeri. Sipanje svetlobe se vrši na naključno porazdeljenih delcih (molekulah) snovi, ki je v našem primeru steklo.

Selektivno sipanje ali Rayleighovo sipanje se pojavi, ko imajo delci snovi lastnost, da bolj učinkovito sipajo svetlobo izbrane valovne dolžine. Običajno je tako, da se svetloba krajših valovnih dolžin bolj sipa kot svetloba daljših valovnih dolžin.

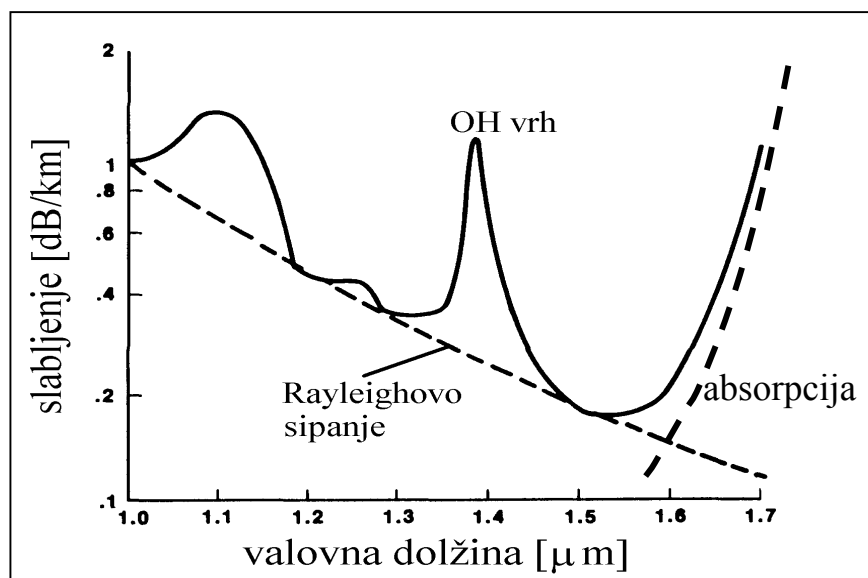


Slika 31.2. – Prikaz Rayleighevega linearnega sipanja vpadne svetlobe.

V vidnem delu svetlobnega spektra je svetloba z najkrajšo valovno dolžino vijolična oziroma modra. Ker se ta svetloba najbolj sipa na molekulah v atmosferi, vidijo naše oči nebo modre barve.

Za razliko od Rayleighevega sipanja poznamo tudi Mievo sipanje, ki povzroča belo barvo oblakov. Vodne kapljice v oblaku s polmerom približno $20\ \mu\text{m}$ so dovolj velike, da sipajo vse valovne dolžine vidne svetlobe bolj ali manj enako. To pomeni, da bo skoraj vsa svetloba, ki vstopi v oblak, razpršena. Ker so sipane vse valovne dolžine, vidimo oblake bele barve. Ko so oblaki zelo debeli, prehaja skozi njih vse manj vstopne sončne svetlobe, kar daje oblaku črno barvo.

Z naraščanjem valovne dolžine slabljenje optičnega vlakna pada in teoretično lahko pride do izredno nizkih slabljenj pri visokih valovnih dolžinah, kot prikazuje slika 31.3. V praksi pa se pri večjih valovnih dolžinah pojavi absorpcija svetlobe v steklu, pri čemer se svetloba pretvarja v toploto.



Slika 31.3. – Slabljenje Si vlakna.

Obstaja še tretji problem in to je absorpcija zaradi Hidroksidnih (OH) ionov, ki so prisotni v steklu. Prisotni so le določeni ioni, ki imajo izrazite absorpcijske vrhove. Najbolj značilen vrh je pri 1400 nm, ki ločuje drugo in tretje spektralno okno. Danes je tehnološko že mogoče izdelati vlakno, ki nima tega OH absorpcijskega vrha.

Minimalno slabljenje optičnega vlakna nastopi pri valovni dolžini 1550 nm in to je tudi razlog za nastanek tretjega spektralnega okna v optičnih komunikacijah.

31.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) širokospetralni vir svetlobe z izhodnim enorodovnim optičnim vlaknom s FC konektorjem,
- (2) kolut enorodovnega optičnega vlakna (merjenec),
- (3) »optični multimeter« s preprostim oddajnikom in sprejemnikom,
- (4) optični spektralni analizator z uklonsko mrežico.

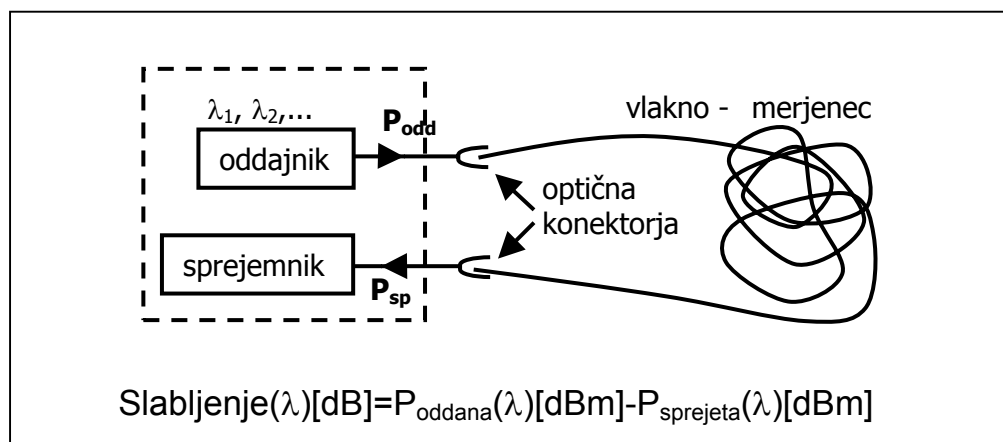
Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 31.6.

31.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Slabljenje optičnega vlakna najenostavneje izmerimo tako, da si pomagamo z optičnim merilnikom moči, ki ga priključimo na en konec optičnega vlakna. Pri tem na drugem koncu pošljemo v vlakno optični signal znane konstantne moči. V kolikor moč oddajnika ne poznamo, ga moramo pred začetkom povezati direktno na sprejemnik brez merjenca in izmeriti izhodno moč.

Optični oddajnik in sprejemnik sta lahko tudi v istem ohišju, kot prikazuje slika 31.4.

Iz razlike med oddano in sprejeto optično močjo izračunamo slabljenje vlakna.



Slika 31.4. – Merjenje slabljenja optičnega vlakna z »optičnim multimetrom«.

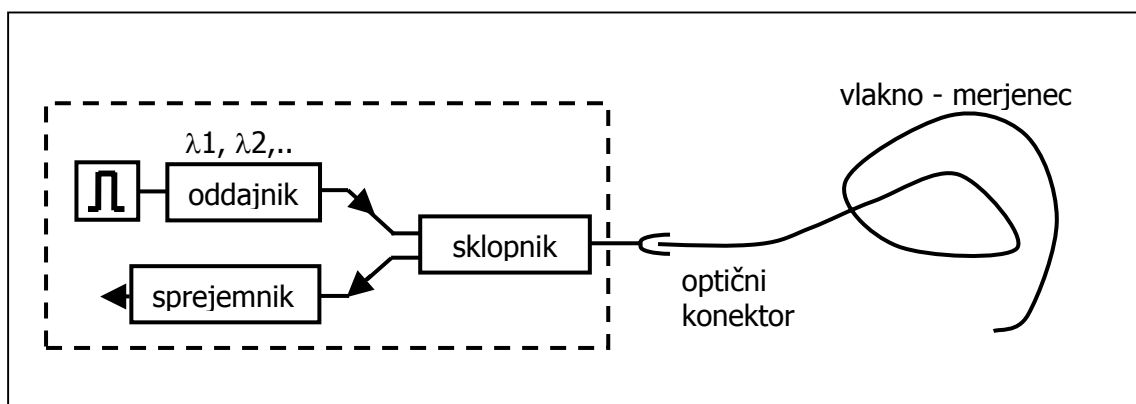
Meritve so lahko izvedene pri eni ali več valovnih dolžinah, odvisno od tega, kakšne optične oddajnike imamo na razpolago. Vendar je možno izvesti meritve pri eni sami valovni dolžini na enkrat.

Meritev je zelo preprosta, vendar je njena slabost v tem, da potrebujemo oba konca optičnega vlakna na istem mestu. Pri optičnih zvezah sta konca vlakna lahko več kilometrov narazen. V tem primeru potrebujemo komunikacijsko zvezo med oddajnikom in sprejemnikom.

Za meritve optične zveze želimo merilni postopek, s katerim je mogoče izmeriti optično vlakno v vkopanem kablu z dostopom na enem samem koncu optične zveze. Takšno meritev imenujemo reflektometriška meritev. Izvedemo jo tako, da na enem koncu v vlakno pošljemo znan signal in opazujemo, kaj se po določenem času zaradi različnih odbojev vrne na isti konec vlakna.

Pri reflektometriški meritvi v časovnem prostoru v vlakno pošljemo časovno kratek impulz svetlobe. Svetlobni impulz se odbije predvsem na odprtem koncu vlakna in na konektorskih spojih. Precej slabotnejše je Rayleigh-ovo sipanje svetlobe v steklu vzdolž celotne dolžine vlakna. Odboji na zvarih so običajno zanemarljivo majhni, vendar tudi opazni.

Ustrezen merilnik, ki vsebuje oddajnik optičnih impulzov, smerni sklopnik, optični sprejemnik in prikazovalnik rezultata meritve, imenujemo optični reflektometer v časovnem prostoru ali OTDR (angl. Optical Time-Domain Reflectometer) in ga prikazuje slika 31.5.



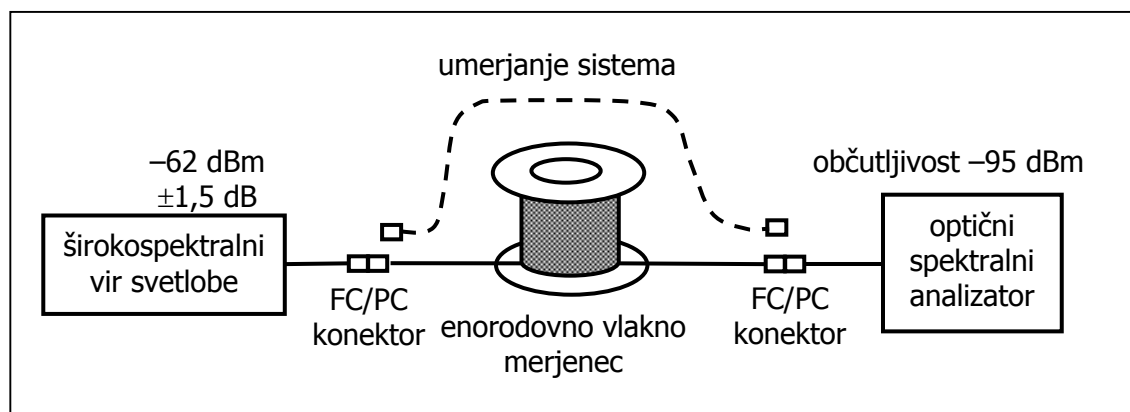
Slika 31.5. – Merjenje slabljenja optičnega vlakna z OTDR merilnikom.

Standard G.650 priporoča za merjenje slabljenja optičnega vlakna merilno metodo, pri kateri moramo imeti oba konca vlakna na istem mestu. Takoj vidimo, da je tovrstna metoda bolj primerna za laboratorijsko testiranje optičnih elementov ali vlakna kot pa za terenske meritve že položenega vlakna.

Za to metodo obstajata dve izvedbi merilne vezave, pri čemer ena uporablja nastavljen laser in kalibriran merilnik moči, druga pa širokospektralni vir svetlobe in optični spektralni analizator (OSA). V obeh primerih dobimo kot rezultat spektralno odvisnost slabljenja optičnega vlakna.

V primeru, ko imamo znano dolžino optičnega vlakna, lahko izrišemo graf odvisnosti slabljenja na kilometer dolžine v odvisnosti od valovne dolžine, kot prikazuje zgornja slika.

Pred začetkom meritve je nujna kalibracija, ki jo izvedemo tako, da svetlobni izvor povežemo direktno na detektor. Na ta način odpravimo vse morebitne vplive slabljenja priključnih vrvic ter spremembo izhodne moči optičnega izvora preko celotnega spektralnega merilnega področja.



Slika 31.6. – Merjenje slabljenja optičnega vlakna s pomočjo OSA.

31.4. Prikaz značilnih rezultatov

V vaji najprej izmeri slabljenje enorodovnega optičnega vlakna s pomočjo »optičnega multimetra« v vseh treh spektralnih oknih (pri valovnih dolžinah 900 nm, 1300 nm in 1550 nm). Glede na to, da poznaš dolžino merjenca, pretvori dobljene merilne rezultate iz dB na dolžinsko enoto slabljenja dB/km.

Izmeri slabljenje enorodovnega optičnega vlakna s pomočjo optičnega spektralnega analizatorja in širokospektralnega vira svetlobe. Pri meritvi si pomagaj s sosledjem ukazov, ki so prikazani na sliki 31.7. Ker inštrument omogoča shranjevanje merilnih rezultatov v grafični obliki, posnemi zaslon na disketo in ga uporabi pri izdelavi poročila.

Na dobljen merilni graf, ki ga prikazuje slika 31.8., vriši vse merilne rezultate dobljene s pomočjo »optičnega multimetra«. Ker bo meritev slabljenja pri valovni dolžini 900 nm najverjetneje izven dobljenega grafa, ta merilni rezultat samo nakaži.

31.5. Vprašanja in naloge vaje

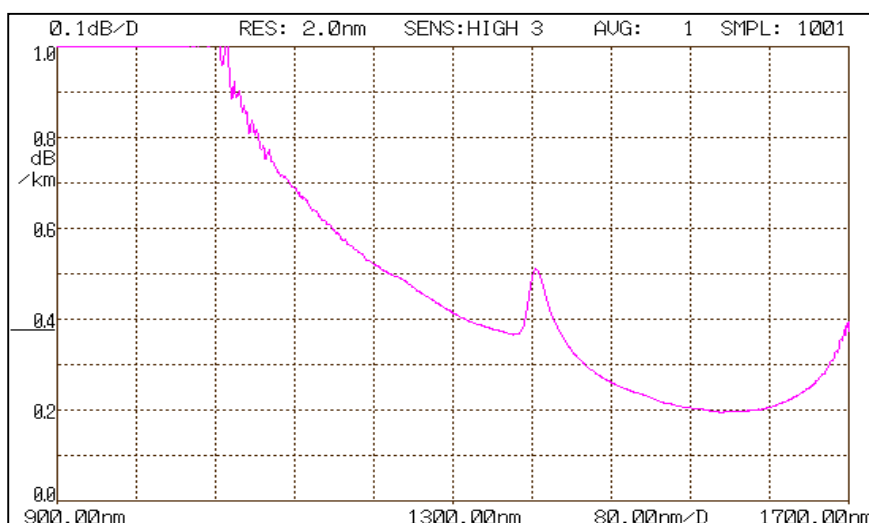
1. Zakaj slabljenje optičnega vlakna ni enako pri vseh valovnih dolžinah?
2. Čemu se je v optičnih komunikacijah uveljavilo tretje spektralno okno pri valovni dolžini 1550 nm?
3. Kakšna je glavna prednost meritve slabljenja optičnega vlakna s pomočjo OTDR merilnika?

4. Naštej slabosti meritve slabljenja optičnega vlakna s pomočjo OSA!
5. Izmeri slabljenje merjenca v vseh treh spektralnih oknih s pomočjo »optičnega multimetra«!
6. Izmeri slabljenje merjenca s pomočjo s pomočjo OSA!
7. Izriši oba merilna rezultata na isto sliko!

Postopek meritve na optičnem spektralnem analizatorju

- določitev začetne in končne točke opazovanja
 [CENTER] <START WL> 900 nm
 [CENTER] <STOP WL> 1700 nm
- shranitev kalibriranega sistema v spomin
 [TRACE] <ACTIVE TRACE A B C> izbereš "A" (tako postane sled A aktivna sled)
 <DISPLAY A, BLANK A> izbereš "DISPLAY A" (na zaslonu se izriše sled A)
 <WRITE A>
 [SWEEP] <SINGLE>
 [TRACE] <FIX A>
- meritev optičnega vlakna
 [TRACE] <ACTIVE TRACE A B C> izbereš "B" (tako postane sled B aktivna sled)
 <DISPLAY B, BLANK B> izbereš "DISPLAY B" (na zaslonu se izriše sled B)
 <WRITE B>
 [SWEEP] <SINGLE>
- primerjava dveh spektrov
 [TRACE] <ACTIVE TRACE A B C> izbereš "C" (tako postane sled C aktivna sled)
 <DISPLAY C, BLANK C> izbereš "DISPLAY C" (na zaslonu se izriše sled C)
 <CALCULATE C> <A-B(A/B) => C>
 (sled B (spekter vlakna) odšteje od sledi A (kalibriranje) in rezultat izriše kot sled C)
- vpisovanje dolžine merjenca in prikaz enot dB/km

Slika 31.7. – Sosledje ukazov za OSA pri merjenju slabljenja optičnega vlakna na enoto dolžine.



Slika 31.8. – Spektralni potek slabljenja enorodovnega optičnega vlakna.