

MERENJE SLABLJENJA SIGNALA U OPTIČKOM VLAKNU

Aleksandar Trefalt¹
trefaltalex@gmail.com

REZIME

U radu će biti opisani uzroci slabljenja i gubitaka u optičkom vlaknu. Pošto svetlost ulazi s jednog kraja vlakna, a izlazi na drugi, intenzitet svetlosti će opadati. Nakon širenja optičkog signala kroz optičko vlakno, deo svetlosne energije se gubi, što nam pokazuje da neke supstance ili neki razlozi u optičkom vlaknu blokiraju prolazak optičkog signala. Takozvani gubitak odnosi se na slabljenje po jedinici dužine optičkog vlakna, izražen u jedinici dB/km. Step en gubitaka u vlaknu direktno utiče na udaljenost prenosa optičkih vlakana i udaljenost između relejnih stanica. Znači, da bismo optički signal učinili nesmetanim prenosom, moramo smanjiti gubitke u optičkom vlaknu.

Ključne reči: optičko vlakno, gubici, slabljenje, signal

SIGNAL ATTENUATION MEASUREMENT IN OPTICAL FIBER

ABSTRACT

In this research will be described the causes of attenuation and losses in optical fiber. As the light enters at one end of the fiber and exits at the other, the intensity of the light will decrease. After spreading the optical signal through the optical fiber, part of the light energy is getting lost, which indicates that some substances or some reasons in the optical fiber block the passage of the optical signal. The so-called loss refers to the attenuation per unit length of the optical fiber, expressed in dB/km. The loss degree inside of the fiber directly affects the transmission distance of optical fibers and the distance between relay stations. Therefore, in order to make the optical signal like a unhindered transmission, we have to reduce the losses in the optical fiber.

Key words: optical fiber, losses, attenuation, signal

1. UVOD

Na kratkom rastojanju od mesta prodora svetlosti u optičko vlakno promena njegove prenosne karakteristike (slabljenje, disperzija) je nelinearna funkcija rastojanja zbog širine ulaznog impulsa, opadanja svetlosne snage po eksponencijalnom zakonu i razmene energije između modova. To je tzv. prelazni režim. Kada se uspostavi "stacionarno stanje", odnosno linearna zavisnost prenosnih karakteristika od dužine, onda se može govoriti o definisanosti

¹AD EPS Beograd ogranak RB Kolubara, Beograd, Balkanska 13

parametara dugih transmisionih linija, na koje ne utiču uslovi prodora svetlosnog zraka u jezgro optičkog vlakna.

Multimodna vlakna podržavaju veliki broj prostirućih modova (disperziju zraka), ali se na kraćim rastojanjima javljaju i „cureći” modovi koji remete tačnost merenja. „Cureća disperzija” je posledica prostiranja svetlosnog snopa u mnogo pravaca. Kako se laserski snop udaljava od izvora, fotoni koji se prostiru pod prevelikim uglom nestaju usled refleksije i curenja na granicama optičkog vlakna, tako da su na većim rastojanjima ovi modovi u potpunosti eliminisani.

2. MERENJE SLABLJENJA

Svetlosni zrak tokom prolaska kroz optičko vlakno gubi fotone, odnosno energiju, što izaziva smanjenje amplitude signala. Gubici u optičkom vlaknu se događaju iz više razloga:

- Apsorpcija
- Rasejanje
- Gubici usled savijanja
- Disperzije

Apsorpcija. Nečistoće koje predstavljaju ostatke prečišćavanja i fabrikacije stakla, kao i dopanti koji se koriste u proizvodnji optičkih vlakana, apsorbuju optičku energiju. Apsorpciju izazivaju joni metala, a najveću apsorpciju izazivaju joni hidroksilne grupe koji se nalaze uz molekule vode u staklu. Nivo apsorpcije zavisi od koncentracije jona i talasne dužine primenjene svetlosti. Razlikujemo ultra-violetnu (UV) i infra-crvenu (IC) apsorpciju.

Rasejanje. Gubitke usled rasejanja mogu izazvati: varijacije prečnika jezgra optičkog vlakna, razna mikrooštećenja i nesklad na graničnoj površini jezgro-omotač koji su manji od talasne dužine primenjene svetlosti. Rasejani svetlosni zraci se odbijaju drugačije nego što bi trebalo po Snel-ovom zakonu, pa zbog toga dolazi do njihovog delimičnog gubljenja i prelaska u omotač. Dominanti tip rasejanja kod optičkih vlakana je Rayleigh-evo rasejanje, koje se javlja zbog mikroskopskih nehomogenosti u sastavu stakla, odnosno nečistoća, koje su veličine reda talasne dužine primenjene svetlosti.

Gubici usled savijanja. Usled savijanja se menja geometrija optičkog vlakna, što omogućuje da neki svetlosni zraci pobegnu u omotač, a drugi da se nepravilno odbiju, čime se povećavaju gubici u optičkom vlaknu. Pored pomenutih gubitaka postoje i gubici usled mikrosavijanja, izazvana malim periodičnim savijanjima ose vlakna, periode ponavljanja nekoliko mm i amplitude nekoliko mikrona. Do ovakvih savijanja dolazi usled nejednake raspodele opterećenja pri dejstvu spoljnih mehaničkih sila.

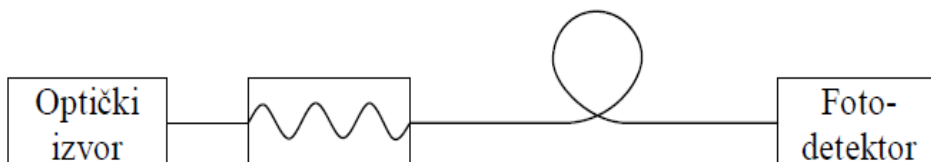
Slabljenje svetlosne snage u optičkom vlaknu rezultat je apsorpcije, rasejanja i efekata talasovoda. Pri merenju ukupnih gubitaka prenosa signala kroz vlakno koriste se dve osnovne metode:

- *Tehnika odsecanja* (cutback technique) - najranije korišćen metod, koji se zasniva na upoređivanju izmerene svetlosne snage na maloj i velikoj dužini, pri istim uslovima ulaska svetlosnog zraka u optičko vlakno

- *Metoda povratnog rasejanja* – povratno rasejanje je osobina optičkog vlakna čiji je princip koji je korišćen kod optičkog reflektometra u vremenskom domenu

Merenje slabljenja signala pomoću tehnike odsecanja

Ovo je destruktivna tehnika koja zahteva pristup na oba kraja optičkog vlakna, a sam process merenja sastoji se iz dva merenja svetlosne snage. Prvo se meri snaga na daljem kraju optičkog vlakna, a onda se bez ikakve promene na ulaznom kraju preseca vlakno na nekoliko metara od izvora, i ponovo se meri snaga (slika 1.).



Slika 1. Blok šema uređaja za merenje metodom odsecanja

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_b}{P_a} \right) \quad \left(\frac{dB}{km} \right) \quad (1)$$

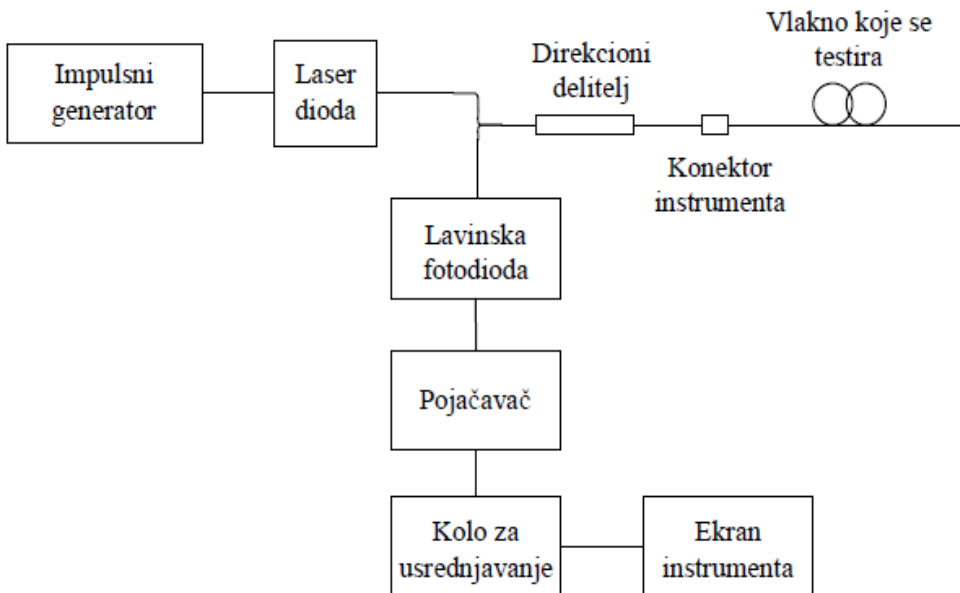
gde su P_a i P_b izmerene optičke snage na daljem i bliže odsečenom kraju optičkog vlakna, respektivno, a L - geometrijsko rastojanje između mernih tačaka. Postoji i modifikacija ove metode kod koje se prvo meri svetlosna snaga P_1 , na izlazu iz kratkog referentnog vlakna kojim su povezani optički izvor i merni uređaj. Posle toga sa na *referentno vlakno*, preko konektora, veže ispitivano vlakno i meri njegova izlazna snaga P_2 . Slabljenje se izračunava prema izrazu:

$$\alpha = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad (dB) \quad (2)$$

Rezultati se moraju korigovati za vrednost gubitaka na konektorima.

Merenje slabljenja signala metodom povratnog rasejanja

Ovo je nedestruktivna metoda, kojoj je dovoljan pristup samo jednom kraju optičkog vlakna. Jedino ovom metodom se mogu pratiti promene slabljenja duž celog vlakna, kao i njegovo eventualno oštećenje jer je optički reflektomer u vremenskom domenu u osnovi optički radar. Instrument koji koristi princip povratnog rasejanja za merenje slabljenja naziva se OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Na slici 2. prikazana je funkcionalna šema OTDR-a.

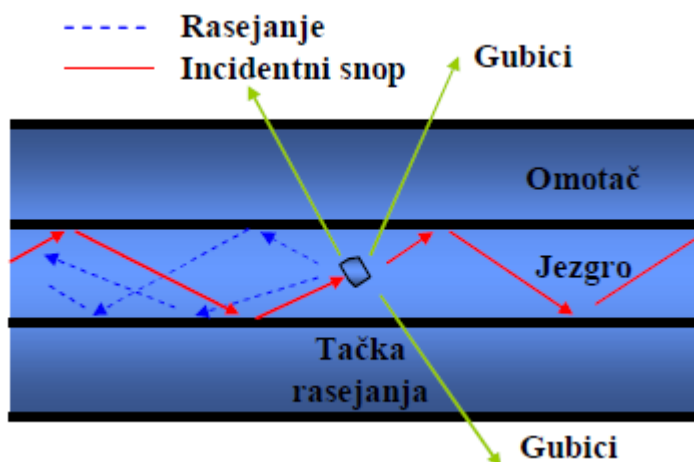


Slika 2. Šema OTDR instrumenta

Optički izvor emituje u vlakno impuls svetlosti, snage od 1 mW pa naviše, do 1 W, dok je dužina trajanja impulsa od 3 ns do 10 μ s (0,6 m do 2 km). Dužina trajanja laserskog impulsa definiše snagu signala, upravo proporcionalno, ali postoji fizičko ograničenje u korišćenoj snazi, jer može doći do zasićenja prijemne diode. Korišćenje snage velikog intenziteta može izazvati nelinearne efekte. Vreme ponavljanja emisije laserskog impulsa se odabira tako da omogućuje adekvatno merenje dužine. Kao detektor svetlosti najčešće se koristi lavinska foto-dioda. Primljeni signal se prosleđuje u pojačavač i deo za digitalizaciju. Potom se signal prosleđuje u jedinicu koja vrši akviziciju i usrednjavanje, odnosno postiže određeni odnos signal/šum.

Posle usrednjavanja signal se transformiše logaritamskom funkcijom kako bi se signal kasnije prikazao na ekranu instrumenta, kao kriva povratnog rasejanja. Kriva prikazuje slabljenje, u dB, u funkciji dužine, u metrima. OTDR je jedini instrument koji može meriti rastojanje do spoja, konektora ili anomalija u vlaknu. On može meriti slabljenje na spoju, konektoru ili anomaliji i može se koristiti za nadgledanje kvaliteta spojeva u toku njihovog nastajanja u realnom vremenu. On može meriti sopstveno slabljenje, koje je posledica varijacija prečnika polja moda između dva dela monomodnog vlakna povezanih spojem ili konektorom. OTDR može meriti refleksiju na komponentama kao što su konektori ili mehanički spojevi, zatim, može meriti linearnost vlakna i ukazati na neusklađenosti kao što su lokalni skokovi u prečniku polja moda. To je jedini instrument koji može meriti slabljenje vlakna u dB/km između bilo koje dve tačke duž vlakna. OTDR obezbeđuje aktivan nadzor na "živim" optičkim sistemima i može uskladištiti ili štampati talasne oblike radi vođenja systemske dokumentacije. Ova svojstva OTDR-a koriste se za atestiranja optičkih kablova, nadzora trasa i spojeva i za

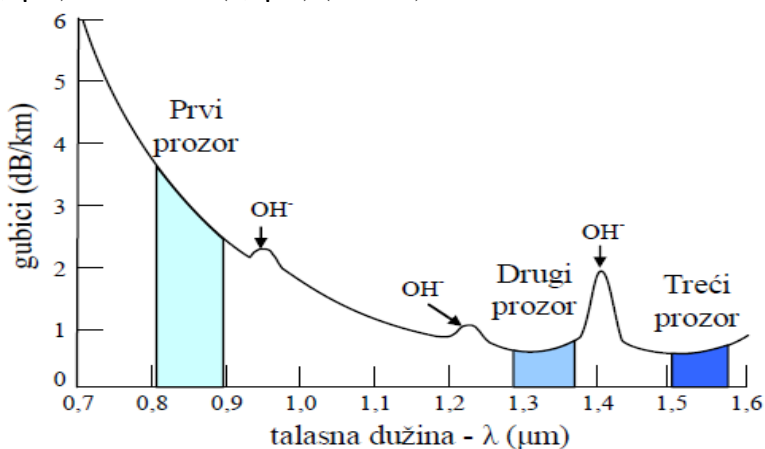
primene brzog oporavka sistema. Laser je povezan sa konektorom na prednjoj strani instrumenta preko trodecibelskog optičkog delitelja i ispaljuje kratke impulse svetlosti kroz kapler i konektor do vlakna koje se testira. Dok impuls putuje kroz vlakno, deo nečistoća u staklu apsorbuje određenu količinu svetlosti, dok druge nečistoće rasejavaju svetlost u svim pravcima, pa i nazad prema OTDR-u (slika 3.). Takođe, impulsi slabe usled skokovitih promena, kao što su spojevi, konektori i savijanja.



Slika 3. Rasejanje svetlosnog snopa na nečistoćama u optičkom vlaknu

3. ZAKLJUČAK

Najmanje slabljenje unutar optičkog vlakna je u opsegu talasnih dužina od 700nm (0,7 μ m) do 1600nm (1,6 μ m) (slika 4.)



Slika 4. Slabljenje u optičkom vlaknu u funkciji talasne dužine

Unutar ovog opsega postoje tri konvencionalna prenosna optička prozora na tri različite talasne dužine emitovane svetlosti. To su optički prozori oko 850nm (prvi), 1310nm (drugi) i 1550 (treći).

Gubitak snage u optičkom vlaknu uzrokovan je i raznim spoljnim uticajima, Dakle, mehanički uticaji (savijanje, poprečna opterećenja, napetosti) mogu dovesti do narušavanje ukupne unutrašnje refleksije na granici između jezgra i omotača i dovesti do izlaska dela zračenja iz jezgra. Uslovi okoline (temperatura, vlažnost, radijacijska pozadina) imaju određeni uticaj na stepen prigušenja.

4. LITERATURA

1. A.Marinčić, Optičke telekomunikacije, Univerzitet u Beogradu, 1996.
2. J.Refi, Fiber optic Cable – A light Guide, abcTeleTraining, Inc.,1991.
3. G.Lukatela, D.Drajić, G.Petrović, R.Petrović, Digitalne telekomunikacije, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.