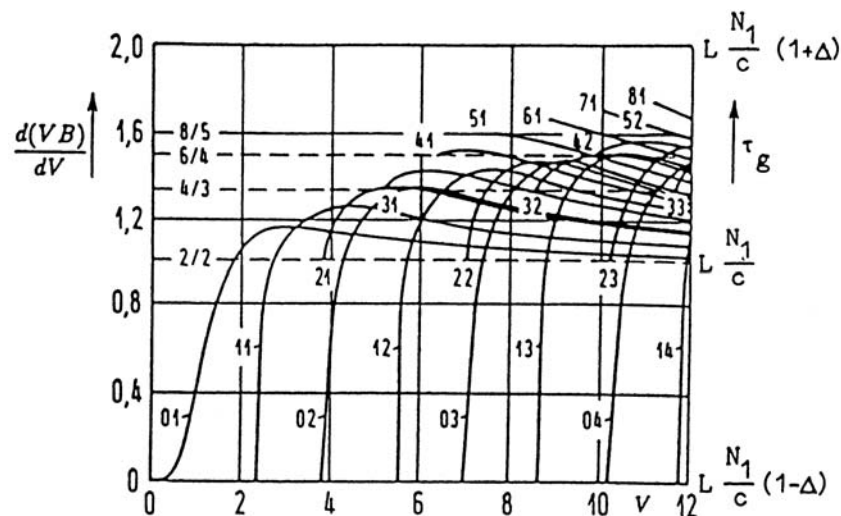


VAJA 9. - FREKVENČNI PAS MNOGORODOVNEGA GRADIENTNEGA VLAKNA

9.1. Mnogorodovna disperzija v gradientnem vlaknu

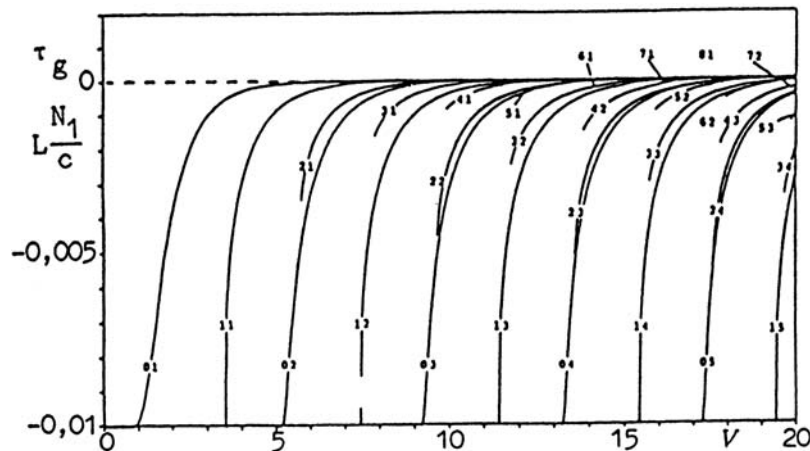
Prvotna optična vlakna so imela stopničast lomni lik in zelo debelo sredico predvsem zaradi enostavnejše izdelave, spajanja vlaken med sabo in boljšega sklopnega izkoristka na nekoherenten svetlobni izvor. Pri uporabi v vidnem in bližnjem infrardečem področju se po takšnih vlaknih širi veliko število valovodnih rodov. Pri stopničastem lomnem liku se različni valovodni rodovi širijo s precej različnimi hitrostmi, kot je to prikazano na sliki 9.1, kar zelo omejuje pasovno širino prenosne poti.



Slika 9.1. – Rodovni (valovodni) zakasnilni čas svetlovodnih rodov LP_{mp} v mnogorodovnem vlaknu stopničastega lomnega lika.

Pomembno tehnično izboljšavo mnogorodovnega vlakna predstavlja gradientno vlakno. Takšno vlakno ima sicer še vedno razmeroma debelo sredico (standardizirano $50\mu\text{m}$ oziroma $62.5\mu\text{m}$), vendar se profil lomnega količnika spreminja zvezno po skrbno izbrani krivulji, da so hitrosti razširjanja različnih rodov med sabo čimbolj enake.

Želeni obliki lomnega lika sredice takšnega vlakna se zelo približa parabolični profil lomnega količnika. Za parabolični lomni lik obstaja analitska rešitev za polje v valovodu. Slika 9.2 prikazuje z močno raztegnjeno pokončno skalo, da je mnogorodovna disperzija v vlaknu s paraboličnim lomnim likom za več kot dva velikostna razreda manjša kot v podobnem vlaknu s stopničastim lomnim likom.



Slika 9.2. – Rodovni (valovodni) zakasnilni čas svetlovodnih rodov LP_{mp} v mnogorodovnem vlaknu paraboličnega lomnega lika.

Gradientno vlakno je treba seveda izdelati. Zaenkrat še ni znan postopek, ki bi sam od sebe težil k zelenemu lomnemu liku sredice vlakna. Želeni lomni lik je zato rezultat nanašanja velikega števila plasti s skrbno izbranim lomnim količnikom, da dobimo na koncu preform in iz njega izvlečemo zeleno vlakno.

Mnogorodovna disperzija je zato parameter optičnega vlakna, ki je v veliki meri odvisen od natančnosti pri izdelavi vlakna. Kontrola končnega izdelka zato vključuje meritev mnogorodovne disperzije v obliki frekvenčne pasovne širine. Frekvenčna pasovna širina gradientnih vlaken je v velikostnem razredu 1GHz-km in je natančno obratno sorazmerna z dolžino vlakna.

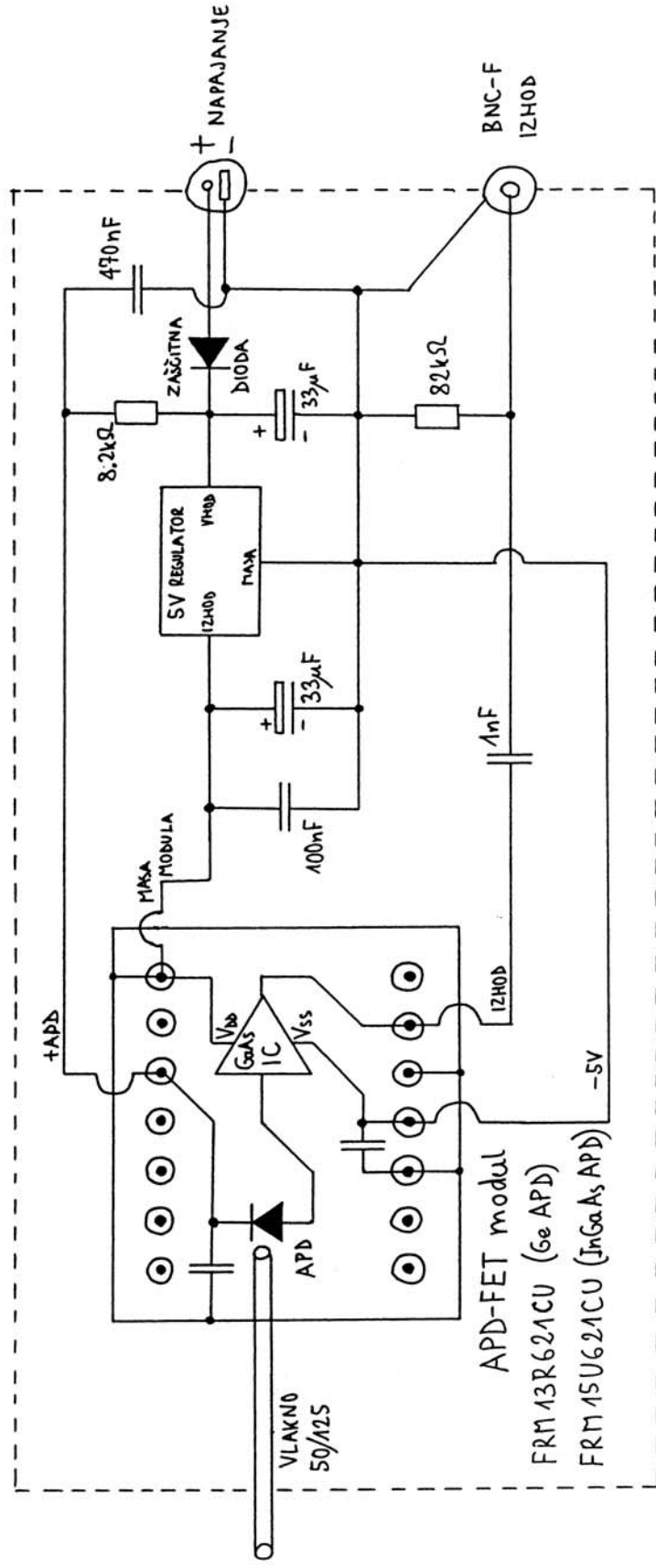
Za meritev mnogorodovne disperzije zato potrebujemo primerno dolg kos merjenca v velikostnem razredu 1km. Disperzijo lahko opazujemo tako, da v merjenec pošljemo en sam kratek impulz. Meritev enostavneje izvedemo s sinusno moduliranim laserskim oddajnikom, s katerim naravnost dobimo frekvenčni odziv merjenca.

9.2. Seznam potrebnih pripomočkov

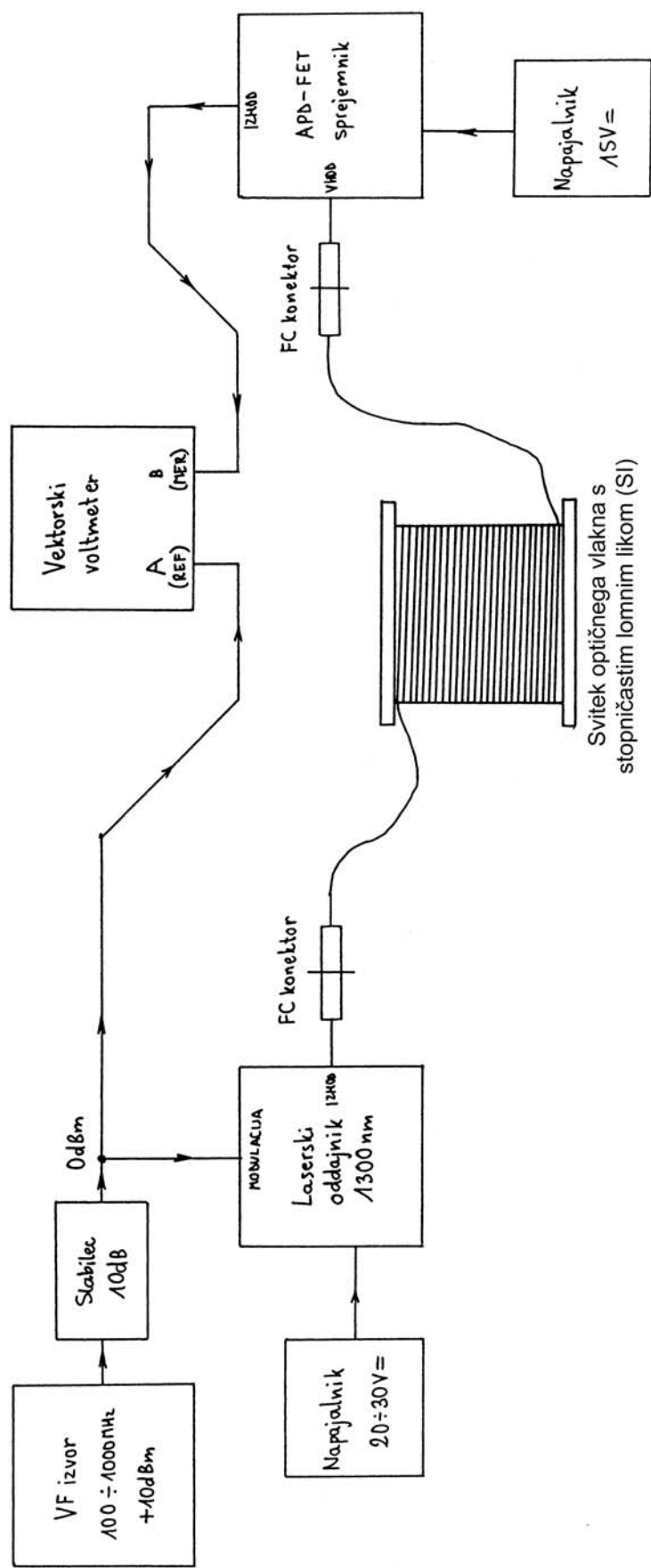
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) VF izvor za območje 100-1000MHz, z 10dB slabilnikom (0dBm).
- (2) Laserski oddajnik za 1300nm z ustreznim napajalnikom.
- (3) Svitek približno 1km mnogorodovnega gradientnega optičnega vlakna in svitek SI mnogorodovnega vlakna (merjenca).
- (4) Optični sprejemnik z APD-FET modulom (glej sliko 9.3).
- (5) Napajalnik 15V= za optični sprejemnik.
- (6) Vektorski voltmeter s priborom sond in vtičnic.
- (7) Krajša vlakna s FC konektorji za povezavo merjenca.

Vezava inštrumentov za merjenje disperzije v gradientnem vlaknu je prikazana na sliki 9.4.



Slika 9.3. – Sprejemnik z APD-FET modulom.



Slika 9.4. – Vezava instrumentov za merjenje disperzije v gradientnem vlaknu.

9.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Polprevodniški sestavni deli za komunikacije preko optičnih vlaken so zelo občutljivi elektronski sestavni deli, ki zahtevajo nežno in natančno rokovanje. Polprevodniški laserski modul oziroma APD-FET sprejemniški modul lahko poškodujemo električno ali mehansko. Pri tej vaji je treba paziti predvsem na to, da laserskega oddajnika ne prekrmilimo niti z enosmernim izvorom, niti z modulacijskim signalom. Pazimo tudi na polariteto izvorov, ker ima laserski oddajnik plus (+) pol napajanja na ohišju, sprejemnik pa minus (-) pol napajanja na ohišju.

Optični vlakni laserja in APD-FET sprejemnika sta sicer zaščiteni, vendar še vedno zahtevata pazljivejše ravnanje, še posebno FC konektorja na koncih vlaken. Ker je celotno slabljenje zveze zelo majhno (komaj 1km vlakna), ojačenja APD diode sploh ne potrebujemo in napajamo APD sprejemnik z napetostjo komaj 15V=. Tako zagotovimo, da APD-FET modul ne pride v nasičenje niti takrat, ko optični vhod priključimo naravnost na laserski oddajnik.

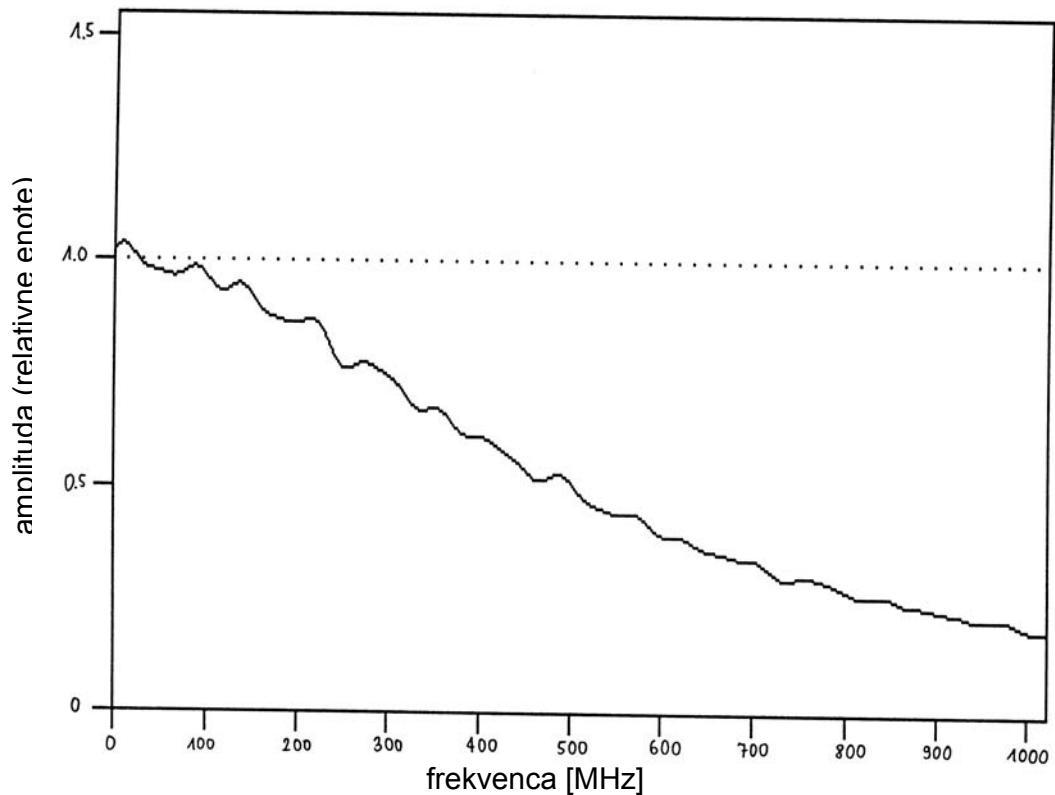
Kot merilnik modulacijskega signala uporabimo vektorski voltmeter, ker vsebuje občutljiv in selektiven sprejemnik, ki je hkrati manj občutljiv na motnje. Poleg tega ima vektorski voltmeter dva vhoda, da lahko hkrati merimo tudi jakost modulacijskega signala za laser. Pred meritvijo preverimo, da se vektorski voltmeter zanesljivo "ujame" na signal VF izvora in da APD-FET sprejemnik ni prekrmiljen!

9.4. Prikaz značilnih rezultatov

Pri vaji moramo izmeriti dve veličini: frekvenčno pasovno širino danega svitka optičnega vlakna in dolžino vlakna v svitku. Ker merimo pri frekvencah do 1GHz, ne smemo zanemariti niti frekvenčnega odziva laserskega oddajnika niti APD sprejemnika, pa tudi netočnosti vektorskega voltmetra že moti rezultat meritve. Zato najprej povežemo APD-FET sprejemnik naravnost na izhod laserja in izmerimo frekvenčni odziv samega oddajnika, sprejemnika in voltmetra.

Nato vstavimo svitek vlakna in ponovimo meritev. Frekvenčni odziv vlakna je seveda kvocient obeh meritev. Meritev frekvenčnega odziva motijo predvsem odboji na številnih električnih konektorjih in spojih optičnih vlaken, zato je rezultat precej nagrbnčena krivulja, kot je prikazana na sliki 9.5. Meritev moramo zato opraviti na zadosti velikem številu frekvenc, da lahko skozi izmerjene točke potegnemo smiselno krivuljo in določimo frekvenčno mejo, kjer odziv upade za 3dB.

Končno izmerimo še dolžino vlakna preko meritve faze visokofrekvenčnega signala. VF izvor nastavimo na frekvenco okoli 100MHz in odčitamo fazo. Nato frekvenco VF izvora zelo počasi višamo in poiščemo frekvenco, ko faza spet doseže isto vrednost. Dolžina vlakna je enaka svetlobni hitrosti, deljeni z razliko frekvenc VF izvora, ki dajo enako fazo. Boljšo točnost meritve dobimo tako, da poiščemo razliko frekvenc med več zaporednimi točkami, ki dajo isto fazo in rezultat delimo s številom period faze.



Slika 9.5. – Izmerjeni frekvenčni odziv vlakna zaradi mnogorodovne disperzije.

Pri meritvi dolžine optičnega vlakna ne smemo pozabiti na lomni količnik stekla, zaradi katerega je svetlobna hitrost v steklu ustrezno manjša. Točnost dodatno izboljšamo tako, da izmerimo in potem odštejemo dolžino poti v kablju in vlaknih laserskega oddajnika in APD-FET sprejemnika. Končni rezultat vaje je izmerjena 3dB pasovna širina vlakna, pomnožena z dolžino vlakna (v kilometrih), kar predstavlja enoveljavno merilo za mnogorodovno disperzijo.

9.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izmeri frekvenčni potek merilne opreme.
2. Izmeri in izračunaj dolžino priključnih optičnih vrvic.
3. Izmeri frekvenčni potek mnogorodovnega SI optičnega vlakna.
4. Izmeri in izračunaj dolžino vlakna v kolutu.
5. Določi frekvenčno mejo, kjer odziv upade za 3dB.
6. Koliko znaša disperzijski koeficient merjenega vlakna?

»back to back«			
f [MHz]	A [dBm]	B [dBm]	B-A [dB]
1			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
200			
300			
400			
500			
600			
700			
800			
900			
1000			

»back to back« +kolut			
f [MHz]	A [dBm]	B [dBm]	B-A [dB]
1			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
200			
300			
400			
500			
600			
700			
800			
900			
1000			

kolut	
f [MHz]	[dB]
1	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
200	
300	
400	
500	
600	
700	
800	
900	
1000	

A – jakost signala merjena na VF izvoru

B – jakost signala merjena na optičnem sprejemniku