

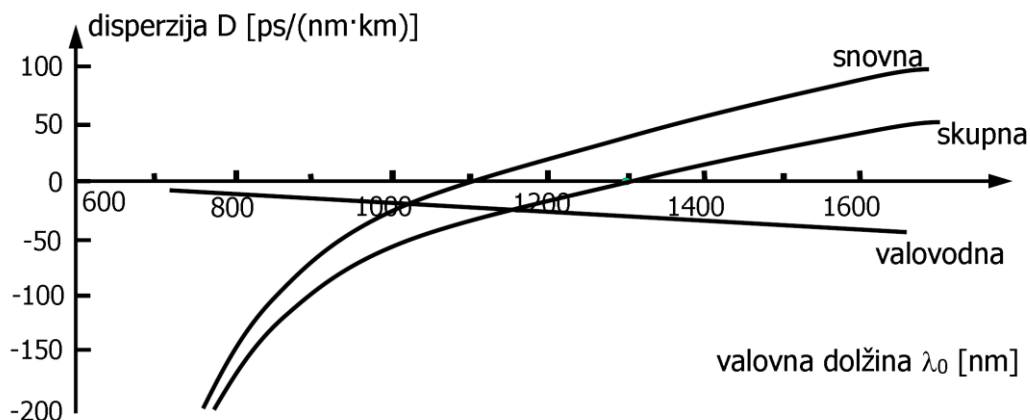
VAJA – VPLIV BARVNE DISPERZIJE NA AMPLITUDNO MODULIRAN SIGNAL

1. Disperzija optičnega vlakna

Pri potovanju optičnega signala skozi vlakno pride do popačitve le-tega. V vlakno vstopa lepo oblikovan digitalni optični impulz, iz vlakna pa dobimo razširjen impulz. Ta pojav je moteč predvsem pri velikih bitnih pretokih, ko so časovne razdalje med impulzi dokaj majhne. Po razširitvi pride namreč do prekrivanja impulzov, kar poveča verjetnost narobe sprejetega bita.

Pojavu razširitve impulza strokovno pravimo disperzija. Če imamo opravka z mnogorodovnim optičnim vlaknom, je prevladujoča mnogorodovna disperzija. Za odpravo le-te obstajata dve rešitvi. Prva je izdelava vlakna z gradientnim lomnim likom, druga pa je uvedba enorodovnega optičnega vlakna. Če zmanjšamo premer jedra optičnega vlakna toliko, da se po njem širi samo osnovni rod svetlobnega valovanja, dobimo enorodovno vlakno, ki zaradi širjenja enega samega rodu ne pozna mnogorodovne disperzije. Pri enorodovnem vlaknu pa prihaja do izraza snovna disperzija. Mnogorodovna disperzija in snovna disperzija sta dva, po fizikalnem principu delovanja, povsem različna pojava. Pri obeh pa pride do nezaželenega učinka razširitve optičnega impulza.

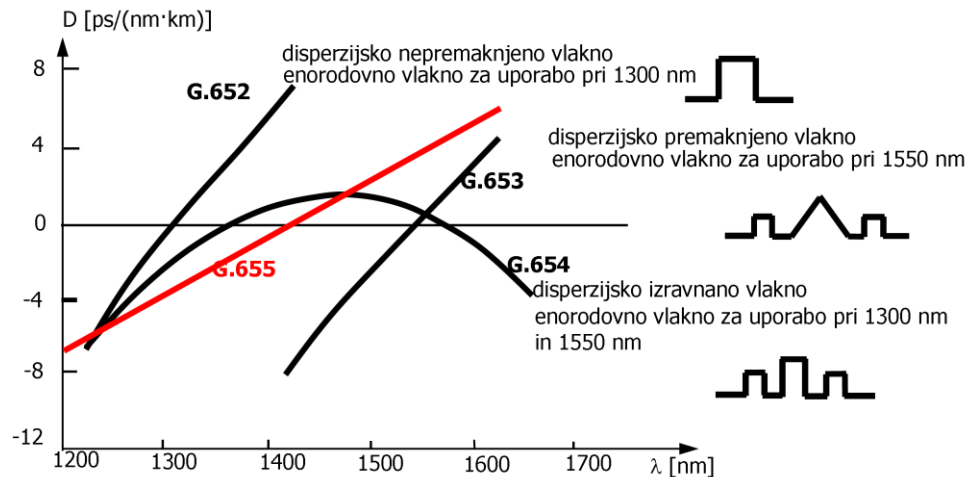
Snovna disperzija je sicer pojav, ki se ga lahko tudi koristno izrablja za razločevanje posameznih komponent svetlobe v prizmi. Gre torej za pojav, ko ima svetloba pri potovanju skozi steklo različne hitrosti glede na njeno valovno dolžino. Steklo je torej snov, katere lomni količnik je odvisen od frekvence (valovne dolžine) svetlobe, ki prehaja skozi to steklo. Snovna disperzija pride tem bolj do izraza, čim širši optični spekter ima svetlobni vir. Iz grafa na sliki 39.1 je razvidno, da snovna disperzija SiO_2 stekla narašča z naraščanjem valovne dolžine. Točka ničelne disperzije za SiO_2 nastopi pri valovni dolžini za malenkost nižji od 1300 nm.



Slika 1. – Snovna SiO_2 , valovodna in skupna disperzija vlakna v odvisnosti od valovne dolžine.

Poleg snovne disperzije stekla ima optično vlakno tudi valovodno disperzijo, ki je odvisna od oblike lomnega lika. Standardno enorodovno vlakno ima valovodno disperzijo takšno, da skupaj z snovno disperzijo tvorita pri valovni dolžini 1300 nm točko ničelne disperzije za standardno enorodovno vlakno. To je tudi razlog za nastanek drugega spektralnega okna v optičnih komunikacijah.

Z obliko lomnega lika pri enorodovnem optičnem vlaknu lahko vplivamo na disperzijske lastnosti valovoda. S seštevkem snovne in valovodne disperzije lahko dobimo vlakno s skorajda poljubno disperzijo. Na sliki 39.2 so prikazani standardizirani tipi enorodovnega optičnega vlakna.



Slika 2. – Disperzija vlaken z ITU oznako G.652, G.653, G.654 in G.655.

Običajno G.652 vlakno ima standardni premer jedra $9 \mu\text{m}$. Skupna valovna dolžina se ne premakne veliko in je še vedno blizu 1300 nm . To vlakno je bilo prvo enorodovno vlakno in se še danes najpogosteje uporablja, kljub temu, da ima dokaj visok disperzijski koeficient $17,5 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$.

Disperzijsko premaknjeno vlakno G.653 je znatno premaknjeno v desno. Minimalna disperzija tovrstnega vlakna je v okolici 1550 nm , kjer je slabljenje najmanjše. Pri G.654 vlaknu sta snovna in valovodna disperzija tako izenačeni, da dobimo disperzijsko izravnano optično vlakno. Disperzija je pri tem vlaknu minimalna v drugem in tretjem spektralnem oknu. Kasnejši razvoj optičnih sistemov je pokazal, da zaradi nastanka nezaželenih nelinearnih pojavov za komunikacijo ni najbolj idealno področje z minimalno disperzijo. Iz tega razloga se je polaganje optična vlakna tipa G.653 in G.654 opustilo.

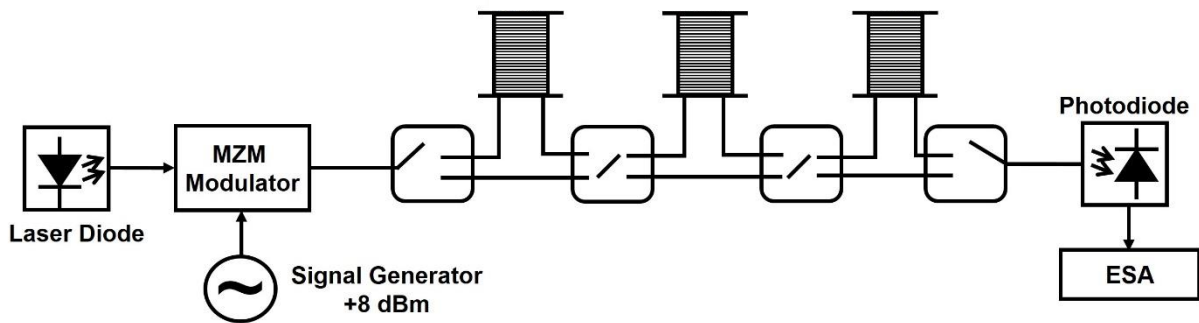
Najnovejše je vlakno z oznako G.655, ki ima v področju delovanja manjšo pozitivno disperzijo (od 4 do $8 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$). Dobi se v raznih izvedbah strmine in efektivne površine jedra, ki sta na žalost prenosorazmerna parametra.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

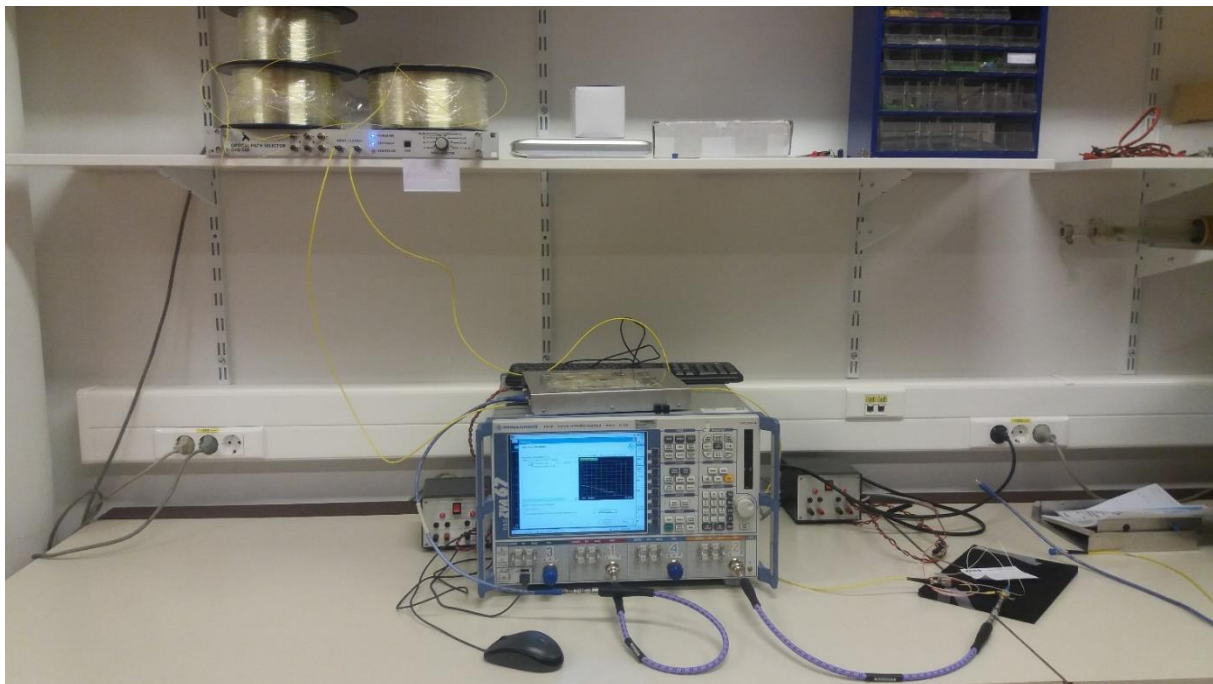
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) DFB laser z Mach-Zehnderjevim elektrooptičnim modulatorjem na LiNbO_3 ,
- (2) VF analizator vezij,
- (3) optični sprejemnik s hitro fotodiodo,
- (4) več kolotov enorodovnega optičnega vlakna,
- (5) optično stikalo za preklon med koluti,
- (6) povezovalne optične FC/PC kable in pripadajoče adapterje.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 29.3.



Slika 3. – Merilna vezava optične zveze z zunanjo amplitudno modulacijo.

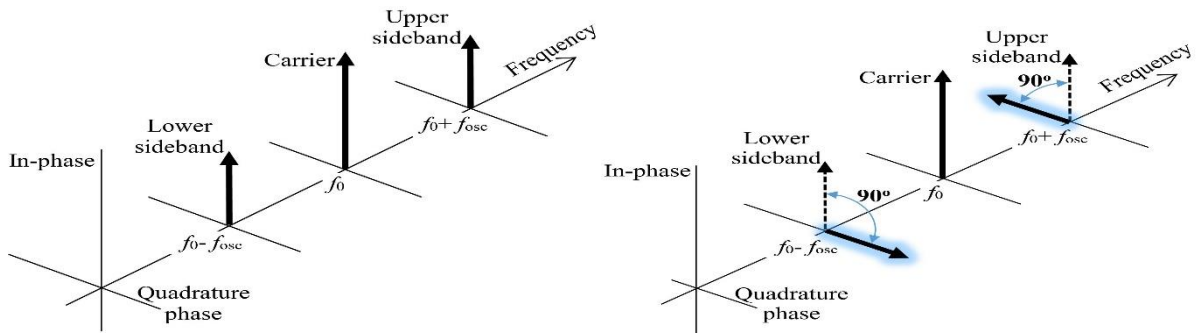


Slika 4. – Fotografija postavitve merilnih pripomočkov.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

V dandanašnjih optičnih komunikacijskih DWDM sistemih prevladuje amplitudna modulacija, zato si bomo v tem poskusu podrobneje ogledali vpliv kromatske disperzije na amplitudno moduliran signal. Za amplitudno modulacijo se pri visokih bitnih hitrostih uporablja zunanje amplitudne modulatorje. Kot prikazuje slika 39.3 se svetlobne modulatorje priključuje na laserski izvor, ki oddajajo kontinuirano valovanje. Pri tem se vedno uporablja optični izolator, da odboj iz modulatorja ne pokvari nihanja laserja.

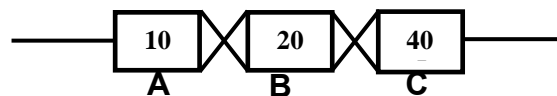
Amplitudno moduliran optični signal ima spekter v katerem se nahaja nosilec na frekvenci laserja in stranska boka, ki sta od nosilca oddaljena na vsaki strani za modulacijsko frekvenco, kot prikazuje slika 39.4. Zaradi disperzije optičnega vlakna ima vsak del optičnega spektra drugačno fazno hitrost, kar kvarno vpliva na modulacijski signal. Najbolj neprimerno je stanje, ko imata bočna signala ravno nasprotno fazo in se na detektorju odštejeta. V tem primeru prenos informacijskega signala ni mogoč.



Slika 4. – Optični spekter na vhodu v optično vlakno in na izhodu iz njega. Faza stranskih bokov se zaradi disperzije spremeni.

Na svetlobni signal je s pomočjo zunanega amplitudnega modulatorja jakostno moduliran visokofrekvenčni signal frekvence, ki jo določa VF analizator vezij. Moduliran signal potuje po optičnem vlaknu izbrane dolžine in se detektira na optičnem sprejemniku. Zaradi disperzije merjenca je optični signal deležen faznega premika. Z vektorskim merilnim sprejemnikom opazujemo spremembo v amplitudi signala, ki nastane med referenčnim in testnim vhomom.

Pred pričetkom meritve je potrebno izvesti kalibracijo sistema s pomočjo kratkega vlakna oziroma z izbiro optičnega stikala tako, da poveže vhod direktno na izhod. Na optično stikalo se priklopi merilne kolute, kot prikazuje slika 39.5.



Slika 5. – Vezava optičnih vlaken na optično stikalo.

4. Vprašanja in naloge vaje

1. S pomočjo vektorskega analizatorja vezij izmerite prenosne karakteristike za različne dolžine optičnega vlakna.
2. Določite 3 dB pasovno širino pri vsaki od izbranih dolžin optičnega vlakna.

	A	B	A+B	C	C+A	C+B	C+A+B
L [km]	10	20	30	40	50	60	70
$f_{3 \text{ dB}}$ [GHz]							

3. Narišite odvisnost 3 dB pasovne širine od dolžine optičnega vlakna.

