

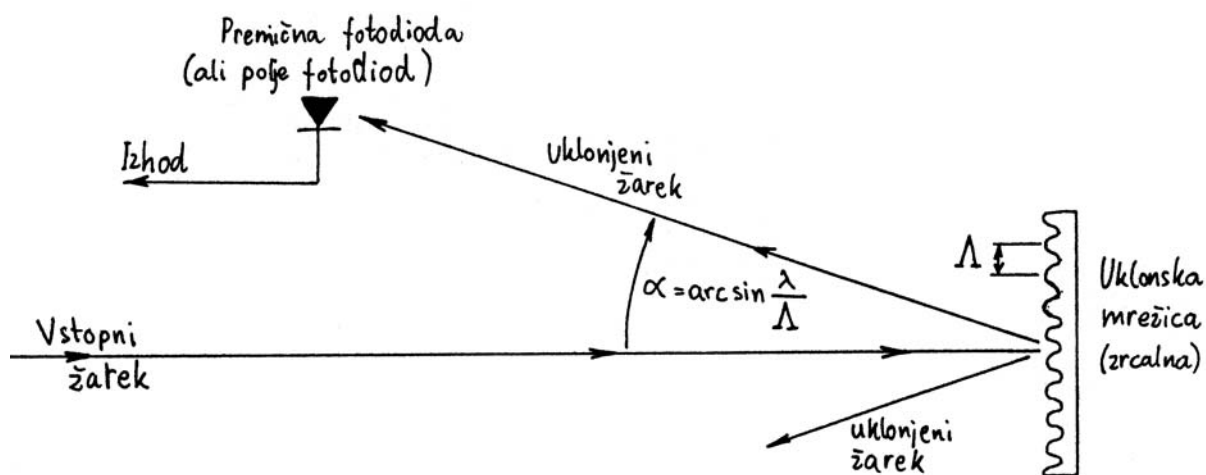
VAJA 30. - FABRY-PEROT-OV OPTIČNI SPEKTRALNI ANALIZATOR

30.1. Optični spektralni analizatorji

Meritev frekvenčnega spektra signalov je običajno ena najpomembnejših meritev signalov v telekomunikacijah. Najpogosteje se zadovoljimo z meritvijo jakosti spektra, saj je fazo spektra zelo težko izmeriti. Meritvi frekvenčnega spektra povsem ustreza meritev spektra valovnih dolžin, ki je v optiki bolj običajna.

Ker so optične komunikacije razmeroma mlada veja tehnike, merilne metode niti zdaleč niso tako ustaljene kot naprimer v radijski ali mikrovalovni tehniki. V optiki tudi nimamo vedno na razpolago primerljivih sestavnih delov z radijsko ali mikrovalovno tehniko, zato so merilni postopki včasih drugačni. Bolj točno povedano, v slučaju merjenja optičnega spektra uporabljamo več različnih naprav in postopkov, odvisno od vrste signala, ki ga merimo ter od zahtevane točnosti rezultata meritve.

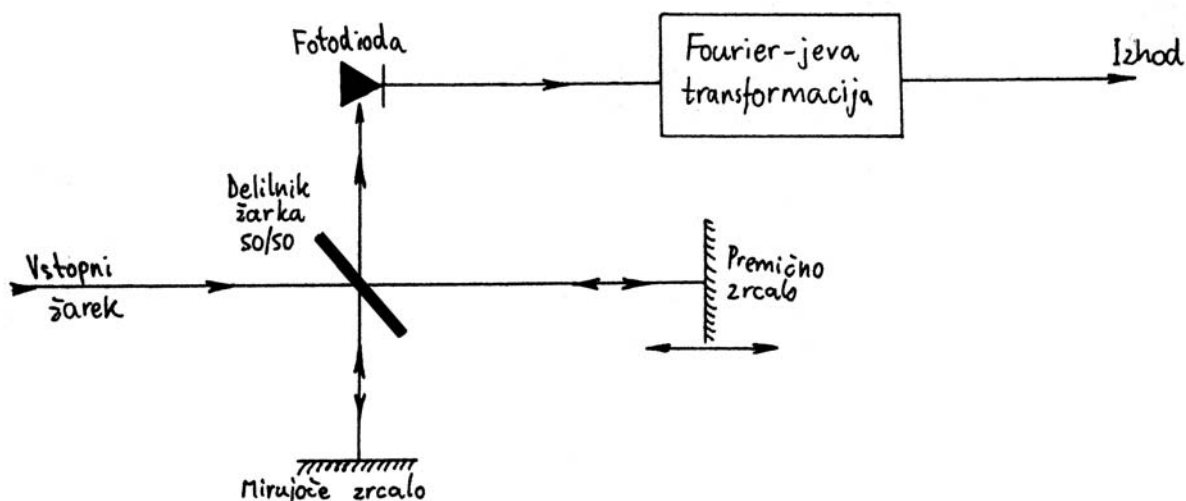
Najpreprostejši optični spektralni analizator je steklena prizma, na kateri se vpadni žarek bele svetlobe razkloni v mavrico, ker je lomni količnik stekla običajno funkcija valovne dolžine svetlobe. Večjo in bolj ponovljivo odvisnost odklonskega kota od valovne dolžine vpadnega žarka dobimo z uklonsko mrežico. Uklonsko mrežico uporabimo kot pasovno-prepustno sito (monokromator) v optičnem spektralnem analizatorju, kot je to prikazano na sliki 30.1.



Slika 30.1. – Optični spektralni analizator z uklonsko mrežico (monokromator).

Dobra lastnost optičnega spektralnega analizatorja z uklonsko mrežico je ta, da pokriva zelo široko področje valovnih dolžin, praktično celoten spekter vidne in bližnje infrardeče svetlobe. Slaba lastnost takšnega spektralnega analizatorja je slaba ločljivost različnih valovnih dolžin. Kljub uporabi dodatne optike (leče in zrcala pred in za uklonsko mrežico) je ločljivost omejena na velikostni razred 0.1nm oziroma 10GHz.

Podobno ločljivost dobimo z optičnim spektralnim analizatorjem z interferometrom, ki je prikazan na sliki 30.2. Ločljivost tu omejuje dolžina poti, ki jo prevozi premično zrcalo interferometra. Poleg komplicirane mehanike za premik zrcala zahteva takšen spektralni analizator tudi komplicirano obdelavo signala s fotodiode. Največja slabost naprave pa je občutljivost na (razmeroma počasno) amplitudno modulacijo vstopnega žarka, ki lahko privede do povsem napačnih rezultatov meritve.



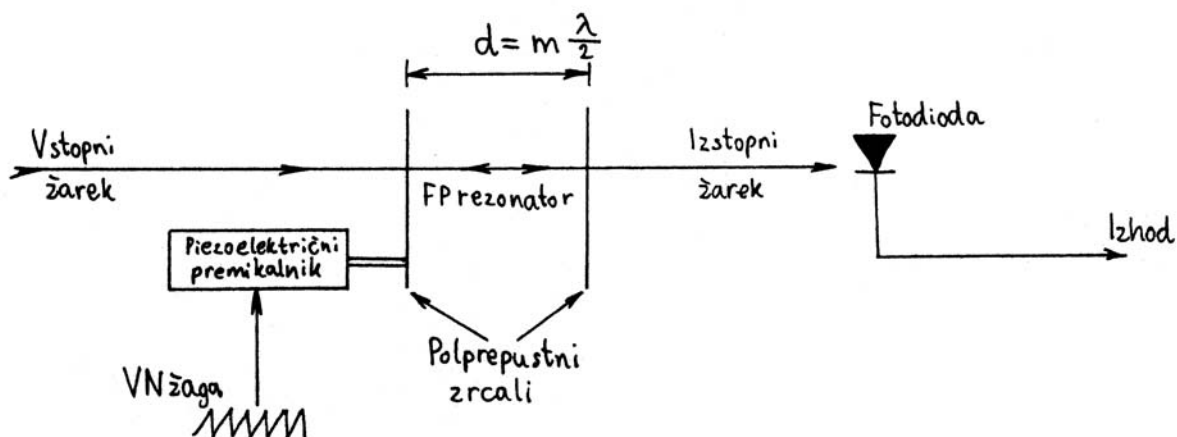
Slika 30.2. – Optični spektralni analizator z interferometrom.

Zelo visoko ločljivost v velikostnem razredu 1MHz ali manj dosežemo z optičnimi rezonatorji. Ker so izmere rezonatorja lahko precej večje od valovne dolžine, je kvaliteta rezonatorja Q zelo visoko število, ki v optiki zlahka preseže vrednost 10^6 (milijon). Slaba stran optičnih rezonatorjev je v tem, da imajo običajno zelo veliko število rezonančnih frekvenc (rezonančnih valovnih dolžin), ki so razmeroma blizu skupaj.

Optični spektralni analizator s Fabry-Perot-ovim rezonatorjem, ki je prikazan na sliki 30.3, je zato primeren za opazovanje razmeroma ozkih spektrov valovnih dolžin (frekvenc). Če zanemarimo fazni zasuk na zrcalih, FP rezonator niha na vseh valovnih dolžinah, ko celoštevilski mnogokratnik polovice valovne dolžine ustreza razdalji med zrcaloma.

Bistven podatek FP rezonatorja je zato razdalja (v enotah valovne dolžine ali frekvence) med dvema sosednjima rezonancama, ki ga imenujemo FSR (angl. Free Spectral Range). Velik rezonator ima sicer visoko kvaliteto Q , ampak majhen FSR. Obratno ima majhen rezonator velik FSR na račun kvalitete Q .

Fabry-Perot-ov rezonator lahko uglašujemo tako, da spreminjamo razdaljo med zrcali. V optičnem spektralnem analizatorju to storimo s piezoelektričnim premikalnikom, ki lahko premakne eno od zrcal za nekaj mikrometrov. V resnici nam zadošča še manjši premik (približno pol valovne dolžine merjenega signala), saj se pri večjem premiku slika ponovi na naslednjem rodu nihanja rezonatorja.



Slika 30.3. – Optični spektralni analizator s FP rezonatorjem.

30.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

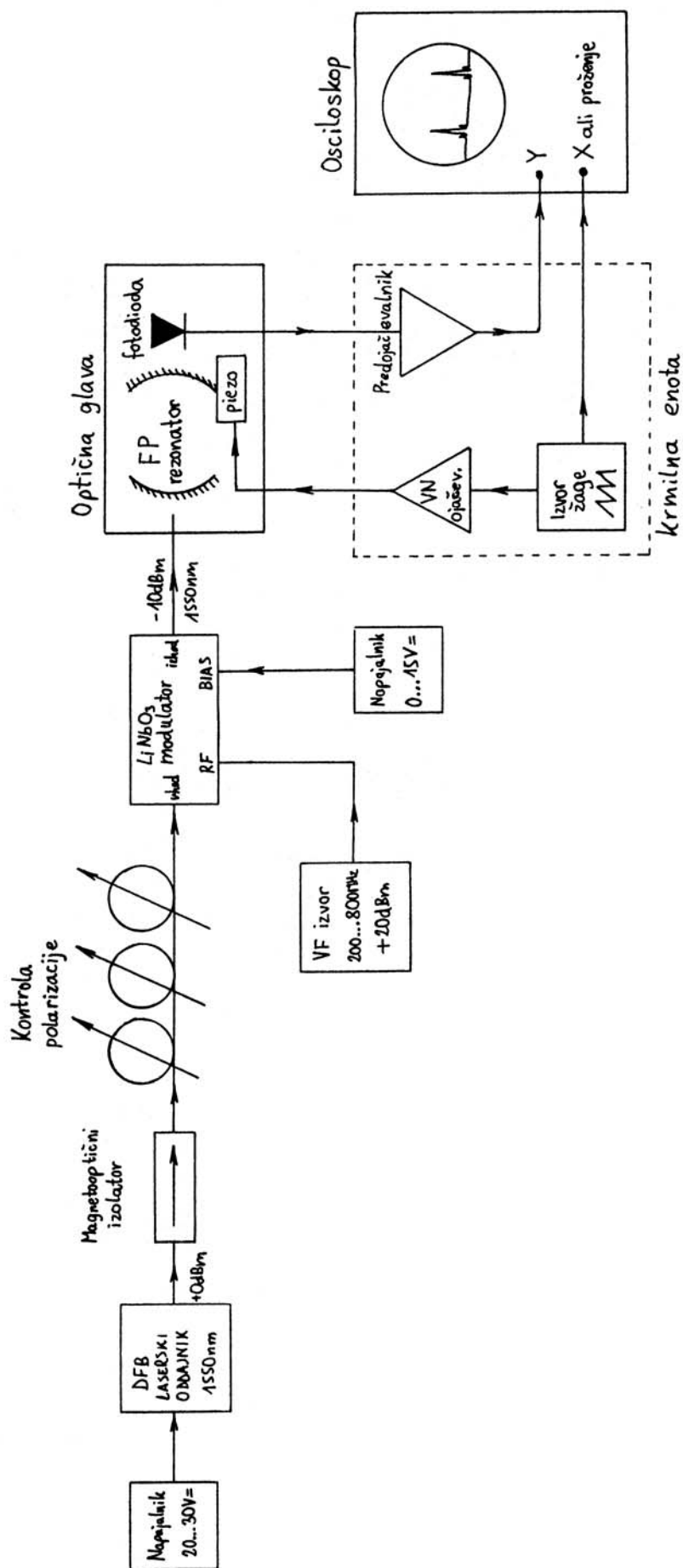
- (1) DFB laserski oddajnik za 1550nm z ustreznim napajalnikom in optičnim izolatorjem na izhodu.
- (2) Polarizacijski sukalnik z optičnim vlaknom.
- (3) LiNbO₃ elektrooptični modulator.
- (4) Visokofrekvenčni izvor v pasu 1-5GHz moči +20dBm.
- (5) Napajalnik za prednapetost (BIAS) LiNbO₃ modulatorja.
- (6) Komplet (optična glava) spektralnega analizatorja s FP rezonatorjem, piezoelektričnimi premikalniki in fotodiodo.
- (7) Krmilnik piezoelektričnih pretvornikov z izvorom žagaste napetosti in predojačevalnikom za fotodiodo.
- (8) Osciloskop 20MHz.
- (9) Kable in konektorje za vse povezave.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 30.4.

30.3. 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 DFB laserski modul, LiNbO₃ modulator oziroma optično glavo spektralnega analizatorja lahko poškodujemo električno ali mehansko. Pri tej vaji je treba paziti predvsem na to, da laserskega oddajnika in modulatorja ne prekrmilimo niti z enosmernima izvoroma niti z modulacijskim signalom.

Optična vlakna laserja, magnetooptičnega izolatorja, polarizacijskega sukalnika in modulatorja so sicer zaščitena, vendar še vedno zahtevajo pazljivejše ravnanje, še posebno FC-PC konektorji na koncih vlaken. Pri modulatorju moramo paziti, da med sabo ne zamenjamo vhodov RF in BIAS, sicer z enosmerno napetostjo na vhodu RF uničimo modulator.



Slika 30.4. – Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.

V vaji uporabimo DFB laser, ki ima dovolj ozko spektralno črto, da jo lahko opazujemo s FP optičnim spektralnim analizatorjem. Spektralna črta DFB laserja je dovolj ozka (manj kot 50MHz), da lahko v optičnem spektru opazimo tudi bočne pasove modulacije. Takšen kvaliteten optični izvor seveda zahteva na izhodu optični izolator, da odbiti valovi iz modulatorja in še posebno iz spektralnega analizatorja ne porušijo nihanja laserja na enem samem rodu.

DFB laserji sicer dopuščajo neposredno modulacijo krmilnega toka, vendar dobimo na ta način poleg amplitudne tudi frekvenčno modulacijo izhodne svetlobe. V ta namen uporabimo zunanji modulator, ki ga vgradimo za optični izolator, da ne motimo nihanja laserja. Elektrooptični modulator sicer omogoča različne načine delovanja glede na nastavitev delovne točke (BIAS) in polarizacije vhodne svetlobe. V tej vaji nastavimo polarizacijo TE (HP), da dosežemo največjo učinkovitost modulatorja, z nastavitvijo delovne točke pa izbiramo razmerja med nosilcem, bočnimi pasovi osnovne modulacijske frekvence in drugim harmonikom.

Pri FP optičnem spektralnem analizatorju moramo poznati vrsto vgrajenih zrcal. Odbojna plast na zrcalih je večslojni dielektrik, ki dobro odbija le svetlobo povsem določenih valovnih dolžin, naprimer komunikacijsko področje 1300-1550nm. Poleg tega so lahko zrcala različnih oblik. Ravna zrcala zahtevajo naprimer zelo točno nastavitev vzporednosti, najprej z vijaki in potem še s piezoelektričnimi premikalniki. Ukrivljena zrcala so enostavnejša za uporabo, saj moramo nastaviti le grobo razdaljo med zrcali, da postanejo vsi prečni rodovi popolnoma izrojeni in imajo isto rezonančno frekvenco (ena sama konica na osciloskopu namesto smrekice).

30.4. Prikaz značilnih rezultatov

V vaji skušamo določiti FSR in ločljivost uporabljenega spektralnega analizatorja. Najprej moramo seveda nastaviti delovno točko laserja in modulatorja ter preveriti delovanje optične glave in ustreznega krmilnika. Krmilnik omogoča nastavitev prednapetosti in amplitude žage na piezoelektričnem premikalniku, ki ga krmili visokonapetostni ojačevalnik (napetosti v velikostnem razredu 500V).

Amplitudo in prednapetost žage najprej nastavimo tako, da dobimo na zaslonu osciloskopa dve enaki sliki optičnega spektra. Iz razdalje med nosilcem in bočnima pasovoma lahko umerimo vodoravno skalo osciloskopa kar v MHz ali GHz. Razdalja med dvema enakima slikama nam tedaj predstavlja kar FSR uporabljene optične glave.

Nato amplitudo žage zmanjšujemo tako, da na zaslonu dobimo le še eno razširjeno sliko spektra. Pri tem je pokončna os na osciloskopu sorazmerna toku skozi fotodiodo, se pravi vhodni optični moči. Ponovno umerimo vodoravno skalo glede na znano modulacijsko frekvenco VF izvora. Ločljivost spektralnega analizatorja določimo kot -3dB pasovno širino optičnega sita.

Iz izmerjene pasovne širine izračunamo tudi kvaliteto Q . Pri tem seveda ne moremo določiti, koliko prispeva k širini črte FP rezonator in koliko spekter samega laserja.

Na koncu se poigramo še z elektrooptičnim modulatorjem in poskusimo nastaviti delovno točko tako, da izgine nosilec, da izginejo samo bočni pasovi osnovne frekvence ali da dobimo podvojevanje modulacijske frekvence.

30.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izmeri FSR Fabry-Perot-ovega optičnega spektralnega analizatorja!
2. Izmeri ločljivost Fabry-Perot-ovega optičnega spektralnega analizatorja!
3. Izračunaj kvaliteto resonatorja v Fabry-Perot-ovem optičnem spektralnem analizatorju!
4. Skiciraj modulacijski optični spekter pri DFB laserju!
5. Skiciraj modulacijski optični spekter pri DFB laserju pri modulaciji z zadušenim nosilcem!