

# Meritve v WDM optičnih sistemih

Planiranje, konstrukcija in vzdrževanje  
WDM optičnih sistemov

Peter Reinhardt, Xenya d.o.o

2009

# Kdaj so potrebe meritve

- Planiranje in priprava specifikacij WDM sistema
  - Meritve osnovnih lastnosti optičnih povezav, ki bodo uporabljene v WDM sistemu
- Izvedba WDM sistema
  - Preverjanje pravilnosti specifikacij
  - Preverjanje pravilnosti konstrukcije
  - Preverjanje pravilnosti delovanja
- Vzdrževanje WDM sistema
  - Odprava napak
  - Preventivne meritve
  - Meritve, ki potrjujejo pogodbene obveznosti (SLA)

# Planiranje WDM optičnega sistema

- Specifikacija zahtevanih parametrov
  - Prepustnost, formati podatkov, dinamika povezav
  - Sedaj in v prihodnosti
  - Kompatibilnost
- Izbor poti, ki bodo sestavljale WDM optični sistem
- Izbor vlaken
  - Meritve osnovnih lastnosti vlaken – določi okvirno izvedbo
- Izbor načina izvedbe
  - Lastnosti/cena
  - Razširljivost, Uporabnost sedaj, Uporabnost (komponent sistema) ko se bodo zahteve spremenile, strategije prehoda na nove tehnologije
- Redefinicija specifikacij

# Meritve optičnih parametrov vlakna

- Meritve linearnih pojavov izvajamo za vsak segment vlakna v optični povezavi, za katerega računamo, da znotraj segmenta ne bo aktivnih elementov
  - Dušenje (Attenuation, Insertion loss (IL))
  - Nivo odbitih signalov (Return Loss (ORL), Refleksija)
  - Kromatska disperzija (CD)
  - Polarizacijsko odvisni parametri
    - PMD
    - PDL
  - Intermodulacija (FWM)
  - Presluh (Crosstalk) (redok pojav)
- Nelinearni pojavi v vlaknih: (Four Wave Modulation, Raman Scattering, Self Modulation)
  - Nivo signala, ko nastopi nelinearno povečanje povratnega sipanja (back scatter) za širokopasovne in ozkopasovne signale

## Meritve - Dušenje

- **Dušenje v prepustni smeri (insertion loss)** je dušenje signala na poteh, prek katerih potuje koristni del signala, to je tisti, ki dejansko prenese informacijo. Dušenje na optičnih povezavah se običajno giblje v razponu **med 0 do 30dB**. Praviloma je proporcionalno z dolžino vlakna (0.15 do 0.30dB/km).
- **Dušenje odbitih signalov (Reflection, Optical Return Loss)** To so signali, ki se odbijejo nazaj proti izvoru svetlobe in se običajno gibljejo okoli **50dB** v razponu **med 30 in 70dB**. Na optičnih povezavah se odboji zgodijo večinoma na konektorjih (posebno če niso čisti) in slabih zvarih. Ti parametri so posebej pomembni pri povezavah prek katerih se prenaša velike moči (veliko št. kanalov na velike razdalje). Visok nivo odbitih signalov, prispeva k izgubi signala v prepustni smeri, predvsem pa lahko vpliva na stabilnost oddajnih laserjev.
- **Dušenje parazitnih signalov (adj. ch. attenuation, crosstalk, Isolation) merimo redko.** To so npr. dušenje signala do drugega kanala (sosednjega), dušenje med priključki na isti strani delilnika za PON sisteme ipd. Ta dušenja se običajno gibljejo v obsegu **med 15dB do 70dB**. Na optičnih povezavah brez pasivnih komponent se ti efekti pokažejo le v primerih slabe izvedbe – npr pri zavojih s premajhnim radijem (Macro bend).

# Meritve – Dušenje

Z reflektometrijo v časovni domeni (TDMR)

- Možnost meritev z ene same strani
- Hitra meritev
- Hkratno merjenje dušenja in refleksije
- Možno merjenje le dušenja dela poti

**Slabosti:**

- Majhna dinamika merjenja
- Meritev le za nekaj diskretnih valovnih dolžin
- Možne napake merjenja pri napačnih nastavitvah ali razlagi rezultatov

Z Optičnim Spektralnim Analizatorjem (OSA)

**Prednosti:**

- Meritev v celem spektru
- Hitra meritev
- Možnost avtomatskega ali ročnega merjenja

**Slabosti:**

- Majhna dinamika merjenja
- Potrebna oprema na obeh straneh



# Meritve – Dušenje

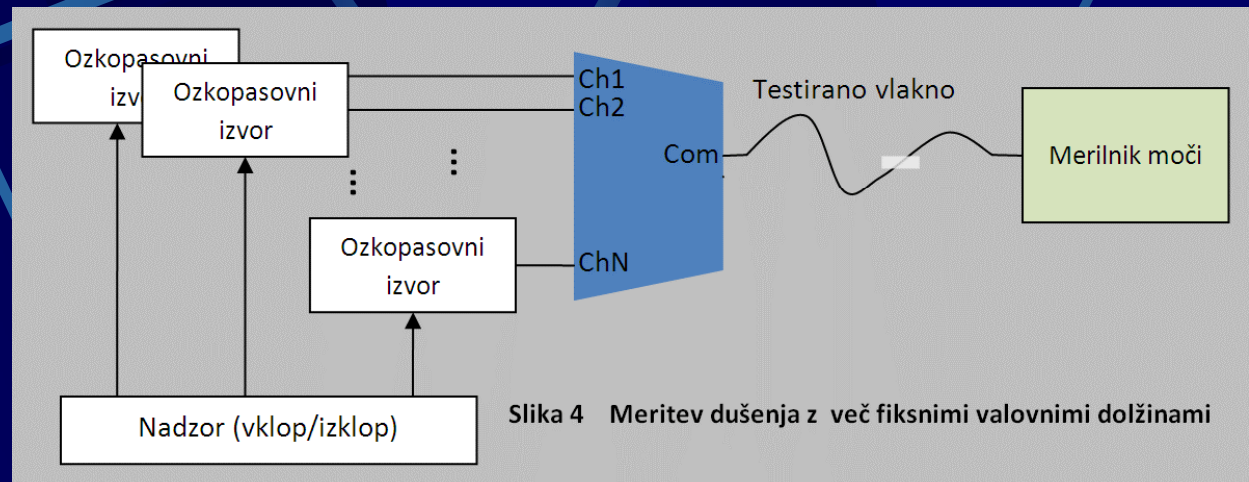
Meritve z enim ali več fiksnim laserskim izvorom in Merilnikom moči

## Prednosti:

- Hitra meritve
- Velika dinamika meritve

## Slabosti:

- Meritev le v nekaj točkah spektra
- Merilna oprema je potrebna na obeh straneh



Slika 4 Meritev dušenja z več fiksnimi valovnimi dolžinami

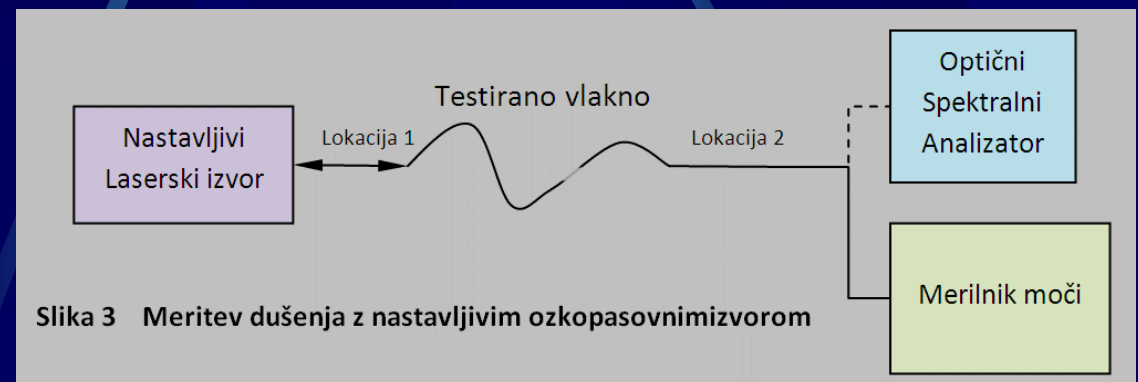
Z nastavljivim laserskim izvorom in Merilnikom moči

## Prednosti:

- Velika dinamika merjenja
- Meritev v celem spektru
- Možnost avtomatizacije merjenja

## Slabosti:

- Relativna počasna meritve
- Za merjenje po celem spektru je potrebna avtomatizacija meritve



Slika 3 Meritev dušenja z nastavljivim ozkopasovnim izvorom

# Meritve – Refleksija

Prednosti z uporabo širokopasovnega izvora:

- Hitra meritev v celem spektru
- Enostavna avtomatizacija merjenja

Slabosti:

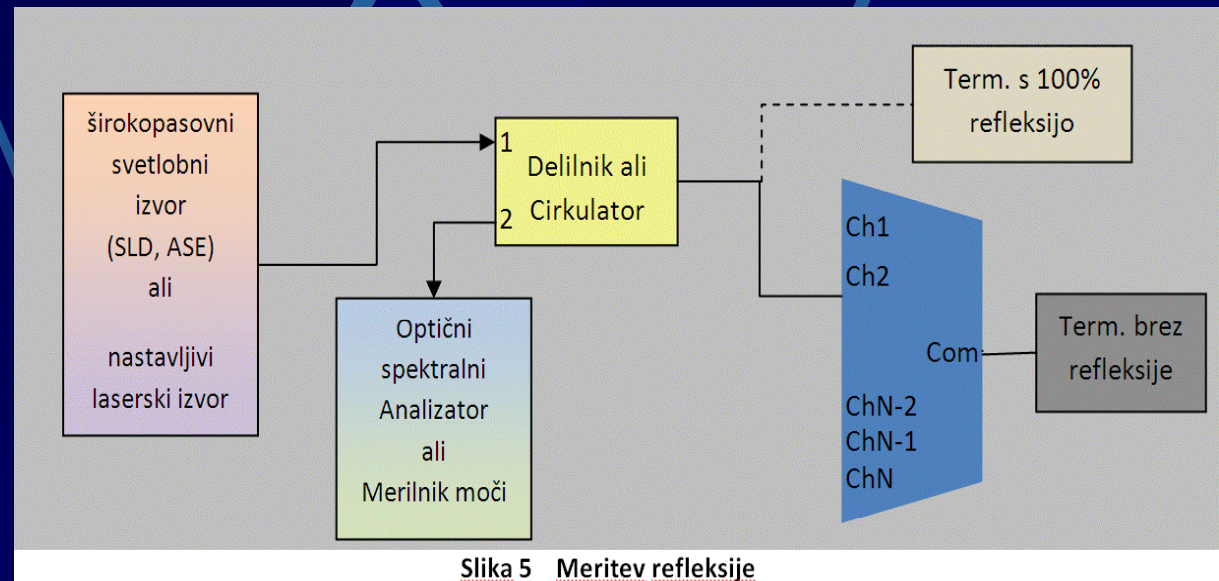
- Manjša dinamika merjenja

Prednosti z uporabo n. laserja:

- Večja Dinamika merjenja, največja z uporabo merilnika moči
- Meritev v celem spektru

Slabosti:

- Počasna meritev
- Težka uporaba brez avtomatizacije razen za meritev pri fiksnih valovnih dolžinah
- Bolj komplicirana avtomatizacija



Slika 5 Meritev refleksije



# Meritev Kromatske disperzije

- Metode merjenja kromatske disperzije:
  - Merjenje zakasnitve širjenja impulza z OTDR
    - Pulse Delay Method (time-of-flight)
      - IEC 60793-1-42 / ITU-T G650.1
      - EIA/TIA-455- FOTP-175-B
    - Merjenje faznega zamika
      - Phase Shift Method
        - IEC 60793-1-42 / ITU-T G650.1
        - EIA/TIA-455- FOTP-175-B
      - Merjenje diferencialnega faznega zamika
        - Differential Phase Shift Method
          - IEC 60793-1-42 / ITU-T G650.1
          - EIA/TIA-455- FOTP-175-B
        - Ostale metode

# Merjenje Kromatske Disperzije z OTDR

Merjenje CD prek merjenja zakasnitve impulza

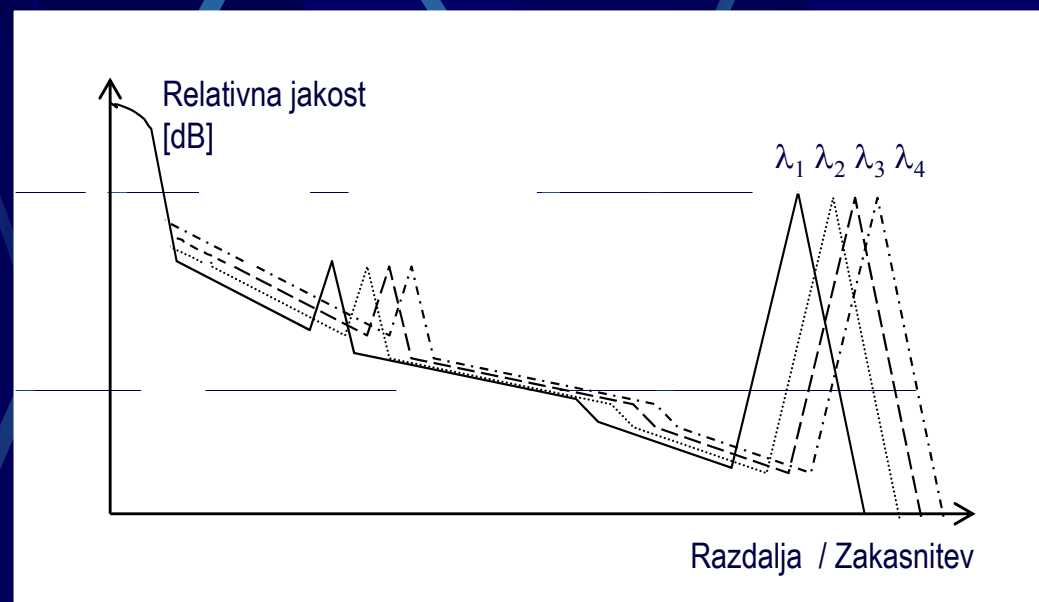
- Meri se zakasnitev moduliranega signala (torej zakasnitev grupe) oddanega na vsaj štirih Val. dolžinah.
- Iz razlik zakasnitev se izračuna CD (odvod  $\tau(\lambda)$  po  $\lambda$  ( $\tau$  izračunan po Sellmeierjevi enačbi))

Prednosti:

- Hitra meritev, popolnoma avtomatizirana
- Večinoma potreben dostop le z ene strani vlakna
- Pokriva zelo širok frekvenčni pas
- Možna je tudi meritev CD le v odseku testiranega vlakna
- Cenovno ugodna
- Ista naprava lahko deluje kot OTDR, merilnik CD in svetlobni izvor

Slabosti:

- Meritev ni mogoča če vse komponente na poti ne prenešajo svetlobe dvosmerno
- Srednje dolge razdalje (>80km) zahtevajo instalacijo odsevnika na oddaljeni strani
- Relativno slaba dinamika – ni primerno za dolge razdalje



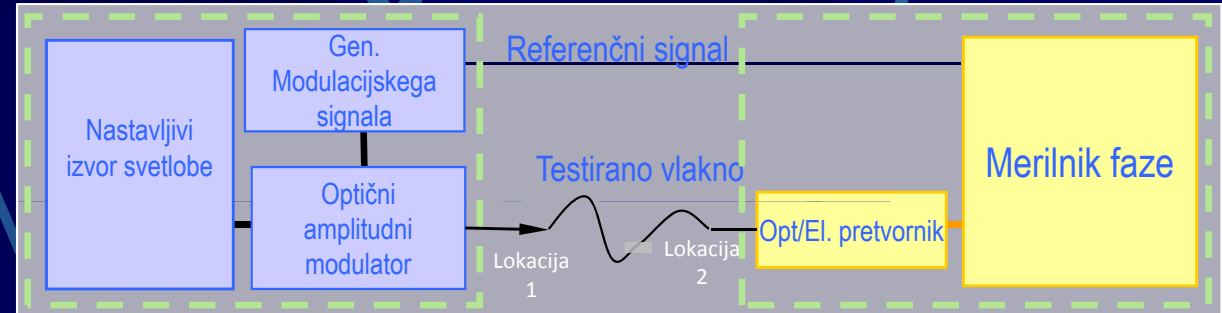
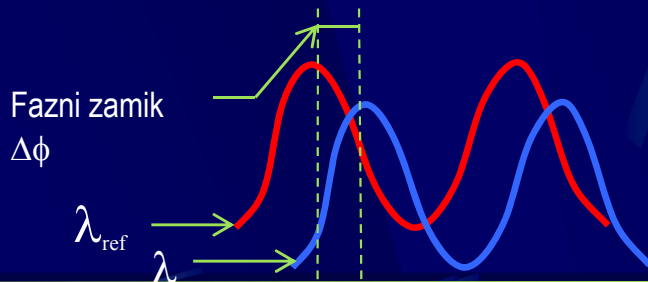
# Merjenje CD prek merjenja faznega zamika

## Prednosti:

- Meritev je zelo natančna
- Meritve se lahko izvaja tudi prek enosmernih komponent
- Velika dinamika merjenja (40dB)
- Možna je extrapolacija podatkov (zaradi linearnega obnašanja GD)

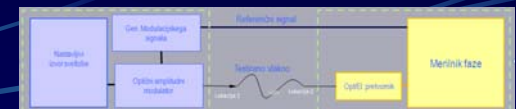
## Slabosti:

- Faza impulza je občutljiva na temperaturo, vrednost disperzije, frekvenco modulacije in razliko valovne dolžine. Vsota vseh teh vplivov lahko povzroči fazne zamike, ki presegajo zmožnost detekcije.
- Čas meritve odvisen od števila merilnih točk
- Dolžina vlakna mora biti znana pred meritvijo ali ločeno izmerjena.
- Oprema mora biti prisotna na obeh straneh vlakna
- Izmeri se le povprečno vrednost CD po celotni dolžini
- Relativno draga metoda



## Način meritve:

- Prek vlakna se pošilja referenčni  $\lambda_{ref}$  in merilni moduliran signal. Merilni signal se generira na različnih  $\lambda$ . Fazni zamik je posledica različne zakasnitve signala na  $\lambda$  (meri se Grupno zakasnitev, Diff. Groupe Delay, DGD). Meritev se ponovi za vrsto različnih valovnih dolžin. Kromatsko disperzijo se izračuna kot odvod grupne zakasnitve glede na valovno dolžino.



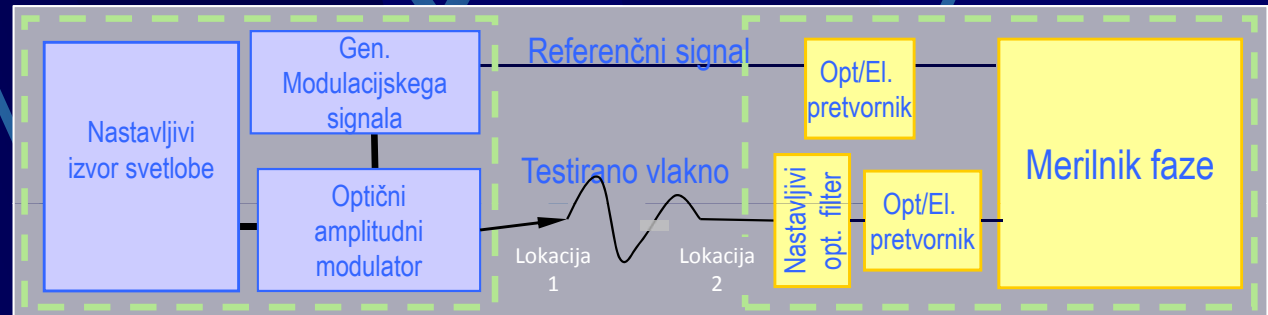
# Merjenje CD prek merjenja diferencialnega faznega zamika

## Prednosti:

- Direktno merjenje Kromatske disperzije
- Meritev je zelo natančna
- Meritve se lahko izvaja tudi prek enosmernih komponent
- Vlelika dinamika merjenja (do 55dB)
- Visoka ponovljivost meritev

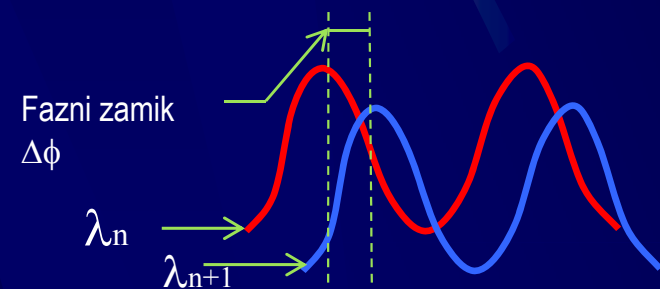
## Slabosti:

- Faza impulza je občutljiva na temperaturo, vrednost disperzije, frekvenco modulacije in razliko valovne dolžine. Vsota vseh teh vplivov lahko povzroči fazne zamike, ki presegajo zmožnost detekcije.
- Čas meritve odvisen od števila merilnih točk
- Izmeri se le povprečno vrednost CD po celotni dolžini
- Dolžina vlakna mora biti znana pred meritvijo ali ločeno izmerjena.
- Oprema mora biti prisotna na obeh straneh vlakna
- Relativno draga metoda
- Omejena ločljivost metode – z zmanjševanjem koraka valovne dolžine se povečuje napaka



## Način meritve:

Prek vlakna se pošilja optični referenčni in merilni moduliran signal. Merilni signal je zamaknjen za majhen zamik  $\Delta\lambda$ . Izmerjeni Fazni zamik detektiran na drugi strani je v tem primeru direktno proporcionalen Kromatski disperziji. Meritev se ponovi za vrsto različnih valovnih dolžin.



# Ostale meritve

**Kromatska disperzija** – se najbolj pogosto meri ali z meritvijo zakasnitve signala na različnih valovnih dolžinah (time of flight), kar je običajni dodatek nekaterih OTDR instrumentov (npr. NetTest CMA5000) ali kot meritev fazne razlike moduliranega signala na različnih valovnih dolžinah, kar se lahko meri z standardnim (time domain) osciloskopom.

**Polarizacijsko odvisno dušenje (PDL)** se najbolj pogosto meri z merjenjem dušenja signala s štirimi ali več diskretnimi polarizacijami in izračunom prek Mullerjeve matrike. Ta metoda je najhitrejša in primerna za avtomatsko merjenje. Alternativno lahko (še posebno če ni potrebno izmeriti tega parametra v celotnem spektru) uporabimo enostavno sekvenčno merjenje dušenja ob spreminjanju polarizacije.

**Polarizacijsko odvisna disperzija (PMD)** se običajno meri z merjenjem premika vrhov v spektru signala pri spremembi polarizacije. Taka funkcija je že vgrajena v večino OSA.

## JDSU Oprema za meritve v optiki

**MTS-8000 Scalable Optical Test Platform**

**MTS-6000 Compact Optical Test Platform**

**MTS-6000A Compact Network Test Platform**

**E5083CD - Medium range 1310/1480/1550/1625nm OTDR and Chromatic Dispersion Plug-in**

- OTDR Dynamic range 39-38-37-37 dB
- CD dynamic range up to 120km
- CD measurement range 0.1 to 100 ps/nm\*km

**• MTS-4000 Multiple Services Test Platform**

- All-in-one Access/FTTx/Triple-Play Services Test Set

**• OFS-100 Optical FiberTrace Software and OFS-110 Free Viewer**

