SVETLOBNI ODDAJNIK - UGASNO RAZMERJE

a... ugasno razmerje

$P_0 = \frac{P_1}{a}$ $\frac{P_1 - 0}{P_1 - P_0} = \frac{P_1}{P_1 - \frac{P_1}{a}} = \frac{a}{a-1}$

Δl... dolžina zmanjšanja dometa zaradi slabljenja vlakna 0,35 dB/km

$\Delta l = \frac{\frac{a}{a-1}}{0{,}35}$

PIN - FET modul + FOTODIODA

$Q_1 = \eta \cdot N \cdot |Q_e|$ Q_1... naboj ki ga ustvari enica

$I_1 = \frac{Q_1}{T} = Q_1 \cdot C$ I_1... vršna vrednost toka (default = 1)

$U_1 = Z \cdot I_1 = \eta \cdot N \cdot |Q_e| \cdot C \cdot Z \cdot M$ Z... impedanca, N... št. fotonov, C... bitna hitrost

$U_{vrh-vrh} = U_1 - U_0$ $U_0 = 0$

+ ŠUMNA TEMPERATURA (PIN-FET + FD)

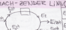
$U_{šuma} \approx \sqrt{\frac{k_B \cdot T}{2\pi C}}$ k_B... konstanta, T... šumna temperatura

$U_{enice} = U_{šuma} \cdot \sqrt{\frac{P_{enice}}{P_{šuma}}}$ N... ŠT. FOTONOV

$U_{enice} \approx \frac{N \cdot \eta \cdot |Q_e|}{C} \Rightarrow N = \frac{U_{enice} \cdot C}{\eta \cdot |Q_e|}$

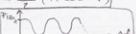
$P_2 = \frac{\lambda_1 \cdot \eta_1}{\lambda_2 \cdot \eta_2} \cdot P_1$

MACH-ZENDER LiNbO3:



$E_{izh}^2 = \frac{E_{vh}^2}{2}(1 + \cos\Delta f)$ $P_{izh} = E_{izh}^2 = \frac{P_{vh}}{2}(1 + \cos\Delta f)$

$E_{izh}^2 = E_1 + E_2 - 2 \cdot E_1 E_2 \cos(180° - \Delta f)$



$P = \frac{P_0}{2}\left[1 + \cos\left(\pi \frac{U}{U_{pi}}\right)\right] \Rightarrow U = \frac{U_{pi}}{\pi} \arccos\left(2 \cdot \frac{P}{P_0} - 1\right)$ U_{pi}... napetost polarizirane vhodne svetlobe

$P_{[dBm]} = 10 \cdot \log \frac{P}{1mW} = 10 \cdot \log \frac{\left(\frac{U_{pi}}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{R_k}}{1mW}$

DOMET (r) DALJINCA ZA TV:

P_0... vršna moč (enica), A... površina fotodiode, C... kapacitivnost, R... bitna hitrost, U_s... napetost na vhodnih sponkah

$P_s = \frac{C \cdot U_s \cdot h \cdot c \cdot R}{\eta \cdot |Q_e| \cdot \lambda_f}$

$P_s = P_0 \cdot \frac{A}{4\pi r^2} \rightarrow r = \sqrt{\frac{P_0}{P_s} \cdot \frac{A'}{4\pi}}$

$A' = \Omega \cdot d^2$ T... čas trajanja 1 bita

$P_s = T \cdot \frac{A}{A'}$ A... površina sprejemne fotodiode

$N = \frac{P \cdot A \cdot \lambda \cdot T}{\Omega \cdot d^2 \cdot h \cdot c_0}$ N... št. fotonov na oddaljenosti d

FOTOKATODA:

N... št. fotonov ; I_A... tok anode fotopomnoževalke

$I_{katode} = \eta \cdot |Q_e| \cdot N$ $M = \frac{I_A}{I_K} = \frac{I_A}{\eta \cdot |Q_e| \cdot N}$

OTDR:

$N_0 = \frac{P \cdot t}{h \cdot f} = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c_0}$

$|\Gamma| = \frac{n_s - n_z}{n_s - n_z} = \frac{n-1}{n+1}$

$a[dB] = 5 \cdot \log\left(\frac{N_0}{N_s} \cdot |\Gamma|^2\right)$

a... domet reflektometra OTDR v smislu slabljenja merjenca

ŠT. FOTONOV, KI PREDSTAVLJAJO LOGIČNO ENICO:

$N = 2 \cdot \frac{P_s \cdot \lambda_0}{C \cdot h \cdot c_0}$ C... bitna hitrost, P_s... povprečna svetlobna moč na sprejemniku

EDFA (ojačevalnik + erbijevo vlakno)

$\Delta W_p = h \cdot f_p = \frac{h \cdot c_0}{\lambda_p}$ P_s... izhodna moč ojačevalnika

$\Delta W_s = h \cdot f_s = \frac{h \cdot c_0}{\lambda_s}$

$P_s = \eta \cdot P_p \cdot \frac{\Delta W_s}{\Delta W_p} = \eta \cdot P_p \cdot \frac{\lambda_p}{\lambda_s}$

MOČ ČRPALKE → $P_č$:

$P_č = P_i \frac{\lambda_s}{\lambda_z} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot a$ η... izkoristek fotonov, P_i... izhodna moč, a... izgube; $P_č$... moč črpalnega laserja

ŠT. IZBUJENIH IONOV (N):

$N = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c_0}$ P... svetlobna moč spontanega sevanja, t... spontano sevanje premeha t po izklopu črpalke

Časovna razlika Δt:

$\Delta t = D \cdot \Delta\lambda \cdot l$ D... koef. disperzije, l... razdalja prekooceanske zveze, f_0... osrednja frekvenca

$\Delta\lambda = \lambda \cdot \frac{\Delta f}{f_0} = c_0 \cdot \frac{\Delta f}{f_0^2}$

POJAVI NA MEJI DVEH DIALEKTRIKOV:

Kritični kot:

$\sin\Theta_k = \frac{n_0}{n_1}$ $P = S \cdot A$

$E = \sqrt{\frac{2 \cdot Z_0 \cdot S}{n}}$ $Z_0 = 377\Omega$

$\Theta_{vr} = \Theta_{od}$

$\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n_0}$

$\lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n_2}$

$n_1 \sin\Theta_{vr} = n_2 \sin\Theta_2$

$\Gamma_{90°} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$

$E_L = E_V \cdot (1 + \Gamma_{TE})$ $\Gamma_{TE} = \frac{E_0}{E_V}$ $|\Gamma|^2 = \frac{P_0}{P_{vr}}$ $K = 10 \cdot \log|\Gamma|^2$

OPTIČNE ZVEZE:

Zmogljivost C: [b/s]

$C = \frac{1}{3\Delta t}$ $\Delta t = l \cdot \Delta\lambda \cdot D$ (zato je 1/3 podatek)

l... dolžina, D... koef. disperzije, Δλ... širina spektra

$\frac{1}{3\Delta t}$ {zmogljivost ne sme presegati 1/3 bitne periode!}

Domet d:

$d = \frac{1}{3 C D \cdot \Delta\lambda}$ $\Delta\lambda = \frac{c_0 \cdot \Delta f}{f_0}$

$\Delta t = D \cdot \Delta\lambda \cdot d = \frac{1}{3C}$

1/3... PODATEK, ena tretjina bitne periode

$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{c_0} \cdot B$ B... (spektralna) pasovna širina

$l = \frac{\Delta t}{\Delta\lambda \cdot D}$

*Domet, ko povečamo zmogljivost (C):

$d_2 = d_1 - \Delta l$

$\Delta a_e = 10 \cdot \log \frac{P_{N2}}{P_{N1}} = 10 \cdot \log \frac{C_2}{C_1}$

$\Delta a_0 = \frac{1}{2} \cdot \Delta a_e$ $\Delta l = \frac{\Delta a_0}{a}$

ker ne spreminjamo bremenskega upora fotodiode

D disperzijski koeficient enorodovnega vlakna:

$\Delta t = \frac{1}{3C}$ 1/3... podatek $\Delta f = N \cdot \frac{c_0}{2 \cdot l_r \cdot n}$ l_r... dolžina resonatorja, n... lomni količnik

$\Delta\lambda = \frac{\lambda_0^2 \cdot \Delta f}{c_0}$

Δt [ps]

$D = \frac{\Delta t}{\Delta\lambda \cdot l}$ $\left[\frac{ps}{nm \cdot km}\right]$

Zveza iz več kosov kabla:

$\Delta t = \Delta\lambda \cdot \sum D_i \cdot l_i$ N... št. rodov

$\Delta\lambda = \Delta f \cdot \frac{\lambda_0^2}{c_0} = \Delta f \frac{c_0}{f^2}$ D... disp. koef.

$C = \frac{1}{3\Delta t} = B \cdot \log\left(1 - \frac{P_s}{P_0}\right)$ l_r... dolžina res., C... zmogljivost zveze

$\Delta f = \frac{N \cdot c_0}{2 \cdot l_r \cdot n}$

Kompenzacijsko vlakno:

$l \cdot D + l_k \cdot D_k = 0$ G... ojačanje

$G = a \cdot l + a_k \cdot l_k$ a [dB/km]

ŠUMNA MOČ:

$P_{ase} = 2 \cdot N \cdot \mu(G-1) \cdot h \cdot f \cdot \Delta f$

*Celotna zmogljivost (C) kabla z N=2 svetlobnimi vlakni: (WDM)

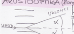
$N_1 = \frac{\Delta\lambda_1 \cdot \frac{c_0}{\lambda_1^2}}{\Delta f_1}$ $N_2 = \frac{\Delta\lambda_2 \cdot \frac{c_0}{\lambda_2^2}}{\Delta f_2}$ $C = N \cdot (C_1 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_2)$

D_k... disperzija kompenzacijskega vlakna

l_k... dolžina komp. vlakna → $l_k = -\frac{l \cdot D}{D_k}$

a_k... slabljenje komp. vlakna

AKUSTOOPTIKA (Raman-Nathan-ova celica) "tanke"



$\Lambda = \frac{v}{f}$ v... hitrost zvočnega valovanja

$\sin\alpha = \frac{\lambda}{\Lambda}$ $\Lambda = \frac{\lambda}{\sin\alpha}$

$f = \frac{v}{\Lambda}$

f... frekvenca zvočnega valovanja