



„EUROELEKTRA”
Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej
Rok szkolny 2020/2021

Zadania z teleinformatyki na zawody III stopnia

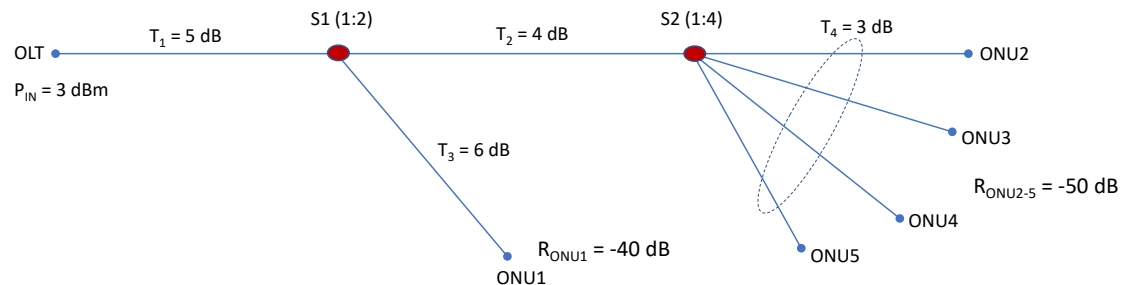
Instrukcja dla zdającego

1. Czas trwania zawodów: 120 minut.
2. III stopień Olimpiady zawiera 5 zadań otwartych.
3. Należy podać poprawną odpowiedź wraz z tokiem rozwiązania.
4. Za każdą prawidłową odpowiedź uzyskuje się maksymalnie 10 punktów. Maksymalna liczba punktów do zdobycia za 5 zadań to 50 punktów.
5. Można korzystać z przyborów do pisania, rozdawanych kart czystopisu i brudnopisu, kalkulatorów i tablic matematycznych. Korzystanie z notebooków, tabletów, telefonów komórkowych, smartfonów, smartwatchy, kalkulatorów programowalnych, itp. jest zabronione.

Życzymy powodzenia!

Lp.	Zadanie
1.	Zbudowano pasywną sieć światłowodową PON, do której można podłączyć jednoportowy OLT oraz pięć końcowych urządzeń ONT. W celu skonstruowania takiej sieci zastosowano dwa połączone kaskadowo idealne i symetryczne splittery optyczne o podziale mocy odpowiednio 1:2 (S1) oraz 1:4 (S2). Tor światłowodowy do splittera S1, wraz z połączeniami, wnosi tłumienie 5 dB, zaś między splitterami S1 i S2 wnosi tłumienie 4 dB. Trzecie ramię splittera S1 jest podłączone do ONU1 torem o łącznym tłumieniu wynoszącym 6 dB. Splitter S2 połączony jest z 4 pozostałymi ONU2-5 poprzez takie same odcinki o tłumieniu 3 dB każdy. Podłączenie do ONU1 cechuje się refleksyjnością -40 dB, zaś połączenia z pozostałymi ONU cechują się refleksyjnościami -50 dB każde. Nadajnik w punkcie OLT wysyła sygnał optyczny o poziomie mocy wynoszącym +3 dBm, zaś splittery wnoszą takie samo tłumienie w obydwu kierunkach. Ile wynosi ORL (Optical Return Loss) w punkcie OLT generowane wyłącznie przez podłączenia urządzeń ONU1-5? Proszę narysować schemat sieci PON oraz wykonać stosowane obliczenia przed podaniem końcowego wyniku. Uwaga, w obliczeniach pomijamy wielokrotne odbicia w celu uproszczenia analizy.

Schemat sieci:



Dane:

Podział mocy symetrycznego splittera S1

$$S_{S1} = 1:2$$

Podział mocy symetrycznego splittera S2

$$S_{S2} = 1:4$$

Łutnienie toru światłowodowego OLT – S1

$$T_1 = 5 \text{ dB}$$

Łutnienie toru światłowodowego S1 – S2

$$T_2 = 4 \text{ dB}$$

Łutnienie toru światłowodowego S1 – ONU1

$$T_3 = 6 \text{ dB}$$

Łutnienie toru światłowodowego S2 – ONU2-5

$$T_4 = 3 \text{ dB}$$

Reflektancja podłączenia do sieci ONU1

$$R_{ONU1} = -40 \text{ dB}$$

Reflektancja podłączenia do sieci ONU2-5

$$R_{ONU2-5} = -50 \text{ dB}$$

Moc sygnału optycznego w lokalizacji OLT

$$P_{IN} = +3 \text{ dBm}$$

Obliczenia:

Liczymy straty wnoszone przez idealne i symetryczne splitterzy:

$$T_{S1} = 10 \log \frac{1}{S_{S1}} = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}, \quad T_{S2} = 10 \log \frac{1}{S_{S2}} = 10 \log 4 = 6 \text{ dB}$$

Liczymy moc sygnału optycznego powracającego do OLT w wyniku odbicia od ONU1:

$$\begin{aligned} P_{ONU1} &= P_{IN} - 2T_1 - 2T_{S1} - 2T_3 + R_{ONU1} = \\ &= 3 \text{ dBm} - 2 \cdot 5 \text{ dB} - 2 \cdot 3 \text{ dB} - 2 \cdot 6 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = \\ &= 3 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} - 6 \text{ dB} - 12 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = -65 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Liczymy moc sygnału optycznego powracającego do OLT w wyniku odbicia od ONU2-5:

$$\begin{aligned} P_{ONU2-5} &= P_{IN} - 2T_1 - 2T_{S1} - 2T_2 - 2T_{S2} - 2T_4 + R_{ONU2-5} = \\ &= 3 \text{ dBm} - 2 \cdot 5 \text{ dB} - 2 \cdot 3 \text{ dB} - 2 \cdot 4 \text{ dB} - 2 \cdot 6 \text{ dB} - 2 \cdot 3 \text{ dB} - 50 \text{ dB} = \\ &= 3 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} - 6 \text{ dB} - 8 \text{ dB} - 12 \text{ dB} - 6 \text{ dB} - 50 \text{ dB} = -89 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Liczymy łączną moc powracającą do OLT w wyniku odbić od podłączeń ONU1-5 do sieci światłowodowej (po przejściu do skali liniowej):

$$\begin{aligned} P_R &= 10^{\frac{P_{ONU1}}{10}} \text{ mW} + 4 \cdot 10^{\frac{P_{ONU2-5}}{10}} \text{ mW} = 10^{-6.5} \text{ mW} + 4 \cdot 10^{-8.9} \text{ mW} = \\ &= 3,1622 \cdot 10^{-7} \text{ mW} + 4 \cdot 1,2589 \cdot 10^{-9} \text{ mW} = 3,2126 \cdot 10^{-7} \text{ mW} \end{aligned}$$

Ostatecznie obliczamy wartość ORL:

$$\text{ORL} = 10 \log_{10} \frac{10^{\frac{P_{IN}}{10}} \text{ mW}}{P_R \text{ mW}} = 10 \log_{10} \frac{2 \text{ mW}}{3,2126 \cdot 10^{-7} \text{ mW}} = 70 \text{ dB} - 10 \log_{10} 1,6063 \text{ dB} \approx 68 \text{ dB}$$

Odpowiedź:

Podłączenia do toru światłowodowego ONU1-5 powodują w lokalizacji OLT łączne ORL o wartości około 68 dB.

Odpowiedź

2. Skonstruowano światłowodowe łącze RoF (Radio-over-Fiber) do zastosowań w sieci mobilnej fronthaul w domenie radiowej C-RAN między jednostkami DU (Distributed Unit) oraz RU (Radio Unit). Łącze pracuje w trybie A-RoF (Analog RoF), co oznacza potrzebę przenoszenia przez światłowód sygnałów radiowych z zakresu pasma podstawowego (BB), pośredniego (IF) lub emisyjnego (RF). Tego rodzaju tzw. analogowa transmisja jest narażona na oddziaływanie szumów termicznych oraz szumu RIN (Relative Intensity Noise). W zastosowanym odbiorniku optycznym stosunek CNR (Carrier to Noise Ratio) wynosi 40 dB, zaś moc optyczna sygnału odbieranego wynosi 0,5 mW. Określono także pozostałe parametry, tj. czułość fotodetektora równa jest 0,6 A/W, prąd szumów termicznych wynosi 0,1 μA, zaś pasmo przenoszenia odbiornika wynosi 3 GHz. W sygnale zmodulowanym określono indeks modulacji na poziomie 0,25. Ile wynosi widmowa gęstość szumów RIN występująca w skonstruowanym światłowodowym łączu RoF? Podaną wartość należy poprzedzić stosownymi obliczeniami.

Dane:

Stosunek szumów i nośnej optycznej w odbiorniku	CNR = 40 dB
Moc optyczna sygnału odbieranego	$P_{OUT} = 0,5 \text{ mW}$
Czułość fotodetektora	$S = 0,6 \text{ A/W}$
Prąd szumów termicznych	$i_T = \sqrt{I_T^2} = 0,1 \text{ } \mu\text{A}$
Pasmo przenoszenia odbiornika	$B = 3 \text{ GHz}$
Indeks zastosowanej modulacji	$m = 0,25$

Obliczenia:

Prąd uzyskiwany dzięki optycznej nośnej określamy jako:

$$I_C = S \cdot P_{OUT} m \cos \omega t$$

Wyznaczamy średni prąd sygnału foto-odbiornika:

$$I_0 = S \cdot P_{OUT} = 0,6 \text{ A/W} \cdot 0,5 \text{ mW} = 0,3 \text{ mA}$$

Określamy liniową zależność dla CNR sygnału zmodulowanego:

$$\text{CNR}_{lin} = \frac{0,5 m^2 I_0^2}{i_T^2 + I_0^2 \cdot 10^{\frac{\text{RIN}}{10}} \cdot B}$$

Wyciągamy przed znak równości parametr RIN poprzez przekształcenie powyższej formuły:

$$10^{\frac{\text{RIN}}{10}} = \frac{0,5 \cdot m^2}{\text{CNR}_{lin} \cdot B} - \frac{i_T^2}{I_0^2 \cdot B}$$

Logarytmujemy zależność obustronnie i podstawiamy wartości do obliczeń:

$$\begin{aligned} \text{RIN} &= 10 \log_{10} \left(\frac{0,5 \cdot m^2}{\text{CNR}_{lin} \cdot B} - \frac{i_T^2}{I_0^2 \cdot B} \right) = \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{0,5 \cdot (0,25)^2}{10^{\frac{40 \text{ dB}}{10}} \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ Hz}} - \frac{(0,1 \cdot 10^{-3} \text{ mA})^2}{(0,3 \text{ mA})^2 \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ Hz}} \right) \approx -150 \text{ dB/Hz} \end{aligned}$$

Odpowiedź:

W zaprojektowanym łączu światłowodowym D-RoF widmowa gęstość optycznych szumów RIN wyniesie około -150 dB/Hz.

3.	<p>Oblicz moc nadajnika radiowego pracującego z częstotliwością 1 GHz która zapewni odstęp sygnał szumna wejściu odbiornika wynoszący 20dB. Nadajnik umieszczony jest na powierzchni Ziemi a odbiornik na powierzchni Księżyca.</p> <p>Przyjmujemy następujące założenia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. TAG = 40 dB – zysk anteny nadawczej 2. RAG = 24 dB – zysk anteny odbiorczej 3. L = 400000 km – średnia odległość powierzchni Księżyca od powierzchni Ziemi 4. N = - 94 dBm – poziom mocy szumu na wejściu odbiornika <p>Pomijamy straty w atmosferze i wpływ opadów oraz straty w osprzęcie(fidery, zwrotnice itp.)</p>
Odpowiedź	<p><u>Obliczenia:</u></p> <p>RSL – poziom mocy sygnału wymagany to:</p> $RSL - N = 20 \text{ dBm}$ $RSL = 20 + N$ $RSL = 20 - 94$ $RSL = - 74 \text{ dBm}$ $FSL = 32,44 + 20\log 400000 + 20 \log 1000 = 32,33 + 112,04 + 60 = 204,48\text{dB}$ $RSL = TSL + TAG + RAG - FSL$ <p>stąd</p> $- TSL = 74 + 40 + 24 - 204,48$ $TSL = 66,48\text{dBm} (4,4463 \text{ kW})$ <p><u>Odpowiedź:</u></p> <p>Moc nadajnika wynosi 4,4463 [kW]</p>

4.	<p>Dla współczynnika fali stojącej WFS=2 układu linii zasilającej antenę, wyznacz moc jaka zostanie wypromieniowana przez antenę jeśli moc nadajnika wynosi 40 dBm. Pomijamy straty energii spowodowane tłumiennością linii zasilającej.</p>
	<p>Obliczenia: Z definicji</p> $WFS = \frac{U_{max}}{U_{min}}$ <p>Gdzie: U_{max} – wartość maksymalna napięcia na zaciskach anteny U_{min} – wartość minimalna napięcia na zaciskach anteny</p> $U_{max} = U_f + U_r ; U_{min} = U_f - U_r;$ <p>Gdzie: U_f- napięcie fali docelowej U_r – napięcie fali odbitej</p> $\text{Stąd } WFS = \frac{U_f + U_r}{U_f - U_r}$ <p>Po przekształceniu uzyskujemy</p> $\frac{U_r}{U_f} = \frac{WFS - 1}{WFS + 1}$ $\text{Dla } WFS = 2$ $\frac{U_r}{U_f} = 0,33$ <p>Dla mocy jest to kwadrat napięć czyli</p> $\frac{P_r}{P_f} = 0,11$ $40 \text{ dBm} = 10 \text{ W}$ <p>Odpowiedź: Stąd moc wypromieniowana wynosi $P = 10 - 1,1 = 8,9 \text{ W}$</p>

5.	<p>Nadajnik FM działa z maksymalnym odchyleniem częstotliwości 75 kHz. Oblicz skrajne granice wskaźnika modulacji dla modulowanego zakresu częstotliwości audio od 50 Hz do 15 kHz.</p>
	<p>Obliczenia: Znamy wskaźnik modulacji częstotliwości: $m_f = \frac{\delta}{f_m}$ Dla podanych wartości $\delta = 75\text{kHz}$; $f_m = 50\text{Hz}$ otrzymujemy:</p> $(\text{max}) \quad m_f = \frac{75000 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}} = 1500$ <p>Dla podanych wartości $\delta = 75\text{kHz}$; $f_m = 15\text{kHz}$ otrzymujemy:</p> $(\text{min}) \quad m_f = \frac{75 \text{ kHz}}{15 \text{ kHz}} = 5$ <p>Odpowiedź: Stąd skrajne granice wskaźnika modulacji częstotliwości wynoszą odpowiednio 1500 i 5.</p>

Opracowali: dr inż. Zbigniew Zakrzewski dr inż. Jacek Majewski mgr inż. Jan Kołodziej	Sprawdził: dr inż. Jacek Majewski	Zatwierdził: Przewodniczący Rady Naukowej Olimpiady dr hab. inż. Sławomir Cieślik
---	---	--