

## **Pomiar tłumienia i tłumienności odbiciowej (ORL) toru światłowodowego metodą transmisyjną. Automatyzacja pomiarów.**

### **Cel ćwiczenia**

Zapoznanie z budową, zasadą działania i metodami kalibracji miernika mocy optycznej oraz realizacją pomiarów wartości tłumienia i tłumienności odbiciowej toru światłowodowego.

### **Zagadnienia do przygotowania**

1. Budowa i zasada działania oraz przeznaczenie miernika mocy optycznej.
2. Podstawowe parametry źródeł światła (diod i laserów) oraz detektorów światła wykorzystywanych w technice światłowodowej.
3. Obszary zastosowań miernika mocy optycznej oraz wybrane metody pomiarowe (metoda wtrąceniowa – transmisyjna, metoda odcięcia – dwupunktowa).
4. Wartości normatywne tłumienia złączy światłowodowych.

### **Literatura**

Perliczki K.: *Pomiary w optycznych systemach telekomunikacyjnych*. WKŁ, Warszawa 2003

Pracazbiorowa: *Vademecum teleinformatyka II*. IDG, Warszawa 2002

Siuzdak J.: *Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej*. WKŁ, Warszawa 1999

### **Wiadomości wstępne**



Rys. 1 Miernik mocy optycznej i źródło światła VeEX model FX45

Miernik mocy optycznej to urządzenie wykorzystywane do pomiaru mocy optycznej. Zbudowany jest z następujących elementów:

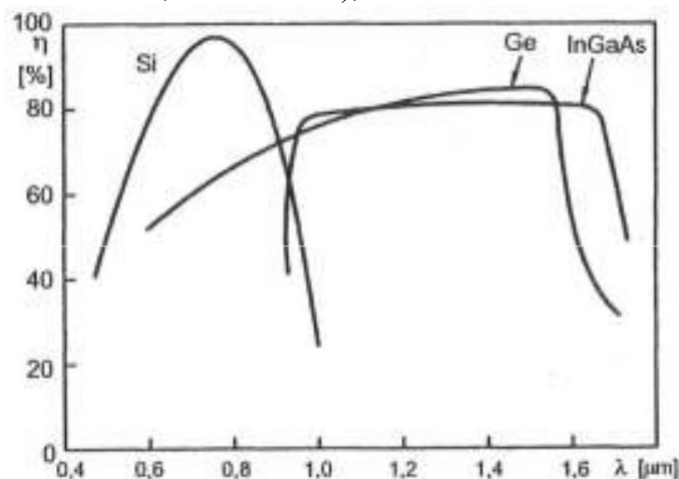
- fotodiody, na której wyjściu w wyniku zjawiska fotoelektrycznego wewnętrznego pojawia się fotoprąd proporcjonalny do poziomu odbieranej mocy;
- wzmacniacza logarytmującego, który wzmacnia fotoprąd będący na wyjściu fotodiody;
- przetwornika A/C;
- wyświetlacza;
- układu kompensacji prądu ciemnego.

Między wyjściem wzmacniacza a wyświetlaczem znajduje się układ korekcyjny, który zmienia wskazania miernika w zależności od wybranego okna pomiarowego (nastawionej długości fali –  $\lambda$ ).

Wynik pomiaru najczęściej jest przedstawiony w jednostkach względnych – dB (decybelach) lub dBm (decybelach mocy). Możemy też spotkać mierniki mocy optycznej, które przedstawiają wyniki pomiaru w jednostkach bezwzględnych – W (watach).

Podstawowe parametry miernika mocy optycznej:

- **zakres długości fali:** obejmuje zwykle długości fali z przedziału od 800 nm do 1700 nm dla fotodiody wykonanej z InGaAs [2], zatem możemy dokonywać pomiarów w poszerzonym zakresie długości fali ( $\lambda = 850$  nm,  $\lambda = 1310$  nm,  $\lambda = 1410$  nm albo  $\lambda = 1450$  nm,  $\lambda = 1550$  nm,  $\lambda = 1625$  nm);



Rys. 2 Zależność czułości fotodiody od długości fali

- **zakres mierzonyj mocy:** powinien zawierać się w przedziale od +5 dBm do -90 dBm;
- **nieliniowość:** jest wynikiem występowania nieliniowości fotodetektora oraz nieliniowości wprowadzanej przez część elektroniczną urządzenia np. nieliniowość wzmacniacza, można ją określić na podstawie zależności zachodzącej między wskazaniem miernika a mocą optyczną wprowadzaną do niego:

$$N = \frac{r - r_{odn}}{r_{odn}} \quad (1)$$

gdzie:  $r$  – stosunek wskazania miernika do mocy optycznej wprowadzanej do niego dla dowolnego poziomu mocy,

$r_{odn}$  – stosunek wskazania miernika do mocy optycznej wprowadzonej do niego dla poziomu mocy przyjętej za odniesienie.

Nieliniowość miernika mocy optycznej jest zwykle podawana w dB albo W, jej typowe wartości mieszczą się w przedziale od  $\pm 0,015$  dB do  $\pm 0,05$  dB (od  $\pm 30$  pW do  $\pm 50$  pW).

Przed rozpoczęciem pomiarów mocy optycznej należy omawiany miernik skalibrować, tzn. dokonać ustaleń związków pomiędzy wartościami, które w określonych warunkach będą wskazywane przez miernik, a odpowiadającym im znanymi wartościami wielkości mierzonej. Wynik kalibracji daje możliwość przypisania do wartości mierzonej odpowiednich wielkości oraz naniesienie poprawek na otrzymane wskazania. Kalibracji dokonujemy przy ustawionych tych samych długościach fali odbiornika i nadajnika.

Należy dodać, że najczęściej zestaw do pomiaru mocy optycznej to jedno urządzenie, w którym znajduje się detektor i nadajnik światła. Zatem przy dokonywaniu pomiarów konieczne jest dokonywanie fizycznych pętli na trasie.

Charakterystyka przyrządów VeEX FX45 stosowanych w ćwiczeniu.

Light Source		
Parameter	Singlemode	Multimode
Wavelength (nm)	1310/1490 or 1310/1550 ± 20 nm	850/1300 ± 20 nm
Output power (dBm)	> -5	
Power Stability (dB)	≤ ± 0.03 (15 min), ≤ ± 0.1 (8 hrs)	< ± 0.05 (15 min)
Modulation	CW, 270, 1 kHz, 2 kHz, WaveID	
Spectral width (nm)	< 10	
Optical Connector Types	Fixed or Universal adaptors (FC, SC, LC)	
Optical Interface	UPC or APC (optional)	
Power Meter		
Calibration wavelengths (nm)	850/1300/1310/1490/1550/1625/1650	
Wavelength Range (nm)	800-1700	
Power range (dBm) options - Standard (PM1), InGaAs (1 mm) - High (PM2), InGaAs (1 mm)	-65 to +10 -50 to +25	
Power measurement accuracy, % (dB)	± 5 (± 0.22)	± 8 (± 0.33)
Linearity, % (dB)	± 2, 5 (± 0.11)	± 4 (± 0.17)
Display Resolution (dB)	0.01	
Optical Adaptors (Interchangeable)	ST/SC/FC/LC, Universal 2.5/1.25 mm	
Optical Return Loss (ORL)		
Wavelength (nm)	1310/1550 or 1310/1490	
ORL Range (APC) (dB)	-14 to -65 dB	
ORL Uncertainty (dB)	± 0.5 dB (-50 to -14 dB), ± 1 dB (-65 to -50 dB)	
Resolution (dB)	0.1	

### Reflektancja a tłumienność odbiciowa

Reflektancja i tłumienność odbiciowa są dwoma różnymi parametrami, często błędnie używanymi zamiennie. Terminy te stosowane były przez długi czas w dosyć dowolny sposób nawet przez autorów dokumentów normatywnych i opracowań technicznych, mimo że reflektancja zawsze ma wartość ujemną zaś tłumienność odbiciowa ma zawsze wartość dodatnią.

Optyczna tłumienność odbiciowa jest definiowana jako stosunek (wyrażany w decybelach) mocy sygnału powracającego z systemu lub łącza światłowodowego  $P_{\text{powr}}$  do mocy sygnału wprowadzanego do tego systemu lub łącza  $P_{\text{wprow}}$ . Optyczna tłumienność odbiciowa ORL (ang. *Optical Return Loss*) lub w sytuacjach gdy nie wprowadza to niejednoznaczności po prostu RL (ang. *Return Loss*) jest opisywana następującą zależnością:

$$ORL = -10 \log_{10} \frac{P_{\text{powr}}}{P_{\text{wprow}}} [\text{dB}] \quad (2)$$

Jak widać z zależności (1), optyczna tłumienność odbiciowa przyjmuje zawsze wartość dodatnią, gdyż stosunek  $P_{\text{powr}}/P_{\text{wprow}}$  jest zawsze mniejszy od jedności, a więc wartość logarytmu z tego stosunku jest ujemna. Ponieważ jednak we wzorze (2) przed logarytmem jest minus, to w konsekwencji otrzymujemy dodatnią wartość tłumienności odbiciowej.

Reflektancja jest definiowana jako stosunek (wyrażony w decybelach) mocy sygnału odbitego w danym punkcie  $P_{\text{odb}}$  do mocy sygnału padającego na ten punkt odbicia  $P_{\text{pad}}$  [1]. Reflektancja  $refl$  jest opisywana następującą zależnością:

$$refl = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{odb}}}{P_{\text{pad}}} [\text{dB}] \quad (3)$$

Jak widać z zależności (3), reflektancja zawsze przyjmuje wartości ujemne, gdyż stosunek mocy  $P_{\text{odb}}/P_{\text{pad}}$  jest zawsze mniejszy od jedności, a więc wartość logarytmu z tego stosunku jest ujemna.

Zgodnie z wytycznymi IEC reflektancja jest terminem, którego należy używać w odniesieniu do zdarzeń punktowych (np. odbić od elementów takich jak złącza, izolatory, czy spoiny), natomiast tłumienność odbiciowa jest terminem, który powinien być stosowany w odniesieniu do całych torów transmisyjnych lub ich części.

### **Kalibracja i pomiary**

W zależności od typu miernika mocy optycznej kalibracja jest realizowana w różny sposób. Jeżeli miernik podaje wynik w dB, to jest ona realizowana w sposób automatyczny, natomiast jeżeli wynik jest podawany w dBm, to w celu kalibracji należy wykonać pomiary odniesienia, aby zbadać moc nadajnika światła.

Przyrząd VeEX FX45 wykonuje kalibrację oraz pomiar odniesienia w sposób automatyczny (patrz instrukcja obsługi przyrządu). Kalibracji dokonujemy przy ustawionych tych samych długościach fali odbiornika i nadajnika. Do pomiarów będziemy używać dwóch identycznych urządzeń które mogą pełnić zarówno rolę źródeł światła jak i mierników mocy optycznej, dzięki temu mogą także realizować automatyczne pomiary toru w obu kierunkach.

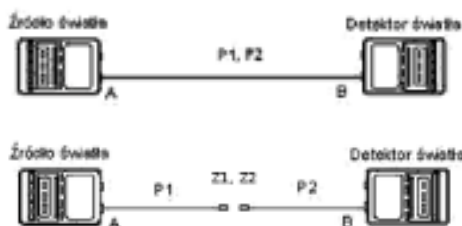
**Przyrząd pracujący w trybie miernika mocy optycznej oraz pomiaru ORL należy wyzerować każdorazowo po zmianie warunków otoczenia w którym wykonujemy pomiary – przycisk [Shift] potem [λ] przy zamkniętej pokrywce złącza.**

Przyrząd pracujący w trybie źródła światła powinien być włączony na 10-15 min przed kalibracją i pomiarami w celu termicznej stabilizacji źródła światła laserowego.

Kalibrację (pomiar referencyjny) miernika mocy optycznej do pomiaru tłumienia trasy światłowodowej z uwzględnieniem strat na złączach stacyjnych wykonujemy z użyciem dwóch patchcordów i złączki. Do wyniku pomiarów należy dodać tłumienie drugiej złączki.

**Uwaga!** Należy dobrać odpowiednie patchcordeny. Złącza od strony przyrządów powinny być typu SC APC a po stronie toru zgodne ze złączami stacyjnymi.

Rys. 3. Kalibracja miernika mocy optycznej



a) pomiar tłumienia patchcordów  $A_{P1} = A_{A \leftrightarrow B} = A_{P2}$ ;

b) pomiar tłumienia złączy:  $A_{Z1,Z2} = A_{A \leftrightarrow B} - A_{P1} - A_{P2}$ .



OPM – wynik z pomiaru jednokierunkowego

bi-dir - wynik z pomiaru automatycznego dwukierunkowego.

Tabela pomiarów tłumienności odbiciowej toru światłowodowego.

Badane fragmenty traktu światłowodowego	Tłumienność odbiciowa badanego toru światłowodowego – A											
	II okno 1310 nm						III okno 1550 nm					
	kierunek →		kierunek ←		średnia		kierunek →		kierunek ←		średnia	
	[dB]		[dB]		[dB]		[dB]		[dB]		[dB]	
	ORL	bi-dir.	ORL	bi-dir.	ORL	bi-dir.	ORL	bi-dir.	ORL	bi-dir.	ORL	bi-dir.
Światłowód wielodomowy MM50/125 150 m												
Światłowód jednodomowy SMF289/125 150 m												
Światłowód jednodomowy SMF289/125 1000 m												
Trasa światłowodowa zgodnie z zaleceniem podanym przez prowadzącego												

#### Uwaga

- pomiary należy wykonywać przy wybranej opcji źródła światła CW (fala ciągła bez modulacji) na źródle światła dla obydwu okien transmisyjnych – II i III;
- nie należy włączać źródła światła przed podłączeniem końca światłowodu do miernika mocy optycznej, ponieważ światło laserowe jest niewidzialne i może szkodliwie wpływać na organizm ludzki;

Dokumentacja powinna zawierać:

- krótką charakterystykę stanowiska pomiarowego zawierającą spis i opis stosowanych przyrządów oraz charakterystykę metod pomiarowych stosowanych w czasie pomiarów;
- tabele z wynikami pomiarów;
- charakterystykę badanych odcinków światłowodu oraz złączy rozłączalnych;
- dyskusję wyników pomiarów zawartych w tabelach;
- wnioski końcowe i zalecenia eksploatacyjne dla użytkownika sieci sporządzone w oparciu o zalecenia.