

Sposób pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej  
światłowodu optycznego

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego, zwłaszcza zainstalowanego w łączy telekomunikacyjnym nie przekraczającym długość 100 kilometrów.

Przedmiotem amerykańskiego patentu US 7016023 B2 jest pomiar dyspersji chromatycznej polegający na generowaniu w dwóch oddzielnych laserowych źródłach sygnałów świetlnych, pierwszego sygnału świetlnego o stałej długości fali i drugiego sygnału świetlnego o zmiennej długości fali. Te sygnały świetlne, poprzez dwa optyczne sprzęgacze kierunkowe i światłowód poddany testowaniu, przesyłane są do odbiornika odbiciowego znajdującego się na końcu światłowodu poddanego testowaniu. Sygnały świetlne powracające od odbiornika odbiciowego przemieszczają się z różnymi prędkościami wzdłuż całego światłowodu poddanego testowaniu i, poprzez drugi optyczny sprzęgacz kierunkowy, doprowadzane są do detektora, w którym są badane powstałe między nimi opóźnienia. Są one na bieżąco analizowane przez komputer. Na podstawie wyników analiz opóźnień grupowych, dla światłowodu poddanego testowaniu o znanej długości, jest określana dyspersja chromatyczna.

W dokumentacji europejskiego patentu EP 1493008 B1 są opisane aparatura i sposób pomiaru dyspersji chromatycznej. Sposób pomiaru dyspersji chromatycznej polega na wygenerowaniu świetlnego sygnału odniesienia i wygenerowaniu (w oddzielnym źródle światła) świetlnego sygnału sondującego, którego długość fali różni się od długości fali świetlnego sygnału odniesienia. Te dwa sygnały świetlne, wygenerowane w oddzielnych źródłach światła, poprzez nastawniki polaryzacji i optyczny sprzęgacz kierunkowy, są doprowadzane do optycznego urządzenia poddanego testowaniu (dla którego jest mierzona dyspersja chromatyczna). Dla świetlnych sygnałów pojawiających się na optycznym urządzeniu poddanym testowaniu są określane ich moce i różnice faz między świetlnym sygnałem odniesienia, świetlnym sygnałem sondującym i świetlnym sygnałem biernym. Bazując na wynikach tych analiz, wyznacza się dyspersję chromatyczną dla optycznego urządzenia poddanego testowaniu, dla świetlnego sygnału o długości fali świetlnego sygnału odniesienia.

Opisane w dokumentacji europejskiego zgłoszenia patentowego EP 2202502 A1 aparatura i sposób pomiaru dyspersji chromatycznej przy zmienianej długości fali charakteryzują się generowaniem sinusoidalnego sygnału świetlnego o zmienianej długości fali, zmienianej amplitudzie i określonej fazie, a następnie przekształceniem w modulatorze na impulsy o zmienianej amplitudzie. Tak uformowany sygnał świetlny jest przekazywany, poprzez układ sprzęgający, do pierwszego końca badanego światłowodu optycznego z odbijającą końcówką na drugim jego końcu. Po odbiciu się od odbijającej końcówki badanego światłowodu

optycznego uzyskują się na jego pierwszej końcówce zmodyfikowane sygnały świetlne. Na bazie wyników pomiarów różnicy faz i długości fal zmodyfikowanych sygnałów świetlnych wyznacza się dyspersję chromatyczną dla badanego światłowodu optycznego.

Istota sposobu pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego, według wynalazku, polega na tym, że wygenerowany w półprzewodnikowym laserze ciągły sygnał świetlny o stałej mocy optycznej i fali nośnej (modulowanej) o częstotliwości  $f$  przekazuje się do modulatora częstotliwości, w którym w przedziale czasu  $T$  ciągle zmienia się częstotliwość pomiarowego sygnału świetlnego między pierwszą częstotliwością  $f_1$  a drugą częstotliwością  $f_2$ , przy czym wartości numeryczne tych częstotliwości spełniają nierówność  $f_1 > f_2$ . Zmodulowane częstotliwościowo pomiarowe sygnały świetlne przekazuje się do wrota wejściowego cyrkulatora optycznego, z którego, poprzez wrota wyjściowe cyrkulatora optycznego, wyprowadza się je do badanego światłowodu optycznego o zmierzonej wcześniej długości  $L$ . Zmodulowane częstotliwościowo pomiarowe sygnały świetlne o częstotliwościach należących do przedziału częstotliwości  $\Delta f = f_1 - f_2$ , przemieszczają się na całej długości badanego światłowodu optycznego i nieustannie wzajemnie wpływając na siebie doprowadzają do powstania zmodulowanych amplitudowo sygnałów świetlnych, które pojawiają się na wrotach pomiarowych cyrkulatora optycznego, a z nich kierowane są do miernika poziomu mocy optycznej pomiarowych sygnałów świetlnych, przy czym przy ciągłej zmianie częstotliwości pomiarowego sygnału świetlnego w przedziale czasu  $T$ ,

począwszy od pierwszej częstotliwości  $f_1$  aż do drugiej częstotliwości  $f_2$ , dla drugiego odbieranego sygnału świetlnego otrzymuje się moc optyczną  $P_2$ , zaś przy ciągłej zmianie częstotliwości pomiarowego sygnału świetlnego w przedziale czasu  $T$ , począwszy od drugiej częstotliwości  $f_2$  aż do pierwszej częstotliwości  $f_1$ , dla pierwszego odbieranego sygnału świetlnego otrzymuje się moc optyczną  $P_1$ .

Wartość numeryczną współczynnika dyspersji chromatycznej badanego światłowodu optycznego wyznacza się wzorem

$$D = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot \frac{Tf^2}{2cL(f_1 - f_2)}$$

w którym  $c$  jest prędkością światła w próżni.

Podstawowe korzystne skutki stosowania sposobu pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego, według wynalazku, w odniesieniu do dotychczasowego stanu techniki, polegają na możliwości jego stosowania zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w warunkach polowych, przy użyciu minimalnej liczby przyrządów pomiarowych i przy zapewnieniu oczekiwanego poziomu ufności wyznaczonej wartości numerycznej współczynnika dyspersji chromatycznej. W szczególności do szybkiego pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego znajdującego się w już zainstalowanym łączy światłowodowym.

Rysunek odtwarza przebiegi zmian częstotliwości  $f$  (wyrażonej w hercach) i poziomu mocy optycznej  $P$  (wyrażonej w

watach) w kolejnych przedziałach czasu  $T$  (wyrażonego w sekundach).

W przykładzie wykonania sposobu pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego, według wynalazku, wygenerowany w półprzewodnikowym laserze ciągły sygnał świetlny o stałej mocy optycznej (wyrażonej w watach) i fali nośnej (modulowanej) o częstotliwości  $f$  (wyrażonej w hercach) przekazuje się do modulatora częstotliwości. W modulatorze częstotliwości, w przedziale czasu  $T$  (wyrażonym w sekundach), ciągle zmienia się częstotliwość pomiarowego sygnału świetlnego między pierwszą częstotliwością  $f_1$  a drugą częstotliwością  $f_2$ , przy czym wartości numeryczne tych częstotliwości spełniają nierówność  $f_1 > f_2$ .

Zmodulowane częstotliwościowo pomiarowe sygnały świetlne przekazuje się, poprzez izolator optyczny, do wrota wejściowego cyrkulatora optycznego, z którego, poprzez jego wrota wyjściowe, wyprowadza się je do badanego światłowodu optycznego o zmierzonej wcześniej długości  $L$  (wyrażonej w metrach). Izolator optyczny, umieszczony między modulatorem częstotliwości a cyrkulatorem optycznym, chroni modulator częstotliwości przed sygnałami świetlnymi pochodzącymi z cyrkulatora optycznego. Zmodulowane częstotliwościowo pomiarowe sygnały świetlne o częstotliwościach należących do przedziału częstotliwości  $\Delta f = f_1 - f_2$ , przemieszczają się wzdłuż całej długości badanego światłowodu optycznego.

Sygnały świetlne o różnych częstotliwościach w światłowodzie optycznym przebywają dany jego odcinek w różnym czasie. Podczas tego przemieszczania pomiarowe sygnały świetlne nieustannie wzajemnie wpływając na siebie

doprowadzają do powstania zmodulowanych amplitudowo sygnałów świetlnych. Ponadto w światłowodzie optycznym, na całej jego długości, gdy wartości numeryczne częstotliwości pomiarowych sygnałów świetlnych mają małe różnice i ich amplitudy powoli zmieniają się, to zachodzi zjawisko zdudniania. Zmodulowane amplitudowo pomiarowe sygnały świetlne pojawiają się na wrotach pomiarowych cyrkulatora optycznego, a z nich kierowane są do miernika poziomu mocy optycznej pomiarowych sygnałów świetlnych.

Przy ciągłej zmianie częstotliwości pomiarowego sygnału świetlnego w przedziale czasu  $T$ , począwszy od pierwszej częstotliwości  $f_1$  aż do drugiej częstotliwości  $f_2$ , dla drugiego odbieranego sygnału świetlnego otrzymuje się moc optyczną  $P_2$ , zaś przy ciągłej zmianie częstotliwości pomiarowego sygnału świetlnego w przedziale czasu  $T$ , począwszy od drugiej częstotliwości  $f_2$  aż do pierwszej częstotliwości  $f_1$ , dla pierwszego odbieranego sygnału świetlnego otrzymuje się moc optyczną  $P_1$ .

Wartość numeryczną współczynnika dyspersji chromatycznej badanego światłowodu optycznego wyznacza się wzorem

$$D = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot \frac{Tf^2}{2cL(f_1 - f_2)}$$

w którym  $c$  jest prędkością światła w próżni (wyrażona w metrach na sekundę).

Jakkolwiek sposób pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodu optycznego, według wynalazku, określono jednym zastrzeżeniem patentowym, przedstawiono w

postaci konkretnego przykładu wykonania w opisie wynalazku, to dla znawcy z dziedziny sposobów pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodów optycznych, jest oczywiste, że zawarte w nich dane o sposobie pomiaru współczynnika dyspersji chromatycznej światłowodów optycznych, nie mogą być interpretowane jako ograniczające ideę wynalazczą tylko do tych danych.

*Protus*  
TUDYUM BUREAU