

Jerzy Podmokły<sup>1</sup>

## CHARAKTERYSTYKA PROTOTYPOWEGO PRZEWODU OPGW WYPRODUKOWANEGO PRZEZ Z.K. TELEFONIKA S.A.

**Streszczenie:** W niniejszym referacie przedstawiona została budowa oraz podstawowe parametry mechaniczne, elektryczne i transmisyjne prototypowego przewodu OPGW wyprodukowanego przez Z.K. „Tele-Fonika” S.A. Celem jaki sobie założono było zaprojektowanie oraz wyprodukowanie przewodu, który odpowiadałby wymaganiom i warunkom Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. Było to możliwe dzięki zastosowaniu po raz pierwszy w Polsce metody ciągłego wytłaczania aluminium typu Conform.

### 1. Wstęp

Wprowadzenie włókien światłowodowych stworzyło całkowicie nowy koncept w dziedzinie technologii telekomunikacji. Włókna światłowodowe dzięki swej niemetalicznej budowie są całkowicie wolne od interferencji elektromagnetycznej. To spowodowało, że stały się idealnym medium systemów telekomunikacji wysokiej jakości, stosowanym w środowiskach o dużych zakłóceniach związanych z transmisją energii elektrycznej.

Przewody OPGW spełniają więc dwie podstawowe funkcje: przewodu odgromowego energetycznych linii napowietrznych oraz poprzez włókna światłowodowe zapewniają transmisję sygnału o dużej przepływności. Jest to ważny aspekt ekonomiczny, ponieważ transmisja energii elektrycznej oraz transmisja sygnału są możliwe jednocześnie tą samą linią transmisyjną.

### 2. Budowa

#### 2.1. Moduł optyczny

Konstrukcja modułu optycznego oparta jest na tubach luźnych 6-ścio włóknowych, wypełnionych na całej długości żelem tiksotropowym. Wszystkie włókna światłowodowe zastosowane w tym projekcie to standardowe włókna jednomodowe SMF-28 firmy CORNING. W celu identyfikacji każde włókno w tubie zostało pokolorowane.

<sup>1</sup> Z.K. „Tele-Fonika” S.A.

Na rysunku 1 przedstawiono przekrój omawianego przewodu OPGW. Moduł optyczny stanowią cztery tuby luźne skrócone wokół centralnego elementu wytrzymałościowego (FRP), a całość pokryta jest włóknem aramidowym oraz specjalną taśmą. Aramid oraz taśma stanowią barierę cieplną dla włókien światłowodowych w przypadku prądów zwarciovych, gdzie temperatura przewodu dochodzi do 180°C. Poza tym aramid stanowi dodatkową mechaniczną ochronę skróconych elementów. Taśma zaś oprócz swych własności termoizolacyjnych pełni funkcję bariery przeciwwilgociowej, zabezpieczającej moduł optyczny przeciw wzdłużnemu przenikaniu wody.

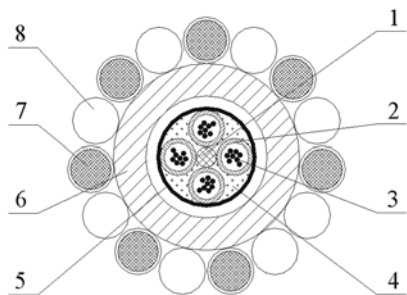
Włókna w tubie luźnej znajdują się z pewnym naddatkiem długości w stosunku do długości tuby. Przy odpowiednim dostosowaniu naddatków oraz długości skoku skrętu tub wokół elementu centralnego, włókna światłowodowe w czasie pracy przewodu praktycznie nie są poddawane naprężeniom.

## 2.2 Osłona modułu optycznego

Osłonę modułu optycznego stanowi rurka aluminiowa produkowana metodą ciągłego wytłaczania typu *Conform*. Uzyskana w tym procesie rurka jest bez szwu, a jej wewnętrzna jak i zewnętrzna powierzchnia jest gładka, bez jakichkolwiek pęknięć czy otworów. Oznacza to, że włókna światłowodowe są hermetycznie odizolowane od zewnętrznego środowiska. Oprócz funkcji ochronnej modułu optycznego rurka aluminiowa znacząco wpływa na parametry elektryczne i mechaniczne przewodu.

## 2.3 Oplot przewodu

Na osłonę modułu optycznego nałożony jest spiralny oplot z drutów o odpowiednio dobranej średnicy i materiale, tak aby spełnić mechaniczne i elektryczne wymagania przewodu. Wybór drutów stalowych aluminiowanych oraz drutów ze specjalnego stopu Al-Mg-Si, jak również odpowiednie ich rozmieszczenie w oplocie przewodu, miał na celu uzyskanie odpowiedniej charakterystyki. Zastosowane druty stalowe z cienką zewnętrzną warstwą aluminium, posiadają bardzo dobre przewodnictwo, co stanowi pewniejszą ochronę przy wyładowaniach piorunowych. Z drugiej strony cienka warstwa czystego aluminium stwarza istotną barierę antykorozyjną dla stalowego rdzenia.



**Rys. 1.** Przekrój przewodu OPGW

1. Element centralny, 2. Tuba luźna wypełniona żelazem, 3. Włókna światłowodowe - 24J, 4. Włókna aramidowe, 5. Taśma, 6. Rurka aluminiowa, 7. Drut stalowy aluminiowany (7x2,3 mm), 8. Drut stopowy Al-Mg-Si (8x2,3 mm)

### 3. Parametry przewodu

Omawiany przewód został zaprojektowany na bazie przewodu odgromowego AFL–1.7 70 mm<sup>2</sup>. W porównaniu do jego przekrojowego odpowiednika średnica zewnętrzna przewodu jest większa o około 1 mm przy utrzymaniu pozostałych parametrów. W tabeli 1. przedstawiono podstawowe parametry, którymi charakteryzuje się omawiany przewód.

W konstrukcji tej istnieje możliwość zainstalowania maksymalnie 32 włókien światłowodowych. W innych konstrukcjach przewodu możliwe jest zastosowanie większej liczby włókien.

**Tab. 1.** Podstawowe parametry przewodu OPGW

Średnica zewnętrzna przewodu	13,8 mm
Masa całkowita	420 kg/km
Całkowity przekrój przewodu	100,5 mm <sup>2</sup>
Współczynnik wydłużenia cieplnego	17,72 x 10 <sup>-6</sup> /K
Moduł sprężystości przewodu	90,4 kN/mm <sup>2</sup>
Znamionowa wytrzymałość na rozciąganie (RTS)	48,2 kN
Oporność w temp. 20°C	0,374 Ω/km
Wytrzymałość zwarciova I <sup>2</sup> t (40°/180°C)	77 kA <sup>2</sup> s

Zastosowane w tym projekcie włókna to standardowe włókna jednomodowe, które pracują przy długościach fali 1310 nm i 1550 nm. Parametry transmisyjne przewodu przedstawiono w tabeli 2.

Ten sam przewód może być również wykonany w opcji z włóknami Jn – z niezerową dyspersją. Dedykowane jest to szczególnie przy gigabitowej transmisji sygnału na duże odległości. Za pomocą włókien z niezerową dyspersją możliwa jest transmisja zwiększonej mocy sygnału bez znacznego wpływu na wzmożenie efektów nieliniowych. Korzyść ekonomiczna wynikająca z zastosowania tychże włókien to mniejsza liczba wzmacniaczy optycznych czy kompensatorów dyspersji wzdłuż linii transmisyjnej.

**Tab. 2.** Parametry transmisyjne przewodu OPGW

Tłumienność jednostkowa @ 1310 nm @ 1550 nm	dB/km dB/km	≤ 0,38 ≤ 0,22
Dyspersja chromatyczna 1285 – 1330 nm 1525 – 1575 nm	ps/(nm*km) ps/(nm*km)	≤ 3,5 ≤ 19
Dyspersja polaryzacyjna PMD	ps/km <sup>1/2</sup>	≤ 0,2
Długość fali dla zerowej dyspersji	nm	1300 < λ <sub>0</sub> < 1324
Długość fali odcięcia λ <sub>oc</sub>	nm	≤ 1260

#### 4. Badania przewodu

Parametry włókien światłowodowych użytych w projekcie, testowane były w pełnym zakresie, po każdym etapie produkcyjnym. Przewód OPGW przeszedł następujące badania kwalifikacyjne zgodnie z Wymaganiami Technicznymi PSE S.A.:

- Sprawdzenie odporności na rozciąganie,
- Sprawdzenie odporności na uderzenia,
- Sprawdzenie odporności na zgniatanie,
- Sprawdzenie odporności na wielokrotne zginanie,
- Sprawdzenie odporności na skręcanie,
- Sprawdzenie odporności na przewijanie przez rolki,
- Sprawdzenie odporności na prądy zwarciowe,
- Sprawdzenie odporności na wyładowania piorunowe,
- Sprawdzenie odporności na przenikanie wody,
- Sprawdzenie odporności na zmiany temperatur.

Testy środowiskowe oraz większość badań mechanicznych przewodu została wykonana w naszym zakładzie, przy czym specjalistyczne badania przeprowadzono w Energoprojekcie Kraków S.A. Wykonawcą badań elektrycznych OPGW był Instytut Energetyki w Warszawie.

Zastosowana konstrukcja modułu optycznego oparta na tubie luźnej posiada dużą przewagę w porównaniu do innych konstrukcji bazujących na tubie ściślej. Konstrukcja ta pozwala na swobodny układ włókien w przewodzie podczas jego pracy.

Jedną z kolejnych zalet tej konstrukcji modułu jest niska tłumienność przy długości fali 1550 nm. Uwidacznia się to szczególnie podczas środowiskowego testu na zmiany temperatury, przy temperaturze – 40 °C.

#### 5. Podsumowanie

Po analizie wielu parametrów, jak również po przeprowadzeniu szerokiego programu badań, otrzymano produkt odporny na naprężenia, na ekstremalne zmiany temperatur, a jednocześnie odporny na prądy zwarcia i wyładowania piorunowe. Wyniki badań w pełni potwierdziły jego funkcjonalność oraz możliwości zastosowania w liniach energetycznych wysokiego napięcia.

#### Literatura

- [1] Wymagania Techniczne PSE S.A. – Dla przewodów energetycznych skojarzonych z włóknami światłowodowymi (OPGW i MASS).
- [2] **Edvaldo C.Mendes, Marco A.Scocco:** *Development of a High Lightning-Resistant Optical Ground Wire (OPGW)*. ICWS 2000.
- [3] **J.P.Boniceł, C.G. Cortines, J.C.Delomel:** *Optical Ground Wire a World Technical Survey and Comparison*, IWCS 1993.
- [4] IEEE 1138-1994 - IEEE Standard Construction of Composite Fiber Optic Overhead Ground Wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines
- [5] Wymagania Techniczne i Eksploatacyjne dla Kabli Światłowodowych w Przewodzie Odgromowym Linii Energetycznych Wysokiego Napięcia (OPGW), Instytut Łączności, Warszawa - Miedzyszyn 1998.