

Współczesne wymagania i badania przewodów OPGW

Streszczenie. W artykule przedstawiono wymagany zakres badań typu przewodów OPGW wskazując jednocześnie na aktualne wymagania dotyczące tych badań. Sformulowano ponadto w oparciu o zdobyte doświadczenia w eksploatacji przewodów OPGW w krajowych liniach napowietrznych 110-400 kV aktualne wymagania dla tych przewodów.

Abstract. The article presents the required scope of OPGW cables type tests, at the sometime indicating actual requirements for these tests. Moreover, on the basis of gained experience with OPGW cables operation in national overhead 110-400 kV lines, the actual requirements for these cables were defined. **(Contemporary requirements and tests of OPGW cables).**

Słowa kluczowe: przewody OPGW, włókna światłowodowe, badania typu, aktualne wymagania
Keywords: OPGW cable, optical fibres, type tests, actual requirements

doi:10.12915/pe.2014.10.36

Wstęp

Instytut Energetyki od ponad 20 lat zajmuje się badaniami oraz analizami i oceną wyników badań przewodów OPGW stosowanych w krajowych liniach napowietrznych 110 – 400 kV. Badania prowadzone w Instytucie Energetyki dotyczyły głównie badań elektrycznych tych przewodów i obejmowały próby:

- odporności na prądy zwarciove;
- odporności na wyładowania piorunowe.

Próby odporności na wyładowanie piorunowe przeprowadzono przy tym w Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, a w obu ww. próbach pomiary zmian tłumienności wykonywało Laboratorium Badań Teletransmisyjnych Instytutu Łączności.

Obszerne omówienie budowy, wymagań i badań przewodów OPGW znajduje się w monografii Instytutu Energetyki [1].

Doświadczenie zdobyte z prac własnych, a przede wszystkim z analiz i ocen wyników badań z wielu laboratoriów dla przygotowania i wydania certyfikatów dla stosowanych w krajowych liniach napowietrznych 110 – 400 kV przewodów OPGW oraz zalecenia ujęte w znowelizowanym w 2009 wiodącym w zakresie badań tych przewodów standardzie amerykańskim IEEE 1138 [2] doprowadziły do opracowania weryfikacji Standardowych Specyfikacji Technicznych Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A [3]. W Specyfikacjach tych sformulowano współczesne wymagania i metody oraz procedury badań przewodów OPGW w oparciu o ww. materiały.

Ponadto w omawianych Specyfikacjach sprecyzowano aktualne kryteria oceny i akceptacji uzyskanych wyników badań właściwości przewodów OPGW. Obowiązujące standardy PN-EN [4, 5 i 6] z reguły przy wyznaczeniu kryteriów oceny wyników badań pozostawiają je do uznania dla zamawiającego, co często stwarza dla niego duże problemy.

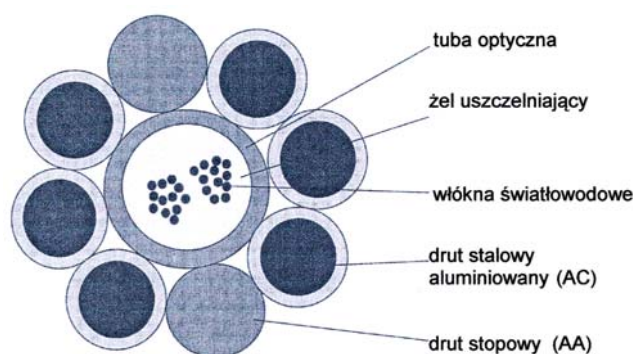
Konstrukcja przewodów OPGW

Rozwiązania konstrukcyjne przewodów OPGW to:

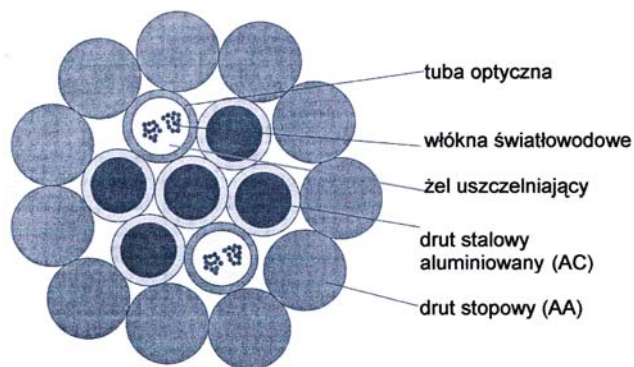
- przewód z centralną tubą optyczną (rys. 1);
- przewód z tubami optycznymi umieszczonymi w wewnętrznej warstwie oplotu (rys. 2).

Włókna światłowodowe w pokryciu pierwotnym są umieszczone luźno z nadmiarem długości w hermetycznie szczelnej tubie. Tuby te są wypełnione materiałem hydrofobowym dla zabezpieczenia przed rozprzestrzenianiem się wody od ewentualnego miejsca uszkodzenia. Przy tym tuby światłowodowe są wykonane z

metal (stal nierdzewna, stopy aluminium) o ściankach jedno lub dwuwarstwowych. Często wewnętrzna warstwa tuby dwuwarstwowej jest wykonana z polimeru o wysokiej odporności termicznej.



Rys.1. Przewód OPGW z centralną tubą optyczną



Rys.2. Przewód OPGW z tubami optycznymi umieszczonymi w wewnętrznej warstwie oplotu.

Zakres badań

Zgodnie z wymaganiami standardu PN-EN 60794-4-10 [6] badania typu przewodów OPGW obejmują próby:

- a) Sprawdzenie zachowania się jednostki optycznej podczas rozciągania OPGW określające własności optyczne (zmiany tłumienia optycznego) włókien oraz największą siłę rozciągającą, przy której jeszcze nie występuje rozciąganie włókien. Próbę wykonuje się wg standardu PN-EN 60794-1-2 (E1) [4];
- b) Sprawdzenie zachowania się przewodu w warunkach obciążenia siłą rozciągającą wg PN-IEC 61089 (Aneks B) [7]. Próbę wykonuje się z osprzętem instalacyjnym

przewodu, a w jej wyniku przedstawia się wykresy naprężenie – odkształcenie (wydłużenie) oraz oblicza się moduł sprężystości przewodu;

c) Pomiar rzeczywistej siły zrywającej przewód przeprowadza się wg PN-IEC 61089 [7], przy czym nie jest dopuszczalne jakiegokolwiek uszkodzenie przewodu przy obciążeniu siłą mniejszą niż 95% znamionowej wytrzymałości badanego przewodu na rozciąganie (RTS);

d) Próba przewijania przewodu przez rolki wykonywana wg PN-EN 60794-1-2 (E18B) [4] określająca zmiany tłumienności oraz owalizację jednostki optycznej, przy czym w próbie tej nie mogą wystąpić jakiegokolwiek uszkodzenia oplotu i innych elementów przewodu;

e) Badanie odporności na drganie eolskie przeprowadzane wg PN-EN 60794-1-2 (E-19) [4] mające na celu określenie zmian tłumienności włókien światłowodowych oraz owalizację jednostki optycznej podczas prędkości wiatru 4,5 m/s oraz potwierdzenie braku uszkodzeń oplotu i elementów przewodu oraz osprzętu przy tym narażeniu;

f) Badanie pełzania przewodu wykonywane wg standardu PN-EN 61395 [8] dla wyznaczenia wartości pełzania przewodu i określenia jej wartości aż do okresu 30 lat eksploatacji przewodu;

g) Badanie odporności na cykliczne zmiany temperatury określające zmiany tłumienności włókien światłowodowych dla zadanego zakresu tych zmian temperatury przeprowadzone wg PN-EN 60794-1-2 (F1) [4];

h) Badanie wodoszczelności wzdłużnej wykonywane wg PN-EN 60794-1-2(FSB) [4] dla sprawdzenia braku wycieku wody z tuby optycznej, tzn. dla potwierdzenia jej właściwego uszczelnienia;

i) Badanie odporności na prądy zwarciovne przeprowadzone wg PN-EN 60794-1-2 (H1) [4] mające na celu dla wartości znamionowej tego prądu:

- ustalenie temperatury wewnątrz i na powierzchni jednostki optycznej o wartości $\leq 180^{\circ}\text{C}$;
- zmiany tłumienności nieprzekraczające dopuszczalnych wartości;
- brak jakichkolwiek uszkodzeń oplotu i tuby optycznej, a także rozluźnienia oplotu;

j) Badanie odporności na wyładowania atmosferyczne wykonywane wg PN-EN 60794-1-2 (H2) [4] określające przy deklarowanej przez producenta klasie odporności na te wyładowania:

- zmiany tłumienności nie przekraczające dopuszczalnych wartości;
- występujący zakres uszkodzeń drutów oplotu, ale tylko o wartości nie większej niż powodującej zmniejszenie wytrzymałości przewodu na rozciąganie o 25% jej wartości znamionowej (RTS).

Pomiary zmian tłumienności we wszystkich ww. próbach i badaniach prowadzi się dla długości fali $\lambda = 1550 \text{ nm}$.

Aktualne wymagania dla przewodów OPGW

Biorąc pod uwagę aktualne możliwości technologiczne oraz najlepsze wyniki zastosowań wymaga się, aby współczesne przewody OPGW były wyposażone w jednomodowe włókna światłowodowe o nieprzesuniętej dyspersji wykonane ze szkła krzemionkowego (SiO_2). Parametry tych włókien muszą być zgodne z zaleceniami ITUT G 652 D [9] i ITUT G 657A1 i A2 [10]. Ich podział i oznaczenia podano w tabeli 1.

Tabela 1. Podział i oznaczenia zalecanych włókien światłowodowych

Oznaczenia wg ITU-T	G 652-D	G 657-A1	G 657-A2
Oznaczenia wg IEC	B 1.3	B6_A1	B6_A2
Skrót oznaczenia	SMF	BIF	BIF
Stabilność tłumienności	+	++	+++

Włókna te wyróżniają się stabilnością tłumienności w warunkach oddziaływań zewnętrznych takich jak zginanie, ściskanie i zmiany temperatury co jest bardzo istotne w warunkach eksploatacji przewodów OPGW. Ponadto stabilność ta jest szczególnie wysoka dla włókien BIF.

Już kilkunastoletnie doświadczenie krajowe z eksploatacji przewodów OPGW w liniach napowietrznych 110 – 400 kV wskazują, że średnica drutów w warstwie zewnętrznej oplotu nie powinna być mniejsza niż:

- 2,5 mm dla przewodów OPGW wielowarstwowych;
- 3,0 mm dla przewodów jednowarstwowych z centralną tubą światłowodową.

Dotyczy to również odpowiednich przekrojów drutów w przypadku np.: profilowanych trapezoidalnych.

Ponadto też na podstawie kilkunastoletnich doświadczeń krajowych uznano, że minimalne klasy odporności na wyładowania piorunowe powinny wynosić:

- klasa 0 – dla linii 110 kV i linii 220 kV modernizowanych;
- klasa 1 – dla nowobudowanych linii 220 kV oraz modernizowanych i nowobudowanych linii 400 kV.

Wartości udarów prądowych, czasy ich trwania i transferowanego ładunku odpowiadające klasom odporności na wyładowania piorunowe przedstawiono w tabelcy 2.

Tabela 2. Parametry udarów prądowych odpowiadające klasom odporności przewodów OPGW na wyładowania piorunowe

Klasa odporności	0	1	2	3
Amplituda udaru prądowego, A	100	200	300	400
Czas trwania udaru prądowego, s	0,5	0,5	0,5	0,5
Transferowany ładunek, C	50	100	150	200

Aktualne wymagania dotyczące badań przewodów OPGW

Zdobyte na terenie międzynarodowym wieloletnie doświadczenie w dziedzinie badań i analiz oraz ocen uzyskanych wyników dla przewodów OPGW, ujęte między innymi w znowelizowanym standardzie IEEE [2], wskazują na konieczność prowadzenia tych badań w temperaturze otoczenia bliskiej 20°C . Wyjątek stanowią badania ujęte w p. 3. g) dotyczące odporności na cykliczne zmiany temperatury. Jeszcze bardziej przy tym należy uściślić zakres temperatur podczas badań mechanicznych:

- sprawdzenia zachowania się jednostki optycznej podczas rozciągania – p.3.a);
 - sprawdzenia zachowania się przewodu OPGW w warunkach obciążenia – p.3.b);
 - badania pełzania przewodu – p.3.f);
- gdzie dopuszczalny zakres temperatur podczas badań powinien wynosić $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, gdyż są to badania o istotnym wpływie temperatury na uzyskiwane wyniki.

Tabela 3. Minimalne liczby włókien światłowodowych monitorowanych w badaniach typu

Liczba włókien w badanym przewodzie OPGW	Minimalna liczba włókien światłowodowych monitorowanych
1-24	wszystkie
25-48	24
49-96	36
97-192	48
193-384	60

Innym, też bardzo istotnym aktualnym wymogiem jest ustalenie, jak podano w tabeli 3 minimalnej liczby monitorowanych podczas prób typu włókien światłowodowych. Wprowadzenie takiego wymagania ma

na celu wychwytywanie z większym prawdopodobieństwem jakichkolwiek oddziaływań na charakterystyki włókien światłowodowych podczas badań. Skutkuje to w konsekwencji zmianami tłumienności tych włókien, a więc świadczy o ich stopniu użyteczności w praktyce.

Ponadto w próbach typu przewodów OPGW dotyczących:

- badania odporności na prądy zwarciowe;
 - badania odporności na wyładowania piorunowe;
- uznano też w powiązaniu ze znowelizowanym standardem IEEE [2], że ze względu na impulsowe narażenia probiercze należy jako kryteria oceny uzyskiwanych wyników przyjąć zmiany tłumienności $\leq 0,05$ dB/włókno. Przyjmowanie jak w pozostałych badaniach typu dopuszczalnych wartości zmian tłumienności w dB/km jest tu niewłaściwe do oceny uzyskanych wyników. Przy połączeniu szeregowym włókien zmiana nawet znaczna tłumienności pojedynczego włókna możliwa w omawianych badaniach może nie być wychwycona. Prowadzić to może do dopuszczenia do stosowania rozwiązań przewodów OPGW o niewłaściwych parametrach transmisyjnych mimo pozytywnych wyników ich prób przy istotnych oddziaływaniach w eksploatacji tych przewodów takich jak zwarcia oraz wyładowania atmosferyczne.

Podsumowanie

Ponad 20 letnie doświadczenie Instytutu Energetyki z badań, a przede wszystkim z analiz i ocen przewodów OPGW oraz kilkunastoletnie wnioski z eksploatacji tych przewodów w krajowych liniach napowietrznych 110 – 400 kV pozwoliły sprecyzować aktualnie stawiane im wymagania. Dotyczą one przede wszystkim stosowania w ich tubach optycznych włókien światłowodowych o właściwych dla nich parametrach, w tym wyróżniających się wysoką stabilnością tłumienności w warunkach oddziaływań zewnętrznych. Ponadto wskazano na odpowiednie średnice drutów opłotu w tych przewodach oraz na właściwą dla warunków krajowych klasę odporności na wyładowania piorunowe.

Natomiast zdobyte na terenie międzynarodowym wieloletnie doświadczenie z badań i analiz oraz ocen przewodów OPGW, a także kierunki zmian w znowelizowanym standardzie IEEE [2] pozwoliło

zaktualizować wymagania dotyczące prowadzenia badań tych przewodów.

W ich wyniku uznano za konieczne:

- prowadzenie badań w temperaturze około 20°C, przy czym dla badań mechanicznych wg p.3.a), 3.b) i 3.f) zakres ten powinien wynosić $20 \pm 2^\circ\text{C}$;
- istotne zwiększenie liczby włókien monitorowanych podczas prób, w tym powiązanie ich liczby z liczbą włókien w badanych przewodach OPGW;
- w badaniach o impulsowych narażeniach probierczych takich jak zwarcia i wyładowania piorunowe zmiany tłumienności oceniać w odniesieniu do poszczególnych monitorowanych włókien światłowodowych.

LITERATURA

- [1] Borzycki K., Mikulski J.L.: Budowa, wymagania i badania przewodów odgromowych z włóknami światłowodowymi dla linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia. Instytut Energetyki, Ośrodek Informacji Naukowej i Technicznej, Warszawa, 2001 r.
- [2] IEEE: IEEE Standard for Testing and Performance for Optical Ground wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines. IEEE Std 1138-2009
- [3] Polskie Sieci Elektroenergetyczne: Standardowe Specyfikacje Techniczne. Linie napowietrzne 220 i 400 kV: Przewód OPGW i osprzęt OPGW, Konstancin-Jeziorna, marzec 2013.
- [4] PN-EN 60794-1-2:2004. Kable światłowodowe. Część 1-2: Wymagania wspólne. Podstawowe metody badań.
- [5] PN-EN 60794-4:2004. Kable światłowodowe. Część 4: Specyfikacja grupowa. Napowietrzne kable światłowodowe układane wzdłuż linii energetycznych.
- [6] PN-EN 60794-4-10:2007. Kable światłowodowe. Część 4-10: Przewody odgromowe ze światłowodami do napowietrznych linii energetycznych – wymagania grupowe dla OPGW.
- [7] PN-IEC 1089:1994 + A1 2000 + Ap1:1999. Przewody gołe okrągłe o skręcie regularnym do linii napowietrznych.
- [8] PN-EN 61395:2004: Przewody energetyczne do linii napowietrznych. Metody badań płynięcia przewodów wielodrutowych.
- [9] ITUT-TG.652:2009 + Amd1:2011: Characteristics of single – mode optical fibre cable.
- [10] ITUT-TG.657:2012: Characteristics of a bending loss insensitive single – mode optical fibre and cable for the access network.

Autor: prof. nadzw. dr hab. inż. January Lech Mikulski, Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: lech.mikulski@ien.com.pl