

Helena Anuszevska<sup>1</sup>

## PROBLEMY INSTALOWANIA I EKSPLOATACJI ŚWIATŁOWODOWYCH KABLI SAMONOŚNYCH ADSS NA LINIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

**Streszczenie:** W artykule omówiono zagadnienia dotyczące instalowania dielektrycznych kabli światłowodowych ADSS na podbudowach linii elektroenergetycznych. Przedstawiono ogólne problemy związane z procesem instalowania jak i względami bezpieczeństwa podczas budowy linii i ich konserwacji.

### 1. Wprowadzenie

Optotelekomunikacyjne kable dielektryczne samonośne określane mianem ADSS (*aerial dielectric self supporting*) mające szerokie zastosowanie w sieciach telekomunikacyjnych instalowane są powszechnie na napowietrznych liniach elektroenergetycznych. Możliwość wykorzystania konstrukcji linii do podwieszania kabli światłowodowych pozwala na jednoczesny, bezkolizyjny przesył energii elektrycznej i sygnałów telekomunikacyjnych, przy nakładach finansowych daleko niższych niż budowa dwóch niezależnych sieci.

Tor telekomunikacyjny bazujący na światłowodach jest całkowicie odporny na wpływy pól elektromagnetycznych, dlatego kabel optyczny można podwieszać na tych samych słupach w dość bliskim sąsiedztwie przewodów energetycznych..

Dynamiczny rozwój techniki światłowodowej w sieciach telekomunikacyjnych zakładów energetycznych i PSE S.A został w znacznej mierze zainicjowany przez zastosowanie kabli światłowodowych w napowietrznych liniach wysokiego napięcia (przewody OPGW – *Optical Ground Wires* – moduł optyczny zintegrowany z linką odgromową). Obok kabli OPGW i ADSS znajdują zastosowanie inne rodzaje kabli światłowodowych zaprojektowanych specjalnie do użytkowania na podbudowach linii elektroenergetycznych. Należą do nich kable OPPC (*Optical Phase Conductor*) oraz kable OPAC (*Optical Attached Cable*), dla których elementem nośnym jest żyła linii elektroenergetycznej, do której podwiesza się kable OPAC.

<sup>1</sup> Elektrim Kable S.A.

Metody instalowania kabli światłowodowych na podbudowach linii elektroenergetycznych muszą przede wszystkim zapewnić niezbędne środki bezpieczeństwa dla personelu i wyposażenia.

Przestrzeganie zasad instalowania kabli ADSS zapewni, że przyjęty czas życia linii kablowej (40 lat) zostanie zachowany.

## **2. Ogólne zasady instalowania kabli ADSS**

Dla maksymalnego zabezpieczenia kabla ADSS przed narażeniami mechanicznymi podczas jego eksploatacji stosowane są spiralne uchwyty wraz z wzmacniającym obwojem, mocujące kabel do konstrukcji wsporczej.

Ta metoda mocowania zapewnia równomierne rozłożenie obciążenia na obwodzie kabla oraz zapobiega jego zgniataniu, co pozwala na pełną ochronę światłowodów oraz ich parametrów transmisyjnych.

Zaleca się, żeby mufy połączeniowe wykonane zgodnie z IEC61073-2 posiadały odpowiednią odporność na uszkodzenia i były usytuowane w miejscach niedostępnych dla nieupoważnionych osób.

Podczas instalowania należy zachować minimalny promień zginania kabla podany przez wytwórcę. Zginanie kabla na mniejszym promieniu może spowodować uszkodzenie.

Dla uzyskania maksymalnej niezawodności światłowodowej linii telekomunikacyjnej uchwyty mocujące (ich rodzaj i wymiar) powinny być odpowiednio dobrane do konstrukcji kabla.

Przy wyborze miejsc mocowania kabla należy przeanalizować rozkład pola elektromagnetycznego, żeby umieszczać kabel w obszarze o minimalnym natężeniu pola.

Jest zalecane, żeby kompletny system (kabel+uchwyty) był przystosowany do pracy w określonych warunkach klimatycznych, żeby światłowody w kablu nie podlegały naprężeniom podczas zmiennych obciążeń linii pod wpływem oblodzenia, wiatru i zmian temperatury.

## **3. Instalowanie kabli ADSS**

W pełni dielektryczne kable ADSS są fizycznie i funkcjonalnie odseparowane od przewodów linii elektroenergetycznej. Mogą być podwieszane na przęsłach o długości do 1 km z zachowaniem wytrzymałości i elastyczności wymaganej dla większości stref klimatycznych. Kable ADSS są bardziej niezawodne w porównaniu z kablami OPAC owijanymi na żyłach odgromowych lub roboczych, jednak, jeśli chodzi o degradację spowodowaną działaniem pól elektrycznych może ona wystąpić w środowisku wysokich napięć. Na liniach powyżej 150 kV taka degradacja jest nie do uniknięcia.

### **3.1. Rozważania techniczne**

Kable ADSS zainstalowane na liniach o napięciu fazowym powyżej 150 kV są podatne na degradację powłoki. W pewnych okolicznościach można ograniczyć degradację powłoki poprzez zastosowania specjalnych mieszanek na powłokę kabla lub poprzez specjalne zapro-

jektowanie uchwytów mocujących i usytuowanie linii w przestrzeni o minimalnym natężeniu pola elektromagnetycznego.

W prawidłowym zaprojektowaniu linii pomocne jest komputerowe modelowanie pola elektromagnetycznego dla wyszukiwania obszarów zerowego potencjału, szczególnie zalecane w przypadku linii dwutorowych. Niekiedy usytuowanie przewodów fazowych uniemożliwia powstawanie obszarów zerowego potencjału, ale nawet wówczas modelowanie komputerowe jest pomocne, gdyż pozwala na określenie najbardziej korzystnych miejsc lokalizacji kabla ADSS.

Po wybraniu optymalnych punktów mocowania kabla ADSS przed przystąpieniem do instalacji kabla trzeba, jeśli to niezbędne, wzmocnić stalową konstrukcję słupów w całej sekcji.

Wszelkie wiercenie otworów w stalowych słupach jest dozwolone i zalecane tylko w wypadku absolutnej konieczności.

Konstrukcja wciągarki i napinacza musi umożliwiać sterowanie naciągiem i zapewnić utrzymanie naciągu w bezpiecznych granicach. Wciągarka i napinacz powinny mieć wbudowane systemy zabezpieczeń, żeby w krytycznych sytuacjach nie nastąpiło przeciążenie linki wyciągowej i kabla ADSS.

Linka wyciągowa powinna być zamocowana do kabla ADSS poprzez przyłącze przegubowe, żeby kabel nie ulegał skręcaniu. Elementy wyciągowe powinny być przymocowane do elementów wytrzymałościowych kabla. Niekiedy kabel jest dostarczany z zamocowanymi na końcach elementami wyciągowymi (oczkami).

Duże znaczenie ma różnica ciężaru kabla ADSS i żyły roboczej linii elektroenergetycznej. Kabel ADSS jest zwykle o wiele lżejszy od żyły roboczej. W przypadku bocznego wiatru wychył kabla ADSS można obliczyć. Bardziej złożona sytuacja występuje w warunkach wzdłużnego (laminarnego) kierunku wiatru. Wiatr wiejący równoległe do linii ma tendencję do przesuwania zwisu kabla w stronę słupa po stronie zawietrznej i w efekcie zwiększa zwis lżejszego kabla ADSS na długich przesłach. W takiej sytuacji ADSS może znaleźć się powyżej żyły roboczej, a następnie spaść na tę żyłę. Koordynacja zwisów jest trudna do wyliczenia, stąd rozwiązaniem optymalnym jest zawieszanie kabla ADSS poniżej najniższej żyły roboczej. Kabel ADSS ma relatywnie dużą wytrzymałość w stosunku do swojego ciężaru, dlatego zwis jego jest bardzo mały, pozwala to utrzymać stałą średnią odległość od żyły roboczej w obszarze przesła.

### **3.2. Procedura instalowania**

Powłoka kabla ADSS nie może ulegać uszkodzeniu podczas czynności instalatorskich. Powłoka nie może być ocierana ani zadrapywana na przeszkodach ziemnych, zatem układanie powinno być realizowane przy pomocy wyciągów rolkowych. Generalnie używa się linkę przewodnikową do przeciągania przez łącznik wyciągowy.

Łącznik wyciągowy jest ciągniony w sposób kontrolowany, jest odpowiednio naprężony, tak, że nie może stykać się z przewodem fazowym. Odpowiednie naprężenie powinno być utrzymywane przez cały czas przeciągania łącznika wyciągowego i kabla od słupa do słupa żeby utrzymać bezpieczną odległość od przewodów fazowych linii i innych potencjalnych przeszkód w obszarze instalacji.

Sterowanie naciągiem liny wyciągowej i łącznika wyciągowego powinno zapewniać stałą kontrolę naciągu i jego regulację. Tradycyjnie wykonuje to monter poprzez użycie linki

kontrolnej w połowie przęsła. Zaleca się bardziej niezawodny sposób sterowania naciągami liny poprzez zastosowanie ciężarków naprężających na końcu przęsła.

Trzeba również uwzględnić zabezpieczenie gruntu pod linią, jeśli występują takie przeszkody jak np. linie niskiego napięcia, drogi, czy linie kolejowe.

Instalacja i naprawy kabli ADSS muszą być przeprowadzane zgodnie z obowiązującymi zasadami BHP.

W przypadku uszkodzenia kabla ADSS wymienia się kabel na całym przęsle. Nie jest praktykowane wykonywanie złącza kablowego między przęsłami.

Podstawowe zasady i metody techniczne używane w instalowaniu kabli ADSS są podobne do stosowanych przy instalowaniu żył przewodzących. Generalnie adoptuje się standardowe maszyny instalatorskie i akcesoria, jednak niekiedy niezbędne jest zastosowanie specjalistycznego sprzętu. Dlatego bardzo ważna jest współpraca z producentem kabli przy budowie i projektowaniu linii z kablami ADSS.

### 3.3. Względy bezpieczeństwa

Kable ADSS są zwykle mocowane do dolnej poprzecznej belki pod żyłami napięciowymi, żeby maksymalnie odseparować się od linii elektroenergetycznej.

W przypadku linii jednotorowej istnieje większe ryzyko uszkodzeń niż w przypadku linii dwutorowej, gdyż wówczas indukuje się większe napięcie powierzchniowe na powłoce kabla.

Przy zastosowaniu wyciągów rolkowych zalecane jest, żeby łącznik wyciągowy był nowy, wykonany z poliestru lub polipropylenu. Zmniejszy to ryzyko mechanicznego uszkodzenia kabla. Przy instalacjach na liniach wyższych napięć zaleca się, żeby linki wyciągowe były pokryte powłoką oraz materiałem wodno-blokującym dla ochrony przed indukowanym napięciem.

Praca ze światłowodami wymaga szczególnej ostrożności. Ułamane lub odcinane włókna są bardzo ostre i łatwo mogą wbijać się w skórę, są więc niebezpieczne dla pracowników, zwłaszcza dla oczu, ust, skóry twarzy. Krótkie odcinki kabli ADSS należy starannie zbierać i składować do specjalnych pojemników, a następnie likwidować, by nie były dostępne dla osób nieświadomych ich szkodliwości. Monterzy i technicy powinni być ostrzeżeni o niebezpieczeństwach prac z włóknami światłowodowymi i pouczeni o sposobie obchodzenia się z nimi.

### 3.4. Uziemienie

Jakkolwiek kable ADSS są wykonywane z materiałów dielektrycznych jednak zawsze istnieje możliwość wystąpienia prądów upływu. Podobnie, więc jak w przypadku przewodów metalowych kabel ADSS powinien być uziemiony z obydwu stron, od strony napinaacza i wyciągarki. Zapobiegnie to indukowaniu się napięć i prądów upływu i ochroni operatorów przed narażeniami. Zaleca się również czasowe montowanie zacisków uziemiających na uchwytych przy słupach podczas ich montowania na kablu, żeby nie narażać personelu na porażenie prądami upływowymi, szczególnie w warunkach wilgotności i zanieczyszczeń atmosferycznych.

## **4. Konserwacja**

Konserwacja światłowodowej linii kablowej sprowadza się do zapewnienia bezawaryjnej łączności. Zaleca się taką organizację pracy, żeby system elektroenergetyczny nie wpływał w żaden sposób na kablowy system światłowodowy. Dotyczy to wszystkich sieci elektroenergetycznych z liniami 400kV włącznie. Rozróżnia się tylko dwa rodzaje konserwacji: rutynowy, okresowo wykonywany przegląd konserwacyjny linii oraz interwencja w rezultacie powstałego uszkodzenia.

W przypadku naprawy kabla ADSS powinien on być opuszczony przy użyciu technik tych samych jak podczas instalowania. Gdy uszkodzeniu uległa tylko powłoka kabla, można użyć materiał termokurczliwy do naprawy powłoki z zastosowaniem odpowiednich narzędzi zapewniając ochronę całego kabla.

### **4.1. Okresowe przeglądy**

Wszystkie systemy linii napowietrznych podlegają okresowym przeglądom albo z powietrza z użyciem helikoptera, albo z ziemi. Pozwala to na zdalną identyfikację potencjalnych problemów, które mogą powstać w elektrycznych obwodach zasilających. Zaleca się, żeby podczas takich rutynowych przeglądów kablowy system światłowodowy podlegał obserwacji w ten sam sposób.

### **4.2. Przeglądy szczegółowe**

Przy przeglądach linii energetycznych z wyłączeniem zasilania powinny być sprawdzone uchwyty (osprzęt) kabla ADSS oraz mufy połączeniowe. Ryzyko uszkodzeń występuje z powodu naturalnych wibracji mechanicznych (drżania eolskie i taniec) jak też z powodu wandalizmu. Nie zaleca się otwierania muf połączeniowych, jeśli nie stwierdzono ewidentnego uszkodzenia transmisji optycznej.

Pomiary tłumienności optycznej oraz przegląd stanu powłoki kabla ADSS powinno się wykonywać podczas wyłączenia zasilania linii energetycznej.

### **4.3. Naprawy**

Naprawa jest wymagana w następstwie mechanicznego uszkodzenia kabla. Niekiedy trzeba wykonywać prowizoryczne naprawy w celu szybkiego przywrócenia łączności. Naprawa prowizoryczna powinna być zastąpiona gruntowną naprawą w możliwie krótkim czasie.

Nie należy wykonywać spawania światłowodów w jednym prześle. Powinny być wymienione co najmniej dwa przęśła kabla. Po wykonaniu naprawy zaleca się wykonać pomiary mocy optycznej i na nowo przeanalizować budżet mocy optycznej w linii.

Pierwszym objawem uszkodzenia jest na ogół załączenie alarmu w urządzeniach stacyjnych, gdzie znajdują się systemy monitoringu światłowodów. W pierwszej kolejności trzeba sprawdzić mufy połączeniowe. Do identyfikacji miejsc uszkodzeń trzeba wykonać pomiar reflektometryczny z jednego końca linii. Jeśli identyfikacja jest niedostateczna, wymagane jest wykonanie pomiaru reflektometrycznego z drugiego końca linii

Kable ADSS powinny posiadać rezerwowe włókna, które można wykorzystać podczas napraw przełączając na nie uszkodzony tor optyczny.

Dobra praktyką jest wykonanie pełnej serii pomiarów optycznych po zakończeniu napraw. Daje to pewność, że naprawa jest wykonana prawidłowo i nie wprowadzono do toru optycznego dodatkowej tłumienności spowodowanej mikrozgięciami światłowodów.

## 5. Podsumowanie

Kable światłowodowe są coraz częściej instalowane na zasilających liniach elektroenergetycznych. Metody instalowania kabli ADSS powinny być zgodne ze stosowanymi w branży budownictwa elektroenergetycznego przepisami BHP.

Zasady instalowania kabli światłowodowych zależą od rodzaju linii (poziomu napięcia linii) jak i od konstrukcji kabli.

Można wyodrębnić zespół ogólnych czynników wpływających na bezpieczeństwo przy instalowaniu:

- Instalację powinien realizować przeszkolony personel, nadzór nad personelem musi być kompetentny i posiadać certyfikaty stwierdzające znajomość procedur instalowania.
- Przeprowadzenie przeglądu warunków technicznych przed rozpoczęciem instalacji.
- Zaplanowanie czynności na wypadek przypadkowego stanu zagrożenia.
- Przeprowadzenie technicznej analizy ryzyka dla jego identyfikacji i zminimalizowania.
- Wykonanie niezbędnych uziemień z uwagi na niebezpieczne napięcie indukowane.
- Ciągłe monitorowanie warunków klimatycznych.
- Miejsca podwieszania kabli powinny być usytuowane w obszarach ekwipotencjalnych pola elektromagnetycznego.
- Stosowane linki wyciągowe powinny posiadać powłokę dielektryczną i wodnoblukującą.

Instalacja i konserwacja systemów kablowych na elektroenergetycznych liniach zasilających powinny przebiegać z zachowaniem akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa. Telekomunikacyjny kablowy system z przewodem ADSS oraz elektroenergetyczny system zasilający nie powinny wzajemnie oddziaływać na siebie ani stwarzać niebezpiecznych warunków eksploatacji.

## Literatura

- [1] EN 187 102 Family specification: *Optical aerial telecommunication cables*
- [2] prEN 187 200 Sectional Specification: *Optical cables to be used along Electrical power lines (OCPL)*
- [3] ZN-FKO-K020 Norma zakładowa. *Kable optotelekomunikacyjne samonośne ADSS*
- [4] *Guidelines for the installation and maintenance of optical cabling* – wydawnictwo IE