

Andrzej Jackowicz-Korczyński¹, Barbara Florkowska¹,
Wiesław Nowak¹, Mieczysław Timler¹

ANALIZA ROZKŁADU NATĘŻENIA POŁA ELEKTRYCZNEGO W LINII NAPOWIETRZNEJ WN Z KABLAMI ŚWIATŁOWODOWYMI TYPU ADSS

Streszczenie: Artykuł zawiera analizę zmian rozkładu potencjałów i natężenia pola elektrycznego w linii elektroenergetycznej z kablem ADSS ze szczególnym uwzględnieniem obszarów o zwiększonej deformacji pola w otoczeniu uchwytów mocujących kable na konstrukcjach wsporczych. Zagadnienia te są rozpatrywane w aspekcie badań procesów degradacji powłok kabli ADSS w polu elektrycznym linii napowietrznej

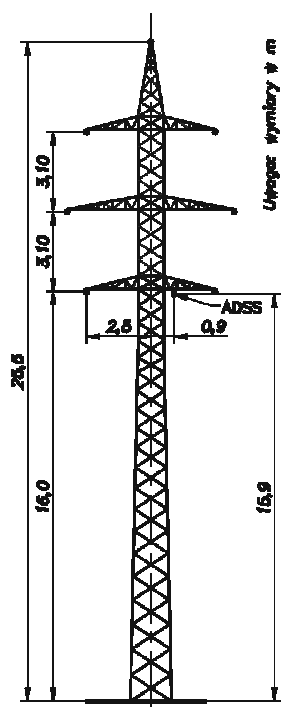
Słowa kluczowe: pole elektryczne, kabel ADSS, napowietrzne linie elektroenergetyczne, światłowody

1. Wprowadzenie

Wykorzystanie konstrukcji napowietrznych linii elektroenergetycznych do prowadzenia na nich kabli światłowodowych umożliwiło zwiększenie zdolności transmisyjnych traktów telekomunikacyjnych. W liniach napowietrznych średnich i wysokich napięć instalowane są tzw. kable samonośne typu ADSS (ang. *All Dielectric Self Supporting*), których konstrukcja zawiera wyłącznie materiały izolacyjne [1], nie jest zatem wymagana ochrona tych kabli przed zakłóceniami pochodzącymi od linii elektroenergetycznych. Infrastruktura linii przesyłowych, ze względu na swoją rozległość i wystarczającą wytrzymałość mechaniczną konstrukcji wsporczych, sprzyja wprowadzaniu do nich kabli światłowodowych, podwieszanych na słupach w odpowiednich odległościach od przewodów fazowych. Do zespołu narażeń eksploatacyjnych kabli typu ADSS należą narażenia elektryczne, wynikające z lokalizacji kabli w polu elektrycznym linii napowietrznej, naprężenia mechaniczne oraz narażenia środowiskowe określone przez warunki klimatyczne i zanieczyszczenia atmosfery [2, 5].

Wymagania odnośnie do ich niezawodności i pracy w założonym czasie wynikają z oceny wpływu tych czynników na konstrukcję kabli. Lokalizacja kabli światłowodowych w odpowiedniej odległości od przewodów fazowych powinna zapewnić dopuszczalną wartość natężenia pola elektrycznego na ich powierzchni.

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Elektroenergetyki, 30-147 Kraków, al. Mickiewicza 30



Rys. 1. Słup OyP i lokalizacja uchwytu

Pomimo takich założeń sygnalizowane są przypadki uszkodzeń zewnętrznej powłoki kabla ADSS, jako efekt procesów erozyjnych inicjowanych przez powierzchniowe wyładowania elektryczne [4]. Miejsca ich występowania stanowi przede wszystkim powierzchnia kabla w pobliżu zakończeń uchwytów przelotowych lub końcowych kabli światłowodowych, tzw. „fittingów”.

W otoczeniu uchwytów zamocowanych na uziemionych konstrukcjach słupów, gradienty osiągają wartości większe niż w środkowej części przęsła.

W artykule przedstawiono analizę rozkładu natężenia pola elektrycznego i potencjałów w linii elektroenergetycznej z kablem światłowodowym ADSS, ze szczególnym uwzględnieniem uchwytów przelotowych stosowanych w praktyce.

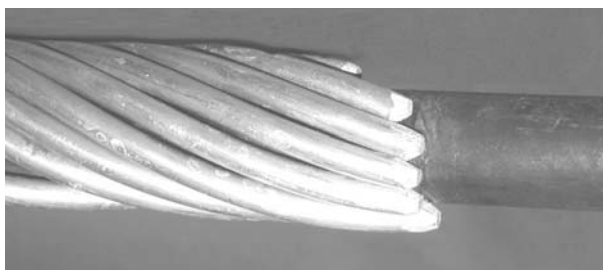
2. Model i metoda analizy

Do obliczeń przyjęto przęsło dwutorowej linii energetycznej 110 kV prowadzonej na słupach typu OyP z kablem ADSS usytuowanym w odległości 0,9 m od osi linii, na wysokości 15,9 m nad ziemią. Miejsce zamocowania uchwytu przelotowego przedstawiono na rysunku 1.

W miejscu wyprowadzenia kabla ADSS z uchwytu przelotowego, czyli w punkcie styku elementu metalowego oraz dwóch dielektryków (powietrze, polietylen) o różnych przenikalnościach elektrycznych (tzw. punkt potrójny) występuje pole elektryczne, którego rozkład przestrzenny jest przedmiotem analizy.

Otoczenie punktu potrójnego jest niewielkim obszarem w porównaniu do obiektów będących źródłem tego pola. Znajduje się on jednak w bezpośrednim sąsiedztwie słupa, który

degeneruje pole wytwarzane przez układ przewodów fazowych i odgromowych. Przeprowadzenie analizy wymaga zatem stworzenia modelu linii napowietrznej oraz modelu uchwytu.



Rys. 2. Końcówka uchwytu przelotowego

Model linii napowietrznej przyjęty do obliczeń odpowiada geometrii przewodów fazowych przedstawionej na rysunku 1 [3].

Uchwyt przelotowy został odwzorowany jako pełna uziemiona bryła o wymiarach wynikających z konstrukcji uchwytu z uwzględnieniem wymiarów oplotu (Rys. 2 i 5).

Analizę przeprowadzono metodą elementów skończonych (MES). Obliczenia zostały wykonane przy użyciu pakietu ANSYS.

3. Wyniki obliczeń

Pole elektryczne linii napowietrznej stanowi o elektrycznym narażeniu kabla ADSS. Ze względu na rozległość analizowanego obszaru wyniki obliczeń zaprezentowano dla trzech wybranych stref.

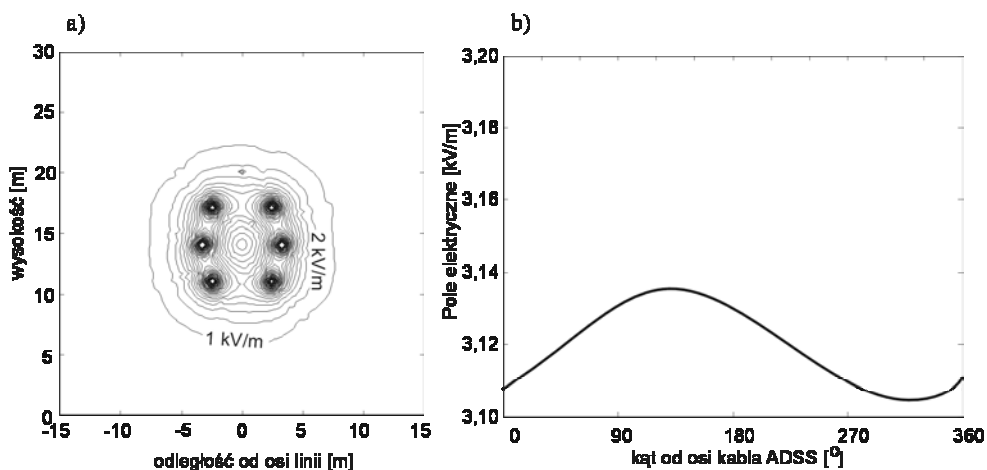
Strefa pierwsza obejmuje środek przęsła linii napowietrznej, gdzie wpływ konstrukcji słupa i uchwytu jest pomijalny.

W strefie drugiej znajduje się cała konstrukcja uchwytu wraz z otaczającym go powietrzem i fragmentem konstrukcji wsporczej słupa.

Trzecim obszarem jest sąsiedztwo punktu potrójnego, gdzie w sposób znaczący krzywizna końcówek oplotu wpływa na rozkład pola elektrycznego.

3.1. Pole elektryczne w otoczeniu linii napowietrznej 110 kV z kablem ADSS w środku przęsła

Wpływ kabla ADSS na rozkład potencjału i pola elektrycznego w środku przęsła jest znikomy ze względu na niewielkie rozmiary kabla i wartość przenikalności elektrycznej względnej polietylenu ($\epsilon_{rPE} = 2,5$). Ilustruje to rozkład natężenia pola elektrycznego w bezpośrednim sąsiedztwie tego kabla w środku przęsła (Rys. 3). Wartości potencjału indukowanego na powierzchni kabla ADSS wynoszą 3,62–3,66 kV, natomiast natężenie pola elektrycznego 3,1–3,14 kV/m.



Rys. 3. Rozkład pola elektrycznego w środku przęsła: (a) w otoczeniu linii napowietrznej, (b) na powierzchni kabla ADSS

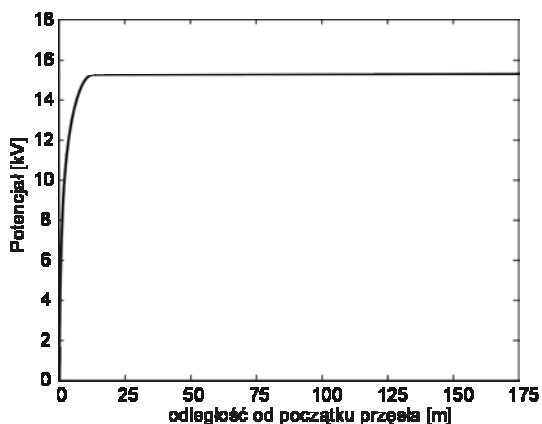
3.2. Pole elektryczne w otoczeniu uchwytu

Obecność uchwytu kabla ADSS na konstrukcji słupa ma znacznie większe znaczenie dla rozkładu pola elektrycznego niż obecność samego kabla. Przyczyną jest galwaniczne połączenie mocowania z uziemioną konstrukcją słupa oraz krzywizna końcówek oplotu (Rys. 2 i 5).

Potencjał indukowany na powierzchni kabla ADSS odbudowuje się do wartości ok. 15 kV w odległości ok. 13 m od końca uchwytu (Rys. 4.). Oznacza to, że w tej odległości konstrukcja słupa i uchwytu nie wpływa już na rozkład potencjału i pola elektrycznego.

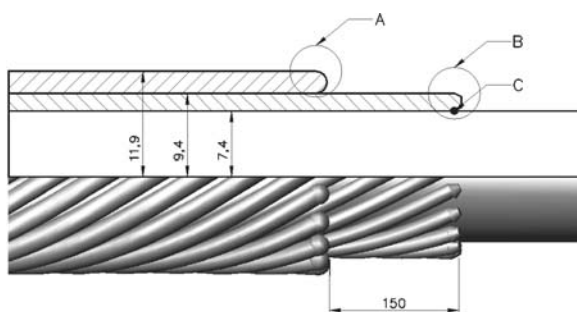
Wyniki analizy pozwalają na wydzielenie trzech charakterystycznych punktów, w których pole elektryczne osiąga szczególnie duże wartości (Rys. 5): strefa A – przy końcówce zewnętrznej oplotu, strefa B – przy końcówce wewnętrznej oplotu, punkt C – stanowiący punkt potrójny.

Lokalizację tych punktów przedstawia rysunek 5

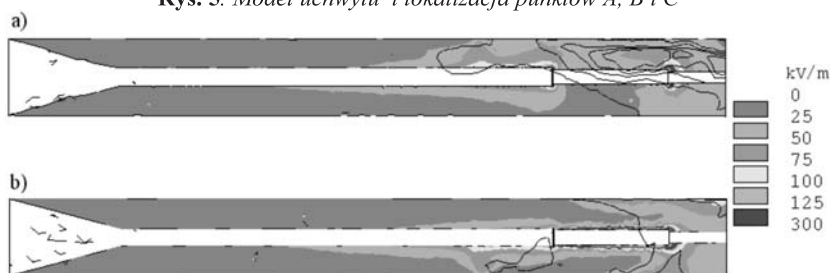


Rys. 4. Potencjał elektryczny na powierzchni kabla ADSS

Rozkłady potencjału i pola elektrycznego w otoczeniu uchwytu przedstawiono na rysunku 6 w postaci konturowanych przekrojów. Pole elektryczne osiąga największe wartości w powietrzu w bezpośrednim sąsiedztwie uchwytu oraz w pobliżu punktu potrójnego (punkt C). Natężenie pola elektrycznego w strefie A nie przekracza 5 kV/cm. Największe wartości pola elektrycznego występują w strefie B i wynoszą ok. 16 kV/cm.



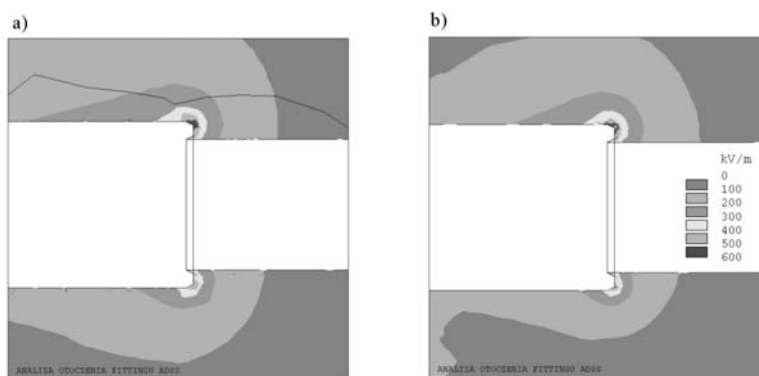
Rys. 5. Model uchwyty i lokalizacja punktów A, B i C



Rys. 6. Pole elektryczne w otoczeniu uchwyty w płaszczyźnie pionowej (a) i w płaszczyźnie poziomej (b)

3.3. Pole elektryczne w otoczeniu punktu potrójnego

Punkt potrójny, gdzie następuje styk stalowego uchwyty z polietylenową powłoką kabla ADSS w powietrzu, jest obszarem, gdzie pole elektryczne osiąga największe wartości.



Rys. 7. Pole elektryczne w otoczeniu punktu potrójnego: (a) w płaszczyźnie pionowej i (b) w płaszczyźnie poziomej

Natężenie pola elektrycznego w punkcie potrójnym na powierzchni kabla ADSS wynosi ok. 4,8 kV/cm (Rys. 7). Natomiast przy zewnętrznej krawędzi końcówki wewnętrznego opłotu uchwyty lokalnie osiąga wartości ok. 17 kV/cm.

4. Zakończenie

Przedstawiona analiza rozkładu potencjałów i natężenia pola elektrycznego w linii napowietrznej z kablem światłowodowym typu ADSS wskazuje na zakres zmian ich wartości po wprowadzeniu kabla oraz opis obszaru w otoczeniu uchwytów kabla na konstrukcji słupa. Przyjęty do obliczeń model oraz wprowadzone założenia stanowią podstawę dalszych analiz z uwzględnieniem zwisów przewodów fazowych i kabla ADSS, a także rezystywności powierzchni kabla w warunkach zabrudzeniowych.

Literatura

- [1] **H. Anuszewska** – *Optotelekomunikacyjne kable samonośne (ADSS) dla linii elektroenergetycznych* VII Sympozjum Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokich napięć, Zakopane, 1999, s. 15–21
- [2] **S. Bubak, J. Dyrda** – *Światłowodowy system teletransmisyjny ZE Kraków S.A.*, Energetyka, 1997, Nr 5, s. 248–256
- [3] **B. Florkowska, J. Furgał, W. Nowak, R. Włodek** – *Analiza stanu elektrycznego przestrzeni w otoczeniu linii przesyłowych wysokiego napięcia*, Archiwum Elektrotechniki, Tom XLIII, Zeszyt 1, 1994, s.87-99
- [4] **G. Karady, G. Besztercey, M. W. Tuominen** – *Corona discharge deterioration of ADSS Fiber-optic Cables on High Voltage Lines*, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1999, Vol. 14 No. 4, p.1438–1445
- [5] **W. Kurbiel, Z. Wyszogrodzki** – *Trakty optyczne w elektroenergetycznych liniach napowietrznych wysokich napięć*, Energetyka, 1994, s. 184

ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION NEAR FITTING OF ADSS CABLE

ADSS cables, used in 110 kV power transmission lines, yields to degradation under electric field and environmental stresses. Inspection of cables' surfaces show, that near the fitting prints of discharges occur. This paper shows the results of FEM analysis of electrical field near cap of fitting. In this way exposition of ADSS cable on electric field were determined.

Badania przedstawione w niniejszym artykule wykonano m. in. w ramach umów nr 10.10.120.510, 10.10.120.321, finansowanych przez Komitet Badań Naukowych