EUI'01
VIII SYMPOZJUM
PROBLEMY EKSPLOATACJI
UKŁADÓW IZOLACYJNYCH WYSOKIEGO NAPIĘCIA
Zakopane, 18-20 października 2001

Paweł Kapołka[1]

INSTALACJA KABLI ŚWIATŁOWODOWYCH ADSS NA LINIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH NN – ASPEKTY PROJEKTOWANIA

1. Wstęp

Około 10 lat temu, rozpoczął się w Polsce proces wykorzystywania linii elektroenergetycznych dla celów telekomunikacyjnych. Związane to było z pojawieniem się światłowodów, dzięki którym sygnały przekazywane są za pomocą impulsów świetlnych a nie elektrycznych.

Ta nowa technologia dała wprost niewiarygodne możliwości przesyłu informacji w porównaniu z istniejącymi dotychczas systemami zwielokrotniania torów transmisyjnych na kablach miedzianych.

Pionierem w projektowaniu instalacji przewodów i kabli światłowodowych na liniach elektroenergetycznych w Polsce był Energoprojekt-Kraków S.A., w którym powstały pierwsze projekty instalacji światłowodowych :

- kabel światłowodowy na dodatkowej stalowej lince nośnej dla ZE Lublin na linii 110 kV
- OPGW firmy BICC dla Elektrowni Jaworzno III na linii 220 kV
- OPGW firmy Alcoa Fujikura dla Polskich Sieci Elektroenergetycznych na linii 400 kV
- OPGW i ADSS firmy Alcoa Fujikura dla ZE Płock na liniach 110 i 15 kV
- ADSS Alcatel Kabelmetal dla ZE Gliwice na liniach 110 kV
- OPGW firmy Alcatel Kabelmetal dla ZE Warszawa na liniach 110 kV
- OPCON firmy Alcoa Fujikura dla ZE Białystok na linii 15 kV

W pierwszej połowie lat 90, były to instalacje z 12 i 24 włóknami światłowodowymi. W chwili obecnej projektuje się lub rozważa instalację przewodów (kabli) z 72, 148 i większą ilością włókien.

Obecnie, sieć światłowodowa na liniach elektroenergetycznych może być realizowana różnego rodzaju przewodami i kablami światłowodowymi, a mianowicie :

- OPGW (*Optical Ground Wire* – przewód odgromowy z włóknami światłowodowymi)

[1] Energoprojekt Kraków S.A.

- ADSS (*All Dielectric Self Supporting* – samonośny kabel dielektryczny z włóknami światłowodowymi)
- MASS (*Metal Aerial Self Supporting* – przewód o konstrukcji jak przewód OPGW dodatkowo zawieszony na linii lecz nie pełniący równocześnie roli przewodu odgromowego)
- OPCON (*Optical Phase Conductor* – przewód roboczy z włóknami światłowodowymi)
- Wrap (światłowodowy kabel dielektryczny owijany wokół przewodu odgromowego lub roboczego)
- AD-Lash (światłowodowy kabel dielektryczny podczepiany do przewodu odgromowego lub roboczego linii SN)

Według szacunku autora ok. 80 – 90 % zawieszonych przewodów światłowodowych na liniach NN w Polsce to przewody OPGW, 10- 15 % to kable ADSS i mniej niż 5 % to pozostałe typy przewodów światłowodowych.

2. Powody wyboru kabla ADSS

Chociaż, niewątpliwie z punktu widzenia dodatkowych obciążeń słupów, trwałości, bezpieczeństwa łączy jak również z punktu widzenia koniecznych uzgodnień, uznaje się, że najlepszym rozwiązaniem są przewody OPGW, to jednak z różnych względów wieszane są na liniach elektroenergetycznych również kable ADSS.

Powody dla których wybierany jest właśnie kabel ADSS mogą być następujące:

1. Nowe, tuż po wymianie, przewody odgromowe na linii
2. Nieco niższa cena kabla ADSS niż przewodu OPGW
3. Konieczność wykonania połączenia pomiędzy różnymi liniami
4. Potrzeba zainstalowania dodatkowych włókien, w sytuacji gdy na linii już zawieszony jest przewód OPGW
5. Chęć oddzielenia w sposób fizyczny obwodów elektrycznych od sieci teletechnicznej

Warto zwrócić uwagę na pkt. 2 i 3.

Czasami może się okazać, że pomimo tego, że sam kabel jest tańszy od przewodu OPGW to koszt jego zawieszenia będzie większy niż koszt zawieszenia OPGW, ponieważ konieczne będą duże wzmocnienia słupów (szczególnie starych konstrukcji).

Natomiast kabel ADSS jest bardzo przydatny w przypadku konieczności przejścia traktem światłowodowym z jednej linii na drugą.

3. Aspekty projektowe zawieszenia kabla ADSS

Chociaż kabel ADSS nie jest tak często zawieszany na liniach NN jak przewód OPGW, to jednak jest on na nich spotykany i na pewno będzie zawieszany w przyszłości, a wtedy należy zwrócić uwagę na niżej przedstawione aspekty projektowania z tym związane.

1. Dodatkowe obciążenia słupów
2. Inna mechanika kabla ADSS
3. Dodatkowe konstrukcje do zawieszenia kabla ADSS

Wybór najkorzystniejszego miejsca na słupie, w którym należy zawiesić kabel z uwagi na wielkość natężenia pola elektrycznego (równocześnie mając na uwadze konieczność zachowania odpowiednich odległości kabla od przewodów)

Ad.1. Dodatkowe obciążenia słupów

Jest to jeden z aspektów projektowania instalacji kabla ADSS na liniach elektroenergetycznych, na który należy zwrócić szczególną uwagę.

Często się zdarza, że zawieszenie przewodów OPGW nie pociąga za sobą większych konsekwencji. Ma to miejsce w sytuacji gdy istniejący przewód odgromowy zastąpiony jest przewodem OPGW o takiej samej, ewentualnie zbliżonej średnicy, zawieszonym z naciągiem zbliżonym do naciągu istniejących przewodów. Tak wiec na ogół warunki obciążenia słupów nie zmieniają się w sposób istotny i po wykonaniu odpowiednich obliczeń sprawdzających możemy pozostawić dotychczasowe konstrukcje bez wzmocnień.

Wraz ze wzrostem ilości włókien wzrastają trudności w zastąpieniu tradycyjnego przewodu odgromowego przewodem OPGW o takiej samej lub zbliżonej średnicy.

W przypadku zawieszenia kabla ADSS zawsze będziemy mieli do czynienia ze zwiększeniem obciążeń istniejących słupów, w stosunku do stanu istniejącego.

Wzrost obciążeń wiatrowych słupów przelotowych linii 110 kV w wyniku zawieszenia kabla ADSS szacuje się na ok. 25 % w przypadku słupów jednotorowych, a ok. 10 % w przypadku słupów dwutorowych.

Sprawą oczywistą jest, że jeżeli na konstrukcjach wsporczych, które liczone są na określone warunki pracy, a więc, na określoną ilość przewodów, o takiej a nie innej średnicy, które są zawieszone z konkretnymi naciągami, zawiesimy dodatkowy kabel (przewód) to, spowoduje to dodatkowe obciążenia słupów.

Nawet jeżeli w konstrukcjach są pewne rezerwy wytrzymałościowe, to nie zawsze i z reguły niewielkie. Zwłaszcza w starych słupach, rezerwy są znikome lub żadne. To, że jakieś rezerwy były przewidziane 20, 30, 40 lat temu, nie oznacza, że w dalszym ciągu one są. Powodem tego jest to, że zmieniły się normy według których liczone są konstrukcje wsporcze. Zmienił się sposób wymiarowania konstrukcji, zwiększyły się wartości przyjmowanych do obliczeń obciążeń podstawowych (wiatr) i granice stref wiatrowych. Należy pamiętać również o tym, że stare konstrukcje z lat pięćdziesiątych były projektowane ze stali Sto, a obecnie wykorzystuje się stal St3 i 18G2A.

Często, występujące rezerwy obciążeniowe słupów wynikają z niewykorzystania w 100% możliwości obciążenia konstrukcji, określonych przez projektanta, gdyż:

- na słupach mogą być zawieszone przewody o mniejszej średnicy
- mogą być zastosowane mniejsze niż dopuszczalne naciągi
- występujące przęsła mogą być mniejsze niż dopuszczalne
- słupy załomowe pracują na mniejszych kątach załomu niż maksymalne, dla nich określone

Tak więc jest szansa, że może udać się zawiesić kabel ADSS bez konieczności wzmocnień słupów.

W przeciwnym razie gdy tych rezerw nie ma, trzeba się liczyć z koniecznością wzmocnień słupów. Prawdopodobieństwo ewentualnych wzmocnień jest większe w przypadku słupów jednotorowych (gdzie zawieszone są cztery przewody i dowieszamy piąty), niż w przypadku słupów dwutorowych (gdzie zawieszonych jest siedem/osiem przewodów i dowieszamy ósmy/dziewiąty).

Warto zwrócić uwagę na to, że spotyka się linie gdzie kabel ADSS zawieszony jest tuż poniżej przewodu odgromowego, czego należy unikać, ponieważ wysokość zawieszenia kabla wpływa na wielkość dodatkowych obciążeń konstrukcji – im wyżej zawieszony tym większe obciążenia.

Ad.2. Inna mechanika kabla ADSS

Drugim, równie ważnym aspektem projektowania instalacji kabla ADSS na liniach elektroenergetycznych, z którego musimy sobie zdawać sprawę jest to, że mechanika kabla ADSS jest inna niż typowych przewodów metalowych.

Wielkość zwisu przewodów stalowo-aluminiowych (stalowych) jakie wykorzystywane są w energetyce rośnie w sposób wyraźny wraz ze wzrostem temperatury i maleje gdy temperatura się obniża. Gdy pojawia się sadź to zwis przewodów znowu rośnie i przy sadzi normalnej jest podobny jak w temp. +40°C .

W przypadku kabli ADSS sprawa ma się inaczej. Temperatura w niewielkim stopniu wpływa na wielkość zwisu, nie tak wyraźnie i zdecydowanie jak w przypadku przewodów metalowych. Zwisy w temperaturach dodatnich i ujemnych niewiele się różnią od siebie. Natomiast przy sadzi, wielkość zwisu kabla ADSS gwałtownie się zwiększa.

Dlatego też, przy wyborze miejsca zawieszenia kabla ADSS na słupach oraz przy określaniu naciągów z jakimi ma być on zawieszony, musimy uwzględniać ten fakt aby nie okazało się, że przy pewnych warunkach pogodowych kabel ADSS opada na przewód zawieszony poniżej lub tradycyjny przewód opada na kabel ADSS.

Należy również wziąć pod uwagę fakt, że kabel ADSS jest lżejszy niż tradycyjny przewód metalowy i przy wietrze będzie się bardziej wychylał, co może spowodować, że będzie on uderzał o zawieszony obok przewód roboczy. Do takiej sytuacji nie powinno się dopuścić.

Tabela 1. *Porównanie zwisów przewodów fazowych i przewodu ADSS*

Przewód ADSS : d=14.3 [m], s = 161 [mm^2] , m = 1,618[N/m]											Naprężenie : 55[MPa]		
a[m]	temp. °C												
	-25	-15	-5	0	+10	+20	+30	+40	*Δ (9-2)*	-5sn	*Δ (11-2)*	-5sk	*Δ (13-2)*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
200 m	1,39	1,41	1,44	1,46	1,48	1,51	1,55	1,58	***0,19***	4,68	***3,29***	6,33	***4,94***
300 m	5,55	5,64	5,73	5,77	5,86	5,95	6,04	6,13	***0,58***	10,5	***4,95***	12,9	***7,35***

Przewód AFL-6 240 mm^2											Naprężenie : 98,1 [MPa]		
a[m]	temp. °C												
	-25	-15	-5	0	+10	+20	+30	+40	*Δ (9-2)*	-5sn	*Δ (11-2)*	-5sk	*Δ (13-2)*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
200 m	2,88	3,11	3,34	3,45	3,68	3,90	4,12	4,33	***1,45***	3,75	***0,87***	4,09	***1,21***
300 m	7,42	7,70	7,96	8,10	8,36	8,61	8,86	9,11	***1,69***	8,45	***1,03***	8,87	***1,45***

Ad.3. Dodatkowe konstrukcje do zawieszenia kabla ADSS

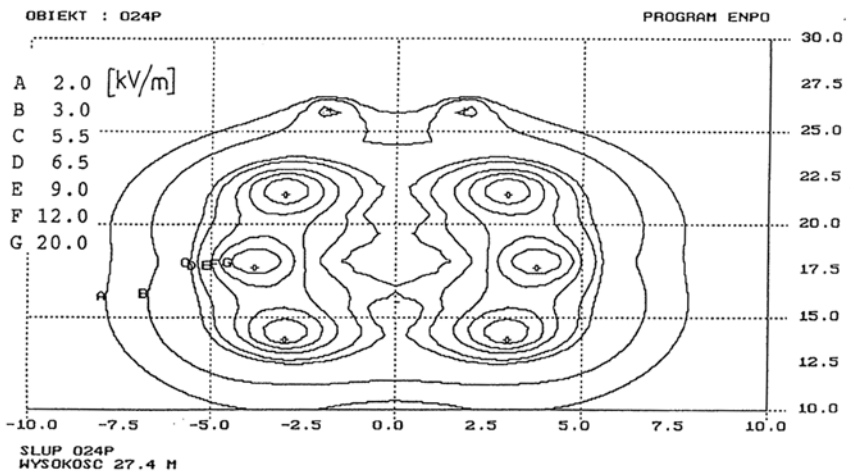
Zawsze, chcąc zawiesić kabel ADSS na słupach elektroenergetycznych trzeba zaprojektować dodatkowe elementy konstrukcyjne, które to umożliwią. Im więcej serii i typów słupów w linii tym więcej dodatkowych, różniących się między sobą konstrukcji. Czasem w niewielkim stopniu, ale jednak zawsze jest to inna konstrukcja.

Ad.4. Wybór najkorzystniejszego miejsca na słupie

Właściwe miejsce zawieszenia kabla ADSS na słupie jest bardzo ważne z powodu szkodliwego działania pola elektromagnetycznego na powłokę kabla. W wyniku tego oddziaływania, ładunki, które przeskakują po powierzchni kabla (mokrego, zabrudzonego) powodują niszczenie jego powłoki. Znany jest przypadek, że w Niemczech w wyniku takiego działania pola, kabel ADSS zawieszony na linii NN, uległ zniszczeniu i zerwaniu. To było prawdopodobnie powodem pojawienia się w Niemczech nowego rozwiązania czyli przewodów typu MASS, które mają taką samą budowę jak przewody OPGW, a zawieszane są tak samo jak kabel ADSS. Przy takim rozwiązaniu, bardziej rygorystycznie należy zadbać o zachowanie odpowiednich odległości pomiędzy przewodem MASS i przewodami roboczymi, co w wielu przypadkach nie jest łatwe. W Polsce, generalnie takiego rozwiązania nie stosuje się.

Teraz należy przyjąć, że producenci i projektanci zdają sobie sprawę z tego zjawiska a więc materiały z jakich robione są kable ADSS, ich powłoki są bardziej doskonałe a projekty bardziej przemyślane. Na początku lat dziewięćdziesiątych podchodzono z rezerwą do kabla ADSS na liniach 110 kV, a obecnie jest to sprawą normalną pod warunkiem zachowania określonych zasad.

Tym niemniej należy zdawać sobie z tego sprawę i wybierać do zawieszenia kabla takie miejsce na słupie, gdzie oddziaływanie pola jest najmniejsze. Można to określić na podstawie wykresów rozkładu pola elektromagnetycznego na słupie, które powinny być wykonywane w trakcie opracowywania projektu zawieszenia kabla ADSS na linii NN (Rys. 1).



Rys. 1. *Przykładowy rozkład natężenia pola elektromagnetycznego na słupie dwutorowym z dwoma przewodami odgromowymi dla konkretnego układu faz*

4. Zakończenie

Na koniec należy jeszcze wspomnieć, że do zawieszania kabla ADSS na liniach NN stosowane są zawiesia oplotowe a do ochrony przeciwdrganiowej tłumiki spiralne z tworzywa sztucznego lub ewentualnie tłumiki Stockbridge'a mocowane na kablu przy wykorzystaniu oplotu ochronnego.

Pozornie może wydawać się, że instalacja kabla ADSS na liniach elektroenergetycznych jest rzeczą mało skomplikowaną. W rzeczywistości jednak, jeżeli chcemy zapewnić bezpieczeństwo konstrukcjom słupów jak i samemu kablowi, wymaga to odpowiedniej wiedzy i świadomości zagrożeń, które należy rozważyć przystępując do projektowania.