



Ewa STRUŻEWSKA

PSE – Operator S.A.

## Przewody odgromowe typu OPGW w liniach NN - doświadczenia eksploatacyjne PSE S.A.

**Streszczenie.** W publikacji omówiono przypadki uszkodzeń przewodów odgromowych skojarzonych z włóknami światłowodowymi (OPGW), które zdarzyły się w trakcie ich 11 letniej eksploatacji w liniach NN. Skoncentrowano się głównie na zawodności przewodu typu 22/26mm<sup>2</sup>/437 oraz przypadkach uszkodzeń mostków uziemiających i tłumików Stockbridge'a. Podjęto próbę ustalenia przyczyn awaryjności ww. przewodu i elementów osprzętu. Podkreślono potrzebę dalszego monitorowania awaryjności przewodów OPGW i analizowania przyczyn ich uszkodzeń.

**Abstract.** (Optical ground wire cables type OPGW in overhead HV lines – PPGC operating experiences). This paper describes the asses of damages of optical ground wire cables (OPGW), which occurred during the 11-year- period of the service in overhead HV lines. Damages of OPGW cable of tape 22/26mm<sup>2</sup>/437 and grounding compression lugs and Stockbridge dampers have considered detail. The attempt is made to establish the reasons of failures of optical ground wire and accessories. In the paper was underline the necessity of continuing of statistical analysis of failures of OPGW cables.

**Słowa kluczowe:** przewody odgromowe typu OPGW, włókno światłowodowe, osprzęt instalacyjny, statystyka awaryjności, analiza przyczyn uszkodzeń.

**Keywords:** optical ground wire cables, optical fiber, accessories, failure frequency statistics, analysis of failure causes

### Wstęp

Budowa krajowego systemu telekomunikacyjnego rozpoczęła się z początkiem lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Do budowy głównych traktów światłowodowych przyjęto optymalną i nowoczesną wówczas technologię instalacji z wykorzystaniem napowietrznych linii energetycznych najwyższych napięć (NN). W trakcie modernizacji linii 220 i 400 kV dokonywano wymiany jednego z dwóch przewodów odgromowych na przewód OPGW - „Optical Ground Wire” (energetyczny przewód goły do linii napowietrznych skojarzony z włóknami światłowodowymi). Nowe trakty światłowodowe – w energo-tyce - buduje się nadal w ten sam sposób.

Przewody odgromowe OPGW spełniają dwie funkcje:

- ochronną przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi (oplot przewodów) i
- teletransmisyjną, wykorzystywaną w łączności energetycznej, telekomunikacji, szybkiej transmisji danych, telewizji kablowej itp. (moduł optyczny).

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat w sieci przesyłowej zainstalowano ponad 6250 km przewodów odgromowych skojarzonych z włóknami światłowodowymi.

Od kilku lat eksploatorzy linii NN obserwują postępującą awaryjność tych przewodów. Uszkodzeniom ulegają zarówno moduły optyczne, oploty oraz elementy osprzętu instalacyjnego i ochronnego.

W niektórych przypadkach, przyczyną awarii jest wandalizm i kradzieże zapasu przewodu oraz puszek łączeniowych. Jednakże znaczna ilość uszkodzeń może wynikać również z nieprawidłowego dostosowania przewodów OPGW do warunków pracy linii elektroenergetycznych w strefach o zróżnicowanych narażeniach klimatycznych. Zagadnienie awaryjności przewodów OPGW jest bardzo ważne dla PSE S.A., ponieważ straty związane z przerwami w pracy linii są wysokie, głównie z powodu braku przesyłu i kosztów usuwania skutków awarii.

W publikacji podjęto próbę ustalenia przyczyn awaryjności przewodów OPGW w liniach NN.

### Instalacja i utrzymanie przewodów OPGW w liniach przesyłowych 220 i 400 kV

Przewody OPGW były instalowane przez PSE S.A. od 1993 roku. Tworzą one w liniach - łącznie z odpowiednim osprzętem instalacyjnym (zawiesia przelotowe i zawiesia odciągowe), osprzętem uziemiającym i mocującym (zaciski, klamry, linki), ochronnym (tłumiki drgań) oraz dodatkowym wyposażeniem w postaci: skrzynek połączeniowych i wieszaków zapasu - wydzielony system teletransmisyjny. Wymaga się, aby wszystkie elementy tego systemu zachowały w liniach elektroenergetycznych zdolność eksploatacyjną przez co najmniej 30 lat [1]. Do roku 2005 przewody OPGW zainstalowano w 88 liniach o łącznej długości około 6250 km przewodu bez uwzględniania odcinków zapasów łączeniowych zgromadzonych na specjalnie wykonanych wieszakach zapasów.

Przewody OPGW zainstalowane w liniach 220 i 400 kV były kupowane sukcesywnie, głównie w ramach kolejnych przetargów, od znanych światowych producentów kabli światłowodowych. W związku z powszechną tendencją do łączenia kapitału, wszystkie firmy, od których zakupiono ww. przewody, funkcjonują w chwili obecnej jako nowe przedsiębiorstwa o zmienionych nazwach. Jednakże, dla potrzeb publikacji, postanowiono używać nazw obowiązujących w momencie zakupu przewodów.

Największe ilości przewodów OPGW (około 4200 km), zostały zakupione w firmie Alcoa Fujikura Ltd. (realizacja dwóch dużych kontraktów z lat 1993 i 1996).

Zainstalowane w PSE S.A. przewody OPGW różnią się między sobą pod względem konstrukcji modułu optycznego i oplotu [2]. Przy zakupach przewodu, dokonywano równocześnie zakupu osprzętu instalacyjnego, kompatybilnego z danym przewodem.

Należy tu wspomnieć, że pierwsze instalacje przewodów OPGW były wykonane przy użyciu osprzętu śrubowego. W kolejnych przetargach zdecydowano się na osprzęt oplotowy-preformowany. Rozwiązanie to ma szereg zalet [3].

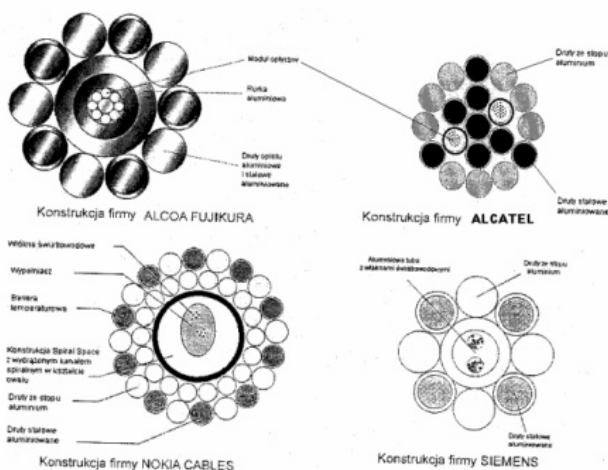
## Konstrukcje przewodów OPGW

Średnice przewodów OPGW i ich parametry wytrzymałościowe zależą przede wszystkim od konstrukcji oplotu (ilości drutów stalowych, ilości drutów stopowych i ich przekroju). W przypadku przewodów produkcji firm Alcoa Fujikura i Siemens wpływ na średnicę przewodu ma również centralna rurka aluminiowa, stanowiąca tubę ochronną dla jednostki optycznej, w której są ułożone włókna szklane w ilościach wymaganych przez kupującego tj. od 12 do 144 włókien lub więcej. Włókna światłowodowe są układane luźno – bez naprężeń, jako moduł lub moduły optyczne w rurce aluminiowej tak, aby zachowany był nadatek ich długości w stosunku do całkowitej długości przewodu, niezbędny przy instalacji i eksploatacji OPGW a także przy pomiarach tłumienności włókien.

Odmianą konstrukcją mają przewody produkowane przez firmy Nokia Cables i Alcatel Optical Fibre. W przypadku firmy Nokia Cables włókna światłowodowe umieszczane są w centralnej rurce plastikowej wykonanej ze specjalnego tworzywa termoizolacyjnego, profilowanej w taki sposób, aby nadatek włókien szklanych wynosił co najmniej 0.3 %.

Z kolei w konstrukcjach firmy Alcatel jednostki optyczne są umieszczane luźno w rurkach (jednej lub kilku w zależności od liczby włókien), wykonanych ze stali nierdzewnej o średnicach równych drutom oplotu, skręconych łącznie z drutami oplotu. Przewody firmy Alcatel mają konstrukcję zbliżoną do typowych przewodów odgromowych. Oplot przewodu może być jedno lub wielowarstwowy, wykonany z drutów ze stopu aluminium i stali aluminiowanej. W konstrukcjach wielowarstwowych oplot poszczególnych warstw skręcany jest naprzemiennie.

Przewody OPGW produkowane ze stopów aluminiowych AlMgSiO, charakteryzujące się niższą wytrzymałością zmęczeniową niż przewody stalowe – aluminiowe, wymagają ochrony przeciwdrganionej [4,5], zabezpieczającej przewody przed drganiami eolskimi. Poprzez system ochrony rozumie się dobór tłumików Stocbridg'a dla danego typu przewodu za pomocą programu komputerowego (uwzględniającego wpływ narażeń eksploatacyjnych i parametry linii), wg którego dobiera się ilości tłumików oraz dokładne miejsca ich instalacji na przewodzie OPGW. Różnice w konstrukcjach przewodów instalowanych w liniach NN pokazano na rys. 1



Rys.1 Przykładowe konstrukcje przewodów OPGW

## Awaryność systemu teletransmisyjnego w PSE S.A.

W ciągu 11 lat eksploatacji przewodów OPGW zanotowano 49 awarii traktów światłowodowych. W 13

przypadkach przyczyną były kradzieże zapasów przewodu OPGW i/lub współpracujących z nim elementów oraz wandalizm. Natomiast w 36 przypadkach były to awarie wynikające z zawodności przewodu OPGW (32 –krotne) i osprzętu (4 –krotne). 34 przypadki uszkodzeń dotyczyły przewodów firmy Alcoa Fujikura, 1 przypadek firmy Nokia Cables i 1 firmy Siemens. Pierwsza awaria przewodu OPGW miała miejsce już w 1994 roku. Na zawodność konstrukcji przewodu lub elementów z nim współpracujących wpływ mogły mieć zarówno czynniki atmosferyczne (wyładowania piorunowe, drgania eolskie, oblodzenie przewodu) jak i wady materiałowe bądź błędy instalacyjne czy projektowe. W zestawieniach awaryjności przewodów OPGW nie brano pod uwagę przypadków uszkodzeń spowodowanych ekstremalnymi czynnikami zewnętrznymi, np. sadyż katastrofalną, wichurą itp., skutkujących zniszczeniem sekcji lub kilku przęseł linii. Uszkodzenia przewodu OPGW i osprzętu zarejestrowano 35 –krotnie na liniach 220 kV i jednokrotnie na linii 400 kV. Należy tu podkreślić, że 28 razy awariom uległ przewód typu 22/26mm<sup>2</sup>/437, w tym, aż 11-krotnie w linii 220 kV Jasiniec – Gdańsk I. Uszkodzenia na pozostałych typach przewodów firmy Alcoa Fujikura zanotowano – 5 -krotnie. Trzeba tu przypomnieć, że przewody OPGW tej firmy pozostają w eksploatacji najdłużej.

Przewód 22/26mm<sup>2</sup>/437 z uwagi na wymaganą małą średnicę (mniejsze obciążenie wiatrowe) był instalowany jako zamiennik przewodu odgromowego typu OFL 1,7/70 mm<sup>2</sup> na wielu zmodernizowanych liniach 220 kV, wybudowanych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych zwykle na słupach serii Hc. Częstość uszkodzeń tego przewodu może wynikać więc z jego słabej konstrukcji i znacznego zakresu instalacji na terenie Polski; jego udział w istniejących traktach światłowodowych – wynosi ponad 1200 km. Przewody energetyczne o małych średnicach są bardziej narażone na oddziaływanie drgań eolskich niż przewody grubsze [4,5].

Analiza uszkodzeń przewodów OPGW wykazała, że 14 z nich dotyczyło zerwania (1,2,3 lub więcej) drutów oplotu, a 10 – pęknięcia rurki aluminiowej osłaniającej moduł optyczny. W ośmiu przypadkach zanotowano uszkodzenia włókien i wzrost ich tłumienności. Na czterech liniach zanotowano wielokrotne przypadki uszkodzeń tłumików drgań i mostków uziemiających. W przypadku uszkodzenia przewodu OPGW produkcji firmy Siemens (1 zdarzenie), przyczyną była wada materiałowa jednego włókna światłowodowego.

Z kolei przypadek uszkodzenia oplotu przewodu OPGW (pęknięte 4 druty) produkcji firmy NOKIA jest aktualnie analizowany. Wydaje się, że wyładowanie atmosferyczne mogło spowodować uszkodzenie oplotu.

## Istotne przypadki uszkodzeń traktów OPGW

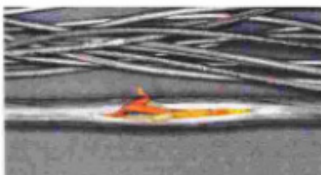
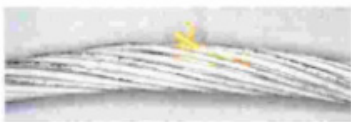
W chwili obecnej zasadniczym problem technicznym dla eksploatacji linii jest przewód OPGW typu 22/26mm<sup>2</sup>/437, zainstalowany w liniach 220 kV, a zwłaszcza w linii Pątnów – Jasiniec (rok instalacji - 1994 r.) – 4 przypadki uszkodzeń i Jasiniec – Gdańsk I (rok instalacji - 1996 r.) – 11 przypadków uszkodzeń.

W tabeli 1 zestawiono awarie zarejestrowane w ww. liniach wraz z podaniem rodzaju uszkodzenia przewodu. Od roku 1998 na obu traktach zarejestrowano 15 awarii, przy czym 11 z nich zdarzyło się w okresie zimowym. W 9 przypadkach przyczyną uszkodzenia przewodu było pęknięcie rurki aluminiowej, co w konsekwencji spowodowało zamarznięcie zbierającej się wewnątrz niej wody a następnie wraz z lodem wypchnięcie włókien światłowodowych poza oplot. Uszkodzenia tego rodzaju obrazuje rysunek 2. W 3 przypadkach wystąpiła przerwa

w teletransmisji kilku włókien światłowodowych i/lub ich zwiększona tłumienność. W pozostałych 3 przypadkach zanotowano jednocześnie uszkodzenia drutów oplotu i pęknięcia rurki aluminiowej.

Tabela 1. Przypadki uszkodzeń przewodu OPGW zarejestrowane w liniach 220 kV Jasiniec – Pałtów i Jasiniec – Gdańsk I

Lp.	Trakt OPGW	Data awarii	Rodzaj uszkodzenia
1	Jasiniec-Pałtów	14.03.1998	Pęknięte druty oplotu, uszkodzona rurka - wzdłuż, przeszło 110-111
2	Jasiniec-Gdańsk	28. 11.1998	Pęknięcie rurki, lód w rurce, przeszło 37-38
3	Jasiniec-Gdańsk	30.03.1998	Pęknięcie rurki, lód w rurce, przeszło 100-101
4	Jasiniec-Gdańsk	12.01.2000	Uszkodzenie 2-ch włókien, przeszło 22-23
5	Jasiniec-Gdańsk	23.01.2000	Uszkodzenie 4-ch włókien.
6	Jasiniec-Gdańsk	01.02.2000	Uszkodzenie rurki - wzdłuż i 2-ch włókien, przeszło 22-23
7	Jasiniec-Pałtów	18.04.2000	Pęknięte 2 druty oplotu i rurka aluminiowa, przeszło 102-103
8	Jasiniec-Gdańsk	02.2001	Pęknięta rurka - wzdłuż, lód w rurce, przeszło 203-204
9	Jasiniec-Pałtów	25.12.2001	Uszkodzenie 4-ch włókien
10	Jasiniec-Pałtów	13.02.2002	Pęknięta rurka po obwodzie, przeszło 109-111
11	Jasiniec-Gdańsk	29.04.2003	Pęknięte 3 druty oplotu, przeszło 142-143
12	Jasiniec-Gdańsk	29.04.2003	Pęknięta rurka - wzdłuż przeszło 122-123
13	Jasiniec-Gdańsk	07.01.2004	Pęknięta rurka - wzdłuż, przeszło 257-259
14	Jasiniec-Gdańsk	20.07.2004	Pęknięta rurka - wzdłuż, przeszło 285-287
15	Jasiniec-Gdańsk	08.02.2005	Pęknięta rurka po obwodzie, przeszło .22-23



Rys.2. Przykład awarii przewodu OPGW: wzdłużne pęknięcie tuby aluminiowej i wypchnięcie włókien światłowodowych poza oplot

Kolejnym również istotnym problemem w eksploatacji traktów światłowodowych jest samoistne zrywanie się ciężarków tłumików drgań i uszkodzanie mostków uziemiających.

W tabeli 2 zestawiono awarie dotyczące osprzętu instalacyjnego i ochronnego.

Tabela 2. Zarejestrowane awarie osprzętu instalacyjnego i ochronnego

Lp.	Trakt OPGW	Napięcie linii	Data awarii	Rodzaj uszkodzenia	Typ przewodu
1	Gdańk-Olsztyn Mątki	220 kV	2000	Zerwanie 8 tłumików	32/40/504
2	Stalowa Wola - Abramowice	220 kV	2001	Zerwanie 4 tłumików i 36 mostków	22/26/437
3	Abramowice - Mokre	220 kV	2001	Zerwanie 55 tłumików	14/37/443
4	Kielce - Rożki	220 kV	2001	Zerwanie 37 mostków	22/26/437

Z uwagi na ilość zaistniałych zdarzeń awaryjnych na ww. liniach 220 kV, wymagających częstych interwencji eksploatacyjnych: wymiany lub reperacji uszkodzonego przewodu i osprzętu instalacyjnego, wielokrotnie dochodziło do spotkań pomiędzy przedstawicielami PSE S.A. i firmy Alcoa Fujikura. Kilkakrotnie poddawano badaniom uszkodzone fragmenty przewodu OPGW i osprzętu celem określenia przyczyn ich zawadności [6,7].

#### Rezultaty badań i analiz

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz przedstawiciele firmy Alcoa Fujikura stwierdzili kategorycznie, że przyczyną wielokrotnych awarii przewodu OPGW typu 22/26mm<sup>2</sup>/437 nie mogą być ani wady materiałowe ani błędy technologiczne [7]. Uznali, że prawdopodobną przyczyną uszkodzeń rurki aluminiowej na odcinku przewodu na słupie bądź w jego bliskości, może być nieprawidłowa instalacja przewodu – zastosowanie zbyt sztywnych konstrukcji mocujących przewód OPGW do słupów energetycznych (zawiesia przelotowe i odciągowe, mostki uziemiające) ewentualnie nietypowe warunki meteorologiczne występujące w trakcie eksploatacji linii [6]. Mimośrodowe pęknięcie aluminiowej rurki oplotu mogłoby w pewnym stopniu potwierdzać hipotezę „sztywnego mocowania” [8].

Z kolei, w przypadku tłumików drgań, za przyczynę uszkodzeń uznano zjawisko drgań eolskich występujące jednocześnie ze zjawiskiem oblodzenia tłumików. Awaryjność mostków uziemiających, według opinii specjalistów ze strony producenta, powodowana była sztywnością połączenia przewodu uziemiającego z konstrukcją słupa.

Specjaliści ze strony Infrastruktury Sieciowej PSE S.A. nie zgodzili się ze stanowiskiem, prezentowanym przez producenta, uważając, że nie jest ono należyście uzasadnione merytorycznie.

Wg opinii PSE S.A., za awaryjność przewodu OPGW typu 22/26mm<sup>2</sup>/437 odpowiedzialna jest jego konstrukcja (mała średnica przewodu równa 11,1 mm, małe średnice drutów oplotu, centralne usytuowanie tuby aluminiowej). Mała średnica przewodu i centralne usytuowanie rurki aluminiowej zwiększa podatność przewodu na działanie drgań eolskich. Konstrukcja zewnętrznej warstwy oplotu (usytuowanie drutów stalowych i stopowych o małej średnicy wokół tuby aluminiowej) nie zapewnia dostatecznej wytrzymałości na przepięcia atmosferyczne. Niską wytrzymałość przewodu o oplotcie wykonanym z cienkich drutów, na wyładowania piorunowe, potwierdzają zarówno badania atestowe przewodów OPGW wykonane przez IEN [9], jak i badania laboratoryjne niemieckich badaczy [10].

W przypadku awaryjności mostków uziemiających podana przez producenta przyczyna uszkodzeń wydaje się zasadna. W nowo budowanych traktach OPGW, mostki uziemiające instaluje się z zachowaniem elastyczności połączenia stosując w miejsce przewodu stalowo-aluminiowego linkę miedzianą lub aluminiową. Nie zaobserwowano dotychczas uszkodzeń w mostkach nowej generacji.

Podaną przez producenta przyczynę podatności na uszkodzenia tłumików drgań należy zweryfikować poprzez częstą kontrolę stanu ich instalacji.

Przedstawiciele firmy Alcoa Fujikura zaproponowali PSE S.A współpracę przy analizowaniu wyników pomiarów, uzyskanych ze szczegółowego monitorowania pracy przewodu typu 22/26mm<sup>2</sup>/437 w liniach Pątnów – Jasiniec, Jasiniec – Gdańsk I, w zakresie następujących pomiarów: tłumienności włókien światłowodowych, drgań eolskich i zwisów przewodu OPGW, oraz zliczania przeskoków i zwarć wraz z jednoczesnym rejestrowaniem warunków klimatycznych. Natomiast w przypadku uszkodzeń tłumików, monitorowanie miało objąć linię Abramowice - Mokre i dotyczyć pomiarów sprawdzania instalacji tłumików drgań oraz pomiarów drgań eolskich wraz z rejestracją warunków klimatycznych.

Departament Infrastruktury Sieciowej PSE S.A. nie zaakceptował powyższej propozycji uważając, że przyczyna uszkodzeń wspomnianego przewodu wynika z niedostosowania konstrukcyjnego wspomnianego przewodu do warunków narażeń. Natomiast zaproponowany zakres badań i pomiarów (bez wątplenia interesujący pod względem szeroko zakrojonych analiz) proponowany do wykonania na trzech liniach jest bardzo kosztowny i bardzo pracochłonny dla eksploatorów linii.

#### Wnioski

Doświadczenia nagromadzone w trakcie jedenastoletniego okresu eksploatacji przewodów OPGW w liniach NN można podsumować następująco:

- obserwuje się dużą podatność przewodu OPGW typu 22/26mm<sup>2</sup>/437 produkcji firmy Alcoa Fujikura na różnego rodzaju awarie; przewód ten charakteryzuje się słabą konstrukcją, małą wytrzymałością mechaniczną i niską odpornością na przepięcia atmosferyczne.
- w przypadku nowych instalacji światłowodowych w liniach elektroenergetycznych należy zwracać uwagę na konstrukcję przewodu OPGW: (jego średnicę,

średnicę drutów oplotu oraz na konstrukcję tuby (tub osłaniającej moduły optyczne).

- należy prowadzić szczegółową statystykę awaryjności przewodów OPGW oraz osprzętu instalacyjnego i ochronnego a także dokonywać analizy przyczyn ich uszkodzeń w celu wyeliminowania rozwiązań niewłaściwych do stosowania w liniach NN.
- widoczna jest potrzeba, przy dokonywaniu zakupów nowych przewodów OPGW, sprawdzania ich parametrów wytrzymałościowych w próbach atestowych i kontrolno – odbiorczych.

#### LITERATURA

- [1] Wymagania techniczne PSE S.A. dla przewodów energetycznych skojarzonych z jednomodowymi włóknami światłowodowymi (OPGW i MASS), wyd. III, 2000r.
- [2] Strużewska E., Ocena niezawodności przewodów odgromowych skojarzonych z włóknami światłowodowymi, VIII Sympozjum Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia, 2001, 411- 418
- [3] Wymagania techniczne PSE S.A. dla osprzętu instalacyjnego przewodów energetycznych skojarzonych z włóknami światłowodowymi (OPGW i MASS), wyd. I, 2002r.
- [4] Strużewska E., Pierwsze rejestracje drgań eolskich w przewodach odgromowych typu OPGW w PSE S.A., *Biuletyn Miesięczny PSE S.A. nr 9 (87)*, 1998, 13-14
- [5] Strużewska E., Terenowe rejestracje drgań eolskich w przewodach odgromowych typu OPGW, VII Sympozjum Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia, 1999, 427- 438
- [6] Militaru C., AFL analysis of damaged Stockbridge dampers for 220 kV line Abramowice – Mokre and Abramowice – Stalowa Wola and damage of grounding compression lug wire for 220 kV line Abramowice – Stalowa Wola and Rożki – Kielce, *Technical report*, 2002r.
- [7] Booth M., Analysis of damaged OPGW cables for 220 kV line Pątnów Jasiniec, Jasiniec – Gdańsk land 400/220 kVline Bydgoszcz Zach. –Jasiniec, *Technical report*, 2002r.
- [8] Transmission Line Reference Book Wind-induced conductor motion, EPRI Research Project 792, 1995r.
- [9] Karpiński L., Badania piorunowe przewodów OPGW, *sprawozdania z badań wykonanych w latach 1996, 1997, 1998, 1999*
- [10] Boehme M., Moeller K., Arc motion during lightning test of power ground wires with optical fibers (OPGW), *Materiały konferencyjne ICLP, Birmingham*, 1998, 571 – 575

**Autor:** mgr inż. Ewa Strużewska, PSE - Operator S.A Departament Infrastruktury Sieciowej, [ewa.strużewska@pse-operator.pl](mailto:ewa.strużewska@pse-operator.pl)