

Zbigniew Gniadek*, Andrzej Jaglarz*

ANALIZA AWARYJNOŚCI KABLI ŚREDNIEGO NAPIĘCIA W ZAKŁADZIE ENERGETYCZNYM TARNÓW S.A.

Streszczenie: W referacie przedstawiono dane dotyczące stosowanych rodzajów kabli średniego napięcia ich awaryjności, oraz działania podjęte w celu ograniczenia częstotliwości występowania uszkodzeń.

Słowa kluczowe: awaryjność, kable elektroenergetyczne, stan techniczny, działania zmniejszające awaryjność

1. Wstęp

Zakład Energetyczny Tarnów S.A. eksploatuje ogółem 658 km kablowych linii elektroenergetycznych, które pracują na napięciu 30, 15 i 6 kV głównie na terenach miejskich.

W eksploatacji znajdują się następujące typy kabli:

- HAKFta, HAKnFta — kable o izolacji papierowej tzw. tradycyjne,
- HAKY — kable z izolacją papierową w osłonie polwinitu,
- NHAKBA — kable w izolacji papierowej produkcji jugosłowiańskiej lub hiszpańskiej,
- YHdAKX, YHdtAKX, YHAKX — z izolacją z polietylenu nieusieciowanego,
- YHAKXS — z izolacją z polietylenu usieciowanego,
- XURHAKXS — z izolacją z polietylenu usieciowanego uszczelnione wzdłużnie i poprzecznie.

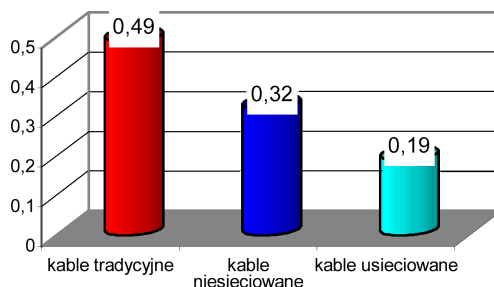
* Zakład Energetyczny Tarnów S.A.

Przekroje tych kabli zawierają się w granicach od 16 do 240 mm².

Różnorodność osprzętu stosowanego w liniach kablowych wynika z rozwoju technicznego i dostępu do nowych technologii wykonywania połączeń:

- mufy kablowe dla kabli tradycyjnych — najstarsze typy to MPO, MŻ, obecnie stosuje się w większości mufy firmy Barnier,
- głowice dla kabli tradycyjnych — dawniej stosowano typy GOw (wnętrzowe), GOn (napowietrzne), obecnie termokurczliwe i zimmokurczliwe firmy Raychem EPKT,
- osprzęt dla kabli z izolacją z polietylenu — przy naprawach stosuje się zestawy w oparciu o taśmy Bischopa, Scotscha i Barniera, przy nowych osprzęt firmy 3M typu QT.

Strukturę eksploatowanych kabli ze względu na rodzaj izolacji przedstawiono na wykresie (rys. 1).



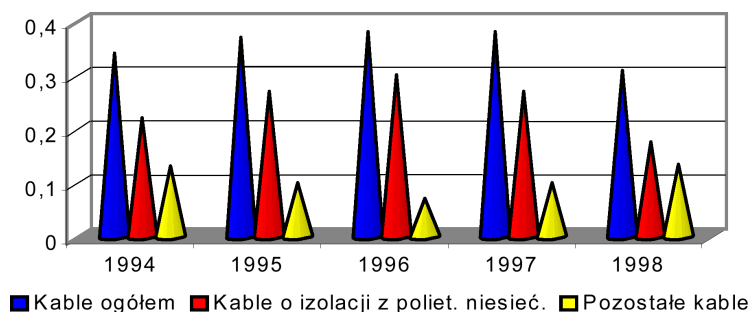
Rys. 1. *Struktura eksploatowanych kabli*

2. Awaryjność kabli

W celu uproszczenia analizy przyjęto umowny podział na kable z izolacją z polietylenu niesieciowanego i pozostałe. Wskaźnik uszkodzeń kabli liczony jest jako ilość uszkodzeń na km. Na wykresie przedstawiono rozkład wskaźnika w latach 1994 do 1998.

Z rysunku 2 wynika iż 1998 roku nastąpił spadek ilości awarii w ogóle, szczególnie zaś w kablach niesieciowanych. Osiągnięto to w wyniku zastosowania działań eksploatacyjnych polegających na:

- wymianie kabli niesieciowanych w całości lub ich odcinków,
- zamontowaniu rezystorów uziemiających, w dwóch GPZ, przy czym jeden GPZ pracuje tylko na sieć kablową, a drugi na sieć kablowo-napowietrzną,
- zastosowaniu ograniczników przepięć montowanych na głowicach kablowych,
- zastosowaniu do lokalizacji uszkodzeń w ciągach kablowych, wskaźników przepływu prądu zwarcia.



Rys. 2. Wskaźnik uszkodzeń kabli

W sieciach kablowych zasilanych z GPZ pracujących z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor w 1998 r. nie stwierdziliśmy jednoczesnych uszkodzeń w kilku kablach, które często występowały w poprzednich okresach kiedy pracowano z izolowanym punktem neutralnym w wyniku ograniczenia przepięć w sieci. Stwierdzono pewne selektywne działanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych, które ograniczyły czas trwania zwarć nie dopuszczając do przerodzenia się ich w zwarcia wielofazowe.

Zamontowanie wskaźników przepływu prądu zwarciovego ograniczyło ilość łączy na zwarcie uszkodzonego ciągu podczas lokalizacji wyeliminowało rozszerzanie się awarii na inne kable wskutek przepięć łączeniowych. Jednocześnie skróciło zdecydowanie czas przywrócenia zasilania dla odbiorców. Analiza przyczyn uszkodzania się kabli w latach 1994 do 1998 wykazała, że 91% wszystkich przyczyn to uszkodzenia kabli w trasie, a pozostałe 9% to uszkodzenia osprzętu. Z uszkodzeń kabli w trasie przyczyną 6% awarii były następstwa prowadzonych prac ziemnych.

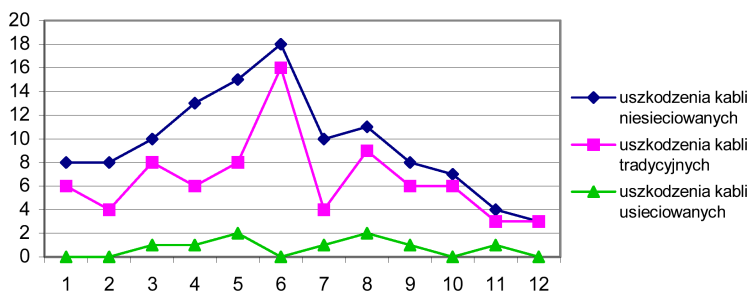
W Zakładzie Energetycznym Tarnów S.A. w latach 60–70 podstawowym problemem były awarie osprzętu na kablach 15 kV. Po wprowadzeniu nowych technologii z wykorzystaniem najnowszych rozwiązań z dziedziny inżynierii materiałowej wprowadzenia cyklu szkoleń i wyegzekwowaniu jakości, awaryjność osprzętu zmalała i jest rzędu kilku procent wszystkich awarii na kablach.

W roku 1998 nastąpił wzrost ilości uszkodzeń kabli z izolacją tradycyjną. Rozkład uszkodzeń w ciągu roku przedstawiono na rys. 3.

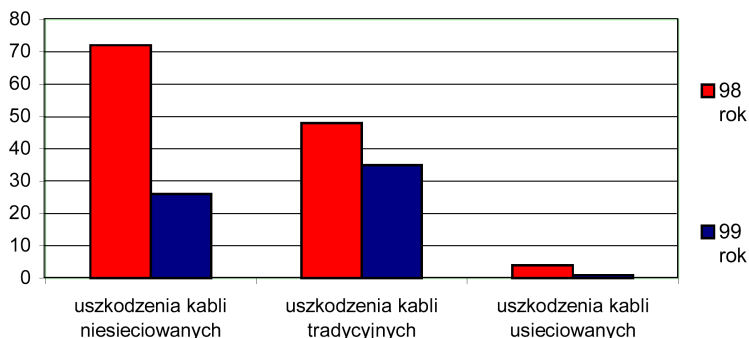
Rozkład uszkodzeń kabli niesieciovanych jest podobny jak w latach ubiegłych. Potwierdza się twierdzenie, że w kablach tych w okresie zimowym następuje tworzenie się „drzewek” w izolacji, natomiast w okresie letnim na wskutek wilgotności i temperatury zmniejsza się rezystywność pozostałej warstwy izolacji i powstają warunki do wystąpienia uszkodzeń.

Tendencja spadku ogólnej ilości uszkodzeń utrzymuje się w dalszym ciągu i w tym roku. Porównanie ilości uszkodzeń za pierwsze półrocze przedstawiono na rys. 4.

W porównaniu roku 1998 do poprzednich wystąpił zauważalny wzrost ilości uszkodzeń kabli z izolacją papierową. Z posiadanych informacji nie ustalono jednoznacznej przyczyny tego zjawiska. Celem dokładnej analizy w tym roku prowadzimy poszerzoną statystykę i analizę awarii tych kabli.



Rys. 3. Rozkład ilości uszkodzeń kabli w roku 1998



Rys. 4. Porównanie uszkodzeń za I półrocze roku 1998 i 1999

3. Ocena dotychczasowych działań

Przedstawione wykresy wyraźnie wskazują na obniżenie ilości uszkodzeń kabli niesieciowanych w roku 1998 i utrzymującą się podobną tendencją w roku 1999. W dalszym ciągu przyczyną uszkodzania się kabli tego typu jest zawilgocenie izolacji i w konsekwencji tworzenie się „drzewek wodnych”, które są przyczyną występowania doziemień i zwarć. Oceniamy, że najważniejszą przyczyną zmniejszenia się ilości awarii stanowi sukcesywna wymiana odcinków kabli niesieciowanych na kable z izolacją tradycyjną. Analiza uszkodzeń kabli wykonywana jest z wykorzystaniem programu informatycznego „AWARYJNOŚĆ” na podstawie, której typuje się (z uwzględnieniem ilości awarii w roku ostatnim i ilości awarii w latach poprzednich) odcinki kabli i wprowadza je do planu wymiany. Na tej podstawie ustala się zakres finansowy zadań na przyszły rok. Zasadą jednak jest utrzymywanie pracującego kabla do chwili jego uszkodzenia i dopiero wtedy przystępuje się do ponownej analizy kosztów na podstawie której podejmuje się decyzje o zakresie jego wymiany. W celu zmniejszenia kosztów wymiany kabli niesieciowanych wykorzystuje się budowę innych kabli przebiegających w pobliżu trasy kabli w izolacji z polietylenu niesieciowanego, przy czym dąży się do optymalizacji przebiegu nowej trasy.

Nowym rozwiązaniem jest zastosowanie czterech kabli jednożyłowych z polietylenem usieciowanego wzdłużnie i poprzecznie. Czwarta żyła stanowi rezerwę i jest z jednej strony włączona pod napięcie. Dotychczasowa skala uszkodzeń kabli nieusieciowanych spowodowała skoncentrowanie się służb eksploatacyjnych Zakładu głównie na analizie przyczyn uszkodzeń tych kabli. Struktura awarii w roku 1998 i 1999 wskazuje na potrzebę jednakowego podejścia do wszystkich rodzajów kabli.

Zastosowanie wskaźników przepływu prądu zwarcia, obecnie w sieci zamontowanych jest 80 sztuk, oprócz efektów wspomnianych powyżej usprawniło pracę dyspozytorską. Ocenia się, że czas lokalizacji miejsca uszkodzenia przez pogotowie energetyczne zmniejszył się o 50–60% w ciągach wyposażonych we wskaźniki. W tabeli 1 podano porównanie czasów lokalizacji uszkodzeń w wybranych ciągach.

Tabela 1. Porównanie czasów lokalizacji uszkodzeń w wybranych ciągach kabli

Nazwa ciągu	Uszkodzony kabel	Przed zamont. SZM-2		Po zamont. SZM-2	
		Data i czas awarii		Data i czas awarii	
Podzamcze – Os. Gumniska	Os. Gumniska 3 – Lwowska 15	28.06.97 r. 19.09.97 r.	60 min. 99 min.	28.08.99 r.	20 min.
Grabówka – Jasna 10	Grabówka – Jasna 10	05.09.97 r.	68 min.	29.05.99 r.	25 min.
Grabówka – Jasna 5	Jasna 5 – Jasna 7	24.07.96 r.	51 min.	08.02.98 r. 05.02.99 r.	15 min. 11 min.
Piaskówka – Energopol	Piaskówka – Energopol	23.01.98 r.	104 min.	20.01.99 r.	42 min.
Grabówka – Jasna 11	Grabówka – Jasna 11	23.10.96 r.	28 min.	28.11.97 r.	10 min.

4. Badania (próby) kabli średniego napięcia w Zakładzie Energetycznym Tarnów S.A.

Do badania kabli i lokalizowania uszkodzeń posiadamy aparaturę firmy Messa Elektronik Drezno i firmy Hagenuc. Mimo różnic w technologii pomiaru i roku produkcji, przyrządy te pracują w oparciu o prąd stały. Metoda ta jest dopuszczalna przez obowiązujące normy. Używamy aparatury zamontowanej na samochodzie pomiarowym oraz aparatury przenośnej. Jak wykazały doświadczenia, próba napięciowa prądem stałym przy kablach z izolacją z polietylenem nie określa jednoznacznie stanu izolacji kabla. Można stwierdzić że upływność kabli jest porównywalna z upływnością przyrządów zainstalowanych na samochodzie pomiarowym a mimo to może nastąpić przebicie izolacji kabla. Nierozpoznawalne przy tej próbie jest zjawisko degradacji izolacji (drzewienie wodne). Po zastosowaniu czulszego przyrządu pomiarowego do pomiaru upływności, przy aparaturze firmy Hagenuc, przed osiągnięciem wymaganej wartości napięcia obserwuje się, że w niektórych przypadkach występowały „pom-

powania” wskazówki po czym po chwili następowało przebicie izolacji. Rząd wahań wskazówki wynosi kilka mikroamperów. Świadczy to o występowaniu przed przebicciem wyładowań wstępnych. Przy pomiarach kabli tradycyjnych metoda ta jest miarodajna i iloraz napięcia i prądu upływności jest wartością rezystancji izolacji. Zasadą jest aby ograniczać ilość prób napięciowych jak i też czas próby aby nie pogłębiać degradacji izolacji kabli z polietylenu nieusieciowanego.

Lokalizacja uszkodzenia przy kablach z izolacji z polietylenu jest łatwiejsza niż przy kablach tradycyjnych. Przebicie izolacji jest skośne (promieniste). Natomiast na kablach tradycyjnych ścieżka przebiccia jest różnorodna, spotykane są też ścieżki spiralne, które utrudniają lokalizację uszkodzenia.

Przy lokalizacji uszkodzenia istotnym jest znajomość miejsc łączenia kabli z izolacją tradycyjną i kabli z izolacją polietylenową.

5. Podsumowanie

Całkowita wymiana kabli z polietylenu nieusieciowanego jest nieunikniona i związana z dużymi nakładami finansowymi. Zmniejszenie awaryjności kabli SN z zastosowaniem metod przedstawionych powyżej pozwoli nam na osiągnięcie efektu przesunięcia w czasie inwestowania w wymianę kabli. Dotychczasowe wyniki wskazują że jest to możliwe.

ANALYSIS OF FAILURES OF MEDIUM VOLTAGE CABLES IN ZE TARNÓW S.A.

In this report was presented an analysis of damage of cable — line medium voltage exploited in ZET S.A. These solutions, which were used in order of lowering numbers of damage, were discussed and estimated.