

Franciszek Spyra*, Marian Urbańczyk*

TERMOWIZYJNA METODA OCENY STANU TECHNICZNEGO GŁOWIC KABLOWYCH NA PRZYKŁADZIE AWARII W SIECI 20 kV

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwość oceny metodą termowizyjną jakości głowic kablowych wykonanych w technologii termokurczliwej na przykładzie awarii w sieci 20 kV.

Zastosowana metoda pozwoliła na identyfikację potencjalnego miejsca uszkodzenia. Awarie głowic w sieci 20 kV, jak i próby laboratoryjne potwierdziły lokalizację miejsca uszkodzenia wyznaczonego metodą termowizyjną.

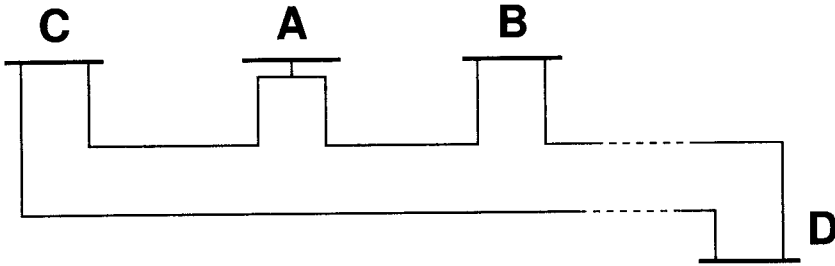
Słowa kluczowe: głowice kablowe, kable, termowizja

1. Wstęp

Wystąpienie kilku uszkodzeń głowic kablowych w krótkim odstępie czasu w linii zasilającej plac budowy dużej inwestycji zagranicznej na południu kraju skłoniło nas do podjęcia prac mających na celu określenie przyczyny tak dużej procentowej uszkodzalności głowic.

Plac budowy zasilany jest w układzie pierścieniowym kablami o izolacji polietylenowej. W celu lepszego zobrazowania poszczególne stacje określono umownie stacjami A, B, C i D. Stacja A usytuowana na terenie budowy, zasilana jest z stacji B i stacji C kablami o napięciu znamionowym 20 kV. Kable z obu stacji podłączone są w stacji A pod wspólną szynę, tak że nie ma możliwości, by tylko jedna z linii była pod napięciem. Stacje B i C poprzez różne inne stacje połączone są ze stacją D. Układ tego połączenie pokazano na rysunku 1

* ZPBE Energopomiar — Elektryka, ul. Świętokrzyska 2, 44-101 Gliwice



Rys. 1. Układ sieci zasilającej plac budowy

W normalnym układzie pracy jest to sieć czysto kablowa, mogą jednak zaistnieć przypadki przyłączenie do niej linii napowietrznych. Sieć pracuje z izolowanym punktem neutralnym. Połączenie stacji A z stacją B wykonane jest kablem o długości 790 m, stacji A z stacją C kablem o długości 1006 m, w tym od stacji A kablem o długości 780 m w izolacji polietylenowej, pozostała część kablem o izolacji papierowej. Zakończenie kabli w stacji A wykonane było sześcioma głowicami jednożyłowymi, termokurczliwymi, w stacji B trzema głowicami tego samego typu.

Połączenia kabli o izolacji polietylenowej z kablem o izolacji papierowej wykonane było mufą przejściową.

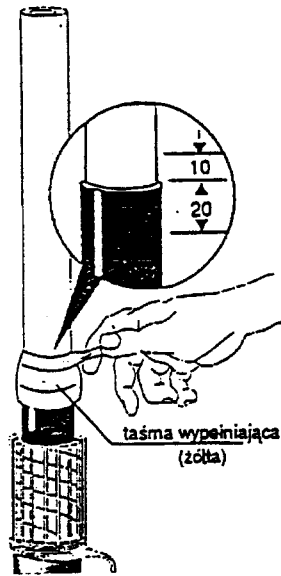
Parametry techniczne kabla o izolacji polietylenowej są następujące:

- napięcie znamionowe — 12/20 kV,
- przekrój żyły roboczej — $1 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Al}$,
- przekrój żyły powrotnej — $50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$,
- izolacja — polietylen usieciowany,
- powłoka — polietylen osłonowy,
- uszczelnienie kabla — promieniowe i podłużne.

Po upływie dwóch miesięcy od chwili włączenia nowowybudowanych linii pod napięcie nastąpiło uszkodzenie głowicy w stacji A. Po jej wymianie na głowicę zimnokurczliwą i ponownym włączeniu pod napięcie, po 4 godzinach pracy nastąpiło uszkodzenie głowicy na drugim końcu tej samej linii w stacji B. Po zastąpieniu uszkodzonej głowicy głowicą zimnokurczliwą — linia pracowała około jednego miesiąca, tj. do czasu następnego uszkodzenia głowicy w stacji B. Na dziewięć zainstalowanych głowic w okresie około jednego miesiąca pracy uległy uszkodzeniu trzy głowice. Po tej awarii pozostałe sześć głowic zastąpiono głowicami zimnokurczliwymi. Badania laboratoryjne wykluczyły wadliwe wykonanie kabli.

2. Badania laboratoryjne głowic

Wszystkie uszkodzone głowice wycięte z linii poddano badaniom. Na pierwszych dwóch stwierdzono, że przebiciu uległa izolacja pod ekranem fabrycznym w odległości 20 mm od zakończenia ekranu na izolacji (w miejscu zakończenia obwoju taśmy wypełniającej — rysunek 2).



Rys. 2. Zakończenie ekranu na izolacji [1]

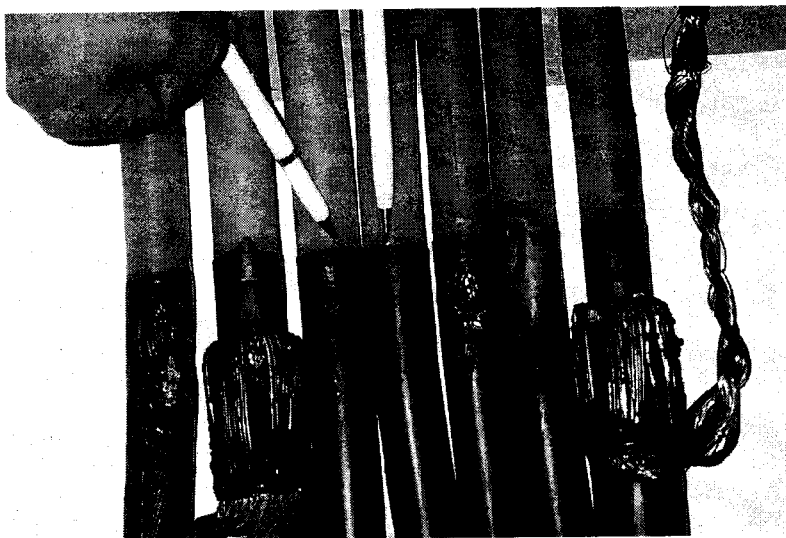
Na podstawie rozmiarów uszkodzenia stwierdzono, że były to zwarcia 2-fazowe poprzez ziemię. W trzeciej uszkodzonej głowicy izolacja uległa przebiciu na zakończeniu ekranu. Na podstawie wielkości wypalonego otworu w izolacji można przypuszczać, że w tym przypadku przez miejsce uszkodzenia popłynął tylko prąd ziemnozwarciowy. W celu wyjaśnienia wystąpień uszkodzeń prawie w tym samym miejscu wykonano na odcinku probierczym tego samego typu kabla dwie głowice, na których wykonano niżej podane próby:

- próba napięciowa napięciem wyprostowanym o wartości 72 kV w czasie 20 minut,
- próba napięciowa napięciem wyprostowanym o wartości 96 kV w czasie 30 minut.

Wyniki tych prób były pozytywne.

Postanowiono głowice te poddać w następnej kolejności próbie napięciowej napięciem przemiennym 50 Hz o wartości 55 kV w czasie 5 minut. Podczas podnoszenia napięcia jedna z głowic uległa uszkodzeniu przy napięciu 51 kV. Po jej wycięciu i wykonaniu głowicy z taśm izolacyjnych powtórzono próbę. Po uzyskaniu napięcia 44 kV uszkodzeniu uległa druga głowica termokurczliwa. Zastąpiono ją głowicą z taśm izolacyjnych. Tak przygotowany odcinek (zakończony dwoma głowicami wykonanymi z taśm) postanowiono wykorzystać jako odcinek porównawczy w dalszych badaniach. Po wycięciu z sieci (w następstwie trzeciej awarii) nie uszkodzonych głowic poddano jedną z nich próbie napięciowej. W czasie podnoszenia napięcia przy wartości 50 kV nastąpiło przebicie izolacji głowicy.

Po rozbiórce uszkodzonych głowic w czasie prób laboratoryjnych stwierdzono, że uszkodzenia wystąpiły we wszystkich trzech głowicach w miejscu zakończenia ekranu na izolacji kabla. Uszkodzone miejsca przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Miejsca uszkodzeń izolacji w głowicach termokurczliwych

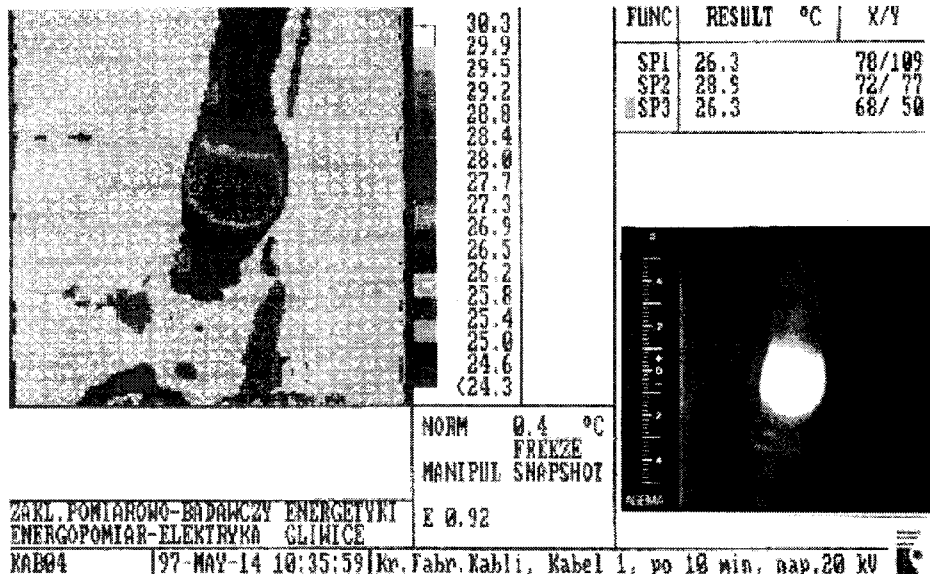
Wykonano dwie następne głowice termokurczliwe, które poddano próbie napięciem przemiennym (bez wstępnego poddawania ich próbie napięciem stałym). Głowice te, wraz z głowicami wykonanymi z taśm izolacyjnych, przeszły 32 godzinną próbę napięciową o wartości 36 kV z wynikiem pozytywnym.

Ze względu na duże koszty nie wykonano 1000 godzinnej próby napięciowej (z cyklicznym grzaniem i studzeniem) wymaganej w próbie typu [1, 2]. Postanowiono metodą termowizyjną ustalić przyczynę skupienia się wszystkich uszkodzeń w prawie tym samym miejscu w głowicach.

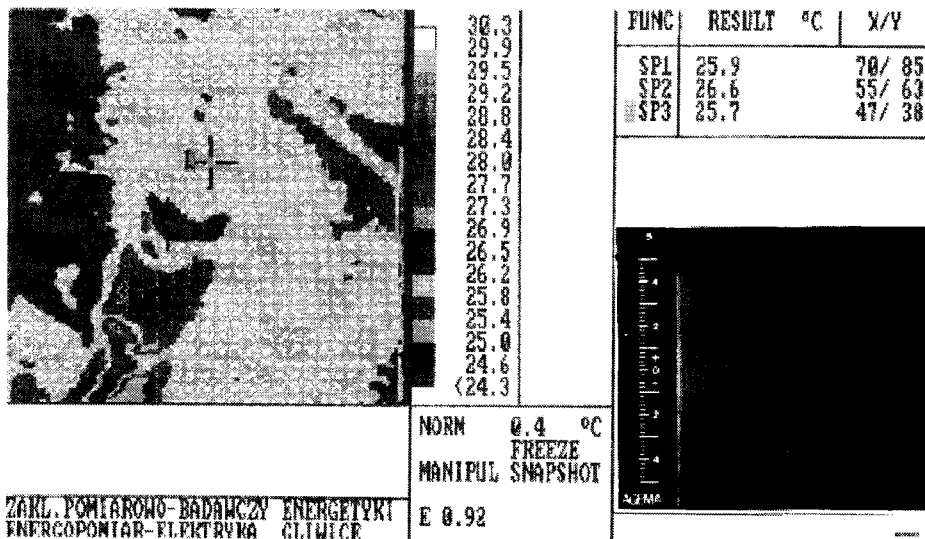
3. Badania termowizyjne głowic kablowych

Celem badań termowizyjnych było wyznaczenie różnic w rozkładzie temperatury na głowicach kablowych podczas próby napięciowej. W badaniach wykorzystano urządzenie termowizyjne typu AGEMA 880 LWB. Urządzenie to umożliwia wizualizację pola temperaturowego na badanej powierzchni w postaci termogramu, który można bezpośrednio fotografować lub zapisać na nośniku magnetycznym celem dalszej obróbki komputerowej. Zastosowane urządzenie termowizyjne pozwala mierzyć temperaturę w zakresie od -20°C do 1500°C , z termiczną zdolnością rozdzielczą przy temperaturze 30°C wynoszącą $0,07\text{K}$. Czulość widmowa kamery zawiera się w paśmie od $8\ \mu\text{m}$ do $12\ \mu\text{m}$.

Do badań przygotowano dwa pięciometrowe odcinki kabla, oznaczone jako **kabel 1** — zakończony dwoma głowicami termokurczliwymi oraz **kabel 2** — zakończony dwoma głowicami wykonanymi z zestawu taśm firmy 3M. Do próbek przyłożono napięcie 12 kV w czasie 60 min, a następnie podnoszono napięcie do wartości podanych w tabeli 1. Każdą wartość napięcia utrzymywano w czasie podanym w wierszu 2 ta-



Rys. 4. Termogram kabla 1 (głowica termokurczliwa) przy napięciu 20 kV



Rys. 5. Termogram kabla 2 (głowica wykonana z taśm 3M) przy napięciu 20 kV

Tabela 1. Wartości przykładanych napięć do badanych próbek

Napięcie	[kV]	12	20	36
Czas	[min]	60	10	10

beli 1. Po upływie tego czasu rejestrowano termogram rozkładu temperatury na badanych głowicach.

Temperaturę otoczenia określano z dokładnością 0,1 K termometrem rtęciowym. Podczas próby temperatura otoczenia wynosiła 25°C.

Zarejestrowane termogramy przy napięciu 20 kV przedstawiono na rysunku 4 i 5 (str. 361).

4. Podsumowanie

Badane głowice różniły się sposobem wykonania. Podczas próby napięciowej stwierdzono różne temperatury głowic w miejscu zakończenia ekranu fabrycznego na kablach. Głowice termokurczliwe miały wyższą temperaturę od głowic wykonanych z taśm, przy czym temperatury na głowicach tego samego typu były jednakowe.

Obszar o podwyższonej temperaturze pokrywa się z miejscami uszkodzenia głowic, i to zarówno w eksploatacji jak i w czasie prób.

Zastosowana termowizyjna metoda badania głowic pozwala określić jakość wykonania oraz zlokalizować miejsca, w których istnieje duże prawdopodobieństwo przecięcia izolacji.

Literatura

- [1] ELEKTROENERGETYKA: *Instrukcja montażu EPP 0247 PL 8/92, Głowice do jednożyłowych nieopancerzonych kabli 10 kV do 20 kV o izolacji z tworzyw sztucznych*
- [2] PN-90/E-06401/05. *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Głowice wewnętrzne na napięcie powyżej 0,6/1 kV*
- [3] DIN 57278 Teil 4 (VDE 0278 Teil 4) *Starkstromkabel — Garnituren mit Nennspannungen U bis 30 kV. Endverschlüsse für Innenraumanlagen U₀/U über 0,6/1 kV*

THE THERMOVISION METHOD IN THE TECHNICAL VALUATION OF CABLE — HEAD ON
EXAMPLE FAILURES IN 20 kV NETWORK