



Piotr PAPLIŃSKI, Hubert ŚMIETANKA, Jacek WAŃKOWICZ

Instytut Energetyki, Warszawa

Diagnostyka ograniczników przepięć – doświadczenia z badań eksploatacyjnych

Streszczenie. Nowa metoda diagnostyki ograniczników przepięć opiera się na pomiarze i analizie prądu upływu płynącego stale przez ogranicznik pod napięciem sieciowym. Skuteczność tej metody zilustrowano wynikami oględzin elementów wewnętrznych ograniczników typu iskiernikowego i beziskiernikowego. Kryterium oceny kształtu krzywej może być pomocne do stwierdzenia charakteru uszkodzeń występujących w ogranicznikach. Stwierdzono, że metoda ta jest skuteczna do oceny stanu elementów wewnętrznych ograniczników beziskiernikowych.

Abstract. (Diagnostics of surge arresters – field test experience). Results of field tests for surge arresters are presented in the paper. A presented method for the surge arresters relies on continuous measurement and analysis of leakage current flowing through a surge arrester connected to power network. Evaluation of current wave shape, being a result of this analysis, can be useful for determination of internal element damages. Effectiveness of this method is confirmed by results of inspection of internal elements of gapless and spark gap arresters.

Słowa kluczowe: ogranicznik przepięć, analizator prądu upływu, current characteristic.

Keywords: surge arrester, leakage current analyzer, charakterystyka prądowa.

Wstęp

Aktualnie w eksploatacji znajdują się jeszcze iskiernikowe ograniczniki przepięć oraz w coraz większym zakresie beziskiernikowe ograniczniki przepięć. Ograniczniki typu iskiernikowego pomimo, że znajdują się w eksploatacji od ponad 20 lat nadal mają istotny udział w wyposażeniu stacji elektroenergetycznych o napięciach od 110 kV do 750 kV włącznie. Ich obecność na wyposażeniu stacji elektroenergetycznych, wynika przede wszystkim z rachunku finansowego prowadzonego skrupulatnie przez poszczególne oddziały PSE, Korporacje i Rejony Energetyczne, z którego wynika brak uzasadnienia do natychmiastowego zastąpienia ich ogranicznikami beziskiernikowymi.

Od początku lat 90 rozpoczęto w modernizowanych i nowobudowanych stacjach energetycznych instalowanie w miejsce dotychczas stosowanych ograniczników iskiernikowych ograniczników typu beziskiernikowego.

Za podjęciem takich działań przemawiała prostota konstrukcji ogranicznika beziskiernikowego i jego większa niezawodność.

Jakkolwiek pierwsze ograniczniki beziskiernikowe stosowane w kraju miały osłony porcelanowe to dzisiaj praktycznie wykonuje się takie ograniczniki prawie wyłącznie w osłonach polimerowych. Znaczenie mają tutaj zarówno aspekty bezpieczeństwa podczas awarii ogranicznika oraz aspekt ekonomiczny.

Awarie elementów wewnętrznych ograniczników iskiernikowych wymusiły opracowanie wielu instrukcji badań diagnostycznych, które miały na celu określenie czy diagnozowany według tych instrukcji ogranicznik nadaje się do dalszej eksploatacji [1, 2].

Wadą wszystkich wspomnianych instrukcji było to, że wykonywana przy ich zastosowaniu diagnostyka ogranicznika mogła być prowadzona tylko w trybie „off line”. Podobne instrukcje badań diagnostycznych próbuje się aktualnie dostosowywać do badań ograniczników typu beziskiernikowego.

Instytut Energetyki od ponad dziewięciu lat wykonuje badania diagnostyczne ograniczników przepięć (iskiernikowych i beziskiernikowych) opatentowaną, własną metodą „on line”, to znaczy podczas ich eksploatacji [3, 4, 5].

W artykule wskazano na istnienie związku między rejestrowanymi przebiegami odkształconych prądów

podczas eksploatacji ogranicznika a uszkodzeniami struktury jego elementów wewnętrznych.

Zmiany strukturalne elementów wewnętrznych iskiernikowych ograniczników przepięć poddanych długotrwałej eksploatacji

Wewnątrz iskiernikowego ogranicznika przepięć (wyposażonego najczęściej w osłonę porcelanową) znajdują się rezystory sterujące, kondensatory, dławiki, iskierniki oraz warystory typu karborundowego wykonane z węgla krzemu SiC. Właściwe rozmieszczenie tych elementów wewnątrz ogranicznika zapewniają elementy dystansowe oraz prowadnice wykonane z materiałów izolacyjnych np. z tekstolitu.

Z chwilą utraty szczelności przez ogranicznik elementy znajdujące się w jego wnętrzu tracą swoje właściwości elektryczne (sterujące i izolacyjne) oraz występują zmiany strukturalne warystorów karborundowych oraz przewodnic.

Degradacja wnętrza ogranicznika zależy przede wszystkim od stopnia jego rozszczelnienia oraz odporności na zawilgocenie materiałów izolacyjnych.

Wieloletnie doświadczenia z diagnostyki ograniczników typu iskiernikowego oraz wykonanych na ich podstawie oględzin elementów wewnętrznych wskazują, że najbardziej podatnymi na wilgoć są warystory (rys. 1) oraz prowadnice (rys. 2) [6, 7].

W początkowej fazie degradacji wymienionych elementów ogranicznika statyczne napięcie zapłonu ulega zmianie o około 10%, co w przypadku dotychczas stosowanej metody badań (na wyłączonym z eksploatacji ograniczniku przy zastosowaniu zewnętrznego źródła zasilania) jest praktycznie nie do wykrycia. Ponadto proponowany w wielu instrukcjach badań ograniczników przepięć czas ponownych badań (za pięć lub dziesięć lat) może być wcześniej poprzedzony detonacją ogranicznika właśnie z uwagi na nie wykrycie początkowej fazy degradacji jego wewnętrznych elementów konstrukcyjnych.

Proponowana przez Instytut Energetyki metoda badań ograniczników typu iskiernikowego polegająca na pomiarze prądu płynącego przez ogranicznik pod napięciem sieciowym [5], umożliwia wykrycie rozszczelnienia w początkowej fazie degradacji warystorów lub zmian strukturalnych przewodnic tekstolitowych.



Rys.1. Wpływ wilgoci na zmiany strukturalne warystora SiC



Rys.2. Wpływ wilgoci na zmiany strukturalne przewodnicy

Wykorzystywana w niej aparatura kontrolno-pomiarowa umożliwia wykonanie analizy prądu płynącego przez ogranicznik metodą FFT oraz jego rejestrację oscyloskopową.

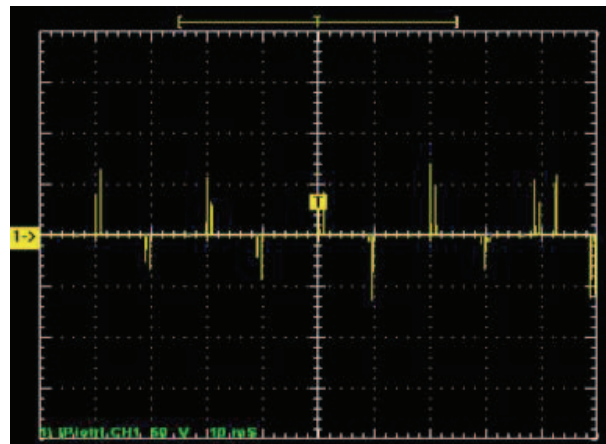
W uszkodzonych ogranicznikach typu iskiernikowego, charakterystyka prądu płynącego przez ten ogranicznik, już w początkowej fazie degradacji elementów wewnętrznych ogranicznika, jest silnie odkształcona, co przedstawiono na rysunku 3. Potwierdzenie tego faktu można uzyskać dokonując rozkładu przebiegu tego prądu na poszczególne harmoniczne (rys. 4). Zawartość poszczególnych harmonicznych oraz ich amplitud (parzystych lub nieparzystych) może być pomocna w podjęciu decyzji, co do wyłączenia lub pozostawienia ogranicznika w eksploatacji.

Wieloletnie doświadczenia z badań ograniczników metodą „on line” w miejscu ich zainstalowania pozwoliły stwierdzić, że w sytuacji, gdy amplitudy parzystych harmonicznych stają się porównywalne wartością lub większe od następujących po nich amplitud nieparzystych harmonicznych zaleca się diagnozowany ogranicznik wyłączyć z eksploatacji. Potwierdzenie przeprowadzonej tutaj analizy ilustrują charakterystyki przedstawione na rysunkach 3 i 4, wykonane dla ogranicznika po dziesięciu latach eksploatacji [4, 6].

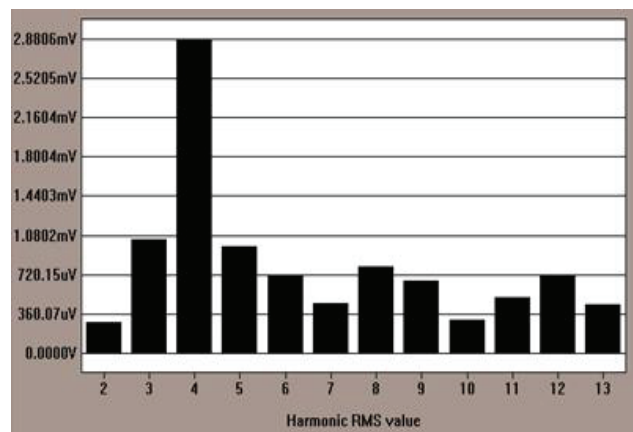
W ogranicznikach typu iskiernikowego na rozkład prądu (harmonicznych i ich amplitud) decydujący wpływ mają zmiany strukturalne warystorów oraz przewodnic tekstolitowych.

Uszkodzenia pozostałych elementów wewnętrznych ogranicznika takich jak rezystory sterujące, kondensatory oraz elementy indukcyjne mają niewielki wpływ na zmianę

amplitud do piątej harmonicznej włącznie. Wpływ ten można zaobserwować dopiero powyżej 5 harmonicznej. Precyzyjne określenie, który z tych elementów wewnętrznych ogranicznika wpływa na wzrost amplitudy harmonicznej (parzystej lub nieparzystej) możliwe jest do wykonania w warunkach laboratoryjnych po otwarciu wnętrza ogranicznika.



Rys.3. Charakterystyka YT uszkodzonego, ogranicznika typu iskiernikowego



Rys.4. Charakterystyka YT uszkodzonego, ogranicznika typu iskiernikowego

Zmiany struktury elementów wewnętrznych beziskiernikowych ograniczników przepięć w warunkach eksploatacyjnych

Ograniczniki typu beziskiernikowego wyposażone są najczęściej w osłonę silikonową. Wewnątrz tej osłony znajduje się stos warystorowy, który może być dodatkowo centrowany za pomocą przewodnic kauczukowych lub tekstolitowych.

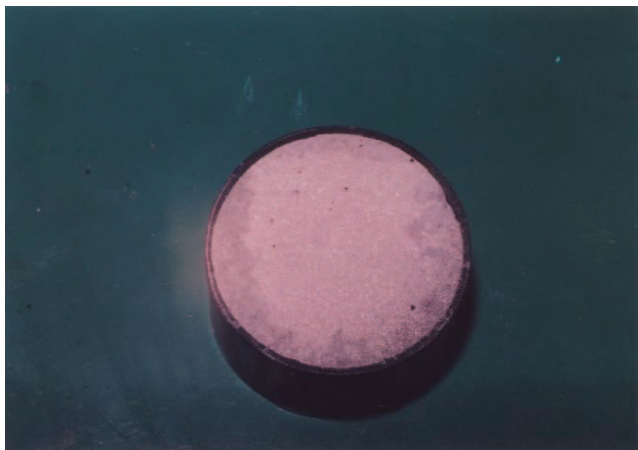
Przyczyną uszkodzeń ograniczników beziskiernikowych podobnie jak ograniczników iskiernikowych może być ich rozszczelnienie powodujące degradację elementów wewnętrznych. Niewielka różnorodność elementów wewnętrznych ogranicznika typu beziskiernikowego umożliwia w sposób bardziej precyzyjny określenie rodzaju uszkodzenia ogranicznika.

Wieloletnie doświadczenia z diagnostyki ograniczników typu beziskiernikowego oraz wykonanych na ich podstawie oględzin elementów wewnętrznych wskazują, że najbardziej podatnymi na wilgoć są warystory (rys. 5) oraz przewodnice (rys. 6) [8].

Degradacja warystorów ZnO powoduje zniekształcenie charakterystyki YT (zależności prądu od czasu) i jedno-

czesne pojawienie się w tych przebiegach parzystych harmonicznych. Wzrost zawartości parzystych harmonicznych w charakterystyce YT jest wynikiem postępującej degradacji warystorów powodującej w konsekwencji uszkodzenie ogranicznika.

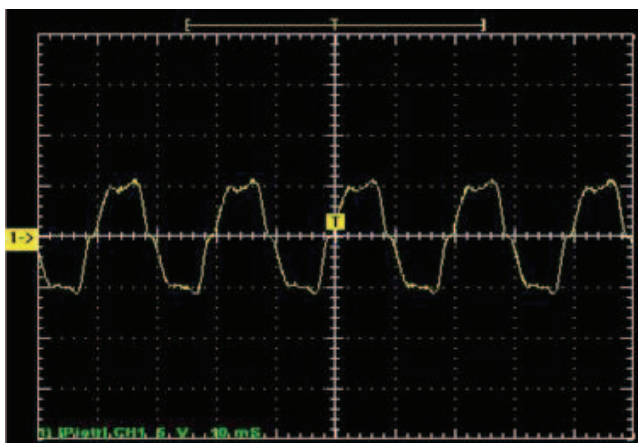
Potwierdzenie powyższej analizy ilustrują charakterystyki przedstawione na rysunkach 7 i 8 dla ogranicznika po kilkuletnim okresie jego eksploatacji.



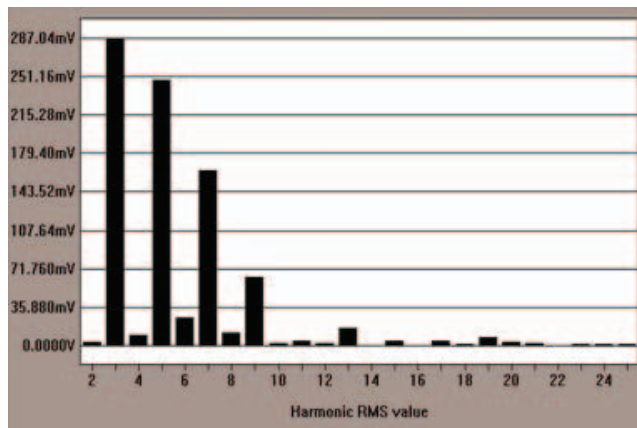
Rys. 5. Wpływ wilgoci na zmiany strukturalne warystora ZnO



Rys. 6. Wpływ wilgoci na zmiany strukturalne przewodnicy kauczukowej

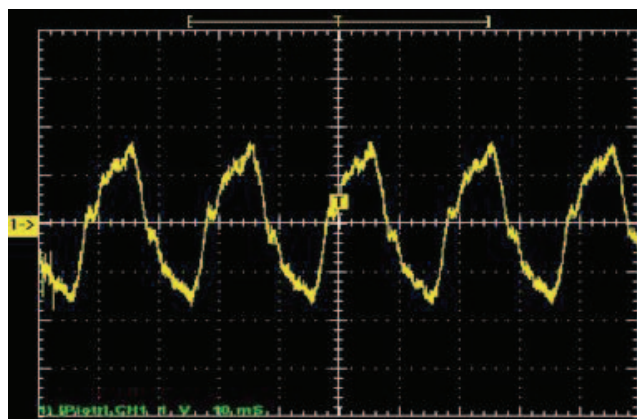


Rys. 7. Charakterystyka YT uszkodzonego ogranicznika beziskiernikowego (uszkodzenie warystora).

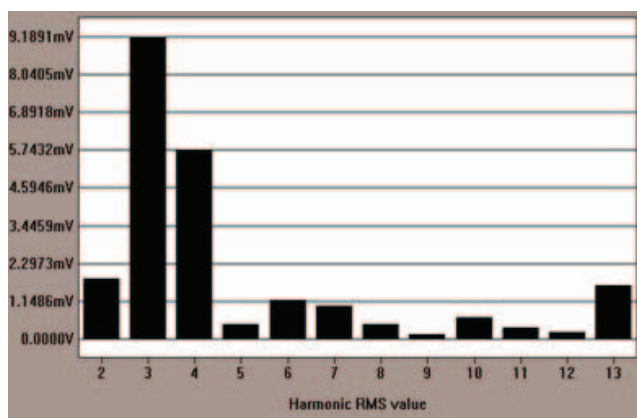


Rys. 8. Analiza FFT uszkodzonego ogranicznika beziskiernikowego (uszkodzenie warystora).

Elementy centrujące stos warystorów ZnO w wyniku rozszczelnienia ogranicznika także ulegają degradacji. Na odkształconej charakterystyce prądu płynącego przez ogranicznik YT pojawiają się wtedy wyższe harmoniczne. Analiza charakterystyki YT metodą FFT wykazuje obecność parzystych (powyżej 6 harmonicznej i nieparzystych harmonicznych powyżej 7 harmonicznej).



Rys. 9. Charakterystyka YT uszkodzonego ogranicznika beziskiernikowego (uszkodzenie warystora i i przewodnicy)



Rys. 10. Analiza FFT uszkodzonego ogranicznika beziskiernikowego (uszkodzenie warystora i i przewodnicy)

W wyniku wieloletnich doświadczeń z diagnostyki beziskiernikowych ograniczników napięć stwierdzono, że rozszczelnienie i związana z nim degradacja elementów

wewnętrznych występują najczęściej w początkowym okresie jego eksploatacji.

Potwierdzenie przeprowadzonej tutaj analizy ilustrują charakterystyki przedstawione na rysunkach 9 i 10, wykonane dla ogranicznika po trzech latach eksploatacji.

Podsumowanie

Ograniczniki przepięć znajdujące się w eksploatacji ulegają często procesowi rozszczelnienia i związanym z nim procesom degradacji elementów wewnętrznych.

Najbardziej narażonymi na rozszczelnienie są ograniczniki iskiernikowe znajdujące się w eksploatacji powyżej 10 lat oraz ograniczniki beziskiernikowe w początkowej fazie ich eksploatacji. Rozszczelnienie ograniczników iskiernikowych powodowane jest minimalnymi zmianami strukturalnymi uszczelek gumowych oraz perforacją membran.

Przyczyn rozszczelnienia się ograniczników beziskiernikowych należy dopatrywać się przede wszystkim w niewłaściwym ich montażu związanym z niewielką sztywnością mechaniczną osłon silikonowych, która różni je zasadniczo od osłon ceramicznych.

Badania diagnostyczne ograniczników przepięć typu iskiernikowego będących w eksploatacji powyżej 10 lat zaleca się wykonywać raz w roku natomiast typu beziskiernikowego w pierwszym roku ich eksploatacji. Badania takie, powinny być wykonywane w miejscu zainstalowania ograniczników metodą „on line” przy użyciu zestawów pomiarowych umożliwiających rejestrację prądu płynącego przez ogranicznik YT i jego analizę metodą FFT. Zestawami takimi są wraz z oprogramowaniem i metodyką badań dysponuje Instytut Energetyki.

Z wykorzystaniem metody opracowanej w Instytucie Energetyki przebadano w eksploatacji ponad 700 sztuk ograniczników a wyniki tych badań w wielu przypadkach umożliwiły wyeliminowanie ograniczników, które nie spełniały wymagań eksploatacyjnych.

Należy zaznaczyć, że koszt oferowanych przez Instytut Energetyki badań diagnostycznych ograniczników przepięć przytoczoną powyżej metodyką jest niewielki a uzyskane

wyniki badań są wystarczające do określenia przydatności ogranicznika do dalszej jego eksploatacji.

LITERATURA

- [1] Ramowa Instrukcja Eksploatacji Odgromników. Instytut Energetyki, Ośrodek Normalizacji, Warszawa 1992 r.
- [2] Instrukcja Organizacji Wykonawstwa Prac Eksploatacyjnych w Stacjach Najwyższych Napięć. Załącznik VI. Ograniczniki przepięć. PSE S.A., Warszawa, 1996
- [3] Arciszewski J., Papliński P., Czarnecki Z., Opracowanie i wypróbowanie układu do badań diagnostycznych ograniczników przepięć ze sterowaniem oporowym, Opracowanie Instytutu Energetyki, Warszawa 1998 r.
- [4] Komorowska I., Papliński P., Skuteczność diagnostyki w aspekcie pewności pracy ograniczników przepięć, *Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej* Nr 36. Seria: Konferencje nr 11, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej - Wrocław 2000
- [5] Sposób diagnozowania stanu zużycia ograniczników przepięć, Patent Instytutu Energetyki nr P 345375
- [6] Papliński P., Wańkowicz J., Doświadczenia z badań laboratoryjnych i terenowych ograniczników przepięć przeznaczonych do sieci 110 kV. VIII Sympozjum Problemy Eksploatacji Układów Izolacyjnych Wysokiego Napięcia, Zakopane, 18-20 października 2001, str. 357-364
- [7] Komorowska I., Papliński P., Analiza i ocena stanu technicznego iskiernikowego zaworowego ogranicznika przepięć typu GZSMW - 330 nr fabryczny 0183 zdemontowanego ze stacji 400/110 kV Płock. Opracowanie Instytutu Energetyki, Warszawa 2002
- [8] Arciszewski J., Papliński P., Czarnecki Z., Analiza i ocena stanu technicznego ogranicznika przepięć typu AZG2 firmy Cooper zdemontowanego ze stacji Gdańsk 1, Opracowanie Instytutu Energetyki, Warszawa 1999

Autorzy:

mgr inż. Piotr Papliński, Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: piotr.papliński@ien.com.pl

mgr inż. Hubert Śmietanka, Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: hubert.smietanka@ien.com.pl

dr hab. inż. Jacek Wańkowicz, Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: jacek.wankowicz@ien.com.pl