

Piotr Papliński¹, Jacek Wańkowicz¹

DOŚWIADCZENIA Z BADAŃ LABORATORYJNYCH I TERENOWYCH OGNIECZNIKÓW PRZEPIĘĆ PRZEZNACZONYCH DO SIECI 110 KV

Streszczenie: W referacie przedstawiono doświadczenia z badań laboratoryjnych i terenowych ograniczników przepięć przeznaczonych do sieci 110 kV. Badania wykonano wykorzystując opracowaną w Instytucie Energetyki, metodą polegającą na pomiarze i analizie prądu upływu, płynącego stale przez ogranicznik zainstalowany w sieci. Ta metoda diagnostyczna może być zastosowana zarówno do beziskiernikowych jak i zaworowych ograniczników przepięć ze sterowaniem oporowym lub pojemnościowo - oporowym. Skuteczność metody zilustrowano wynikami badań laboratoryjnych i terenowych.

Słowa kluczowe: ogranicznik przepięć, badania laboratoryjne, diagnostyka

1. Wstęp

Badania laboratoryjne ograniczników przepięć mają na celu sprawdzenie wymagań stawianych ogranicznikom w warunkach technicznych odbioru (WTO) opracowanych na podstawie odpowiednich norm. Badania terenowe wykonywane są najczęściej w miejscu zainstalowania ogranicznika po określonym czasie eksploatacji.

Aktualnie w eksploatacji zasadniczo znajdują się dwa rodzaje ograniczników; iskiernikowe zaworowe (ze sterowaniem oporowym lub pojemnościowo-oporowym) oraz beziskiernikowe. Każdy z tych rodzajów ograniczników posiada w odpowiednich instrukcjach eksploatacji [1, 2] odrębny zapis dotyczący sposobu przeprowadzania prób technicznych.

Instrukcje te, zalecają badać ograniczniki iskiernikowe znajdujące się w eksploatacji, poprzez pomiar prądu sterującego przy 3 wartościach napięcia oraz dodatkowo pomiar statycznego napięcia zapłonu. Pomiar tych parametrów, ze względu na konieczność zastosowania przewoźnego źródła napięcia oraz odłączenia ogranicznika od sieci są bardzo kłopotliwe oraz kosztowne i w rezultacie nie zawsze są wykonywane.

Instrukcja [1] w zakresie badań beziskiernikowych ograniczników przepięć zaleca sprawdzenie wartości napięcia przemiennego, które wymusza przepływ przez ogranicznik prądu o odpowiedniej, podanej przez producenta wartości. Natomiast instrukcja [2], opracowana na podstawie zaleceń zawartych w [3 i 4] proponuje wykonywanie, pomiaru paramet-

¹ Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa

trów mierzonego prądu płynącego przez ogranicznik pod napięciem sieciowym, tzn.: wartości szczytowej I_{\max} , wartości skutecznej I_{sk} oraz zawartość harmonicznych I_h . W instrukcji tej brak jest natomiast opisu metody badań diagnostycznych w warunkach terenowych oraz sposobu interpretacji otrzymanych wyników pomiarów

Na podstawie wieloletnich badań laboratoryjnych oraz terenowych różnych typów ograniczników przepięć, opracowano i wdrożono w Instytucie Energetyki nową metodę badań diagnostycznych polegającą na pomiarze i ocenie parametrów prądu płynącego przez wnętrze ogranicznika pod napięciem sieciowym, tzn.: wartości szczytowej I_{\max} , wartości średniej I_{sr} i zawartości harmonicznych I_h , niezależnie od rodzaju ogranicznika. Metoda ta pozwala w prosty i tani sposób ocenić stan badanego ogranicznika.

2. Opis metody oceny ograniczników

Podstawą oceny ogranicznika (niezależnie od jego rodzaju) w prezentowanej metodzie diagnostycznej, opartej na [5,6], jest pomiar i analiza prądu płynącego przez wnętrze ogranicznika znajdującego się pod napięciem sieciowym. Zakłada się, że tak długo jak ogranicznik jest sprawny technicznie nie powoduje on odkształcenia sinusoidy prądu. Uszkodzenie stosu warystorowego, elementów sterowania pojemnościowo – oporowego, iskierników lub izolacji wewnętrznej ogranicznika powoduje natomiast zniekształcenie sinusoidy prądu charakterystyczne dla typu uszkodzenia.

Za pomocą analizatora typu MPU 01-Z współpracującego z uniwersalną sondą pomiarową typu LPI/LPW [5,6] wyznacza się parametry mierzonego prądu płynącego przez diagnozowany ogranicznik, tzn.:

- wartość szczytową I_{\max} ,
- wartość średnią I_{sr} ,
- zawartość harmonicznych I_h .

Na podstawie otrzymanych wartości prądów I_{\max} , I_{sr} oraz I_h , dla potrzeb oceny tego ogranicznika wyznacza się współczynniki:

$$P1 = I_{sr} / I_{\max} \quad (1)$$

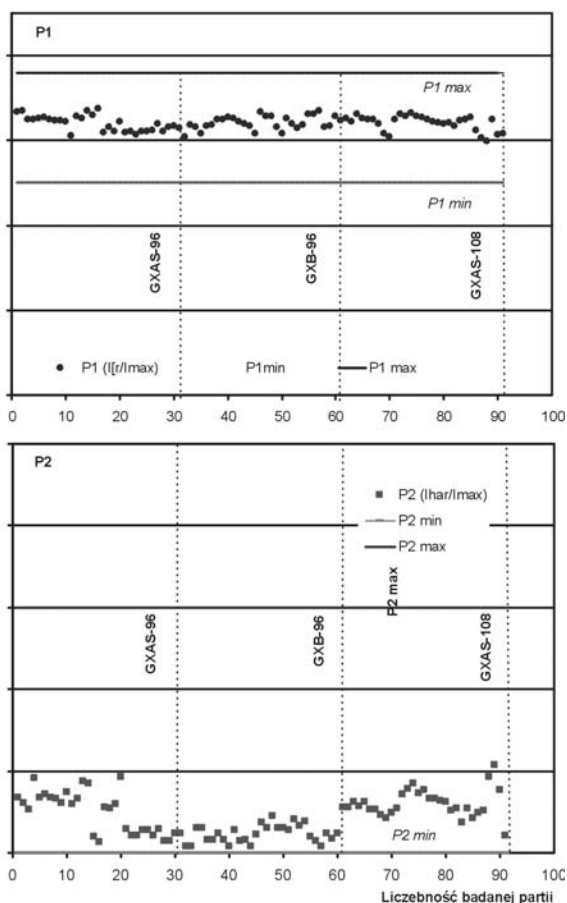
$$P2 = I_h / I_{\max} \quad (2)$$

i porównuje z wartościami dopuszczalnymi określonymi szerokością przedziałów $P1_{\max}$ - $P1_{\min}$ i $P2_{\max}$ - $P2_{\min}$. Wartości dopuszczalne współczynników $P1_{\max}$, $P1_{\min}$, $P2_{\max}$ i $P2_{\min}$ zostały wyznaczone na podstawie przyjętego modelu „wzorcowego ogranicznika przepięć łączącego cechy ogranicznika beziskiernikowego oraz iskiernikowego” [5].

3. Badania laboratoryjne

Badania laboratoryjne uwzględniające opracowaną metodę diagnostyczną [5] prowadzone są w Instytucie Energetyki od przeszło 10 lat i dotyczyły one beziskiernikowych ograniczników przepięć przystosowanych do pracy w sieciach 110 kV. Wybór tego rodzaju ograniczników wynikał z faktu, że od 1991 roku ABB ZWAR Przasnysz zaprzestał produkcji iskiernikowych zaworowych ograniczników przepięć. Badania te wykonywano w laboratoriach pomiarowych ZWAR Przasnysz, ABB ZWAR Przasnysz oraz Instytutu Energetyki.

W celu potwierdzenia poprawności opracowanej metody diagnostyki beziskiernikowych ograniczników przepięć, do oceny przyjęto najbardziej liczne próbki ograniczników 110 kV tzn. GXAS-96, GXAS-108 w osłonie porcelanowej oraz GXB-96 w osłonie kompozytowej. Z każdego badanego typu ogranicznika wybrano losowo około 30 sztuk.



Rys. 1. Pomiary laboratoryjne GXAS-96, GXB-96 i GXAS-108. Rozmieszczenie współczynników P1 i P2

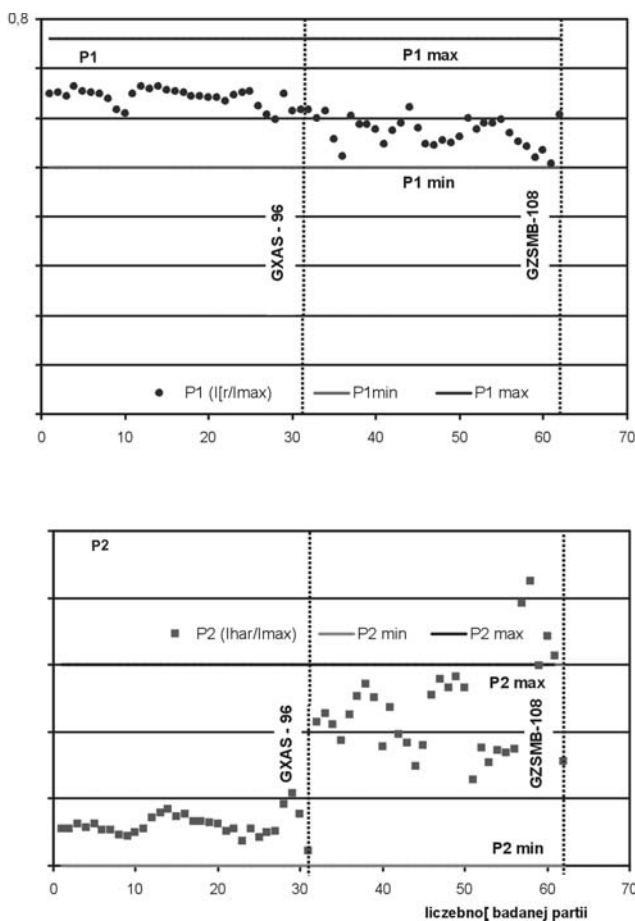
Na rysunku 1 przedstawiono rozmieszczenie wartości współczynników P1 i P2 dla badanych typów ograniczników beziskiernikowych. Z analizy tego rysunku wynika, że wartości współczynników P1 dla wybranych losowo ograniczników mieszczą się w przyjętym przedziale P1 max – P1 min (praktycznie znajdują się pośrodku przedziału) i charakteryzują się niewielkim rozrzutem wartości P1. Występujące różnice współczynników P1 pomiędzy poszczególnymi ogranicznikami wynikały przede wszystkim z różnych warunków środowiskowych w których wykonywano pomiary oraz składów mieszanek użytych do produkcji warystorów.

Wartości współczynnika P2 dla poszczególnych typów ograniczników są podobne i znajdują się w sąsiedztwie przyjętej umownie wartości P2 min.

4. Badania terenowe

Badania terenowe przy zastosowaniu tej samej metody diagnostycznej prowadzone są przez Instytut Energetyki od 8 lat i dotyczyły one beziskiernikowych i iskiernikowych zaworowych ograniczników przepięć przystosowanych do pracy w sieciach 110 kV.

W celu potwierdzenia skuteczności metody oceny stanu ograniczników w warunkach eksploatacyjnych, do badań wybrano najbardziej liczne próbki ograniczników na których wykonano terenowe badania diagnostyczne. Z grupy ograniczników iskiernikowych zaworowych wybrano ogranicznik typu GZSMB-108, który najczęściej występuje w eksploatacji. Z ogólnej liczby przebadanych ograniczników GZSMB-108 wybrano losowo 31 ograniczników. Z grupy ograniczników beziskiernikowych wybrano ogranicznik typu GXAS-96, obecnie najbardziej popularny i uniwersalny ogranicznik przepięć, który zastępuje wycofywane z eksploatacji ograniczniki iskiernikowe typu GZSa-97, GZSb-96, GZSMB-96 i GZSM-108. Badania te wykonywano na terenie ZEORK Skarżysko Kamienna i ZERŁ Zgierz oraz Warszawa Teren.



Rys. 2. Pomiar laboratoryjny GXAS-96 i GZSMB-108 Rozmieszczenie współczynników P1 i P2

Na rysunku 2 przedstawiono rozrzut wartości współczynników P1 i P2 dla wybranych losowo ograniczników GXAS-96 i GZSMB-108. Z analizy tego rysunku wynika, że wartości współczynników P1 dla wybranych losowo ograniczników GXAS-96 i GZSMB-108 mieszczą się w przyjętym przedziale P1 max - P1 min lecz rozrzut współczynników P1 dla ograniczników GXAS-96 jest mniejszy niż dla ograniczników GZSMB-108.

Współczynniki P1 wyznaczone dla ograniczników GXAS-96 są rozmieszczone bliżej środka przedziału P1 max - P1 min, natomiast te same współczynniki P1 wyznaczone dla ograniczników GZSMB-108 znajdują się bliżej wartości P1 min. Oznacza to, że w ogranicznikach GZSMB-108 rozpoczął się proces starzeniowy elementów znajdujących się wewnątrz ograniczników. Potwierdza to także większy rozrzut współczynników P2 w ogranicznikach GZSMB-108 niż w ogranicznikach GXAS-96. Współczynnik P2 odpowiedzialny jest bowiem za obecność harmonicznych w prądzie płynącym przez ogranicznik.

W przypadku ograniczników GXAS-96, które w eksploatacji znajdują się od kilku lat, wszystkie z wyznaczonych współczynników P2 znajdują się w przyjętym przedziale P2 max - P2 min, natomiast w przypadku ograniczników GZSMB-108 niektóre z wyznaczonych współczynników P2 znajdują się poza przedziałem dopuszczalnej zmienności. Oznacza to, że przyjęty w instrukcjach [1] i [2] czas ponownych prób technicznych dla ograniczników zaworowych (nie rzadziej niż 10 lat) wymaga uściśleń uwzględniających np. czas eksploatacji ogranicznika w zależności od poziomu zawartości harmonicznych w prądzie płynącym przez ogranicznik pod napięciem sieciowym.

5. Analiza oscylogramów z badań laboratoryjnych i terenowych

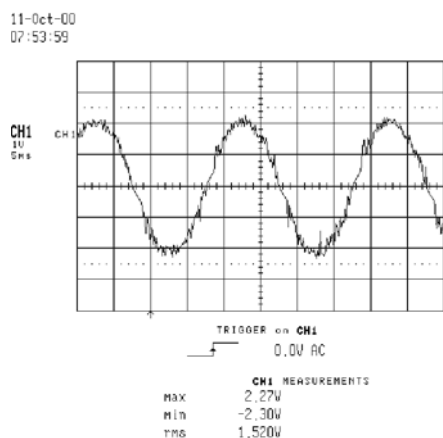
W czasie wykonywania badań diagnostycznych ograniczników przepięć (laboratoryjnych oraz terenowych) nową metodą stwierdzono, że wyznaczone dla niektórych ograniczników przepięć wartości współczynników P1 i P2 znajdują się poza przyjętymi dopuszczalnymi wartościami określonymi szerokością przedziałów P1max - P1 min i P2 max - P2 min [6,7]. Dla ograniczników tych, zarejestrowano przebiegi płynących przez nie prądów w celu przeprowadzenia analiz.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe oscylogramy prądów płynących przez badane ograniczniki typu beziskiernikowego dla poziomu napięcia $U = 70$ kV. Oscylogram 3 ilustruje przebieg prądu płynącego przez ogranicznik w którym wyznaczone wartości współczynników P1 i P2 znajdowały się poza dopuszczalnymi wartościami przyjętymi w niniejszej diagnostyce, natomiast oscylogram 4 opisuje przebieg prądu przez ogranicznik dla którego wartości współczynników P1 i P2 spełniają wymagania niniejszej diagnostyki.

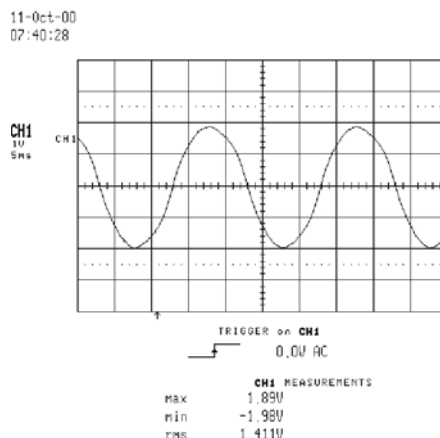
Rysunki 5 i 6 są oscylogramami prądów płynących przez ograniczniki iskiernikowe zaworowe ze sterowaniem pojemnościowo-oporowym dla poziomu napięcia $U = 70$ kV. Podobnie jak w poprzednim przypadku, oscylogram 5 ilustruje przebieg prądu płynącego przez ogranicznik, w którym wyznaczone wartości współczynników P1 i P2 znajdowały się poza dopuszczalnymi wartościami przyjętymi w niniejszej diagnostyce, natomiast oscylogram 6 opisuje przebieg prądu przez ogranicznik dla którego wartości współczynników P1 i P2 spełniają wymagania niniejszej diagnostyki.

Na podstawie analizy przedstawionych oscylogramów stwierdza się, że zjawisko przekroczenia dopuszczalnych wartości współczynników przyjętych w niniejszej diagnostyce jest szczególnie zauważalne dla ograniczników iskiernikowych zaworowych ze sterowaniem po-

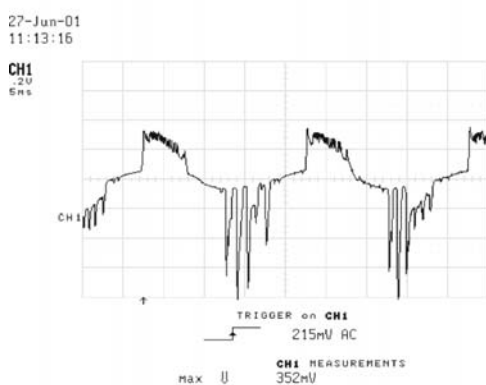
jemnościowo-oporowym, ponieważ ograniczniki te były wykonywane w wersjach wielocłonowych. W ogranicznikach tych dochodziło najczęściej do rozszczelnienia i uszkodzenia elementów wnętrza ogranicznika [7]. W przebiegu prądu płynącego przez ogranicznik iskiernikowy zaworowy ze sterowaniem pojemnościowo-oporowym dominują 3, 5 i 7 harmoniczna, zauważalna jest także obecność 9 harmonicznej. Wskazuje to, że w ograniczniku nastąpiło uszkodzenie opornika sterującego wskutek np. rozszczelnienia ogranicznika.



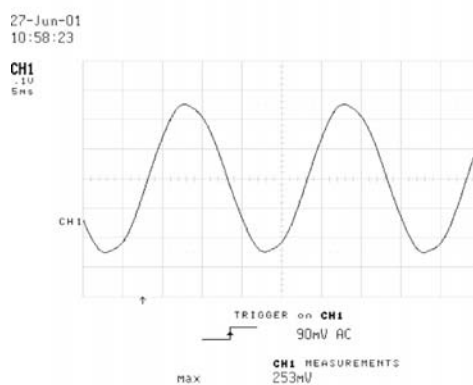
Rys. 3. Przebieg prądu płynącego przez beziskiernikowy ogranicznik z uszkodzeniami wewnętrznymi



Rys. 4. Przebieg prądu płynącego przez beziskiernikowy ogranicznik bez uszkodzeń wewnętrznych



Rys. 5. Przebieg prądu płynącego przez iskiernikowy ogranicznik z uszkodzeniami wewnętrznymi



Rys. 6. Przebieg prądu płynącego przez iskiernikowy ogranicznik bez uszkodzeń wewnętrznych

W ogranicznikach beziskiernikowych przystosowanych do pracy w sieciach 110 kV zjawisko rozszczelnienia występuje sporadycznie (są to najczęściej konstrukcje jednoczłonowe) i dotyczy to przede wszystkim ograniczników zagranicznych [7]. Najczęstszą przyczyną przekroczenia wartości współczynników P1 i P2 poza wartości dopuszczalne przyjęte w niniejszej diagnostyce jest niewłaściwy montaż elementów wewnętrznych ogranicznika. W przebiegu prądu płynącego przez ogranicznik beziskiernikowy dominujący wpływ na kształt tej charakterystyki ma 3 i 5 harmoniczna, pomijalny jest natomiast wpływ 7 harmonicznej.

Oznacza to, że w ograniczniku występują wyładowania pełzne na elementach centrujących stos warystorów.

6. Podsumowanie

Prowadzone od ponad 10 lat przez Instytut Energetyki badania laboratoryjne i eksploatacyjne na ogranicznikach przepięć (iskiernikowych i beziskiernikowych), zapobiegły wielu awariom wynikającym z nieprawidłowej pracy ograniczników w sieci.

Proponowana nowa metoda diagnostyki ograniczników przepięć polegająca na porównaniu wyznaczonych wartości współczynników P1 i P2 diagnozowanego ogranicznika z wartościami dopuszczalnymi określonymi w wymaganiach niniejszej diagnostyki jest skuteczna i wystarczająca do stwierdzenia jego przydatności do dalszej eksploatacji.

Analiza zawartości poszczególnych harmonicznych w prądzie płynącym przez ogranicznik umożliwia określenie rodzaju i charakteru uszkodzenia diagnozowanego ogranicznika.

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 SA, Warszawa 1996 r.
- [3] **Arciszewski J.**: *Eksploatacja i diagnostyka odgromników beziskiernikowych*. Energetyka, Nr 3/1993.
- [4] *Ograniczniki Przepięć. Diagnostyka. Metody Badań*. Instrukcja ZWAR Przasnysz. Nr GXA/19/00.
- [5] *Sposób diagnozowania stanu zużycia ograniczników przepięć*. Patent Instytutu Energetyki nr P 345375
- [6] **Komorowska I., Papliński P.**: *Wdrożenie do praktyki eksploatacyjnej nowej metody diagnostyki ograniczników przepięć ze sterowaniem oporowym*. Opracowanie Instytutu Energetyki, Warszawa 1999 r.
- [7] **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 r.

SERVICE EXPERIENCES AND RESULTS OF LABORATORY TESTS OF HV 110 KV SURGE ARRESTERS

Experiences from field and laboratory tests of surge arresters applied to 110 kV distribution system are described. A new universal method of testing relying on measurements and analysis of currents flowing through surge arresters installed at 110 kV distribution system has been implemented. Efficiency of the method is confirmed by numerous results obtained during the field and laboratory tests.