

Niestandardowe metody badań ograniczników przepięć w eksploatacji

Streszczenie. W artykule opisano dwie niestandardowe metody badania stanu ograniczników przepięć w warunkach eksploatacyjnych. Jedną z tych metod została opracowana w Instytucie Energetyki (IEn), podczas gdy druga z nich jest metodą termowizyjną. Zasadność stosowania obu tych metod do diagnostyki ograniczników przepięć w warunkach eksploatacyjnych, jest dyskutowana w tym artykule.

Abstract. The paper presents two non-standard methods for testing surge arresters under operating conditions. One of these methods has been developed at the Institute of Power Engineering while the second one is so called thermographic method. Applicability of these both methods to surge arrester diagnostics under field conditions, has been discussed in the paper. (Non-standard methods for testing surge arresters under operating conditions).

Słowa kluczowe: wysokonapięciowe ograniczniki przepięć, badania diagnostyczne, termografia.

Keywords: high voltage surge arresters, diagnostics tests, thermography.

doi:10.12915/pe.2014.10.30

Wstęp

Istotne znaczenie dla ciągłości utrzymania w ruchu systemu elektroenergetycznego ma między innymi właściwie realizowana diagnostyka (odgromników) ograniczników przepięć 110, 220, 400 i 750 kV w miejscu ich zainstalowania, podczas pracy pod napięciem sieciowym.

Stosowanie metod „on-line” w energetyce spotyka się z bardzo dużym zainteresowaniem przede wszystkim ze strony służb technicznych, którym zależy na bardzo szybkim wykrywaniu wszelkich nieprawidłowości oraz dbaniu o to, aby każdy przeprowadzany proces diagnostyczny mógł odbywać się w miejscu zainstalowania ogranicznika.

Aktualnie ocenę stanu (odgromnika) ogranicznika przepięć metodą „on-line” tzn. w trakcie ich eksploatacji wykonuje się dwoma metodami:

- niestandardową opracowaną i wdrożoną przez Instytut Energetyki (IEn),
- termowizyjną preferowaną przez PSE S.A..

Metody te charakteryzują się różnymi właściwościami oceny stanu diagnozowanego ogranicznika, które z jednej strony skłaniają do ich stosowania, a z drugiej zaś wymagają dodatkowych uzupełniających badań i analizy wyników pomiarów.

W artykule omówiono obydwie metody badań diagnostycznych ograniczników metodą „on-line” z jednoczesnym uzasadnieniem celowości wyboru jednej z nich jako metody podstawowej stwierdzającej przydatność ogranicznika do dalszej jego eksploatacji. Druga z metod może być wówczas stosowana jako metoda uzupełniająca potwierdzająca wyniki uzyskane z poprzedniej.

Metoda niestandardowa IEn

Metodę tą, opracowano i wdrożono w Instytucie Energetyki [1, 2].

Stwierdzono, że metoda ta jest skuteczna do oceny stanu elementów wewnętrznych zarówno iskiernikowych jak i beziskiernikowych ograniczników przepięć [3, 4].

Podstawą oceny ogranicznika w prezentowanej metodzie diagnostycznej [3, 4], jest pomiar i analiza prądu płynącego przez wnętrze ogranicznika pod napięciem sieciowym.

Za pomocą miernika (analyzera) opisanego w [1] wyznacza się parametry mierzonego prądu płynącego przez ogranicznik, to znaczy:

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

a na ich podstawie, dla potrzeb dalszej oceny stanu ogranicznika współczynniki:

- $p_1 = I_{sr} / I_{max}$ (iloraz prądów I_{sr} i I_{max}),

- $p_2 = I_h / I_{max}$ (iloraz prądów I_h i I_{max})

i porównuje z wartościami dopuszczalnymi [1].

Wartości referencyjne współczynników p_1 i p_2 wyznaczone zostały na podstawie badań laboratoryjnych wykonanych na dużej populacji nowych ograniczników przepięć przy użyciu zestawu pomiarowego składającego się z analizatora parametrów prądu upływu typu APPU-01 oraz sondy uniwersalnej LPI/LPW [1].

Wyznaczone w czasie pomiarów terenowych wartości prądów I_{max} , I_{sr} i I_h zawierają uchyby wynikające z aktualnego stanu ogranicznika. Ponadto wpływ na zmierzone wartości parametrów prądu mają następujące czynniki:

- zmienność napięcia zasilającego ogranicznik w czasie pomiarów,
- stan wnętrza osłon izolacyjnych badanego ogranicznika,
- pewność połączeń układu pomiarowego z ogranicznikiem.

W przypadku, kiedy wszystkie wyznaczone wartości współczynników są poza przedziałami dopuszczalnej zmienności, badany ogranicznik kwalifikuje się jako nienadający się do dalszej eksploatacji.

Przekroczenie dopuszczalnego poziomu przez współczynnik p_1 (wyjście poza dopuszczalny przedział jego zmienności) oznacza najczęściej niespełnienie warunków dotyczących p_2 .

W sytuacji, gdy tylko wartość współczynnika p_2 diagnozowanego ogranicznika znajduje się poza przedziałem dopuszczalnej jego zmienności, należy ogranicznik odłączyć od sieci i wykonać pomiar prądu płynącego przez ogranicznik przy napięciu stałym oraz pomiar oporności za pomocą wysokonapięciowego megaomomierza. W zależności od wyników tych pomiarów ogranicznik można ewentualnie zakwalifikować jako nadający się do eksploatacji na określony czas.

Pomiary pod napięciem stałym można zastąpić analizą prądu płynącego przez ogranicznik (w warunkach eksploatacyjnych) stosując metodę rozkładu tego prądu na poszczególne harmoniczne (FFT). Metoda ta, stosowana jest przez Instytut Energetyki od wielu lat. Jest ona bardzo skuteczna przy ocenie stanu ogranicznika, ponieważ pozwala określić rodzaj uszkodzenia jak również stan jego elementów wewnętrznych.

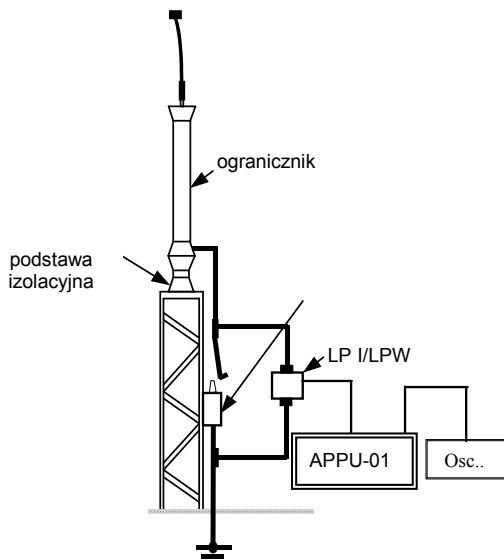
Proponowana metoda diagnozowania ogranicznika przepięć polegająca na porównaniu wyznaczonych wartości współczynników p_1 i p_2 badanego ogranicznika z wartościami dopuszczalnymi określonymi w kryteriach niniejszej diagnostyki wraz z oceną charakterystyk $I = f(t)$ i FFT

jest wystarczająca do określenia czasu jego dalszej jego eksploatacji.

Skuteczność stosowania metodyki niestandardowej ograniczników beziskiernikowych jak i odgromników iskiernikowych została potwierdzona wynikami badań laboratoryjnych oraz oględzinami wnętrza ograniczników, zakwalifikowanych na podstawie badań jako uszkodzone.

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

Na rysunku 1 przedstawiono układ do diagnostyki odgromników (ograniczników) przepięć w warunkach terenowych stosowanej w metodzie niestandardowej.



Rys.1. Układ do badań diagnostycznych pod napięciem sieciowym odgromników (ograniczników) przepięć metodą niestandardową

W tabeli 1 podano przykładowe zestawienie wyników z pomiarów diagnostycznych iskiernikowych ograniczników przepięć zainstalowanych w trzech fazach wykonanych przy zastosowaniu metody niestandardowej.

Tabela 1. Wyniki pomiarów i obliczeń diagnozowanych ograniczników

Faza	U [kV]	I_{max} [mA]	I_{sr} [mA]	I_{har} [mA]	p_1	p_2
R	127	3,08	1,96	0,121	0,636	0,039
S	127	2,00	1,25	0,048	0,625	0,024
T	127	2,46	1,55	0,053	0,630	0,022

Wyniki diagnostyki ograniczników w tabeli 1 wskazują na ich dobry stan techniczny.

W stosowaniu niniejszej metody występują pewne niedogodności związane z koniecznością wykonywania pomiarów dwuosobowo (praca w pobliżu napięcia), posiadanie odpowiednich uprawnień energetycznych oraz wykonywanie w odpowiednich warunkach atmosferycznych (przy wilgotności mniejszej niż 80%, temperaturze wyższej niż 5°C i prędkości wiatru mniejszej niż 5 m/s) – wpływ osłony.

Reasumując, można stwierdzić, że proponowana przez Instytut Energetyki metoda niestandardowa diagnostyki ograniczników przepięć umożliwia w sposób niemal natychmiastowy ocenę jego stanu w trakcie eksploatacji bez konieczności wyłączenia go spod napięcia sieciowego. Zastosowanie oscyloskopu wraz z oprogramowaniem FFT umożliwia dodatkowo rejestrowanie i analizowanie wyników pomiarów diagnozowanego ogranicznika wraz z opracowaniem harmonogramów badań do ewentualnej jego wymiany włącznie. Dodatkowo atutem jest niski koszt aparatury oraz łatwość jej obsługi.

Metoda termowizyjna

Pomiary termowizyjne znajdują zastosowanie we wszystkich przypadkach, w których na podstawie rozkładu temperatury na powierzchni badanego obiektu można oceniać jego stan techniczny. Najpopularniejszym sposobem wykrywania uszkodzeń urządzeń elektroenergetycznych jest wykonanie badań z użyciem kompaktowych kamer termowizyjnych. Wykrycie elementu przegrzanego oraz prawidłowa klasyfikacja zagrożenia w zależności od obciążenia prądowego i przyrostu temperatury – to typowe zadania metody termowizyjnej. Dostępne na rynku mobilne kamery termowizyjne ułatwiają diagnostykę ograniczników w różnych miejscach ich zainstalowania [5].

Diagnostyka termowizyjna ograniczników przepięć stosowana jest w energetyce od kilkunastu lat [6-12]. Jej wyniki dają możliwość dokonania jedynie wstępnej oceny stanu technicznego ogranicznika. Podstawowym kryterium oceny w tej metodzie jest pomiar wartości temperatury w diagnozowanym ograniczniku a przede wszystkim jej przyrost w odniesieniu do innych ograniczników pracujących w identycznych warunkach środowiskowych. Należy zaznaczyć, że prawidłowa interpretacja obrazu termowizyjnego uzyskanego podczas pomiarów wymaga zastosowania właściwego zestawu optyczno-pomiarowego, doświadczenia oraz znajomości badanych urządzeń.

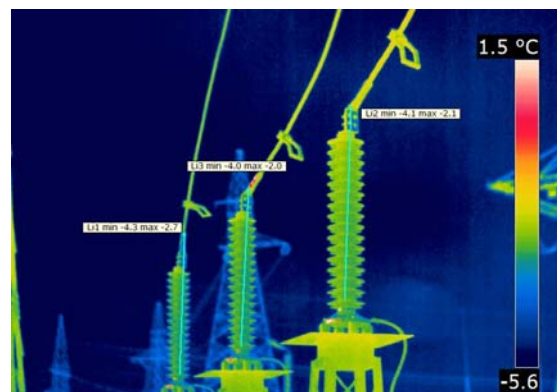
Celem diagnostyki termowizyjnej ograniczników przepięć jest:

- określenie rozkładu temperatury wzdłuż kolumny ogranicznika w powiązaniu ze znajomością jego konstrukcji,
- identyfikacja pola temperatury na powierzchni diagnozowanego ogranicznika,
- możliwość wnioskowania na temat uszkodzeń lub zmian technicznych elementów wewnętrznych ogranicznika.

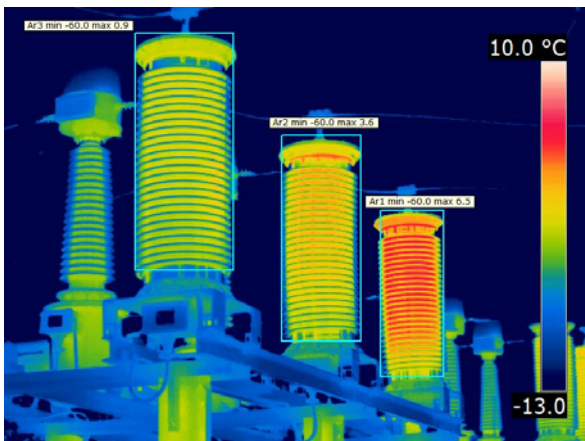
Główne zalety metody termowizyjnej to:

- możliwość diagnostyki bez konieczności wyłączenia ogranicznika z eksploatacji,
- wykonywanie diagnostyki bez konieczności przebywania w bliskim ich sąsiedztwie,
- rejestracja termowizyjna niewrażliwych miejsc ogranicznika,
- umożliwienie zobrazowania pola temperatury w całej dostępnej optycznie powierzchni ogranicznika,
- rejestracja i obróbka komputerowa uzyskanych termogramów.

Rejestracja uzyskanego termogramu diagnozowanego ogranicznika może być podstawą do wykonania diagnostyki innymi dostępnymi metodami do wyłączenia go z eksploatacji włącznie.



Rys.2. Obraz termowizyjny ograniczników przepięć typu PEXLIM Q 096-VH123 [14]



Rys.3. Obraz termowizyjny ograniczników przepięć typu GZSMW 96 [14]

Na rysunku 2 przedstawiono widok ograniczników przepięć o zbliżonych przyrostach temperatury pracujących w polu 110 kV, natomiast na rysunku 3 przedstawiono widok diagnozowanych odgromników o różnych przyrostach temperatury pracujących w polu 110 kV

Rozkład temperatur jak pokazany na rysunku 3 może wskazywać na uszkodzenie jednego z nich.

Metoda termowizyjna posiada jednak również wady, do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- zbyt długi czas, jaki jest potrzebny do zaobserwowania przyrostu temperatury na zewnątrz osłony ogranicznika (może wynosić nawet kilka godzin) wynikający z faktu, że przez diagnozowany ogranicznik w trakcie jego eksploatacji przepływa prąd pojemnościowy lub prąd upływu o niewielkiej wartości, rzędu miliamperów a nie prąd roboczy [13],
- nie opracowano dotychczas metodyki badań termowizyjnych przy różnych warunkach środowiskowych uwzględniających pory dnia i nocy oraz kierunek nasłonecznienia pola ograniczników w porze dziennej,
- nie określono dotychczas w sposób precyzyjny temperaturowych progów kryterialnych umożliwiających stwierdzenie przydatności ogranicznika do dalszej jego eksploatacji lub jego demontaż,
- nie przeprowadzono dotychczas oceny wpływu typu osłony ogranicznika na rozkład temperatury na jego powierzchni,
- nie wykonano analizy wpływu zmniejszenia przejrzystości atmosfery (zamglenia) powodującej zawilgocenie powierzchni ogranicznika stanowiącej tym samym główną przyczynę spadku mierzonej temperatury i zniekształcenia jej rozkładów na osłonie ogranicznika, podobne zjawiska powoduje silnie wiejący wiatr ze względu na swoje właściwości chłodzące,
- wysokie koszty zestawów termowizyjnych o dużej rozdzielczości temperaturowej wynikające między innymi z właściwego doboru obiektów szerokokątnych i teleobiektywów.

Reasumując, należy stwierdzić, że zaletą diagnostyki termowizyjnej ograniczników przepięć w energetyce jest możliwość jej wykonywania bez potrzeby ograniczania przesyłu energii elektrycznej, wadą natomiast jest brak przedziałów kryterialnych oraz wiedzy na temat rozkładów temperatur wzdłuż kolumny ogranicznika umożliwiających podjęcie decyzji co do dalszej jego eksploatacji.

Podsumowanie

Podstawową do oceny stanu odgromnika (ogranicznika) znajdującego się w eksploatacji bez konieczności jego wyłączenia jest metoda niestandardowa proponowana w Instytucie Energetyki, która charakteryzuje się łatwością wykonania, pozwalającą w sposób jednoznaczny określić przydatność ogranicznika do dalszej eksploatacji.

Diagnostykę termowizyjną odgromnika (ogranicznika) przepięć wykorzystującą możliwości nowoczesnych systemów termowizyjnych można traktować jako uzupełniającą. Zaleca się stosować ją łącznie z metodą niestandardową, która dodatkowo umożliwia pomiar składowych prądu płynącego przez diagnozowany ogranicznik wraz z analizą FFT.

Znaczna liczba wycofanych z eksploatacji ograniczników przepięć w ostatnich latach, w wyniku przeprowadzonych pomiarów metodami niestandardową i termowizyjną, pozwala traktować te metody jako wiarygodne i celowe w określaniu stanu technicznego tych urządzeń w miejsce dotychczas stosowanych metod obejmujących pomiary statycznego napięcia zapłonu (dotyczących odgromników SiC) i napięcia referencyjnego (dotyczy ograniczników beziskiernikowych ZnO).

W wyniku prowadzonej od ponad 20 lat diagnostyki odgromników (ograniczników) przepięć stwierdzono, że awariom ulegają zarówno odgromniki znajdujące się w eksploatacji wiele lat jak i ograniczniki przepięć, znajdujące się w eksploatacji od kilku lat.

Omawiane powyżej metody diagnostyczne powinny znaleźć zastosowanie na wszystkich poziomach napięcia, bez względu na to czy jest to ogranicznik przepięć iskiernikowy czy beziskiernikowy, a także bez względu na rodzaj obudowy izolacyjnej.

LITERATURA

- [1] Urządzenie do diagnozowania stanu zużycia ograniczników przepięć zwłaszcza ograniczników znajdujących się w eksploatacji. Patent Instytutu Energetyki nr 194370
- [2] Sposób diagnozowania stanu zużycia ograniczników przepięć. Patent Instytutu Energetyki nr 194371
- [3] Papiński P., Wańkowicz J., Doświadczenia z badań laboratoryjnych i terenowych ograniczników przepięć przeznaczonych do sieci 110 kV. VIII Symposium Problemy Eksploatacji Układów Izolacyjnych Wysokiego Napięcia. Zakopane, 18-20 października 2001
- [4] Papiński P., Udoskonalenie metod diagnostyki ograniczników przepięć, *Opracowanie Instytutu Energetyki*, Warszawa 2006
- [5] Materiały firmy FLIR Systems AB., Instrukcja obsługi zestawu termowizyjnego "FLIR E 60 DEMO"
- [6] Praca Zbiorowa, Pomiary termowizyjne w praktyce. *Agenda Wydawnicza PAK*, Warszawa 2004
- [7] Nowak-Gajewska M., Kania A., Zastosowanie termowizji w diagnostyce ograniczników przepięć, *Energetyka*, nr 12 2005
- [8] Chrzan K. L., Diagnostyka ograniczników przepięć za pomocą kamery termowizyjnej, *Wiadomości Elektrotechniczne*, 12/2005
- [9] Kania A., Zastosowanie termowizji w diagnostyce ograniczników przepięć. *Materiały konferencji PTPIREE Pomiary i diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych 26-27 październik 2006*
- [10] Kuczyński K., Zastosowanie termowizji w badaniach urządzeń elektroenergetycznych, *Elektro-Info*, 11/2008
- [11] Papiński P., Badanie zależności prądu upływu od różnego rodzaju uszkodzeń ograniczników przepięć. *Opracowanie IEn-EOS*, Warszawa 2008, 3-12
- [12] Szopa A., Patschek K., Zastosowanie termowizji w energetyce, *Pomiary Automatyka Kontrola; Pomiary termowizyjne w praktyce, magazyn „ECIZ”*, nr 11/2010
- [13] Papiński P., Analiza termowizyjna stanu zużycia ograniczników przepięć w eksploatacji. *Opracowanie IEn-EOS*, Warszawa 2013, 6-12
- [14] Badania termowizyjne ograniczników przepięć. *Opracowanie PSE Wschód 2013*

Autorzy: prof. dr hab. inż. Jacek Wańkowicz, Instytut Energetyki, Instytut Badawczy ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: jacek.wankowicz@ien.com.pl; mgr inż. Piotr Papiński, Instytut Energetyki, Instytut Badawczy ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: piotr.papinski@ien.com.pl.