

Jerzy Skubis*

AKTUALNE PROBLEMY TECHNICZNEJ DIAGNOSTYKI WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH METODĄ EMISJI AKUSTYCZNEJ

Streszczenie: W referacie scharakteryzowano metodę emisji akustycznej wykorzystywanej w technicznej diagnostyce układów izolacyjnych transformatorów dużej mocy. Omówiono fizyczne podstawy metody i stosowane układy pomiarowe. Przedstawiono przykładowe wyniki. Zdefiniowano problemy występujące podczas detekcji, pomiarów i lokalizacji wyladowań niezupełnych w warunkach silnych zakłóceń. Przedstawiono kierunki badań zmierzających do rozwiązania istniejących problemów.

Słowa kluczowe: wyladowania niezupełne, emisja akustyczna, diagnostyka, izolacja transformatorów

1. Wstęp

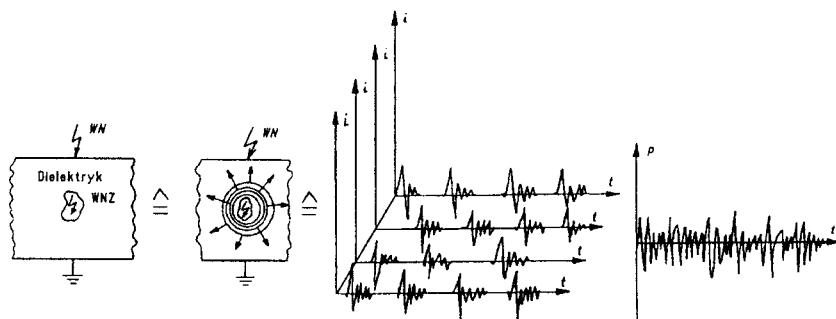
Metody diagnostyki stanu izolacji transformatorów są intensywnie rozwijane i doskonalone [7]. Jedną z tych metod jest metoda emisji akustycznej (EA), umożliwiająca ocenę wnz w pracujących transformatorach [4]. Metoda umożliwia detekcję, lokalizację i w pewnym zakresie pomiar intensywności występujących wyladowań. Prace nad metodą emisji akustycznej rozpoczęte pod koniec lat siedemdziesiątych doprowadziły do jej opracowania w stopniu, umożliwiającym jej techniczne wykorzystanie. Metoda znalazła przede wszystkim zastosowanie w ocenie wnz występujących w transformatorach podczas normalnej eksploatacji. W okresie około 10-letniego technicznego stosowania metody emisji akustycznej, zebrano szerokie doświadczenie metrologiczne

* Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. Sosnkowskiego 31, 45-233 Opole

i techniczne, związane z jej stosowaniem. Doświadczenia te doprowadziły do opracowania sposobów interpretacji wyników i ich porównania z wynikami diagnostyki uzyskiwanymi innymi metodami (chromatograficzną, badaniami dielektrycznymi i fizyko-chemicznymi oleju). Pozwoliły też na sformułowanie nierozwiązanych zagadnień dotyczących metody emisji akustycznej, istotnych z poznawczego i praktycznego punktu widzenia. W niniejszym referacie zdefiniowano te problemy metody emisji akustycznej, wymagające rozwiązania.

2. Fizyczne podstawy metody i jej instrumentalizacja

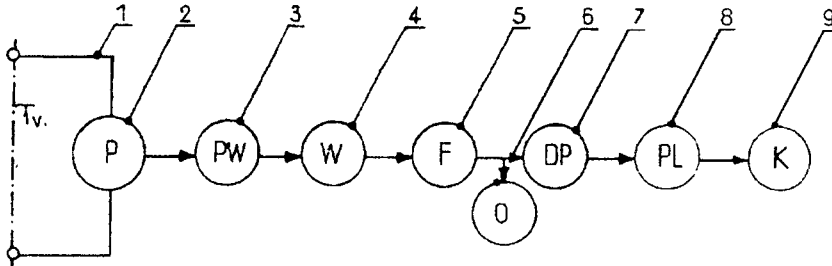
Podstawą metody EA jest generacja sygnałów akustycznych przez wnz. W czasie wnz następuje impulsowa przemiana części energii elektrycznej na energię mechaniczną. Pozostała część energii wnz jest wydatkowana w formie energii elektrycznej, cieplnej i chemicznej. Nie można podać jednoznacznej funkcji określającej przemianę energii z jednej postaci w drugą. Parametry tej przemiany zależą przede wszystkim od prędkości przemiany energii elektrycznej w mechaniczną. Zależnie od typu wnz, impulsy EA mają różną amplitudę i czas. Informacje na ten temat przedstawiono m. innymi w pracach [5, 8]. W technicznych układach izolacyjnych generacja EA przez wnz może mieć miejsce w gazie, w oleju lub w dielektryku stałym. Jeśli wnz ma miejsce w ośrodku jednorodnym, można je traktować jako punktowe źródło zaburzeń. Generowana przez wnz EA rozchodzi się w ośrodku jako fala sferyczna. Oznacza to, że zmienne stanu w równaniu falowym są funkcjami jedynie czasu i odległości od punktu występowania wnz. Amplituda impulsów EA jest odwrotnie proporcjonalna do odległości źródła wnz, a natężenie emisji jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. W układach technicznych występują wnz wielokrotne i nie tylko w jednym punkcie, ale w pewnym obszarze dielektryka. W wyniku tego, w izolacji występuje nie pojedynczy impuls EA, ale cała grupa impulsów EA. Impulsy EA występujące w tych warunkach są przesunięte względem siebie w czasie i przestrzeni. Przetwornik pomiarowy rejestruje wypadkowy ciąg impulsów EA, który stanowi zsumowany obraz zjawiska. Poglądowy przebieg tego procesu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Poglądowe przedstawienie generacji impulsów EA przez wnz

Z analizy zjawisk przedstawionych na rysunku 1 widać, że pojedynczym wnz towarzyszy generacja dyskretnej EA, natomiast wieloźródłowym i wielokrotnym wnz, towarzyszy EA ciągła. Przedstawione mechanizmy generacji dyskretnej i ciągłej EA, odnoszą się do punktu lub obszaru występowania wnz. W miejscu odbioru, EA może mieć inne parametry.

Procesowi generacji wnz można przyporządkować ogólny układ pomiarowy przedstawiony na rysunku 2. Przetwornik stosowany do odbioru impulsów EA winien umożliwiać liniowe ich przetwarzanie na sygnały napięciowe w paśmie do 100 kHz. Cechy takie posiadają przetworniki piezoelektryczne różnych typów.



Rys. 2. Schemat układu do detekcji i pomiaru EA od wnz. 1 - mierzony transformator, 2 - przetwornik, 3 - przedwzmacniacz, 4 - wzmacniacz, 5 - filtr środkowo-przepustowy, 6 - oscyloskop, 7 - dyskryminator progowy, 8 - przelicznik impulsów, 9 - komputer

W ogólnym układzie pomiarowym (rys. 2), można wydzielić część uproszczoną, złożoną z elementów (1), (2), (3), (4), (5) i (6). Zestawiony w ten sposób układ może służyć do detekcji i wizualizacji impulsów EA od wnz. Dołączenie do tego układu elementów (7), (8) i (9) umożliwia pomiar i analizę wyników. Techniczne realizacje ogólnego układu pomiarowego zależą od warunków metrologicznych i zakresu diagnostyki. Układy do pomiaru EA są wykonywane w kraju głównie przez IPPT-PAN w Warszawie. Można wymienić następujące analizatory EA, kolejno stosowane do diagnostyki izolacji transformatorów: układy zestawione z paneli Standard, analizatory Dema-10, Dema-20, Dema-34, Dema-100, Dema-300, nanowoltomierze homodynamiczne. Wśród wymienionych największe znaczenie mają analizatory typu Dema. Do odbioru EA od wnz można także stosować układ firmy Leonard. Inny układ pomiaru proponuje firma Brüel-Kjaer, w którym głównym przyrządem jest analizator impulsów posiadający możliwość pracy czterokanałowej, lokalizacji źródła EA i wizualizacji sygnałów. Najnowszą generacją urządzenia do pomiarów EA wnz może być stacja Locan 320 AT.

Ważnym elementem w układach pomiarowych jest kabel transmitujący sygnał z przetwornika do analizatora EA. Początkowo stosowano w tym celu kabel koncentryczny. Aktualnie istnieje możliwość wykorzystania do tego celu łącza optoelektrycznego [13]. Do transmisji można przykładowo wykorzystać łącze o następujących parametrach: typ PCS 200/380 mm, tłumienności $\gamma < 30$ dB/km, paśmie przenoszenia do 1 MHz, wartości transmitowanych sygnałów od 10 mV do 400 mV, zewnętrznym zasilaniu standardowym +15 V, o długości do 25 m.

Scharakteryzowane układy pomiarowe są stosowane w diagnostyce wzn występujących w transformatorach w normalnej eksploatacji. W latach 80-tych aparatura pomiarowa była dowożona do mierzonego obiektu i na miejscu pomiarów łączona i uruchamiana. Po zebraniu doświadczeń metrologicznych, w miarę pojawiania się nowych układów pomiarowych, zbudowano w Politechnice Opolskiej przewoźne laboratorium diagnostyczne, specjalnie przeznaczone do diagnostyki wzn metodą EA [9]. Laboratorium zainstalowano na fabrycznie zmodernizowanym samochodzie Nysa-Towos.

3. Przykładowe wyniki detekcji, pomiarów intensywności i lokalizacji wyładowań niezupełnych metodą emisji akustycznej

Dla transformatorów w eksploatacji o mocy $S > 250$ MVA ocena wzn jest obecnie obligatoryjna [14]. W odniesieniu do transformatorów o mniejszych mocach metoda EA jest stosowana według zapotrzebowania określonego przez służby zajmujące się eksploatacją tych transformatorów. Takie podejście do pomiarów wzn proponują także aktualnie nowelizowane przepisy, dotyczące badań okresowych transformatorów będących w eksploatacji [1]. Informacje o wzn występujących w izolacji pracujących transformatorów nie są dostępne w inny sposób, gdyż żadna ze znanych metod pomiaru wzn nie nadaje się do stosowania podczas normalnej eksploatacji.

Z technicznego punktu widzenia, ważnym było opracowanie odpowiedniej metodyki i zakresu pomiarów, wybór liczby punktów pomiarowych, określenie miejsc i sposobu mocowania przetwornika. Ze względu na normalną pracę transformatorów, dostęp możliwych do pomiaru powierzchni jest ograniczony do zerowego poziomu kadzi. Wyklucza to z pomiarów górną pokrywę transformatora, kominki i przepusty. Dostępne do pomiarów są boczne ścianki kadzi. Przetwornik pomiarowy umieszcza się zarówno po stronie górnego jak i dolnego napięcia, na trzech różnych wysokościach kadzi, kolejno w fazach R, S, T, a także między fazami R-S i S-T, i na jej bocznych ściankach. Powstaje w ten sposób siatka pomiarowa w węzłach której znajduje się przetwornik. W tabeli 1 przedstawiono wyniki detekcji i pomiarów wzn metodą EA w przykładowym transformatorze. Obszerne zestawienie wyników detekcji i pomiarów wzn metodą EA w wybranych transformatorach różnych typów, zawiera książka [11].

W transformatorach, w których wykryto wewnętrzne wzn, rejestruje się bardziej zaawansowane deskryptory EA generowanej przez te wzn [5]. Przykładowe wyniki pomiarów średniego tempa EA od wzn występujących w mierzonej transformatorze blokowym, przedstawiono w tabeli 1.

Analiza wyników przedstawionych w tabelach 1 i 2 prowadzi do wniosku, że w mierzonej transformatorze wzn występują zarówno od strony wyprowadzenia górnego jak i dolnego napięcia. Od strony wyprowadzenia górnego napięcia wyładowania występują w górnej części kadzi, w obszarze kominków fazy T, S, między tymi fazami i na bocznej ściance kadzi od strony fazy T. Wyładowania są także słyszalne w połowie wysokości kadzi w fazach T i S. Od strony przepustów dolnego napięcia, wzn występują także w górnej części kadzi w fazach t, s a także między tymi fazami. In-

Tabela 1. Wyniki detekcji, pomiarów intensywności i lokalizacji wnz w transformatorze blokowym TFBbR-240/400 PN. Przekładnia transformatora: 420/15,75; rok produkcji 1980, remont w 1996 r.

Umiejscowienie przetwornika	Wyniki pomiarów EA na kadzi od strony wyprowadzenia górnego napięcia [mV]						Wyniki pomiarów EA na kadzi od strony doprowadzenia dolnego napięcia [mV]					
	Faza						Faza					
	R	R-S	S	S-T	T	boczna ścianka tr.	t	t-s	s	s-r	r	boczna ścianka tr.
Góra kadzi	0	0	100	70	150	50	160	90	100	0	50	0
Środek kadzi	0	0	60	0	40	0	0	60	90	0	0	0
Dół kadzi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 2. Średnie tempo EA od wnz w różnych punktach kadzi mierzonego transformatora. Czas pomiaru $t = 60s$. Wartości tempa wyrażone są liczbą impulsów w jednej sekundzie

Umiejscowienie przetwornika	Strona wyprowadzenia górnego napięcia						Strona doprowadzenia dolnego napięcia					
	Faza						Faza					
	R	R-S	S	S-T	T	boczna ścianka tr.	t	t-s	s	s-r	r	boczna ścianka tr.
Góra kadzi	0	0	575	262	583	226	604	477	509	0	134	0
Środek kadzi	0	0	222	0	119	0	0	264	457	0	0	0
Dół kadzi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

tensywne wyładowania w tym obszarze są także mierzalne w połowie wysokości kadzi. Z tej strony kadzi występują także wnz w fazie r, ale ich intensywność jest znacznie niższa. Obszar występowania wewnętrznych wnz w mierzonym transformatorze jest bardzo duży. Analiza kształtu sygnałów od stwierdzonych wyładowań wskazuje, że wyładowania występują najprawdopodobniej w oleju, a nie w papierze.

W oparciu o wieloletnie pomiary wnz wykonywane metodą EA w różnych transformatorach, określono poziomy wyładowań dopuszczalnych jeszcze dla dalszej pracy transformatorów i poziomy wyładowań wskazujących na stany przedawaryjne mierzonych jednostek. W oparciu o tę bazę danych można stwierdzić, że wnz wykryte w mierzonym transformatorze są niebezpieczne dla dalszej jego pracy i wskazują na stan przedawaryjny. W związku z tym zalecono wyłączenie tego transformatora spod napięcia i wykonanie jego przeglądu na stanowisku pracy, celem zidentyfikowania przyczyny i miejsca występowania wnz.

Obok impulsów od wewnętrznych wnz, układ pomiarowy rejestruje także impulsy elektromagnetyczne od wyładowań ulotowych w powietrzu. Obserwacja sygnałów na oscyloskopie umożliwia ich rozróżnienie: impulsy EA od wnz wewnętrznych są rzędu milisekund a elektromagnetyczne impulsy zakłócające od wyładowań ulotowych są rzędu mikrosekund [12].

Zjawisko generacji EA przez wnz umożliwia lokalizację obszaru wyładowań. Lokalizowanie obszaru wnz może być realizowane na dwa sposoby:

- przez pomiar amplitud EA w różnych odległościach od źródła wnz,
- przez pomiar czasów dojścia sygnałów EA do przetworników rozmieszczonych w różnych punktach kadzi.

Metoda lokalizacji wnz wykorzystująca pomiary amplitud jest określana w literaturze jako metoda największej głośności lub metoda osłuchowa, natomiast metoda oparta na pomiarach czasów propagacji, jako metoda triangulacyjna. Na stacjach prób, gdzie istnieje łatwy i względnie bezpieczny dostęp do transformatora a czas pomiaru jest ograniczony czasem próby napięciowej, stosowana jest głównie metoda triangulacyjna. W transformatorach będących w eksploatacji stosowana jest z reguły metoda największej głośności. Wartości czasów opóźnień są łatwe do zmierzenia. Jeśli sygnały, w drodze do przetworników pomiarowych przenikają przez różne materiały, należy obliczyć ich prędkość zastępczą. Jeśli sygnały docierają do przetwornika przez pojedynczy dielektryk, odległość między źródłem wnz a przetwornikiem oblicza się bezpośrednio z prędkości rozchodzenia się sygnałów w tym dielektryku. Błędy jakie mogą w tym przypadku wystąpić, można eliminować przy opracowaniu wyników. Z uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń wyznacza się średnią wartość współrzędnych i przyjmuje się, że jest to położenie obszaru wnz. Wadę tej metody stanowi konieczność stosowania większej liczby torów pomiarowych, dla równoczesnej rejestracji czasów opóźnień w kilku punktach.

Do lokalizacji wnz w izolacji transformatorów podczas eksploatacji preferowana jest metoda największej głośności. Lokalizacja wnz tą metodą jest oparta na pomiarze wielkości amplitud EA w różnych punktach kadzi i znalezieniu takiego miejsca, w którym amplitudy EA są największe. Po znalezieniu obszaru największej słyszalności EA można założyć, że w tym miejscu występują wnz. Metoda największej głośności jest najprostrzym sposobem lokalizacji wnz, jednak przy jej stosowaniu należy liczyć się z możliwością występowania błędów. Mogą one wynikać z nierównomiernego wytłumienia impulsów EA, zwłaszcza wtedy, kiedy impulsy w drodze do przetwornika przenikają przez różne dielektryki i materiały przewodzące. Zależności między amplitudą sygnałów EA, a odległością od źródła wnz można ściśle określić tylko wtedy, kiedy przestrzeń propagacji sygnałów EA jest jednorodna. Jeżeli sygnały EA biegną częściowo w oleju, a częściowo w stali, miedzi lub papierze, do przetwornika docierają sygnały wytłumione i rozmyte. Ponieważ przestrzeń propagacji sygnałów EA nie jest dokładnie znana, więc i wytłumienie rejestrowanych sygnałów nie może być ściśle wyliczone. Dla precyzyjnego zlokalizowania wnz metodą największej głośności konieczne jest równoczesne analizowanie trzech informacji: amplitud impulsów EA, widma sygnałów i konstrukcji badanego transformatora. Niekwestionowanymi zaletami lokalizacji wnz metodą największej głośności są:

- możliwość osłuchiwania transformatorów w czasie bieżącej eksploatacji,
- wykonywanie pomiarów tylko jednym torem pomiarowym,
- prosta metodyka przeprowadzania lokalizacji.

4. Najważniejsze zagadnienia metody emisji akustycznej wymagające rozwiązania

Dotychczasowe doświadczenia w zakresie opracowania i technicznego stosowania metody EA umożliwiają sformułowanie szczegółowych zagadnień wymagających rozwiązania [10]. Przedstawione do rozwiązania problemy dotyczą różnych dziedzin: materiałoznawstwa elektrycznego, metrologii elektrycznej, informatyki, badań niszczących.

- Jaka część energii wnz w zależności od ośrodka w którym występuje, jest przetwarzana na energię mechaniczną, rozchodzącą się w postaci fal sprężystych?
- Widma częstotliwościowe różnych typów wnz. Wpływ na widmo wnz intensywności i rodzaju ośrodka. Temat ten jest realizowany przez mgr. Tomasza Boczara, jako rozprawa doktorska [2].
- Czy w niektórych przypadkach pomiar sygnałów EA w wąskim paśmie nie byłby korzystniejszy, niż pomiary szerokopasmowe? Ewentualnie w odniesieniu do jakich urządzeń?
- Czy dla opisu intensywności wnz nie byłoby korzystniej posługiwać się ciśnieniem generowanej fali akustycznej, niż napięciem sygnału przetworzonego w przetworniku piezoelektrycznym? Jaka w takim przypadku winna być procedura przeliczeniowa sygnału napięciowego na sygnał ciśnieniowy?
- Czy korzystając z analogii mechano-elektrycznych można stworzyć modele akustyczne badanych urządzeń elektroenergetycznych (w postaci szeregowo-równoległych połączeń impedancji akustycznych) i w oparciu o nie analizować propagację sygnałów?
- W jakim stopniu dla określenia związku między sygnałem w miejscu generacji i odbioru, może być przydatna numeryczna symulacja propagacji sygnałów? Dotyczy to w szczególności analizy przenikania sygnałów EA przez przegrody izolacyjne.
- Dobór takich parametrów sygnałów EA, które najlepiej charakteryzowałyby szkodliwość wnz (analiza sumy i tempa EA, sumy i tempa zdarzeń akustycznych, parametru ARMS i innych. Zagadnienie to w znacznym stopniu rozwiązała w swojej rozprawie doktorskiej dr Barbara Kucharska [5].
- Określenie korelacji między parametrami charakteryzującymi sygnał, a wielkościami dotychczas stosowanymi dla charakterystyki szkodliwości wnz (np. korelacja z ładunkiem pozornym Q_p , z wynikami analiz chromatograficznych, wynikami badań oleju izolacyjnego, z wynikami badań fizyko-chemicznych oleju).
- Opracowanie systemu archiwizacji wyników i założenie katalogów wyników badanych jednostek tak, aby było możliwe na ich podstawie opracowanie kryterium ilościowego, powiązanego ze stanem fizycznym badanych transformatorów.
- Podjęcie prac nad specjalizowaniem metody EA stosowanej do oceny wnz występujących w innych urządzeniach elektroenergetycznych. Potencjalnymi obiektami w odniesieniu do których można specjalizować metodę są kondensatory energetyczne, przepusty transformatorowe, prądowe i napięciowe przekładniki wysokiego napięcia, rozdzielnice z SF_6 [3].
- Opracowanie sposobu wzorcowania układu diagnostycznego, zainstalowanego na badanym transformatorze. Ważne jest znalezienie wzorcowego źródła EA, które

umożliwiłoby generację powtarzalnego sygnału EA o znanym widmie. Dobre rezultaty rokuje pod tym względem metoda Hsu-Niellsena. Zagadnienie to, w formie rozprawy doktorskiej rozwiązuje aktualnie mgr Marcin Lorenc [6].

5. Podsumowanie

Metoda EA podaje informacje nieosiągalne innymi metodami o istnieniu, wielkości i o miejscu występowania wnz. Umożliwia rozstrzygnięcie bezpośrednio przy transformatorze, czy przyczyną degradacji izolacji są wnz, lub inne zjawisko. Aktualnie metoda EA jest stosowana przede wszystkim do diagnostyki izolacji transformatorów. Zastosowanie metody może być rozszerzone na badanie przekładników wysokiego napięcia, transformatorowych izolatorów przepustowych, kondensatorów energetycznych i rozdzielnic z SF₆. Zależnie od zakresu diagnostyki, metoda EA może być stosowana do detekcji, pomiarów lub lokalizacji wnz. Zakres stosowania metody może być ograniczony wysokim poziomem zakłóceń akustycznych i elektromagnetycznych, lub złożoną geometrią układów chłodzenia transformatorów, uniemożliwiającą mocowanie do ich powierzchni przetworników pomiarowych.

Przy interpretacji wyników uzyskiwanych metodą EA zawsze należy brać pod uwagę jej ograniczenia, wynikające z mechanizmu generacji i propagacji sygnałów EA w transformatorach. Niezależnie od cyfrowej rejestracji sygnałów celem ich numerycznej obróbki, należy stosować układ umożliwiający wizualizację rejestrowanych sygnałów. Metoda EA okazuje się szczególnie przydatna do lokalizacji wnz. Wybór techniki lokalizowania wnz metodą triangulacyjną lub osłuchową, zależy od dostępnej aparatury i warunków metrologicznych. Stosowane metody lokalizacji różnią się dokładnością i stopniem komplikacji przeprowadzonych obliczeń. Opracowane do tej pory programy numeryczne wspomagające lokalizację wnz metodą triangulacyjną, mogą być wykorzystywane w odniesieniu do transformatorów w eksploatacji.

Najważniejsza zaleta metody EA polega na możliwości jej stosowania w bardzo trudnych warunkach eksploatacji transformatorów, w których wykonywanie pomiarów wnz było do tej pory niemożliwe. Metoda EA wypełnia w ten sposób lukę, jaka istniała w metrologii wnz występujących w transformatorach podczas eksploatacji. Podjęcie badań w sformułowanych w niniejszym referacie kierunkach, może przyczynić się do udoskonalenia metody EA i do uzyskania bardziej precyzyjnej diagnozy o stanie izolacji transformatorów w eksploatacji.

Literatura

- [1] **Bagiński A., Domżański T., Letkiewicz K., Olech W.:** *Znowelizowany program badań okresowych transformatorów w eksploatacji*. Konferencja: Transformator'97, Koloźrzeg 1997
- [2] **Boczkar T.:** *Analiza widm częstotliwościowych impulsów emisji akustycznej generowanych przez wnz*. Promotorski grant KBN nr PB-583/T07/95/08, 1995–96
- [3] **Gronowski B.:** *Propagacja sygnałów EA od wnz w kondensatorach energetycznych*. Rozprawa doktorska, Pol. War., Wydz. El., Warszawa 1989

- [4] **Harrold R. T.:** *Acoustical technology applications in electrical insulation and dielectric.* IEEE Trans. El-20, p. 3–19, 1985
- [5] **Kucharska B.:** *Parametry EA generowanej przez wnz.* Rozprawa doktorska Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Elektryczny, 1995
- [6] **Lorenc T.:** *Dobór sposobu wzorcowania układów pomiarowych stosowanych w akustycznej metodzie oceny wyladowań elektrycznych.* Promotorski grant KBN nr PB-585/T07/95/08
- [7] **Malewski R.:** *Diagnostyka transformatorów w eksploatacji.* III Seminarium: Inżynieria Wysokich Napięć, Poznań – Kiekrz, s. 151–170, 1996
- [8] **Por G., Novotny F.:** *Detecting PD in high voltage measuring transformers by noise method.* Konf. IMEKO'89, Praga, t. II, p. 521–524, 1989
- [9] **Skubis J., Gronowski B.:** *Disturbance while measurements of PD the acoustic method.* VII ISHV Drezno, Niemcy, Sub. 7, p. 105–108, rap. nr 73.04, 1991
- [10] **Skubis J.:** *Stan opracowania metody EA w WSI Opole i kierunki jej rozwoju.* ZN WSI Opole nr 184, Elektryka z. 36, 1992, s. 5–30
- [11] **Skubis J.:** *Emisja akustyczna w badaniach izolacji urządzeń elektroenergetycznych.* Książka IPPT-PAN, Warszawa 1993
- [12] **Skubis J., Włóczyk A., Ziegler H.:** *Analiza zakłóceń towarzyszących detekcji wnz metodą EA.* ZN WSI Opole nr 201, Elektryka z. 39, 1995, s. 195–225
- [13] **Zargari, Phnng B. T., Blackburn T. R.:** *An ultrasonic optical fiber sensor for PD detection.* IX ISHV, Graz, s. 5581–91, 1995
- [14] **Zarządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 17 lipca 1987 r., w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji sieci elektroenergetycznych.** MP nr 25 z dnia 4.09.1997

UP-TO-DATE PROBLEMS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF PARTIAL DISCHARGES
BY MEANS OF ACOUSTIC EMISSION METHOD

The acoustic emission method, applied to technical diagnostics of insulating systems of high power transformers, has been characterized in the paper. Physical bases of the method and applied measurement systems have been discussed. Exemplary results have been given. Problems, occurring in detection, measurement and location of partial discharges under conditions of strong interferences, have been defined. The directions of investigations, aimed at solutions of existing problems, have also been presented.