

Spis treści

Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń.....	7
1. Wstęp.....	9
2. Przyczyny awarii transformatorów elektroenergetycznych.....	13
3. Przegląd metod diagnostyki rdzeni transformatorów elektroenergetycznych.....	19
4. Ocena stanu technicznego rdzenia oparta na pomiarach wibroakustycznych wykonywanych podczas eksploatacji transformatora	27
4.1. Wykorzystanie sygnałów wibroakustycznych w diagnostyce rdzeni transformatorów.....	27
4.2. Stosowane w kraju kryteria oceny stanu technicznego rdzeni transformatorów z użyciem metody wibroakustycznej.....	30
5. Laboratoryjna weryfikacja aktualnie stosowanych wartości kryterialnych oceny stanu technicznego rdzeni transformatorów.....	33
5.1. Charakterystyka badanych obiektów oraz stosowanego układu pomiarowego.....	33
5.2. Metodyka wykonywania pomiarów.....	36
5.3. Dobór metrologicznych warunków pomiarów sygnałów wibroakustycznych rdzeni.....	38
5.4. Wyniki pomiarów sygnałów wibroakustycznych rdzeni transformatorów w stanie pracy ustalonej.....	40
5.4.1. Analiza wpływu miejsca zamocowania akcelerometrów na wskaźniki wibroakustyczne rdzenia transformatora suchego.....	40
5.4.2. Ocena wpływu miejsca zamocowania przetwornika na kadzi na wskaźniki wibroakustyczne rdzenia transformatora olejowego.....	43
5.4.3. Analiza wpływu wartości skutecznej napięcia zasilania na parametry wibroakustyczne rdzenia.....	46

5.4.4.	Ocena wpływu obciążenia transformatora na wyniki pomiarów wibroakustycznych.....	50
5.4.5.	Analiza wpływu momentu siły pakietującej rdzeń na sygnały wibroakustyczne.....	54
5.5.	Ocena powtarzalności wyznaczonych podczas badań laboratoryjnych deskryptorów wibroakustycznych.....	56
5.6.	Deskryptory sygnałów wibroakustycznych charakteryzujące stan rdzenia transformatora w stanie pracy ustalonej.....	65
6.	Pomiary sygnałów wibroakustycznych podczas eksploatacji transformatorów.....	67
6.1.	Metodyka wykonywania pomiarów i dobór parametrów metrologicznych sygnałów wibroakustycznych mierzonych w warunkach eksploatacyjnych.....	67
6.2.	Ocena wpływu obciążenia transformatora na wyznaczone wskaźniki wibroakustyczne.....	71
6.3.	Analiza wartości deskryptorów wibroakustycznych zbadanej populacji transformatorów elektroenergetycznych.....	77
7.	Krytyczna ocena skuteczności kryteriów wibroakustycznych stosowanych aktualnie w kraju.....	95
8.	Diagnostyka rdzeni na podstawie analizy sygnałów wibroakustycznych mierzonych w stanie pracy nieustalonej...	99
8.1.	Idea autorskiej metody diagnostyki rdzeni transformatorów...	99
8.2.	Ustalenie warunków metrologicznych i charakterystyka układu pomiarowego.....	100
8.3.	Deskryptory sygnałów wibroakustycznych charakteryzujące stan rdzenia podczas pracy nieustalonej.....	104
9.	Wyniki laboratoryjnych pomiarów drgań mechanicznych rejestrowanych podczas załączania transformatorów.....	113
9.1.	Charakterystyka badanych transformatorów.....	113
9.2.	Pomiary i analiza drgań mechanicznych generowanych podczas załączania transformatora suchego.....	115
9.2.1.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem spektrogramów wartości skutecznej przyspieszenia drgań.....	116
9.2.2.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem trójwymiarowych spektrogramów widma gęstości mocy.	119

9.2.3.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem skalogramów ciągłej transformaty falkowej.....	123
9.2.4.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem dyskretnej transformaty falkowej.....	126
9.3.	Wpływ rodzaju defektu rdzenia na parametry mierzonego sygnału wibroakustycznego podczas rozruchu transformatora olejowego.....	129
9.3.1.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem dwuwymiarowych spektrogramów wartości skutecznej przyspieszenia drgań.....	130
9.3.2.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem trójwymiarowych spektrogramów widma gęstości mocy.....	134
9.3.3.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem skalogramów ciągłej transformaty falkowej.....	138
9.3.4.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych z użyciem dyskretnej transformaty falkowej.....	141
10.	Weryfikacja wyników badań laboratoryjnych z rezultatami uzyskanymi w warunkach eksploatacyjnych.....	145
10.1.	Charakterystyka diagnozowanych transformatorów.....	145
10.2.	Wyniki analizy sygnałów wibroakustycznych mierzonych podczas załączania transformatorów.....	147
10.3.	Ocena skuteczności autorskiej metody w diagnostyce rdzeni transformatorów.....	160
11.	Podsumowanie.....	165
Literatura.....		171
Załącznik.....		185
Streszczenie.....		211
Summary.....		212