

## OCENA UCIAŹLIWOŚCI AKUSTYCZNEJ STACJI ELEKTROENERGETYCZNYCH NAJWYŻSZYCH NAPIĘĆ

Marek JAWORSKI<sup>1</sup>, Marek SZUBA<sup>2</sup>

Politechnika Wrocławska, Katedra Energoelektryki

1. tel.: 71 320-37-68, e-mail: marek.jaworski@pwr.edu.pl

2. tel.: 71 320-37-68, e-mail: marek.szuba@pwr.edu.pl

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono główne źródła hałasu występujące na terenie stacji elektroenergetycznych. Zaprezentowano wyniki pomiarów poziomu mocy akustycznej jednostek transformatorowych pracujących na wybranych stacjach elektroenergetycznych, w tym zależności poziomu mocy akustycznej od ilości pracujących układów wentylatorowych. Omówiono trudności w poprawnym wykonywaniu pomiarów ciśnienia akustycznego w otoczeniu transformatorów oraz problemy w dotrzymaniu dopuszczalnych poziomów dźwięku na terenach chronionych akustycznie w przypadku rozbudowy stacji elektroenergetycznych. W referacie poruszono także problem szacowania hałasu skumulowanego.

**Słowa kluczowe:** stacja elektroenergetyczna, hałas, transformator, poziom mocy akustycznej.

### 1. PODSTAWOWE ŹRÓDŁA HAŁASU NA STACJACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

Istotnymi źródłami hałasu, który rejestruje się w otoczeniu istniejących stacji elektroenergetycznych, są (auto)transformatory z wentylatorowymi układami chłodzenia oraz zjawiska ulotowe i wyładowania powierzchniowe występujące na układach izolacyjnych. Dotyczy to w szczególności stacji najwyższych napięć (220 i 400 kV) wyposażonych w transformatory dużej mocy, gdzie zagadnienie ograniczania szumów akustycznych stanowi poważny problem techniczny. Podobne trudności w ograniczeniu poziomu hałasu występują przy eksploatacji stacji 110 kV zlokalizowanych na terenie gęstej zabudowy mieszkaniowej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że głównym źródłem hałasu w stacjach wysokiego napięcia są transformatory chłodzone za pomocą zespołów wentylatorów. Zjawisko magnetostrykcji występujące w rdzeniach transformatorów dużej mocy powoduje powstawanie ciągłego uciążliwego hałasu, niezwykle trudnego do wyeliminowania, czy nawet ograniczenia. Nieco innym źródłem hałasu na stacjach elektroenergetycznych są tory wysokonapięciowe (oszynowanie stacji) oraz elementy układu izolacyjnego (łańcuchy izolacyjne). Źródłem hałasu ze wspomnianych elementów stacji elektroenergetycznej jest zjawisko ulotu, którego intensywność silnie zależy od napięcia na szynach stacji oraz warunków pogodowych. W stacjach elektroenergetycznych o napięciu górnym 400 lub 220 kV poziom hałasu, którego źródło stanowi ulot, jest

znacznie mniejszy niż poziom hałasu generowanego przez (auto)transformatory.

Innym, mniej znaczącym źródłem hałasu są sprężarki stosowane do napędu niektórych łączników starszego typu. Urządzenia te, w zależności od typu, mogą w różnym stopniu wpływać na poziom hałasu w otoczeniu stacji. Wyjątkowego rodzaju hałas powodują wyłączniki powietrzne, np. typu DLF, które traktować należy jako źródło hałasu impulsowego o bardzo wysokiej wartości szczytowej. Ustalenie stopnia uciążliwości hałasu, szczególnie typu impulsowego może być bardzo trudne i powinno być przeprowadzone z uwzględnieniem zarówno jego poziomu, jak i częstości występowania.

Kolejnym źródłem hałasu w stacjach elektroenergetycznych są agregaty prądotwórcze, stanowiące rezerwę zasilania dla szczególnie odpowiedzialnych fragmentów stacji. Pomimo, że agregaty te pracują co najwyżej przez kilka godzin w ciągu roku (z uwzględnieniem czasu potrzebnego na próbne uruchamianie tych urządzeń), to poziom hałasu wytwarzanego przez te urządzenia jest dosyć znaczny.

### 2. DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU

Krajowe przepisy dotyczące ochrony środowiska przed hałasem [1] ustalają dopuszczalne jego poziomy określone wskaźnikami hałasu  $L_{AeqD}$ ,  $L_{AeqN}$ ,  $L_{DWN}$ , i  $L_N$  dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową, szpitale, budynki związane z pobytem dzieci, wyróżniając obszary uzdrowiskowe i chronione oraz klasyfikując rodzaj i gęstość zabudowy na terenie narażonym na działanie różnych źródeł hałasu. Dopuszczalnego poziomu hałasu nie ustala się dla terenów leśnych, przemysłowych i użytków rolnych. Dopuszczalne poziomy hałasu są ustalane dla danego terenu, zależnie od sposobu jego zagospodarowania oraz funkcji określonej przede wszystkim w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego.

Dla charakterystycznych urządzeń eksploatowanych na terenie stacji elektroenergetycznych (z wyjątkiem odcinków linii napowietrznych znajdujących się na terenie stacji) dopuszczalne poziomy hałasu określone są odrębnie dla:

- pory dnia (przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie

- następującym) – równoważny poziom dźwięku  $L_{AeqD}$ ,
  - pory nocy (przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocnej) – równoważny poziom dźwięku  $L_{AeqN}$
- Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku wyrażone wskaźnikami  $L_{AeqD}$  i  $L_{AeqN}$  prezentuje tabela 1.

Tabela 1. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku z wyłączeniem hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne oraz starty, lądowania i przeloty statków powietrznych [1].

Lp.	Przeznaczenie terenu	$L_{AeqT}$ [dB]	
		$L_{AeqD}$	$L_{AeqN}$
1	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki d) Tereny szpitali w miastach	50	40
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	55	45
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	55	45

W rozporządzeniu [1] dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu mogą być wyrażone również wskaźnikami  $L_{DWN}$  i  $L_N$  mającymi zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem. Równoważny poziom dźwięku  $L_{DWN}$  wyznaczany jest w przedziale czasu odniesienia równym wszystkim dobom w roku, a równoważny poziom dźwięku  $L_N$  wyznaczany jest w przedziale czasu odniesienia równym wszystkim porom nocy (między 22:00 a 6:00). Dopuszczalne wartości wskaźnika  $L_{DWN}$  są identyczne dla poszczególnych rodzajów terenów jak wartości  $L_{AeqD}$ , a dopuszczalne wartości wskaźnika  $L_N$  są identyczne dla poszczególnych rodzajów terenów jak wartości  $L_{AeqN}$ .

### 3. WYZNACZENIE POZIOMU MOCY AKUSTYCZNEJ TRANSFORMATORÓW

Jak już wspomniano głównym źródłem hałasu na stacjach elektroenergetycznych są (auto)transformatory. Słyszalny dźwięk wypromieniowany przez transformator jest wywołany łącznym działaniem odkształceń magnetostrykcyjnych rdzenia i sił elektromagnetycznych w uzwojeniach, ścianach kadzi i ekranach magnetycznych. Pole magnetyczne indukuje wzdłużne drgania w blachach rdzenia, a amplituda tych drgań zależy od gęstości strumienia w blachach oraz magnetycznych właściwości stali rdzenia i nie jest zależna od prądu obciążenia. W nowych konstrukcjach transformatorów przez stosowanie

specjalnych blach zmniejszono poziom dźwięku wytwarzanego w rdzeniu, jednak dźwięk towarzyszący działaniom sił elektromagnetycznych jest nadal trudny do wyeliminowania. Siły elektrodynamiczne powstające do kwadratu prądu płynącego w uzwojeniach, a wytworzona moc dźwięku jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy drgań. W konsekwencji moc dźwięku w znacznym stopniu zależy od prądu obciążenia transformatora. Drgania rdzenia i układu uzwojeń mogą wywoływać wtórne drgania ścian kadzi, ekranów magnetycznych i ewentualnych szczelin powietrznych.

Duże znaczenie w emisji hałasu transformatora mają wyższe harmoniczne w sieci zasilającej. Normalne drgania występują przy parzystych harmonicznych częstotliwości sieciowej, przy czym pierwsza harmoniczna jest dominująca. Jeżeli w zasilaniu występują inne częstotliwości, to efektem tego może być emisja dźwięku o wyższych częstotliwościach, na które ucho ludzkie jest bardziej wrażliwe.

Warto zwrócić uwagę, że każde przynależne do transformatora urządzenie chłodzące także wytwarza dźwięk. Wentylatory chłodzące oraz pompy, wskutek wymuszonego przepływu powietrza lub oleju wytwarzają dźwięk o szerokopasmowym widmie.

Moc akustyczna jest parametrem służącym do kwalifikowania i porównywania źródeł dźwięku. Jest ona podstawowym deskryptorem energii akustycznej wysyłanej przez źródło i stanowi bezwzględną fizyczną cechę samego źródła niezależną od czynników zewnętrznych, takich jak środowisko i odległość od odbiornika (obserwatora).

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB jest obecnie podawany w specyfikacji technicznej nowo produkowanych (auto)transformatorów. Poziom ten jest wyznaczany zgodnie z normą PN-EN 60076-10 [2], która przewidziana jest przede wszystkim do stosowania przy pomiarach poziomów dźwięku wykonywanych u wytwórcy transformatorów. W przypadku jednostek pracujących od kilkunastu lat na stacjach elektroenergetycznych, dla których poziomy mocy akustycznej nie został wyznaczony, należy przeprowadzić stosowne pomiary tej wielkości stosując ogólne zasady podane w normie [2].

Zgodnie z tymi zasadami wyznaczono poziomy mocy akustycznej autotransformatora AT1 o przekładni 220/110 kV i mocy 160 MVA pracującego na jednej ze stacji elektroenergetycznych w Polsce (Fot. 1) Poziom ten wyznaczono dla różnych stanów pracy układów wentylatorów chłodzących autotransformator oraz przy dwóch różnych jego obciążeniach.

Do wyznaczenia wartości poziomu mocy akustycznej autotransformatora wykorzystano wyniki pomiarów jego ciśnienia akustycznego. Pomiary te przeprowadzono zgodnie z metodyką określoną w normie [2]. Skorygowany poziom A mocy akustycznej badanego autotransformatora  $L_{WA}$  obliczono na podstawie średniego skorygowanego poziomu A ciśnienia akustycznego,  $L_{pA}$  według równania:

$$L_{WA} = L_{pA} + 10 \lg \frac{S}{S_0} \quad (1)$$

w którym:

- $L_{pA}$  – średni skorygowany poziom ciśnienia akustycznego A z uwzględnieniem poprawki środowiskowej [dB(A)],
- $S$  – pole powierzchni pomiarowej prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali dźwiękowej,
- $S_0$  – pole powierzchni odniesienia = 1 m<sup>2</sup>.



Fot. 1. Autotransformator AT1 z widocznymi zespołami wentylatorów chłodzących

Średni skorygowany poziom ciśnienia akustycznego  $L_{pA0}$  obliczono ze skorygowanych poziomów A ciśnienia akustycznego  $L_{pAi}$  zmierzonych przy wzbudzonym obiekcie stosując równanie:

$$L_{pA0} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pAi}} \right), \quad (2)$$

gdzie:  $N$  - całkowita liczba pozycji pomiarowych.

Średni skorygowany poziom ciśnienia akustycznego hałasu tła  $L_{bgA}$  powinno wyznaczać się oddzielnie przed i po sekwencji wykonanych pomiarów stosując zależność:

$$L_{bgA} = 10 \lg \left( \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{0,1L_{bgAi}} \right), \quad (3)$$

w której:  $M$  - całkowita liczbę pozycji pomiarowych,

$L_{bgAi}$  - zmierzony skorygowany poziom ciśnienia akustycznego hałasu tła w  $i$ -tym punkcie pomiarowym.

Średni skorygowany poziom ciśnienia akustycznego  $L_{pA}$  z uwzględnieniem poprawki środowiskowej  $K$  obliczono stosując równanie:

$$L_{pA} = 10 \lg \left( 10^{0,1L_{pA0}} - 10^{0,1L_{bgA}} \right) - K \quad (4)$$

W przypadku wykonywania pomiarów w wolnej przestrzeni przyjmuje się wartość poprawki środowiskowej  $K = 0$ .

Podczas pomiarów wykonywanych przy włączonych urządzeniach chłodzenia powietrznego wymuszonego linia pozycji pomiarowych powinna być oddalona o 2 m od głównej powierzchni promieniowania. Pole powierzchni pomiarowej  $S$  w takim przypadku wyrażone jest zależnością:

$$S = (h+2) \cdot l_m \quad (5)$$

w której:  $h$  - wysokość kadzi transformatora w metrach,

$l_m$  - długość linii pozycji pomiarowych w metrach.

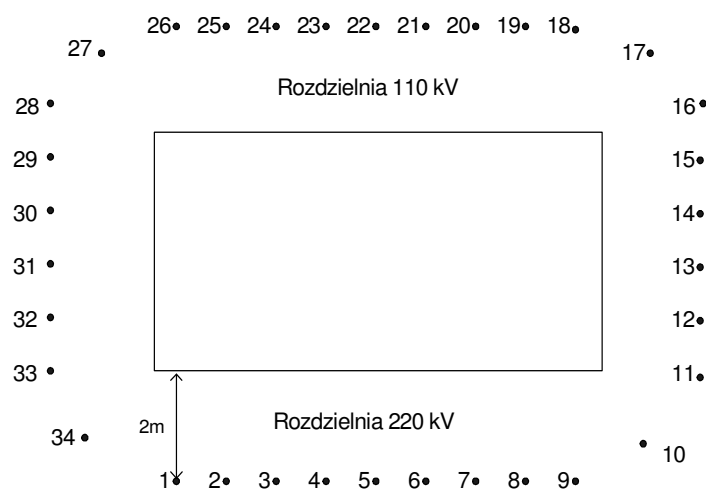
W celu wyznaczenia mocy akustycznej autotransformatora pracującego z włączonymi wszystkimi urządzeniami chłodzącymi (wentylatorami), przy wyłączonych wszystkich wentylatorach oraz przy wyłączonej jednej sekcji i załączonej drugiej, zmierzono poziomy ciśnienia akustycznego w jego otoczeniu na powierzchniach pomiarowych usytuowanych w odległości

$d = 2$  m od powierzchni kadzi transformatora. Rozmieszczenie punktów, w których wykonano pomiary poziomu ciśnienia akustycznego ilustruje rysunek 1. Do pomiarów użyto analizatora akustycznego I klasy dokładności typu SON-50 nr 397 firmy PPUH SONOPAN z wkładką mikrofonową typu WK21 nr 3490 (rok produkcji 2005) z aktualnym świadectwem wzorcowania wydanym przez Dyrektora Okręgowego Urzędu Miar we Wrocławiu (nr akredytacji AP 083).

W związku z tym, że wysokość kadzi autotransformatora wynosiła ok. 4,5 m, pomiary wykonano w jednej trzeciej i dwóch trzecich tej wysokości.

Pomiary ciśnienia akustycznego w otoczeniu eksploatowanego autotransformatora AT1 przeprowadzono przy systemowo i technicznie możliwym jego obciążeniu, które w czasie pomiarów wynosiło  $P = 65$  MW. Należy zwrócić uwagę, że aktualne obciążenie transformatora zależy od wielu czynników i w praktyce nie ma możliwości przeprowadzenia pomiarów przy maksymalnym obciążeniu jednostki.

Zgodnie z punktem 11.2 wspomnianej normy [2] pomiary hałasu tła należy wykonać w 10 punktach rozłożonych równomiernie wokół badanego obiektu lub w przypadku, jeżeli poziom ciśnienia akustycznego hałasu tła jest wyraźnie niższy od łącznego poziomu ciśnienia akustycznego badanego obiektu i tła (różnica jest większa od 10 dB), pomiar hałasu tła można wykonywać tylko w jednej z pozycji pomiarowych. W przypadku transformatorów pracujących na stacjach elektroenergetycznych zapis ten wymaga wyłączenia transformatora na czas wykonania pomiaru hałasu tła, co jest w praktyce niewykonalne. W praktyce pomiar hałasu tła wykonuje się przy pracującej jednostce w miejscu wystarczająco odległym od źródła hałasu (np. za budynkiem stacyjnym).



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w otoczeniu autotransformatora, w sąsiedztwie którego przeprowadzono pomiary poziomu dźwięku

Wyniki obliczeń poziomów ciśnienia akustycznego oraz mocy akustycznej wykonane na podstawie pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego w otoczeniu analizowanego autotransformatora AT1 o mocy 160 MVA ilustruje tabela 2.

Tabela 2. Średnie skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego  $L_{pA}$  oraz skorygowane poziomy A mocy akustycznej badanego autotransformatora  $L_{WA}$  dla różnych stanów pracy układu chłodzenia.

Lp.	Stan pracy wentylatorów autotransformatora AT1	$L_{pA0}$ [dB]	$L_{bgA}$ [dB]	$L_{pA}$ [dB]	$L_{WA}$ [dB]
1	Załączone wszystkie wentylatory	74,75	46,72	74,74	<b>98,67</b>
2	Wyłączone wszystkie wentylatory	72,54	56,91	72,42	<b>96,35</b>
3	Załączona jedna sekcja wentylatorów po stronie rozdzielni 220 kV	73,11	56,91	73,01	<b>96,94</b>
4	Załączona jedna sekcja wentylatorów po stronie rozdzielni 110 kV	73,00	56,91	72,89	<b>96,82</b>

Wszystkie pomiary, których wyniki zaprezentowano w tabeli 2, przeprowadzono przy pracującym autotransformatorze AT1 oraz pracującym drugim autotransformatorze AT2, oddalonym od AT1 o około 40 m. W celu zbadania wpływu hałasu wytwarzanego przez autotransformator AT2 na pomiary ciśnienia akustycznego wytwarzanego przez AT1, wykonano w innym dniu pomiary mocy akustycznej AT1 przy wyłączonym AT2. Pomiary ciśnienia akustycznego w otoczeniu autotransformatora AT1 (przy wyłączonym AT2) przeprowadzono przy większym jego obciążeniu, które w czasie pomiarów wynosiło  $P = 108$  MW. Wyniki obliczeń poziomów ciśnienia akustycznego oraz mocy akustycznej autotransformatora AT1 przy załączonych wszystkich wentylatorach i wyłączonym autotransformatorze AT2 ilustruje tabela 3

Tabela. 3. Średnie skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego  $L_{pA}$  oraz skorygowane poziomy A mocy akustycznej badanego autotransformatora  $L_{WA}$  przy załączonych wszystkich wentylatorach i wyłączonym autotransformatorze AT2

Lp.	Stan pracy wentylatorów autotransformatora AT1	$L_{pA0}$ [dB]	$L_{bgA}$ [dB]	$L_{pA}$ [dB]	$L_{WA}$ [dB]
1	Załączone wszystkie wentylatory	74,38	45,77	74,37	<b>98,30</b>

#### 4. OKREŚLENIE POZIOMU HAŁASU EMITOWANEGO DO ŚRODOWISKA PRZEZ STACJĘ ELEKTROENERGETYCZNĄ

W celu oceny klimatu akustycznego w rejonie stacji elektroenergetycznej, która będzie modernizowana czy rozbudowywana należy w jej otoczeniu ustalić, zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego, tereny chronione akustycznie. Powinno to w szczególności dotyczyć terenów, na których plan miejscowy dopuszcza realizację zabudowy mieszkaniowej, która może być zlokalizowana w bliskiej odległości od ogrodzenia stacji. W przypadku, gdy tereny otaczające stację elektroenergetyczną nie są objęte miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego ustalającym ich przeznaczenie, a tym samym wskazującym na tereny chronione przed hałasem, należy ustalić rzeczywisty sposób

zagospodarowania terenu. Ustalenia tego dokonuje właściwy organ, na podstawie faktycznego użytkowania terenu. Po dokonaniu tych ustaleń należy wyznaczyć zgodnie z tablicą 1 dopuszczalne poziomy hałasu na tych terenach

w porze dziennej i nocnej, a następnie wykonać pomiary poziomu hałasu podczas pracy wszystkich urządzeń stacji, w tym głównych źródeł hałasu, tj. (auto)transformatorów mocy. Pomiary takie należy przeprowadzić zgodnie z metodyką scharakteryzowaną w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [3].

W przypadku zmiany miejsca lokalizacji podstawowych źródeł hałasu na stacji, czyli autotransformatorów lub zmiany ich parametrów (wymiana na jednostkę o większej mocy) należy zaprognozować rozkład poziomu hałasu. Zasięg oddziaływania prognozowanego poziomu hałasu wyznacza się najczęściej w układzie współrzędnych x, y, z, określając nimi położenie źródeł hałasu, które pracują na terenie stacji elektroenergetycznej (autotransformatory), elementów ekranujących (budynki stacji, inne budynki oraz ukształtowanie terenu), a także punktów obserwacji hałasu usytuowanych przy najbliższej zabudowie mieszkaniowej lub innych terenach chronionych akustycznie. W tym celu posłużyć się można programem komputerowym HPZ'2001 Windows wg Instrukcji nr 338 ITB – Metoda określania emisji i imisji hałasu przemysłowego w środowisku [4] oraz normy PN-ISO 9613-2. Do obliczeń niezbędna jest znajomość poziomów mocy akustycznej autotransformatorów oraz wysokości i położenia elementów ekranujących.

Prognozowany metodami obliczeniowymi poziom dźwięku liczony w otoczeniu projektowanej lub istniejącej, planowanej do rozbudowy czy modernizacji stacji elektroenergetycznej, w której głównymi źródłami hałasu są autotransformatory umożliwi ustalenie, czy w zadanych punktach obserwacji nie zostały przekroczone dopuszczalne poziomy dźwięku w porze dziennej lub nocnej.

#### 5. PROBLEM SZACOWANIA HAŁASU SKUMULOWANEGO

Jak wspomniano wcześniej źródłem hałasu w stacjach elektroenergetycznych najwyższych napięć są zarówno (auto)transformatory mocy jak również krótkie odcinki linii napowietrznych wprowadzanych na teren obiektu (wprowadzenia liniowe). Uwzględniając jednoczesną pracę wspomnianych źródeł należy wyjaśnić możliwość oszacowania skumulowanego oddziaływania tych dwóch odmiennych źródeł hałasu. Nawet jeśli do oszacowań przyjąć najbardziej niekorzystne warunki atmosferyczne, przy których krótkie odcinki linii napowietrznych będą źródłem hałasu o poziomach relatywnie wysokich (w porównaniu do hałasu wytwarzanego w czasie dobrej pogody), to nie jest możliwe porównywanie, a tym bardziej „sumowanie” poziomów hałasu wytwarzanego przez (auto)transformatory z hałasem wytwarzanym przez wprowadzenia liniowe. Wynika to przede wszystkim z braku narzędzi obliczeniowych pozwalających uwzględnić tak specyficzne źródła hałasu, jak krótkie odcinki wyprowadzeń liniowych czy fragmenty oszynowania linkowego.

W przypadku lokalizacji stacji elektroenergetycznej w pobliżu drogi będącej źródłem hałasu komunikacyjnego

problem szacowania hałasu skumulowanego staje się jeszcze bardziej wyraźny. Niejednokrotnie podczas pomiarów hałasu w otoczeniu stacji elektroenergetycznych autorzy artykułu wykazywali, że głównym źródłem przekroczeń wartości

dopuszczalnych hałasu przy budynkach mieszkalnych zlokalizowanych w pobliżu stacji elektroenergetycznej nie były urządzenia stacyjne, lecz hałas komunikacyjny. Niestety, w takich sytuacjach organy administracji publicznej, w szczególności te uprawnione do wydawania decyzji środowiskowych dla planowanego do realizacji przedsięwzięcia (np. rozbudowa lub modernizacja stacji elektroenergetycznej), wskazują często na konieczność obniżenia poziomu hałasu na terenach chronionych akustycznie, mimo że źródłem przekroczeń jest hałas komunikacyjny, a nie urządzenia rozbudowywanej lub modernizowanej stacji. W niektórych przypadkach inwestor takiego przedsięwzięcia zmuszony jest do zaprojektowania i wybudowania kosztownego ekranu akustycznego, mimo że przyczyną przekroczeń hałasu nie są urządzenia stacyjne.

Praktycznie jedynym sposobem sprawdzenia rzeczywistych poziomów hałasu skumulowanego są metody pomiarowe, chociaż i w tym przypadku co najmniej dyskusyjne jest odniesienie wartości zmierzonych do poziomów dopuszczalnych sprecyzowanych w rozporządzeniu [1]. Rozporządzenie to określa dopuszczalne poziomy hałasu nie tylko dla różnych grup terenów, ale przede wszystkim dla różnych jego źródeł. Dla przykładu poziom  $L_{AeqD}$  dla terenów zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej wynosi:

- 65 dB w przypadku źródła hałasu drogi lub linii kolejowej,
- 55 dB w przypadku źródła hałasu – stacji elektroenergetycznej,
- 50 dB – w przypadku źródła hałasu – linii elektroenergetycznej.

W konsekwencji braku narzędzi obliczeniowych umożliwiających uwzględnienie hałasu z tak różnych źródeł (hałas komunikacyjny, autotransformatorów oraz wyprowadzeń liniowych i oszynowania stacyjnego) oraz innych wartości dopuszczalnych dla tych różnych źródeł szacowanie hałasu skumulowanego jest trudne do realizacji.

## 6. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Wyniki pomiarów w otoczeniu autotransformatora pracującego na jednej ze stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć wykazały, że stan pracy poszczególnych sekcji układów wentylatorowych autotransformatora nie ma znaczącego wpływu na obliczone poziomy mocy akustycznej tego autotransformatora, które różnią się niewiele (maks. 2,3

dB) dla różnych stanów pracy układów wentylatorów chłodzących.

2. Głównym źródłem hałasu w autotransformatorze AT1 nie są wentylatory chłodzące tylko dźwięk wytwarzany w rdzeniu oraz dźwięk towarzyszący działaniom sił elektromagnetycznych (zjawisko magnetostrykcji).
3. Analiza wyników pomiarów ciśnienia akustycznego wykonywanych w otoczeniu autotransformatora AT1 wskazuje, że wpływ autotransformatora AT2, pracującego z wyłączonymi układami wentylatorowymi, na wyznaczony poziom mocy akustycznej AT1 jest niewielki i po całkowitym wyłączeniu autotransformatora AT2 obliczony poziom mocy akustycznej autotransformatora AT1 obniżył się jedynie o ok. 0,3 dB.
4. Poważnym problemem przy ocenie klimatu akustycznego, w otoczeniu rozbudowywanej lub modernizowanej stacji elektroenergetycznej, jest prognozowanie hałasu skumulowanego, którego źródłem – oprócz hałasu urządzeń stacyjnych – są krótkie odcinki wprowadzeń liniowych (hałas ulotowy), a niekiedy także hałas komunikacyjny (drogowy, kolejowy). Brak narzędzi obliczeniowych pozwalających na prognozowanie poziomu dźwięku pochodzącego z tak różnych źródeł sprawia, że jedynym sposobem sprawdzenia rzeczywistego poziomu hałasu skumulowanego są metody pomiarowe. Dyskusyjne jest natomiast odniesienie wartości zmierzonych do różnych poziomów dopuszczalnych ustalonych dla znacząco różnych źródeł hałasu.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Dz.U.2012 poz. 1109.
2. PN EN 60076-10:2003 Transformatory Część 10: Wyznaczanie poziomów dźwięku.
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody. Dz. U. z 2014 r., poz. 1542
4. Instrukcja nr 338 Instytut Techniki Budowlanej. Metoda określania emisji i imisji hałasu przemysłowego w środowisku.

## ASSESSMENT OF ACOUSTIC NUISANCE OF HIGHEST VOLTAGE POWER STATION

This paper presents the main sources of noise generated by high voltage power stations and the results of measurements of the sound power level of transformer units at selected power stations. The impact on the sound power level on the number of working fan systems is also presented. Difficulties in sound pressure measurements in transformer environment and difficulties in meeting acceptable sound levels in acoustically protected areas in the case of extension of power substations are discussed. The paper also demonstrated of some problems with estimating cumulative noise. The results of measurements in the environment of an autotransformer operating at the high voltage power stations showed that the operating conditions of individual sections of the autotransformer fan have no significant effect on the calculated acoustic power levels of the autotransformer. The main source of noise in the autotransformer is not the cooling fans but the sound produced in the core of the transformers and the sound accompanying the electromagnetic forces (magnetostriction).

**Keywords:** power station, noise, transformer, acoustic power level.

