

## BADANIE WPLYWU DŹWIĘKÓW NISKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI NA POZIOM AKTYWNOŚCI ELEKTRODERMALNEJ

Zbigniew DAMIJAN

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki  
Laboratorium Akustyki Strukturalnej i Inżynierii Biomedycznej  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30, fax: (012) 423-31-63, email: damijan@imir.agh.edu.pl

### Streszczenie

Praca przedstawia badania wpływu dźwięków niskiej częstotliwości na poziom aktywności elektrodermalnej skóry (ozn. EDA). Badania stanowiły trzy niezależne sytuacje badawcze, pierwsza: dla częstotliwości bodźca  $f_{sr}=7$  Hz przy poziomie ciśnienia akustycznego  $L_p = 120$  dB HP, druga - ( $f_{sr}=18$  Hz,  $L_p = 120$  dB HP) oraz trzecia - ( $f_{sr}=40$  Hz,  $L_p = 110$  dB HP). Każdy, 35 minutowy, eksperyment składał się z trzech etapów. Etap I - 5 minutowy - bez ekspozycji bodźca. Etap II z 20 minutową ekspozycją na uczestników bodźca dźwiękowego niskiej częstotliwości. Trzeci etap 10 minutowy bez ekspozycji bodźca. W każdym eksperymencie w sposób ciągły rejestrowano wytypowane parametry EDA.

Słowa kluczowe: dźwięki niskoczęstotliwościowe, aktywność elektrodermalna.

### THE EFFECTS OF LOW-FREQUENCY SOUND EXPOSURE ON THE LEVEL OF ELECTRODERMAL ACTIVITY

#### Summary

The paper investigates the effects of low-frequency sound exposure on the level of electrodermal activity (EDA). The experimental programme involved three independent tests 1<sup>st</sup> experiment: frequency  $f_{sr} = 7$  Hz, acoustic pressure  $L_p = 120$  dB HP, 2<sup>nd</sup> experiment - ( $f_{sr} = 18$  Hz,  $L_p = 120$  dB HP), 3<sup>rd</sup> experiment - ( $f_{sr} = 40$  Hz,  $L_p = 110$  dB HP). Each 35 minutes' long session involved three stages. During the first stage, lasting 1 -5 minutes, there was no low-frequency sound exposure. During the second stage participants were exposed to low-frequency sound for 20 min. The third stage did not involve any low-frequency sound exposure. During each experiment selected EDA parameters were monitored on an online basis.

Keywords: low-frequency sound, electrodermal activity.

## 1. WSTĘP

Szybki rozwój cywilizacji, powoduje zwiększoną ekspozycję (na organizm człowieka) pola akustycznego niskiej częstotliwości, zarówno w środowisku pracy, jak i zamieszkania. Z uwagi na rozwój odpowiednich technik pomiarowych oraz na stwierdzoną szkodliwość i uciążliwość dźwięków o niskich częstotliwościach, obserwowany jest wzrost zainteresowania infradźwiękami i hałasem niskoczęstotliwościowym [1,2,4,6,10].

Stwierdzone do tej pory skutki biologicznego oddziaływania dźwięków niskiej częstotliwości opierają się głównie na badaniach laboratoryjnych z zastosowaniem wysokich poziomów ciśnień akustycznych lub obserwacjach długotrwałego, zawodowego narażenia na nie [7, 8]. Brak jest danych literaturowych na temat reakcji organizmu człowieka w czasie krótkotrwałych, bezpiecznych, ekspozycji. Brak jest również wiadomości o wpływie

dźwięków niskiej częstotliwości na aktywność elektrodermalną skóry.

Wśród miar aktywności psychofizjologicznej czułym wskaźnikiem aktywacji jest reakcja elektrodermalna skóry. Aktywnością elektrodermalną (electrodermal activity - EDA) określa się w psychofizjologii zjawiska elektryczne generowane przez skórę i mierzone na jej powierzchni. Wywoływana jest ona zarówno przez zmiany w środowisku zewnętrznym człowieka, jak i przez wewnętrzne czynniki psychologiczne [3,5,11-14].

Pomiary i analizy zmian EDA mogą dostarczyć informacji do oceny wpływu ekspozycji bodźca niskiej częstotliwości na organizm człowieka.

Celem pracy było badanie wpływu dźwięków niskiej częstotliwości na poziom aktywności elektrodermalnej. Tezę sformułowano następująco: ekspozycja dźwięków niskiej częstotliwości na organizm człowieka może powodować zmiany sygnału EDA.

Pomiar elektrycznej aktywności skóry wykonano za pomocą dwóch technik: endosomatycznej (ozn. EDA I) - w której dokonuje się pomiaru różnicy potencjałów generowanych przez dwa punkty skóry oraz egzosomatycznej (ozn. EDA II) - w której stosuje się zewnętrzne źródła prądu a przedmiotem pomiaru jest oporność skóry [6].

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania wpływu ekspozycji dźwięków niskiej częstotliwości na aktywność elektrodermalną przeprowadzono w Laboratorium Akustyki Strukturalnej i Inżynierii Biomedycznej AGH. Do badań zakwalifikowano 32 osoby zdrowe, obojga płci, w wieku 20 - 40 lat, osoby, które nie przebyły chorób narządów słuchu oraz nie zgłaszały żadnych przewlekłych schorzeń ogólnych. Udział w badaniach był świadomy i dobrowolny. Z każdym uczestnikiem przeprowadzono losowo trzy niezależne eksperymenty, w kolejnych dniach, o stałej dla każdego badanego porze. Badania prowadzono za zgodą Komisji Bioetyki Wojskowej Akademii Medycznej w Łodzi.

Stanowisko doświadczalne zaprojektowano i wykonano dla potrzeb eksperymentu. Składa się ono z toru generowania sygnałów akustycznych, toru pomiaru i analizy warunków akustycznych, kabiny typu ciśnieniowego oraz toru rejestracji i analizy sygnałów EDA. Sygnał bodźca generowany z pliku typu WAV, wzmacniany przez wzmacniacz mocy ELMUZ i podawany na sześć głośników typu GDN 30/80, umieszczonych w suficie kabiny.

Tor pomiaru i analizy warunków akustycznych składał się z mikrofonu pojemnościowego SV02/04, przedwzmacniacza mikrofonowego SV01 oraz przenośnego analizatora dźwięku i drgań SVAN 912.

Kabina typu ciśnieniowego to prostopadłościan o konstrukcji aluminiowej, szkieletie samonośnym, wzmacnianym poprzecznie. Ma ona na celu podniesienie ciśnienia akustycznego przez ograniczenie objętości, w której odbywa się eksperyment oraz izolowanie osoby badanej od warunków zewnętrznych laboratorium. W celu zmniejszenia wpływu pola elektrycznego, kabinę wyposażono w siatkę Faradaya. Kabina, fotel oraz badana osoba były uziemione.

Do rejestracji sygnałów EDA (EDA I oraz EDA II) oraz poziomu ciśnienia akustycznego w kabinie zastosowano system akwizycji danych firmy PROSIG, składający się z 8 kanałowego przetwornika A/C typu P5600 oraz oprogramowania DATS (wykorzystywano trzy kanały). W pomiarach stosowano elektrody Ag - AgCl oraz żel do pomiarów

elektrofizjologicznych firmy Coulbourn Instrument, Inc. Elektrody do pomiaru EDA I były umieszczone na wewnętrznej stronie przedramienia niedominującej ręki, za pomocą plastra na środkowej części palca wskazującego oraz środkowego. Elektrody do pomiaru EDA II były umieszczane na wewnętrznej stronie przedramienia dominującej ręki, kolejno, 5 cm poniżej stawu łokciowego, w połowie przedramienia i na środkowej części palca wskazującego (rys. 1).



Rys. 1. Rozmieszczenie elektrod EDA

Skonfigurowany tor pomiarowy umożliwił ciągłą rejestrację sygnałów oraz zapisanie ich w postaci cyfrowej na twardym dysku komputera do dalszych analiz numerycznych.

Osoby, które zostały zakwalifikowane do badań, wykonywały czynności algorytmu eksperymentu, w skład którego wchodziły: czynności przygotowawcze, badania wstępne, badania właściwe oraz czynności końcowe. W czasie eksperymentów badano warunki fizyczne: ciśnienie atmosferyczne - średnio 1000 hPa, temperatura - średnia 294 K, wilgotność względna - 75%, indukcja pola magnetycznego tła - 100 pT (1-20 Hz), 5  $\mu$ T (50 Hz), indukcja pola magnetycznego w czasie doświadczenia (wartość maks.) - 25 nT (1-20 Hz), 20 nT (50 Hz).

Czynności przygotowawcze miały na celu: powiadomić badanego o celu i sposobie prowadzenia eksperymentu, uzyskać zgodę na badanie, przeprowadzenie wywiadu - „kwestionariuszem zdrowia” oraz wykonanie testów psychologicznych (omówienie wyników z podziałem badanych wg. kwestionariusza poszukiwania doznań SSS - 5 (M. Zuckermann) (mającego na celu podział osób ze względu na wysokość potrzeby sensorycznej) oraz kwestionariusza osobowego EPQ (służącego do określenia struktury temperamentu badanych.) zostaną przedstawione w późniejszych doniesieniach.

Po wykonaniu czynności przygotowawczych przeprowadzano badania wstępne. Podczas tych badań dokonywano pomiaru ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi oraz tętna. Pomiar był wykonywany aparatem elektronicznym MICROLIFE BP 3BAO. Następnie rozmieszczano elektrody na rękach osoby badanej do pomiaru EDA. Po założeniu elektrod uczestnik zajmował miejsce w kabinie, w której przeprowadzano 35 minutowe badania właściwe z ciągłą rejestracją sygnału EDA.

Po zakończeniu rejestracji sygnałów bioelektrycznych, wyjściu osoby z kabiny i zdjęciu elektrod, przystępowano do realizacji badań końcowych (czynności, jak w badaniach wstępnych).

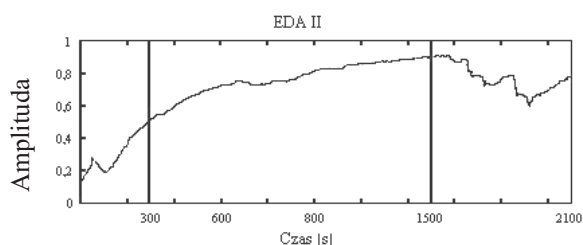
### 3. ANALIZA WYNIKÓW EKSPERYMENTU

W pracy poddano analizie zmiany parametrów aktywności elektrodermalnej. Zarejestrowane przebiegi sygnałów EDA zostały zapisane jako pliki tekstowe ASCII. Usunięto z nich nagłówki, tak aby można było przeprowadzić obróbkę danych wejściowych i późniejszą analizę z wykorzystaniem pakietu obliczeniowego MATLAB. W analizie parametrów aktywacji elektrodermalnej (EDA) wyniki poddano transformacji, nazywanej zakresową korekcją danych. Jest to spowodowane wpływem wejściowego poziomu EDA na wielkość jej zmian. Metoda ta polega na wyrażeniu wartości zaobserwowanych zmian w postaci proporcji wyrażonej wzorem:

$$EDA = \frac{X - EDA_{\min}}{EDA_{\max} - EDA_{\min}} [-]$$

gdzie: X - chwilowa wartość poziomu tonicznego EDA,  $EDA_{\min}$  - minimalna wartość sygnału EDA,  $EDA_{\max}$  - maksymalna wartość sygnału EDA.

Przykładową realizację sygnału EDA II analizowano po transformacji zakresową korekcją danych przedstawiono na rys. 2. Wartość amplitudy sygnału EDA jest względną bezwymiarową liczbą.



Rys. 2. Przykład realizacji sygnału EDA II po zakresowej korekcji przy ekspozycji bodźca 40 Hz

Otrzymane średnie wartości amplitudy sygnału EDA w poszczególnych etapach eksperymentu poddano wnioskowaniu statystycznemu. Przyjęto hipotezę zerową  $H_0$ : ekspozycja dźwięków niskich częstotliwości na organizm człowieka nie powoduje zmian średniej amplitudy sygnału EDA w kolejnych etapach eksperymentu. Przeprowadzone badania rodzaju rozkładu wskazują, że analizowane zmienne nie mają rozkładu normalnego. W kolejnym etapie analizy wyznaczono wartości średnie i błędy standardowe w każdym etapie eksperymentu.

Istotność statystyczną różnic pomiędzy wartościami średniej amplitudy sygnałów EDA I oraz EDA II w kolejnych etapach szacowano przy użyciu nieparametrycznego testu Wilcoxon. Wyniki analiz przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

W realizacji sygnału (EDA I) - endosomatycznego - dla częstotliwości 7 i 18 Hz można zaobserwować znaczący wzrost średniej amplitudy sygnału przy przejściu z etapu 1 (sytuacja badawcza bez bodźca akustycznego) do etapu 2 (ekspozycja dźwięku niskiej częstotliwości), po czym w etapie 3 (sytuacja badawcza bez ekspozycji dźwięku niskiej częstotliwości) następuje spadek średniej amplitudy.

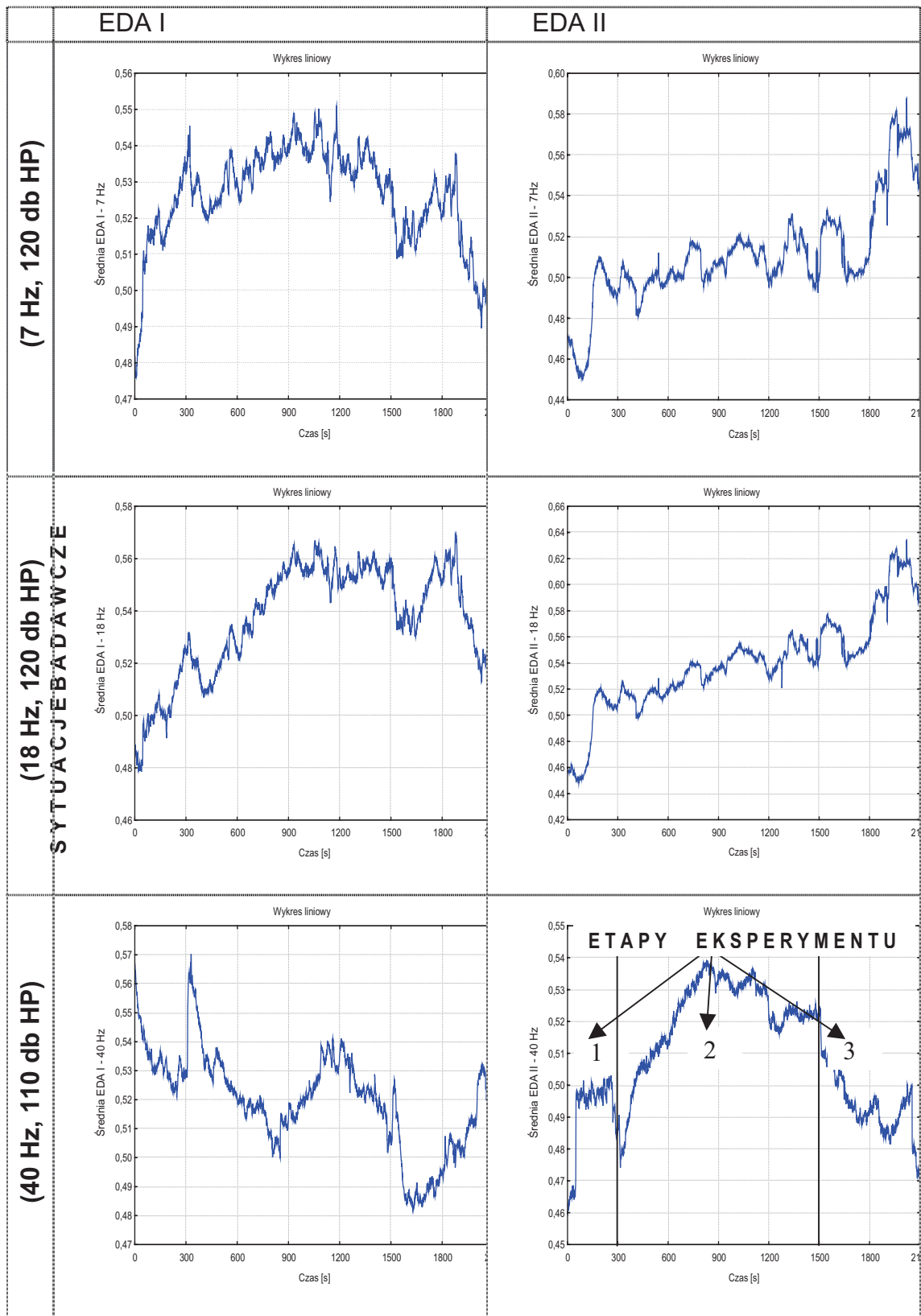
Dla częstotliwości bodźca 40 Hz średnia amplituda sygnału zmniejsza się w kolejnych etapach. Przebieg średniej amplitudy EDA II dla pomiarów egzosomatycznych przy częstotliwości bodźca 7 i 18 Hz charakteryzuje się znacznym wzrostem w kolejnych etapach. Wyjątkiem jest badanie przy częstotliwości bodźca 40 Hz, gdzie wartość EDA II znacznie wzrasta przy przejściu z etapu 1 do etapu 2. W ekspozycji bodźcem o częstotliwości 7 i 18 Hz obserwuje się podobne trendy zmian w reakcji sygnału EDA I oraz EDA II.

Dla wszystkich trzech sytuacji badawczych przeprowadzonych dla częstotliwości 7, 18 i 40 Hz można zaobserwować przy przejściu z etapu 1 do etapu 2 (300 s na wykresie) wzrost średniej wartości amplitudy EDA I. Największy wzrost można zauważyć przy częstotliwości 40 Hz, gdzie z wartości 0,53 wzrasta do 0,57.

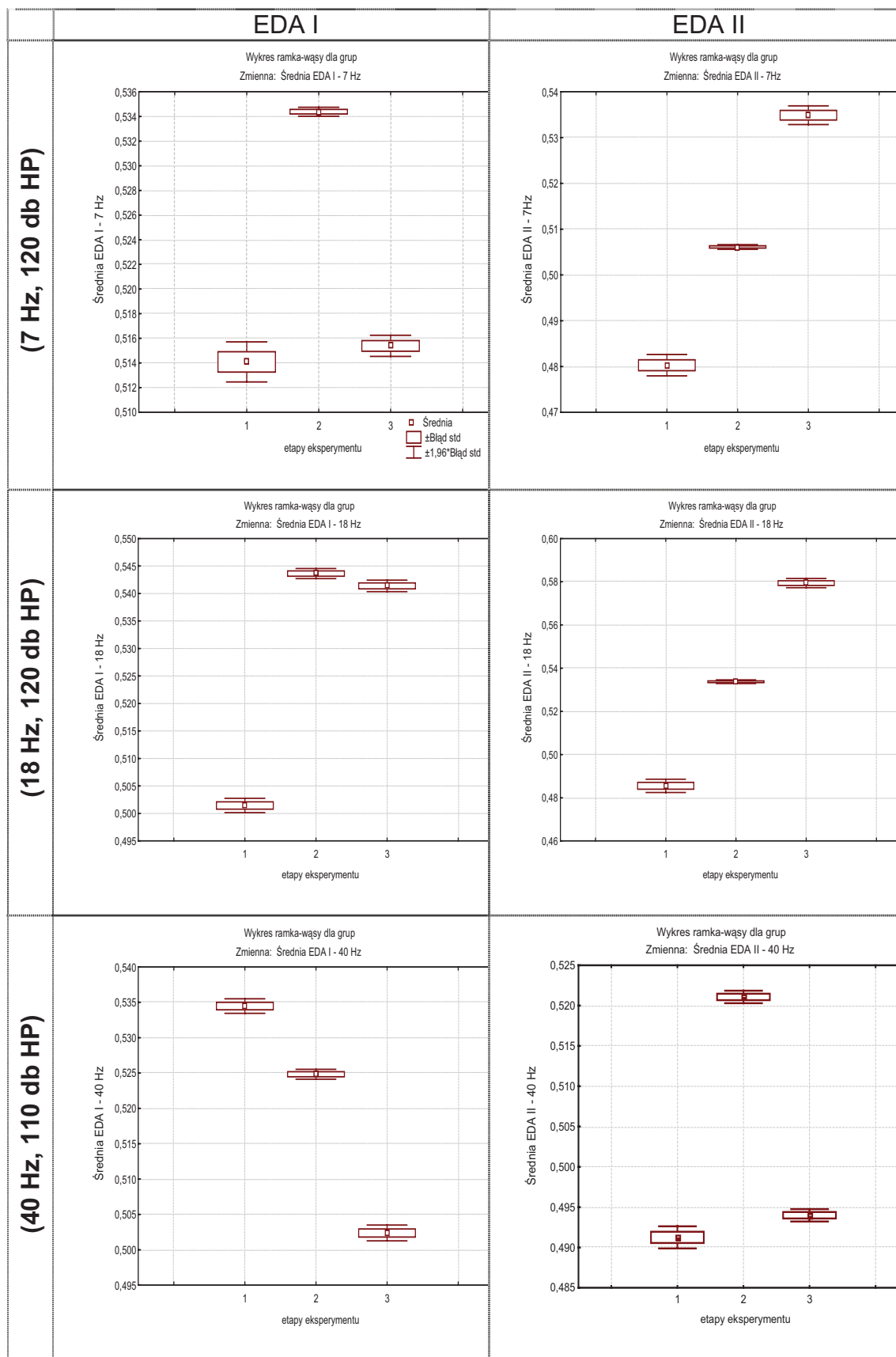
Średnia wartość amplitudy EDA II przy przejściu z etapu 1 do etapu 2 dla wszystkich badanych częstotliwości zmniejsza się, przy czym największy spadek następuje przy częstotliwości bodźca 40 Hz z wartości 0,503 do 0,475.

Przy przejściu z etapu 2 do etapu 3 (1500 s na wykresie) obserwujemy spadek średniej wartości amplitudy EDA I. Dla częstotliwości 40 Hz zmniejsza się z wartości 0,525 do 0,483. Dla EDA II można zauważyć przy przejściu z etapu 2 do etapu 3 wzrost sygnału odpowiednio dla częstotliwości 7 Hz z wartości 0,49 do 0,53, a dla częstotliwości 18 Hz z wartości 0,54 do 0,58. Jedynie przy częstotliwości 40 Hz zmniejsza się z wartości 0,525 do 0,51.

Przeprowadzone analizy zmian wartości amplitudy sygnału EDA I i EDA II pomiędzy poszczególnymi etapami eksperymentu za pomocą testu Wilcoxon wskazują, że hipotezę zerową o równości średnich wartości amplitudy sygnału EDA I i EDA II w kolejnych etapach eksperymentu należy odrzucić na korzyść hipotezy alternatywnej, że różnice są statystycznie istotne.



Rys. 3. Analiza zmian amplitudy sygnału EDA I (fizyczny sens – potencjał skóry) oraz EDA II (oporność skóry), w kolejnych etapach eksperymentu dla trzech sytuacji badawczych



Rys. 4. Analizy zmian średniej wartości amplitudy sygnału EDA testem Wilcozona, w kolejnych etapach eksperymentu dla trzech sytuacji badawczych

#### 4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i wykonanych analiz wpływu fali akustycznej o częstotliwości 7 Hz (przy poziomie ciśnienia akustycznego  $L_p = 120$  dB), 18 Hz (przy  $L_p = 120$  dB) oraz 40 Hz (przy  $L_p = 110$  dB) na wybrane parametry sygnału EDA wynika, że:

- dla pomiaru endosomatycznego zaobserwować można wzrost średniej wartości sygnału EDA I pomiędzy etapami 1 i 2 a następnie spadek w etapie 3, jedynie przy częstotliwości bodźca 40 Hz średnia wartość sygnału EDA I spada we wszystkich trzech etapach. Istotność statystyczną zmian wykazano pomiędzy wszystkimi etapami,
- dla pomiaru egzosomatycznego występuje istotny statystycznie wzrost średniej wartości sygnału EDA II w kolejnych etapach eksperymentu,
- dla wszystkich trzech sytuacji badawczych przeprowadzonych dla częstotliwości 7, 18 i 40 Hz można zaobserwować w chwili rozpoczęcia ekspozycji dźwięku niskiej częstotliwości (przejścia z etapu 1 do etapu 2) znaczny wzrost średniej wartości EDA I i spadek średniej wartości EDA II. Natomiast w chwili wyłączenia bodźca (przejściu z etapu 2 do etapu 3) obserwujemy spadek średniej wartości EDA I przy jednoczesnym wzroście EDA II,
- analizy przeprowadzone za pomocą testu Wilcoxon dla dwóch grup zależnych wskazują, że dźwięki niskiej częstotliwości wpływają na zmiany wartości sygnału EDA I i EDA II w poszczególnych etapach eksperymentu.

#### 5. WNIOSKI OGÓLNE

1. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz wykonanych analiz ekspozycja dźwięków niskiej częstotliwości powoduje zmiany średniej wartości sygnału EDA, zarówno dla pomiaru metodą endosomatyczną jak i egzosomatyczną.
2. Analizy zmian sygnału EDA mogą dostarczyć informacji na temat wpływu fal akustycznych niskiej częstotliwości na organizm człowieka, podjęte analizy wymagają jednak dalszych badań i korelacji z innymi metodami ocen.
3. Wobec złożoności podjętej tematyki wskazane są dalsze interdyscyplinarne badania nad wpływem fal niskoczęstotliwościowych na aktywność elektrodermalną skóry człowieka.

Badania wykonano w ramach Projektu Badawczego nr 3 T11E 006 26 oraz były częściowo sponsorowane przez Fundację Kościuszkowską, Amerykańskie Centrum na rzecz Kultury Polskiej, z funduszu zapewnianego przez Fundację Alfreda Jurzykowskiego.

#### LITERATURA:

- [1] Augustyńska D., Zawiejski W. M., Ochrona przed hałasem i drganiami w środowisku pracy. Centralny Instytut Medycyny Pracy Warszawa, 1999.
- [2] Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN Warszawa 1993.
- [3] Duffy E., Activation and Behavior. North Carolina: John Wiley & Sons, Inc., 1962.
- [4] Evans M. J., Tempest W., Journal of Sound and Vibration 3. Some effects of infrasonic noise in transportation. 1972.
- [5] Eysenck H. J., Wymiary osobowości. Lublin: RW KUL, 1994.
- [6] Konarska M., Pochrzęst B., Działanie infradźwięków w zależności od ich natężenia, częstotliwości i czasu ekspozycji. Materiały do Studiów i Badań CIOP, 1982.
- [7] Naveteur J., Freixa L., Baque E., Individual differences in electrodermal activity as a function of subjects anxiety, Personality and Individual Differences, 1987.
- [8] Panuszka R., Work for study of the impact of low frequency noise on occupational health effects and brain potentials and control measures used. Kraków: Mat. Konf. Structures-Waves- Biomedical Engineering, 2001.
- [9] Pawlaczuk-Łuszczynska M., Rejestr przemysłowych i transportowych źródeł hałasu infradźwiękowego. Łódź: Oficyna Wydawnicza Instytutu Medycyny Pracy, 1997.
- [10] Polska Norma PN-86/N-01338. Hałas infradźwiękowy - Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- [11] Sanocki W., Kwestionariusze osobowości w psychologii. Warszawa: PWN, 1981.
- [12] Sosnowski T., Zimmer K., Metody psychofizjologiczne w badaniach psychologicznych. Warszawa: PWN, 1993.
- [13] Strelau J., Temperament osobowość działanie. Warszawa: PWN, 1985.
- [14] Zuckerman M., Psychobiology of personality. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.



Dr inż.

Zbigniew DAMIJAN  
ur. 9.06.1957r. W 1982 ukończył WAT, Wydział Cybernetyki. Od 2000 - adiunkt WIMiR AGH. Wykształcenie: mechanik, cybernetyk, elektronik, specjalność automatyzacja systemów kierowania i zarządzania. Zainteresowania naukowe: diagnostyka biomedyczna, cyfrowe przetwarzanie sygnałów, bionika, cybernetyka, psychoakustyka, biometria. Inne zainteresowania: modelarstwo, turystyka, sport.