

**Andrzej Czyżewski, Artur Lorens,
Joanna Szuchnik, Henryk Skarżyński**

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu
Warszawa

Badanie wpływu transpozycji widmowej sygnału fonicznego na rozumienie mowy w warunkach głębokiego niedosłuchu

**Study on the Effects of Spectral Transposition of Audio Signals
on Speech Understanding in Profound Hearing Impairment**

Słowa kluczowe: transpozycja widmowa, audiogram narożny, rozumienie mowy.
Key words: spectral transposition, corner audiogram, speech understanding.

Streszczenie

Dzięki procesorom sygnałowym istnieje możliwość realizacji złożonych algorytmów przetwarzania sygnałów, stwarzając szanse wykorzystania resztek słuchowych będących poza zasięgiem stosowanych do tej pory aparatów słuchowych. Obiecującą grupę algorytmów stanowią algorytmy realizujące transpozycję widmową sygnału. Transpozycja widmowa, zwana również kompresją widma, polega na transformacji dźwięków (w tym mowy) na proporcjonalne do nich dźwięki o zmniejszonej odpowiednio częstotliwości, z zachowaniem tej samej skali czasu. Algorytmy realizujące transpozycję widmową przeznaczone są do stosowania w przypadku zachowanych resztek słuchowych jedynie dla niskich częstotliwości (audiogram narożny). Z wyników badań wstępnych można wnosić, że stosowanie widmowej transpozycji sygnału w warunkach głębokiego niedosłuchu może wpłynąć korzystnie na wyniki rehabilitacji słuchu.

Summary

Signal processors performing complex algorithms create a chance to make use of residual hearing which conventional hearing aids could not provide so far. Algorithms which perform spectral transposition of the signal are quite promising. Spectral transposition, also called compression of the spectrum, transforms sounds (including speech) into proportional sounds of a respectively diminished frequency in the same time scale. Algorithms which perform spectral transposition are designed for use in patients with residual hearing in the low frequencies (corner audiogram). Based on the results of preliminary studies the authors conclude that application of spectral transposition in profound hearing impairment may have positive influence on the results of rehabilitation.

Algorytmy realizujące transpozycję widmową przeznaczone są do stosowania w przypadku zachowanych resztek słuchowych jedynie dla niskich częstotliwości (audiogram narożny). Chorzy z takim typem ubytku słuchu nie mają najczęściej żadnych korzyści ze stosowanych do tej pory klasycznych aparatów słuchowych. W ostatnich latach wydawało się, że jedynie implanty ślimakowe stanowią szansę na leczenie tego typu głuchoty. Dopiero najnowsze badania, których wyniki przedstawili P. M. Chute, J. S. Gravel i A. L. Popp z Nowego Jorku [1994] oraz — niezależnie — zespół Szpitala przy Great Ormond Street w Londynie [O'Driscoll (i inni) 1994] na Międzynarodowym Kongresie Implantów Ślimakowych w Melbourne w 1994 r., wskazują, że zastosowanie metod opartych na algorytmach cyfrowej kompresji widma w aparatach słuchowych może stanowić alternatywę w stosunku do implantów ślimakowych dla osób z użytecznymi resztkami słuchu dla niskich częstotliwości. Nie należy jednak oczekiwać, że aparaty słuchowe realizujące tego typu algorytmy mogą zastąpić implant ślimakowy w całym zakresie jego stosowania. Zastosowanie tego aparatu ograniczałoby się bowiem tylko do grupy pacjentów z określonym narożnym audiogramem.

Przeprowadzenie badań wpływu transpozycji widmowej sygnału na rozumienie mowy osób niesłyszących było możliwe dzięki nawiązaniu współpracy pomiędzy Ośrodkiem Diagnostyczno-Leczniczo-Rehabilitacyjnym „Cochlear Center” w Warszawie i Zakładem Inżynierii Dźwięku na Wydziale Elektroniki Politechniki Gdańskiej w dziedzinie nowoczesnych metod diagnostyki głębokiego niedosłuchu i terapii częściowej oraz całkowitej głuchoty przy zastosowaniu najnowszych zdobyczy technologii elektronicznej w zakresie cyfrowego przetwarzania sygnałów fonicznych.

I. OPIS PROCEDURY BADAWCZEJ

W celu określenia przydatności zjawiska transpozycji widmowej w rehabilitacji słuchu przygotowano stanowisko badawcze składające się z następujących urządzeń:

— DSA (Digital Speech Aid) — aparat umożliwiający transpozycję widmową sygnału dźwiękowego w zakresie częstotliwości 100-10 000 Hz, opracowany i wykonany w Zakładzie Inżynierii Dźwięku Politechniki Gdańskiej.

— Interacoustics DU6 — wzmacniacz do treningu logopedycznego ze słuchawkami.

Korzystając z tak zestawionego toru akustycznego, przebadano pacjentów testami złożonymi z list słów jednosylabowych i dwusylabowych dla dzieci szkolnych (według Kuglera) oraz z listy logotomów (według Iwankiewicza i Sicińskiego). Wzmocnienie toru ustawiono tak, aby pacjent uzyskał komfort słyszenia (MCL).

II. OPIS APARATU DSA

Aparat DSA jest urządzeniem mikroprocesorowym, zaprojektowanym tak, aby umożliwić testowanie różnych algorytmów przetwarzania sygnału mowy.

Zgodnie ze schematem blokowym (ryc. 1) sygnał wejściowy z mikrofonu elektretowego podlega wstępnemu wzmocnieniu i filtracji (blok 1, 2), a następnie zamianie na postać cyfrową za pomocą przetwornika A/C, wbudowanego w procesor sygnałowy Motorola DSP (blok 3). Sygnał foniczny w postaci cyfrowej jest przetwarzany przez procesor zgodnie z algorytmem realizowanym przez program w języku Motorola assembler, przechowywany w pamięci CMOS EPROM (blok 4). Dla przeprowadzenia opisywanych badań opracowany został algorytm transpozycji częstotliwości oparty na tzw. resamplingu. Przetworzony sygnał cyfrowy zamieniany jest na postać analogową przez przetwornik C/A (blok 6), a następnie przez wzmacniacz wyjściowy podawany jest na wyjście słuchawkowe.

Aparat DSA został opatentowany (w ramach patentu nr P294965).

III. DOBÓR PACJENTÓW

Kryterium doboru pacjentów określono na podstawie zaczerpniętego z literatury wykresu przedstawiającego, jakie ubytki słuchu pozwalają na osiągnięcie korzyści ze stosowania transpozycji częstotliwości.

W praktyce wybór pacjentów był dość przypadkowy ze względu na krótki okres prowadzenia badań. Audiogramy badanych pacjentów znajdują się tylko w dolnej części pola stosowania transpozycji częstotliwości.

Korzystając z opisanego tu stanowiska badawczego i procedury badawczej, postanowiono również sprawdzić wpływ transpozycji widmowej na słyszenie osób implantowanych. W tym celu wytypowano postlingwalną pacjentkę używającą jednokanałowego implantu ślimakowego typu „Comfort” firmy MED-EL i osiągającą bardzo dobre wyniki w rehabilitacji.

IV. WYKAZ BADANYCH PACJENTÓW

- Pacjent A. H., prelingwalny, lat 25 (audiogram 1).
- Pacjentka M. E., prelingwalna, lat 18 (audiogram 2).
- Pacjentka U. Ł., postlingwalna (audiogram 3).
- Pacjentka M. S., postlingwalna, lat 19, implantowana (jednokanałowy implant „Comfort”).

V. WYNIKI BADAŃ

Tab. 1. Procent poprawnie zrozumianych słów

	Listy słów dla dzieci szkolnych (według Kuglera)				Logotomy (5 list x 10 logotomów)	
	2-sylabowe (3 listy x 10 słów)		1-sylabowe (3 listy x 20 słów)		bez transpozycji	z transpozycją
Pacjent	bez transpozycji	z transpozycją	bez transpozycji	z transpozycją	bez transpozycji	z transpozycją
A. H.	100	100	90	92	34	42
M. E.	0	0	0	0	0	0
U. Ł.	56	63	41	45	38	36
M. S.	73	83	50	76,6	24	30

Pacjent A. H. podczas badania nie czytał z ust.

Pacjentka M. E. pomimo braku zrozumienia słów w tekście otwartym twierdziła, że woli słuchać dźwięków z transpozycją.

Pacjentka U. Ł. podczas badania dodatkowo czytała z ust.

Pacjentka M. S. słuchała poprzez implant ślimakowy.

VI. WNIOSKI

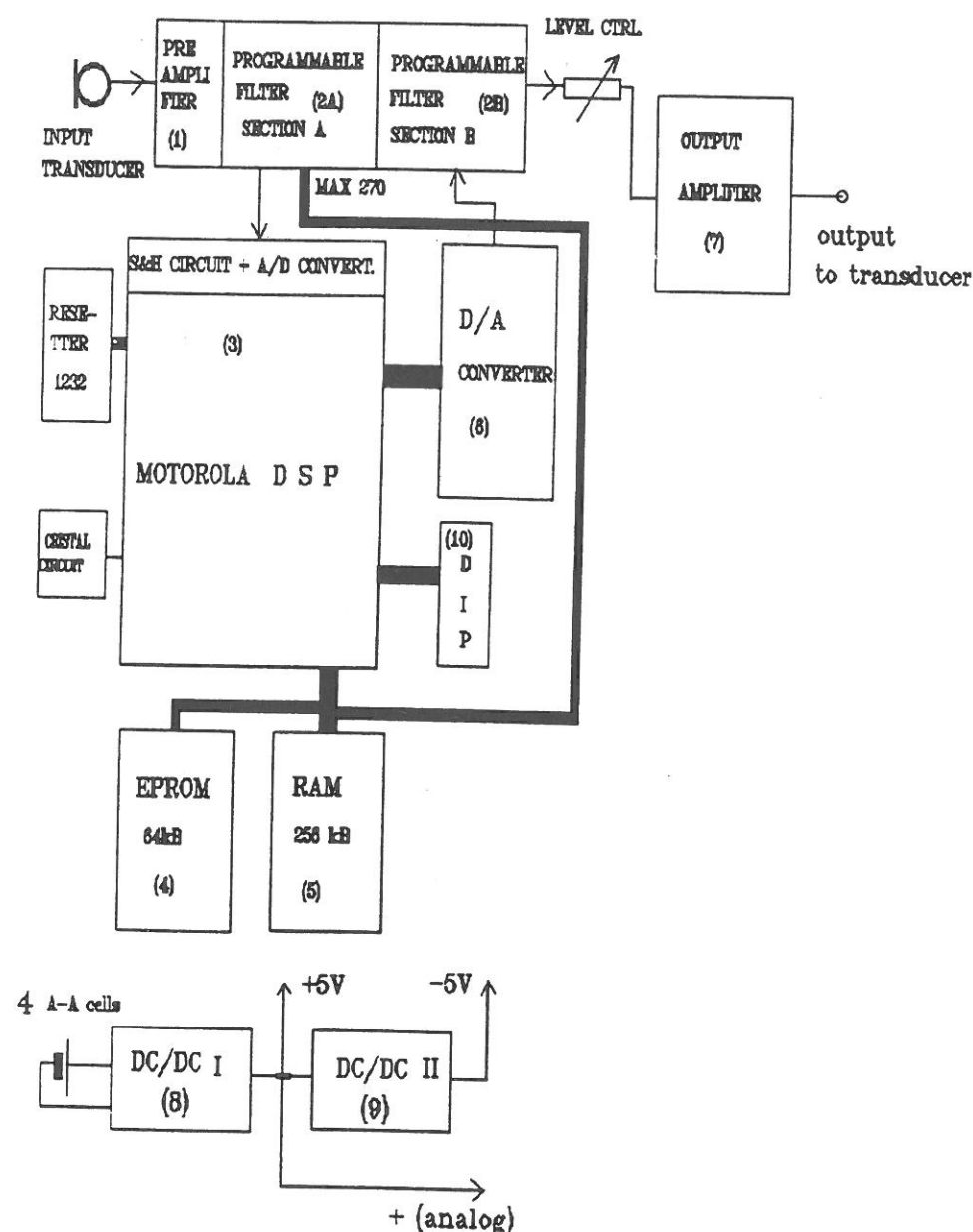
Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

— Pacjenci M. E. i U. Ł. mają zbyt duży ubytek słuchu, aby można było u nich stwierdzić po jedynym badaniu korzyść ze stosowania transpozycji częstotliwości.

— Fakt, że pacjent A. H. jest bardzo dobrze wyrehabilitowany, ma pełną kompetencję językową i odnosi duże korzyści z klasycznych aparatów słuchowych, prawdopodobnie prowadzi do poczucia braku korzyści z transpozycji.

— Wydaje się, że transpozycja częstotliwości może być przydatna dla pacjentów z jednokanałowym wszczepem ślimakowym (wyniki osiągnięte przez pacjentkę M. S.).

— Celowe jest przeprowadzenie szczegółowych badań nad wpływem transpozycji częstotliwości na rozumienie mowy zarówno osób z narażonym audiogramem, jak i osób implantowanych (projekt takich badań został opracowany i złożony do zatwierdzenia przez Komitet Badań Naukowych).



Ryc. 1. Schemat blokowy aparatu DSA
1 — przedwzmacniacz, 2A, 2B — filtry programowane, 3 — procesor DSP, 4 — pamięć EPROM,
5 — pamięć RAM, 6 — przetwornik C/A, 7 — wzmacniacz wyjściowy, 8, 9 — przetwornice DC/DC,
10 — przełącznik DIP

Bibliografia

- Chute P. M., Gravel J. S., Popp A. L., 1994: Speech Reception Abilities of Adults Using a Multi-channel Cochlear Implant and Frequency Transposition Hearing Aid. In: International Cochlear Implant Speech and Hearing Symposium, Melbourne.
- O'Driscoll M., Mawman D., Norman G. and Giles, 1994: A Comparison of Convention Amplification and Frequency Transposition in Post Lingually Deafened Adults. In: International Cochlear Implant Speech and Hearing Symposium, Melbourne.