

**Izabela JÓZEFczyk**

Politechnika Warszawska, Płock

## **TRANSFORMATA FALKOWA WYBRANYCH SYGNAŁÓW SYMULACYJNYCH JAKO NARZĘDZIE ELIMINUJĄCE CZYNNIK LOSOWY**

### **Słowa kluczowe**

Sygnal, dyskretna transformacja falkowa, falka, falka macierzysta.

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono dyskretną transformację falkową (DWT) dwóch sygnałów symulacyjnych z zastosowaniem falek, których użyteczność potwierdziły wcześniejsze badania. Przedmiotem badań były sygnały-wzorce oraz sygnały powstałe z wzorca poprzez dodanie tła losowego – zakłóceń. Te drugie poddawano transformacji falkowej, chcąc w ten sposób wyeliminować czynnik losowy. Celem badań było sprawdzenie, jak wielkość zakłóceń wpływa na odzyskanie wzorca.

### **Wprowadzenie**

Jak wiadomo, sygnał diagnostyczny jest jednym ze źródeł informacji o stanie urządzenia technicznego. Zawiera on jednak także wiele informacji zbędnych często zwanych szumami [2, 3, 5, 6]. Przyjęto, że sygnał jest sumą  $\vec{D} + \vec{N}$ , składowej zdeterminowanej  $\vec{D}$  oraz losowej  $\vec{N}$ .

Praktyka podpowiada, że składowa zdeterminowana –  $\vec{D}$ , niesie informacje o niedokładnościach wykonania i montażu oraz zużyciu powierzchniowym i objętościowym urządzenia. Pomimo że te wielkości są dziełem przypadku, to

ich istnienie i informacje o nich są zdeterminowane. Ponieważ postępowanie diagnostyczne ma przeważnie na celu pozyskanie tych informacji, to separacja,  $\bar{D}$  od  $\bar{N}$  może ułatwić obróbkę sygnału i ich zdekodowanie [1, 4].

Składowa losowa  $\bar{N}$  niesie informacje o szumach i zakłóceniach występujących podczas funkcjonowania urządzenia. Mimo że wartościowe informacje diagnostyczne mogą być zawarte również w tej składowej, to jest ona na ogół pomijana, i separacja ma charakter filtrowania  $\bar{N}$  od  $\bar{D}$ . Do takiej realizacji separacji można wykorzystać przekształcenie falkowe.

## Badania

Postawiono pytanie: czy uda się odseparować składową losową, jeśli przyjmuje ona większe wartości niż składowa zdeterminowana? Czy falki dmey i db, które we wcześniejszych badaniach dały najlepsze rezultaty, potwierdzą swoją użyteczność?

Aby spróbować znaleźć odpowiedzi na te pytania, przeprowadzono następujący eksperyment: Wygenerowano dwa niestacjonarne sygnały. Z punktu widzenia matematyki są to wartości dwóch funkcji: sygnał f1:  $\sin(7t) + 0.2t$ ,

zaś sygnał f2:  $\sin\left(\frac{2\pi t}{0.7 + 0.18\sqrt[3]{t}}\right)$ . Ich wykresy przedstawiono na rysunkach

1 i 2. Następnie wygenerowano sygnały, które są odpowiednio sumami sygnałów f1 i f2 z tłem losowym z przedziału [0,1]. W ten sposób powstały sygnały f3 i f4, których wykresy przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Ważne było to, aby sygnały spełniały warunek niestacjonarności i tak np. sygnał f4 jest utworzony ze składowej zdeterminowanej o rosnącej częstotliwości i składowej losowej w postaci białego szumu. Obie składowe zostały wygenerowane na komputerze i poddane superpozycji. Uzyskany w ten sposób sygnał jest niestacjonarny, ponieważ przesunięcie punktu zerowego na osi czasu zmienia jego charakterystykę częstotliwościową. Poddano je obróbce z użyciem dyskretnej transformacji falkowej stosując falki dmey i db7 na drugim i trzecim stopniu dekompozycji. Rezultaty przedstawiono na rysunkach 5–8 dla f3 i na rysunkach 9–12 dla sygnału f4. Uzyskane po transformacji sygnały porównano z sygnałami bez tła i policzono współczynniki korelacji. Wyniki przedstawiono odpowiednio dla sygnału f3 w tabeli 1 i dla sygnału f4 w tabeli 2. W pierwszym wierszu tabeli został zamieszczony współczynnik korelacji sygnału z tłem i bez tła (czyli przed przystąpieniem do transformacji falkowej), a w następnych współczynniki korelacji określające podobieństwo sygnału z tłem, który poddano przekształceniu falkowemu przy zastosowaniu falek dmey i db7 z tym samym sygnałem, ale bez tła. Współczynnik korelacji wskazuje, że największe podobieństwo z zaprogramowanym wzorcem uzyskały

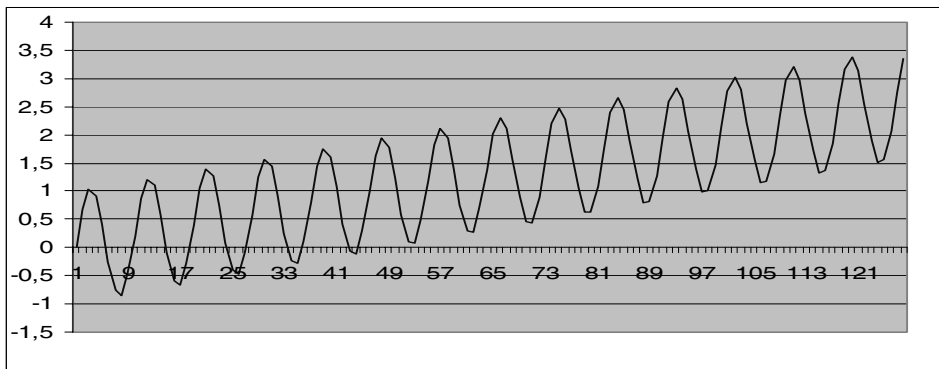
sygnały f3 i f4 poddane transformacji falkowej falką tzw. 'Dyskretną Meyera' oznaczaną dmey na 2 poziomie dekompozycji.

Tabela 1. Współczynnik korelacji dla sygnału f3

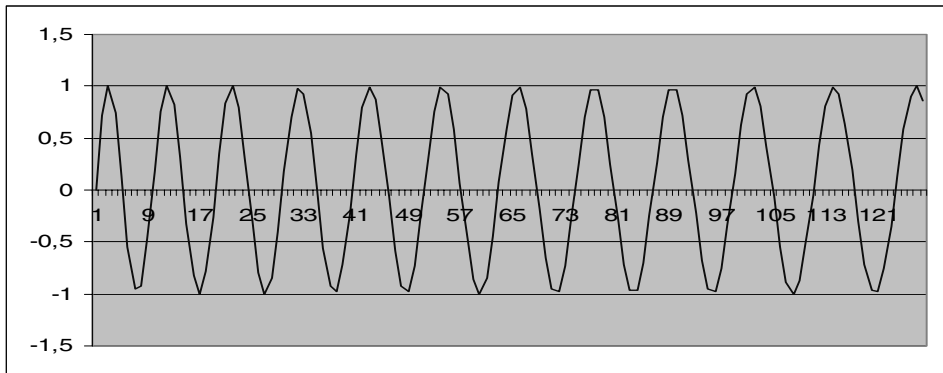
F3	Współczynnik korelacji
sygnał z tłem	0,95491414
dmey2	0,953439174
dmey3	0,707080683
db72	0,91996867
db73	0,70284237

Tabela 2. Współczynnik korelacji dla sygnału f4

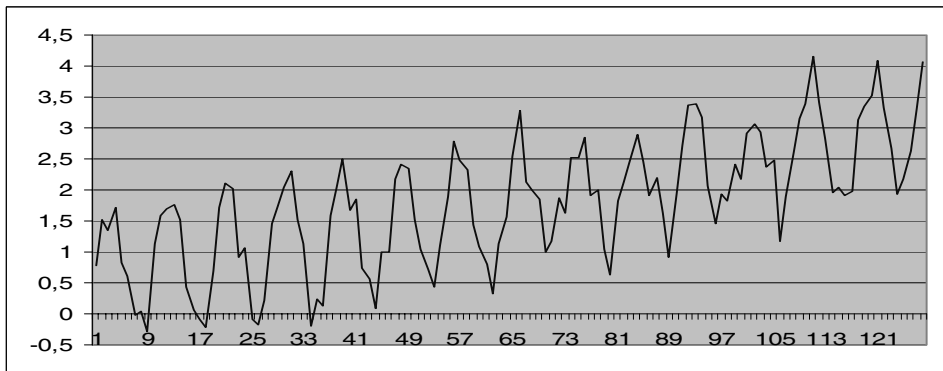
F4	Współczynnik korelacji
sygnał z tłem	0,930167942
dmey2	0,965098257
dmey3	0,157919549
db72	0,949759838
db73	0,277839192



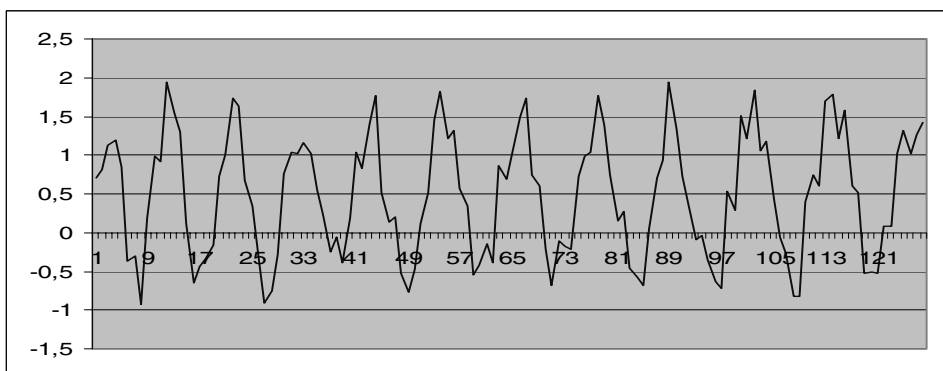
Rys. 1. Sygnał f1



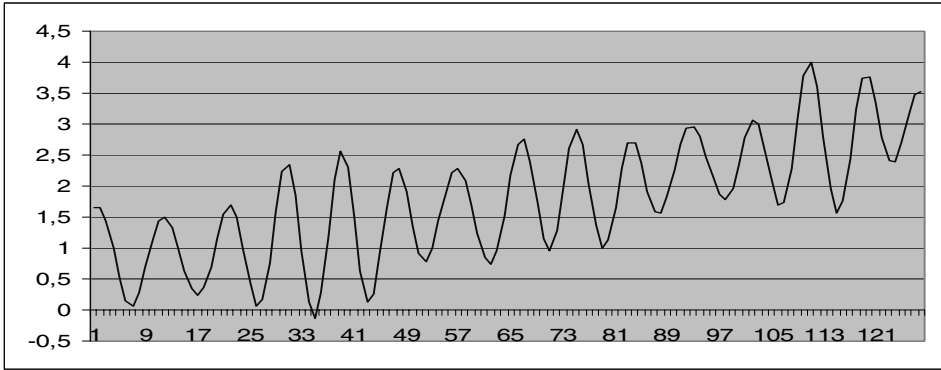
Rys. 2. Sygnał f2



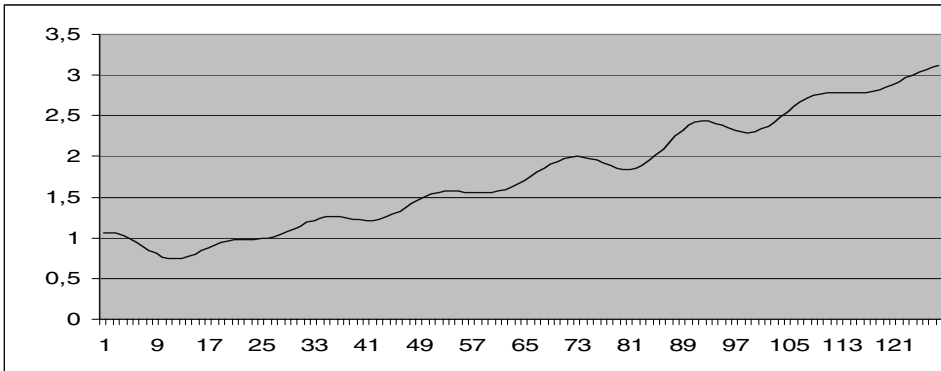
Rys. 3. Sygnał f3



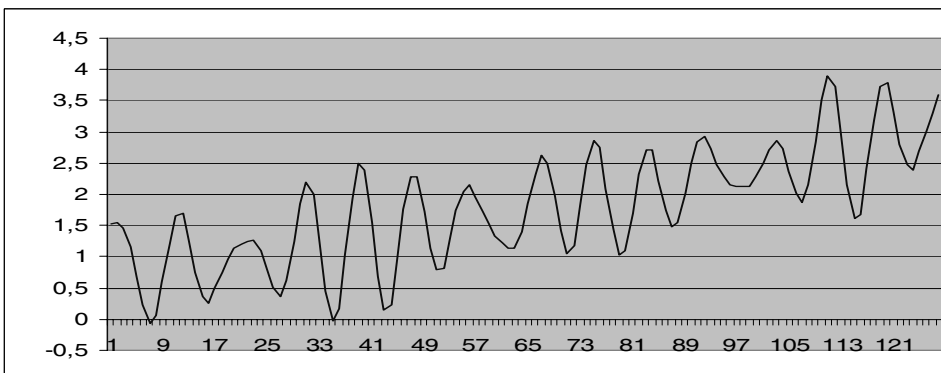
Rys. 4. Sygnał f4



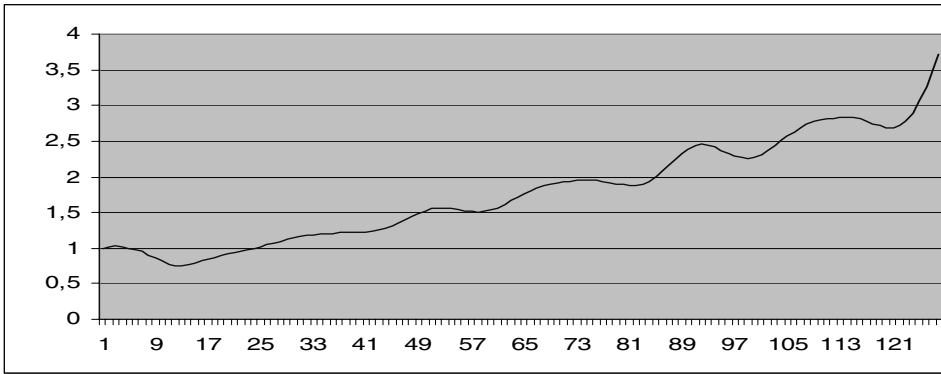
Rys. 5. Transformacja sygnału F3 falką dmey na 2 poziomie dekompozycji



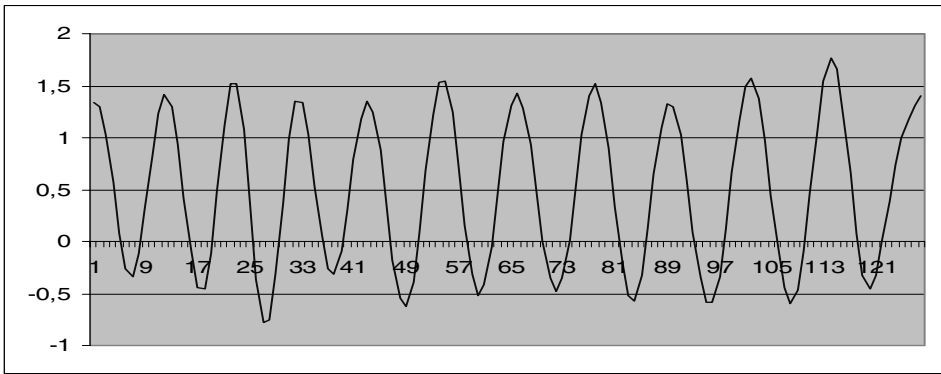
Rys. 6. Transformacja sygnału F3 falką dmey na 3 poziomie dekompozycji



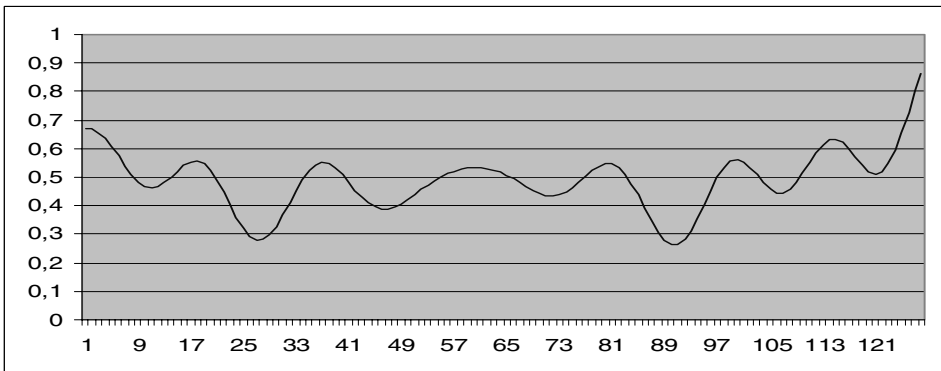
Rys. 7. Transformacja sygnału F3 falką db7 na 2 poziomie dekompozycji



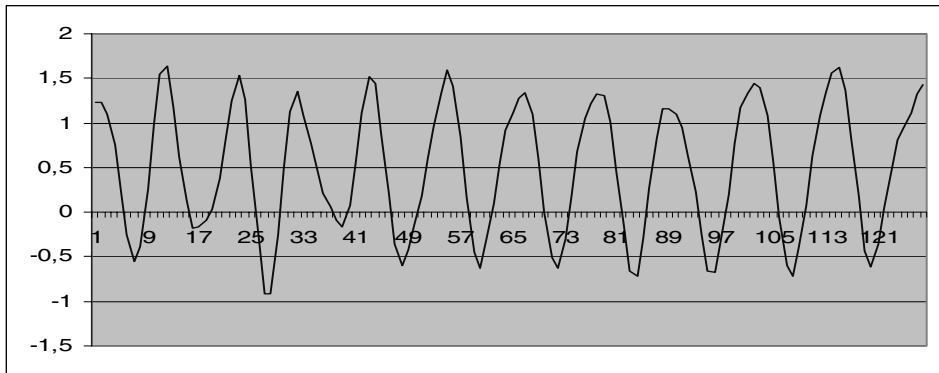
Rys. 8. Transformacja sygnału F3 falką dmey na 2 poziomie dekompozycji



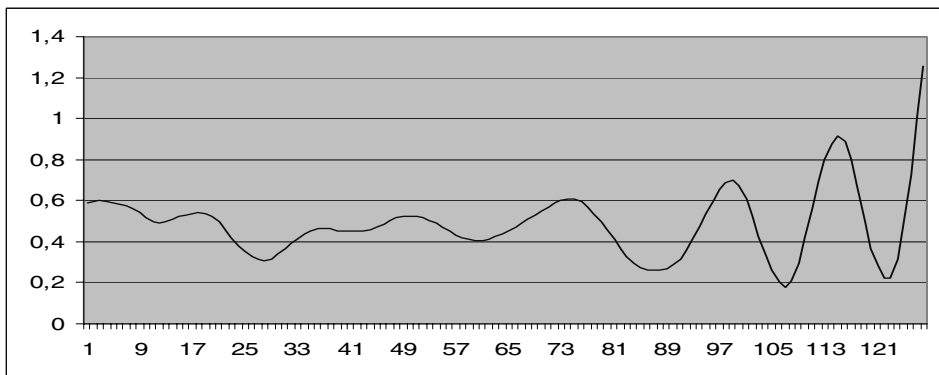
Rys. 9. Transformacja sygnału F4 falką dmey na 2 poziomie dekompozycji



Rys. 10. Transformacja sygnału F4 falką dmey na 3 poziomie dekompozycji



Rys. 11. Transformacja sygnału F4 falką db7 na 2 poziomie dekompozycji

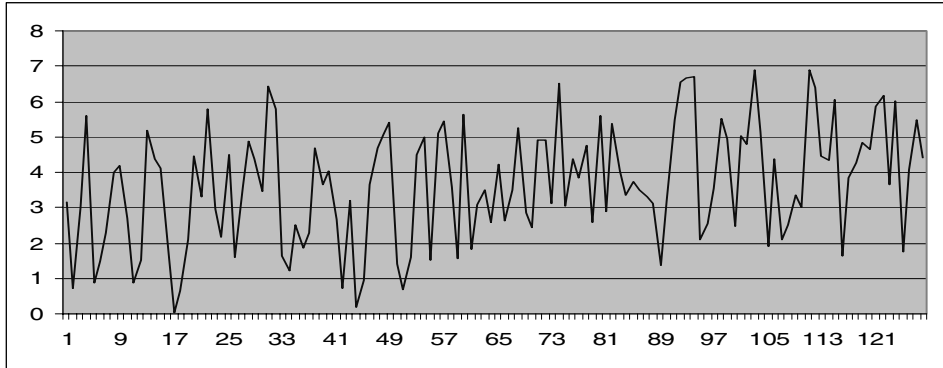


Rys. 12. Transformacja sygnału F4 falką db7 na 3 poziomie dekompozycji

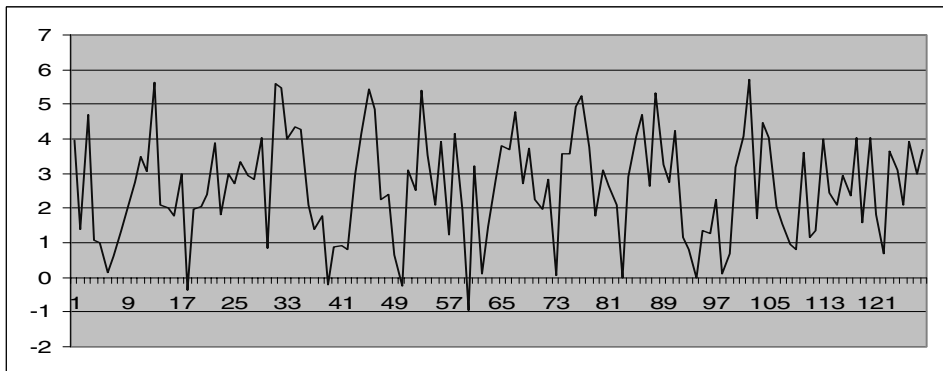
Analogiczne postępowanie przeprowadzono dla sygnałów f5 i f6, które powstały po dodaniu do sygnałów f1 i f2 tła losowego z przedziału [0,5]. Wykresy sygnałów na rysunkach 13 i 14). Jest to znacznie większe zaszumienie niż powyżej. Jak można się było spodziewać wyniki są znacznie gorsze. Zamieszczono je odpowiednio w tabelach 3 i 4. Należy jednak zauważyć, że poprawa współczynnika korelacji w stosunku do sytuacji wyjściowej (sygnał z tłem i bez) jest większa niż przy tle losowym z przedziału [0, 1].

Nadal najlepsze rezultaty dała falka dmey na drugim poziomie dekompozycji. W oparciu o wykresy można jednak zauważyć, że współczynnik korelacji nie jest prawdopodobnie najlepszym narzędziem. Wykresy sygnałów po przekształceniu falkowym odbiegają (zwłaszcza w drugim przypadku, tj. z większym tłem) od wykresów wzorca – składowej zdeterminowanej. Mogą więc tracić lub zniekształcać ważne informacje diagnostyczne. Dlatego też w dalszych bada-

niach podjęto próbę porównania powyższych informacji z zastosowaniem innych narzędzi. W przygotowaniu jest kolejna publikacja dotycząca tej tematyki.



Rys. 13. Sygnał f5



Rys. 14. Sygnał f6

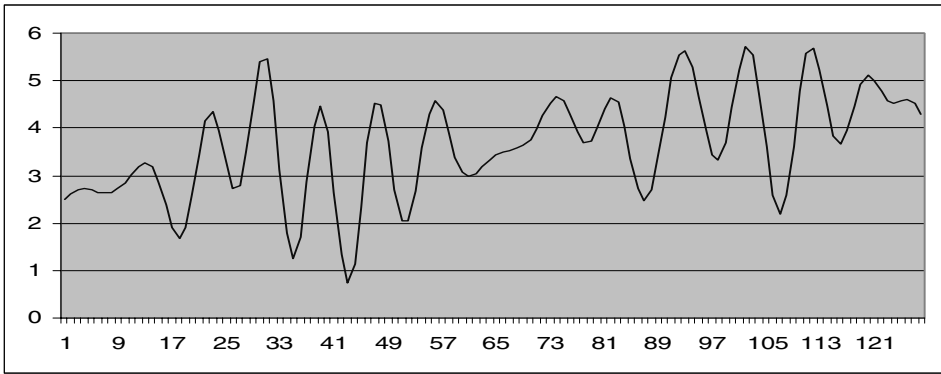
Tabela 3. Współczynnik korelacji dla sygnału f5

F5	Współczynnik korelacji
sygnał z tłem	0,520547782
dmey2	0,766605931
dmey3	0,583366638
db72	0,707348093
db73	0,592348754

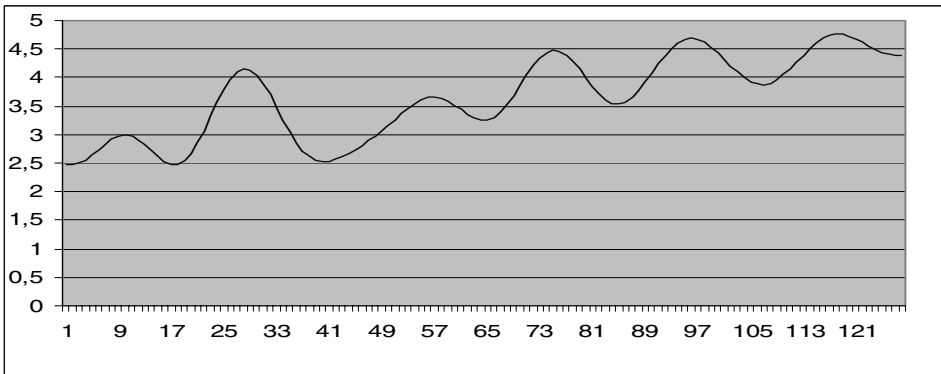
Tabela 4. Współczynnik korelacji dla sygnału f6

F6	Współczynnik korelacji
sygnał z tłem	0,486109066
dmey2	0,665400139
dmey3	-0,031187035
db72	0,658020393
db73	0,042942812

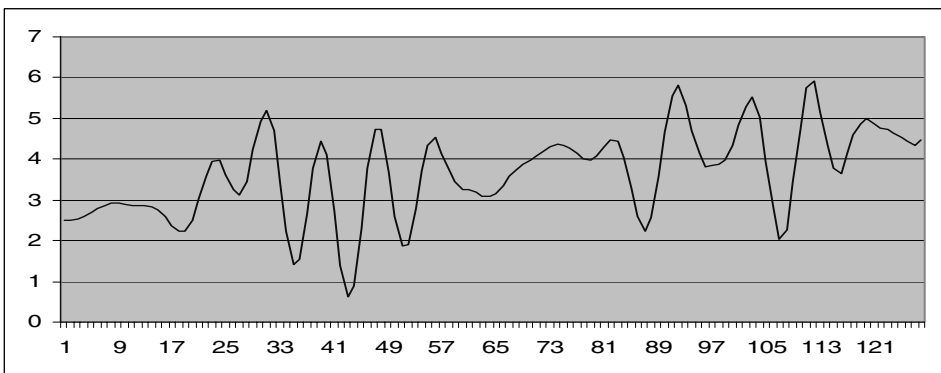




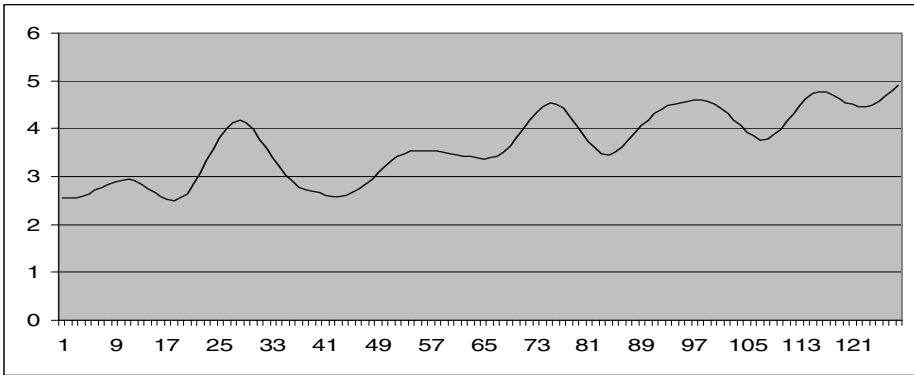
Rys. 15. Transformacja sygnału F5 falką dmev na 2 poziomie dekompozycji



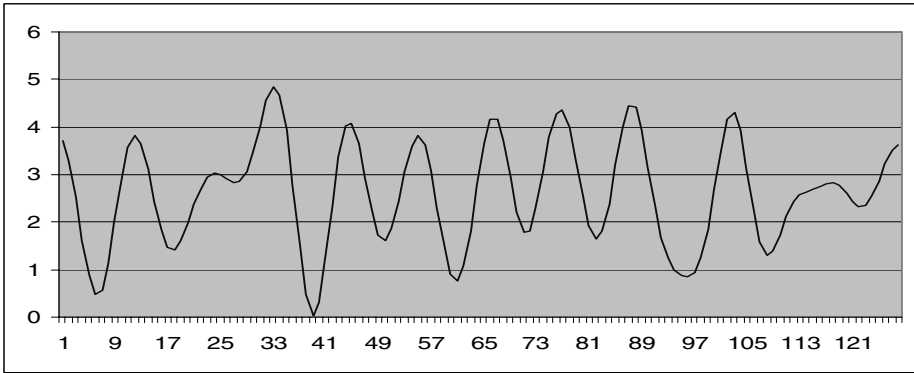
Rys. 16. Transformacja sygnału F5 falką dmev na 3 poziomie dekompozycji



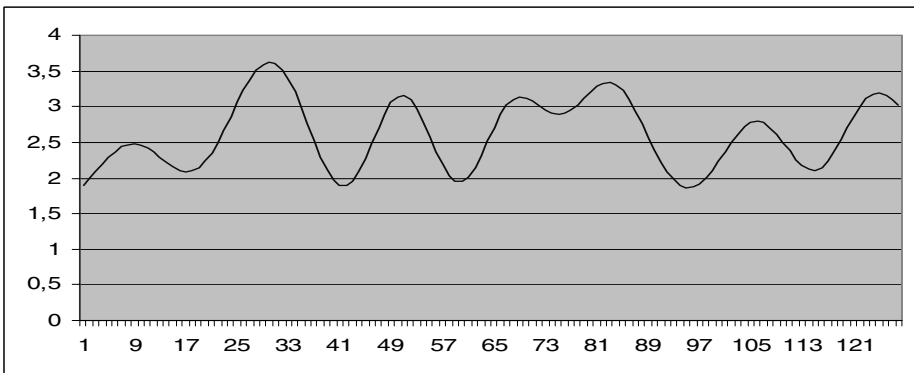
Rys. 17. Transformacja sygnału F5 falką db7 na 2 poziomie dekompozycji



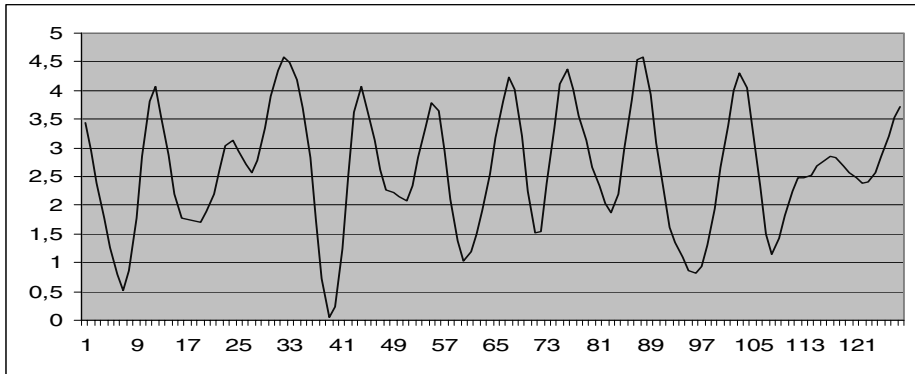
Rys. 18. Transformacja sygnału F5 falgą db7 na 3 poziomie dekompozycji



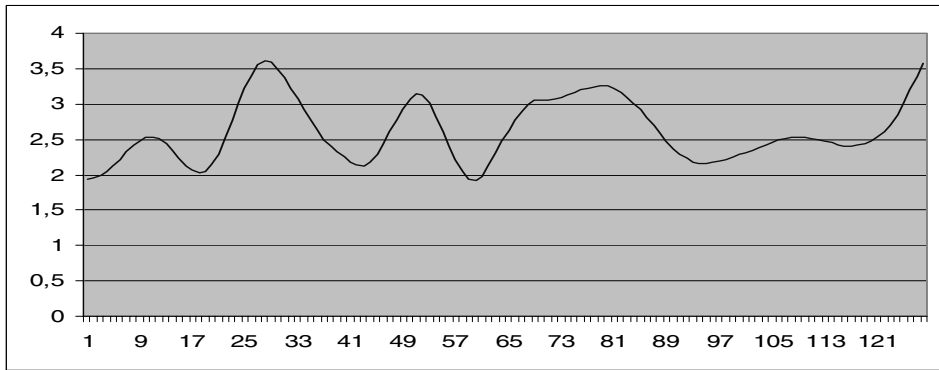
Rys. 19. Transformacja sygnału F6 falgą dmev na 2 poziomie dekompozycji



Rys. 20. Transformacja sygnału F6 falgą dmev na 3 poziomie dekompozycji



Rys. 21. Transformacja sygnału F6 falką db7 na 2 poziomie dekompozycji



Rys. 22. Transformacja sygnału F6 falką db7 na 3 poziomie dekompozycji

## Bibliografia

1. Józefczyk I., Kurowski W., Pankowski A.: Badania charakterystyk sygnałów diagnostycznych. *Diagnostyka* vol. 27 (2002), s. 116–124.
2. Józefczyk I.: Dyskretna Transformata Falkowa dla wybranego modelu symulacyjnego sygnału wibroakustycznego. *Diagnostyka* vol. 34 (2005), s. 137–141.
3. Józefczyk I.: Transformata falkowa w wibroakustycznej diagnostyce technicznej. *Problemy Eksploatacji* 2006, 1, s. 7–13.
4. Józefczyk I.: Przekształcenie falkowe sygnału diagnostycznego emitowanego przez urządzenie mechaniczne. Rozprawa doktorska PW WBMiP, Płock 2006.

5. Kurowski W.: Teoria informacji dla inżynierów. Wyd. Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży, Łomża 2000.
6. Żółtowski B., Cempel Cz. i inni: Inżynieria Diagnostyki Maszyn. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej. Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom, Warszawa, Bydgoszcz, 2004.

Recenzent:  
**Stanisław RADKOWSKI**

### **The discrete wavelet transform of the selected simulated signals as a random factor eliminating tool**

#### **Key words**

Signal, discrete wavelet transform, wavelet, mother wavelet.

#### **Summary**

The paper presents the discrete wavelet transform (DWT) of a two simulated signals using wavelets whose usefulness was confirmed by earlier studies. The subject of the examination were signals which were held up as a models for other signals and the signals obtained from model signals by adding random background noise. The later were put under discrete wavelet transformation in order to eliminate the influence of the random factor. The aim of the examination was the verification of the magnitude of the noise influence restoring the original model signal.