

УДК 621.372.061

АНАЛІЗ ПУЛЬСОВИХ ХВИЛЬ ВЛАСНИХ ВЕКТОРІВ  
ОПЕРАТОРА ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ В БАЗИСІ ПЕРЕТВОРЕННЯ  
УОЛША-АДАМАРА

Литвиненко О.О., Стоколос М.О., Якубенко О.А.

Показана можливість і перспективність аналізу сигналів пульсової хвилі в області ортогональних перетворень, для яких трансформантами є власні вектори дискретного оператора диференціювання, а оригіналами - трансформанти Уолша - Адамара.

Вступ та постановка задачі

Чутливість діагностичних методів до змін внутрішнього стану досліджуваного біооб'єкта (пульсової хвилі судинної системи) у значній мірі залежить від обраного для аналізу ортогонального перетворення [1-3].

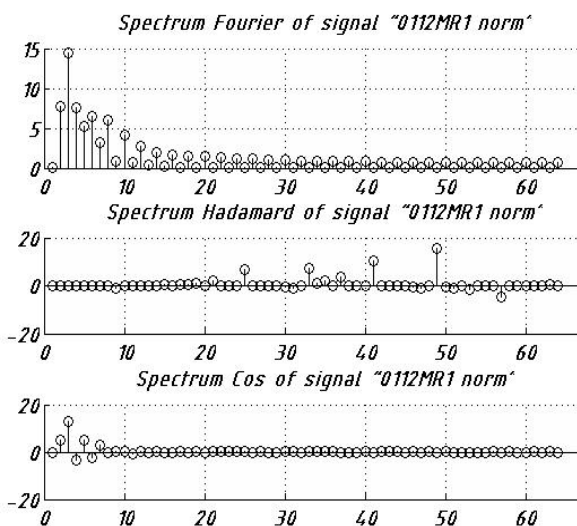


Рис.1.

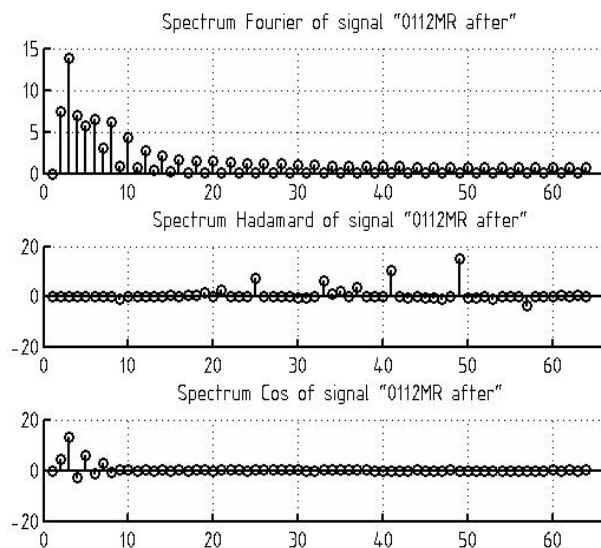


Рис.2.

На рис. 1, 2 наведені перетворення Фур'є, Адамара та косинусне для пульсових хвиль «нормальної» (рис. 1) та «після фізичних навантажень» (рис. 2). Багатий трансформантами спектр перетворення Фур'є мало придатний для оцінки стану судинної системи, тоді як «базис» спектрів Адамара та косинусного перетворення більш зручні. Помітно різницю в співвідношенні 25-ї й 33-ї, а на рис 1в, 2в - 2-ї й 5-ї трансформант спектра Адамара, що є мірою відхилення судинної системи від норми. Тому дослідження відмінного від перетворення Фур'є ортогонального базису являє практичний інтерес з точки зору результативності та точності пульсової діагностики.

Теоретичні дослідження

Відхилення, викликані зміною параметрів судинної системи, будемо вивчати методом електромеханічних аналогій за допомогою відповідної моделі (рис.3), на вході якої діє аналог ( $U_1$ ) артеріального тиску, а на виході спостерігається аналог ( $U_2$ )

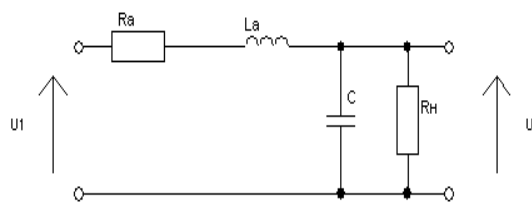


Рис.3

тиску пульсової хвилі. Зміна  $U_2$  при незмінному вхідному параметрі  $U_1$  відображується зміною електричних параметрів  $R, L, C$ , перерахованих з механічних параметрів судин (тертя, пружність, гнучкість і т.д.).

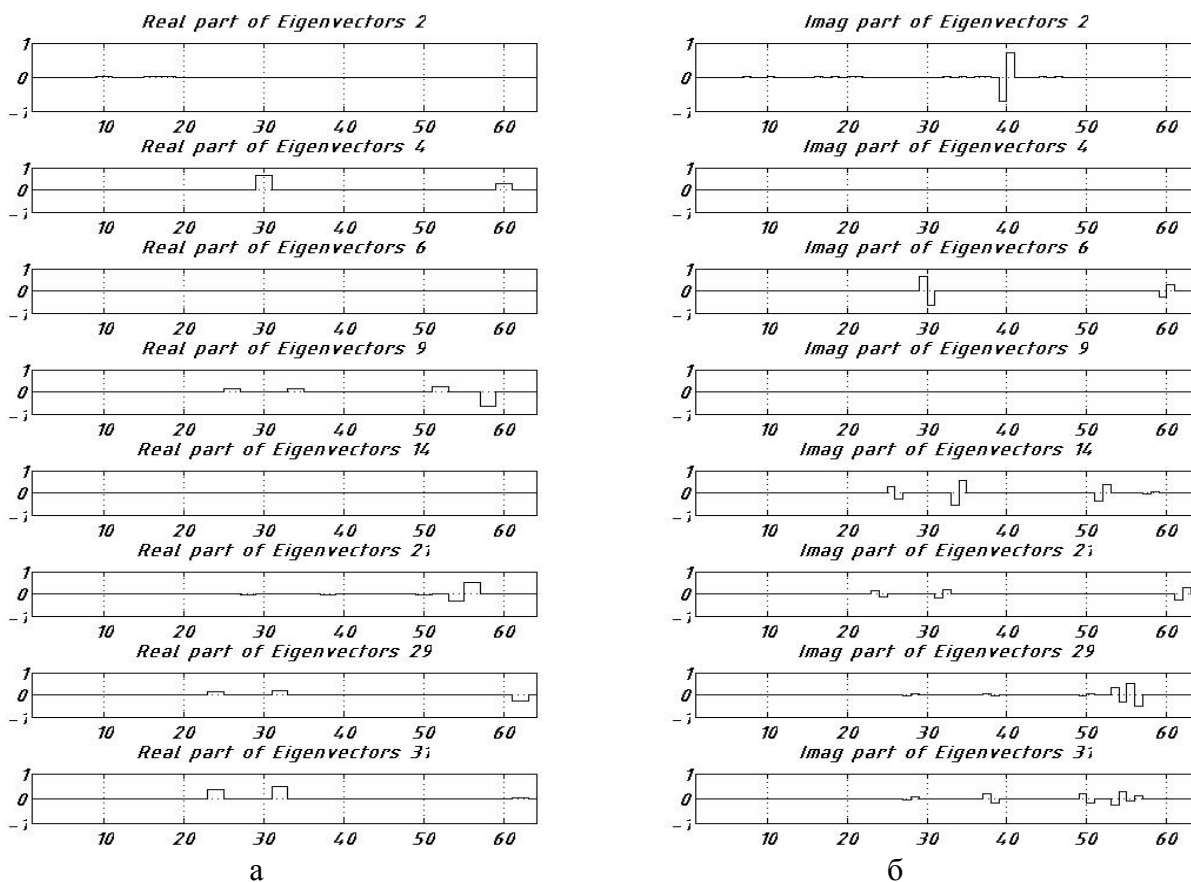


Рис. 4.

У такий спосіб, необхідність у визначенні інтегральних механічних параметрів призводить до необхідності оптимізації параметрів  $R, L, C$ , схеми, наведеної на рис. 3 так, щоб вихідна напруга  $U_2$  збігалася за формою зі зміненої в результаті зовнішнього впливу пульсової хвилі. Основою оптимізації є рішення задачі аналізу при цілеспрямованій зміні параметрів  $R, L, C$ ; при цьому використаємо базис перетворення Адамара. Запишемо оператор диференціювання для рівнянь [4]  $\overline{S}_{dt} = \overline{Had}_n \Pi \lambda \Pi \overline{Had}_n \overline{S}_t$ . Позначивши  $\overline{S}_\xi = \overline{Had}_n \overline{S}_t$  та  $\overline{S}_{d\xi} = \overline{Had}_n \overline{S}_{dt}$ , одержимо  $\overline{S}_{d\xi} = \Pi \lambda \Pi \overline{S}_\xi$ . За аналогією находимо спектр Адамара  $\overline{Y}_\xi$  вихідного сигналу по спектру Адамара  $\overline{S}_\xi$  вхідного сигналу  $\overline{Y}_\xi = \Pi K(\lambda_i) \Pi \overline{S}_\xi$ , де  $\overline{K}(\lambda_i)$  - діагональна матриця функцій ланцюга, що зв'язує кратний спектр  $\overline{S}_{\xi\xi} = \Pi \overline{S}_\xi$  вхідного сигналу і кратний спектр  $\overline{Y}_{\xi\xi} = \Pi \overline{Y}_\xi$  вихідного сигналу, які можуть бути отримані з передаточної функції  $K(p) = K_0 \frac{a_m p^m + a_{m-1} p^{m-1} + \dots + a_1 p + a_0}{b_n p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \dots + b_1 p + b_0}$  простою заміною  $p$  на власні значення  $\lambda_i$ . Власні значення  $\lambda_i$  розташовані на одиничному колі з центром у

точці (1,1). При форматі перетворення  $N + 1$  координати цих власних значень лежать, наприклад, у верхньому півколі в точках перетину січної, що ділить це півколо на  $N$  рівних частин. У цьому випадку відлік матриці  $\overline{\overline{P}}$  можна вважати дискретними відліками прямого ортогонального перетворення  $\overline{\overline{P}}_{rn} = \overline{\overline{P}}^t$ , а  $\overline{\overline{P}}^*$  - зворотного  $(\overline{\overline{P}}_{rn})^t$ . Дійсні й уявні частини деяких трансформант ортогонального перетворення  $(\overline{\overline{P}}_{rn})$  для сигналів у вигляді спектрів перетворення Адамара наведені відповідно на рис. 4а й 4б.

Розроблений алгоритм матиме вигляд:

1. знайти спектр Адамара  $\overline{S}_\xi$  вхідного сигналу;
2. скласти функцію  $K(p)$ , що зв'язує вхід і вихід системи;
3. вважаючи вхідним сигналом спектр Адамара  $\overline{S}_\xi$  виконати його перетворення (розкладання) по функціях  $P_r(n,t)$ , для чого  $\overline{S}_\xi$  помножити на матрицю дискретного оператора  $\overline{\overline{P}}_{rn} = \overline{\overline{P}}^t$ ;
4. визначити спектри  $\overline{S}_{\xi\xi}$  і, далі,  $\overline{Y}_{\xi\xi}$  на власній частоті  $\lambda_i$ ,
5. по кратному спектру реакції знайти спектр реакції Адамара та при необхідності відліки сигналів  $l_0$  тимчасової області  $\overline{y}_i$  (хоча останнє, враховуючи діагностичну інформативність спектра Адамара, а не сигналу в натуральних координатах, швидше за все є зайвою операцією).

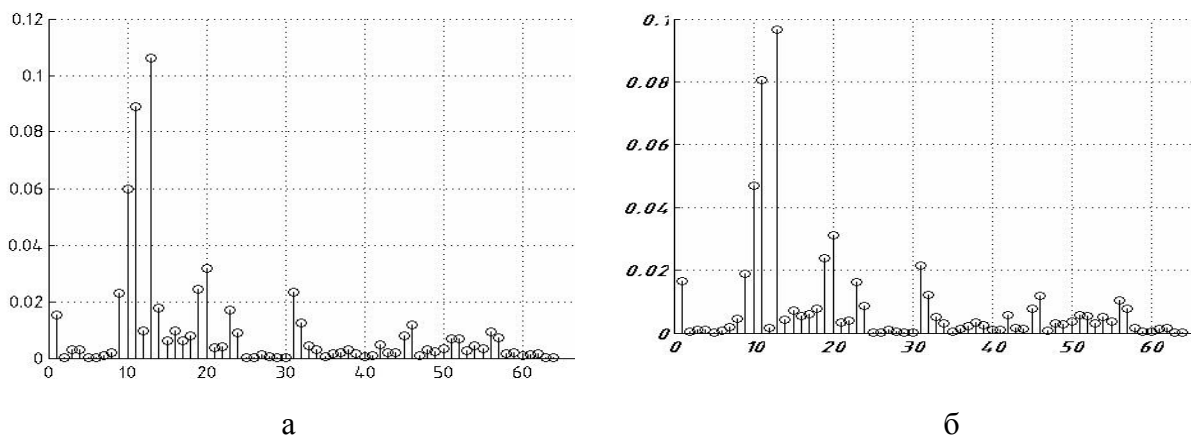


Рис. 5.

Для сигналів (рис. 1б й 2б) кратні спектри  $\overline{S}_{\xi\xi}$  Адамара мають вигляд, як на рис. 5 а, б, відповідно. Коефіцієнт передачі схеми (рис. 3) після заміни  $p$  на  $\lambda_i$  має вигляд (рис. 6); кратні спектри сигналів пульсової хвилі  $U_1$  - рис. 7а, б. Спектри Адамара пульсової хвилі  $U_1$  наведені на рис. 8а, б.

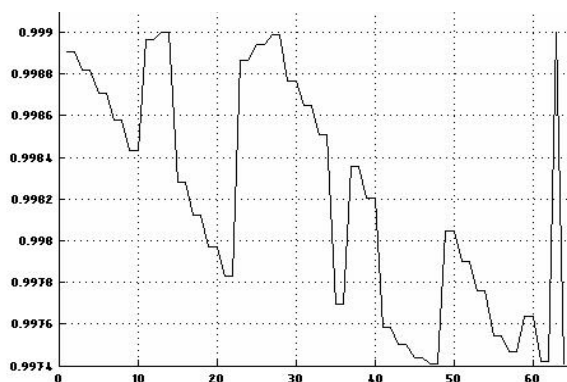


Рис.6.

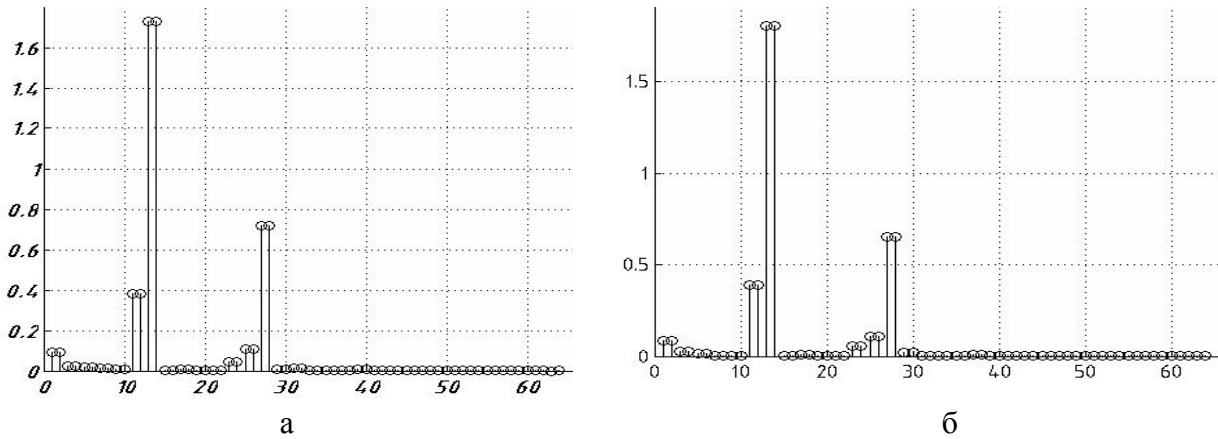


Рис. 7.

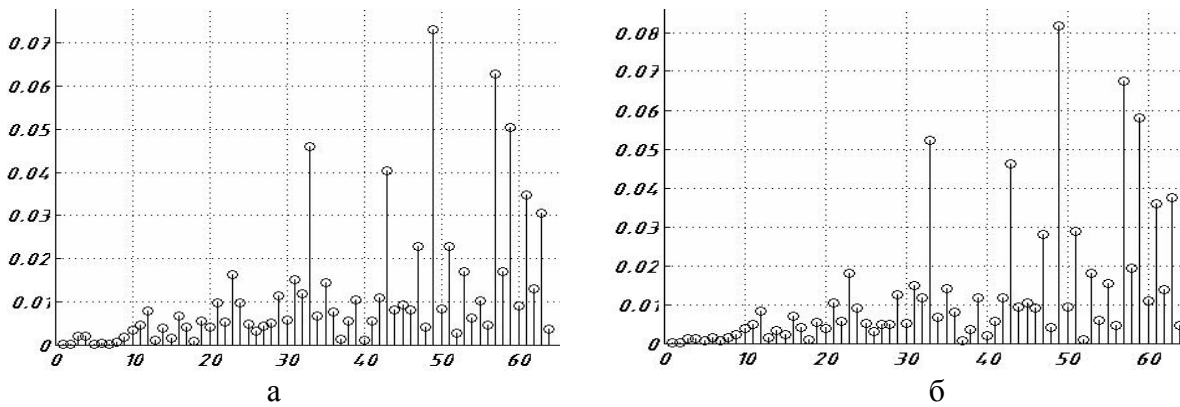


Рис.8.

### Висновки

Наведений алгоритм та розглянуті приклади показують, що запропонована методика є перспективною для розв'язання задач діагностики пульсограм та може знайти широке застосування.

### Література

1. Рыбин А.И. Ортогональное экспоненциальное преобразование REX // Радиоэлектроника. - 2004. - №2. - с.3-9. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Рыбин А.И. Нормализация дискретных ортогональных преобразований тестовым сигналом//Радиоэлектроника.2004. №7. с.39-46. (Изв.высш.учеб.заведений).
3. Рыбин А.И., Шарпан О.Б. Диагностика пульсограмм на базе ортогональных преобразований с действительным ядром // Вимірювання та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2004. - №1. - с.136-141.
4. Рибін О.І., Ткачук А.П. Аналіз лінійних систем в області трансформант перетворення Уолша-Адамара//Вісник НТУУ „КПІ”.Радіотехніка. Радіоапаратобудування. Вип.33.2006.С.14-23.

Литвиненко О.А., Стоколос М.А., Якубенко А.А.  
**Анализ пульсовых волн собственных векторов оператора дифференцирования в базисе преобразований Уолша-Адамара**  
 Показана возможность анализа сигналов пульсовой волны в области ортогональных преобразований, для которых трансформантами являются собственные вектора дискретного оператора дифференцирования.

Litvinenko O.A., Stokolos M.A., Jakubenko A.A.  
**The analysis of pulse waves of own vectors of the operator of differentiation in basis of transformations Wolsha-Hadamara**  
 The opportunity and prospect of the analysis of signals of a pulse wave is shown in the field of orthogonal transformations, for which transformation are of an own vector of the discrete operator of differentiation