

Дослідження спектральних характеристик гармонійного сигналу довільної тривалості

Гуменюк Р.М.

Івано-Франківський інститут менеджменту та економіки «Галицька академія»
humenyuk@rambler.ru

Abstract

Gumenuk R. The research of arbitrary duration harmonic wave spectrum characteristics. There have been proposed and theoretical based methods of signal double convolution, which are base for spectrum characteristics determination according by extention Viener-Hinchin formula, by new statistic function – first-order derivative signum evaluation, by different statistic function for phase and frequence convolutions, by special standard frequence signals.

Одним із перспективних напрямків теорії цифрового оброблення сигналів є освоєння кореляційних методів аналізу на основі статистичних функцій спрощених алгоритмів. Важливою науково-технічною задачею є вдосконалення методів та цифрових засобів спектрального аналізу сигналів, що дозволяє суттєво підвищити швидкодію та якість визначення спектральних характеристик сигналів діагностування.

В [1] проведено аналіз гармонійних сигналів з тривалістю, кратною періоду. Спостереження спектральних характеристик

гармонійних сигналів довільної тривалості обумовлене наявністю відрізків вхідного сигналу, довжина яких менше періода, – так званих “хвостів” гармонійних сигналів [2].

Досліджено форму (рис.1) та критерії якості [3] амплітудних спектрів (табл.1,2), отриманих подвійним згортанням із використанням різних статистичних функцій, для гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди.

Наведені в табл.1 значення $k^{y.c.}$ частотної складової спектральних характеристик свідчать про значну похибку (6 - 8 %) визначення основної гармоніки вхідного сигналу довільної тривалості для всіх застосованих статистичних функцій.

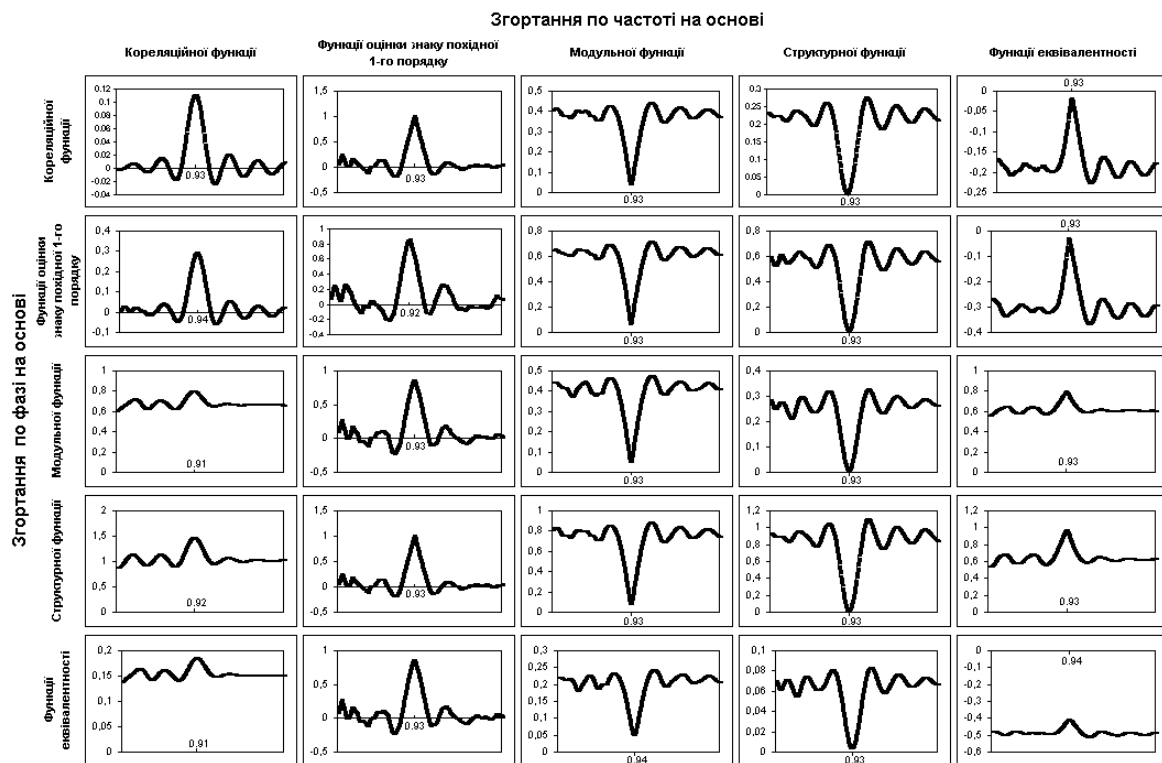


Рисунок 1 - Амплітудні спектри гармонійного сигналу тривалістю 4.2 періоди

Таблиця 1. Значення $k^{u,c}$ частотної складової спектральних характеристик гармонійного сигналу тривалістю 4.2 періоди

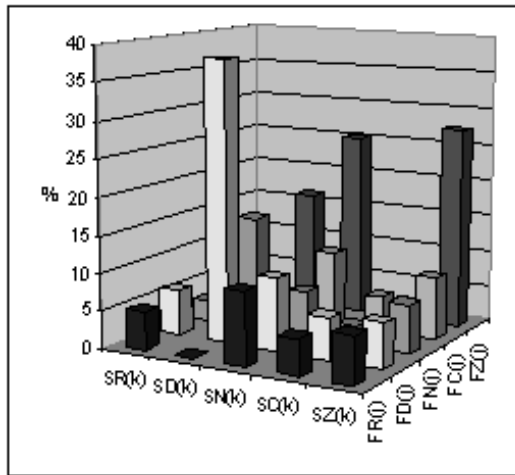
Згортання по фазі на основі	Згортання по частоті на основі				
	кореляційної функції	функції оцінки знаку	модульної функції	структурної функції	функції еквівалентності
кореляційної функції	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
функції оцінки знаку	0,94	0,92	0,93	0,93	0,93
модульної функції	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93
структурної функції	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93
функції еквівалентності	0,91	0,93	0,94	0,93	0,94

Таблиця 2. Критерії G, P якості амплітудних спектрів гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди

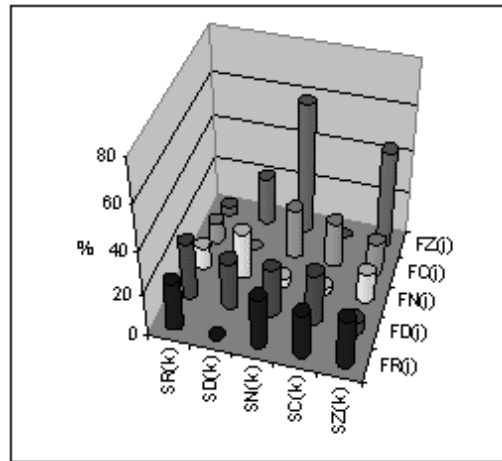
Згортання по фазі на основі	Згортання по частоті на основі									
	кореляційної функції		функції оцінки знаку похідної 1-го порядку		модульної функції		структурної функції		функції еквівалентності	
	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P
Кореляційної функції	229.32	17.91	242.77	23.93	312.73	12.51	227.47	17.46	246.87	16.58
функції оцінки знаку похідної 1-го порядку	225.86	17.32	142.07	29.12	344.32	10.65	220.09	16.76	248.75	14.88
модульної функції	119.32	38.71	191.24	29.43	307.15	12.17	205.66	21.97	195.74	22.69
структурної функції	149.41	25.94	241.63	24.19	311.94	12.51	227.36	17.40	208.00	18.34
Функції еквівалентності	125.79	36.58	191.24	29.43	245.07	18.82	206.71	20.92	205.49	16.49

Аналіз результатів, наведених в табл.2, показує, що значення критеріїв якості спектральної характеристики, отриманої із застосуванням функції оцінки знаку похідної 1-го порядку при згортанні по фазі та модульної функції при згортанні по частоті, в 1,5 рази перевищують аналогічні значення критеріїв якості класичного амплітудного спектру.

На рис.2 наведено гістограми відносної зміни значень критеріїв G, P якості спектральних характеристик для гармонійних сигналів з тривалостями 4 та 4,2 періоди, аналіз яких дозволяє зробити висновок про загальне погіршення значень критеріїв якості на 5-40 % при аналізі гармонійних сигналів довільної тривалості.



a) G-відношення сигнал/шум

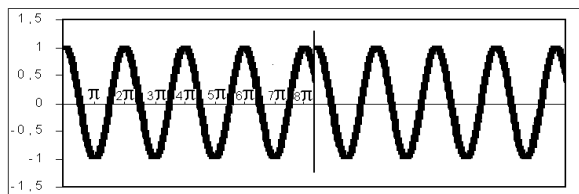


b) P-ймовірність появи хибних відліків

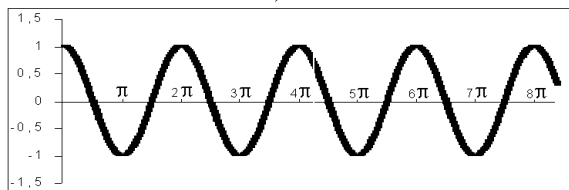
Рисунок 2 - Відносне погіршення критеріїв якості спектральних характеристик гармонійних сигналів довільної тривалості

Класична процедура автозгортання вхідного сигналу по фазі використовує подвоєння вибірки відліків (рис.3а). Погіршення якості визначення спектральних характеристик при некратній тривалості гармонійного сигналу пояснюється наявністю розриву у новоутвореному сигналі в момент закінчення інтервалу накопичення вибірки.

Запропоновано проведення автозгортання вхідного сигналу по фазі шляхом поділу вхідної вибірки відліків навпіл (рис.3б), що дозволило усунути розривання гармонійного сигналу, проте зменшило вдвічі об'єм вхідної вибірки.



a)



b)

Рисунок 3 - Подвоєння (а) та поділ (б) вибірки відліків гармонійного сигналу

На рис.4 наведено спектральні характеристики гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди, отримані шляхом подвійного згортання із поділом вхідної вибірки навпіл.

Візуально можна відзначити подібність

форм спектральних характеристик, отриманих при автозгортанні вхідного сигналу по фазі шляхом поділу вибірки навпіл та шляхом подвоєння вибірки (рис.1). Проте, значення $k^{q,c}$ частотної складової спектральних характеристик, отриманих поділом вибірки (табл.5), для більшості функцій згортання відповідає наперед заданому значенню частоти вхідного гармонійного сигналу, що свідчить про ефективність застосування запропонованого методу автозгортання сигналів по фазі.

В табл.4 наведено значення критеріїв G та P якості спектральних характеристик гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди, отриманих шляхом поділу вибірки навпіл. Результати, наведені в табл.4, свідчать про перевищення в 1,5 рази значень критеріїв якості спектру, утвореного послідовним подвійним згортанням із використанням функції оцінки знаку похідної 1-го порядку та модульної функції, над аналогічними значеннями критеріїв якості класичної спектральної характеристики.

Аналіз гістограм, наведених на рис.5, підтверджує відносне погіршення в 1,2 – 2,4 рази значень критеріїв якості спектральних характеристик, отриманих шляхом поділу вибірки навпіл, у порівнянні із аналогічними значеннями критеріїв якості спектральних характеристик, отриманих подвоєнням вибірки, що зумовлено саме зменшенням об'єму вибірки вхідного сигналу при її поділі. Проте, отримання реального значення кч.с. частотної складової робить запропонований спосіб більш привабливим для здійснення автозгортань по фазі.

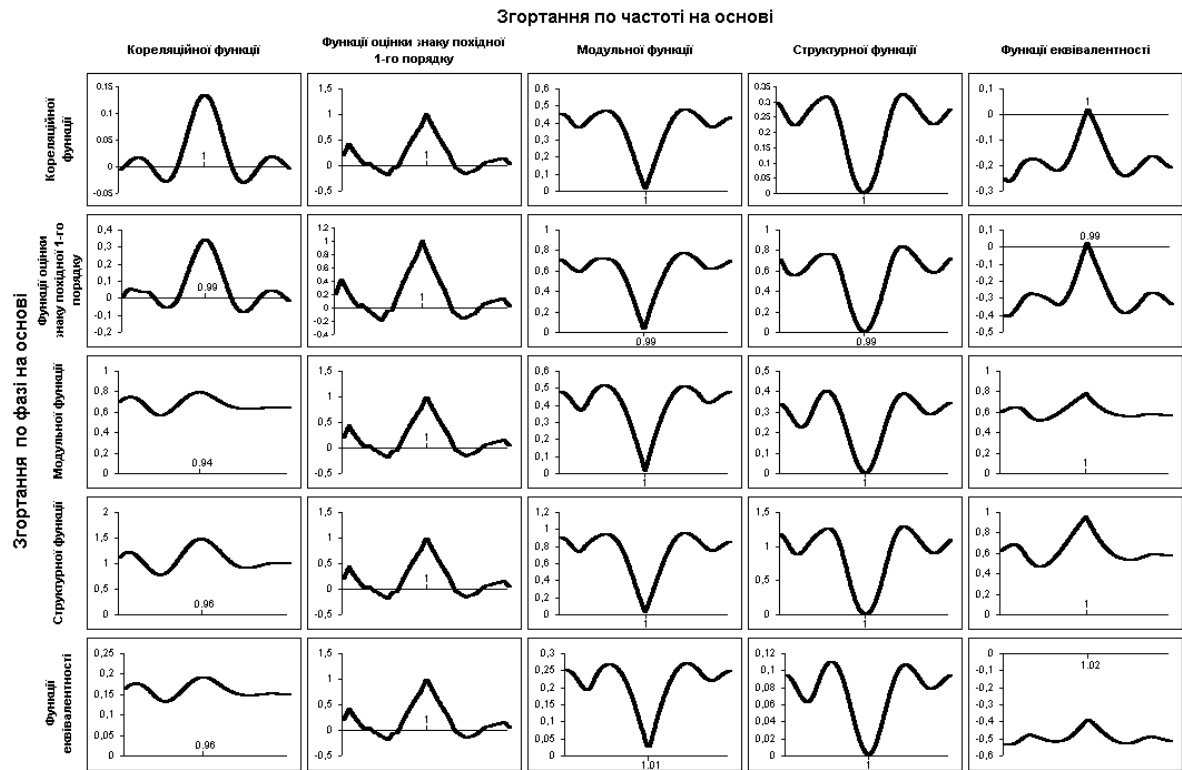
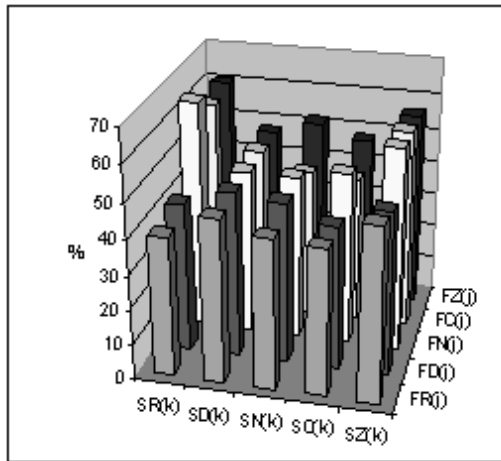


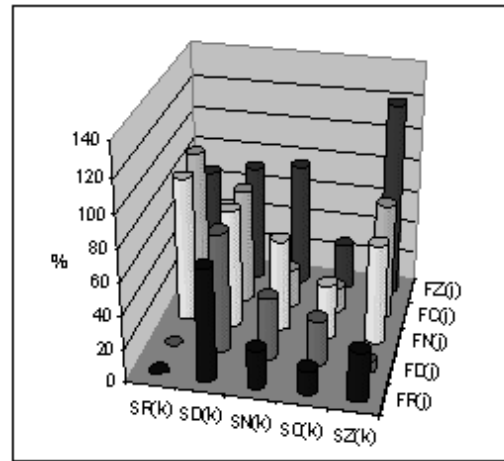
Рисунок 4 - Амплітудні спектри гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди при автозгоранні по фазі поділом вибірки навпіл

Таблиця 4. Критерії G, P якості амплітудних спектрів гармонійного сигналу тривалістю 4,2 періоди при поділі вибірки навпіл

Згорання по фазі на основі	Згорання по частоті на основі									
	кореляційної функції		функції оцінки знаку похідної 1-го порядку		модульної функції		структурної функції		функції еквівалентності	
	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P
кореляційної функції	145.36	13.45	121.63	40.90	198.91	12.43	139.58	16.64	133.80	17.76
функції оцінки знаку похідної 1-го порядку	138.48	13.43	120.02	41.65	205.67	12.00	137.94	17.23	140.56	14.83
модульної функції	42.55	66.43	119.77	41.87	173.51	18.54	107.06	28.49	87.44	32.18
структурної функції	62.62	45.45	119.76	41.87	199.39	12.53	138.31	16.74	97.73	27.36
функції еквівалентності	47.83	58.16	119.41	41.39	158.45	20.74	110.32	27.30	123.06	25.13



a) G-відношення сигнал/шум



b) P-ймовірність появи хибних відліків

Рис.5. Відносне погіршення критеріїв якості спектральних характеристик при використанні поділу вибірки гармонійного сигналу довільної тривалості

Таблиця 5. Значення кч.с. частотної складової спектральних характеристик гармонійного сигналу тривалістю 4.2 періоди при автозгортанні по фазі поділом вибірки навпіл

Згортання по фазі на основі	Згортання по частоті на основі				
	кореляційної функції	функції оцінки знаку похідної 1-го порядку	модульної функції	структурної функції	функції еквівалентності
кореляційної функції	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
функції оцінки	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99
модульної функції	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00
структурної функції	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
функції еквівалентн	0.96	1.00	1.01	1.00	1.02

Висновки

Запропоновано метод поділу вибірки навпіл для проведення процедури автозгортання дає можливість підвищити точність вимірювання та зменшити апаратні затрати при побудові пристроїв спектрального аналізу короткотривалих сигналів діагностування.

Література

1. Гуменюк Р.М., Іщеряков С.М. Аналіз методу подвійного згортання із послідовним

використанням різних статистичних функцій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця:ВПІ,2003.–№ 6.– С.307-311.

2. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.

3. Гуменюк Р.М., Іщеряков С.М. Оцінка якості амплітудного спектру для різних методів подвійної згортки//Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах:Зб.наукових праць.– Хмельницький: ТУП.–2002.–Т.2–189с.