

УДК 622.2:614.83

Надія Бурау, д.т.н., проф., Карина Мішура

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОБРОБКА СИГНАЛІВ СЕЙСМІЧНОГО ПРИЙМАЧА ПРИ ДИНАМІЧНИХ ЗБУРЕННЯХ МІСЦЯ ВСТАНОВЛЕННЯ

Роботу присвячено розробці алгоритмічного та програмного забезпечення для аналізу сигналів сейсмічних приймачів, які можуть бути використані в системі визначення сейсмічної стійкості інженерних споруд та будівель. Проведено експериментальні дослідження сейсмічного приймача великих переміщень при ударному збуренні місця встановлення приймача. Для обробки сигналів використано вейвлет –розкладання з подальшим спектральним аналізом елементів розкладання.

Ключові слова: сейсмічний приймач, ударне збурення, вейвлет-розкладання, спектр.

Nadiia Bouraou, Karina Mishura

PROCESSING OF SEISMIC SENSOR SIGNALS AT DYNAMIC EXCITATION OF THE INSTALLATION LOCATION

The work is devoted to the development of algorithmic and software for the analysis of signals of seismic sensors, which can be used in the system for determining the seismic stability of engineering structures and buildings. Experimental investigations of seismic sensor of large displacements were carried out in case of shock excitation of the installation location of the sensor. The following signal processing methods are used: wavelet-decomposition and further spectral analysis of decomposition elements.

Keywords: seismic sensor, shock excitation, wavelet decomposition, spectrum.

Для безпечної експлуатації будівель та інженерних споруд різного призначення необхідно забезпечити їх стійкість при збудженнях природного чи техногенного походження. Одним з етапів визначення сейсмічної стійкості споруд є випробування з метою отримання інформації про коливання елементів конструкції споруди та прилеглих ділянок ґрунту під впливом згенерованого вібраційного збурення, яке імітує сейсмічне збурення при землетрусі. У якості сенсорів використовуються сейсмічні приймачі – прилади для перетворення параметрів механічних коливань (вібраційної швидкості чи вібраційного прискорення) в електричний сигнал. Застосування сейсмічних приймачів в діагностичних комплексах різноманітних інженерних споруд, в системах моніторингу сейсмічної активності висуває жорсткі вимоги до достовірності їх показань, особливо в умовах комплексного впливу динамічних збурень, обумовлених як природними, так і техногенними факторами.

Для дослідження використано сейсмічний приймач великих переміщень типу ВВП-3 [1], який призначений для перетворення лінійних переміщень при коливаннях об'єктів в електричний сигнал при потужних промислових вибухах або при землетрусах (до 6-9 балів). Крім того, прилад може використовуватись в системах моніторингу коливань машин і механізмів з частотою 1 – 100 Гц і амплітудою до 200 мм. Сейсмічний приймач було встановлено на розробленому вібраційному стенді, який є універсальним пристроєм для перевірки працездатності та інженерного дослідження сейсмічних приймачів з вертикальною та горизонтальною осями чутливості; канал опитування приймача реалізований з використанням модуля збору даних m-DAQ14, побудованого на основі універсального набору мікросхем для реалізації

вимірювальних каналів та систем для промислового і лабораторного використання [2]. Випробування проведено в режимі вертикальних коливань при ударному збуренні вібраційного стенду. Приклад реалізації сигналу сейсмічного приймача наведено на рис. 1, частота опитування $f_{оп}=1000$ Гц, кількість точок $n=30719$, що відповідає часу опитування $t=30,7$ с.

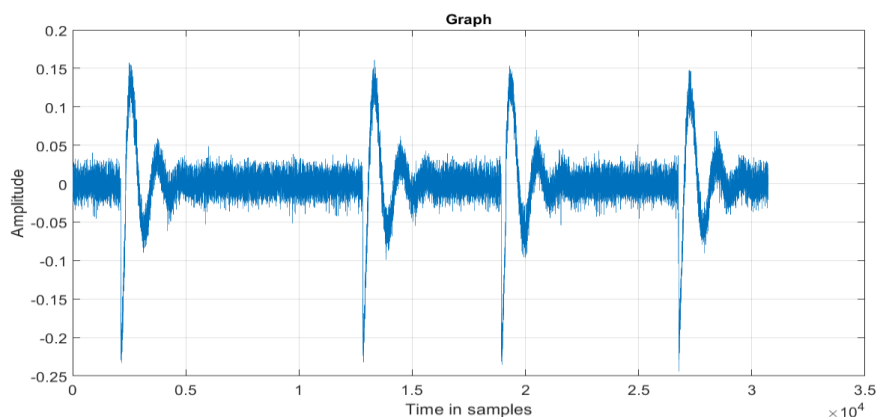


Рис. 1. Приклад реалізації сигналу сейсмічного приймача при ударному збуренні місця встановлення

Спектр сигналу, отриманий для усієї реалізації, наведений на рис. 2 і показує досить високу щільність спектральних амплітуд за частотою в інтервалі частот до 10 Гц. Власна частота приймача має значення 0,5 Гц [1], інтервал частот до 4 Гц можна вважати інтервалом суттєвих частот, поза межами якого спектральна щільність є характеристикою шуму.

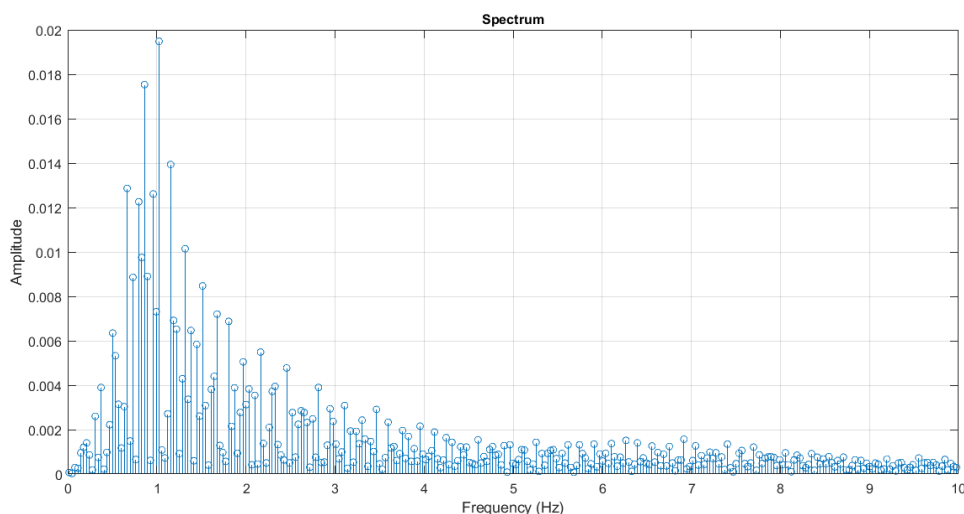


Рис. 2. Спектральна щільність сигналу сейсмічного приймача

Якщо необхідно більш детально аналізувати сигнал, або відмінності його спектральної щільності (або інших характеристик, наприклад, статистичних) в окремих частотних інтервалах, доцільно виконати обробку сигналів у два етапи [3]. На першому етапі пропонується виконати вейвлет-розкладання сигналу, який аналізується, в ієрархічний набір апроксимацій a_j , які характеризують повільні змінювання сигналу, та деталей d_j , що характеризують високочастотні складові сигналу. На другому етапі кожен з отриманих елементів розкладання a_j та d_j використовуються як окремий сигнал для подальшої спектральної (статистичної чи іншої) обробки. Як показано в [3], такий підхід суттєво підвищує чутливість деяких статистичних характеристик до малих змін вимірюваного сигналу, які визначаються для окремих елементів розкладання, порівняно з характеристиками, визначеними для повного сигналу. Такі два етапи обробки було

застосовано і сигналу сейсмічного приймача. Результати вейвлет-розкладання на 7 рівнів з використанням хвильової функції сімейства Добеші db2 наведено на рис.3, а отримані спектральні щільності відповідних елементів розкладання – на рис. 4.

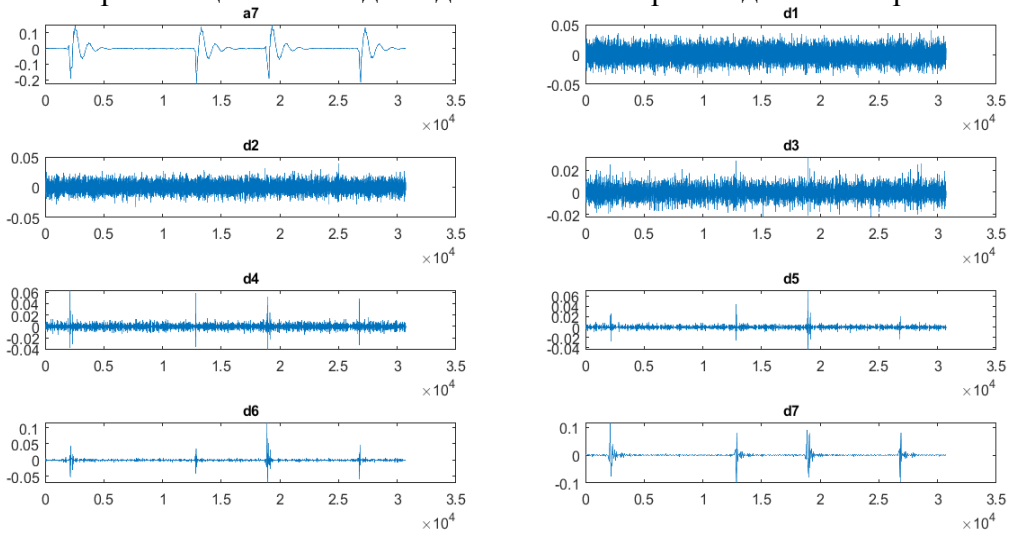


Рис. 3. Результати вейвлет-розкладання сигналу сейсмічного приймача

Для кожного елемента розкладання на рис. 3 за віссю абсцис відкладено час (у кількості точок), а за віссю ординат – значення амплітуди, як і для оригінального сигналу на рис. 1. Відповідно, на рис. 4 за віссю абсцис відкладено частоту в Гц, а за віссю ординат – значення спектральної щільності.

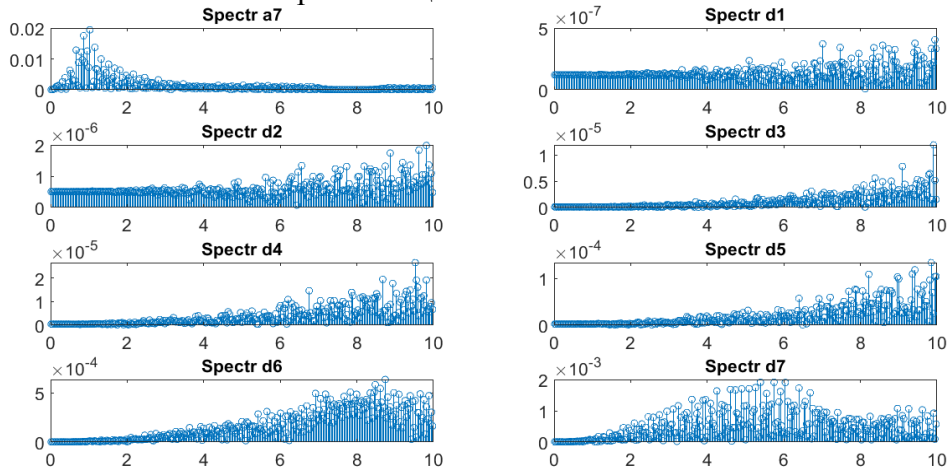


Рис. 4. Спектральна щільність елементів вейвлет-розкладання сигналу

Отримані результати дають можливість більш детально аналізувати, порівнювати та інтерпретувати сигнали сейсмічного приймача у його практичному застосуванні.

1. Безопасность сейсмического и воздушного воздействия массовых взрывов/ Кузовков Б.Н., Совмен В.К., Эквист Б.В., Вартанов В.Г. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 180 с.

2. Мироненко П.С. Стенд для перевірки працездатності низькочастотних інерціальних модулів/ П.С. Мироненко, О.М. Павловський // Вісник КПІ. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2018. – Вип. 56(2). – С. 5-10.

3. Методи цифрової обробки сигналів для вібраційної діагностики авіаційних двигунів: монографія / Н.І. Бурау, Л.Л. Яцко, О.М. Павловський, Ю.В. Сопілка. – К.: НАУ, 2012. – 152 с.