виконуються з частотою 8200Гц у трьох режимах вимірювання: Для приведення чутливості фотометру до кривої видності людського ока перед фотодіодом встановлений чотирьох компонентний світлофільтр.

Висновки. Розроблено прецизійне джерело живлення з системою формування сигналів спеціальної форми, імпульсне джерело оптичного випромінювання та імпульсний фотометр з програмним забезпеченням. Проведено дослідження стабільності роботи обладнання.

Література. 1. Баранов. В. Удосконалення державного первинного еталона одиниці сили світла / В. Баранов, В. Балабан, Л. Бондаренко, Л. Гріщенко, М. Гурьєв, О. Купко, Є. Тімофєєв, В. Терещенко // Український метрологічний журнал .- № 1.- 2016.- С. 37-42., **2.** Терещенко В.В. Обладнання для метрологічного забезпечення вимірювань імпульсних світлових величин / Світлотехніка та електроенергетика // В.В. Терещенко. - № 1. – 2016. – С. 39-45.

Лихачов Д. Є., *студент гр. ММ-51маг*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

О МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ SVD ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛУ УДАРНОЇ ХВИЛІ В РОБОЧІЙ РІДИНІ З ПОВІТРЯНИМИ КУЛЬКАМИ НА ФОНІ ПЕРЕШКОД

Вміст повітря (газу) в робочій рідині визначає її пружність (стисливість) і змащувальні властивості [1]. Робоча рідина з бульбашками газу має властивості, які кардинально відрізняються від властивостей чистої рідини.

Дослідження ударних хвиль від вибухів кульок повітря (або іншого газу) в робочій рідині при роботі робочого органу гідроприводу показали, що

вони мають пульсаційну структуру, і що зі збільшенням тиску ударної хвилі амплітуда пульсацій зростає.

Тривалість позитивної фази таких хвиль може становити десятки мікросекунд (що відповідає 0,05 – 0,01 м), що істотно перевищує розміри бульбашок, але має той же порядок, що і час їх схлопування.

Крім імпульсів тиску від вибухів кульок, в реальному випадку існують так само й інші імпульсні сигнали, які виступають як перешкоди (шуми) шуканого інформаційного сигналу (сигналу вибуху).

Профіль фронту ударної хвилі розраховується на основі рівняння Буссінеска, отриманого для газорідинного середовища. Аналіз рішень рівняння Буссінеска та використовуючи формули з різних літературних джерел для моделювання інформаційного сигналу вибуху було помічено, що при розвиненій осциляторній структурі профіль переднього фронту хвилі близький до форми соліона [2].

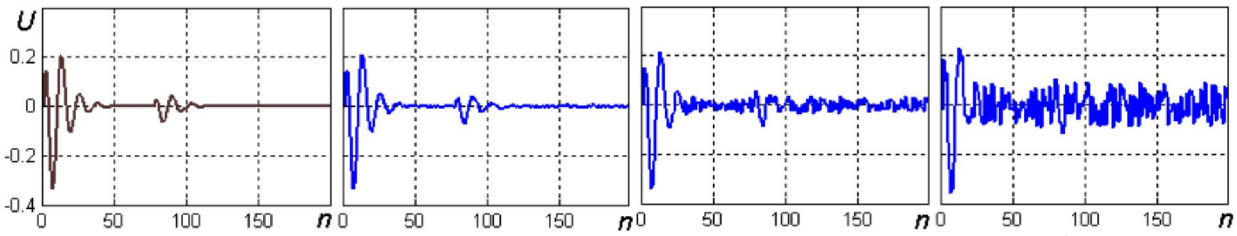
Солитон – короткий імпульс тиску, і по відношенні до нього цілком прийнятно використання тих методів, які застосовують для виокремлення на фоні перешкод понадширокосмугових (ПШС) сигналів.

Під час експерименту [3] виміряно, що тривалість інформаційного імпульсу сигналу на рівні $0{,}42\,\Delta p_{\max}$ становить $0{,}1\cdot 10^{-3}$ с.

Вибух (схлопування) в робочій рідині виділяє ще один інформаційний сигнал – звуковий.

При належному виборі центральної частоти, при якій очікувані схлопування (вибухи) не перевищують відповідної зміни фази відбитого сигналу в межах $\Delta\varphi \le 0{,}7\pi$, практично вся інформація (80%) зосереджена на першій головній компоненті перетворення [4].

Тому головну увагу в дослідженні потрібно приділяти впливу шуму на поведінку перетвореного сигналу на цій компоненті, та на зміну кривої закону модуляції відносоно такої без шуму.



а б в г

Рисунок 1 – Вид зашумленого сигналу при відношенні сигнал/шум: а) ∞, б) 17 дБ, в) 3 дБ, г) – 6 дБ

Як показують численні дослідження, в більшості випадків власне значення потужності звуку λ з ростом номера головної компоненти стрімко наближається до нуля, тому з точки зору стійкості обчислень, важливою стає завдання вибору алгоритму обчислення потужності λ і власних векторів ω.

Найбільш стійким виявився алгоритм, пов'язаний з сингулярним розкладанням (SVD) [5]. При дослідженні цей метод був використаний для придушення шумової складової одиночного реального сигналу, представленого на рис. 2.

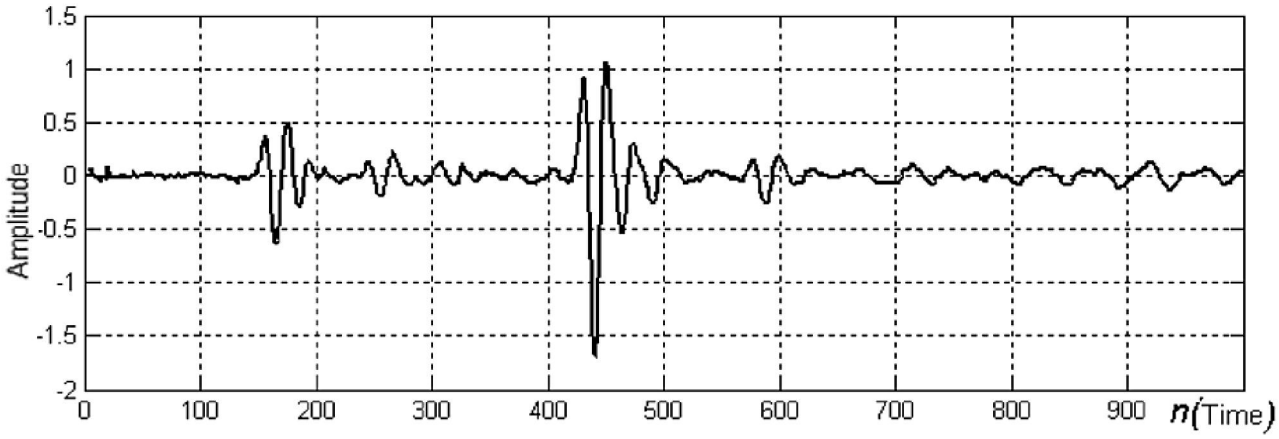


Рисунок 2 – Понадширокосмуговий імпульсний сигнал з адитивною складовою шуму

Суть методу полягає в способі формування матриці А, а саме: матриця будується з 3-х векторів, причому середній – досліджуваний оригінальний сигнал, перший – оригінальний сигнал, зрушений вправо на 1 дискретний крок, третій – оригінальний сигнал, зрушений вліво на 1 дискретний крок.

далі ця матриця піддається перетворенню SVD, результатом якого є знайдені значення λ і ω.

Із образу на першій головній компоненті відновлюється вихідний сигнал, який знову запускається в процедуру формування матриці А. Число ітерацій в циклі залежить від поставленого завдання. Вищеописана процедура призводить не тільки до придушення шуму, але і до руйнування корисного сигналу зі збільшенням кількості ітерацій. Тому оптимальним вибрано 10 ітерацій.

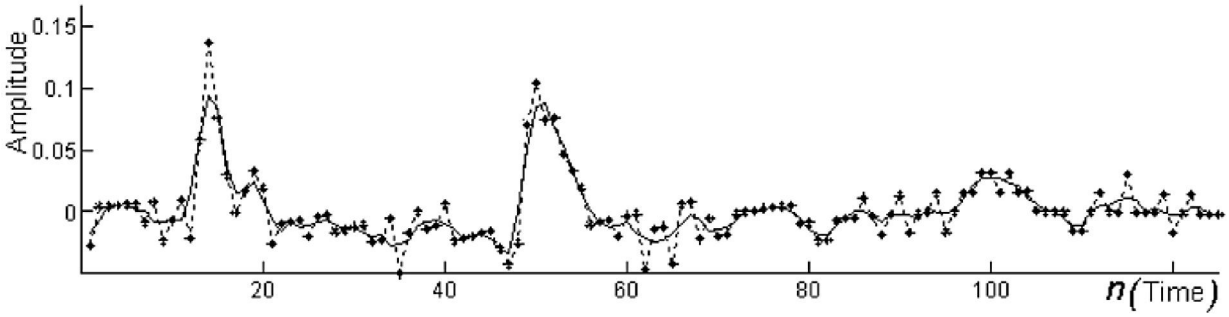
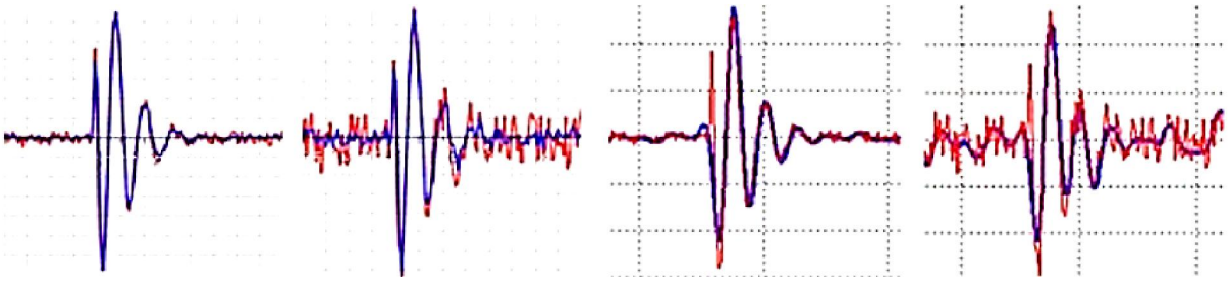


Рисунок 3 – Фрагмент сигналу, представленого на рисунку 2, минулого фільтрацію методом сингулярного розкладання. Пунктирна крива - сигнал на вході фільтра. Суцільна крива - сигнал на виході фільтра



а б

Рисунок 4 – Відновлений по першій головній компоненті сигнал при наявності вхідного шуму з співвідношенням с/ш 30 дБ і 17 дБ: а) при обробці ансамблю сигналів; б) одиночного сигналу методом сингулярного розкладання (чорним кольором - вхідний сигнал, червоним - вихідний)

Як видно з рисунку 3, шумові компоненти сигналу сильно пригнічуються. Для порівняння, на рисунку 4 представлений один і той же

сигнал при співвідношеннях с/ш 30 дБ і 17 дБ: а) назад відновлений на першій головній компоненті при аналізі ансамблю сигналів з 32 реалізацій; б) одиночний, що пройшов фільтрацію методом сингулярного розкладання.

Як виходить з аналізу сигналів, фільтрація одиночного сигналу методом сингулярного розкладання дозволяє ефективно подавити шуми.

Перелік посилань

1. Скрицкий В.Я. Эксплуатация промышленных гидроприводов / В. Я. Скрицкий, В. А. Рокшевский – М.: Машиностроение, 1984. 176 с.

2. Гончаров В.В. Стационарные возмущения в жидкости, содержащей пузырьки газа / В. В. Гончаров, К. А. Наугольных, С. А. Рыбак – ПМТФ, 1976, № 6, с. 90–96.

3. Накоряков В.Е. Волны умеренной интенсивности в жидкости с пузырьками газа / В. Е. Накоряков, И. Р. Шрейбер, В. Г. Гасенко – В кн.: Волновые процессы в двухфазных середах. Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1980, с. 5–19.

4. Greitans M., Aristov V., Laimina T. Application of the Karhunen-Loeve Transformation in Bio-Radiololocation. Breath Simulation // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. № 1. P. 28-36.

5. Marcos Cristiano Agulhari, Ivanil Sebasti˜ao Bonatti. Analysis of the Compression Method “ECG Data Compression Using Truncated Singular Values Decomposition”. URL: http://www.dt.fee.unicamp.br/~ivanil/adaptive_svd_encoder-analise_metodo_wei.pdf