

СПОСОБИ ЗГЛАДЖУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Досліджено два алгоритми для згладжування експериментальних даних кутової швидкості, що є критично важливим для точного визначення динамічних параметрів в дослідженні обертального руху. Проаналізовано ефективність алгоритму ковзного середнього та цифрового фільтра-диференціатора зі скінченною імпульсною характеристикою, обидва з яких пропонують різні переваги залежно від конкретного застосування та контексту вимірювань..

Ключові слова: динамічні вимірювання, обертальний рух, фільтрація експериментальних даних, диференціювання експериментальних даних, цифровий фільтр.

Abstract

Two algorithms for smoothing experimental data of angular velocity, which is critically important for accurate determination of dynamic parameters in the study of rotational motion, were studied. The efficiency of the moving average algorithm and the finite impulse response digital differentiator filter are analyzed, both of which offer different advantages depending on the specific application and measurement context. *gas.*

Keywords: dynamic measurements, rotational movement, filtering of experimental data, differentiation of experimental data, digital filter.

Вступ

Фільтрація експериментальних даних є ключовою процедурою в обробці та аналізі даних, особливо коли йдеться про вимірювання динамічних характеристик, таких як кутова швидкість та кутове прискорення.

Цей процес має ключове значення для видалення шуму та інших артефактів, які однозначно присутні в даних вимірювань і можуть спотворити результати вимірювань, особливо при подальшому диференціюванні даних для визначення швидкості зміни параметрів (наприклад кутового прискорення).

У цьому контексті, вибір оптимального алгоритму згладжування стає критичним етапом, що зумовлює ефективність подальшої обробки та аналізу експериментальних даних..

Результати дослідження

Під час проведення дослідження було проаналізовано два поширених алгоритми згладжування: алгоритм ковзного середнього та цифровий фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою (СІХ).

Алгоритм ковзного середнього розглядає середнє значення набору точок у визначеному вікні, яке «ковзає» по вектору даних. Він ефективно зменшує шум, вирівнюючи короткочасні коливання та виділяючи більш стабільні тренди в даних, але може призводити до зміщення важливих піків або різких перепадів сигналу.

Цифровий фільтр-диференціатор, що має скінченну кількість ненульових коефіцієнтів у своїй імпульсній характеристиці і забезпечує лінійну фазу дозволяє зберігати форму сигналу без спотворень. Він більш складний у реалізації порівняно з алгоритмом ковзного середнього, але забезпечує кращу точність у визначенні динамічних змін сигналу, особливо для високочастотних компонентів.

Цифрові фільтри можуть забезпечити інтегрований підхід до реалізації диференціювання та фільтрації, дозволяючи ефективно виконувати обидві операції одночасно.

Спеціалізовані цифрові диференціатори можуть бути спроектовані так, щоб їхня частотна характеристика повторювала процес математичного диференціювання у визначеному частотному

діапазоні, одночасно забезпечуючи послаблення високочастотного шуму через механізми низькочастотної фільтрації.

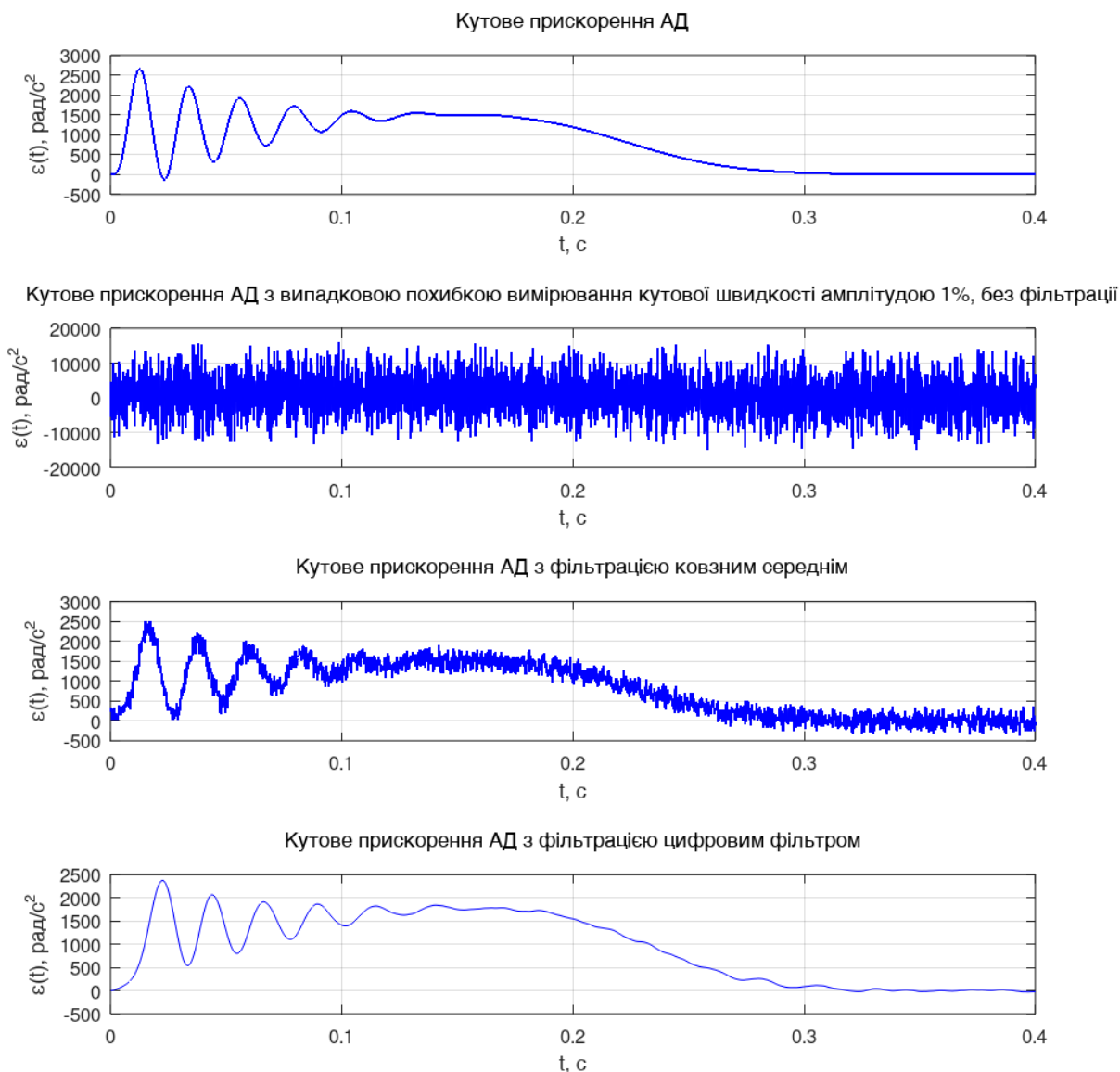


Рис. 1. Порівняння результатів фільтрації зашумлених даних кутової швидкості після отримання значень кутового прискорення

На основі представлених на рис. 1 графіків можемо зробити висновки щодо ефективності обох методів фільтрації кутового прискорення.

Третій графік, на якому відображено фільтрацію за допомогою ковзного середнього показує покращення по відношенню до сирого сигналу, з меншою кількістю шуму, проте деякі корисні характеристики сигналу можуть бути згладжені або зміщені, що робить його менш придатним для задач, де необхідні висока роздільна здатність та збереження структури сигналу.

Четвертий графік, на якому відображено фільтрацію за допомогою цифрового фільтра-диференціатора показує, що сигнал після застосування СІХ фільтрації, досить близький до першопочаткового вимірювання кутового прискорення, представленого на першому графіку. Цей підхід показує значно менші шуми та спотворення порівняно з алгоритмом ковзного середнього. Сигнал зберігає важливі пікові значення та різкі переходи, що є критично важливим для точного визначення динамічних властивостей об'єкта, проте деякі спотворення все ж мають місце. Дані спотворення зумовлені меншою кількістю коефіцієнтів фільтра, ніж потрібно для більш точного

відтворення результатів, проте така їх кількість забезпечує необхідний рівень швидкодії, для інформаційно-вимірювальних систем, які не мають необхідної швидкодії для завдань динамічних вимірювань.

Висновки

Результати досліджень показують, що обидва алгоритми ефективно згладжують експериментальні дані, але цифровий СІХ фільтр-диференціатор виявився більш ефективним у забезпеченні точності та якості отриманих даних вимірювань, оскільки при фільтрації вихідні дані менш «зашумлені», а отриману похибку можна виключити шляхом введення поправки, розрахованої для кожного окремого виду електричної машини, що є важливим аспектом в контексті динамічних вимірювань обертального руху.

Попри гарні результати фільтрації, на початку перехідного процесу кутового прискорення спостерігаються деякі відмінності в швидкості його зміни, що зумовлено недосконалою моделлю цифрового фільтра, а також низькою кількістю коефіцієнтів, по відношенню до аналогічних фільтрів, що використовуються для завдань динамічних вимірювань в різних галузях науки. Відповідно дана методика потребує доопрацювання, у зв'язку зі специфікою завдань динамічних вимірювань параметрів обертального руху електричних машин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левидов В. А., Тихонов О. Н. та Цивирко Г. П., Измерение скоростей (измерительное дифференцирование). москва: Издательство стандартов, 1972, с. 258.
2. В. І. Яковлев, О. В. Коваленко та Я. О. Тараненко, Цифрова обробка сигналів: теорія та практика. Видавничий дім "Академперіодика", 2018.
3. J. Le Bihan, «Maximally linear FIR digital differentiators,» J. Circuits, Syst., Signal Processing, т. 14, № 5, с. 633—637, 1995.
4. J. Le Bihan, «Coefficients of FIR digital differentiators and Hilbert transformers for midband frequencies,» IEEE Trans. on Circuits and Systems II, т. 43, № 3, с. 272—274, 1996.
5. В. Carlsson, «Maximum flat digital differentiator,» Electron. Lett., т. 27, № 8, с. 675—677, 1991.
6. I. W. Selesnick, «Maximally flat lowpass digital differentiators,» IEEE Trans. on Circuits and Systems II, т. 49, № 3, с. 219—223, 2002.

Голодюк Володимир Сергійович — аспірант кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем та комплексів, Вінницький національний технічний університет, e-mail: vgolodyk@gmail.com

Бойко Святослав Миколайович — інженер-програміст вбудованих систем, ТОВ «НЕСС ГРУП», м. Вінниця.

Holodiuk Volodymyr S. — Postgraduate Student of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vgolodyk@gmail.com

Boiko Sviatoslav M. — embedded software engineer, "KNESS GROUP" LLC, Vinnytsia.