

УДК 631.372

ФІЛЬТРАЦІЯ СИГНАЛУ ДАТЧИКУ НАХИЛУ**Куліш В. В. студент, Антощенко Р. В., д.т.н., проф.***Державний біотехнологічний університет**В роботі наведено огляд методів фільтрації сигналу датчику нахилу.*

Фільтр Калмана є «промисловим стандартом» для вирішення багатьох інженерних задач, в тому числі МЕМС-датчиків, який ефективно нівелює шумові характеристики сигналу.

Класичний фільтр Калмана став основою для побудови більшості інерційних вимірювальних систем, модулів і алгоритмів визначення орієнтації.

Існують різні варіанти реалізації фільтрів Калмана: розширений фільтра (ЕКФ, Extended Kalman filter), сигма-точковий фільтр (УКФ, Unscented Kalman filter), множинний фільтр, нелінійний фільтр, «відбілювати» фільтр, гібридний фільтр (Hybrid Kalman filter).

До достоїнств описаного фільтра Калмана відноситься передбачення роботи фільтра, що дає хороші оцінки поведінки об'єкта ЦГЗ в сьогоденні і майбутньому, імовірна модель, яка значно знижує спотворення.

До числа недоліків використання фільтра Калмана і його модифікацій відноситься те, що вони складні в реалізації, вимагають великої обчислювальної потужності. Лінійна регресія повторень є основоположною для фільтрів Калмана, має високі вимоги до частоти дискретизації, часто перевищує пропускну здатність об'єкта. Стан відносини, що описує кінематику обертового тіла в трьох проекціях, часто необхідна велика кількість векторів стану і реалізації розширеного фільтра Калмана для лінеаризації задачі. Для вирішення задач ЦОС МЕМС-датчиків необхідно потужне обчислювальний пристрій, що дозволяє реалізувати фільтр Калмана.

Комплементарний фільтр являє собою спрощену модель фільтра Калмана для одновимірного випадку, в якому ланка інтерполяції представляє перший доданок [8]. Комплементарний фільтр описується наступним виразом:

$$a = (1 - k) \cdot gir + k \cdot acc, \quad (1)$$

де a – відфільтрований результуючий кут нахилу; gir і acc – значення кута нахилу і повороту, отримані за допомогою гіроскопа і акселерометра, відповідно; k – коефіцієнт комплексування комплементарного фільтра.

Схему комплементарного фільтра першого порядку представлено на рис. 1.

Приріст кута визначається кутовою швидкістю, що реєструється гіроскопом на попередній ітерації роботи алгоритму. Комплементарний фільтр має невелику обчислювальною складністю, завдяки якій набув широкого поширення в авіації та різних системах стабілізації.

Відфільтрована величина кута нахилу є комплексним значенням показань інтегрованого кута гіроскопа і миттєвого значення кута нахилу акселерометра в пропорції, яка визначається коефіцієнтом k . На кожній ітерації фільтра

відбувається інтегрування нового комплексним значення кута зі значенням кута, отриманим за минулої ітерації роботи фільтра.

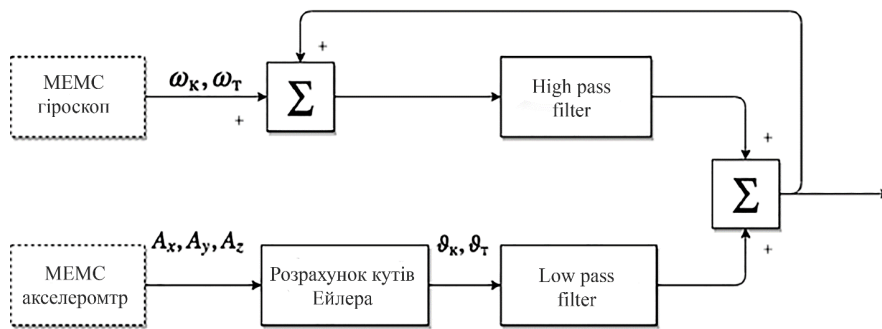


Рис. 1 – Схема комплементарного фільтра першого порядку

До переваг комплементарного фільтра відноситься: простота настройки, невисокі вимоги до обчислювальних ресурсів, простота в реалізації, прийнятна точність визначення кута.

До недоліків композитного фільтра відносяться: функціонування тільки по осях крену і тангажа, оскільки присутня невизначеність при повороті акселерометра по осі ризикування, яка не дозволяє виконати корекцію за вищевказаною осью, обмежені можливості фільтрації.

Список використаних джерел:

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ, 2017. 244 с.
2. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця, 2013. №2(70). С. 6–9.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. *INMATEH –Agricultural Engineering*, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.
4. Antoshchenkov, R., Bogdanovich, S., Halych, I., Cherevatenko, H. Determination of dynamic and traction-energy indicators of all-wheel-drive traction-transport machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023. 1 (7 (121)), 40–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.270988>.
5. Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич – Харків: ХНТУСГ, 2020 р. – 219 с.
6. Антощенко Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенко В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.
7. Антощенко Р. В. До питання дослідження комбінованих сільськогосподарських агрегатів довільних структур. *Національний технічний університет «ХПІ»: зб. наук. праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування*. Х.: НТУ «ХПІ», 2012. № 64 (970). С. 26–30.