

- параметри та характеристики зчитувачів.

Вибір зчитувача виконується за наступними функціональними та витратними показниками:

- робоча частота зчитувача $PЧЗ$;
- радіус зчитування $PЗЗ$;
- живлення $ЖЗ$;
- маса $МЗ$;
- вартість зчитувача $ВЗ$.

Часткові критерії оптимізації мають вигляд аналогічно з (1-10).

Наведена математична модель (1 - 10) вибору технічних засобів радіочастотної ідентифікації відноситься до класу завдань багатокритеріальної оптимізації дискретного програмування з булевими змінними.

Висновки

В результаті проведеного аналізу виявлено, що задача проектування системи радіочастотної ідентифікації рухомих об'єктів MES систем в загальному випадку ускладнюється багатозначністю та суперечливістю різних параметрів та характеристик системи. Для вирішення задачі проектування системи радіочастотної ідентифікації була проведена декомпозиція загальної задачі на часткові, були використані методи багатокритеріальної оцінки та оптимізації.

Побудована математична модель вибору технічних засобів RFID-системи дозволить на відміну від існуючих, підібрати оптимальний комплект технічних засобів

системи радіочастотної ідентифікації за заданими критеріями та обмеженнями, що значно зменшить час на ідентифікацію рухомих об'єктів та підвищить ефективність роботи підприємства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаджинский А. М. Логистика / А. М. Гаджинский. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. – 432 с.

2. Дихунян В. Л. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты // В. Л. Дихунян, В. Ф. Шаньгин. – М.: ООО «Издательство АСТ»: Издательство «НТ Пресс», 2004. – 695 с.

3. Захарченко М. В. Автоматизация проектирования устройств, систем та мереж зв'язку / М. В. Захарченко и др. – К.: Радиоаматор, 1996. – 268с.

4. Плугина Т.В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т.В. Плугина, Д.А. Маркозов - Вестник ХНАДУ. - 2013. - Вып.63. - С. 93 - 97.

5. Писарчук О.О. Технология ситуационного структурно-параметричного синтеза сложной информационно-управляющей системы / О.О.Писарчук. Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ. - Вып. 9, С.56-61.

6. Плугина Т.В. Модели параметричного синтеза элементной базы системы управления программно-техническим комплексом / Т.В. Плугина, А.В. Ефименко, З. Мусаев. НТЖ Технология приборостроения.-2016, №2, с. 10-14.

7. Плугина Т. В. Вибір програмного забезпечення системи радіочастотної ідентифікації / Т. В. Плугина, О. Л. Реут - Вестник ХНАДУ, 2012. - Вып. 56. - С. 129-133.

УДК 53.088.3; 53.088.7

МОДЕЛЬ ФУР'Є-ФІЛЬТРАЦІЇ ВИХІДНИХ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ ЧАСТОТНИХ ДАТЧИКІВ

К.т.н. О.Ю. Олійник, д.т.н. Ю.К. Тараненко, Український хіміко-технологічний університет, м.Дніпро.

У роботі представлена модель Фур'є-фільтрації, реалізована засобами Python. Результати імітаційного моделювання демонструють застосування розробленої моделі фільтрації з перетворенням часової області в частотну, фільтрацією гармонік і зворотного дискретного Фур'є перетворення в часову область. Наведені графічні результати роботи моделі свідчать про компенсації ефектів спотворень сигналу шумом.

В работе представлена модель Фурье-фильтрации, реализована средствами Python. Результаты имитационного моделирования демонстрируют применение разработанной модели фильтрации с преобразованием временной области в частотную, фильтрацией гармоник и обратного дискретного Фурье преобразования во временную область. Приведенные графические результаты работы модели свидетельствуют о компенсации эффектов искажений сигнала шумом.

The article presents the Fourier filtering model, implemented by means of Python. Results of simulation modeling demonstrate the application of the developed filtering model with the transformation of the time domain into the frequency domain, the filtration of harmonics and the inverse discrete Fourier transformation into the time domain. The resulted graphic results of the model work indicate the compensation of the effects of signal distortion by noise.

Ключові слова: цифровий фільтр, Фур'є-перетворення, сигнал, шум, похибка вимірювання.

Вступ

Частотні перетворювачі широко використовуються в прецизійних вимірах (їх похибка становить 0,1-0,5% від вимірюваної величини, або 0,04-0,25% від верхньої межі вимірювання) [1]. При цьому девіація частоти частотних датчиків не перевищує декількох відсотків, а фаза сигналу може змінюватися на протилежну внаслідок впливу шумів. Більшість відомих методів підвищення точності засобу вимірювання засновані на придушенні перешкоди (шуму), заміщення зашумленого сигналу сигналом без перешкод [2], або на методах статистичної обробки результатів вимірювань [3]. Перший підхід реалізується включенням до складу засобу вимірювань. Включаються додаткові вузли або елементи, які забезпечують підвищення точності за рахунок інформації, отриманої з їх допомогою. Другий підхід заснований на імовірнісних методах і методах статистики та зводиться до прогнозування значень дисперсій і похибок для кожного наступного циклу вимірювань.

Застосування програмної цифрової фільтрації дозволяє отримати сигнал без шуму і в той же час не

вимагає введення додаткових елементів в вимірювальний пристрій. Так як в цьому випадку цифрові фільтри являють собою алгоритми обробки сигналів з метою усунення перешкод, спотворення або надлишку інформації, то характеристики і настройки цифрових фільтрів можуть бути легко змінені шляхом зміни коефіцієнтів [4]. Другою перевагою програмних цифрових фільтрів є те, що вони позбавлені проблем, пов'язаних з виробничим відхиленням характеристик або старінням компонентів [5]. Це також виступає переконливим аргументом для застосування цифрової фільтрації для підвищення метрологічних характеристик вимірювальних пристроїв.

Аналіз останніх публікацій і постановка проблеми.

Під фільтрацією мається на увазі виділення корисного сигналу з його суміші з заважаючим сигналом - шумом. Найбільш поширений тип фільтрації - частотна фільтрація [6]. Якщо відома область частот, займаних корисним сигналом, досить виділити цю область і придушити ті області, які зайняті шумом.

Ефективним прийомом підвищення точності частотних перетворювачів є дискретне Фур'є-перетворення з тимчасової області в частотну, фільтрація гармонік і зворотне дискретне Фур'є перетворення в тимчасову область. Сигнал при цьому залишається частотним, що є істотною перевагою методу [7].

Згідно перетворенню Фур'є, нульовий елементарний цифровий фільтр відповідає постійної складової ряду [8]. В роботі [9] показані два способи усунення фазочастотної характеристики. Перший спосіб усунення – внесення фазового зсуву на вході за рахунок подання дійсного відліку вхідного сигналу як вектора на комплексній площині і його повороту на кут зсуву з подальшою обробкою згідно математичної моделі. Другий спосіб усунення – внесення фазового зсуву на виході за рахунок використання комплексного значення відліку вихідного сигналу і його повороту на кут зсуву. При цьому елементарний цифровий фільтр працює згідно математичної моделі [9], але без виділення дійсної і уявної складових.

Велика затребуваність цифрових фільтрів у неспеціалістів в області фільтрації робить актуальним питання програмної реалізації цифрових фільтрів в спрощеній скалярній формі.

Мета роботи. Метою роботи є демонстрація результатів імітаційного моделювання із застосуванням розробленої моделі фільтра Фур'є з перетворенням тимчасової області в частотну, фільтрацією гармонік і зворотного дискретного Фур'є-перетворення в тимчасову область.

Програмна реалізація. Завдяки сучасним засобам САПР, проектування фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КИХ) виконується відносно просто. Проектування фільтрів базується, в першу чергу, на тому, що частотна характеристика фільтра визначається імпульсною характеристикою, а по-друге, на тому, що коефіцієнти фільтра визначаються його квантованою імпульсною характеристикою [2].

На вхід КИХ-фільтра подається одиночний імпульс, і в міру проходження цього імпульсу через елементи

затримки, на виході по черзі формуються коефіцієнти фільтра. Таким чином, процес проектування КИХ-фільтра полягає у визначенні його імпульсної характеристики по бажаній частотній характеристиці з подальшим квантуванням імпульсної характеристики в ході генерації коефіцієнтів фільтра.

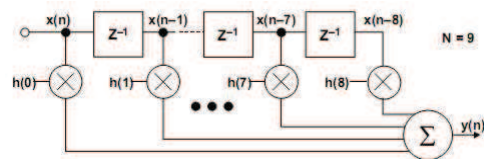


Рис.1. Загальний вигляд фільтра

Функція передачі в частотній області може бути відображена в тимчасову область з використанням швидкого перетворення Фур'є. У тимчасовій області це дає імпульсну характеристику фільтра.

Так як множення в частотній області (спектр сигналу множиться на функцію передачі фільтра) еквівалентно пакунку в тимчасовій області (сигнал згорнутий з імпульсною характеристикою), то сигнал може бути відфільтрований шляхом обчислення його згортки з імпульсною характеристикою фільтра [10]. Ця задача фільтрації з використанням КИХ-фільтра є в точності таким процесом. Так як ми маємо справу з дискретною системою, сигнал і імпульсна характеристика квантуються за часом і амплітудою, даючи в результаті набір дискретних відліків. Дискретні відліки, що включають бажану імпульсну характеристику, є коефіцієнтами фільтра Фур'є.

Програмна реалізація та графіки ілюструють техніку фільтрації із застосуванням швидкого перетворення Фур'є прямого функцією $fs = np.fft.rfft(v)$ і зворотного $h = np.fft.irfft(g)$ перетворення.

Лістинг створеної моделі реалізації фільтрації Фур'є засобами програмування Python має вигляд:

```
#!/usr/bin/python
#-*- coding: utf-8 -*
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from numpy.fft import rfft, irfft
from numpy.random import uniform
k=np.arange(0,128,1)
T=np.pi;z=T/128; m=[t*z for t in k]#завдання для
дискретизації функції на 128 відліків
def f(t):#аналізуєма функція
    if t<np.pi:
        p=np.cos(t)
    else:
        p=-np.cos(t)
    return p
def FH(x):# ступінчата функція Хевісайда
    if x>=0:
        q=1
    else:
        q=0
    return q
v=[f(t) for t in m]#дискретизація вихідної функції
vs=[f(t)+np.random.uniform(0,0.5) for t in m]#
добавлення шуму
plt.figure()
```

```
plt.title("Фільтрація аналогових сигналів \n Вікно
вихідної та зашумленої функції")
plt.plot(k,v, label='Вікно вихідної функції шириною
p1')
plt.plot(k,vs,label='Вікно вихідної функції шириною
p1')
plt.xlabel("Відліки -k")
plt.ylabel("Амплітуда A")
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
al=2# ступінь фільтрації вищих гармоник
fs=np. fft.rfft(v)# перехід з часової області в
частотну за допомогою БПФ
g=[fs[j]*FH(abs(fs[j])-2) for j in np.arange(0,65,1)]#
фільтрація вищих гармонік
h=np. fft.irfft(g) # повернення у часову область
plt.figure()
plt.title("Фільтрація аналогових сигналів \n
Результат фільтрації")
plt.plot(k,v,label='Вікно вихідної функції шириною
p1')
plt.plot(k,h, label='Вікно вихідної функції шириною
p1')
plt.xlabel("Відліки -k")
plt.ylabel("Амплітуда A")
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()
```

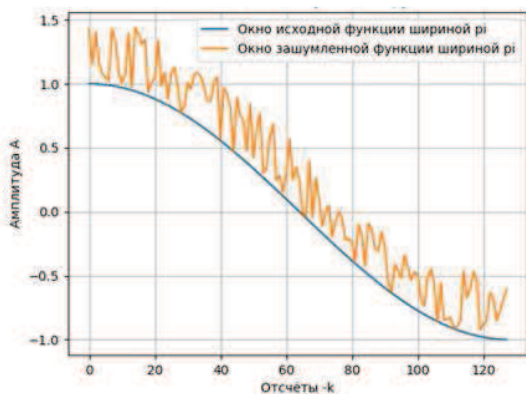


Рис.2. Результати фільтрації аналогових сигналів з використанням швидкого перетворення Фур'є прямого перетворення

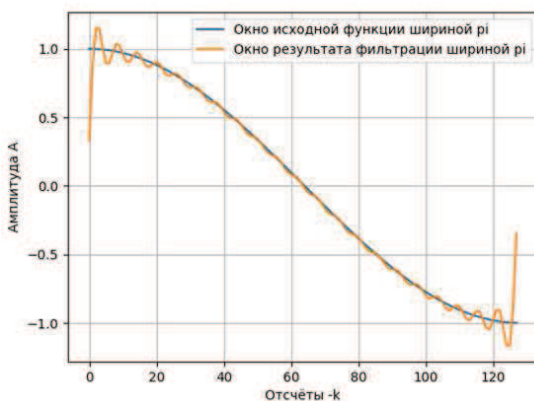


Рис.3. Результати фільтрації аналогових сигналів з використанням швидкого перетворення Фур'є зворотного перетворення.

Алгоритм фільтрації синтезує вихідний сигнал, представлений 128 отсчетами вектора v . Потім до цього сигналу приєднується шум за допомогою генератора випадкових чисел (використана функція `np.random.uniform(0,0.5)`) і формується вектор з 128 відліків на перешкоди сигналу. На рис.2-3 наведені графічні результати роботи моделі фільтра Фур'є.

Висновки

Перевагою Фур'є-фільтрації є можливість: в реальному масштабі часу аналізувати спектр сигналу, на базі цього аналізу гнучко підбирати параметри фільтра і спостерігати результат фільтрації з наступною корекцією параметрів фільтра, якщо в цьому є необхідність. Фур'є фільтрація найбільш ефективна якщо корисний сигнал і сигнал перешкоди знаходяться в різних областях спектру. Описана модель для обробки сигналу з шумом створює плідну базу для подальших досліджень в області обробки сильно зашумлених результатів вимірювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Эткин Л.Г. Виброчастотные датчики. Теория и практика. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 408 с
2. Основы теории точности измерительных приборов. [Текст] / С.В. Слепова // Челябинск. ЮУрГУ, 2008 г., 192 с.
3. Тараненко, Ю.К. Применение байесовских методов при обработке сильно зашумленных результатов измерений [Текст] / Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олейник // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2017. — Т.№1. — С. 205-210.
4. Rezaee, A. Using genetic algorithms for designing of FIR digital filters [Text] / A. Rezaee // Journal on Soft Computing. — 2010—Vol.№1. — С. 118-22.
5. Волт Кестер. Аналого-цифровое преобразование / М: Техносфера, 2007. — 1016 с.
6. Moret, N. Design of Orthogonal Filtered Multitone Modulation Systems and Comparison among Efficient Realizations [Text] / N. Moret, A. Tonello // Journal on Advances in Signal Processing. — 2010. — Vol.1—18 pages, doi:10.1155/2010/141865
7. Matjaz Segula, M. An EMI Filter Selection Method Based on Spectrum of Digital Periodic Signal [Text] / M. Segula, V. Matko, M. Podbersic // Sensors. — 2006. — Vol.№6(3). — P.90-99. doi:10.3390/s6030090
8. Шакурский, М.В. Математическая модель цифровых фильтров, реализуемых методом частотной выборки [Текст] / В.К. Шакурский, М.В. Шакурский // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — Т.№2(16). — С. 94-96.
9. Alexandru, N. D. Comparison of Double Convex and Double Concave Improved Nyquist Filters [Text] / N. D. Alexandru, M. L. Alexandru // Advances in Electrical and Computer Engineering. — 2010. — Vol. №10(1). — P.63-66
10. Abdullaev, A. Overview of the Some Methods of the Design of Finite Impulse Response Filters: their advantages and disadvantages Carpathian [Text] / A. Abdullaev // Journal of Electronic and Computer Engineering. — 2016. — Vol. №9(2). — P.32-35.