

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 3

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 3

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE

Київ 2019 Київ

Журнал друкує статті науковців вузів та установ України, інших країн відповідно до рубрик:

Авіаційна і космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Охорона навколишнього середовища (інженерна екологія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво та будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній діяльності
Енергетика
Освіта та виховання

Journal submits articles of researchers of universities and institutions of Ukraine and other countries in accordance with headings:

Aviation and Space Engineering
Military-technical problems
Geology, Mining and Processing of Minerals
Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information systems , computers and electronic equipment , communication systems and instrumentation
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, law and management in engineering
Energetics
Education and training

Матеріали друкуються українською, російською або англійською мовами.

Materials are submitted in Ukrainian, Russian or English languages.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради Центральноукраїнського національного технічного університету

The issue is approved at the meeting of Academic Council of Central Ukrainian National Technical University

Протокол № 9 від 30.09.2019р
Вісник Інженерної академії України включений у новий Перелік наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук в галузі технічних наук (Наказ МОН України від 13.07.2015р. №747)

Protocol No.9 dated 30.09.2019.
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included into the new List of Scientific special editions of Ukraine, in which results of dissertation works may be published for to be conferred with academic degrees of doctor and candidate of sciences in the field of engineering sciences (Decree of Ministry Education and Science of the Ukraine No.747 dated 13.07.2015)

Співзасновники:
Центральноукраїнський національний технічний університет
Інженерна академія України
Одеська державна академія технічного регулювання та якості

Cofounders:
Центральноукраїнський національний технічний університет
Engineering Academy of Ukraine
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality

УДК 621.317.28

А.В. Рудик, д.т.н.,
В.А. Рудик,
М.І. Матей

АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЧАСТОТИ

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),
a.v.rudyk@nuwm.edu.ua

В статті проаналізовано вплив тривалості часового вікна лічильника (інтервалу усереднення) на часову зміну частоти. Розглянуто вплив збільшення „мертвого часу” на характер зміни передавальної функції та за допомогою функції зміщення розглянута можливість оцінки величини дисперсії при відсутності „мертвого часу” за вимірюваннями з ненульовим „мертвим часом”. Проведено чисельне інтегрування функції зміщення розширеної дисперсії для різних видів модуляції сигналу шумами (при модуляції фази флікер-шумом та білим шумом, при модуляції частоти флікер-шумом, а також випадковою варіацією частоти).

Ключові слова: частота, часова стабільність, дисперсія Алана, функція зміщення, модуляція сигналу, флікер-шум, білий шум, випадкова варіація частоти.

Вступ

Використання цифрових лічильників частоти та керованих обчислювачів для точного вимірювання стабільності частоти – один з небагатьох методів, за допомогою якого можна провести складні вимірювання дисперсії Алана для нульового „мертвого часу” між відліками. Однак такий метод може використовуватися і при ненульовому „мертвому часі”, якщо відомий вплив останнього на результати вимірювань. В особливих випадках дисперсії Алана відміна між нульовим та ненульовим „мертвим часом” достатньо точно визначається кількісно за допомогою функції зміщення B_2 .

При використанні в розглянутому випадку цифрової керованої системи з’являються такі переваги [1]:

– на точність вимірювання частоти практично не впливає зміна амплітуди сигналу, якщо він має прямокутну форму з крутими фронтами;

– завдяки тому, що вимірювання проводяться шляхом реєстрації переходу через нульовий рівень коливань генератора з високою стабільністю, похибка вимірювання в основному визначається нестабільністю генератора, оскільки роздільна здатність лічильника за частотою достатньо висока, а паразитне тремтіння частоти, обумовлене логічними схемами, порівняно мале.

Постановка задачі

В статті необхідно:

1) проаналізувати вплив тривалості часового вікна лічильника (інтервалу усереднення) на часову зміну частоти;

2) розглянути вплив збільшення „мертвого часу” на характер зміни передавальної функції;

3) провести чисельне інтегрування функції зміщення розширеної дисперсії для різних видів модуляції сигналу шумами.

Викладення основного матеріалу

Лічильно-імпульсна вимірювальна система для проведення вимірювань складається з декадного лічильника частоти, обчислювача, універсальної інтерфейсної шини та накопичувача даних вимірювань. Основним обмеженням даної системи є роздільна здатність лічильника. Її можна збільшити шляхом перетворення з пониженням частоти. Друге обмеження полягає в наявності „мертвого часу” T_M між відліками, тому що потрібний час на заповнення лічильника та на зчитування його вмісту. Крім цього, також необхідний час на передавання даних до пам’яті обчислювача.

На рис. 1 наведено вплив тривалості часового вікна лічильника $h(t)$ на часову зміну частоти $f(t)$. Протягом інтервалу усереднення τ лічильник виконує таку операцію [2]:

$$\bar{f}(t) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\frac{\tau}{2}}^{t+\frac{\tau}{2}} f(t') dt'. \quad (1)$$

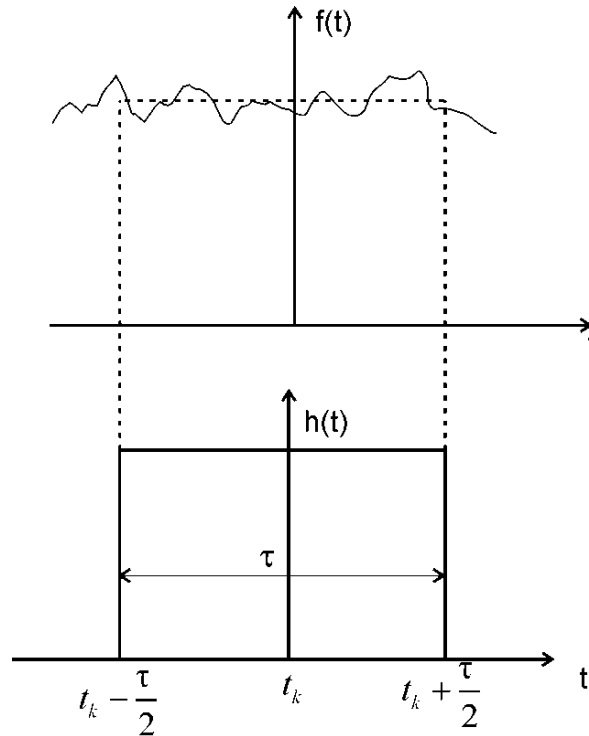


Рис. 1. Ілюстрація до впливу тривалості часового вікна лічильника на часову зміну частоти

Якщо реалізувати згортку часового вікна $h(t)$ з часовою послідовністю $f(t)$, отримуємо:

$$z(t) \equiv f(t) \otimes h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t') h(t-t') dt' = \frac{1}{\tau} \int_{t_k - \frac{\tau}{2}}^{t_k + \frac{\tau}{2}} f(t') dt'. \quad (2)$$

Отримане співвідношення повністю ідентичне співвідношенню (1) і відображає принцип взаємодії між засобом вимірювання та аналізованою фізичною змінною. Якщо лічильник має прямокутне часове вікно, то процес усереднення ним частоти може розглядатися як згортка сигналу $f(t)$ з часовим вікном лічильника. Таке представлення поширюється також і на цифрові алгоритми, в яких використовуються лінійні комбінації відліків частоти \bar{f}_{t_k} . Найбільш простою в цьому випадку є дисперсія Алана $\sigma_y^2(2, T, \tau)$, яка визначає частинні зміни частоти та за визначенням визначається співвідношенням

$$\sigma_y^2(2, T, \tau) = \langle z^2(t) \rangle = \int_0^{\infty} S_z(\nu) d\nu = \frac{1}{2f_0^2} \int_0^{\infty} S_f(\nu) |H_A(\nu)|^2 d\nu, \quad (4)$$

де $\nu = \frac{\Delta f}{f_0}$ – флуктуація частоти відносно

середнього значення f_0 ; $S_f(\nu)$ – спектральна густина потужності флуктуації частоти; $H_A(\nu)$ – перетворення Фур'є часового вікна

$$\sigma_y^2(2, T, \tau) = \frac{1}{2f_0^2} \left\langle \left(\bar{f}_{t_k} - \bar{f}_{t_{k+1}} \right)^2 \right\rangle. \quad (3)$$

В останньому співвідношенні дужки $\langle \rangle$ означають статистичне усереднення, яке практично реалізується при тривалому усередненні послідовних пар відліків.

Співвідношення (3) містить різниці між двома усередненнями (згортки) та може бути представлено згорткою $z(t)$ між функцією $f(t)$ та вікном лічильника $h_A(t)$. В значеннях спектральної густини потужності $S_z(f)$ функції $z(t)$ можна записати $\langle z^2(t) \rangle$, тому [3]:

$h_A(t)$, тобто передавальна функція лічильника; $T = \tau + T_M$.

Співвідношення (4) показує, що міра нестабільності частоти $\sigma_y^2(2, T, \tau)$ є результатом нормування спектру $S_f(\nu)$ відносно

$|H_A(i\nu)|^2$. Тому значення $|H_A(i\nu)|$ є важливим для визначення впливу спектру $S_f(\nu)$ на дисперсію. Перетворення Фур'є для пари вибірок

$$H_A(i\nu) = i \frac{2 \sin \pi \nu \tau \cdot \sin \pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau}\right)}{\pi \nu \tau} \quad (5)$$

можна безпосередньо використовувати в співвідношенні (4). Такий результат отримано за допомогою кореляційного методу.

Розглянемо вплив збільшення „мертвого часу” $\frac{T_M}{\tau}$ на характер зміни передавальної функції.

Так, головна пелюстка буде широкою, а максимальна амплітуда буде спостерігатися при $T_M = 0$. Ширина головної пелюстки буде зменшуватися при збільшенні відношення $\frac{T_M}{\tau}$.

Цей висновок може використовуватися для зменшення розтікання енергії за спектром. Центроїд функції $|H_A(i\nu)|$ при $T_M = 0$ знаходиться приблизно в точці $\frac{0.37}{\tau}$.

Вплив „мертвого часу” мінімальний при $T_M \sim 0.5$. Однак якщо T_M істотно збільшується, то вклад вторинних бічних пелюсток стає більш поміт-

$$B_2(r, -2) = \frac{4(1-r^2)[2x_h - \sin 2x_h - \sin 2x_h r] + 2[(1+r)\sin 2(1-r)x_h + (1-r)\sin 2(1+r)x_h]}{(1-r^2)[12x_h - 8\sin 2x_h + \sin 4x_h]} \quad (7)$$

де $x_h = \pi \tau f_h$; f_h – верхня частота зрізу, що вводиться при модуляції фази білим та флікер-шумами для забезпечення сходження інтегралів у співвідношенні (6). Практично це показник смуги пропускання приладу (в даному випадку лічильника), який залежить від його роздільної здатності. Для виключення неоднозначності результатів вимірювання через накладання високочастотних складових спектру на низькочастотну область в систему бажано ввести фільтр нижніх частот (ФНЧ) або смуговий фільтр (СФ).

В багатьох практичних випадках $2\pi\tau f_h \gg 1$, тобто $B_2(r, -2) = \frac{2}{3}$.

Для подальшого дослідження введемо припущення, що інтервал усереднення декадного

ним, а їх вплив на вимірювання сильно залежить від швидкості зміни спектральної густини $S_\nu(f)$, тобто від нахилу спектру. Спектр біттів з достатньою точністю описується кусковою залежністю $S_\nu(f) = h_a f^a$, де h_a – стала, що характеризує вплив шумів, а a – нахил спектру флуктуації частоти в подвійному логарифмічному масштабі. Тому при $a \geq 0$ вклад бічних пелюсток більш істотний, ніж при швидкому спаді спектру (при $a < 0$).

Для того, щоб мати можливість оцінити величину дисперсії при відсутності „мертвого часу” за вимірюваннями з ненульовим „мертвим часом”, вводиться функція зміщення B_2 :

$$B_2(r, \mu) = \frac{\sigma_y^2(2, T, \tau) \int_0^\infty S_f(\nu) \cdot \frac{\sin^2 \pi \nu \tau}{(\pi \nu \tau)^2} \cdot \sin^2 \pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau}\right) d\nu}{\sigma_y^2(2, \tau, \tau) \int_0^\infty S_f(\nu) \cdot \frac{\sin^4 \pi \nu \tau}{(\pi \nu \tau)^2} d\nu} \quad (6)$$

В останньому співвідношенні змінна r є нормованою залежністю $\frac{T_M + \tau}{\tau}$, а змінна μ відноситься безпосередньо до нахилу спектру флуктуації частоти.

При модуляції фази білим шумом ($a = 2$, $\mu = -2$) отримуємо:

лічильника частоти в ціле число разів більше попередньо вибраного часу стробування лічильників. Це досягається при усередненні N послідовних відліків частоти тривалістю τ , а нове усереднене значення частоти $\bar{f}_N(t)$ отримують за час $N\tau$. Такий підхід відрізняється від модифікованої дисперсії Алана, де відсутнє перекриття послідовних усереднень тривалістю $N\tau$.

Даний метод може бути корисним з двох точок зору. По-перше, визначення стабільності частоти, виміряної в значеннях дисперсії або спектральної густини потужності, можна забезпечити в широкому діапазоні часу усереднення τ (або частот Фур'є $\approx \frac{1}{2\tau}$) при зміні

змінної N . По-друге, такий метод можна використувати для утворення нової послідовності $N \tau$. В даному випадку можна отримати інформацію про короткочасну стабільність складових Фур'є.

Загальне співвідношення для такої розширеної дисперсії

$$\sigma_y^2(2, NT, N\tau) = \frac{1}{2N^2 f_0^2} \langle (\bar{f}_{N_k} - \bar{f}_{N_{k+1}})^2 \rangle, \quad (8)$$

де \bar{f}_N є додаванням N послідовних відліків частоти \bar{f} .

На рис. 2 наведений загальний випадок при наявності „мертвого часу” між окремими відліками частоти. Ширину часового вікна вимірювання $h_N(t)$ подано у вигляді $\frac{1}{N\tau}$, тому такий

аналіз можна порівняти зі звичайною дисперсією Алана, яка встановлює зв'язок між представленням в частотній та часовій областях (теорема Парсевалю). Перетворення Фур'є цього часового вікна дозволяє знайти передавальну функцію

$$H_N(i\nu) = i \frac{2 \sin \pi \nu \tau}{N \pi \nu \tau} \sum_{n=1}^N \sin(2n-1) \pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau} \right), \quad (9)$$

звідки розширена дисперсія в значеннях спектральної густини [4]

$$\sigma_y^2(2, NT, N\tau) = \frac{2}{N^2 f_0^2} \int_0^\infty S_f(\nu) \frac{\sin^2 \pi \nu \tau}{(\pi \nu \tau)^2} \left[\sum_{n=1}^N \sin(2n-1) \pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau} \right) \right]^2 d\nu, \quad (10)$$

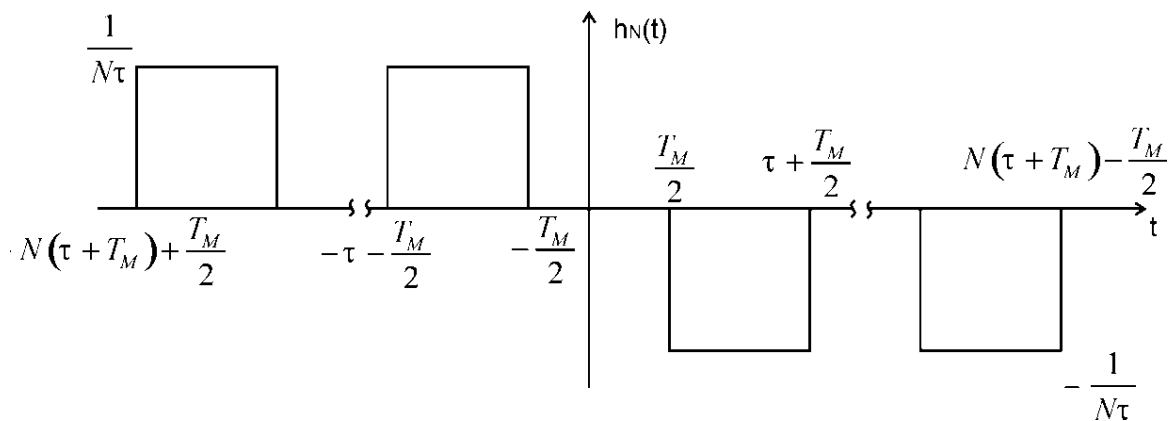


Рис. 2. Вплив наявності „мертвого часу” на окремі відліки частоти

Розглянемо характер залежності передавальної функції $|H_N(i\nu)|$ від величини „мертвого часу” T_M та кількості вибірок N . При $N = 2$ вклад бічних пелюсток збільшується при збільшенні T_M . Тут цей вклад буде більш помітним, ніж для звичайної дисперсії Алана з інтервалом усереднення $N \tau$. Основна пелюстка спектру для випадку розширеної дисперсії звужується при збільшенні T_M . Величина пелюсток монотонно зменшується при збільшенні часу усереднення (за виключенням випадку подвійних бічних пелюсток, що з'являються при інтервалах циклу $\frac{1}{\tau + T_M}$).

Для даного N кількість пелюсток постійна, а подвійні пелюстки відсуваються за частотою при збільшенні N . Для даного N при збільшенні T_M подвійні пелюстки, навпаки, наближаються до головної, а їх вага може бути значною, хоча ширина залишається малою. Подвійні бічні пелюстки з'являються, якщо величина T_M непропорційна часу усереднення. Така ситуація зустрічається в простих вимірювальних системах, коли швидкість передачі даних між лічильником та обчислювачем на один чи два порядки більше величини самого короткого часу усереднення [5].

Аналогічно співвідношенню (6) функція зміщення розширеної дисперсії (при $T_M \neq 0$)

$$B_N(r, \mu) = \frac{\sigma_y^2(2, NT, N\tau)}{\sigma_y^2(2, T, \tau)}; \quad (11)$$

$$B_N(r, \mu) = \frac{1}{N^2} \frac{\int_0^\infty S_f(\nu) \frac{\sin^2 \pi \nu \tau}{(\pi \nu \tau)^2} \left[\sum_{n=1}^N \sin(2n-1)\pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau} \right) \right]^2 d\nu}{\int_0^\infty S_f(\nu) \frac{\sin^2 \pi \nu \tau}{(\pi \nu \tau)^2} \cdot \sin^2 \pi \nu \tau \left(1 + \frac{T_M}{\tau} \right) d\nu}. \quad (12)$$

Чисельним інтегруванням останнього виразу проведено розрахунки для різних видів модуляції сигналу шумами (для $r = 2$ та $2\pi\tau f_h = 40$). При модуляції фази флікер-шумом ($a = 1$) при $N = 10$ збільшується значення розширеної дисперсії приблизно у 5 разів. При модуляції білим шумом розширення дисперсії не створює зміщення, тому що послідовні відліки частоти некорельовані. При модуляції частоти флікер-шумом ($a = -1$) та випадковою варіацією частоти ($a = -2$) збільшення кількості відліків N усереднюється, при цьому зміщення дисперсії зменшується.

Таким чином, визначення центру головної пелюстки спектру $H(i\nu)$ та його ширини (разом з номером), а також величини та положення вторинних пелюсток в межах даного діапазону Фур'є, важливе для недопущення досить значного проходження складових спектру $S_f(\nu)$ з області високих частот до головної пелюстки.

Висновки

1. Проаналізовано вплив тривалості часового вікна лічильника (інтервалу усереднення) на часову зміну частоти.

2. Розглянуто вплив збільшення „мертвого часу” на характер зміни передавальної функції та за допомогою функції зміщення розглянуто можливість оцінки величини дисперсії при від-

сутності „мертвого часу” за вимірюваннями з ненульовим „мертвим часом”.

3. Проведено чисельне інтегрування функції зміщення розширеної дисперсії для різних видів модуляції сигналу шумами (при модуляції фази флікер-шумом та білим шумом, при модуляції частоти флікер-шумом, а також випадковою варіацією частоти).

Список літературних джерел

1. Колтик, Е. Д. Измерительные двухфазные генераторы переменного тока. – М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совмине СССР, 1968. – 200 с.
2. Буйнявичус, В.-А. В., Карпицкайте, В.-З. Ф., Пятрикіс, С.-Р. С. Статистические методы в радиоизмерениях. – М.: Радио и связь, 1985. – 240 с.
3. Маевский, С. М., Батуревич, Е. К., Павлов, Е. Г. Корреляционные методы измерения фазовых сдвигов. – К.: Знание, 1983. – 17 с.
4. Рудик, А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота: дис. на здоб. наук. ступ. д.т.н. / А. В. Рудик. – Київ : НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2018. – 460 с.
5. Рудик, А. В. Вплив високочастотної фільтрації на фазові флуктуації / А. В. Рудик // Найновітє постиження на європейската наука. Матеріали 7-ої міжнародної НПК. – Софія : Бял ГРАД-БГ ООД, 2011. – Т. 42. – С. 39-41.

традиційними (регресійними або поліноміальними) методами. Результати показали перевагу застосування алгоритмів на основі штучних нейронних мереж.

Ключові слова: штучна нейронна мережа; гіроскопи; акселерометри; температурне калібрування; MEMS датчики.

УДК-621.317

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АНАЛОГОВОГО ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ ДАТЧИКІВ ВИХРОВОГО СТРУМУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ. // Д.Орнатський О.Кривокульська // Вісник Інженерної академії України. - 2019. - № -3 С.

Представлена схема, де використовується електронна модель реальної індуктивності з регульованими параметрами, яка дозволить компенсувати параметри датчика вихрового струму на бездомній зоні.

Ключові слова: перетворювач, індуктивність катушок, структурна схема дефектоскопа індуктивності, перетворювач схеми.

УДК 621.396.988.6

В статье рассмотрены усовершенствования температурного калибровки микромеханических гироскопов с использованием аппарата искусственных нейронных сетей. Приведен достаточно полный информационно-аналитический обзор по данной тематике. Для компенсации температурных дрейфов микромеханических гироскопов предлагается использовать алгоритмы искусственных нейронных сетей прямого распространения сигнала двух типов: обратного распространения ошибки и радиальных базисных функций. Проведен сравнительный анализ температурной калибровки с использованием аппарата искусственных нейронных сетей и традиционных (регрессионный или полиномиальный) методов. Результаты показали преимущество применения алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть; гироскопы; акселерометров; инерциальная навигационная система; температурная калибровка; MEMS.

УДК УДК 531.7:62-2:629.7 (043.3)

КЕПСТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ СТАНУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ // А. Л. Передерко, М. О. Катаєва, // Вісник Інженерної академії України. - 2019. - № - 3 С.

Анотація. Проведено дослідження сучасних методів вібраційної діагностики машин та обладнання. Запропоновано для аналізу сигналів використовувати амплітудну і фазову демодуляції на основі перетворення Гільберта з подальшим спектральним аналізом амплітуд, що дозволяє визначити миттєву амплітуду і фазу сигналу.

Ключові слова: кепстральний аналіз, вібраційний сигнал, амплітудна і фазова демодуляції, перетворення Гільберта

УДК 621.317.28

Аналіз часової стабільності частоти / А.В. Рудик, В.А. Рудик, М.І. Матей // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – №3. – С.

В статті проаналізовано вплив тривалості часового вікна лічильника (інтервалу усереднення) на часову зміну частоти. Розглянуто вплив збільшення „мертвого часу” на характер зміни передавальної функції та за допомогою функції зміщення розглянута можливість оцінки величини дисперсії при відсутності „мертвого часу” за вимірюваннями з ненульовим „мертвим часом”. Проведено чисельне інтегрування функції зміщення розширеної дисперсії для різних видів модуляції сигналу шумами (при модуляції фази фліккер-шумом та білим шумом, при модуляції частоти фліккер-шумом, а також випадковою варіацією частоти).

Ключові слова: частота, часова стабільність, дисперсія Алана, функція зміщення, модуляція сигналу, фліккер-шум, білий шум, випадкова варіація частоти.

Анализ временной стабильности частоты / А.В. Рудык, В.А. Рудык, М.И. Матей // Вестник Инженерной академии Украины. – 2019. – №3. – С.

В статье проанализировано влияние продолжительности временного окна счетчика (интервала усреднения) на временное изменение частоты. Рассмотрено влияние увеличения "мертвого времени" на характер изменения передаточной функции и с помощью функции смещения рассмотрена возможность оценки величины дисперсии при отсутствии "мертвого времени" по измерениям с ненулевым "мертвым временем". Проведено численное интегрирование функции смещения расширенной дисперсии для различных видов модуляции сигнала шумами (при модуляции фазы фликкер-шумом и белым шумом, при модуляции частоты фликкер-шумом, а также случайной вариацией частоты).

Ключевые слова: частота, временная стабильность, дисперсия Алана, функция смещения, модуляция сигнала, фликкер-шум, белый шум, случайная вариация частоты.

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ



ВІСНИК

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 3 2019

Підп. до друку 02.10.2019р. Формат 60×84/8. Папір офсет. № 1.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсет. Ум. друк. арк. 33,1
Обл.-вид. арк. 35,6. Наклад 300 прим.

Віддруковано: СПД «Андрієвська Л.В.»
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво серія ВОЗ № 919546 від 19.09.2004 р