

КОНТРОЛЬ І ДІАГНОСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.317:621.391

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛІЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ЗА ЇХ НЕРЕГУЛЯРНОЇ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ

¹⁾Долиненко В. В., ¹⁾Шаповалов Е. В., ¹⁾Скуба Т. Г., ²⁾Куц Ю. В.,
²⁾Левченко О. А., ²⁾Редька М. О.

¹⁾Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, Україна,
²⁾Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна
E-mail: mike.redka10@gmail.com

Розглянуто вплив нерегулярності дискретизації інформаційних циклічних сигналів у комп'ютеризованих системах вимірювального контролю на прикладі роботизованої системи вихрострумowego неруйнівного контролю.

Встановлено, що у випадку формування тактових сигналів АЦП безпосередньо у процесорному блоці має місце нерегулярна дискретизація інформаційних сигналів. Варіація періоду дискретизації виникає через оброблення переривань у комп'ютеризованій системі та асинхронність тактової частоти внутрішньої системної шини та частоти дискретизації сигналу. Нерегулярна дискретизація циклічних інформаційних сигналів спричиняє появу додаткової похибки вимірювання їх характеристик. У контрольно-вимірювальних системах ця похибка може привести до зменшення вірогідності контролю.

В статті проаналізовані реальні сигнали роботизованої системи вихрострумowego неруйнівного контролю, отримано розподіл інтервалів дискретизації сигналів для комп'ютеризованого вихрострумowego дефектоскопу, виконано оцінювання середньоквадратичного значення похибки визначення амплітудної та фазової характеристик тестового сигналу гармонічної форми заданого на нерегулярній часовій ґратці, отримано графіки залежностей середньоквадратичної похибки визначення амплітудної і фазової характеристик сигналів з гармонічним сигналом-носієм за їх нерегулярної дискретизації.

Експериментально підтверджено, що в комп'ютеризованій системі вихрострумowego контролю невисокої точності, з метою мінімізації апаратних витрат, допустимо використовувати нерегулярну дискретизацію інформаційних сигналів, яка має місце за формування тактових сигналів у процесорному блоці системи. В прецизійних системах з підвищеним рівнем вірогідності контролю слід надавати перевагу варіанту побудови системи з окремим блоком збирання даних з регулярною дискретизацією сигналів, який забезпечує накопичення певного масиву даних в автономному режимі та його передавання у комп'ютерну систему для опрацювання і візуалізації результатів контролю.

Ключові слова: нерегулярна дискретизація; амплітудна характеристика; фазова характеристика; комп'ютеризована система; вихрострумовой контроль.

Вступ

Дискретизація неперервних у часі інформаційних сигналів є обов'язковою процедурою для засобів цифрової вимірювальної техніки, зокрема інформаційно-вимірювальних, контрольно-вимірювальних та діагностично-вимірювальних систем [1 - 3]. Зазвичай в таких системах реалізується регулярна, тобто періодична у часі дискретизація сигналів, яка приводить до простіших алгоритмів їх опрацювання. Така дискретизація передбачає отримання відліків сигналу на рівномірній часовій ґратці

$$S_p = \{t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_N\} \quad (1)$$

протягом всього інтервалу $[0, T_a]$ часу аналізу. Множина елементів (1) є упорядкованою – для них виконується нерівність $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_j < \dots < t_N \leq T_a$. Елементи ґратки S утворюють арифметичну прогресію $t_j = t_1 + (j-1)T_d, j \in [1, N], T_d$ – крок ґратки (період дискретизації).

Прагнення мінімізації апаратних витрат в комп'ютеризованих системах приводить до іншого режиму отримання експериментальних даних – аперіодичного. До прикладу, в такому режимі може працювати роботизована система вихрострумowego неруйнівного контролю [4].

Загалом аперіодична (нерегулярна) дискретизація даних може бути викликана як природними чинниками, так і вноситься у процес збирання і опрацювання даних штучно. Така дискретизація може виникати в системах вимірювання і передавання інформації з різних причин: внаслідок вилучення відліків з аномальними похибками, під час реалізації вимірювань за методом розгортуючого зрівноваження, у разі втрати частини відліків внаслідок короточасного порушення нормального функціонування складових системи (до прикладу, за рахунок перевантаження аналого-цифрового перетворювача), внаслідок зміни часу затримки каналу передачі даних (у супутникових системах зв'язку) тощо. Теоретичні та практичні питання нерівномірної в часі дискретизації неперервних повідомлень, відновлення неперервних випадкових процесів після їх нерегулярної дискретизації розглянуто в роботі [5]. Для розв'язання значного кола практичних питань вимірювань, контролю та діагностики важливим є не стільки відновлення сигналу з його нерегулярно дискретного образу, скільки визначення його інформативних характеристик. Питання впливу нерегулярної дискретизації на похибки визначення характеристик інформаційних сигналів в комп'ютеризованих вимірювальних системах детально не розглядалися.

Метою статті є дослідження впливу нерегулярної дискретизації на похибку визначення амплітудних і фазових характеристик сигналів з гармонічним сигналом-носієм на прикладі роботизованої системи вихрострумowego неруйнівного контролю (ВСНК).

Постановка задачі

В роботизованій системі ВСНК спостерігається вимірювальний сигнал виду

$$u(t, \bar{p}_g) = U(t, \bar{p}_g) \cdot \cos(2\pi f_0 t - \varphi(t, \bar{p}_g)) + n(t),$$

$$t \in [0, T_a], \quad \varphi(t, \bar{p}_g) \in [0, 2\pi), \quad (2)$$

де $U(t, \bar{p}_g) \left(2\pi f_0 t - \varphi(t, \bar{p}_g) \right)$ – відповідно амплітуда і фазова характеристики сигналу, t , f_0 – відповідно поточний час і частота сигналу-носія, $f_0 = 2$ кГц, \bar{p}_g – вектор характеристик матеріалу досліджуваного об'єкту та його геометричних параметрів, $g=1, 2, \dots$, $n(t)$ – реалізація гауссового шуму з нульовим математичним сподіванням і дисперсією σ^2 .

На інтервалі аналізу укладається не менше $[T_a f_0]^+ \gg 1$ періодів сигналу, де $[x]^+$ – операція виділення цілої частини числа x . Для сигналу (2) існує перетворення Гільберта [5, 6]. Аналізу доступний цифровий образ сигналу (2), дискретні

відліки якого – $u[j, \bar{p}_g]$, на інтервалі T_a часу його аналізу, отримано на нерівномірній часовій ґратці

$$S = \{t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_N\}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (3)$$

з упорядкованими елементами (елементи множини (3) упорядковані).

Необхідно оцінити вплив нерівномірності часової ґратки (3) на похибку визначення амплітудної і фазової характеристик сигналу виду (2) у системі вихрострумowego неруйнівного контролю (ВСК), структура якої наведена в [4].

Розв'язання поставленої задачі

Загальна стратегія розв'язання сформульованого завдання визначається послідовністю виконання наступних етапів:

- отримання та аналіз реальних інформаційних сигналів роботизованої системи ВСНК;
- визначення та аналіз характерних особливостей часової ґратки (3) в такій системі;
- оцінювання середньоквадратичного значення (СКЗ) похибки визначення амплітудної та фазової характеристики тестового сигналу гармонічної форми заданого на множині S (3);
- оцінювання СКЗ похибки визначення амплітудної та фазової характеристики тестового сигналу гармонічної форми заданого на множині

$$S_g = \{t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_N\}, \quad t_j = jT_d + \tau_j,$$

$$j = \overline{1, N}, \quad (4),$$

де τ_j – реалізація випадкової величини з нульовим математичним сподіванням і дисперсією σ_τ^2 .

1. Аналіз реальних сигналів роботизованої системи вихрострумowego неруйнівного контролю. Вимірювальний сигнал в системі ВСНК [4] отримується під час сканування поверхні об'єкта контролю плоскої форми вихрострумowym перетворювачем (ВСП). В системі використовувався диференціальний ВСП трансформаторного типу. ВСП працював у неперервному режимі, живився від генератора струму, який формував гармонічні коливання і збуджував в об'єкті контролю вихрові струми частотою f_0 . Наведена у вимірювальних обмотках електрорушійна сила перетворювалась у напругу, підсилювалась і поступала на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Тактові сигнали для АЦП формувались у процесорному блоці. Об'єкт контролю мав пласку поверхню, а проміжок між ним і ВСП в процесі сканування утримувався системою в інтервалі значень $h_{\text{П}} = 1,5 \pm 0,1$ мм.

Фрагмент цифрового образу інформаційного сигналу (2), отриманого під час сканування ВСП

об'єкта контролю з дефектами і формуванням відліків сигналу за запитами системи наведено на рис.

1, а (поточні значення сигналу u^* наведені в кодах АЦП), на рис. 1, б – фрагмент залежності номера

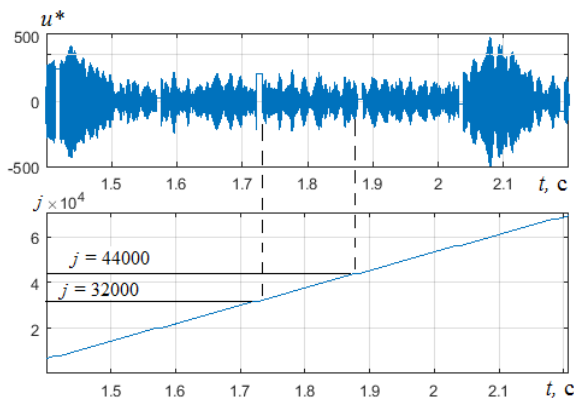


Рис. 1. Фрагмент графіку цифрового аналогу сигналу (2) та залежності $j(t_j)$

Наявність пропусків даних на рис. 1, а та відповідно поличок на графіку рис. 1, б свідчить про паузи у процесі збирання експериментальних даних. Це пов'язано з обробленням переривань у процесорному блоці. Опрацювання даних і визначення характеристик сигналу повинно відбуватись у межах інтервалу неперервної зміни j , до прикладу на інтервалі часу, якому відповідають значення $j = (32000, 44000)$.

2. Визначення та аналіз характерних особливостей часової ґратки (3) в інтервалі значень $j = (32000, 44000)$. Разом з формуванням множини значень вимірювальних сигналів у системі передбачено фіксацію множини $S(3)$ значень часової ґратки. Діаграму розподілу частот значень, отриману для інтервалів часу між суміжними моментами дискретизації сигналу $T_{д,j} = t_{j+1} - t_j$, наведено на рис. 2 (на цьому графіку n – це кількість значень періодів дискретизації сигналу).

З аналізу часових даних отримано, що $T_{д,j} \in (9,8; 16,2)$ мкс, а середнє значення періоду дискретизації $\bar{T}_{д,j} \approx 12,19$ мкс, що наближено відповідає 40 відлікам на період сигналу (відповідно середня частота дискретизації сигналу становить 80 кГц), а СКЗ періоду дискретизації – $\sigma_{T_{д,j}} \approx 0,56$ мкс. Такий розкид значень $T_{д,j}$ частково виникає через оброблення переривань у комп'ютерній системі, а також через асинхронність тактової частоти внутрішньої шини системи та частоти дискретизації сигналу.

3. Оцінювання СКЗ похибки визначення амплітудної та фазової характеристики найпростішого тестового сигналу гармонічної форми зада-

відліку від часу аналізу $j(t_j)$. Наявна амплітудна і фазова модуляція сигналу на рис. 1, а виникає через локальні неоднорідності електрофізичних характеристик матеріалу об'єкта контролю, поверхневі і підповерхневі дефекти та інші фактори.

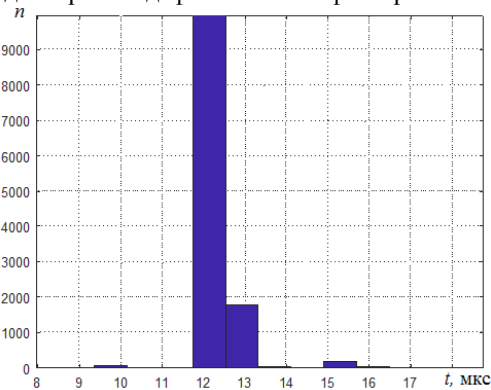


Рис. 2. Діаграма розподілу частот значень t_{δ}, j

ного на множині $S(3)$. Для оцінювання впливу нерегулярності дискретизації на похибки визначення характеристик сигналу необхідно усунути вплив всіх інших факторів. Такий експеримент можна реалізувати моделюванням процесу опрацювання сигналів ВСНК [8]. Одним з можливих варіантів розв'язання цього завдання є вибір і наступний аналіз нерегулярно дискретизованого тестового гармонічного сигналу відомої частоти

$$u(t) = \sin(2\pi f_0 t), \quad t \in [0, T_a]. \quad (5)$$

Для сигналу (5) точно відомі амплітудна і фазова характеристики: $U(t) = 1$, $\Phi(t) = 2\pi f_0 t$.

Визначення дискретних амплітудної та фазової характеристик циклічних сигналів через їх дискретне перетворення Гільберта розглянуто в роботах [7, 8]. Для визначених в такий спосіб характеристик сигналу їх абсолютні похибки, обумовлені нерегулярною дискретизацією сигналу (5), обчислювались як різниці однойменних характеристик, отриманих на множинах $S(3)$ і $S_p(1)$ за умови однакового обсягу вибірок

$$\begin{aligned} \Delta U[j] &= \hat{U}_{нр}[j] - 1, \\ \Delta \Phi[j] &= \hat{\Phi}_{нр}[j] - 2\pi f_0 \sum_{j=1}^{2000} T_{д,j}, \end{aligned} \quad (6)$$

де індексами «нр» позначені характеристики, отримані для сигналу за умови його нерегулярної дискретизації. У проведеному досліді обсяг вибірки дорівнював $N=2000$, а значення множини моментів часу вибирались довільно в межах інтервалу значень $j = (32000, 44000)$. Графіки миттєвих значень сигналу $u[j]$, а також послідовностей

$\Delta U[j]$, $\Delta\Phi[j]$ та $T_d[j]$ наведено відповідно на рис. 3.

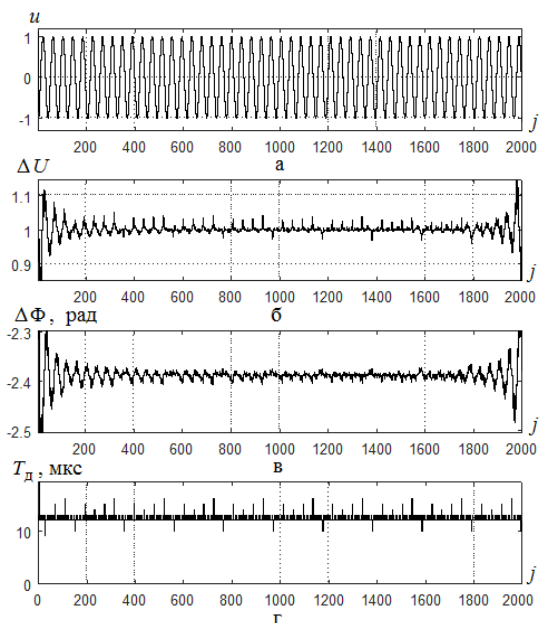


Рис. 3. Графіки послідовностей $u[j]$ (а), $\Delta U[j]$ (б), $\Delta\Phi[j]$ (в) та $T_d[j]$ (г)

Осциляції графіків $\Delta U[j]$ (б) та $\Delta\Phi[j]$ на рис. 3 викликані методичною похибкою, що виникає внаслідок обмеженої апертури вікна аналізу даних. Для зменшення її впливу на результат обчислення СКЗ похибки визначення амплітудної і фазової характеристик сигналу, викликані їх нерегулярною дискретизацією, згідно з рекомендаціями [7], розрахунки базувалися на відліках з середньої ділянки вибірки. Розрахунок дав наступний результат:

- СКЗ похибки визначення амплітудної характеристики $\sigma_U = 0,008$;
- СКЗ похибки визначення фазової характеристики $\sigma_\Phi = 0,0057$ рад ($\sim 0,33^\circ$).

Екстраполюючи цей результат на реальні сигнали роботизованої системи ВСНК можна стверджувати, що нерегулярна дискретизація сигналів у розглянутому експерименті не привела до практично значущих похибок визначення амплітудної і фазової характеристик сигналу. Відповідно такі похибки не приведуть і до відчутного зменшення вірогідності ВСНК, який реалізується на основі допускового контролю цих характеристик.

На інтервалі аналізу графік послідовності $T_d[j]$ має імпульсний характер і зосереджений в межах інтервалу (10 ... 16) мкс; середнє значення періоду дискретизації сигналу становило $\bar{T}_d = 12,19$ мкс, його середньоквадратичне відхилення $\sigma_{T_d} = 0,56$ мкс, а зведене значення остан-

нього – $\sigma_{T_d}^* = \sigma_{T_d} / \bar{T}_d = 0,046$.

4. Оцінювання СКЗ похибки визначення амплітудної та фазової характеристики тестового сигналу гармонічної форми заданого на множині S_g (4). Така постановка питання має практичне значення, оскільки дозволяє дослідити вплив ступеня неперіодичності дискретизації на похибку визначення амплітудної і фазової характеристик циклічного сигналу, отриманих через їх перетворення Гільберта. На рис. 4 наведені графіки залежностей $\sigma_U(\sigma_T^*)$ і $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$ відповідно.

Розрахунок значень $\sigma_U(\sigma_T^*)$ і $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$ виконувався так само як і у п.3 на вибірках таких самих обсягів. Часова ґратка S_g визначалась за

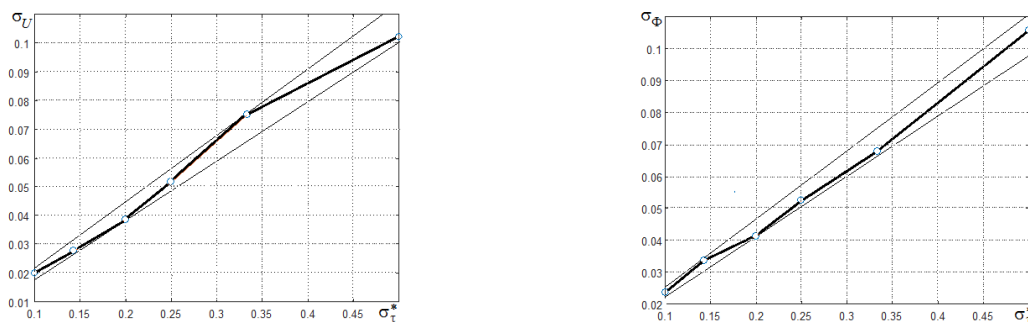
(4). Значення дисперсії σ_τ^2 випадкової складової інтервалів дискретизації в (4) варіювались для формування множини значень аргументу $\sigma_\tau^* = \sigma_{T_d} / T_d = \{10^{-1}, 7^{-1}, 5^{-1}, 4^{-1}, 3^{-1}, 2^{-1}\}$.

В цілому отримані залежності $\sigma_U(\sigma_T^*)$ і $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$ мають лінійний характер, а розкид значень в околі прямої знаходиться в межах статистичної похибки. Більш глибоке дослідження цих залежностей (визначення коефіцієнтів лінійної регресії, перевірка їх значущості, розрахунок розширеної невизначеності значень $\sigma_U(\sigma_T^*)$, $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$) може бути виконане на основі регресійного аналізу, до прикладу за викладеними у [9] методиками. Залежності $\sigma_U(\sigma_T^*)$ і $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$ можуть бути використані для оцінювання впливу варіації інтервалів дискретизації інформаційних сигналів на похибку визначення їх амплітудної і фазової характеристик за визначення останніх через перетворення Гільберта.

Висновки

Завдання опрацювання потоків даних, що отримані на часовій ґратці з нерівномірним періодом дискретизації, виникають у різних сферах діяльності людини. До кола таких завдань відноситься визначення характеристик інформаційних сигналів у комп'ютеризованих системах вимірювання, контролю та діагностики.

Встановлено, що у випадку формування тактових сигналів АЦП безпосередньо у процесорному блоці має місце нерегулярна дискретизація інформаційних сигналів.

Рис. 4. Графіки залежностей $\sigma_U(\sigma_T^*)$ (а) і $\sigma_\Phi(\sigma_T^*)$ (б)

Варіація періоду дискретизації виникає через оброблення переривань у комп'ютеризованій системі та асинхронність тактової частоти внутрішньої шини системи та частоти дискретизації сигналу. Нерегулярна дискретизація циклічних інформаційних сигналів впливає на похибки вимірювання їх характеристик. У контрольно-вимірювальних системах ця похибка може призводити до зменшення вірогідності контролю.

Виконано оцінювання середньоквадратичного значення похибки визначення амплітудної та фазової характеристик найпростішого тестового сигналу гармонічної форми заданого на сформованій у комп'ютерній системі нерівномірній часовій ґратці та на ґратці з гауссовим розподілом інтервалів дискретизації сигналу.

Експериментально підтверджено, що в комп'ютеризованій системі вихрострумове контролю невисокої точності, з метою мінімізації апаратних витрат, допустимо використовувати нерегулярну дискретизацію інформаційних сигналів, яка має місце за формування тактових сигналів у процесорному блоці системи. У прецизійних системах із підвищеним рівнем вірогідності контролю слід надавати перевагу варіанту побудови системи з окремим блоком збирання даних з регулярною дискретизацією сигналів, який забезпечує накопичення певного масиву даних в автономному режимі та його передавання у комп'ютерну систему для опрацювання та візуалізації результатів контролю.

Подальші дослідження нерегулярної дискретизації сигналів вихрострумове контролю доцільно спрямувати на аналіз залежності похибки визначення амплітудної і фазової характеристик сигналів від їх частоти та кількості вибірок на період сигналу.

УДК 621.317:621.391

¹⁾В. В. Долиненко, ¹⁾Е. В. Шаповалов, ¹⁾Т. Г. Скуба, ²⁾Ю. В. Куц,

²⁾А. А. Левченко, ²⁾М. А. Редька

¹⁾Інститут електросварки ім. Е.О. Патона НАН України, Київ, Україна,

²⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Київ, Україна

Література

- [1] М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін., Основи метрології та вимірювальної техніки. Т.1. Основи метрології. Підручник: У 2 т. ; За ред. Б. Стадника. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005.
- [2] Орнатский П. П., Теоретические основы информационно-измерительной техники. Киев, СССР: Высшая школа, 1983.
- [3] В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Єременко та ін., Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем: Підручник. за ред. В. П. Бабака. Київ, Україна: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017.
- [4] В. В. Долиненко, Э. В. Шаповалов, Т. Г. Скуба та ін., «Роботизована система неруйнівного вихрострумове контролю виробів зі складною геометрією», *Автоматическая сварка*, № 5-6 (764), с. 60-67, 2017.
- [5] Г. В. Горелов, Нерегулярная дискретизация сигналов. Москва, СССР: Радио и связь, 1982.
- [6] Бендат Дж., Пирсол А., *Прикладной анализ случайных данных*. Пер. с англ. Москва, СССР: Мир, 1989.
- [7] Ю. В. Куц, Л. М. Щербак, *Статистична фазометрія*. Тернопіль: Вид-во Тернопіл. технічного ун-ту імені Івана Пулюя, 2009.
- [8] Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лысенко, «Применение преобразования Гильберта для анализа сигналов вихретоковой дефектоскопии», *Научни известия на НТСМ* (Болгария), № 121, с. 22-24, 2011.
- [9] В. С. Єременко, Ю. В. Куц, В. М. Мокійчук та ін., Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ, Україна: НАУ, 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ИХ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

Рассмотрено влияние нерегулярной дискретизации информационных циклических сигналов в компьютеризированных системах измерительного контроля на примере роботизированной системы вихретокового неразрушающего контроля.

Установлено, что в случае формирования тактовых сигналов АЦП непосредственно в процессорном блоке имеет место нерегулярная дискретизация информационных сигналов. Вибрация периода дискретизации возникает из-за обработки прерываний в компьютеризированной системе и асинхронности тактовой частоты внутренней системной шины и частоты дискретизации сигнала. Нерегулярная дискретизация циклических информационных сигналов способствует появлению дополнительной погрешности измерения их характеристик. В контрольно-измерительных системах эта погрешность может привести к уменьшению достоверности контроля.

В статье проанализированы реальные сигналы роботизированной системы вихретокового неразрушающего контроля, получено распределение интервалов дискретизации сигналов для компьютеризированного вихретокового дефектоскопа, выполнено оценивание среднеквадратического значения погрешности определения амплитудной и фазовой характеристик тестового сигнала гармонической формы заданного на нерегулярной временной решетке, получены графики зависимостей среднеквадратической погрешности определения амплитудной и фазовой характеристик сигналов с гармоническим сигналом-носителем при их нерегулярной дискретизации.

Экспериментально доказано, что в компьютеризированной системе вихретокового контроля небольшой точности с целью минимизации аппаратных затрат допустимо использовать нерегулярную дискретизацию информационных сигналов, которая имеет место при формировании тактовых сигналов в процессорном блоке системы. В прецизионных системах с повышенным уровнем вероятности контроля следует выбирать вариант построения системы из отдельных блоков сбора данных с регулярной дискретизацией сигналов, который обеспечивает скопление определённого массива данных в автономном режиме и его передачи в компьютерную систему для обработки и визуализации результатов контроля.

Ключевые слова: нерегулярная дискретизация; амплитудная характеристика; фазовая характеристика; компьютеризированная система; вихретоковый контроль.

¹⁾V. V. Dolynenko, ¹⁾E. V. Shapovalov, ¹⁾T. H. Skuba, ²⁾Y. V. Kuts,

²⁾A. A. Levchenko, ²⁾M. A. Redka

¹⁾*Paton institute of electric welding NAN Ukraine, Kyiv, Ukraine*

²⁾*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

RESEARCH OF MEASUREMENT SIGNAL PARAMETERS DEFINITION ERRORS IN CASE OF IRREGULAR SAMPLING

Reviewed influence of an irregular sampling of informative cyclic signals in measuring testing computerized systems on an example of eddy current robotized testing system.

It was found that in case of ADC clock signal forming in processor block, there is an irregular sampling of informative signals. Vibrations of sampling period appears because of interrupt processing in a computerized system and asynchrony of a clock frequency of internal bus and signal sampling frequency. Irregular sampling of a cyclic informative signals makes additional fault of signals characteristics measurement to appear. In testing-measuring systems such fault can cause decrease of testing reliability.

In this article real signals of robotized eddy current testing system were analyzed. The distribution of sampling intervals for computerized eddy current flaw detector was obtained. Was performed evaluation of mean squared error of amplitude and phase harmonic test signal characteristics determination in case when signal is set on irregular time grid. Was obtained graphs of the mean squared error of harmonic signal phase and amplitude characteristics dependences with its irregular sampling. Experimental proved that in computerized eddy current testing systems with average reliability in purpose of costs minimization it is permissive to use informative signals irregular sampling, which have place in test signals generation in process block of the system. Although, in case of creation of precise systems with increased reliability level it is necessary to build system with different blocks for data collecting with regular signal sampling, which allows to collect some amount of data in autonomous mode and transmit it to computerized system for its further processing and visualization of flaw detection process results.

Keywords: irregular discretization; amplitude characteristic; phase characteristic; computerized system; eddy current flaw detection.

*Надійшла до редакції
22 лютого 2019 року*

*Рецензовано
04 березня 2019 року*