

В. Б. Кононов¹, Е. Р. Тутузьян², Д. С. Ольховіков¹

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

²Державне підприємство “Чугуївський авіаційний ремонтний завод”, Чугуїв

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПОХИБКИ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРАЗКІВ РАДІОТЕХНІЧНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ПРОТИДІЇ ШКІДЛИВОМУ ВПЛИВУ НА СИГНАЛ

Предметом вивчення в статті є шматково-східчастий сигнал, що необхідний для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки. **Метою статті** є визначення методики оцінки інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки в умовах протидії шкідливому сигналу, з подальшим вирішенням задачі цифрового аналогового синтезу сигналу із коефіцієнтом гармонік, що був перебудований, за умови мінімального числа рівнів шматково-східчастого сигналу, необхідного для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки. **Задача, що вирішується**, – обґрунтування технічних рішень, впровадження яких в практику вимірювання дозволять визначити методику оцінки інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки в умовах протидії шкідливому впливу на сигнал. **Висновки:** запропоновані технічні рішення дозволяють визначити методи цифрового аналогового синтезу шматково-східчастих сигналів із коефіцієнтом гармонік, що був перебудований. Вони включають методику розрахунку параметрів сигналу, що синтезується, способи його формування і оцінку погрешностей задавання коефіцієнта гармонік. Це надає обслузі зразків радіотехнічної техніки необхідний методичний апарат для використання прецизійних калібраторів коефіцієнта гармонік, які протидіють шкідливому впливу на сигнал, що обробляється.

Ключові слова: коефіцієнт гармонік, шматково-східчастих сигналів, інструментальна похибка.

Вступ

Постановка задачі. В умовах протидії шкідливому впливу на сигнал, обслуга зразків радіотехнічної техніки повинна мати можливість протидії цьому впливу, якій безпосередньо впливає на ефективність й безпеку застосування радіолокаційної техніки.

При походженні сигналів, при формуванні куту фазового зсуву між двома гармонічними сигналами, використовується три методи: виділення сигналу вищих гармонік із періодичного сигналу довільної форми, підсумовування декількох гармонічних сигналів із необхідним співвідношенням частот і збагачення спектру синусоїдального сигналу. При дослідженні частотних характеристик фазових зсувів між двома синусоїдними напругами, на аналоговій та цифровій елементній базі можливо поява інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки. Визначення методики оцінки інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки в умовах протидії шкідливому сигналу, з подальшим вирішенням задачі цифрового аналогового синтезу сигналу із перебудованим коефіцієнтом гармонік за умови мінімального числа рівнів шматково-східчастого сигналу, необхідного для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки, визначає актуальність розглядаємого питання, описом якого й присвячена стаття.

Аналіз літератури. Принципи й організаційні основи метрологічного забезпечення, а також роль й місце метрологічного забезпечення Збройних Сил України, викладено в наказах [1 - 3], в статтях [4, 5], літературі [6 - 11] та інструкції [12]. Математичні моделі визначення кількості замовлень на гарантоване метрологічне обслуговування зразків озброєння та військової техніки з урахуванням їх важливос-

ті викладено в статтях [4-]. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення викладено в статті [5]. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО викладені в літературі [6-12]. Нажаль, в більшості джерел питання, які пов'язані з визначенням методики оцінки інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки в умовах протидії шкідливому сигналу, з подальшим вирішенням задачі цифроаналогового синтезу сигналу із перебудованим коефіцієнтом гармонік за умови мінімального числа рівнів шматково-східчастого сигналу, необхідного для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки, не розглядалися.

Метою статті є визначення методики оцінки інструментальної похибки частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки в умовах протидії шкідливому сигналу, з подальшим вирішенням задачі цифроаналогового синтезу сигналу із перебудованим коефіцієнтом гармонік за умови мінімального числа рівнів шматково-східчастого сигналу, необхідного для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки.

Основний матеріал

Оцінимо інструментальну похибку частотних характеристик зразків радіотехнічної техніки, в умовах протидії шкідливому впливу на сигнал, використовуючи при цьому коефіцієнт гармонік, яка обумовлена похибкою формування шматково-східчастого сигналу $f(\alpha)$. Ця похибка має дві складові, що викликаються неточністю (похибками) рівнів f_i сигналу $f(\alpha_i)$ та фазових координат α_i точок перемикавання цих рівнів. В результаті реальний сигнал відрізняється від ідеального деякою адитивною переш-

кодою $\xi(\alpha)$:

$$\tilde{f}(\alpha) = f(\alpha) + \xi(\alpha), \quad (1)$$

де перешкода $\xi(\alpha)$ враховує обидві складові похибки, що конкретизуються нижче.

Визначимо методикою оцінювання інструментальної похибки, для чого підрахуємо похибку визначення коефіцієнта гармонік сигналу $\tilde{f}(\alpha)$, використовуючи вираз квадрату коефіцієнта гармонік шматково-східчастий сигналу $f(\alpha)$:

$$k_G^2 = \frac{4}{\pi A_1^2} \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha, \quad (2)$$

де A_1 - амплітуда першої гармоніки сигналу $f(\alpha)$.

$$A_1 = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} f(\alpha) \sin \alpha d\alpha, \quad (3)$$

в (2) для скорочення записів введемо позначення:

$$B = \pi/4 \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha, \quad (4)$$

отже
$$K_G^2 = B/A_1^2. \quad (5)$$

Ця формула відповідає відсутності похибок при визначенні величин B і A_1 . Для абсолютного значення похибки коефіцієнта гармонік, що має назву інструментальні похибки визначення величин B і A_1 , із (5) одержимо:

$$\Delta K_G = \frac{1}{2K_G} \cdot \frac{A_1^2 \Delta B - B \Delta(A_1^2)}{A_1^4}. \quad (6)$$

Замінюючи, згідно (5), $B = K_G^2 A_1^2$ маємо:

$$\Delta K_G = \frac{1}{2K_G} \cdot \frac{\Delta B - K_G^2 \Delta(A_1^2)}{A_1^2}. \quad (7)$$

Обчислимо величини ΔB і $\Delta(A_1^2)$. Величину ΔB знаходимо із (2) із урахуванням (1):

$$\begin{aligned} \Delta B &= \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) + \xi(\alpha) - (A_1 + \Delta A_1) \sin \alpha]^2 d\alpha - \\ &\quad - \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha = \\ &= \frac{4}{\pi} \left\{ \begin{aligned} &2 \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha][\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha] d\alpha - \\ &\int_0^{\pi/2} [\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha \end{aligned} \right\}, \end{aligned} \quad (8)$$

де $\Delta A_1 \sin \alpha$ - перша гармоніка перешкоди (похибки) $\xi(\alpha)$; $[\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha]$ - складова перешкоди, обумовлена вищими гармоніками перешкоди $\xi(\alpha)$.

Для оцінки першого інтеграла в (8) скористаємося нерівністю Коші - Буняковського:

$$\begin{aligned} &\left| \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha][\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha] d\alpha \right| \leq \\ &\leq \left\{ \int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha \int_0^{\pi/2} [\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha \right\}^{1/2} \quad (9) \end{aligned}$$

У цій нерівності, беручи до уваги (4), маємо

$$\int_0^{\pi/2} [f(\alpha) - A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha = \frac{\pi}{4} B = \frac{\pi}{4} K_G^2 A_1^2. \quad (10)$$

Після підстановки (9) із урахуванням (10) в (8) отримуємо:

$$\begin{aligned} \Delta B &\leq \left\{ \frac{4}{\pi} \sqrt{\pi} K_G A_1 \left[\int_0^{\pi/2} (\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha)^2 d\alpha \right]^{1/2} + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^{\pi/2} (\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha)^2 d\alpha \right\}, \end{aligned} \quad (11)$$

а величину ΔA_1 знаходимо із (3) із урахуванням (1):

$$\Delta A_1 = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} \xi(\alpha) \sin \alpha d\alpha, \quad (12)$$

вона представляє собою амплітуду основної гармоніки перешкоди (похибки) $\xi(\alpha)$ у формуванні сигналу $f(\alpha)$. Позначимо $\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha = \xi_B(\alpha)$, тоді:

$$\begin{aligned} &\int_0^{\pi/2} [\xi(\alpha) - \Delta A_1 \sin \alpha]^2 d\alpha = \int_0^{\pi/2} \xi_B(\alpha) d\alpha \leq \\ &\leq \int_0^{\pi/2} \xi^2(\alpha) d\alpha = \frac{\pi}{2} \bar{\xi}^2, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\bar{\xi}^2 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \xi^2(\alpha) d\alpha; \quad (14)$$

де $\bar{\xi}^2$ - середнє квадратичне значення перешкоди $\xi(\alpha)$ або похибки формування сигналу $f(\alpha)$.

Підставляючи (13) і (11) остаточно одержимо:

$$\Delta B \leq 2\sqrt{2} K_G A_1 \sqrt{\bar{\xi}^2} + 2\bar{\xi}^2. \quad (15)$$

Визначимо величину $\Delta(A_1^2)$, яку представимо початковою рівністю:

$$\Delta(A_1^2) = (A_1 + \Delta A_1)^2 - A_1^2 = 2A_1 \cdot \Delta A_1 + (\Delta A_1)^2. \quad (16)$$

Для оцінки величини ΔA_1 знов скористаємося нерівністю Коші - Буняковського:

$$\begin{aligned} |\Delta A_1| &= \frac{4}{\pi} \left| \int_0^{\pi/2} \xi(\alpha) \sin \alpha d\alpha \right| \leq \\ &\leq \frac{4}{\pi} \left[\int_0^{\pi/2} \xi^2(\alpha) d\alpha \cdot \int_0^{\pi/2} \sin^2 \alpha d\alpha \right]^{1/2}. \end{aligned} \quad (17)$$

Використовуючи (14), маємо $\Delta A_1 \leq \sqrt{2\bar{\xi}^2}$.

Після підстановки (15) і (17) в (7) одержимо:

$$|\Delta K_G| \leq \sqrt{2}(1+K_G)\delta\xi + \frac{1+K_G^2}{K_G}(\delta\xi)^2, \quad (18)$$

де $\delta\xi = \sqrt{\bar{\xi}^2}/A_1$; $\delta\xi$ – відносне середнє квадратичне значення похибки формування шматково-східчастого сигналу $f(\alpha)$. В співвідношенні (18) розглядається окремий випадок рівномірної дискретизації і не враховується складова похибки, обумовлена похибкою задавання фазових координат α_i точок перемикавання сигналу $f(\alpha)$.

Відносна похибка $\delta\xi$ являється величиною малою. Тому при чималих значеннях коефіцієнта гармонік K_G другим додатком в (18), квадратичним по похибці $\delta\xi$, можна нехтувати, так що:

$$|\Delta K_G| \leq \sqrt{2}(1+K_G)\delta\xi \quad (19)$$

При малих значеннях коефіцієнта гармонік K_G необхідно провести порівняння лінійного і квадратичного по похибці членів в (18). Якщо $K_G \ll 1$, то, нехтуючи в (3.14) величинами K_G і K_G^2 у порівнянні з одиницею, маємо:

$$|\Delta K_G| \leq \sqrt{2}\delta\xi + \frac{1}{K_G}(\delta\xi)^2. \quad (20)$$

У цьому виразі другим членом можна нехтувати при умові $\delta\xi \ll K_G$, де

$$\Delta K_G \leq \sqrt{2}\delta\xi, \quad (21)$$

й відносна похибка задавання коефіцієнта гармонік буде малою: $\delta K_G \ll \frac{\Delta K_G}{K_G} \ll 1$. Якщо $\delta\xi \geq K_G$, то

$\Delta K_G \approx K_G$ й абсолютна похибка ΔK_G задавання коефіцієнта гармонік також буде малою, а відносна похибка δK_G може бути великою. При цьому в (20) при оцінці похибки необхідно враховувати обох членів. Такий випадок на практиці може мати місце тоді, коли не вимагається точного вимірювання коефіцієнта гармонік, а необхідне лише виявлення (контроль) наявності нелінійних спотворень із коефіцієнтом гармонік, більшим, ніж деяке певне значення.

Виразимо сумарну похибку $\sqrt{\bar{\xi}^2}$ через вказані вище дві її складові. Для цього запишемо величину $\bar{\xi}^2$ у вигляді суми складових по окремих фазових інтервалах $\Delta\alpha_i = \alpha_{i+1} - \alpha_i$ сигналу $f(\alpha)$:

$$\bar{\xi}^2 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \xi^2(\alpha) d\alpha = \frac{2}{\pi} \sum_{i=0}^p \int_{\alpha_i}^{\alpha_{i+1}} \xi_i^2(\alpha) d\alpha. \quad (22)$$

Позначимо через Δh_i похибку формування рівня f_i сигналу $f(\alpha)$, а через β_i - похибку задавання фазової координати α_i точки перемикавання

цього рівня. Прийmemo природне допущення про малість обох похибок, що означає $\Delta h_i \ll h$, $\beta_i \ll \Delta\alpha_i = \alpha_{i+1} - \alpha_i$. Розглянемо найсприятливіший випадок, коли всі похибки β_i мають один знак, наприклад вони позитивні. Тоді на фазовому інтервалі $\alpha_i, \alpha_i + \beta_i$ похибка $\xi_i = -h$, а на фазовому інтервалі $\alpha_i + \beta_i, \alpha_{i+1}$ похибка $\xi_i = \Delta h$. Тому:

$$\int_{\alpha_i}^{\alpha_{i+1}} \xi_i^2(\alpha) d\alpha = \int_{\alpha_i}^{\alpha_i + \beta_i} \xi^2(\alpha) d\alpha + \int_{\alpha_i + \beta_i}^{\alpha_{i+1}} \xi^2(\alpha) d\alpha = h^2\beta_i + (\Delta h_i)^2 \Delta\alpha_i. \quad (23)$$

Із урахуванням даної рівності формула (22) приймає вигляд:

$$\bar{\xi}^2 = \frac{2}{\pi} \sum_{i=0}^p \left[h^2(\beta_i) + (\Delta h_i)^2 \Delta\alpha_i \right]. \quad (24)$$

Проведемо оцінку цієї похибки по максимуму, вважаючи похибки Δh_i і β_i максимальними, тобто $\Delta h_m = \max \Delta h_i$; $\beta_m = \max \beta_i$. Далі, враховуючи рівності $\sum_{i=0}^p \Delta\alpha_i = \frac{\pi}{2}$ і $\beta_0 = 0$, із (24) одержимо

$$\bar{\xi}^2 = \frac{2p}{\pi} h^2 \beta_m + (\Delta h_m)^2.$$

Запишемо вираз для відносної середньої квадратичної похибки формування сигналу $f(\alpha)$. Вважаючи, що амплітуда першої гармоніки сигналу $A_1 \geq ph$, маємо:

$$\delta\xi = \frac{\sqrt{\bar{\xi}^2}}{A_1} \leq \left[\frac{2\beta_m}{\pi p} + \left(\frac{\Delta h_m}{ph} \right)^2 \right]^{1/2}. \quad (25)$$

У цій формулі перший доданок в прямих дужках представляє собою складову похибки, що викликається зміщенням β_i фазових координат α_i точок перемикавання сигналу $f(\alpha)$ щодо розрахункових значень, а другий доданок - складову похибки за рахунок неточності формування рівнів f_i сигналу $f(\alpha)$, обумовлену інструментальною погрішністю ЦАП. Вирази (18) або (19), або (20) або (21) сумісно із (25), дозволяють провести оцінку похибки коефіцієнта гармонік, що задається шматково-східчастим сигналом $f(\alpha)$.

Розглянемо різні способи реалізації методу цифраналогового синтезу шматково-східчастих сигналів із коефіцієнтом гармонік, що перебудовується за рахунок зміни фазових координат α_i точок перемикань рівнів f_i сигналу $f(\alpha)$. Перший із цих способів полягає в зміні фазових координат α_i точок перемикавання сигналу $f(\alpha)$ при постійному числі p і рівномірному проходженні рівнів f_i . При другому способі число p рівнів f_i на чверті періоду

сигналу $f(\alpha)$ слід узяти із умови $p_{\max} = 2^l$. По цьому значенню p_{\max} необхідно визначити фазові координати α_i точок перемикання рівнів f_i сигналу $f(\alpha)$. Якщо в процесі формування сигналу здійснювати перемикання із всіх p_{\max} координатах α_i , то одержимо найменше (при даному p_{\max}) значення коефіцієнта гармонік $K_{\Gamma \min}$. Якщо максимальне число p_{\max} рівнів f_i сигналу $f(\alpha)$ зменшувати удвічі, вчетверо і т.д., задаючи фазові координати α_i через дві, чотири і т.д. відносно початкових. розрахункових точок (при p_{\max}), то одержимо 1 значень коефіцієнта гармонік. Перевага даного способу полягає в тому, що не потрібно кожного разу визначати заново положення точок перемикання сигналу $f(\alpha)$.

Третій спосіб являється розвитком попереднього. Він полягає в тому, що при формуванні сигналу $f(\alpha)$ перебудову його коефіцієнта гармонік здійснюють збільшенням рівнів f_i удвічі в кожній з фазових координат α_i . Очевидно, до останнього, p -му рівню сигналу $f(\alpha)$ будуть задіяні не всі фазові координати α_i , а лише $p/2$ координат; в інших $p/2$ фазових координатах рівень сигналу $f(\alpha)$ буде постійним, рівним максимальному значенню.

Для отримання особливо малих значень коефіцієнта гармонік можна використовувати, четвертий спосіб формування сигналу $f(\alpha)$. Задають значення p (а отже із умови мінімуму коефіцієнта гармонік $K_{\Gamma \min}$), кожному з яких відповідає своє розташування фазових координат α_i . Такий спосіб найбільш ефективний, при великих значеннях p , коли зміна p на одиницю забезпечує малу дискретність задавань коефіцієнта гармонік. Однак, якщо при цьому способі використовувати один і той же ЦАП, то при зміні p пропорційно змінюватиметься амплітуда сигналу $f(\alpha)$, що може бути враховане при градуванні вихідного пристрою калібратору.

Важливою перевагою даного методу формування сигналу $f(\alpha)$ являється і те, що вибір фазових координат α_i можна здійснити виходячи з необхідності забезпечення не лише заданих значень коефіцієнта гармонік цього сигналу, але і його гармонійного складу, наприклад, виключити 3-ю гармоніку, або 3-ю і 5-у гармоніки і т.д.

Висновки

1. За результатами запропонованої методики авторами вирішена задача цифроаналогового синтезу сигналу із коефіцієнтом гармонік, що було перебудовувано за умови мінімального числа рівнів шматково-східчастого сигналу, необхідного для отримання заданого значення коефіцієнта гармоніки. Гармонійний склад сигналу при цьому не задавався.

2. Для збагачення сигналу парними гармоніками слід відмовитися від використання умов симетрії. Це потребує збільшення числа формованих (різних) рівнів сигналу (при тому ж їх загальному числі h), оскільки вони повинні відрізнятися через півперіоду сигналу не лише знаком, але і по значенню.

3. Якщо разом з коефіцієнтом гармонік потрібно буде задати і гармонійний склад сигналу, то задача цифроаналогового сигналу зводиться, по суті, до апроксимації сигналу заданої форми за допомогою шматково-східчастого сигналу. Звісно, для вирішення такої задачі потрібно, взагалі кажучи, більше число рівнів формованого сигналу, ніж для задачі синтезу, що була розглянута вище.

4. Таким чином, пропонуються методи цифроаналогового синтезу шматково-східчастих сигналів із перебудовуваним коефіцієнтом гармонік. Вони включають методику розрахунку параметрів сигналу, що синтезується, способи його формування і оцінку погрешностей задавання коефіцієнта гармонік. Це надає обслузі зразків радіотехнічної техніки необхідний методичний апарат для використання прецизійних калібраторів (або зразкових заходів) коефіцієнта гармонік, які протидіють шкідливому впливу на сигнал, що обробляється.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ Міністерства оборони України від 24.05.2017 № 288 “Про затвердження Положення про метрологічну службу Міністерства оборони України та Збройних Сил України”.
2. Наказ Міністра оборони України від 18.01.2010 № 12 “Про затвердження Концепції розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року”.
3. Наказ начальника Центрального управління метрології і стандартизації від 14.05.2007 № 2 “Про затвердження Керівництва з організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій в МО України та ЗС України”.
4. Кононов В.Б., Бурцева В.В. Математичні моделі визначення кількості замовлень на гарантоване метрологічне обслуговування зразків ОВТ з урахуванням їх важливості // Системи обробки інформації. – Вип.1 (147). –2017. – С. 88 –92.
5. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>
6. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
7. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
8. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>

9. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>
10. Gomathi B, Karthikeyan N K, Saravana Balaji B, "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Volume 13, Issue 1-3, 2018, pages 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
11. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>
12. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., Manikandan V. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.
13. Кононов В.Б. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів ВТ військового призначення // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 8 (85) – С. 231 – 234.
14. Кононов В.Б., Науменко А.М., Водолажко О.В., Коваль О.В., Кондрашова І.І. Основи експлуатації засобів виміральної техніки військового призначення в умовах проведення АТО. - Харків: ХНУПС, 2017. – С. 288.
15. Кононов В.Б. Застосування електричних вимірювань засобами виміральної техніки в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018. – 392 с.
16. Кононов В.Б. Instrumentation and general principles of sensors. Part 1: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018.-64 с.
17. Організація метрологічного забезпечення військ (сил). Ч. 1 / І.Б. Кузнецов, П.М. Яблонський. – К.: НУОУ, 2009. – 356 с.
18. Організація застосування пересувних засобів метрологічного обслуговування: навч. посіб. / І. Б. Кузнецов, О. В. Ярошенко. – К. : НУОУ, 2009. – 356 с.
19. Кузнецов І. Б., Марценківський В. Т., Ярошенко О. В., Буяло О. В., Проценко В. О. Удосконалення парку пересувних лабораторій виміральної техніки як фактор підвищення оперативності та ефективності метрологічного обслуговування складних систем // *Зб. наук. праць КНУ ім. Тараса Шевченка*. Вип. 32. – К. : ВКНУ, 2011. – С. 33–46.
20. Інструкція з організації роботи виїзних метрологічних груп метрологічних частин, затверджена начальником Центрального управління метрології і стандартизації – головним метрологом ЗС України від 09.10.2006.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. І. Кондрашов,

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Received (Надійшла) 18.04.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.05.2019

Методика оценки инструментальной погрешности частотных характеристик образцов радиотехнической техники в условиях противодействия вредного влияния на сигнал

В. Б. Кононов, Е. Р. Тутузьян, Д. С. Ольховиков

Предметом изучения статьи являются кусочно - сходящийся сигнал, необходимый для получения заданного значения коэффициента гармоник. **Целью статьи** является определение методики оценки инструментальной погрешности частотных характеристик образцов радиотехнической техники в условиях противодействия вредному сигналу, с последующим решением задачи цифроаналогового синтеза сигнала с перестроенным коэффициентом гармоник учитывая условия минимального числа уровней кусочно - сходящегося сигнала, необходимого для получения заданного значения коэффициента гармоник. **Решаемая задача** – обоснование технических решений, внедрение которых в практику измерений позволят определить методику оценки инструментальной погрешности частотных характеристик образцов радиотехнической техники в условиях противодействия вредному сигналу. **Выводы:** предложенные технические решения позволяют определить методы цифроаналогового синтеза синтезируемого кусочно - сходящийся сигнала, способы его формирования и оценку погрешности задаваемого коэффициента гармоник. Что позволит обслуживающему персоналу образцов радиотехнической техники необходимый методический аппарат для использования прецизионных калибраторов коэффициента гармоник, которые противодействуют вредному влиянию на обрабатываемый сигнал.

Ключевые слова: коэффициент гармоник, кусочно - сходящийся сигнал, инструментальная погрешность.

Method of estimating the instrumental error of the frequency characteristics samples of radio tensile in the conditions of counteraction of harmful influence on a signal

V. Kononov, E. Tutuzian, D. Olhovichov

The subject of the study of the article are piecewise step-by-step signal necessary to obtain a given harmonic signal. **The purpose of the article is** determination of the method of estimation of instrumental error of the frequency characteristics samples of radio equipment in the conditions of counteraction of harmful influence on a signal with the subsequent solution of the problem of digital-to-analog synthesis with tunable harmonic distortion of subject to a minimum number of levels step-by-step signal necessary to obtain a given harmonic signal. **The task is** to justification of technical solutions, the introduction of which in the practice of measurement will allow to define the method of estimation of instrumental error of the frequency characteristics samples of radio tensile in the conditions of counteraction of harmful influence on a signal. **Conclusions:** proposed technical solutions will allow to define methods of digital-to-analog synthesis piecewise step-by-step signals with tunable harmonic distortion on the method intermediate control check, with its help, it is advisable to promptly adjust the duration of the verification interval. They include the methods of calculation of the signal parameters of the synthesized, methods of its formation of the error of the harmonic distortion. This gives the attendants of the samples radio equipment necessary metrological apparatus to use precision harmonic distortion calibrators, which counteracting harmful effects on the processed signal.

Keywords: harmonic distortion, piecewise step-by-step signal, instrumental error.