

фугу, та визначення маси відділених відходів, потребують оперативної обробки великої кількості інформації, яка надходить із використовуваних сенсорів, лабораторних аналізів і паспортних даних центрифуги, а також оперативного виконання значного обсягу обчислень на підставі оброблюваної інформації. Тому для цього необхідне застосування мікропроцесорного пристрою, який в комплексі з сенсорами і пристроями

вводу-виводу інформації утворює інформаційно-вимірювальну систему визначення маси.

1. Терешин Б.Н. *Современные центрифуги в сахарной промышленности.* – М., 1989. 2. Левитский Н.И. *Колебания в механизмах.* – М., 1988. 3. Сокол В.М. *Определения момента инерции ротора в процессе его балансировки // Автоматизация и современные технологии.* – 1996. – № 7. – С. 22 – 24. 4. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. *Курс теоретической механики. Том 1.* – М., 1982.

УДК 621.382

СТРУКТУРНО-МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ЧАСОВИМ ПОДАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ

© Шабатура Юрій, 2006

Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна

*Викладено структурно-математичні основи синтезу вимірювальних каналів
інформаційно-вимірювальних систем з часовим поданням інформації.*

*Виконаний синтез і дослідження функції перетворення вимірювального каналу
з додатковим інтегровальним перетворенням.*

*Изложены структурно-математические основы синтеза измерительных каналов
информационно-измерительных систем с временным представлением информации.*

*Выполнен синтез, и исследование функции преобразования измерительного канала
с дополнительным интегрирующим преобразованием.*

*In given work are represent structured-mathematical base syntheses of dimensions channels
of information-dimension systems with the temporary information presentation.*

*Executed syntheses and investigate to transformation function of dimension channel
with additional integrated transformation.*

Вступ. Успішне розв'язання задач створення сучасних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) потребує комплексного розуміння єдності структурних рішень і математичних перетворень, які відповідатимуть характерним особливостям об'єктів та умов вимірювань. Однією з найскладніших ланок у синтезі ІВС є завдання створення вимірювальних каналів, оскільки саме їхні властивості практично визначають метрологічні характеристики вимірювальних систем загалом.

Для покращання енергетичних, метрологічних, експлуатаційних та інших характеристик ІВС у деяких роботах [1–3] пропонується застосовувати первинні

вимірювальні перетворювачі, у яких аналітичним вихідним сигналом є тривалість імпульсного процесу. Запропонований підхід означає насамперед перехід до імпульсного режиму роботи вимірювальних каналів ІВС. Це дає такі переваги:

- значно підвищує економічність роботи ІВС;
- дає змогу оперативно оцінювати динамічні характеристики об'єктів вимірювань;
- збільшує чутливість;
- підвищує точність вимірювань.

Для визначення оптимальних умов та структурних рішень, які з урахуванням математичних законо-

мірностей допоможуть максимально реалізувати відзначені переваги в створюваних конкретних ІВС, необхідні певні узагальнення і відповідний аналіз.

Постановка задачі. Виконати обґрунтування, дослідження і математичний аналіз структурних та математичних засад синтезу інформаційно-вимірювальних систем із застосуванням вимірювальних каналів з часовим поданням вимірювальної інформації.

Концептуальні положення. На відміну від класичної структури ІВС, у вимірювальних каналах яких аналітичний сигнал визначається як амплітудна зміна інформаційного сигналу, що відповідно потребує застосування аналого-цифрового перетворення і апіорі передбачає виникнення пов'язаних з цим проблем, в запропонованому підході пропонується вимірювати значення вимірюваних фізичних величин, визначаючи зміни в тривалості тестових сигналів, які подаються на вхід вимірювального перетворювача. Причому для сенсорів з нелінійною залежністю зміни амплітуди і форми тестового імпульсного сигналу від впливу вимірюваних величин, визначати зміни тривалості тестового сигналу можна на виході вимірювального перетворювача [4].

Для сенсорів з лінійною залежністю зміни амплітуди і форми тестового сигналу необхідне додаткове нелінійне перетворення вихідного сигналу, і тільки після цього можна визначати зміну тривалості сигналу.

Структури вимірювальних перетворювачів з відзначеними особливостями показані на рис. 1, а, б. На вхід вимірювального перетворювача з нелінійною функцією перетворення (рис. 1, а) подається імпульсний тестовий сигнал $U_{вх}$, з відомими амплітудними та часовими параметрами. Внаслідок впливу вимірюваної фізичної величини F і функціонального перетворення $F_{nonline}(U_{вх}, F)$ на виході формується вихідний сигнал $U_{вих}$, вимірювання тривалості якого наперед заданому рівні дає змогу визначити значення F .

Для структури вимірювального каналу з лінійною функцією перетворення вимірювального перетворювача характерне додаткове перетворення вихідного сигналу в блоці нелінійного перетворення (НЕ), як це показано на рис. 1, б.

Аналіз імпульсних тестових сигналів. Для найефективнішого застосування у вимірювальних каналах з часовим поданням вимірювальної інформації необхідний аналіз типових форм імпульсних тестових сигналів. Цілком очевидно, що для використання у вимірювальних каналах розглянутих типів придатні лише ті імпульсні тестові сигнали, часовий зріз яких відповідає умові однозначності визначення їхньої тривалості на заданому рівні. Проекція α - зрізу сигналу на часову вісь визначить тривалість сигналу на α - рівні (рис. 2.)

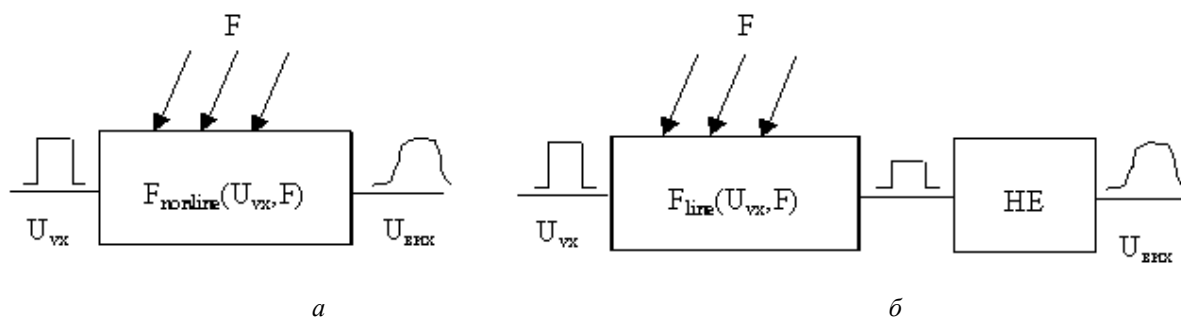


Рис. 1. Структури вимірювальних каналів на основі перетворювачів: а – з нелінійною функцією перетворення; б – з лінійною функцією перетворення.

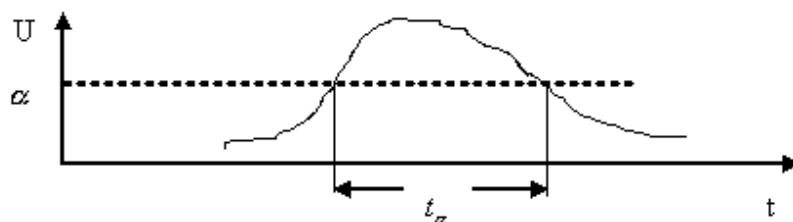


Рис. 2. Визначення тривалості сигналу на α -рівні

Якщо сигнал на проміжку своєї тривалості має один або декілька локальних мінімумів $U_{min,l}$, таких, що задовольняють нерівності $U_{min,l} \leq \alpha$, то умова однозначності не виконується. Приклади сигналів, часовий зріз яких відповідає і не відповідає умові однозначності визначення їхньої тривалості, показані на рис. 3. а, б.

Умова однозначності визначення часової тривалості імпульсного сигналу для будь-якого значення рівня α , якщо він лежить в межах $0 < \alpha < U_{max}$, виконується для імпульсних сигналів, часовий зріз яких можна описати унімодальними функціями. Типові форми часових зрізів таких сигналів показані на рис. 4.

Аналіз типових форм сигналів, які можна описати унімодальними функціями, дає змогу ввести притаманні їм критеріальні ознаки.

Означення. Критерію однозначності визначення тривалості відповідають імпульсні тестові сигнали, часовий зріз яких описується функцією, яка в області визначення має три інтервали монотонності: інтервал монотонного зростання; інтервал стаціонарності; інтервал монотонного спадання.

Примітка. Загалом будь-який з означених інтервалів може містити лише одну точку.

У математичному аспекті функція описання повинна бути диференційованою на інтервалах з збереженням на них постійності знаку, а саме:

$$f'(U,t) > 0 \text{ – на інтервалі зростання;}$$

$$f'(U,t) = 0 \text{ – на інтервалі стаціонарності;}$$

$$f'(U,t) < 0 \text{ – на інтервалі спадання.}$$

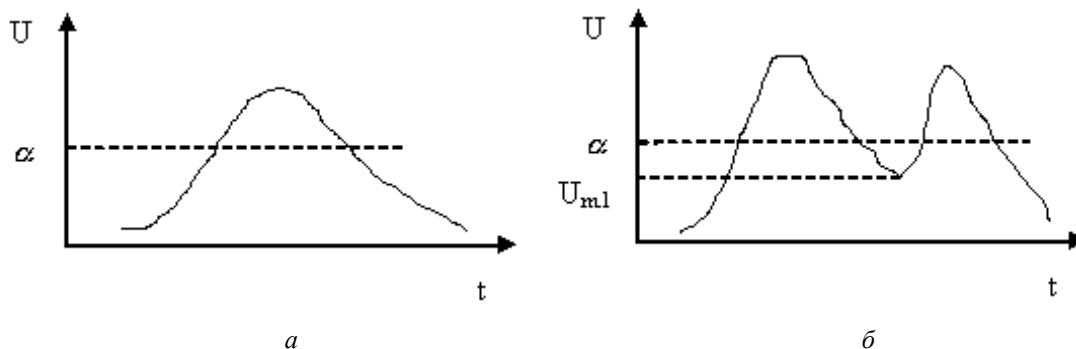


Рис. 3. Приклади тестових сигналів:
а – відповідає умові однозначності визначення тривалості;
б – не відповідає умові однозначності визначення тривалості

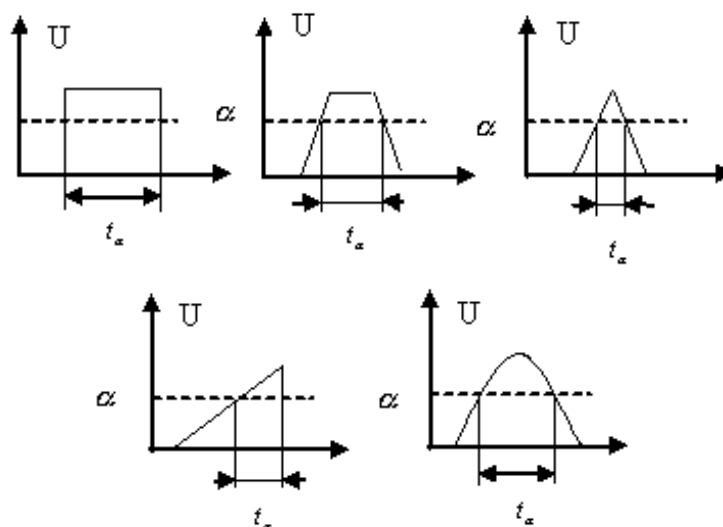


Рис. 4. Типові форми часових зрізів сигналів, що описуються унімодальними функціями

Організація вимірювальних каналів з часовим поданням вимірювальної інформації. Відповідно до визначення процедури вимірювань в інтервальних ІВС [1] узагальнена структура вимірювального каналу показана на рис. 5.

У показаній структурі ключова роль належить вимірювальному перетворювачеві з часовим представленням вимірювальної інформації (ВП&ЧПІ). На вхід цього перетворювача з генератора тестових імпульсних сигналів (ГТІС) подаються імпульси з відомими амплітудними та часовими параметрами. Крім того, на сенсорні елементи ВП&ЧПІ одночасно діють вимірювані фізичні величини (ВВ). Внаслідок цього на виході ВП&ЧПІ формується вихідний сигнал, часову тривалість якого на заданому α – рівні вимірюють за допомогою вимірювача часової тривалості імпульсних сигналів (ВЧТІ), і за значенням якої за допомогою функції перетворення знаходять значення вимірюваної фізичної величини.

Оскільки найважливішим елементом в розглянутій структурі є вимірювальний перетворювач, то визначимо основні вимоги до таких перетворювачів через формулювання та доведення теорем.

Теорема. У вимірювальних перетворювачах з унімодальними імпульсними тестовими сигналами будь-якої форми лінійна зміна амплітудного значення сигналу U_m не приводить до зміни його тривалості t_α на заданому α – рівні, що визначається у частках від амплітудного значення сигналу, за умови, що тривалість імпульсів на нульовому рівні залишається постійною $t_{U(t)=0} = const$.

Доведення. Для імпульсного сигналу, що має ідеальну прямокутну форму, доведення є тривіальним, оскільки зміна його амплітуди за визначенням не може призвести до зміни його тривалості незалежно від вибору значення α , як це показано на рис. 6.

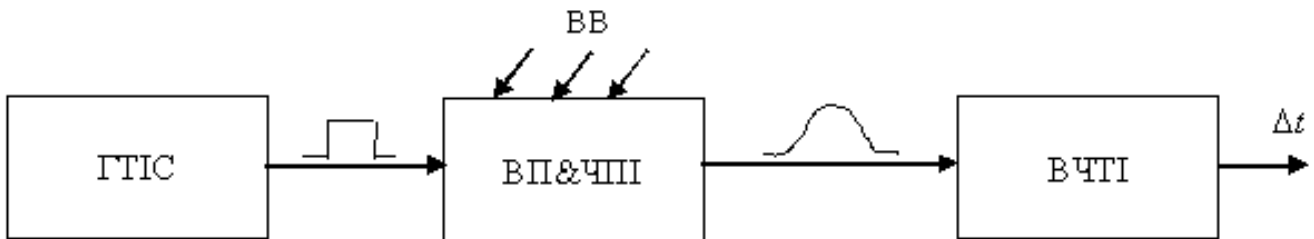


Рис. 5. Узагальнена структура вимірювального каналу з часовим представленням вимірювальної інформації.

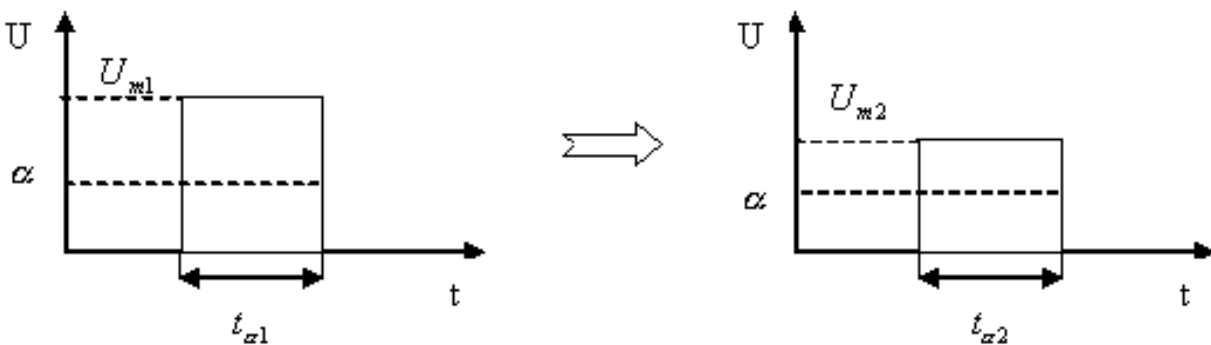


Рис. 6. Графічне доведення теореми для імпульсних сигналів прямокутної форми

Виконаємо доведення для сигналів з лінійно змінюваними фронтами. Нехай як тестовий імпульсний сигнал використовується трапецієподібний імпульс, часовий зріз якого показаний на рис. 7.

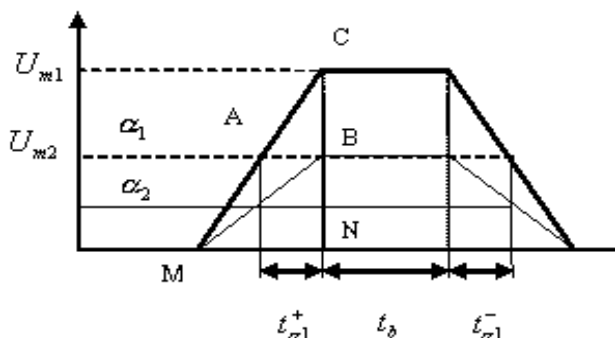


Рис. 7. Часовий зріз трапецієподібного імпульсу на вході та на виході вимірювального перетворювача.

Нехай внаслідок дії вимірюваної фізичної величини вхідний імпульсний сигнал зазнав лінійних перетворень, внаслідок яких його амплітуда знизилася із значення U_{m1} до значення U_{m2} . Причому $U_{m1} = 2U_{m2}$. Щоб не загроможувати рисунок прийемо значення рівня α , таким, що дорівнює $\alpha = \frac{1}{2}U_m$.

Часова тривалість вхідного тестового імпульсу на α -рівні буде утворена сумою трьох компонент

$$t_{\alpha 1} = t_{\alpha 1}^+ + t_b + t_{\alpha 1}^-, \quad (1)$$

де $t_{\alpha 1}^+$ – тривалість переднього фронту імпульсу визначена на α -рівні; t_b – тривалість вершини імпульсу (де виконується $\Delta U_m = 0$); $t_{\alpha 1}^-$ – тривалість заднього фронту імпульсу визначена на α -рівні.

Внаслідок симетрії форми імпульсу: $t_{\alpha 1}^+ = t_{\alpha 1}^- = t_{\alpha 1}^\pm$.

Тому формулу (1) можна записати у вигляді:

$$t_{\alpha 1} = t_b + 2t_{\alpha 1}^\pm. \quad (2)$$

Для визначення тривалості переднього фронту вхідного імпульсу розглянемо трикутник ABC. З елементарних геометричних правил випливає, що:

$$t_{\alpha 1}^+ = |AB| = |BC| / \operatorname{tg}\langle BAC \rangle = \frac{1}{2}U_{m1} / \operatorname{tg}\langle BAC \rangle. \quad (3)$$

Значення $\operatorname{tg}\langle BAC \rangle$ визначається з відношення:

$$\operatorname{tg}\langle BAC \rangle = \operatorname{tg}\langle NMC \rangle = \frac{|NC|}{|NM|} = \frac{U_{m1}}{t_{01}^+}, \quad (4)$$

де t_{01}^+ – тривалість переднього фронту імпульсу на нульовому рівні.

Після підстановки (4) в (3) отримаємо

$$t_{\alpha 1}^+ = \frac{1}{2}t_{01}^+. \quad (5)$$

Отже, як видно з (5), тривалість фронту імпульсу за умови, що $t_{01}^+ = \text{const}$ буде залежати лише від співвідношення часток, яке визначає рівень α . Оскільки це співвідношення залишається сталим

$$\frac{\alpha_1}{U_{m1}} = \frac{\alpha_2}{U_{m2}} = \frac{1}{2}, \quad (6)$$

то

$$t_{\alpha 1}^\pm = t_{\alpha 2}^\pm = \frac{1}{2}t_{01}^\pm. \quad (7)$$

Отже, при лінійному перетворенні амплітуди тестового імпульсного сигналу розглянутої форми його тривалість на визначеному α -рівні залишається незмінною.

Для закінчення доведення теореми розглянемо лінійне перетворення тестового імпульсного сигналу, що має фронти, які описуються нелінійними функціями. Для прикладу розглянемо імпульс з експоненційними фронтами. Один з варіантів можливої форми часового зрізу такого імпульсу показаний на рис. 8.

Як і в попередньому випадку форма імпульсу є симетричною, тому достатньо розглянути один з фронтів. Для прикладу виконаємо аналіз переднього фронту. Він описується рівнянням:

$$U(t) = \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)U_m, \quad (8)$$

де τ – стала часу експоненційного процесу.

Визначимо тривалість переднього фронту на α -рівні, який становить $\alpha = \frac{1}{2}U_m$. Для цього складемо рівняння:

$$U_m \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{1}{2}U_m \quad (9)$$

Його розв'язок:

$$t_\alpha^+ = \ln 2^\tau \quad (10)$$

Отже, і у такому разі тривалість імпульсу, що зазнає лінійних перетворень у вимірювальному перетворювачі, залишається незмінною на визначеному α -рівні. Теорема доведена.

Синтез функції перетворення вимірювального каналу з додатковим інтегровальним перетворенням вихідного сигналу вимірювального перетворювача. З'ясуємо принципову можливість визначення амплітудних змін тестового сигналу у вимірювальному перетворювачі з лінійною функцією перетворення внаслідок впливу на нього вимірювальної фізичної величини, визначивши часову тривалість на заданому α -рівні імпульсного процесу, який буде сформований внаслідок інтегровального перетворення.

Як відомо [5], інтегровальне перетворення електричних імпульсів здійснюється на основі класичних RC, або RL – кіл. Якщо на вході буде діяти напруга у вигляді одиничного імпульсу, то вихідна напруга буде відповідати перехідній характеристиці

$$U_{вих}(t) = h(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau_0}} \quad (11)$$

Загалом вихідна напруга буде визначатися класом функцій, що експоненційно зростають

$$U_{вих}(t) = U_{вих}(t \rightarrow \infty) - (U_{вих}(t \rightarrow \infty) - U_{вих}(t = 0))e^{-\frac{t}{\tau_0}} \quad (12)$$

Значення часової тривалості функції, що описує вихідну напругу між моментами часу t_1 і t_2 , можна знайти з рівняння

$$\Delta T = t_2 - t_1 = \tau_0 \ln \left[\frac{U_{вих}(t \rightarrow \infty) - U_{вих}(t_2)}{U_{вих}(t \rightarrow \infty) - U_{вих}(t_1)} \right] \quad (13)$$

Для визначення часової тривалості фронту імпульсу, що експоненційно зростає між моментами досягнення його амплітудою рівнів α_1 і α_2 , які визначаються у частках від U_{max} , формулу (13) можна записати у вигляді:

$$\Delta T_{(\alpha_2 \div \alpha_1)} = \tau \ln \left[\frac{U_{max} - \alpha_2 U_{max}}{U_{max} - \alpha_1 U_{max}} \right] \quad (14)$$

$$\Delta T_{(\alpha_2 \div \alpha_1)} = \tau \ln \left[U_{max} \left(\frac{1 - \alpha_2}{1 - \alpha_1} \right) \right] = \tau \left(\ln U_{max} + \ln \left(\frac{1 - \alpha_2}{1 - \alpha_1} \right) \right) \quad (15)$$

Оцінка похибки інтегровального перетворення.

Загалом функція, що описує вихідну напругу інтегратора на основі RC-кола, повинна залежати не лише від власних значень параметрів R і C, але і від параметрів джерела сигналу і вхідного опору навантаження. Тому для дотримання умови відсутності впливу джерела сигналу і навантаження необхідно, щоб внутрішній опір першого наближався до нульового значення $R_{вн} \rightarrow 0$, а опір іншого прямував до нескінченності $R_n \rightarrow \infty$. Максимально наблизитися до виконання зазначених умов можна за допомогою схеми, зображеної на рис. 9.

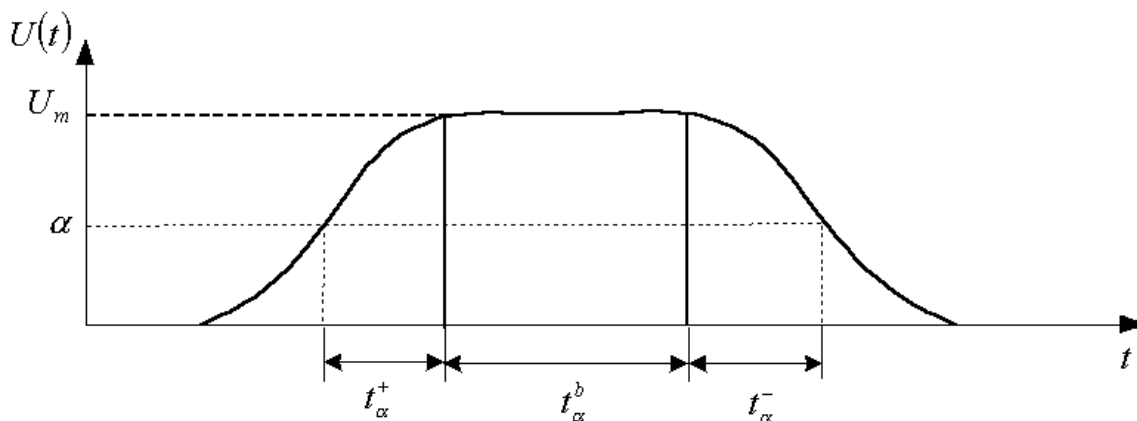


Рис. 8. Зображення часового зрізу імпульсу з нелінійною формою фронтів

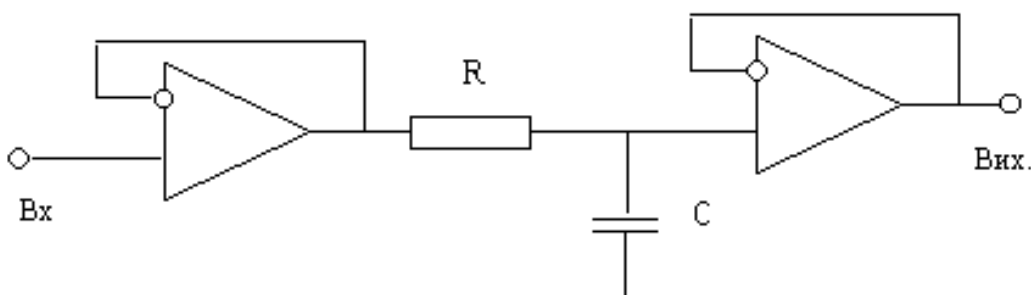


Рис. 9. Блок iнтегрального перетворення.

Показане на рисунку схемотехнiчне рiшення дає змогу зберегти всi особливостi здiйснення iнтегрального перетворення вихiдного сигналу вимiрювального перетворювача i водночас видокремлює джерело сигналу i навантаження. Отже, залежнiсть для вихiдної напруги набуде вигляду:

$$U_{вих.} = \frac{1}{RC} \int_0^{t_i} (U_{вх.}(t) - U_{вих.}(t)) dt. \quad (16)$$

Вона має двi складовi, що в явному виглядi вiдповiдає формулi:

$$U_{вих.} = U_{iнн.}(t) - \tilde{U}_{вих.}(t), \quad (17)$$

де складова

$$\tilde{U}_{вих.}(t) = \frac{1}{RC} \int_0^{t_s} U_{вих.}(t) dt, \quad (18)$$

визначає похибку iнтегрування, а складова

$$U_{iнн.}(t) = \frac{1}{RC} \int_0^{t_i} U_{вх.}(t) dt, \quad (19)$$

буде результатом точного iнтегрування.

Для визначення похибки з точнiстю до величини другого порядку малостi пiдставимо в рiвняння для похибки результат точного iнтегрування

$$\tilde{U}_{вих.}(t) = \frac{1}{(RC)^2} \int_0^{t_s} \int_0^{t_i} U_{вх.}(t) dt. \quad (20)$$

Отже, отримана формула дає змогу оцiнювати похибку iнтегрального перетворення за умови, що

$$|U_{вих.}(t)| < |U_{вх.}(t)| \forall t \in [0; \infty]. \quad (21)$$

Синтез функцiї перетворення вимiрювального каналу з додатковим iнтегральним перетворенням тестових iмпульсiв. Нехай тестовий сигнал має форму прямокутного iмпульсу з амплiтудою U_{max} , та тривалiстю $t_{i.вх.}$. Вхiдний сигнал i сигнал з виходу блока iнтегрування показанi на рис. 10.

Математичну модель вхiдного сигналу можна записати у виглядi:

$$U_{вх.}(t) = U_{max} \quad \forall t \in [0; t_{i.вх.}]. \quad (22)$$

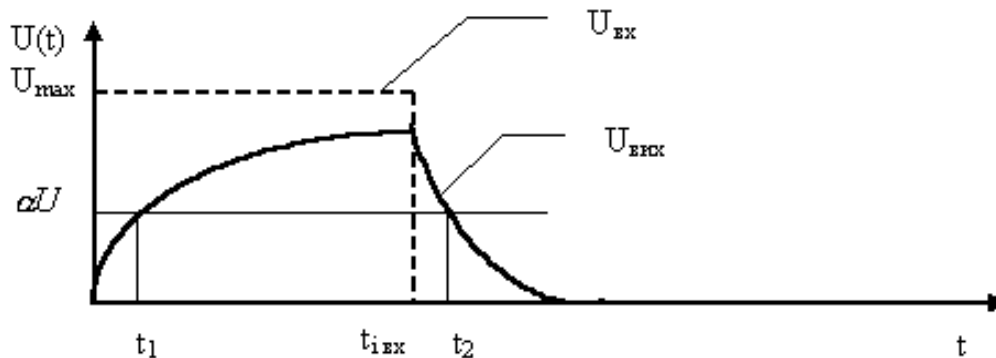


Рис. 10. Схематичне зображення до питання визначення тривалостi на α -рiвнi

Вихідний сигнал можна подати як суму двох компонент: сигналу, що формується на інтервалі тривалості вхідного імпульсу $U_{вих.1}(t)$ і сигналу $U_{вих.2}(t)$, що формується після його закінчення.

$$U_{вих.1}(t) = U_{max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \forall t \in [0; t_{i.вх.}] \quad (23)$$

$$U_{вих.2}(t) = U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \forall t \geq t_{i.вх.} \quad (24)$$

Цілком логічним є визначення тривалості вихідного імпульсного процесу додаванням окремо визначених часових інтервалів тривалості кожної з зазначених компонент цього сигналу на заданому α -рівні. Характерно, що значення α -рівня можна визначати у частках від U_{max} або від максимального значення $U_{вих.1}(t)$.

Результуюча тривалість вихідного імпульсного процесу на α -рівні від U_{max} визначається за співвідношенням:

$$\Delta T_{\Sigma} = \tau \ln \alpha - \tau \ln \left[\frac{\alpha}{e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1} \right] = \tau \ln \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \quad (25)$$

$$= \tau \ln \alpha - \tau \ln \left[\frac{\alpha}{e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1} \right] = \tau \ln \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \quad (25)$$

Отриманий результат має тільки теоретичну цінність, оскільки з цього співвідношення можна в явному вигляді обчислити тільки часову тривалість вхідного імпульсу, а визначення його амплітуди неможливе.

Виконаємо дослідження на предмет аналітичного визначення часової тривалості вихідного імпульсного процесу на α -рівні, що визначається у частках від $U_{вих.маx}$, причому апіорі цей рівень можна взяти сталим, за умови, що за будь-яких значень вимірюваних величин, $U_{вих.маx}$ залишатиметься істотно більшим від цього рівня.

Складемо рівняння для визначення моменту часу t_1

$$\alpha U_{вих.маx} = U_{max} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right) \quad (26)$$

Результатом його розв'язання є :

$$t_1 = -\tau \ln \left(1 - \alpha \frac{U_{вих.маx}}{U_{max}} \right) = \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) + \ln \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \approx \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) \quad (27)$$

Отже, часову тривалість першої компоненти знайдемо із співвідношення:

$$\Delta t_1 = t_{i.вх.} + \tau \ln \left(1 - \alpha \frac{U_{вих.маx}}{U_{max}} \right) \quad (28)$$

Для визначення моменту часу t_2 відповідне рівняння має вигляд:

$$\alpha U_{вих.маx} = U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1) e^{-\frac{t_2}{\tau}} \quad (29)$$

Його розв'язком буде залежність:

$$t_2 = -\tau \left(\ln \alpha + \ln \left(\frac{U_{вих.маx}}{U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1)} \right) \right) \quad (30)$$

Відповідна аналітична залежність для визначення тривалості другої компоненти

$$\Delta t_2 = \tau \ln \left(\frac{U_{вих.маx} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1)}{\alpha U_{max}} \right) - t_{i.вх.} \quad (31)$$

Співвідношення для визначення результуючої тривалості вихідного імпульсного процесу на α -рівні, що визначається у частках від $U_{вих.маx}$, має вигляд:

$$\Delta \dot{T} = \Delta t_1 + \Delta t_2 \quad (32)$$

$$\Delta \dot{T} = \tau \ln \left(1 - \alpha \frac{U_{вих.маx}}{U_{max}} \right) + \tau \ln \left(\frac{U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1)}{\alpha U_{вих.маx}} \right) \quad (33)$$

Після деяких перетворень остаточною формулою набуває вигляду:

$$\Delta \dot{T} = \tau \ln \left(\frac{U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1)}{\alpha U_{вих.маx}} - \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \right) \quad (34)$$

Якщо врахувати, що $\tau \gg t_{i.вх.}$ і знехтувати членами другого порядку малості, то результуюча формула набуває вигляду:

$$\Delta \dot{T} \approx \ln \left(\frac{U_{max} (e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1)}{\alpha U_{вих.маx}} \right) = \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) + \ln \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \approx \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) \quad (35)$$

$$\Delta \dot{T} \approx \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) + \ln \left(e^{\frac{t_{i.вх.}}{\tau}} - 1 \right) \approx \ln \left(\frac{U_{max}}{\alpha U_{вих.маx}} \right) \quad (35)$$

За допомогою останнього співвідношення можна розв'язати задачу визначення амплітудного значення імпульсного сигналу первинного вимірювального перетворювача за виміряним значенням часової тривалості

імпульсного процесу на α -рівні, що визначається у частках від $U_{\text{вих.max}}$ на виході блока інтегрування. Відповідне рівняння в першому наближенні має вигляд:

$$U_{\text{max}} \approx \alpha U_{\text{вих.max}} e^{\Delta T}. \quad (36)$$

Для точного визначення цієї залежності необхідно повернутися до (34), звідки можна отримати такі співвідношення:

$$U_{\text{max}} = \alpha U_{\text{вих.max}} \left(\frac{e^{-\frac{\Delta T}{\tau}}}{e^{-\frac{t_{i.ox}}{\tau}} - 1} + 1 \right). \quad (37)$$

Враховуючи те, що $t_{i.ox} = \text{const}$, введемо таке позначення:

$$e^{-\frac{t_{i.ox}}{\tau}} - 1 = \text{const} = b. \quad (38)$$

Тоді формулу (37) можна записати у вигляді:

$$U_{\text{max}} = \frac{\alpha}{b} U_{\text{вих.max}} e^{-\frac{\Delta T}{\tau}} + \alpha U_{\text{вих.max}}. \quad (39)$$

Отже, отримані співвідношення дають змогу без використання аналого-цифрових перетворювачів лише за допомогою вимірювання часової тривалості на рівні $\alpha U_{\text{вих.max}}$ проінтегрованих прямокутних тестових імпульсів, отриманих на виході вимірювального перетворювача, отримати цифрове значення амплітуди імпульсного сигналу первинного вимірювального перетворювача.

Висновки.

1) Розглянуті концептуальні положення, які лежать в основі синтезу ІВС з використанням вимірю-

вальних каналів з часовим поданням вимірювальної інформації.

2) Виконаний аналіз імпульсних тестових сигналів, придатних для застосування в цих ІВС.

3) Подана узагальнена структура вимірювального каналу з часовим поданням вимірювальної інформації.

4) Сформульована і доведена теорема про відсутність зміни тривалості тестового імпульсу, на фіксованому стосовно максимального значення рівні, на виході вимірювального перетворювача з лінійною функцією перетворення.

5) Виведена аналітична залежність для функції перетворення вимірювального каналу з додатковим інтегровальним перетворенням.

1. Шабатура Ю.В. *Основи теорії і практики інтервального вимірювань*. – Вінниця, 2003. 2. Поджаренко В.О., Шабатура Ю.В. *Математичні моделі, як засоби аналізу та синтезу ІВС інтервального типу* // *Вісник технологічного університету Поділля*. – 2004, №2. – с. 159-162. 3. Шабатура Ю.В. *Структурний метод синтезу вимірювальних перетворювачів з часовим представленням інформації* // *Матеріали I міжнар. конф. "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування"*. – Вінниця. – 2005 – С. 130–131. 4. Шабатура Ю.В. *Вимірювальний перетворювач фізичних величин в інтервал часу: Патент на корисну модель №5783*. Україна, МКИ G01R27/00; Заявл. 21.03.04; Опубл. 15.03.05, Бюл. №3. 5. Старостин А.В. *Импульсная техника*. – М., 1973.