

## **ЦИФРОВИЙ МАСШТАБНО-ЧАСОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПОДИНОКИХ І РІДКО ПОВТОРЮВАНИХ СИГНАЛІВ З АВТОМАТИЧНИМ ВИМІРЮВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ДОСЛІДЖУВАНИХ СИГНАЛІВ**

© Боднар Р.В., 2005

**Розглянуто метод побудови цифрового масштабно-часового перетворювача поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів з автоматичним вимірюванням амплітудних і часових параметрів досліджуваних сигналів. Проаналізовано похибки методу.**

**The method of the construction of the digital time-scale converter of the single and rarely recurrent signals of nano- and picosecond bands with the automatic measurement of the amplitude and time parameters of the investigated signals is carried out. The error analysis in the method is made.**

### **1. Постановка проблеми**

Для реєстрації поодиноких і рідко повторюваних сигналів наносекундного діапазону і вимірювання їх параметрів використовують цифрові масштабно-часові перетворювачі.

Однією із основних проблем, яку потрібно вирішити для побудови сучасних цифрових масштабно-часових перетворювачів – це забезпечення автоматичного вимірювання амплітудних і часових параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів.

Розв'язання вищенаведеної задачі актуальне і значною мірою необхідне для оперативних досліджень одноразових процесів в атомній енергетиці, в ядерній фізиці, в лазерній техніці, в радіолокації та в інших галузях науки і техніки, які пов'язані з реєстрацією і швидким вимірюванням параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазону. Параметри вищенаведених сигналів дають інформацію про стан досліджуваної системи.

### **2. Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Відомий високочастотний реєстратор [1] зі смугою пропускання 0–10 ГГц і похибкою перетворення 1 %, в якому вимірювання амплітудно-часових параметрів досліджуваних сигналів виконується за шкалою індикатора або за допомогою маркерів. Маркери ручним способом суміщають з точками на сигналі для вимірювання відповідних амплітудних або часових параметрів досліджуваного сигналу. Вищенаведений метод вимірювання є неприйнятним для значної кількості вимірювань.

Сьогодні потрібні реєстратори поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів з автоматичним режимом реєстрації і автоматичним вимірюванням амплітудно-часових параметрів .

### **3. Мета роботи**

Метою роботи є дослідження методів побудови цифрових масштабно-часових перетворювачів з режимом автоматичної реєстрації поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів і автоматичним вимірюванням їх амплітудно-часових параметрів.

### **4. Цифровий масштабно-часовий перетворювач поодиноких і рідко повторюваних сигналів з автоматичним вимірюванням параметрів досліджуваних сигналів**

Значні успіхи в розвитку засобів обчислювальної техніки, цифрових методів вимірювання і мікроелектронної елементної бази створили технічні передумови для розробки і широкого

впровадження в різних галузях науки і техніки цифрових масштабно-часових перетворювачів (ЦМЧП). ЦМЧП відрізняються від аналогових приладів більшою функціональністю, вищою точністю, можливістю запам'ятовувати поодинокі і періодичні сигнали і реєструвати “передісторію” сигналу.

ЦМЧП дають змогу здійснювати внутрішню, за допомогою власних мікропроцесорних пристроїв, або зовнішню (на основі персональних комп'ютерів або потужніших ЕОМ) цифрову обробку сигналів, що значно покращує їх метрологічні характеристики і, отже, достовірність одержаної за допомогою них інформації.

Розробка методів автоматичної реєстрації сигналів і автоматичного вимірювання параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів дасть змогу оперативно вводити одержану інформацію в ЕОМ і у такий спосіб автоматизувати процес реєстрації і вимірювань

Для побудови ЦМЧП з автоматичним вимірюванням амплітудно-часових параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазону можна використати структуру, яка показана на рис.1. В структурну схему ЦМЧП (рис. 1) входять такі пристрої: підсилювач вертикального відхилення 1, комутатор зміщення 2, генератор кадрової розгортки 3, пристрій керування 4, спеціальна електронно-променева трубка 5, комутатор розгортки 6, генератор рядкової розгортки 7, ЦАП усталеного значення досліджуваного сигналу 8, підсилювач зчитування 9, ЦАП максимального значення досліджуваного сигналу 10, генератор розгортки запису 11, регістр коду тривалості фронту 12, пристрій кодування 13, регістр коду максимального значення досліджуваного сигналу 14, регістр коду тривалості спаду 15, регістр коду тривалості досліджуваного сигналу на рівні 0,5 16, компаратор кодів 17 і регістр коду попереднього значення 18.

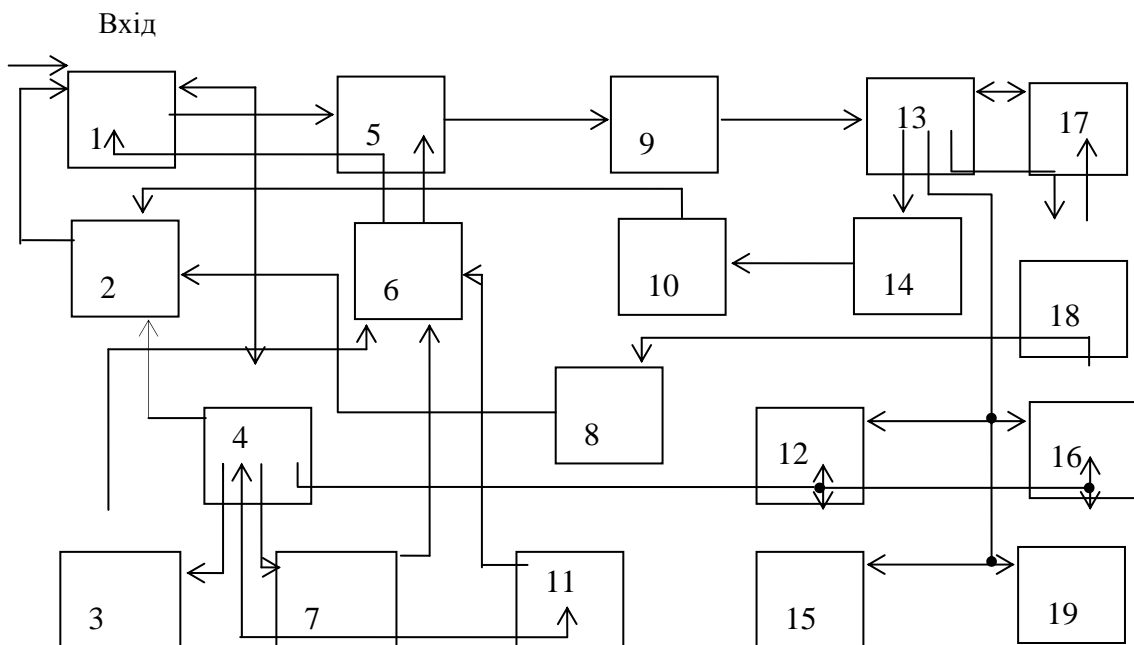


Рис.1. Структурна схема ЦМЧП для автоматичного вимірювання амплітудно-часових параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів

Прилад працює так. Вхідний досліджуваний сигнал  $A(t)$  підсилюється в підсилювачі 1 до необхідного значення  $B(t)$  і надходить на сигнальний вхід електронно-променевої трубки 5, на часовий вхід якої надходить через комутатор розгортки 6 пилкоподібна напруга розгортки запису. Генератор розгортки запису 11 запускається сигналом, який формується в підсилювачі 1 і надходить через пристрій керування 4 на вхід синхронізації генератора розгортки запису 11. В результаті дії вхідного досліджуваного сигналу, пилкоподібної напруги розгортки запису 11 і

імпульсу підсвічування, який формується в генераторі розгортки запису 11 і надходить через комутатор розгортки 6 на катод ЕПТ 5, на мішені ЕПТ 5 записується у вигляді потенціального рельєфу досліджуваній сигнал  $V(t)$ . Імпульсом кінця розгортки запису, який формується генератором розгортки запису 11, через пристрій керування 4 ЦМЧП переводиться в режим зчитування. У цьому режимі блокуються генератор розгортки запису 11 і сигнальний вхід ЦМЧП та розблоковуються генератори рядків і кадрів (генератори растра зчитування). Растр зчитування сканує мішень ЕПТ 5, внаслідок чого на вхід підсилювача зчитування 9 з виходу ЕПТ надходить сигнал зчитування, який формується при перетині рядків зчитування з потенціальним рельєфом записаного на мішені досліджуваного сигналу. Підсилені до необхідної для кодування амплітуди в підсилювачі зчитування 9 імпульси зчитування надходять на вхід пристрою кодування 13. У пристрої кодування 13 миттєві значення нормованого сигналу  $V(t)$ , в моменти перетинання  $t_k$  (рис. 2, б) потенціального рельєфу досліджуваного сигналу на мішені рядками розгортки зчитування, перетворюються в цифрові еквіваленти  $N(t_k)$ . Цифровий еквівалент (код), який формується при перетині рельєфу досліджуваного сигналу на мішені першим рядком, записується в реєстр максимального значення 14 і в реєстр попереднього значення 18. Код другого рядка надходить на перший вхід компаратора кодів 17, в якому порівнюється з кодом попереднього значення, який надходить з реєстра попереднього значення на другий вхід компаратора кодів 17. Якщо код другого рядка більший від коду першого рядка, в реєстр максимального значення 14 і в реєстр попереднього значення 18 записується код другого рядка. Якщо код другого рядка менший від коду першого рядка, то вміст реєстрів 14 і 18 не змінюється. Внаслідок зчитування досліджуваного сигналу растром зчитування в реєстрі максимального значення 14 буде записаний код максимального значення сигналу  $U_m$ , а цифрові еквіваленти  $N(t_k)$  досліджуваного сигналу записуються в пристрій запам'ятовування 19. Код максимального значення сигналу  $U_m$  з реєстра 14 надходить на цифрові входи ЦАП 10. Напруга максимального значення сигналу з виходу ЦАП 10 надходить у комутатор зміщення 2, в якому за допомогою відповідного дільника формується рівень зчитування, що дорівнює  $U_m/2$ . Пристрій керування 4 встановлює на виході комутатора зміщення 2 рівень зчитування, що дорівнює  $U_m/2$ , переводить ЦМЧП в режим зчитування часових інтервалів, в якому рядки зчитування за допомогою комутатора розгортки 6 подаються на часовий вхід ЕПТ 5 і один раз запускає генератор рядків 7. Рядок зчитування один раз здійснює зчитування потенціального рельєфу досліджуваного сигналу на рівні  $U_m/2$  (лінія вг на рис. 2, а) і пристроєм кодування 13 кодується тривалість  $T_1$  досліджуваного сигналу на рівні  $U_m/2$ . З запам'ятовуючого пристрою 19 з комірки за адресою  $T_1/2$  код усталеної амплітуди досліджуваного сигналу ( $U_y$  на рис. 2, а) надходить на цифрові входи ЦАП 8, напруга усталеного рівня досліджуваного сигналу, з виходу якого надходить на другий вхід комутатора рівнів 2. У комутаторі рівнів 2 за допомогою дільника формуються рівні 0,1; 0,5; 0,9 від  $U_y$ . Пристрій керування 4 по черзі встановлює на виході комутатора зміщення 2 рівні зчитування 0,1; 0,5 і 0,9 від усталеного значення  $U_y$ . Після встановлення рівня зчитування 0,1 пристрій керування 4 запускає генератор рядків 7, який формує один рядок зчитування (рядок зчитування зк на рис. 2, а). У цьому режимі пристроєм кодування 13 кодуються інтервали часу  $t_1 t_2, t_2 t_6$  і  $t_6 t_7$ . Для кодування часових інтервалів у пристрої кодування 13, крім імпульсів зчитування використовуються імпульси початку і кінця рядка (рис. 2, б), які формуються в генераторі рядкової розгортки 7. На рівні 0,5 кодується інтервал часу  $t_3 t_3^1$  – тривалість сигналу на рівні 0,5. На рівні 0,9 кодують інтервали часу  $t_1 t_4, t_4 t_5, t_5 t_7$ . Очевидно, що інтервал часу

$$t_\phi = t_1 t_4 - t_1 t_2 \quad (1)$$

дорівнює тривалості фронту  $t_\phi$  досліджуваного сигналу між рівнями 0,1 – 0,9 і інтервал часу

$$t_c = t_5 t_7 - t_6 t_7 \quad (2)$$

дорівнює тривалості спаду  $t_c$  досліджуваного сигналу між рівнями 0,1 – 0,9. Тривалості часу  $t_2 t_6$  і  $t_4 t_5$  називаються тривалістю досліджуваного сигналу на рівнях відповідно 0,1 і 0,9.

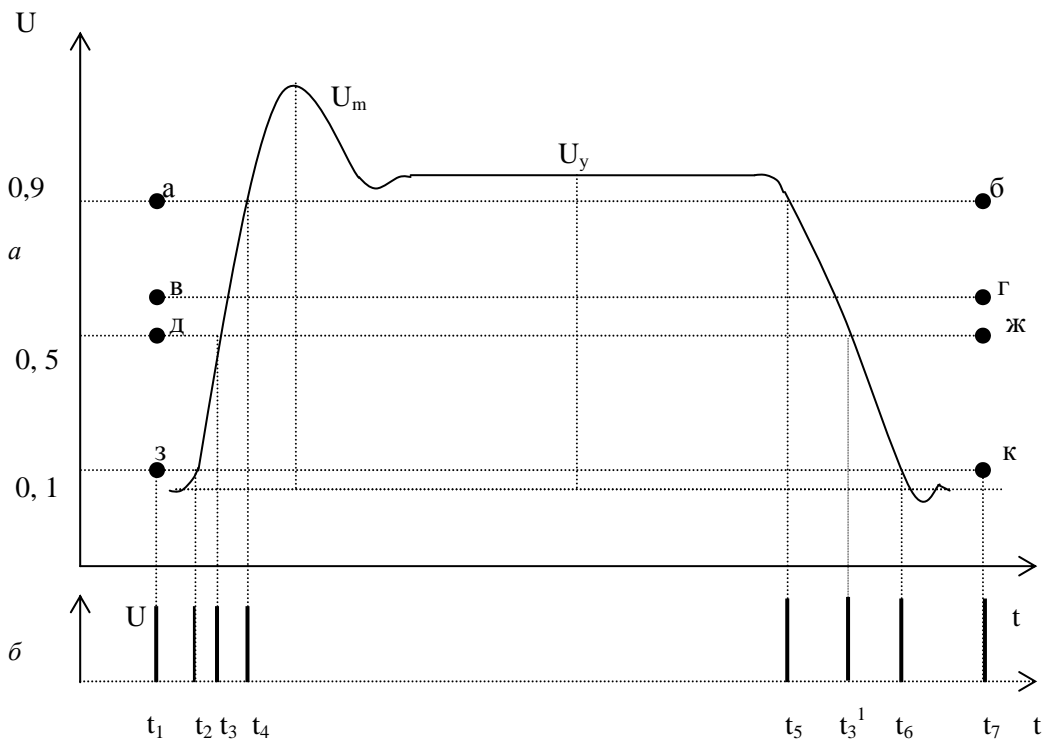


Рис. 2. Порядок зчитування досліджуваного поодинокого сигналу, який записаний на мішені ЕПТ у вигляді потенціального рельєфу

Коди вищенаведених часових інтервалів і амплітуд з відповідних регістрів надходять у блок індикації (на структурній схемі не показано), де перетворюються у відповідні для індикації сигнали амплітудно-частотних параметрів досліджуваних сигналів, які відображаються на екрані пристрою.

Знайдемо вираз для похибки вимірювання методу. Загалом похибка автоматичного вимірювання  $\delta$  часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів має вигляд:

$$\delta = \delta_{p1} + \delta_{p2} + \delta_y + \delta_n + \delta_k, \quad (3)$$

де  $\delta_{p1}$  – складова похибки від нестабільності тривалості пілкоподібної напруги генератора розгортки запису;  $\delta_{p2}$  – складова похибки від нестабільності тривалості пілкоподібної напруги генератора розгортки зчитування;  $\delta_y$  – складова похибки від кінцевого значення частоти тактів і її нестабільності при кодуванні усталеної напруги досліджуваного сигналу;  $\delta_n$  – складова похибки від нестабільності резисторів подільника;  $\delta_k$  – складова похибки від нестабільності пристрою кодування при кодуванні інтервалів часу.

З урахуванням методів корекції похибок [2, 3] знайдено, що складова похибки генератора розгортки запису не перевищує 1 % і складова похибки генератора розгортки зчитування не більша за 0,18 %.

Очевидно, що напруга на виході подільника (рівень зчитування) дорівнює:

$$U_p = \frac{U_y}{R_1 + R_2} \cdot R_2, \quad (4)$$

де  $U_p$  – рівень зчитування;  $R_1$  і  $R_2$  – резистори подільника.

Формула для знаходження складової похибки подільника, враховуючи (4), має вигляд:

$$\delta_n = \delta_y + \delta_{R_2} - \delta_{R_1+R_2},$$

де  $\delta_{R_2}$  і  $\delta_{R_1+R_2}$  – складові похибки від нестабільності резисторів  $R_2$  і  $R_1 + R_2$ .

Максимальне значення складової похибки подільника дорівнює:

$$\delta_n = \delta_y + \delta_{R_2} + \delta_{R_1+R_2} \quad (5)$$

З урахуванням (3) і (5) формула для обчислення похибки автоматичного вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів набуде вигляду:

$$\delta = 1,18 + 2\delta_y + \delta_\kappa + \delta_{R_2} + \delta_{R_1+R_2} \cdot \quad (6)$$

При виборі високої тактової частоти (період тактової частоти становить 0,001 і менший від вимірюваного інтервалу) і точних резисторів для подільника, похибка вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів  $\delta$  становитиме не більше ніж 1,5 %.

Очевидно, що формула для обчислення  $\delta_a$  – похибки вимірювання усталеного значення амплітуди дослідженого сигналу – буде мати вигляд:

$$\delta_a = 1,18 + \delta_y$$

і при виборі відповідної тактової частоти становитиме не більше ніж 1,5 %.

### Висновки

1. Запропоновано спосіб автоматичного вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів, який забезпечить автоматизацію процесів реєстрації і вимірювання параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів.

2. Похибка автоматичного вимірювання часових і амплітудних параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів становитиме не більше ніж 1,5 %.

1. *Каталог продукции предприятий Минатома России.* – М., 2000. 2. *Авдеев В.А., Боднар Р.В. Применение быстродействующего цифроаналогового преобразователя в качестве развертки считывания с запоминающей электронно-лучевой трубкию Техника средств связи. Серия РТ. Выпуск 3.* – М., 1977. 3. *Боднар Р.В. Перетворювачі поодиноких і рідко повторюваних сигналів. Кандидатська дисертація.* – Л. 2001.

УДК 547.381.5

**Р.Б. Никифорчин, І.О. Процько**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра систем автоматизованого проектування

## ФОРМУВАННЯ БЛОЧНО-МАТРИЧНИХ СТРУКТУР ДЛЯ АЛГОРИТМІВ ГАРМОНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДАНИХ

© Никифорчин Р.Б., Процько І.О., 2005

Для прийняття рішень з організації обчислення гармонічних дискретних перетворень даних змінних обсягів використовується сформований циклічний розклад підстановки, який визначається на основі базисної матриці перетворень. Розглянуто програмну реалізацію і результати формування блочно-матричних структур за циклічним розкладом підстановки для алгоритмів перетворення даних.

The passing decisions for synthesis efficient algorithm calculation of the harmonic discrete transforms the arbitrary size of data are used the formed cycle decomposition of substitution what determine for the discrete basis matrix of transform. Program implementation and results of the constructed block-matrix structures on base of the cycle decomposition of substitution for algorithm of the harmonic discrete transforms is considered.

### Вступ

Підвищення загального рівня динамічних досліджень зумовило необхідність створення ефективніших і гнучкіших вимірювальних засобів для розв'язання багатьох прикладних задач. В різноманітних задачах відтворювання інформації широко використовують ефективні алгоритми