

ВИКОРИСТАННЯ ДВОРІВНЕВИХ ЦИФРОВИХ СИНТЕЗАТОРІВ ЧАСТОТИ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ ДОЗИМЕТРИЧНИХ ДЕТЕКТОРІВ

Наведено та проаналізовано структуру пристрою для імітації вихідних сигналів дозиметричних детекторів, яка побудована на основі дворівневого цифрового синтезатора частоти з двома комбінаційними суматорами

Structure of device for dosimetric detectors output signals imitation has been shown and has been analysed. This structure is based on bilevel digital frequency synthesizer with two combinational adders.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

В процесі налагодження і перевірки дозиметричних пристроїв виникає потреба в імітації вихідних сигналів дозиметричних детекторів (ДД), оскільки виконання цих процедур із використанням джерел іонізаційного випромінювання пов'язано з певними складностями [1]. При цьому необхідно враховувати індивідуальні параметри ДД. До таких параметрів, в – першу чергу, належать чутливість і мертвий час детектора.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою статті є опублікування результатів теоретичних досліджень, які можна застосувати для створення засобів імітації вихідних сигналів дозиметричних детекторів з урахуванням їх мертвого часу і чутливості.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Проведемо розрахунок параметрів дворівневого цифрового синтезатора частоти (ДЦСЧ) для відтворення вихідного сигналу ДД за таких умов:

- діапазон потужності експозиційної дози (ПЕД) – $\lambda_{\min} \div \lambda_{\max}, \left[\frac{i\epsilon D}{\tilde{a}\tilde{a}} \right]$;
- крок зміни ПЕД – $\Delta\lambda, \left[\frac{i\epsilon D}{\tilde{a}\tilde{a}} \right]$;

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

– чутливість ДД – $\gamma, \left[\frac{\Gamma_H}{\text{мкР}/\text{год}} \right]$;

мертвий час ДД – τ_m [с].

Для вирішення поставленої задачі використаємо ДЦСЧ, побудований на основі двох комбінаційних суматорів, середня вихідна частота якого визначається рівнянням [2]:

$$f_{\text{або}} = \frac{Y_1}{N_m - Y_2} \cdot f_0. \quad (1)$$

Середня вихідна частота ДД визначається так [3]

$$f_{\text{або}} = \frac{\lambda \cdot \gamma}{1 + \lambda \cdot \gamma \cdot \tau_i}. \quad (2)$$

При $\tau_m = 0$ маємо:

$$f_{\text{вих}} = \lambda \cdot \gamma. \quad (3)$$

Враховуючи (3) можна знайти діапазон і крок зміни вихідних частот ДД:

$$f_{\text{вих}_{\min}} = \lambda_{\min} \cdot \gamma. \quad (4)$$

$$f_{\text{вих}_{\max}} = \lambda_{\max} \cdot \gamma. \quad (5)$$

$$\Delta f_{\text{вих}} = \Delta \lambda \cdot \gamma. \quad (6)$$

Визначимо кількість двійкових розрядів m і значення керуючого коду Y_2 , що задовольняють заданим умовам.

Із (1) випливає:

$$Y_2 = 2^m - Y_1 \cdot \frac{f_T}{f_{\text{вих}}}. \quad (7)$$

Якщо зміна значень вихідних частот ДЦСЧ, що відповідає зміні ПЕД, відбувається у відповідності до зміни значень керуючого коду Y_1 , тоді логічно допустити, що

$$\text{при } Y_1=1 \rightarrow f_{\text{вих}} = f_{\text{вих}_{\min}} = \Delta f_{\text{вих}}. \quad (8)$$

Отже, при $Y_1 = 1$:

$$Y_2 = 2^m - \frac{f_T}{f_{\text{вих}}}. \quad (9)$$

Звідси випливає умова

$$2^m \geq \frac{f_T}{\Delta f_{\text{вих}}}, \quad (10)$$

з якої знаходимо значення m

$$m = \left\lceil \log_2 \left(\frac{f_T}{\Delta f_{\text{вих}}} \right) \right\rceil, \quad (11)$$

де квадратні дужки означають виділення найменшого цілого числа рівного чи більшого виразу в дужках. Після цього знаходиться значення Y_2 за формулою (9).

Наведемо приклад. Нехай потрібно відтворити вихідний сигнал ДД за таких умов:

$$\begin{aligned} \text{діапазон ПЕД} - \lambda_{\min} \div \lambda_{\max} &= 1 \div 500000, \left[\frac{\text{МКР}}{\text{год}} \right]; \\ \text{крок зміни ПЕД} - \Delta\lambda &= 1 \left[\frac{\text{МКР}}{\text{год}} \right]; \\ \text{чутливість ДД} - \gamma &= 0,2 \left[\frac{\Gamma\text{ц}}{\text{МКР}/\text{год}} \right]; \\ \text{мертвий час ДД} - \tau_m &= 0 \text{ [с]}; \\ \text{частота тактового генератора } f_T &= 1 \text{ [МГц]}. \end{aligned} \tag{11}$$

маємо:

$$f_{\text{вих, min}} = 0,2[\Gamma\text{ц}] \tag{12}$$

$$f_{\text{вих, max}} = 100'000[\Gamma\text{ц}] \tag{13}$$

$$\Delta f_{\text{вих}} = 0,2[\Gamma\text{ц}] \tag{14}$$

$$m = \left\lceil \log_2 \left(\frac{10^6}{0,2} \right) \right\rceil = \lceil \log_2 5'000'000 \rceil = 23, \tag{15}$$

$$Y_2 = 2^{23} \cdot \frac{10^6}{0,2} = 3'388'608. \tag{16}$$

В табл.1 наведені вихідні частоти ДЦСЧ, відповідні їм керуючі коди і ПЕД для даного прикладу.

Таблиця 1

Параметри ДЦСЧ для прикладу А

Y_2	$f_{\text{вих}}, [\Gamma\text{ц}]$	ПЕД, [МКР/год]
1	0,2	1
2	0,4	2
.....
499999	999998,8	499999
500000	100000	500000

Наведемо другий приклад, який відрізняється від попереднього лише тим, що чутливість ДД становить $\gamma = 0,21 \left[\frac{\Gamma\text{ц}}{\text{МКР}/\text{год}} \right]$. У цьому випадку отримаємо:

$$f_{\text{вих, min}} = 0,21[\Gamma\text{ц}] \tag{12}$$

$$f_{\text{вих, max}} = 105'000[\Gamma\mu] \quad (13)$$

$$\Delta f_{\text{вих}} = 0,21[\Gamma\mu] \quad (14)$$

$$m = \left[\log_2 \left(\frac{10^6}{0,21} \right) \right] = [\log_2 4761904,7\dots] = 23 \cdot \quad (15)$$

$$Y_2 = 2^{23} \cdot \frac{10^6}{0,21} = 3'626'703 \cdot \quad (16)$$

В таблиці 2. наведені вихідні частоти ДЦСЧ, відповідні їм керуючі коди і ПЕД для даного прикладу.

Таблиця 2

Параметри ДЦСЧ для прикладу Б

Y_2	$f_{\text{вих}}, [\Gamma\mu]$	ПЕД, [мкР/год]
1	0,21	1
2	0,42	2
.....
499999	104999,79	499999
500000	105000	500000

На рис.1 наведена структурна схема пристрою для імітації вихідних сигналів дозиметричних детекторів. До складу входять комутатор (К), комбінаційні суматори (КС1, КС2), регістр (Рг), перетворювач кодів (ПК), схема вилучення імпульсів (СВІ), елемент множення (І), елемент заперечення (АБО–НЕ).

Середня частота вихідного сигналу визначається виразом (1). Потужність експозиційної дози задається значенням керуючого коду Y_1 . чутливість (γ) дозиметричного детектора встановлюється значенням керуючого коду Y_2 , який формується на виході перетворювача кодів. ПК може бути реалізований на постійному запам'ятовуючому пристрої, ємність якого визначається діапазоном значень чутливості та керуючим кодом Y_2 . Перетворення в ПК здійснюється у відповідності до виразів (6), (9), (11).

Вплив мертвого часу (τ_m) може бути зімітований за допомогою відомих схемотехнічних рішень – установленням на виході пристрою схеми вилучення імпульсів вихідної послідовності, сформованих на протязі мертвого часу.

