

$1/\delta_{3\phi}$ разів. Напряга (5) вимірюється вимірювачем В1.

Відношення виразів (5) і (2), дозволяє отримати величину

$$\frac{U_{\partial n}}{U_{окв}} = K_{no} K_{с\partial} \frac{H_b}{H_a},$$

яка пропорційна відношенню півосей еліпса поляризації магнітного поля.

Таким чином автоматичною корекцією адитивних похибок можна охопити всі вузли вимірювача, крім вхідних перетворювачів і зменшити адитивну похибку в $1/\delta_{3\phi}$ разів.

1. Бучма И.М., Мизюк Л.Я., Поджарый В.М., Проць Р.В. *Возможности построения низкочастотной электроразведочной аппаратуры для интегральных измерений // Отбор и передача информации, вып. 47.-К.: Наукова думка, 1976.-С.93-98.*
 2. *Устройство для геоэлектроразведки. А.с. 807190 СССР, МКИ G 01 V 3/12. / И.М.Бучма, Е.М.Ершов,*

Ю.П.Калынюк, В.Ф.Лантев, Л.Я.Мизюк и В.М.Поджарый (СССР). №2755415/18-25; Заявлено 17.04.79; Опубл. 23.02.81, Бюл. №7.-бс. 3. Мизюк Л.Я., Поджарый В.М., Проць Р.В. Измерение инвариантов магнитного поля при электроразведке.-К.: Наукова думка, 1976.-231с.
 4. Бучма И. *Автоматична корекція похибок методом зразкових сигналів у схемах з періодичним порівнянням // Вимірювальна техніка та метрологія.-2000.-№56.-С.3-8.*
 5. Земельман М.А. *Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств.-М.: Издательство стандартов, 1972.-199с.*
 6. *Проективання засобів вимірювання з періодичним порівнянням. Кн.1 і 2; Навч. посібник / Ю.О.Скрипник, М.О.Присенко, В.О.Дубровний.-Київ:1997.-163с.,-301с.*
 7. *Аппаратура для аэрогеофизической разведки с магнитным и электромагнитным информационными каналами / А.А.Вакульский, Л.Я.Мизюк, Р.В.Проць, Ю.Ю.Сикачевский / Под ред.Л.Я.Мизюка.- К.: Наукова думка, 1985.-253с.*

УДК 550.835

ПЕРЕВІРКА СВЕРДЛОВИННОЇ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНОЇ АПАРАТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТОРА СТОХАСТИЧНОЇ МІРИ

© Федорів Р.Ф., Федоришин Д.Д., Федорів В.В., Кашуба Г.О.
 Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Розглянуто можливості використання генератора стохастичної міри при проведенні перевірки свердловинної ядерно-фізичної апаратури а також сам принцип роботи генератора стохастичної міри. Використання генератора стохастичної міри дасть можливість провести перевірку ядерно-фізичних методів, а також зменшить затрати часу при проведенні самої повірки.

У процесі геолого-геофізичних досліджень складнобудованих порід-колекторів міоценових відкладів Передкарпатського прогину виникають певні труднощі, які пов'язані із інтерпретацією результатів радіоактивного каротажу. В основі цих проблем лежить складність розділення інтегрального радіоактивного сигналу на інформаційний і фоновий.

У загальному випадку зареєстрований інтегральний сигнал радіоактивного випромінювання можна математично описати наступним чином:

$$X(t) = \sum_i A_i H_i(t - \gamma_i) + \sum_j B_j H_j(t - \mu_j) + \sum_s C_s H_s(t - \lambda_s) + \sum_R D_R H_R(t - \eta_R), \quad (1)$$

де A_i, B_j, C_s, D_R - випадкові амплітуди складових радіоактивного поля з густинами розподілів $p(A), q(B), g(C), z(D)$; H - функція форми імпульсу, нормована на одиницю в максимумі; $\gamma_i, \mu_j, \lambda_s, \eta_R$ - моменти появи імпульсів складової інтегрального сигналу; t - час від моменту відліку.

У цій математичній моделі враховані всі складові сумарного радіоактивного сигналу, а саме:

$\sum_i A_i H_i(t - \gamma_i)$ - імпульсний сигнал, обумовлений гамма-випромінюванням непружного розсіювання швидких нейтронів; $\sum_j B_j H_j(t - \mu_j)$ - імпульсний сигнал, обумовлений гамма-випромінюванням радіаційного захвату теплових нейтронів, або потоком теплових нейтронів;

$\sum_s C_s H_s(t - \lambda_s)$ - імпульсний сигнал, обумовлений гамма-випромінюванням активних ядер речовини навколо свердловинного простору;
 $\sum_R D_R H_R(t - \eta_R)$ - імпульсний сигнал, обумовлений природнім гамма-випромінюванням у свердловині.

Необхідно відмітити, що густина розподілу інтервалів між імпульсами відповідної складової інтегрального радіоактивного сигналу описується експоненціальним законом з постійним або залежним від часу параметром (стаціонарний або не стаціонарний пуассонівський процес):

$$v_t(\Theta) = n(t + \Theta) \exp\left(-\int_t^{t+\Theta} h(t) dt\right), \quad (2)$$

де $n(t)$ - інтенсивність надходження імпульсів з часом., Θ - часовий інтервал.

Для стаціонарного потоку радіоактивного випромінювання (активація, природне випромінювання, збудження ядер гамма-квантів) можна вважати, що: $n(t) = n_0 = \text{const}$.

У даному випадку

$$v(\Theta) = h_0 \exp(-h_0 \Theta) \quad (3)$$

Із аналізу моделі інтегрального радіоактивного сигналу видно, що всі амплітуди і інтервали радіоактивних імпульсів є статистично незалежними між собою, а їх форма є однаковою для всіх складових. Пояснюється це тим, що часові характеристики висвічування сцинтиляційного детектора при реєстрації кожного гамма-кванту є однакові і незалежними від реакції, в результаті якої був породжений даний гамма-квант. Якщо детектор реєструє теплові нейтрони, то функція початку відліку детектора однакова для теплових нейтронів, які породжені як ближнім, так і дальнім зондом.

Відмітимо, що при детектуванні гамма-випромінювання, яке формується у свердловині амплітудним нейтронним джерелом, сигнал $X(t)$ містить всі чотири складові, зареєстровані одночасно, і виділити серед них конкретну складову неможливо (за виключенням деяких частинних випадків, коли селекція може бути здійснена по енергетичній ознаці). Використання імпульсних нейтронних випромінювачів дозволяє вирішити дану задачу, кожна з компонент може бути виділена по часовій ознаці. Так, реакція непружного розсіювання швидких нейтронів відбувається тільки під час дії нейтронного імпульсу. Реакція радіаційного захоплення теплових нейтронів обумовлена часом їх поглинання в речовині навколо

свердловинного простору та складає приблизно 5 мс після нейтронного імпульсу, далі йде випромінювання активованих ядер одночасно із природним гамма-випромінюванням.

Із приведеного вище випливає, що модель (1) адекватно описує імпульсний детектор гамма-, або нейтронного випромінювання практично при будь-яких видах каротажу. Адаптація моделі до того чи іншого виду свердловинних вимірів здійснюється заданням відповідної густини розподілу амплітуд та інтервалів, а також виключенням несуттєвих членів суми інтегрованого сигналу.

Таким чином, модель (1) можна використати при створенні генератора стохастичного зразкового сигналу, за допомогою якого можна здійснювати контроль метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем. При цьому не використовуються джерела іонізуючих випромінювань як на стадіях розробки, так і в процесі виготовлення, ремонту та перевірки. Вказаний сигнал реалізує концепцію стохастичної міри, яка представляє собою параметрично нормований стохастичних імпульс.

Структурна схема зразкового генератора випадкового імпульсного сигналу (стохастичної міри) показана на рис. 1. Генератор містить тактовий генератор 1, генератор 2 псевдовипадкових рівномірно розподілених двійкових чисел, генератор 3 псевдовипадкових числових послідовностей, генератор 4 цифрових функцій, шину "ПУСК" 5, перетворювач 6 двійкового коду в позиційний, перетворювачі 7 двійкового коду в ймовірність, елемент затримки 8, одновібратор 9, блок перемикачів кодів 10, цифроаналоговий перетворювач 11, схему порівняння 12, елемент І 13, двохполосний керуючий ключ 14, формувач імпульсів 15.

Генератор 3 псевдовипадкових числових послідовностей (рис. 2) містить оперативні запам'ятовуючі пристрої 15, схеми порівняння двійкових чисел 16, елементи І 17, реєстри 18, елемент затримки 19. Кожна лінійка послідовно з'єднаних елементів 15, 16, 17, 18 утворює генератор псевдовипадкових двійкових чисел із заданим законом розподілу, який працює по методу виключень. Форма розподілу (пропорційна потрібній густині ймовірностей амплітуд) для кожної складової генерованого потоку записана у відповідності ОЗП 15-1...15N.

При появі одиниці на одному з адресних входів $A_1...A_N$ виходи відповідного реєстру 18-1...18-N переходять в активний стан і на вихід генератора 3 поступає псевдовипадкове число з генеральної сукупності, що відповідає даній складовій генерованого потоку.

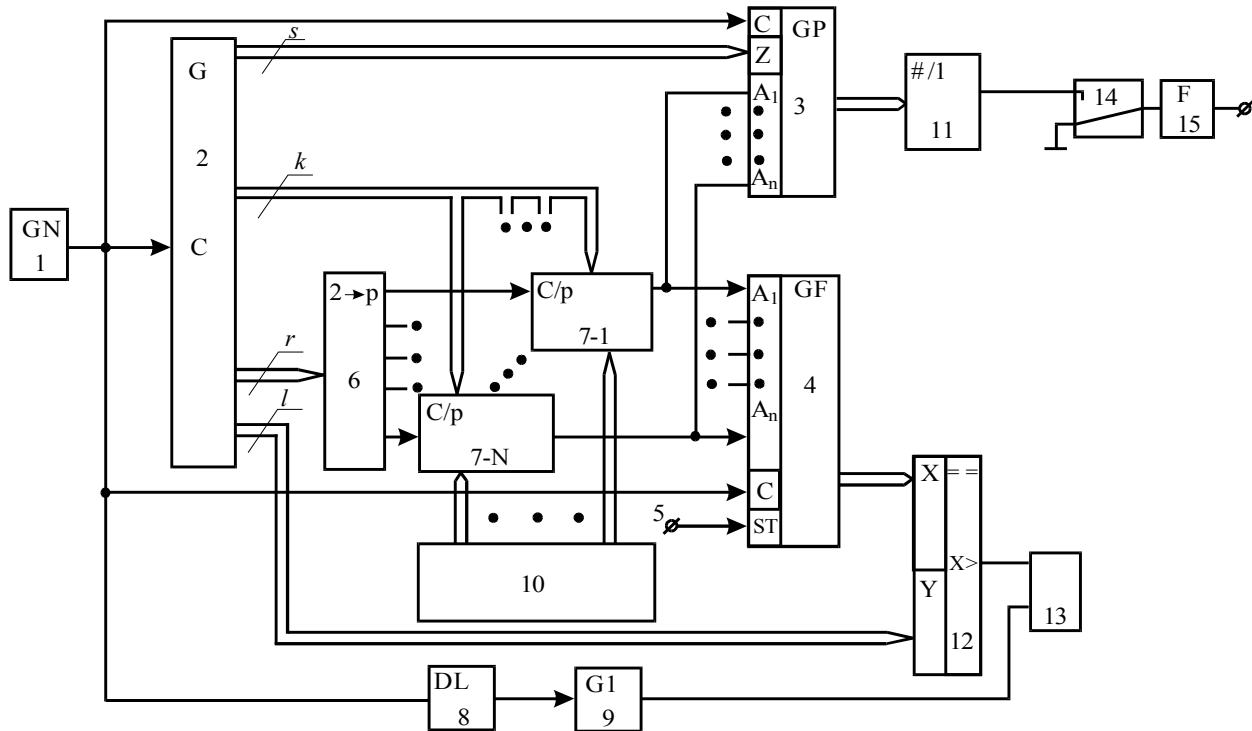


Рис. 1. Генератор псевдовипадкового нестационарного імпульсного потоку.

Генератор 4 цифрових функцій (рис. 3) містить елементи АБО 20-1...20-N, подільники частоти 21-1...21-N, адресні лічильники 22-1...22-N, оперативні запам'ятовуючі пристрої 23-1...23-N, тригери 24-1...24-N.

Кожна лінійка із послідовно включених елементів 20, 21, 22, 23 з відповідним тригером 24 генерує попередньо записану в ОЗП 23 цифрову функцію, що відповідає характеру зміни інтенсивності певної складової генерованого імпульсного потоку. Запис кожної цифрової функції відбувається таким чином, що її максимальне значення відповідає максимальному двійковому числу (всім одиницям) по відповідному адресу ОЗП 23. При появі одиничного потенціалу на одному з адресних входів $A_1...A_N$ на вхід генератора 4 поступає цифрове значення функції, яке визначає інтенсивність даної складової в момент опитування. Зміна цифрових функцій у часі відбувається під дією тактових імпульсів на тактовому вході генератора 4. В момент появи сигналу запуску на вході 5 генератора 4 процес генерування цифрових функцій починається спочатку.

Більш детально робота генераторів 3 і 4 буде

описана нижче.

Блок 10 перемикачів кодів на кожній із своїх груп виходів забезпечує задання двійкового числа, що визначає значення початкової інтенсивності кожної складової результуючого імпульсного потоку і є набором перемикачів двійкових чисел.

Генератор 2 псевдовипадкових рівномірно розподілених двійкових чисел може бути виконаний стандартним чином [1].

Перетворювачі 7-1...7-N код-ймовірність представляють собою схеми порівняння двійкових чисел [1].

Пристрій працює наступним чином.

Під впливом імпульсів тактового генератора 1 (рис.4, діаграма 1) на виходах генератора 2 появляються некорельовані рівномірно розподілені псевдовипадкові двійкові числа. Двійкові числа на третій групі виходів генератора 2 перетворюються в позиційний код (одиниця на одному з виходів) перетворювачем 6 двійкового коду в позиційний.

Таким чином, в кожний момент часу одиничний потенціал з рівною ймовірністю може бути присутній тільки на одному з виходів перетворювача 6.

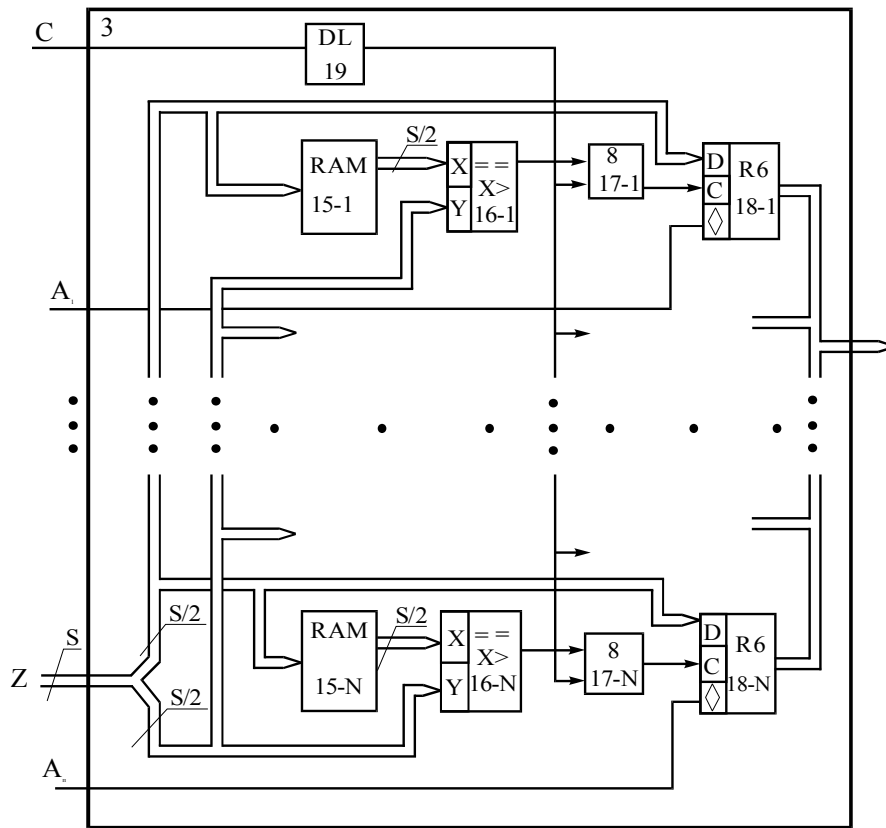


Рис. 2. Генератор псевдовипадкових числових послідовностей.

Попередньо в блоці 10 записані двійкові коди чисел $K_1 \dots K_N$, які попадають на інші групи входів відповідних перетворювачів код-ймовірність 7 – 1...7-N. На перші групи входів попадають псевдовипадкові двійкові числа, які рівномірно розподілені в діапазоні (0.2^k-1) . При цьому ймовірність того, що одиничний потенціал на вході М-го перетворювача код-ймовірність пройде на його вихід буде такою:

$$P_M = \frac{K_M}{2^k - 1}, \quad (KM < 2^k - 1), \quad (4)$$

а ймовірність P_M^* того, що в даному такті одиничний потенціал появиться на М-му адресному вході генераторів 3 і 4 буде наступною:

$$P_M^* = 2^{-v} \frac{K_M}{2^k - 1} = \frac{K_M}{2^{-v}(2^k - 1)}, \quad (5)$$

де v - кількість двійкових входів перетворювача 6 двійкового входу в позиційній.

Таким чином, одиничний потенціал поступає одночасно на однакові адресні входи генераторів 3 і

4, викликаючи на вході генератора 3 псевдовипадковий числовий код, а на виході генератора 4 – значення цифрової функції, які визначають відповідно амплітудний розподіл та інтенсивність даної складової результуючого потоку.

Цифровий код (X) функції з виходу генератора 4 порівнюється з l -розрядним рівномірно розподіленим двійковим кодом (Y) в схемі порівняння 12. Результат порівняння стробується затриманим (на час розповсюдження сигналів) імпульсом одинвібратора 9. При умові $X > Y$ імпульс одинвібратора проходить на вихід елемента І 13 (рис. 4, діаграма 2).

Ймовірність $P_M^{**}(t)$ появи імпульсу М-ї складової на виході пристрою відносно моменту його запуску по вході 5 буде наступною:

$$P_M^{**}(t) = 2^{-v} \frac{\Phi_M(t)}{(2^l - 1)} = \frac{K_M \Phi_M(t)}{2^{-v}(2^k - 1)(2^l - 1)}, \quad (6)$$

де $\Phi_M(t)$ – l -розрядний цифровий двійковий код функції спаду інтенсивності М-ї складової генерованого потоку.

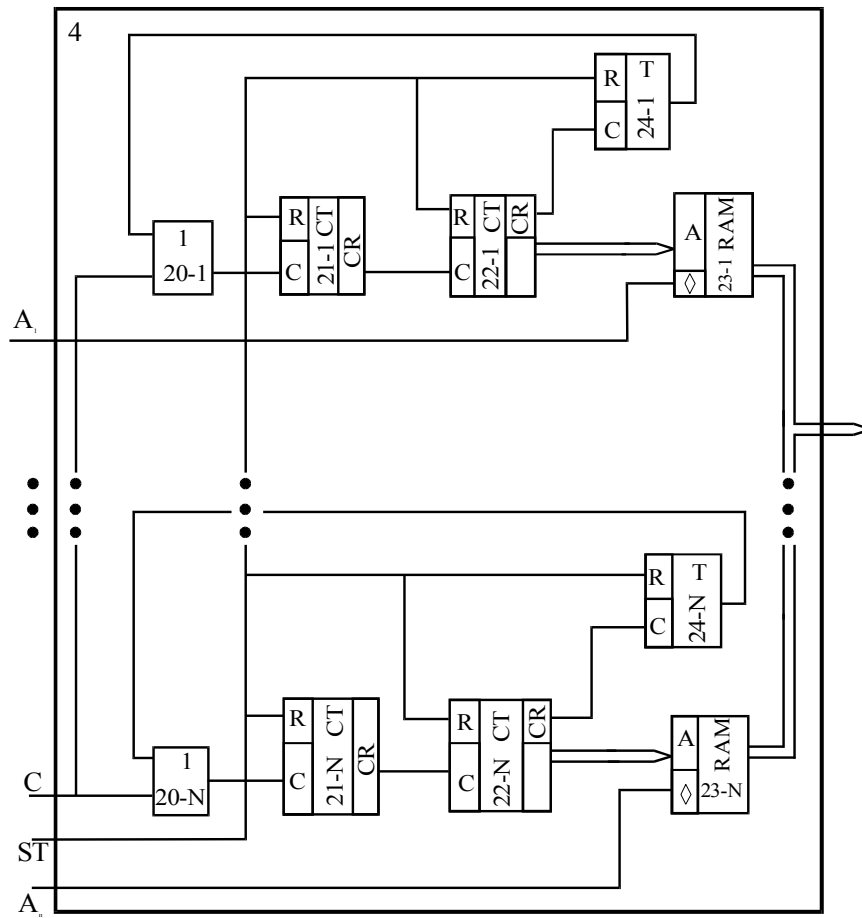


Рис. 3. Генератор цифрових функцій.

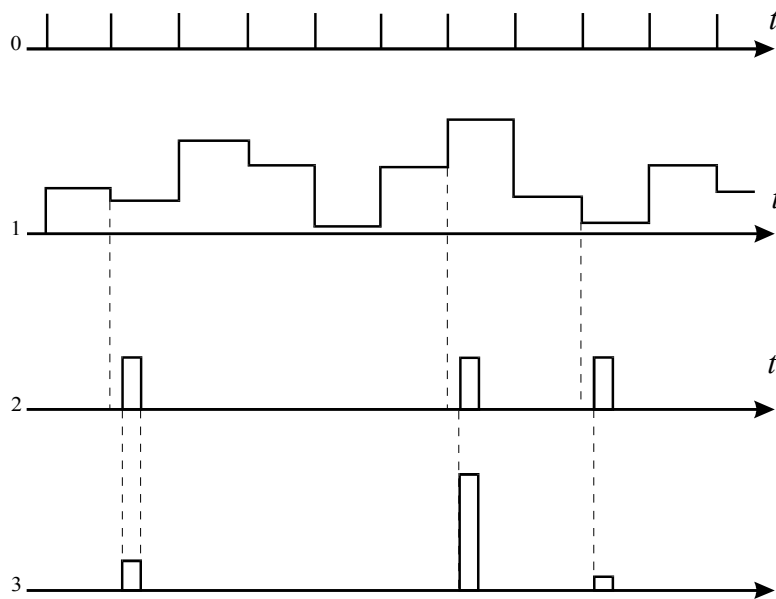


Рис. 4. Діаграми, які пояснюють роботу генератора псевдовипадкового нестационарного імпульсного потоку.

Таким чином, інтенсивність M -ї складової становить:

$$n_M(t) = f_0 \cdot P_M^{**}(t) = \frac{f_0 K_M \Phi_M(t)}{2^{-v} (2^k - 1) (2^l - 1)} = b K_M \Phi_M(t), \quad (7)$$

де f_0 – частота тактового генератора 1, а b – константа.

При появі вихідного імпульсу з блоку 13 (рис. 4, діаграма 2) перемикач 14 перемикається в протилежний стан. На його виході формується імпульс із амплітудою, що пропорційна коду, який міститься в даному такті на виходах генератора 3 (рис. 4, діаграма 3). На діаграмі 1 рис. 4 показана випадкова напрута цифрового аналогового пристрою ЦАП-11.

Таким чином, кожна складова інтенсивності імпульсного потоку на виході пристрою змінюється (наприклад, спадає) у відповідності з заданою функцією $\Phi(t)$ і має заданий амплітудний розподіл. Початкові інтенсивності кожної складової задаються кодами K_M з виходів блоку 10 перемикачів числових двійкових кодів.

Черговий цикл пристрою починається з моменту появи сигналу на шині “ПУСК” 5, при цьому генерування цифрових функцій в генераторі 4 починається з початку.

Генератор псевдовипадкових числових послідовностей 3 (рис. 2) працює наступним чином. Він складається з N однакових генераторів псевдовипадкових двійкових чисел із заданими законами розподілу, які працюють за принципом виключень. Вхідна розрядна шина рівномірно розподілених двійкових чисел розділяється на дві по $S/2$ розрядів у кожній. Внаслідок некорельованості двійкових розрядів порядок розбивки S -розрядної шини на дві по $S/2$ розрядів немає значення.

Попередньо в ОЗП 15 записані необхідні розподіли двійкових чисел по адресах, які пропорційні заданим амплітудним розподілам. Адресація кожного двійкового числа з ОЗП 15 здійснюється рівномірно розподіленим двійковим кодом, а при черговій зміні адреса вихідний двійковий код ОЗП 15 (X) порівнюється з рівномірно розподіленим двійковим числом (Y). Результат порівняння стробується затриманим елементом 19 тактовими імпульсами та при позитивному закінченні ($X \neq Y$) чергове псевдовипадкове число (адрес ОЗП 15) записується в регістр 18. Теорія методу виключень, що реалізований в генераторі 4, викладена в [2].

Звернення псевдовипадкового числа до відповідного регістру 18 відбувається під впливом позитивного потенціалу на одному з адресних входів $A_1 \dots A_N$. При цьому виходи відповідного регістру переходять з третього стану в активний режим і на виході генератора 3 з’являється чергове псевдовипадкове число із відповідної сукупності псевдовипадкових чисел із заданим законом роз-

поділу.

Генератор 4 цифрових функцій (рис. 3) містить N незалежних генераторів функцій (елементи 20...24), кожний з яких працює наступним чином. При появі імпульсу запуску на вході 5 подільники частоти 21, адресні лічильники 22 і тригери 24 повертаються в нульове значення. Для забезпечення однакових початкових умов роботи при кожному запуску генератора 4 імпульс запуску на шині 5 має бути синхронізованим з тактовою частотою генератора 1. При відсутності синхронізації момент початку запуску генератора 4 цифрових функцій може флукувати з в границях переходу тактової частоти генератора 1, що в багатьох випадках практично допустиме.

Через елемент АБО 20 тактові імпульси поступають на подільник 21, коефіцієнт подільності якого задає швидкість зміни цифрової функції у часі. Вихідні імпульси подільника 21 поступають на адресний лічильник 22. Послідовна зміна адресів на виході лічильника 22 забезпечує послідовний вихід значень цифрової функції, яка записана попередньо в ОЗП 23.

Після зміни всіх адресів імпульс переповнення адресного лічильника 22 перекидає тригер 24 в одиничний стан, забороняючи тим самим проходження тактових імпульсів через елемент АБО 20. При появі наступного імпульсу запуску на шині 5 описаний вище процес повторюється.

Якщо одна із складових результуючого сигналу являє собою стаціонарний квазіпуассонівський процес, та замість відповідної лінійки 20...24 треба використовувати регістр з третім станом, в який занесені одиниці у всіх розрядах.

В процесі роботи генератора 4 проводиться опитування виходів ОЗП 23-1...23-N одиничним потенціалом на адресних шинах генератора 4 (нагадаємо, що у кожному такті одиничний потенціал може з’явитися тільки на одній із адресних шин). При цьому виходи відповідного ОЗП активізуються (переходять з третього стану в активний режим) і на вихід генератора 4 поступає значення цифрової функції, яке відповідає даному адресу в момент опитування.

Виходячи із вищенаведеного, видно, що за допомогою зразкового генератора випадкового імпульсного сигналу можна реалізувати універсальну стохастичну міру для перевірки вимірювальних каналів свердловинних ядерно-фізичних інформаційно-вимірювальних систем.

1. Яковлев В.В., Федорив Р.Ф. Стохастические вычислительные машины. Л.: Машиностроение, 1974, 344 с. 2. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – 320 с