



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 50354

(13) A

(51) G 01T1/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ(54) ПРИБЛАД ДЛЯ РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ І ОБРОБКИ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ ВІД ДЕТЕКТОРІВ
ЯДЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

1

2

(21) 2001129035

(22) 25 12 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002 р.

(72) Каденко Ігор Миколайович, Шевченко Валерій
Андрійович, Єрмоленко Руслан Вікторович(73) Каденко Ігор Миколайович, Шевченко Валерій
Андрійович, Єрмоленко Руслан Вікторович

(57) Прилад для розпаралелювання і обробки аналогових сигналів від детекторів ядерного випромінювання, що містить попередній зарядово-чутливий підсилювач, N формуючих каналів, N аналого-цифрових перетворювачів і мікроконтролер, який відрізняється тим, що додатково містить (N+1) диференціюючих ланцюжків, N електронних ключів, N електронних перемикачів, N повторювачів, N інверторів, N суматорів, N антиалайзингових фільтрів, N комутованих інтеграторів, аналоговий комутатор, швидкий формуючий підсилювач, при цьому вихід попереднього зарядово-чутливого підсилювача підключено до входу першого диференціюючого ланцюжка і до входу швидкого формуючого підсилювача, вихід останнього підключено до вхо-

ду мікроконтролера, а вихід першого диференціюючого ланцюжка підключено до підсилювача, вихід підсилювача підключено до входів N електронних ключів, вихід i-того ($i = 1, 2, \dots, N$) електронного ключа підключено до входу i-того повторювача та першого входу i-того суматора, в свою чергу, вихід i-того повторювача підключено до першого входу електронного комутатора, вихід якого підключено до другого входу i-того суматора, другий вхід електронного комутатора підключено до i-того диференціюючого ланцюжка, вихід якого підключено до входу i-того інвертора, вихід якого підключено до другого входу (i+1)-го суматора, вихід N-го інвертора підключено до другого входу 1-го суматора, вихід i-того суматора підключено до входу i-того антиалайзингового фільтра, вихід якого підключено до входу i-того комутованого інтегратора, вихід якого підключено, відповідно, до i-того входу аналогового комутатора, вихід останнього підключено до входу аналого-цифрового перетворювача, вихід якого через внутрішню магістраль підключено до мікроконтролера, який через зовнішню магістраль підключено до EOM

Галузь техніки. Прилад відноситься до галузі ядерної електроніки і призначений для розпаралелювання аналогових сигналів в спектрометрах ядерного випромінювання. Прилад може бути використано в наукових дослідженнях, ядерній енергетиці, радіаційній екології, в численних технологічних процесах, де застосовується ядерне випромінювання.

Рівень техніки. Статистичний характер ядерного випромінювання і властивості системи формування сигналів в спектрометричному тракті спричиняють явища накладання імпульсів і зміщення постійної складової в процесі аналогової обробки сигналів детекторів елементарних частинок. Ці явища значно погіршують енергетичну роздільну здатність спектрометра із збільшенням інтенсивності випромінювання, навіть до повного зникнення моноліній в спектрі та зупинки процесу

реєстрації.

Відомі пристрої для режекції накладених імпульсів та поновлення постійної складової в спектрометрах ядерного випромінювання. Ретельний аналіз схемотехніки і роботи таких пристроїв виконано в роботі [1]. Відомі методи режекції полягають у вилученні з процесу аналізу спотворених ефектами накладання імпульсів, що призводить до втрати інформації та збільшення статистичних похибок. Поновлення постійної складової здійснюється шляхом введення лінійного або нелінійного зворотного зв'язку, причому динамічні властивості елементів зворотного зв'язку в певній мірі погіршують енергетичну роздільну здатність спектрометра при зростанні інтенсивності входних сигналів.

Відомий прилад для паралельної обробки сигналів (чотири канали) в спектрометрі ядерного

(13) A

(11) 50354

(19) UA

випромінювання який складається із попереднього зарядово-чутливого підсилювача (ПЗЧП), 4-х спектрометричних формуючих підсилювачів (СФП), 4-х аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) і управляючого блока (контролера). Сигнал детектора після підсилення в ПЗЧП подається на чотири паралельних канали. В кожному з каналів він проходить процес індивідуальної аналогової обробки в тракці СФП - АЦП. Кожний СФП має індивідуальну постійну часу. Мікроконтролер проводить попередню обробку даних з 4-х АЦП, а результати надсилає до персонального комп'ютера (ПК). При цьому обробляються тільки поодинокі імпульси, накладені сигнали тільки погрішують спектр, а деяка їх частина може випуститися [2]. Автори обрали цей прилад як прототип.

Основні недоліки прототипу. Звичайна режекція накладених імпульсів веде до втрати інформації внаслідок випущення таких подій з подальшого аналізу. Прототип не розділяє накладені імпульси, а багатоканальність (всього 4 канали) застосовано тільки для підвищення якості обробки поодиноких імпульсів. Тобто із збільшенням інтенсивності вхідних сигналів спостерігається значне погіршення енергетичної роздільної здатності спектрометра і втрачається частина корисної інформації, що не дозволяє адекватно аналізувати високоінтенсивні потоки випромінювання.

Мета винаходу полягає в тому, щоб при застосуванні N каналів для аналогової обробки інформації з детектора ядерного випромінювання розпаралелити накладені імпульси для їх індивідуальної обробки в окремих каналах і за рахунок цього

- а) значно підвищити робочі частоти накопичення інформації,
- б) обмежити погіршення енергетичної роздільної здатності із збільшенням інтенсивності сигналів з детекторів ядерного випромінювання,
- в) усунути необхідність режекції накладених імпульсів, тобто зберегти значну кількість інформації, яка раніше втрачалася для аналізу, і таким чином значно підвищити експресність спектрометричної системи,
- г) усунути проблему стабілізації постійної складової в спектрометричному тракці.

Для досягнення цієї мети в прилад, який містить попередній зарядово-чутливий підсилювач, 4 формуючих підсилювача, 4 аналого-цифрових перетворювача та контролер додаються $N+1$ диференціюючих ланцюжків, N електронних ключів, N електронних перемикачів, N повторювачів, N інверторів, N суматорів, N антиалайзінгових фільтрів, N комутованих інтеграторів, аналоговий комутатор, швидкий формуючий підсилювач при чому вихід попереднього зарядово-чутливого підсилювача підключено до входу першого диференціюючого ланцюжка і до входу швидкого формуючого підсилювача, вихід останнього підключено до входу мікроконтролера, а вихід першого диференціюючого ланцюжка підключено до підсилювача, вихід підсилювача підключено до входу N електронних ключів, вихід i -того ($i = 1, 2, \dots, N$) електронного ключа підключено до входу i -того повторювача та першого входу i -того суматора, в свою чергу, вихід i -того повторювача підключено до

першого входу електронного комутатора, вихід якого підключено до другого входу i -того суматора, другий вхід електронного комутатора підключено до i -того диференціюючого ланцюжка, вихід якого підключено до входу i -того інвертора, вихід якого підключено до другого входу $i+1$ -го суматора, вихід N -того інвертора підключено до другого входу 1-го суматора, вихід i -того суматора підключено до входу i -того антиалайзінгового фільтру, вихід якого підключено до входу i -того комутованого інтегратора, вихід якого підключено, відповідно, до i -того входу аналогового комутатора, вихід останнього підключено до входу аналого-цифрового перетворювача, вихід якого через внутрішню магістраль підключено до мікроконтролера, який через зовнішню магістраль підключено до ЕОМ.

На Фіг 1 показано блок-схему приладу, що заявляється. Блок-схема приладу містить попередній зарядово-чутливий підсилювач (17), перший диференціюючий ланцюжок (1), підсилювач (2), N електронних ключів (3), N повторювачів (4), N електронних перемикачів (5), N інверторів (6), N диференціюючих ланцюжків (7), N суматорів (8), N антиалайзінгових фільтрів (9), N комутованих інтеграторів (10), аналоговий комутатор (11), аналого-цифровий перетворювач (12), внутрішню магістраль (13), мікроконтролер (14), швидкий формуючий підсилювач (16).

Прилад, що заявляється (прилад для розпаралелювання і обробки аналогових сигналів детекторів ядерного випромінювання) працює таким чином. Сигнали з детектора ядерного випромінювання підсилюються попереднім зарядово-чутливим підсилювачем (ПЗЧП) (17). З виходу ПЗЧП сигнали подаються на швидкий формуючий підсилювач (16) і перший диференціюючий ланцюжок (1). Далі сигнали підсилюються до необхідної амплітуди в підсилювачі (2) і подаються на N ідентичних каналів. Факт і момент часу появи імпульсу визначаються швидким формуючим підсилювачем (16). Інтервал часу між імпульсами вимірюється і аналізується мікроконтролером (14).

Розглянемо два випадки.

1) Накладень імпульсів немає.

Поодинокі імпульси (мають місце при досить малих інтенсивностях вхідних сигналів або при роботі від тестового генератора точної амплітуди імпульсів певної частоти (не стохастичного)) проходять аналогову обробку в одному каналі ($i=1$). На Фіг 2 наведено форми сигналів (U_1, U_2, U_3) для цього випадку в різних точках приладу. U_1 - сигнал на виході підсилювача (2). Він проходить звичайну аналогову обробку і на виході антиалайзінгового фільтру має форму U_2 . При цьому він повторюється повторювачем (4), вихід якого через електронний перемикач (5) підключено до диференціюючого ланцюжка (7), таким чином, що точна копія сигналу U_2 через інвертор (6) приходить на вхід суматора (8) другого каналу. Другий та інші канали не працюють якщо вхідні сигнали не перекриваються. Далі, під управлінням мікроконтролера, сигнал інтегрується за інтервал часу t_2-t_1 . Напряму U_3 , отримана в результаті інтегрування, протягом часу t_3-t_2 зберігається на виході інтегратора. В цей час мікроконтролер (14) підключає вихід інтегратора через аналоговий комутатор (11) на вхід АЦП

(12) і число, отримане в результаті перетворення в АЦП, по внутрішній магістралі зчитується в мікроконтролер (14)

2) Накладено два імпульси

Цей факт визначає мікроконтролер шляхом вимірювання інтервалу часу Δt між двома послідовними сигналами швидкого формуючого підсилювача (16). Якщо цей інтервал більше ніж $t_3 - t_1$ (інтервал інспекції накладень), то імпульси вважаються не накладеними. В протилежному випадку сигнал має вигляд U_4 , тобто $\Delta t < t_3 - t_1$ і мікроконтролер в момент часу t_4 розмикає електронний ключ (3₁), замикає електронний ключ (3₂) та перемикає диференціюючий ланцюжок (7₁) на вхід суматора (8₁). Таким чином, в першому каналі інтегрується і перетворюється в АЦП образ не спотвореного першого сигналу (U_6, U_7, U_8). Накладений сигнал через замкнений електронний ключ (3₂) подається на один вхід суматора другого каналу (8₂), в той час як на другий вхід суматора (8₂) через інвертор (6₁) подається образ не спотвореного першого імпульсу протилежної полярності U_5 . Таким чином на виході суматора другого каналу (8₂) з'являється не спотворений образ другого імпульсу, який на виході антиалайзингово фільтра має форму U_{10} . При цьому він повторюється повторювачем (4₂) вихід якого через електронний перемикач (5₂) підключено до диференціюючого ланцюжка (7₂), таким чином, що точна копія сигналу U_{10} через інвертор (6₂) приходить на вхід суматора (8₃) третього каналу. Далі, під управлінням мікроконтролера, сигнал інтегрується за інтервал часу $t_5 - t_4$. Напруга U_{11} , отримана в результаті інтегрування, протягом часу $t_6 - t_5$ зберігається на виході інтегратора (10₂). В цей час мікроконтролер (14) підключає вихід інтегратора (10₂) через аналоговий комутатор (11) на вхід АЦП (12) і число, отримане в результаті перетворення в АЦП другого імпульсу, по внутрішній магістралі зчитується в мікроконтролер (14).

Таким чином, події в i -тому каналі готують канал $i+1$ до роботи в разі виникнення накладання один на одного i імпульсів. У випадку, коли накладаються N імпульсів канал з номером $i = N$ готує перший канал ($i = 1$) до надходження $N+1$ -го імпульсу. Далі процедура повторюється для кожного наступного сигналу, який приходить з інтервалом $\Delta t < t_3 - t_1$ (або $\Delta t < t_6 - t_4$, і так далі) після попереднього.

Тобто, вхідна послідовність сигналів в разі їх накладання розпаралелюється по N каналах і кожний з N перекритих сигналів обробляється індивідуально в своєму каналі.

Таким чином, порівнюючи прототип і прилад, що заявляється, можна зробити висновок, що така будова приладу дозволяє (за однакових умов) в N разів збільшити інтенсивність сигналів порівняно з традиційними спектрометрами, без втрат інформації і припустимих спотворень спектру, позбутися режекції накладених сигналів та систем стабілізації постійної складової.

Ми вважаємо таке рішення вельми радикаль-

ним. По-перше прилад дозволяє різко підвищити експресність спектрометра, що дуже важливо в деяких застосуваннях, а по-друге використання сучасних швидких та мікропотужних мікросхем дозволяє підвищити надійність, зменшити потужність живлення і вартість спектрометра.

Було проведено комп'ютерне моделювання з метою визначення ефективності роботи приладу. Досліджувався вплив неточності параметрів електронних компонентів, що використовуються в схемі на якість енергетичного спектру, отриманого даним приладом. Одним із критичних елементів є електронні перемикачі (5), оскільки вони мають деякий час затримки, що може впливати на отримуваний результат. Проводилося дослідження цього впливу. На сьогодні сучасні ключі перемикачів можуть мати час затримки близько 5 нс. Сама робота такого ключа і моделювалася. На фіг 3 представлені результати, які демонструють залежність можливого додаткового уширення спектральної лінії в результаті затримки в ключі від амплітуди імпульсу. Іншим критичним параметром можна вважати простину RC ланцюжків (1) і (7). Важливим є підбір ланцюжків з відхиленням постійних в припустимих межах. Оскільки постійна ланцюжка визначається опором та ємністю, що в нього входять і вони можуть підлаковуватися, то при моделюванні даного параметру вважалось, що можливо забезпечити точність на рівні 0.1%. На Фіг 4 представлені результати, які демонструють залежність можливого додаткового уширення спектральної лінії із-за неточності вибору RC постійних від амплітуди імпульсу.

З результатів проведеного моделювання випливає, що при неточності або розбіжності параметрів електронних перемикачів (5) і простіних RC ланцюжків (1) і (7) в межах 10% уширення спектральних ліній не перевищує припустимих величин в широкому діапазоні амплітуд сигналів.

Перелік фігур, креслень

1 Блок-схема приладу для розпаралелювання і обробки аналогових сигналів детекторів ядерного випромінювання.

2 Часові діаграми напруг сигналів в деяких точках приладу.

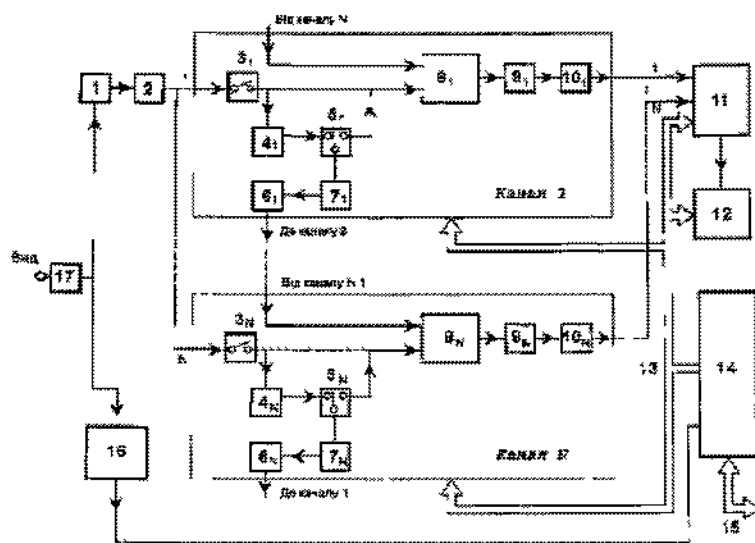
3 Залежність можливого додаткового уширення спектральної лінії від затримки в ключі і амплітуди імпульсу.

4 Залежність можливого додаткового уширення спектральної лінії із-за неточності вибору RC постійних від амплітуди імпульсу.

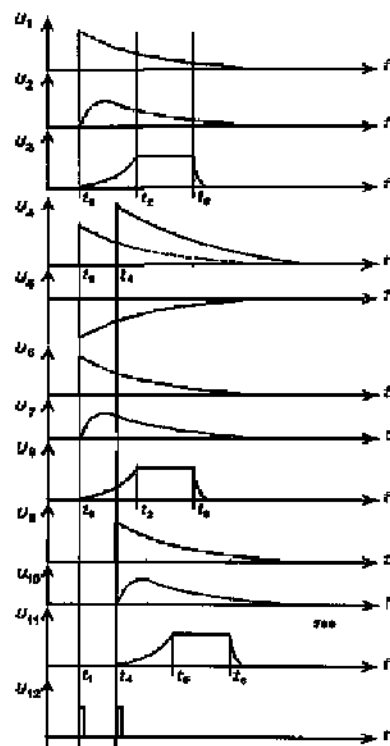
Література

1 Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. Под редакцией А.К. Акимова. М. Энергоатомиздат, 1989.

2 H. Sakai, A. Unitani, Y. Takenaka, C. Mori, T. Iguchi, New pulse-shape analysis method with multi-shaping amplifiers / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. A 421 (1999) 316-321.



Фиг.1



Фиг.2

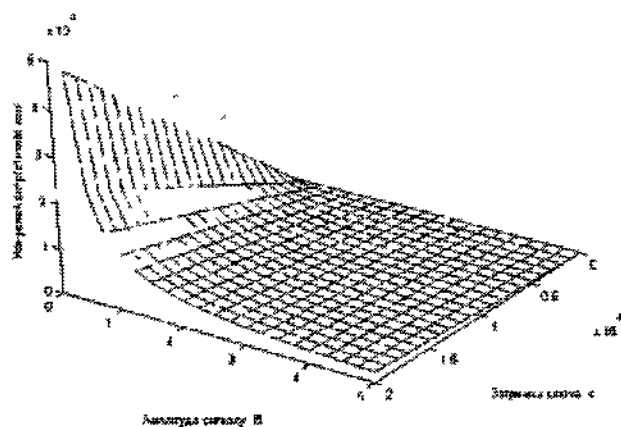


Fig.3

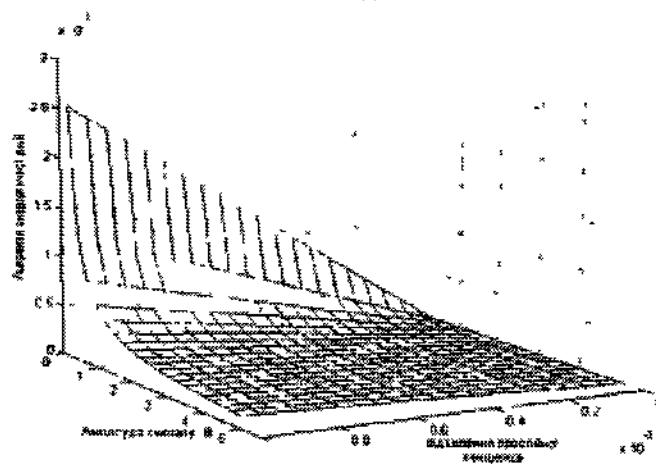


Fig.4

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71