

P13-2004-97

В. Г. Субботин, С. Н. Илиев, А. А. Воинов

ГЕНЕРАТОР СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ
ИМПУЛЬСОВ СТАБИЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

Субботин В. Г., Илиев С. Н., Воинов А. А.

P13-2004-97

Генератор спектрометрических импульсов стабильной амплитуды

Описан генератор, предназначенный для энергетической калибровки спектрометрических трактов, настройки электронных блоков и тестирования спектрометров в эксперименте.

Прибор выполнен в виде блока КАМАК 2М и содержит генератор импульсов тока и зарядочувствительный усилитель. Предусмотрена работа устройства как в автоколебательном режиме, так и с внешним запуском. Частота следования импульсов меняется от 20 до 200 Гц. Максимальная амплитуда выходного одиночного импульса составляет 5 В для высокоомной нагрузки и 2,5 В для нагрузки в 50 Ом. Обеспечена высокая стабильность амплитуды спектрометрических импульсов (0,01%/°C). Возможно использование прибора как генератора сдвоенных импульсов, задержка между импульсами в паре варьируется от 80 нс до 100 мкс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2004

Перевод авторов

Subbotin V. G., Iliev S. N., Voinov A. A.

P13-2004-97

Generator of Stable Amplitude Spectroscopy Pulses

A generator aimed at energy spectrum calibration and testing of electronics is described.

The device is performed as CAMAC 2M module and consists of current pulses generator and charge sensitive amplifier. Both self-oscillation regime and primary launched regime are possible. Output frequency can vary from 20 to 200 Hz. Maximal amplitude of single pulse is 5 V for high-resistance load and 2.5 V for 50 Ω . Stable amplitude of spectroscopic pulses (0.01%/°C) is insured. It is possible to use the device as generator of double pulses, delay can vary from 80 ns to 100 μ s between pulses in the pair in this case.

The investigation has been performed at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2004

ВВЕДЕНИЕ

Система регистрации продуктов ядерных реакций и дочерних продуктов их распада, работающая на дубненском газонаполненном сепараторе в настоящее время, дает возможность зарегистрировать три быстрых, следующих один за другим распада или событие прилета составного ядра и два последующих α -распада с малым мертвым временем, не превышающим 9 мкс [1].

Для калибровки измерительной системы, настройки и тестирования всех трактов системы (предусилителей, усилителей, аналого-цифровых преобразователей) понадобился генератор сдвоенных импульсов с изменяемыми в широких пределах временными интервалами (от долей микросекунд до ~ 100 мкс) между парой импульсов и возможностью внешнего запуска. Генератор должен иметь малую нестабильность выходной амплитуды. Частота следования импульсов должна варьироваться в диапазоне от 20 до 200 Гц.

В работе представлен генератор, отвечающий названным требованиям.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Структурно генератор представлен на рис. 1. Первый блок — источник импульсов тока, второй — чувствительный к заряду усилитель. Высококачественный операционный усилитель последнего имеет входной каскад на полевых транзисторах и должен быть устойчив при коэффициенте отрицательной обратной связи, равном 1.

Амплитудное значение выходного напряжения импульса генератора определяется соотношением [2, 3]

$$U_{\text{вых}} = \frac{Q_{\text{и.т}}}{C_{\text{о.с}}} = \frac{J_{\text{и.т}} T_{\text{и.т}}}{C_{\text{о.с}}}, \quad (1)$$

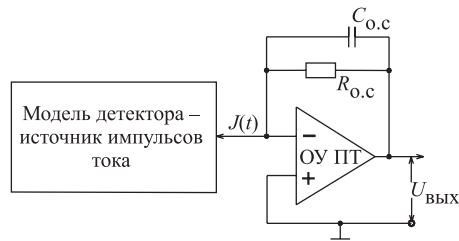


Рис. 1. Структурная схема генератора СГ-215К2

где $T_{\text{и.т}}$ — время существования импульса тока на входе усилителя заряда; $J_{\text{и.т}}$ — величина импульса тока; $C_{\text{о.с}}$ — емкость обратной связи усилителя.

Нарастание импульса напряжения на выходе линейное и равно $T_{\text{и.т}}$. Время спада выходного импульса определяет постоянная времени цепи обратной связи (рис. 2).

Время переключения тока не превышает 1,5 нс.

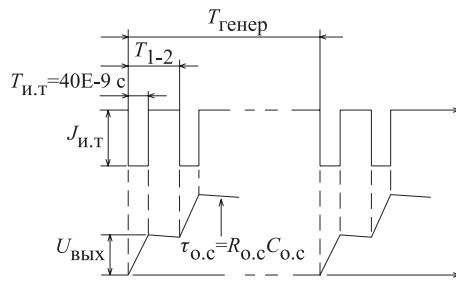


Рис. 2. Временная диаграмма выходных двойных импульсов

Максимальная амплитуда выходного импульса напряжения равна 5 В.

Второй выходной импульс повторяет амплитуду первого, если время T_{1-2} между концом первого импульса тока и началом второго более 30 нс.

Длительность импульса тока равна 40 нс.

Максимальная величина импульса тока 5 мА.

Емкость конденсатора обратной связи усилителя заряда 40 пФ. Таким образом, заряд на входе усилителя $Q_{и.т}$ равен $2 \cdot 10^{-10}$ Кл.

2. УСТРОЙСТВО ГЕНЕРАТОРА

Функциональная схема генератора представлена на рис. 3.

Генератор пар импульсов содержит:

— генератор и формирователь длительности импульсов переключения тока;

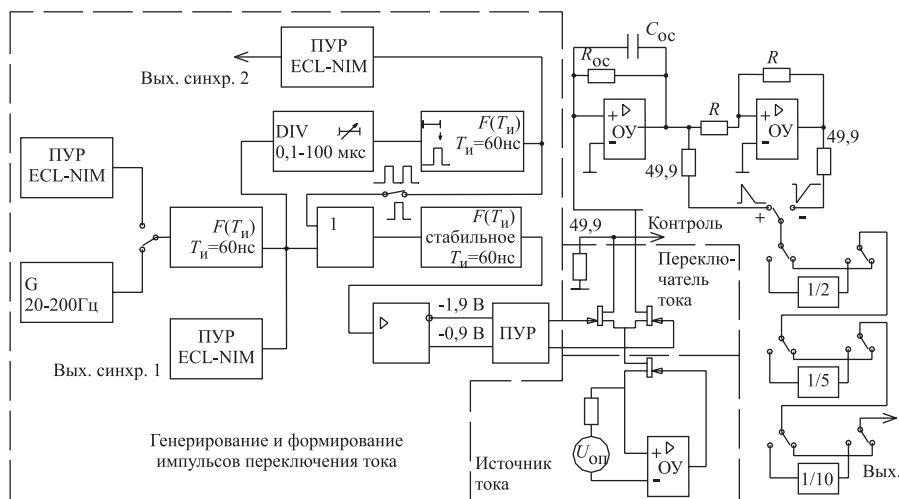


Рис. 3. Функциональная схема генератора СГ-215К2

- стабильный источник постоянного тока;
- быстрый переключатель тока;
- усилитель заряда;
- инвертор и трехкаскадный ослабитель импульсов напряжения.

На выходе формирователя импульсов переключения тока присутствуют два импульса стабильной длительности с изменяемым в широких пределах интервалом времени между ними (рис. 4). Этот интервал времени T_{1-2} задается одновибратором задержки и изменяется от 80 нс до 100 мкс (см. рис. 5, 6). Длительность импульсов переключения $T_{и.т}$ определяется кабельной линией задержки и равна приблизительно 40 нс. Нестабильность времени $\sim 15 \cdot 10^{-3} \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ при изменении температуры от -25 до 50°C [4].

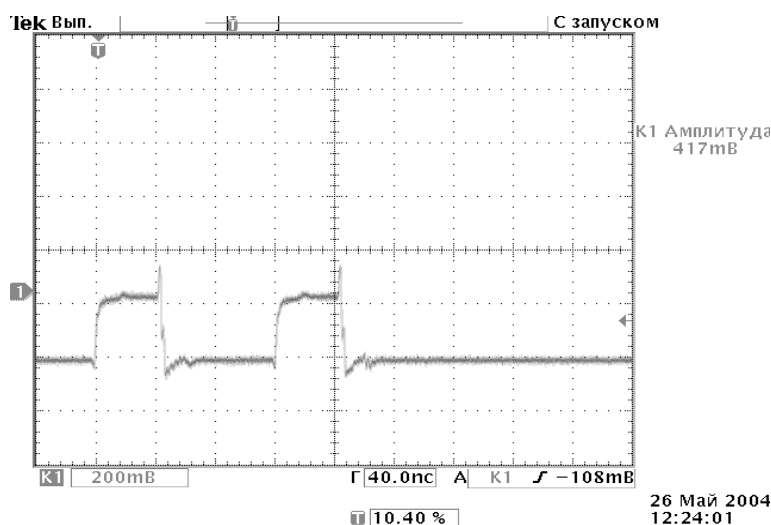


Рис. 4. Импульсы тока на выходе переключателя

Формирователь включает преобразователь уровней ЭСЛ в уровни переключения быстрого переключателя тока (рис. 3). Генератор и формирователь импульсов тока выполнены на микросхемах эмиттерно-связанной логики серии K500.

Источник постоянного тока выполнен на полевом транзисторе с операционным усилителем в ветви отрицательной обратной связи [5, 6]. В качестве токозадающего резистора применен прецизионный металлофольговый резистор С5-61. Нестабильности тока из-за изменения опорного напряжения и изменения сопротивления резистора сравнимы. Полная нестабильность тока источника не превышает $5 \cdot 10^{-3} \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$.

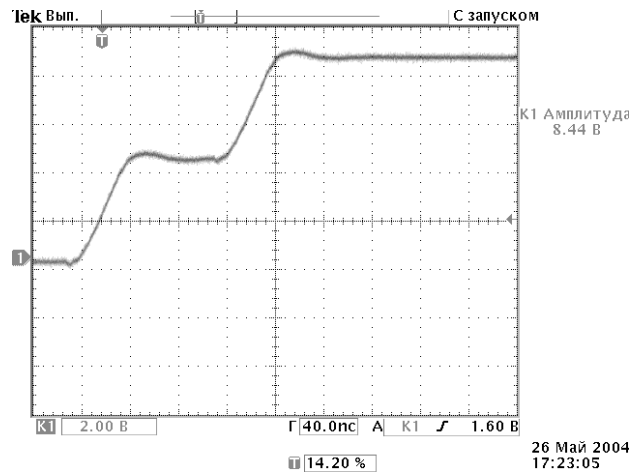


Рис. 5. Сдвоенный спектрометрический импульс на выходе усилителя. Время задержки T_{1-2} равно 80 нс

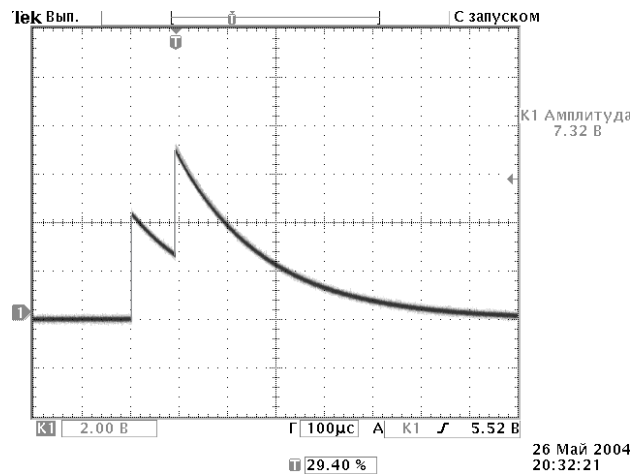


Рис. 6. Сдвоенный спектрометрический импульс на выходе усилителя. Время задержки T_{1-2} равно 100 мкс

Переключение тока осуществляется схемой токового ключа на полевых транзисторах. Проводящий полевой транзистор токового ключа вместе с источником постоянного тока в его истоке образуют на время присутствия пере-

ключающего импульса источник импульсов тока с очень большим активным выходным сопротивлением и малой выходной емкостью [7].

Постоянная времени спада выходного импульса генератора выбирается обычно в диапазоне от 50 до 300 мкс, тогда $R_{o.c}$ усилителя заряда должно быть в диапазоне от 1,3 до 7,5 МОм.

Исходное выходное напряжение генератора по постоянному току желательно иметь не более нескольких милливольт. Ток стока закрытого полевого транзистора переключателя тока должен быть меньше 1 нА для названных $R_{o.c}$. Нами проведены измерения напряжения $U_{з.и}$ для нескольких полевых транзисторов КП307Б, при котором ток стока не превышал 0,5 нА. Для всех транзисторов ток стока уменьшался до значения, не превосходящего 1 нА, при закрывающем транзистор напряжении $U_{з.и}$ в пределах от $-2,4$ до $-3,5$ В. Мы выбрали $U_{з.и}$ для закрытого полевого транзистора приблизительно 4 В.

Усилитель заряда выполнен на операционном усилителе с полевыми транзисторами на входе (AD825) и имеет мощный эмиттерный повторитель на выходе, позволяющий получить выходной ток до 100 мА на нагрузке 100 Ом.

Выход этого усилителя является источником напряжения для положительных выходных импульсов генератора.

Емкость обратной связи зарядового усилителя должна иметь малое значение температурного коэффициента емкости (ТКЕ). Наименьшее значение ТКЕ керамических конденсаторов равно приблизительно $3,3 \cdot 10^{-3} \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$. Мы выбрали конденсатор с ТКЕ, равным М75, который компенсирует температурную нестабильность выходной амплитуды генератора из-за температурного изменения длительности токового импульса, а нестабильность $T_{и.т}$ определяется нестабильностью кабеля задержки.

Для образования отрицательных выходных импульсов применен инвертор (на микросхеме ТНС4081), который имеет мощный выходной каскад и стабильный коэффициент передачи.

Ослабление выходных сигналов осуществлено тремя ступенями П-образных аттенуаторов. В них используются резисторы С2-29 с допуском 0,05 %.

Измеренная температурная нестабильность выходной амплитуды импульса напряжения генератора составляла $0,01 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ при изменении температуры от 25 до 50°C .

Шумы усилителя заряда, шум источника постоянного тока, шум полевого транзистора переключателя тока и т. п. будут вызывать размытие выходной амплитуды генератора. На рис. 7 представлено распределение амплитуд, полученное в системе генератор — спектрометрический усилитель — анализатор.

В усилителе использовалась постоянная времени формирования сигнала $\delta_{\phi} = 0,5$ мкс. Выходная амплитуда генератора была близка к максимальной. Необходимое значение сигнала на входе спектрометрического усилителя достигалось использованием делителя. Если наблюдаемое размытие сигнала

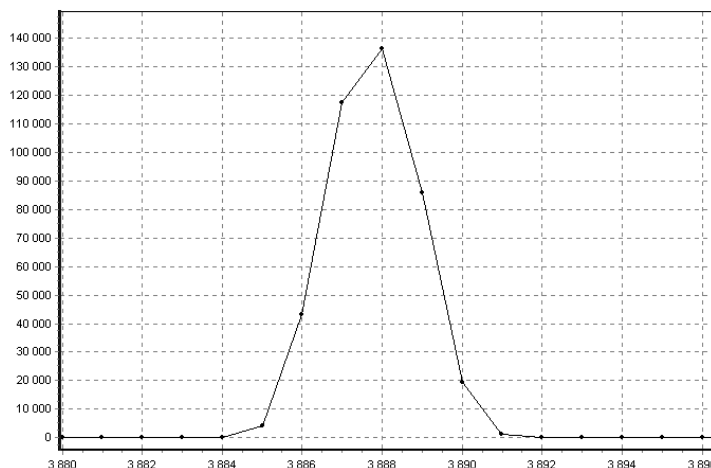


Рис. 7. Распределение амплитуд импульсов 4,4 В на 4 К кодировщике ПА-24К

целиком отнести к шумам генератора, то шумовое размытие его выходной амплитуды можно оценить значением ПШПМ = 0,05 %.

3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На лицевой панели генератора (блок КАМАК шириной 2М) размещены:

- потенциометр нормализации выходной амплитуды;
- три переключателя ослабителей выходной амплитуды;
- переключатель полярности выходного импульса;
- потенциометр изменения частоты следования удвоенных импульсов;
- потенциометр, изменяющий время задержки между удвоенными импульсами;
- переключатель внешней/внутренней синхронизации;
- выходной разъем СР-50-73 спектрометрических импульсов генератора ($R_{\text{вых}} = 50 \text{ Ом}$);
- три разъема ЛЕМО: 1) внешней синхронизации, 2) выход синхронизации для первого импульса пары импульсов, 3) выход синхронизации для второго импульса пары.

Импульсы синхронизации соответствуют стандарту NIM.

Максимальная амплитуда выходного одиночного импульса составляет 5 В для высокоомной нагрузки и 2,5 В для нагрузки в 50 Ом.

Используемое питание: $-6\text{ В} — 300\text{ мА}$; $6\text{ В} — 15\text{ мА}$; $24\text{ В} — 30\text{ мА}$; $-24\text{ В} — 70\text{ мА}$; $P_{\text{РАС}} \approx 4,3\text{ Вт}$.

На задней панели генератора размещен переключатель режимов генерации двояных импульсов и одиночных.

Измерения показали, что основной вклад в температурную нестабильность выходной амплитуды генератора вносит нестабильность задержки кабеля, формирующей длительность импульсов тока. Мы планируем задавать длительность импульса тока периодом следования импульсов кварцевого генератора с высокой частотой генерации.

Представленный генератор используется для калибровки энергетических шкал системы детектирования и измерения параметров на дубненском газонаполненном сепараторе ядер отдачи, а также для тестирования электронной аппаратуры при проведении опытов по синтезу сверхтяжелых элементов вблизи области повышенной стабильности ядер с $Z \geq 114$ и $N = 184$.

Авторы выражают благодарность А.Н.Мезенцеву за поддержку работы во время разработки и В.А.Сбитневу за изготовление печатных плат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев Ю.А. и др. Система детектирования, измерения и накопления экспериментальных данных для газонаполненного сепаратора ЛЯР ОИЯИ. Препринт ОИЯИ Р13-97-238. Дубна, 1997.
2. Дирли Дж., Нортон Д. Полупроводниковые счетчики ядерных излучений. М.: Мир, 1966. С.195.
3. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы. М.: Мир, 1988. С.353.
4. Мелешко Е.А. Интегральные схемы в наносекундной ядерной электронике. М.: Мир, 1977. С.168.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1966. С.389.
6. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Сов. радио, 1979. С.170.
7. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1982. С.174.

Получено 22 июня 2004 г.

Редактор *Е. В. Калининкова*

Подписано в печать 15.07.2004.

Формат $60 \times 90/16$. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,56. Уч.-изд. л. 0,69. Тираж 305 экз. Заказ № 54523.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г.Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/