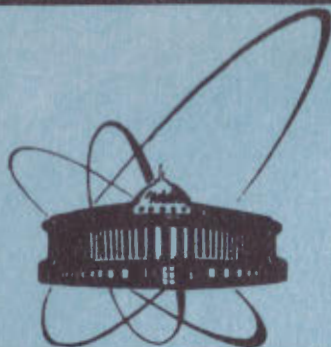


2/VI 84



**Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна**

13-84-227

Ю.К.Акимов, Динь Ши Хьен, А.И.Калинин

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1984

Спектрометрический усилитель - один из самых сложных блоков в спектрометрическом тракте, поэтому естественно желание выполнить его на интегральных микросхемах. К сожалению, современные операционные усилители в интегральном исполнении не удовлетворяют необходимым требованиям для построения линейной части спектрометрических усилителей по многим параметрам: шумам, быстродействию, максимальной выходной амплитуде. Если, однако, отказаться в разумных пределах от широкой универсальности усилителя и использовать новые схемотехнические решения, а также максимально короткие монтажные соединения между модулями, то на операционных усилителях даже с умеренным быстродействием можно построить компактный усилитель с относительно высокими спектрометрическими характеристиками.

В данной работе описан спектрометрический усилитель, линейная часть которого построена на основе операционного усилителя K544УД2. Высокие нагрузочные характеристики получены за счет эффективной схемы восстановления нулевой линии. Все переключения коэффициента усиления и формирующих цепей выполнены с помощью герконовых реле, расположенных в непосредственной близости от точек переключения.

Структурная блок-схема усилителя представлена на рис.1. Она включает в себя три быстрых усилительных каскада /M1 ÷ M3/, охваченных первым восстановителем нулевой линии M4, два активных интегрирующих фильтра /M5, M6/ и выходной каскад M7, охваченный вторым восстановителем - M8, выполненным по схеме с время-зависимыми параметрами. Быстрый сигнал после M3 используется для запуска дискриминатора M13 и выработки управляющего импульса восстановителя нулевой линии выходного каскада, а также для формирования логических сигналов "мертвого времени", счета числа входных импульсов и сигнала запрета, соответствующего случаю наложения двух импульсов друг на друга.

Входной сигнал /любой полярности/ поступает на дифференцирующую цепь с компенсацией полюса нулем, имеющую три постоянные времени - 0,5; 1 и 2 мкс. Первый каскад с коэффициентом усиления 10 выполнен на интегральной дифференциальной паре К1НТ591 и нескольких транзисторах по обычной схеме операционного усилителя. Все остальные каскады и два активных фильтра выполнены на интегральном операционном усилителе K544УД2.

Во второй секции предусмотрено дискретное изменение коэффициента усиления: 0,4; 1; 4; 10 и 20. Третья секция обеспечивает плавное изменение коэффициента усиления от 5 до 15.

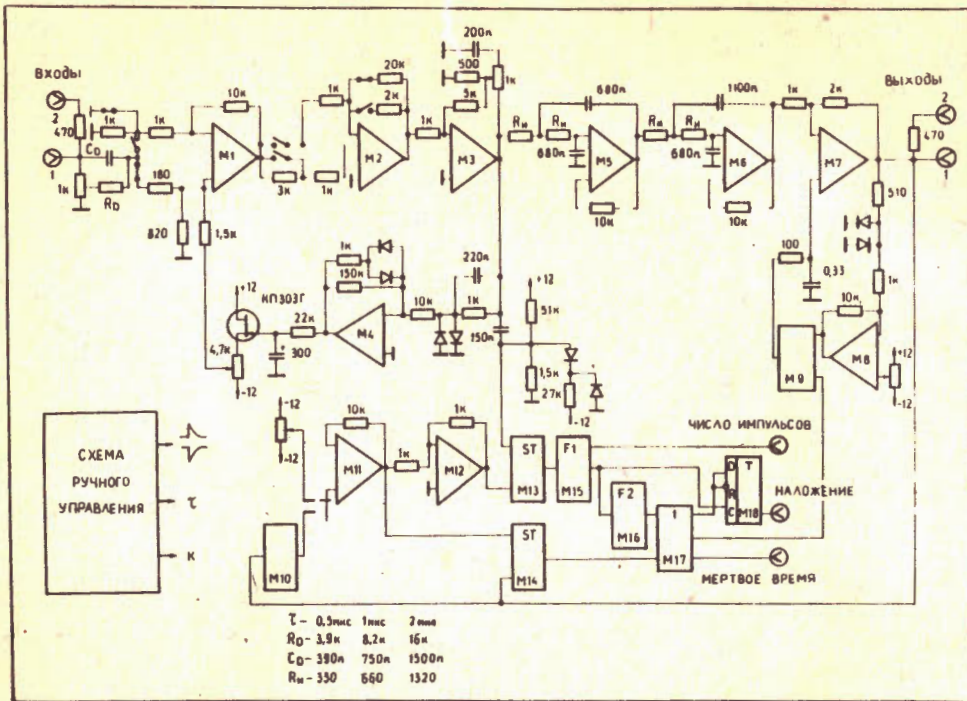


Рис. 1. Структурная схема спектрометрического усилителя. Микросхемы M2÷M8, 11, 12 типа K544УД2, M9 - линейные ворота, M10 - шумовой детектор, M13 - K554CA2, M14 - K554CA1, M15, 16 - K155АГ1, M17 - K155ЛАЗ, M18 - K155ТМ2.

Первый восстановитель нулевой линии охватывает быстрые каскады усилителя, не содержащие интегрирующих цепей. Его назначение состоит в том, чтобы поддерживать постоянным нулевой уровень базовой линии в каскадах перед интеграторами при изменении температуры, загрузки и прочих факторов. Переменный потенциал с выхода третьего каскада подается через резистор на ограничивающие диоды, затем через другой резистор - на операционный усилитель, охваченный нелинейной цепью обратной связи, проходит через RC-фильтр низких частот, истоковый повторитель, и поступает в противофазе на входной усилительный каскад. Таким образом, если нет входного сигнала, то восстановитель нулевой линии работает как цепь обратной связи по постоянному току. Нулевой уровень стабилизации определяется тем, что неинвертирующий вход операционного усилителя /M4/ заземлен, и всякое отклонение потенциала на инвертирующем входе от нуля создает противоположно-направленный потенциал рассогласования, который и передается на входной каскад.

Схема восстановителя нулевой линии должна работать независимо от прохождения через усилитель импульсных сигналов. Для этого в схему введен конденсатор /220 пФ/, который вместе с диодами, включенными навстречу друг другу, образует нелинейную дифференцирующую цепь, действующую таким образом, что для всех достаточно больших импульсов /U > 0,7 В/ сигнал после прохождения ограничивающих диодов приобретает биполярную форму. При этом устраняется систематическое прохождение в цепь обратной связи однополярных пьедесталов после ограничения каждого отдельного импульса. Величина емкости конденсатора подбирается на максимальной постоянной времени формирования / $\tau = 2$ мкс/.

Интегрирование выполнено по схеме активных фильтров с переключением постоянных времени резисторами. Применение герконовых переключателей позволяет лучше использовать частотные свойства интегральных микросхем, а также представляется более технологичным, т.к. вся схема усилителя монтируется на одной печатной плате без длинных соединительных проводов.

Квазигауссовский сигнал после прохождения интегрирующих фильтров поступает в выходную секцию с коэффициентом усиления, равным двум. Нулевой уровень на выходе усилителя обеспечивается время-зависимым восстановителем нулевой линии /1,2/. В интервалах между импульсами этот стабилизатор работает как первый восстановитель. Выходной потенциал, возникающий на выходе усилителя, поступает через резистор на вход операционного усилителя M8, после усиления проходит через открытые линейные ворота M9 и в противофазе действует на неинвертирующий вход выходного каскада M7. При появлении сигнального импульса логический сигнал "Мертвое время" закрывает линейные ворота, и на время длительности импульса цепь обратной связи оказывается разомкнутой, при этом потенциал, который был до прихода импульса, запоминается на конденсаторе. В результате такая схема стабилизации нулевого уровня, работающая в интервалах между импульсами, очень слабо реагирует на изменение загрузки усилителя.

Линейные ворота, используемые в схеме, построены по принципу токовых переключателей на дифференциальных парах /ИТ591/ /з/.

Логическая часть усилителя действует следующим образом. Быстрый отрицательный сигнал с выхода 3-го каскада через CR-дифференцирующую цепь подается на вход дискриминатора /триггера Шмитта/, опорное напряжение которого устанавливается с помощью потенциометра /в ручном режиме/ или от шумового детектора M10 /в автоматическом режиме/. Логический сигнал с выхода дискриминатора поступает на одновибратор F1, формирующий сигнал длительностью 200 нс, который выводится на переднюю панель /"Число импульсов"/ и служит для определения входной интенсивности. Кроме того, этот сигнал используется для формирования в F2 импульса "мертвого времени" длительностью 6 τ , соответствующей длительности импульса на выходе усилителя. Пройдя через схему

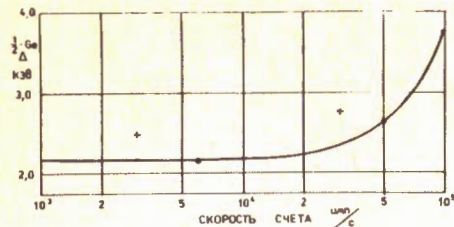


Рис.2. Зависимость энергетического разрешения от скорости счета /сплошная линия/, измеренная с помощью генератора псевдослучайных импульсов, эффективная загрузка от которого соответствует источнику ^{60}Co . Знаком + отмечены экспериментальные данные, снятые с германиевым детектором объемом 40 см³ при энергии $E_\gamma = 1,11$ МэВ

римерные данные, снятые с германиевым детектором объемом 40 см³ при энергии $E_\gamma = 1,11$ МэВ

ИЛИ /M17/, этот импульс используется как управляющий сигнал для линейных ворот восстановителя нулевой линии. На другой вход схемы ИЛИ также поступает импульс, равный длительности выходного импульса, но этот сигнал формируется дискриминатором /триггером Шмитта/ M14 от выходного импульса усилителя. Такое двойное определение длительности импульса "Мертвое время" позволяет, с одной стороны, точно совместить начало импульса с моментом прихода входного импульса, с другой - продлить его в случае двух и более близко расположенных входных сигналов.

Импульс "Мертвое время" внутри блока подается также на D-вход триггера /M18/, управляющий вход которого синхронизован с приходом входных сигналов усилителя. В случае прихода одиночного сигнала /т.е. если последующий сигнал не поступит в течение времени 6τ /, такой триггер не сработает, т.к. сигнал на D-вход поступает несколько позже, чем на C-вход. При двух и более близко расположенных входных импульсах D-триггер выдает сигнал "Наложение" в момент прихода второго импульса. Этот сигнал можно использовать для режекции наложений или для запрета амплитудно-цифрового преобразования.

Загрузочная способность усилителя проверялась с помощью генератора случайной последовательности импульсов, имитирующего сигналы от радиоактивного источника. Из каждого импульса последовательности формировались экспоненциальные сигналы с постоянной времени спада 50 мкс, что соответствует выходному сигналу предусилителя. Амплитуда входного сигнала подбиралась эквивалентной 0,65 МэВ, что примерно соответствует среднему значению энергетического распределения от радиоактивного источника ^{60}Co . При этом на выходе усилителя сигнал составляет 35% максимальной выходной амплитуды, т.е. 1,75 В. Измеренная на амплитудном анализаторе зависимость энергетического разрешения от средней частоты входных импульсов приведена на рис.2 /постоянная времени формирования $\tau = 2$ мкс/. При частоте импульсов до 50 кГц смещение нулевой линии на выходе усилителя незаметно. При загрузке 100 кГц смещение составляет 2,5 мВ.

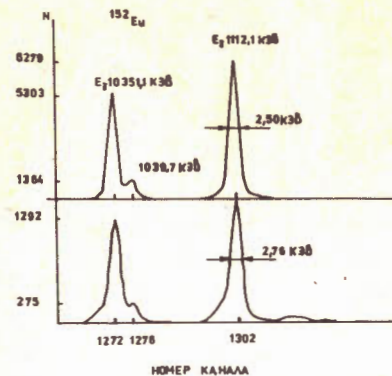


Рис.3. Спектры ^{152}Eu , измеренные с германиевым детектором объемом 40 см³ при загрузках 3 кГц /верхний рис./ и 30 кГц /нижний рис./.

Влияние загрузки на разрешение изучалось также в спектрометре, состоящем из германиевого детектора объемом 40 см³, предусилителя, разработанного усилителя и АЦП. Измеренные спектры ^{152}Eu при загрузках 3 и 30 кГц показаны на рис.3. Результаты этих измерений отмечены на рис. 2 крестиками.

Основные технические параметры усилителя:

- | | |
|---|---|
| Входное сопротивление | - более 500 Ом. |
| Полярность входных импульсов | - любая. |
| Среднеквадратичное шумовое напряжение, приведенное ко входу: | - $\tau = 0,5$ мкс - не более 20 мкВ;
- $\tau = 1,0$ мкс - не более 14 мкВ;
- $\tau = 2,0$ мкс - не более 10 мкВ. |
| Выходное сопротивление | - 50 Ом. |
| Полярность выходных импульсов | - положительная. |
| Максимальная амплитуда выходных импульсов: | - + 8 В на 500 Ом; + 5В на 50 Ом. |
| Интегральная нелинейность при максимальной выходной амплитуде | - не хуже 0,1%. |
| Диапазон изменения коэффициента усиления | - от 10 до 1500. |
| Температурная нестабильность коэффициента усиления в диапазоне температур /10 ÷ 50/°С | - не хуже $100 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$. |
| Постоянные времени формирования | - 0,5 1,0 и 2,0 мкс. |
| Расширение пика $E_\gamma = 1,11$ МэВ от радиоактивного источника ^{152}Eu при повышении загрузки от 3 кГц до 30 кГц при постоянной времени $\tau = 2$ мкс | - 9%. |
| Логические выходы: "Число импульсов", "Наложение" и "Мертвое время". | |

Используемое питание и потребляемые токи:

+24 В - 28 мА; -24 В - 30 мА;
+12 В - 120 мА; -12 В - 100 мА;
+ 6 В - 450 мА; - 6 В - 80 мА.

Спектрометрический усилитель построен в стандарте КАМАК.
Ширина модуля - 2М.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Н.И.Рухадзе и В.И.Фоминых за помощь в измерении характеристик блока.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Trans. on Nucl.Sci., NS-19, No. 1, 1972.
2. 572 Amplifier, ORTEC Nuclear Catalog.
3. Габриэль Ф. и др. ОИЯИ, Р13-11201, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 апреля 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Акимов Ю.К., Динь Ши Хьен, Калинин А.И.
Спектрометрический усилитель

13-84-227

Описан спектрометрический усилитель, линейная часть которого построена на операционных усилителях K544UD2. Схема содержит два восстановителя нулевой линии, обеспечивающих высокую загрузочную способность усилителя до 10^5 имп/с. Средне-квадратичное шумовое напряжение, приведенное ко входу усилителя, не превышает $10 \text{ мкВ} / r = 2 \text{ мкс}$. Блок содержит логическую часть, в которой вырабатываются сигналы "Число импульсов", "Мертвое время" и "Наложение", выведенные на переднюю панель. Спектрометрический усилитель построен в стандарте КАМАК, ширина модуля - 2М.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Akimov Yu.K., Dinh-Sy-Hien, Kalinin A.I.
Spectrometric Amplifier

13-84-227

A spectrometric amplifier in CAMAC standard (2M) is described. Its linear part is constructed on operational amplifiers K544UD2. The circuit contains two baseline restorers which provide a high count rate performance up to 10^5 p/s. RMS noise output referred to input is less than 10 V. The unit contains a logical part for generating outputs: "Pulse number", "Dead time" and "Pileup" brought out to a front panel.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984