

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
СО АН СССР

33

Д.К. Весновский, И.А. Рачек

НОРМАЛИЗАТОР ОДНОКРАТНЫХ  
ИМПУЛЬСОВ ПО АМПЛИТУДЕ

ПРЕПРИНТ 82-41



Новосибирск

## НОРМАЛИЗАТОР ОДНОКРАТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПО АМПЛИТУДЕ

Д. К. Весновский, И. А. Рачек

### А Н Н О Т А Ц И Я

Описано устройство, предназначенное для работы совместно с анализатором однократных импульсных сигналов "Импульс-А" [3], позволяющее исследовать форму импульсов в широком динамическом диапазоне амплитуд. Прибор представляет собой компрессор, сжимающий динамический диапазон входных сигналов с 20 дБ до 1 дБ без искажения формы импульса. Устройство используется в системе идентификации частиц по форме импульсов со сцинтилляционного счетчика.

Во многих физических задачах информация заключена в форме однократных импульсных сигналов, снимаемых со всевозможных датчиков и детекторов. Регистрация таких сигналов до недавнего времени осуществлялась с помощью осциллографов с запоминанием и фиксирующих фотокамер. Этот процесс трудоемок, приводит к большим затратам времени.

В ИЯФ СО АН СССР разработан ряд приборов, позволяющих полностью автоматизировать съем и обработку информации о форме импульсных сигналов [1]. Работа регистратора однократных импульсных сигналов АФИ-16 [2] основана на принципе запоминания мгновенных значений сигнала в точках, равномерно расставленных во времени, с последующим их измерением встроенным АЦП. Устройство имеет 256 градаций по амплитуде импульса, 16 временных точек с шагом дискретности по времени от 2 до 6 нсек, т.е. оно предназначено для изучения импульсов длительностью 10-90 нсек. Другой прибор - анализатор "Импульс-А" [3] построен на основе быстрого параллельного АЦП и имеет следующие параметры: количество временных точек - 128, минимальный шаг дискретности по времени - 10 нсек, число градаций по амплитуде - 64. Однако во многих экспериментах требуется исследовать форму импульсов, имеющих малый разброс по длительности, но обладающих широким динамическим диапазоном по амплитуде (сигналы, снимаемые со спинтилляционных счетчиков, полупроводниковых детекторов, проволочных камер и т.п.). Упомянутые выше устройства для этих целей не подходят: "АФИ-16" имеет недостаточное количество временных точек, а "Импульс-А" - малое число градаций по амплитуде. Очевидными представляются следующие пути решения проблемы:

1. Увеличение числа временных точек в "АФИ-16" и разрядности встроенного АЦП, (что соответственно приводит к значительному усложнению прибора, уменьшению его надежности и стабильности).

2. Нарращивание разрядности параллельного АЦП в "Импульс-А" (что связано, как с усложнением устройства, так и с увеличением минимального шага дискретизации по времени).

3. Разработка дополнительного устройства - компрессора динамического диапазона входных сигналов, автоматически приводящего амплитуду входного импульса (в заданных пределах) к некоторой стандартной амплитуде без искажения формы. Совместно с таким

устройством анализатор "Импульс-А" позволял бы исследовать форму сигналов в широком динамическом диапазоне с достаточной точностью.

Последний путь представляется нам наиболее простым и эффективным способом решения проблемы регистрации формы импульсных сигналов с большим разбросом по амплитуде. Ниже описывается конструкция такого дополнительного устройства — нормализатора однократных импульсов по амплитуде, специально предназначенного для работы совместно с блоком "Импульс-А". Прибор разработан для использования в системе идентификации частиц по форме импульса со сцинтилляционного счетчика. Исходные данные следующие: диапазон входных амплитуд  $-0,1 \pm 1$  В; длительность импульса  $\sim 1$  мкс; полоса пропускания прибора — не уже 50 МГц.

Блок-схема нормализатора представлена на рис.1.

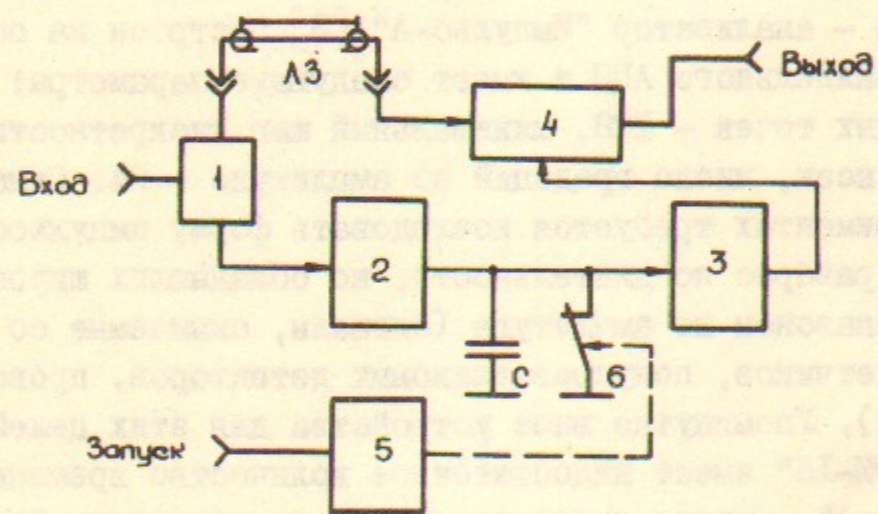


Рис.1

Устройство состоит из входного разветвителя 1; внешней линии задержки ЛЗ; запоминателя амплитуды импульса 2 с запоминающей емкостью С; формирователя напряжения управления 3; регулируемого делителя 4; схемы управления 5 с ключом 6.

В режиме ожидания ключ 6 находится в замкнутом состоянии, поддерживая на емкости С нулевой потенциал. За 30–50 нс до прихода сигнала с детектора подается импульс запуска на вход схемы управления. Схема управления размыкает ключ 6 на время порядка 1,5 мкс. Импульс тока с детектора разветвляется во входном раз-

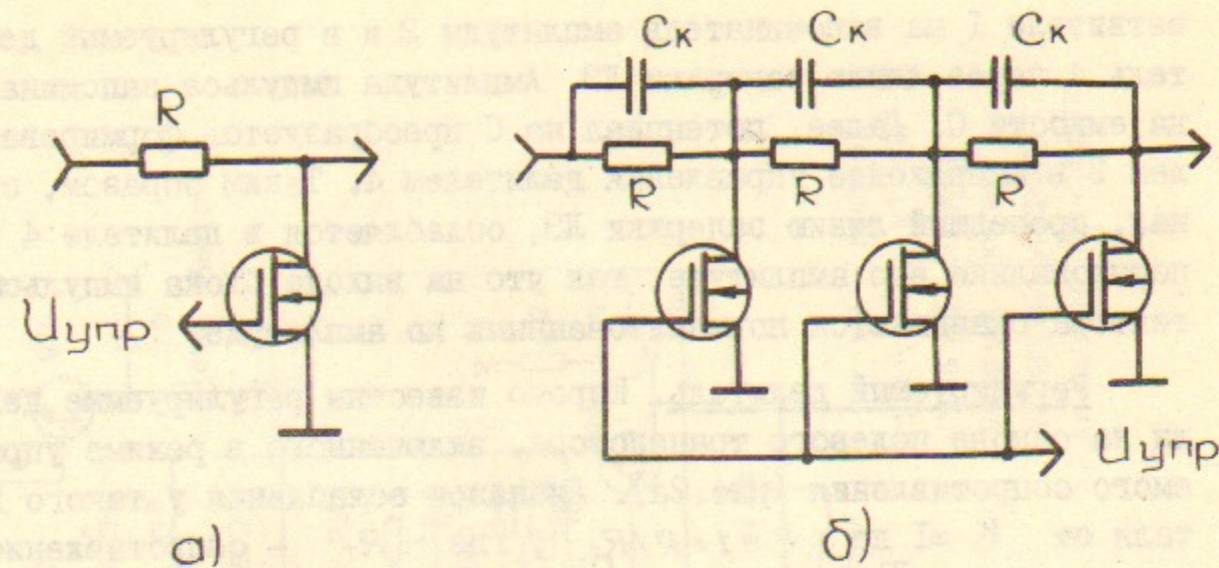


Рис.2

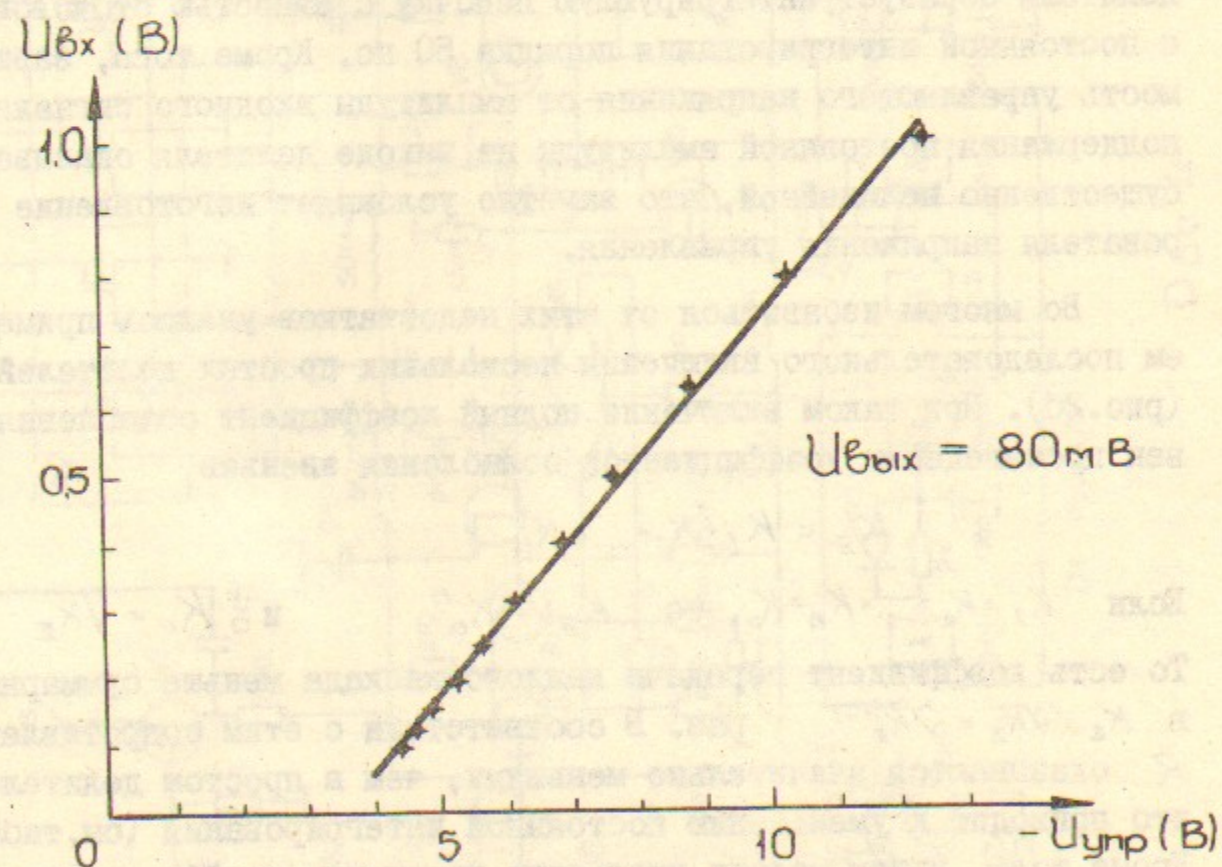


Рис.3

ветвителе I на запоминатель амплитуды 2 и в регулируемый делитель 4 через линию задержки ЛЗ. Амплитуда импульса запоминается на емкости С. Далее, потенциал на С преобразуется формирователем 3 в напряжение управления делителем 4. Таким образом, сигнал, прошедший линию задержки ЛЗ, ослабляется в делителе 4 пропорционально его амплитуде, так что на выходе блока импульсы детектора оказываются нормализованными по амплитуде.

**Регулируемый делитель.** Широко известны регулируемые делители на основе полевого транзистора, включенного в режиме управляемого сопротивления (рис.2а). Диапазон ослабления у такого делителя от  $K=1$  до  $K=1+R/R_T$ , где  $R_T$  — сопротивление канала открытого транзистора. Однако такой простой делитель обладает существенными недостатками. Для достижения необходимого коэффициента деления (в данном случае  $K=10+15$ ) сопротивление  $R$  нужно выбирать порядка единиц килоом. При этом сопротивление делителя образует интегрирующую цепочку с емкостью стоковой цепи, с постоянной интегрирования порядка 50 нс. Кроме того, зависимость управляющего напряжения от амплитуды входного сигнала для поддержания постоянной амплитуды на выходе делителя оказывается существенно нелинейной, что заметно усложняет изготовление формирователя напряжения управления.

Во многом избавиться от этих недостатков удалось применением последовательного включения нескольких простых делителей (рис.2б). При таком включении полный коэффициент ослабления равен произведению коэффициентов ослабления звеньев

$$K_{\Sigma} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

Если  $K_1 = K_2 = \dots = K_n = K_0$ , то  $K_{\Sigma} = K_0^n$  и  $K_0 = \sqrt[n]{K_{\Sigma}}$

То есть коэффициент передачи каждого каскада меньше суммарного в  $K_{\Sigma} / \sqrt[n]{K_{\Sigma}} = \sqrt[n]{K_{\Sigma}^{n-1}}$  раз. В соответствии с этим сопротивления  $R$  оказываются значительно меньшими, чем в простом делителе, что приводит к уменьшению постоянной интегрирования (см. табл. I). Кроме того, ввиду малого диапазона изменения коэффициента передачи каждого каскада становится эффективным применение частотной коррекции звеньев — включением емкостей  $C_K$ .

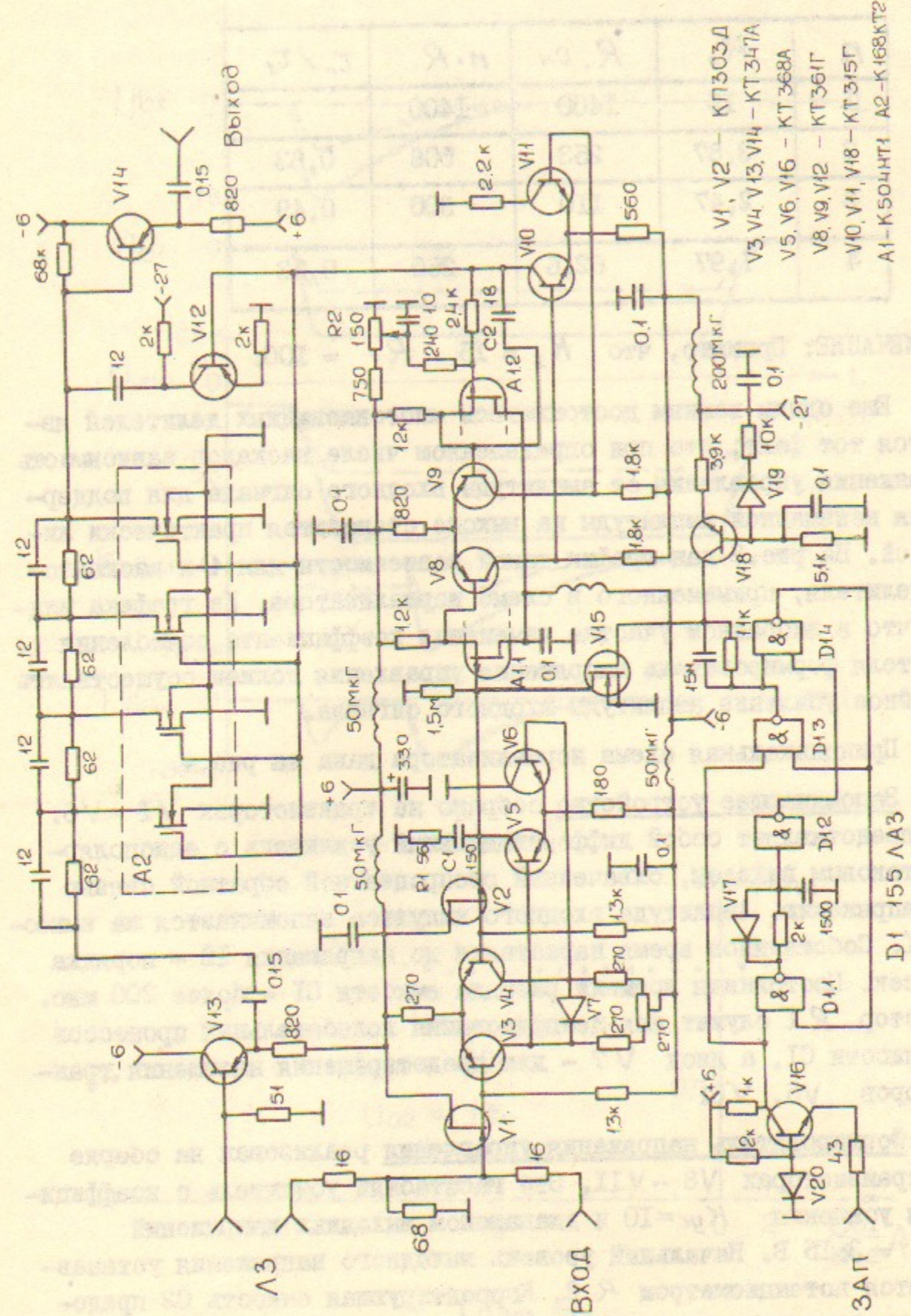


Рис. 4

Таблица I

$n$	$K_0$	$R, \text{ Ом}$	$n \cdot R$	$\tau_n / \tau_1$
1	15	1400	1400	1
2	3,87	253	506	0,83
3	2,47	110	330	0,49
4	1,97	62,6	250	0,33

ПРИМЕЧАНИЕ: Принято, что  $K_z = 15$   $R_T = 100$ .

Еще одним важным достоинством многокаскадных делителей является тот факт, что при определенном числе каскадов зависимость напряжения управления от амплитуды входного сигнала для поддержания неизменной амплитуды на выходе становится практически линейной. На рис.3 дан график такой зависимости для 4-х каскадного делителя, примененного в схеме нормализатора. Из графика видно, что в выбранном участке изменения коэффициента ослабления делителя формирователь напряжения управления должен осуществлять линейное усиление амплитуды входного сигнала.

Принципиальная схема нормализатора дана на рис.4.

Запоминающее устройство собрано на транзисторах V1 - V6. Оно представляет собой дифференциальный усилитель с однополярным токовым выходом, охваченный стопроцентной обратной связью по напряжению. Амплитуда входного импульса запоминается на емкости C1. Собственное время нарастания до напряжения 1В - порядка 10 нсек. Постоянная времени разряда емкости C1 - более 200 мкс. Резистор R1 служит для демпфирования колебательных процессов на емкости C1, а диод V7 - для предотвращения насыщения транзисторов V5, V6.

Формирователь напряжения управления реализован на сборке A1, транзисторах V8 - VII. Это масштабный усилитель с коэффициентом усиления  $K_{ус} = 10$  и диапазоном выходных напряжений  $|U_{вых}| = 3 \div 15$  В. Начальный уровень выходного напряжения устанавливается потенциометром R2. Корректирующая емкость C2 предохраняет усилитель от возбуждения. Время нарастания выходного напряжения до  $|U_{вых}| = 15$  В - не более 100 нсек. Для подавления

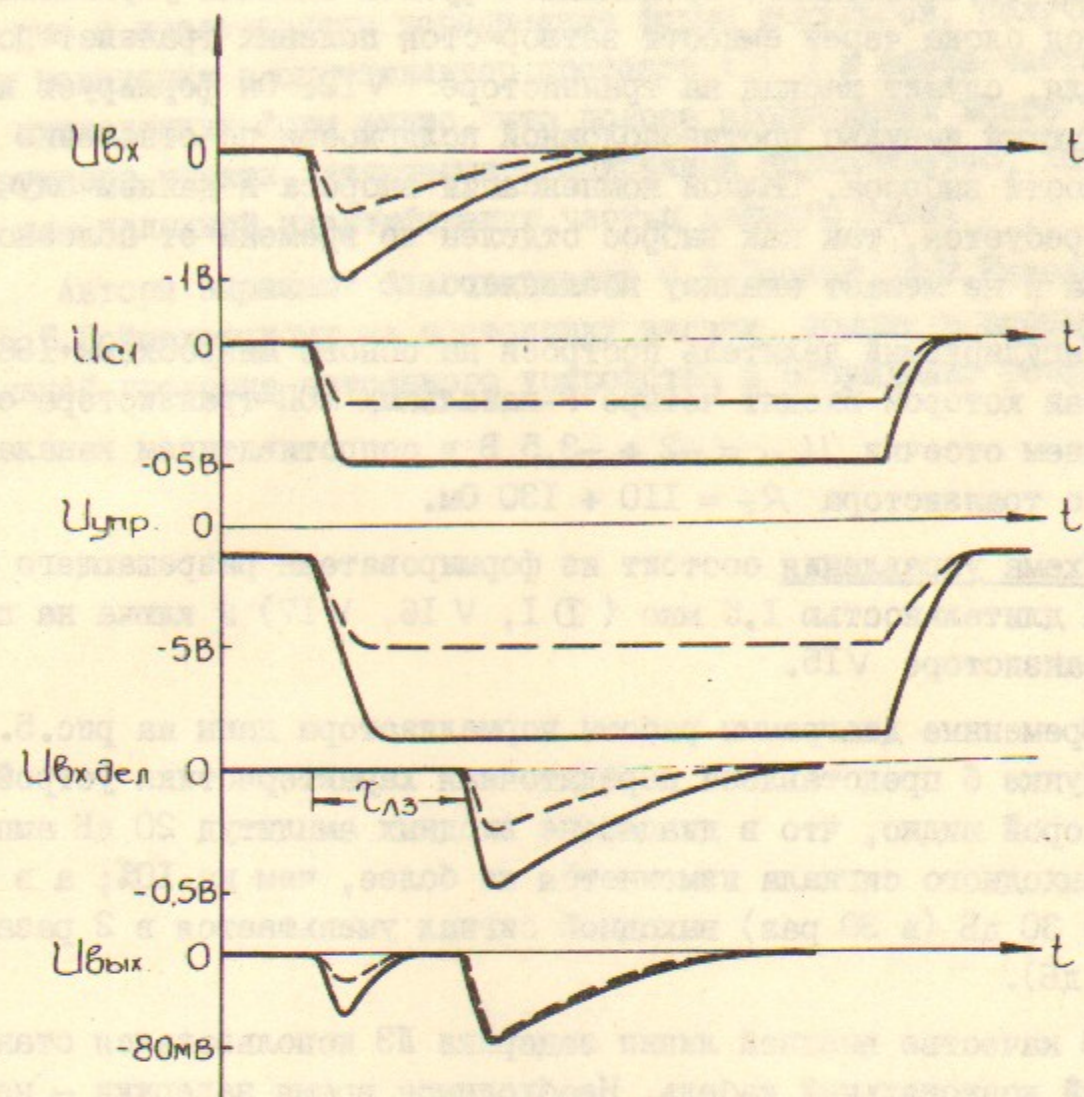


Рис. 5

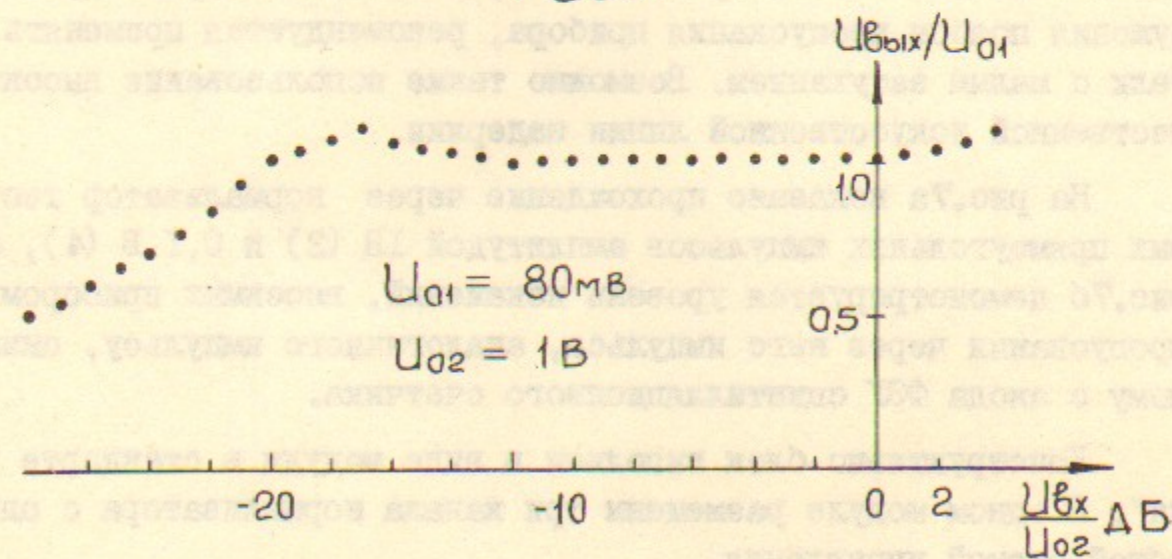


Рис. 6

выброса, обусловленного прониканием фронта сигнала управления на выход блока через емкости затвор-сток полевых транзисторов делителя, служит каскад на транзисторе VI2. Он формирует компенсирующий импульс противоположной полярности по отношению к полярности выброса. Полной компенсации выброса в данном случае и не требуется, так как выброс отделен по времени от полезного сигнала и не мешает анализу последнего.

Регулируемый делитель построен на основе микросхемы I68KT2Б, в состав которой входят четыре Р-канальных МОП-транзистора с напряжением отсечки  $U_{отс} = -2 \pm -3,5$  В и сопротивлением канала открытого транзистора  $R_T = 110 \pm 130$  Ом.

Схема управления состоит из формирователя разрешающего импульса длительностью 1,5 мкс (DI, VI6, VI7) и ключа на полевом транзисторе VI5.

Временные диаграммы работы нормализатора даны на рис.5. На рисунке 6 представлена передаточная характеристика устройства, из которой видно, что в диапазоне входных амплитуд 20 дБ амплитуда выходного сигнала изменяется не более, чем на 10%; а в диапазоне 30 дБ (в 30 раз) выходной сигнал уменьшается в 2 раза (на 6 дБ).

В качестве внешней линии задержки ЛЗ использовался стандартный коаксиальный кабель. Необходимое время задержки — не менее 200 нсек (~ 40 метров кабеля), поэтому для предотвращения сужения полосы пропускания прибора, рекомендуется применять кабели с малым затуханием. Возможно также использование высококачественной искусственной линии задержки.

На рис.7а показано прохождение через нормализатор тестовых прямоугольных импульсов амплитудой 1В (3) и 0,1В (4), а на рис.7б демонстрируется уровень искажений, вносимых прибором при пропускании через него импульса, аналогичного импульсу, снимаемому с анода ФЭУ сцинтилляционного счетчика.

Конструктивно блок выполнен в виде модуля в стандарте "Вышня". В одном модуле размещены три канала нормализатора с одной общей схемой управления.

Описанный нормализатор совместно с анализатором "Импульс-А" использовались для идентификации вторичных частиц, регистрируемых сцинтилляционным счетчиком на основе кристалла  $NaI(Tl)$  и

ФЭУ типа 56-DVP в эксперименте по электровозбуждению ядер. На рис.8 представлены усредненные формы импульсов, получаемых при попадании в сцинтиллятор протонов ( $p$ ) и альфа-частиц ( $\alpha$ ). Из приведенных форм видно, что полоса пропускания всего регистрирующего тракта, включающего описанный нормализатор, достаточна для надежной идентификации частиц данного типа.

Авторы выражают благодарность С.Г.Попову, Д.М.Николенко и Б.Б.Войцеховскому за постановку задачи, помощь в экспериментальной проверке описанного устройства и обсуждение результатов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Батраков А.М., Козак В.Р., Нифонтов В.И., Хильченко А.Д., Чуканов В.В. Приборы для цифровой регистрации однократных импульсных сигналов. В кн. "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ (Материалы Всесоюзной конференции)". Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
2. Сазанский В.Я., Шейнгейзхт А.А. Регистратор однократных импульсных сигналов АФИ-16. Препринт ИЯФ 79-37.
3. Нифонтов В.И., Хильченко А.Д. Регистратор однократных импульсных сигналов "Импульс-А". Препринт ИЯФ 79-39.

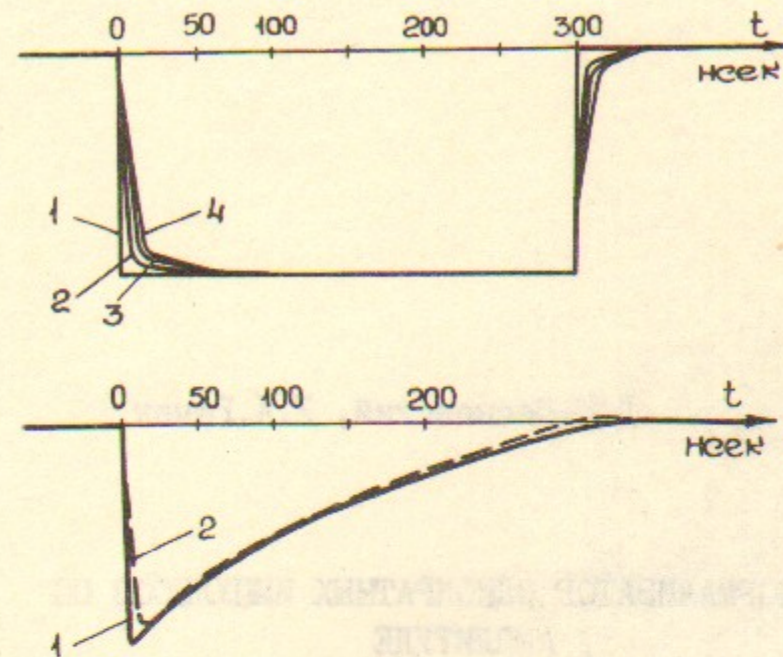


Рис.7 Временные диаграммы прохождения тестовых сигналов:  
 а - прямоугольного: 1-тестовый импульс; 2-сигнал на выходе ЛЗ;  
 3-выходной импульс при амплитуде входного  $I_B$ ; 4-то же, но при амплитуде входного импульса  $0.1 I_B$  ;  
 б - аналогичного сигналу от сцинтиляционного счетчика:  
 1-тестовый импульс ; 2-выходной импульс.

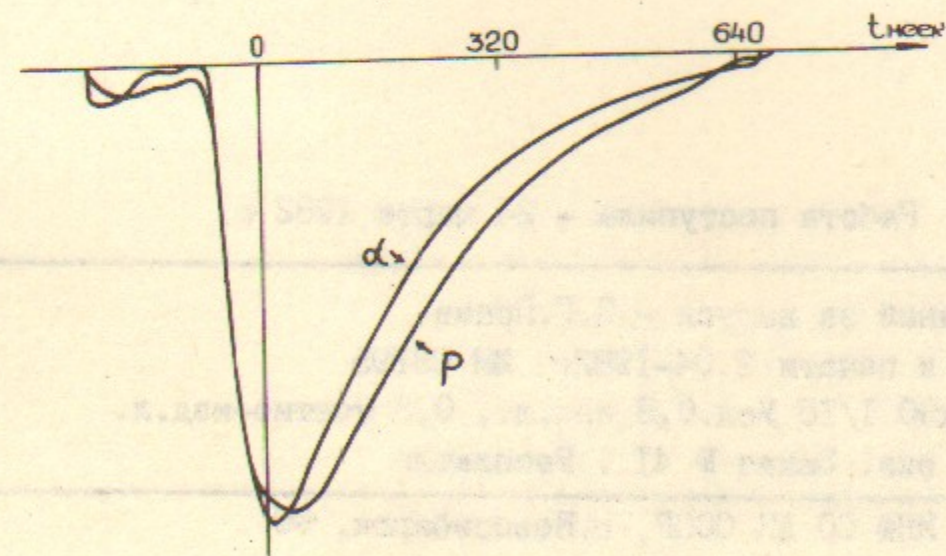


Рис.8



Д.К.Весновский, И.А.Рачек

НОРМАЛИЗАТОР ОДНОКРАТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПО  
АМПЛИТУДЕ

Препринт

№ 82- 4I

Работа поступила - 24 марта 1982 г.

---

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов  
Подписано к печати 2.04-1982г. МН 03195  
Формат 60x90 1/16 Усл.0,8 печ.л., 0,6 учетно-изд.л.  
Тираж 290 экз. Заказ № 4I . Бесплатно

---

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90