

29С111

1972

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ВЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ  
СО СЛЕДЯЩИМ ПОРОЛОМ

С.Г. Васильев, В.Т. Ячара



13 - 6852

974/2-73

Дубна

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

5-272

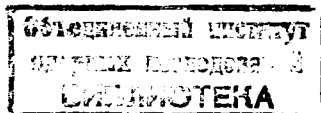
12/1

13 - 6852

С.Г.Басиладзе, В.Т.Лачала

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ  
СО СЛЕДЯЩИМ ПОРОГОМ**

*Направлено в ИТЭ*



В работах <sup>/1,2,4/</sup> исследовалась зависимость оптимального времени разрешения от порога срабатывания формирователя в широком диапазоне амплитуд сигналов, поступающих от быстрых сцинтилляционных счетчиков. Доказано, что существует оптимальное временное разрешение в широком диапазоне амплитуд  $/100:1/$ , если порог срабатывания формирователя установить на уровне  $0,1 \div 0,2$  амплитуды входного сигнала. В результате этих исследований разработан ряд формирователей со следящим порогом, которые описаны в работах <sup>/5-13/</sup>. Во многих схемах <sup>/6,7,9,10,11/</sup> для импульсов со временем нарастания  $\sim 2$  нсек получено временное разрешение на уровне  $\pm 150$  псек. Недостатком большинства схем <sup>/6,7,11,12,13/</sup> является то, что они пригодны для узкого диапазона величин фронтов. Только в последних работах описаны схемы с одним реактивным элементом - кабелем задержки, которые могут работать в широком диапазоне величин фронтов входных сигналов. К числу недостатков известных схем можно также отнести:

- связи по переменному току <sup>/6,7,11,12,13/</sup> /схемы не могут работать с большими нагрузками/,
- высокие требования к стабильности питающего напряжения <sup>/8,9,10/</sup>  $/1 \times 10^{-4} / 0 \text{ С/}$  и критичность к настройке в силу большого коэффициента усиления /чувствительности/ по постоянному току,
- отсутствие формирования выходного сигнала <sup>/6-12/</sup>,
- применение быстрых интегральных схем, не имеющих в настоящее время отечественных аналогов <sup>/8,9,10/</sup>.

В связи с этим была предпринята попытка разработать широкодиапазонный формирователь со следящим порогом со связями по постоянному току, имеющий малое мертвое время и формирование выходного сигнала.

На рис. 1 показана блок-схема формирователя. Он состоит из следующих функциональных блоков: суммирующего усилителя /СУ/,

входного ограничителя /ВО/, дополнительного усилителя /У/, дискриминатора нижнего уровня /ДНУ/, дискриминатора "нуля" /Д "0"/ и унифицированного выходного формирователя /14/ /УВФ/.

В блоке суммирующего усилителя выполняются все операции, связанные с получением биполярного импульса, описанные в работе /3/. Для защиты входа СУ от импульсов с большой амплитудой применяется входной ограничитель. Уровень ограничения определяется неравенством:

$$f \times U_{ВХ\ max} < U_{огр} < U_{СУ\ max} ,$$

где  $f$  - коэффициент деления сигнала во II канале /  $f \approx 0,15$  /<sup>1,2/</sup> ;  
 $f \times U_{ВХ\ max}$  - максимальный сигнал, поступающий на вход II СУ,  
 $U_{СУ\ max}$  - допустимый сигнал на входе СУ.

Дополнительный усилитель применяется с целью увеличить крутизну перехода через "нуль" у биполярного импульса. Дискриминатор "нуля", обладающий высокой чувствительностью, блокируется в нормальном состоянии дискриминатором нижнего уровня, порог которого задает "порог срабатывания" дискриминатора "0", что позволяет избежать запуска последнего от шумов.

Принципиальная схема формирователя приведена на рис. 2. За исключением единственного реактивного элемента, которым является кабель задержки, схема полностью выполнена со связями по постоянному току, что обеспечивает высокое собственное быстродействие /60 Мгц/ и допускает работу в широком диапазоне фронтов. В данной схеме СУ выполнен на транзисторах  $T_2, T_4$ . На базу транзистора  $T_4$  через параллельно-последовательный ограничитель /Д<sub>1</sub> ÷ Д<sub>3</sub>,  $T_1$  / поступает входной сигнал, задержанный на время  $t_3 = (1-f) \times t_{\phi}$  внешней линией задержки ЛЗ<sub>1</sub> /  $t_{\phi}$  - время нарастания входного сигнала/, причем его полярность и амплитуда сохраняются. На базу транзистора  $T_2$  поступает ослабленный до величины  $f \times U_{ВХ}$  сигнал. Ослабление достигается делителем, собранным из сопротивлений 360 ом, 51 ом. Поступившие на базы транзисторов  $T_2, T_4$  сигналы суммируются и образуют в их коллекторах биполярные импульсы. Эти импульсы усиливаются дополнительным усилителем на транзисторах  $T_7, T_8$ . В коллекторе  $T_7$  формируется окончательный биполярный импульс амплитудой  $\pm 7$  ма с большой крутизной перехода через "нуль". Этот импульс подается на дискриминатор "нуля", выполненный на туннельном диоде Д10 с пиковым то-

ком 10 ма. Дискриминатор нижнего уровня собран на транзисторах  $T_3$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ . Важной отличительной особенностью схемы является то, что ДНУ запускается с коллектора транзистора  $T_1$ , работающего в режиме усилителя с разными коэффициентами усиления по постоянному току и для входного сигнала /в эмиттере  $T_1$  сопротивление равно 2 ком и 100 ом соответственно/. Такое решение позволяет получить высокую чувствительность ДНУ при сохранении хорошей стабильности.

Сформированная в коллекторе транзистора  $T_6$  отрицательная "полочка" амплитудой 17 ма поступает на туннельный диод Д10 до прихода "пересечения нуля" и выводит его в точку, близкую к току максимума. Туннельный диод Д10 работает в режиме триггера Шмитта. Отрицательный заход биполярного импульса вызывает его переброс на диффузионную ветвь, а сброс происходит в момент окончания "полочки". Далее, сформированный туннельным диодом импульс запускает с помощью дифференциальной пары  $T_9$ ,  $T_{10}$  унифицированный выходной формирователь. На транзисторах  $T_{11}$ ,  $T_{12}$  собрана схема управления, которая блокирует формирователь сигналом "TTL", подаваемым с разъема питания.

Временные характеристики формирователя исследовались с помощью экспериментальной установки, блок-схема которой показана на рис. 3. Измерение "гуляния" проводилось определением временного сдвига пика, наблюдаемого с помощью многоканального амплитудного анализатора. Характеристика зависимости "гуляния" от амплитуды импульса с фотоумножителя XP1020 с временем нарастания  $\sim 2,5$  нсек приведена на рис. 4. В диапазоне 60:1 наблюдалось "гуляние"  $\pm 100$  псек.

На рис. 5 показана зависимость пределов "гуляния" выходного импульса для различных времен нарастания /для разных кабелей задержки/ входных импульсов. Отклонение от линейности объясняется, в частности, тем, что точки, соответствующие 2,5 нсек и 5нсек, сняты от фотоумножителей, а остальные получены для импульсов от генератора с предварительной формировкой R-C цепочкой.

Для сравнения на рис. 6 приведены характеристики зависимости "гуляния" от амплитуды входного импульса, снятые в одинаковых условиях для ранее разработанных формирователей <sup>10,11,12</sup> и описываемого. Сравнение характеристик различных схем показывает, что различие наблюдается лишь в области малых сигналов и зависит практически только от чувствительности данной схемы, поэтому целесообразно, по-видимому, указывать не столько величину динами-

ческого диапазона, сколько величину сигнала /эффективный порог/, свыше которого "гуляние" не превышает указанной величины.

### Краткие характеристики

В одном блоке САМАС двойной ширины размещены две одинаковые схемы. Характеристики одной из них приведены ниже.

#### **Вход**

Число входов	- 1
Импеданс	- 50 ом
Полярность импульсов	- отрицательная
Коэффициент отражения для перепадов с фронтами 1 нсек	- $\leq 0,10$
Диапазон амплитуд входного сигнала с фронтом 2,5 нсек, для которого "гуляние" не превышает $\pm 100$ псек	- 0,22 в ÷ 14 в
Допустимая длительность входного сигнала	- любая свыше 5 нсек
Мертвое время	- равно большей из двух величин: или мертвому времени УВФ /10 нсек/, или длительности входного сигнала плюс длительность кабеля задержки плюс 5 нсек.

#### **Выходы**

Число выходов	- 1 логический инверсный, равный по длительности входному сигналу
	- 2 логических прямых и 1 логический инверсный с плавно регулируемой длительностью
Импеданс	- высокоомный /генератор тока/
Полярность импульсов	- отрицательная
Уровни логических сигналов	- 0 ÷ 16 ма /- 800 мв на нагрузку 50 ом/
Собственная задержка схемы а/по прямому выходу	- 10 нсек

б/ по выходам УВФ	- 20 нсек
“Гуляние“ выходного импульса при изменении амплитуды входного сигнала в диапазоне 100:1	
а/ для фронта ~ 2,5 нсек	- $\pm 0,2$ нсек
в/ для фронта ~ 60 нсек	- $\pm 2,7$ нсек
“Гуляние“ выходного импульса при изменении напряжения питания	- 0,5 псек/мВ
Длительность регулируемых выходных сигналов	- 4÷40 нсек

### Управление

На формирователь может быть подан сигнал запрета срабатывания с разъема питания.

Уровни логического сигнала управления “TTL” - 0÷+4 в

Входное сопротивление - 2 ком

Длительность выходного сформированного импульса может линейно регулироваться управляющим потенциалом с разъема питания

Диапазон управляющих аналоговых сигналов - 0÷ -6 в

Входное сопротивление - 800 ом

Температурный диапазон - 0 ÷ +40 °С

Токи, потребляемые блоком - -12 в / 480 ма  
+12 в / 380 ма

В таблице приведены основные характеристики различных практически используемых <sup>6-13</sup> и описываемого формирователей. Данные по <sup>6-13</sup> приведены из соответствующих работ, и поэтому имеется различие между ними и результатами совместных измерений /рис. 6/, проведенных по единой методике.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность А.Н.Хренову, Ф.Габриелю, К.Андерту, В.А.Смирнову за помощь в работе и полезные обсуждения, а также А.А.Виноградовой за подготовку образца схемы.

## Литература

1. G.Bertolini, M.Cocchi, V.Mandl, A.Rota. *IEEE Trans. Nucl. Sci. N.S.* - 13 (3), 119 (1966).
2. J.Miche, F.Ostertag, A.Coche. *IEEE Trans. Nucl. Sci. N.S.* - 13 (3), 127 (1966).
3. D.A.Gedcke, W.J.Donald. *Nucl. Instr. and Methods*, 55 (2), 377 (1967).
4. R.Nutt, D.A.Gedcke, C.W.Williams. *ORTEC Application Notes on A Comparison of Constant Fraction and Leading Edge Timing with Na I (TL) Scintillators.*
5. M.Moszynski. *Raport IBJ.N I213 /IA/PL* (1970).
6. D.A.Gedcke, W.J.McDonald. *Nucl. Instr. and Methods*, 58 (2), 253 (1968).
7. L.Karlsson. *Nucl. Instr. and Methods*, 100, 193 (1972).
8. M.R.Maier, P.Sperr. *Nucl. Instr. and Methods*, 87 (1), 13 (1970).
9. *ORTEC Nuclear Catalog*, v. 721 (1972).
10. F.Gabriel. *Dissertation ZFK-228, Rossendorf* (1972).
11. В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе, В.Я.Гвоздев, А.Г.Грачев, И.Ф.Колпаков, П.К.Маньяков, Н.М.Никитюк, В.А.Смирнов. *Сообщение ОИЯИ, 13-5447, Дубна, 1970.*
12. Л.Ондреш, С.В.Мухин, С.В.Рихвицкий, И.Н.Семенюшкин, П.Хорват,, А.Н.Хренов. *Сообщение ОИЯИ, P13-5065, Дубна, 1970.*
13. Е.А.Мелешко. *ПТЭ, №1 /1972/.*
14. С.Г.Басиладзе. *Препринт ОИЯИ, 13-6331, Дубна, 1972.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 декабря 1972 года.



Л.	миним. порог срабатыв.	эффективн. порог срабатыв.	гуляние	динамич. диапазон	собствен. задерж.	быстро- действие	виг связей	виг исполнен.
№	[мб]	[мб]	[псек]		[нсек]	[Мгц]	пост. ток = пер. ток ≈	ДТ-дискр. ИС-цнт.сх.
[6]	~ 25	60	± 120	100:1	20	—	≈	ДТ
[7]	—	—	± 120	100:1	—	—	≈	ДТ+ИС
[8]	—	—	± 30	20:1	—	—	=	ИС
[9]	50	100	± 150	100:1	—	40	=	ИС
[10]	10	~ 30	± 150	100:1	20	—	=	ИС
[11]	~ 25	100	± 150	100:1	18	20	≈	ДТ
[12]	~ 80	150	± 100	60:1	—	—	≈	ДТ
[13]	200	500	± 100	10:1	—	10	≈	ДТ
опи- сыв.	70	220	± 100	60:1	20	60	=	ДТ

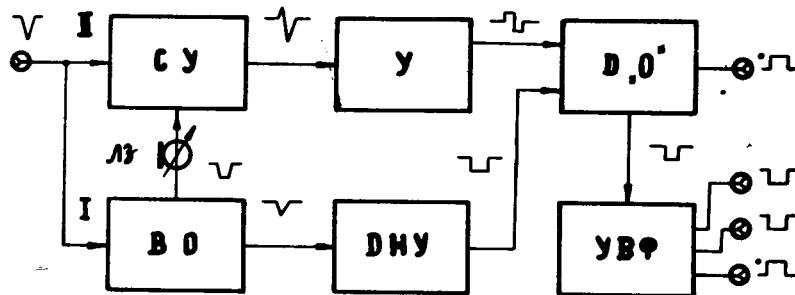


Рис. 1. Блок-схема формирователя.



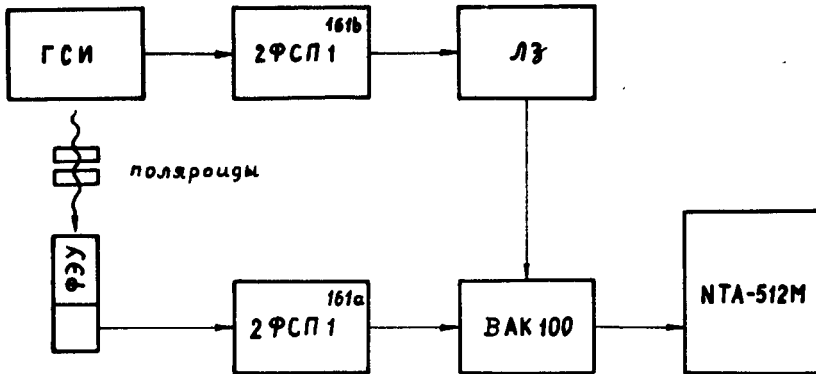


Рис. 3. Блок-схема экспериментальной установки: ГСИ- генератор световых импульсов; 2ФСП1/а и б/ формирователи со следящим порогом; ЛЗ - линия задержки; ВАК100 - время-амплитудный конвертор; NTA512 A - многоканальный анализатор.

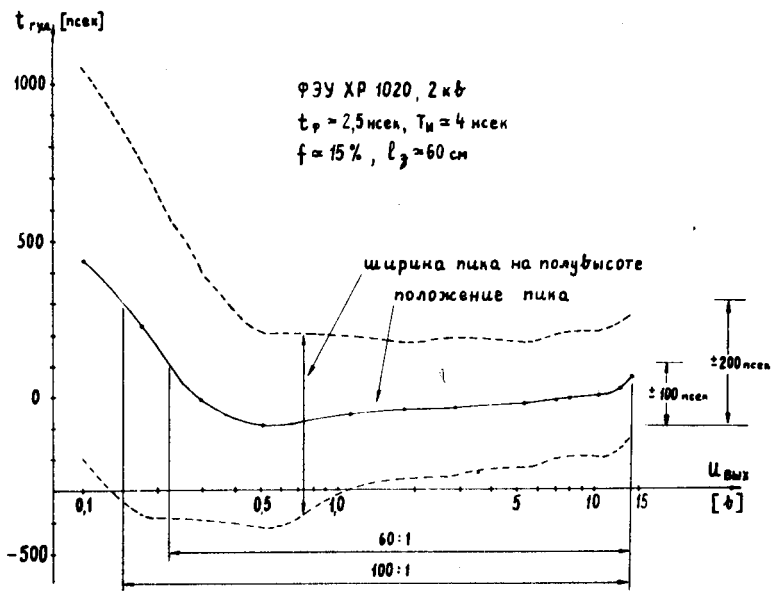


Рис. 4. Зависимость "гуляния" выходного импульса от амплитуды входного импульса.

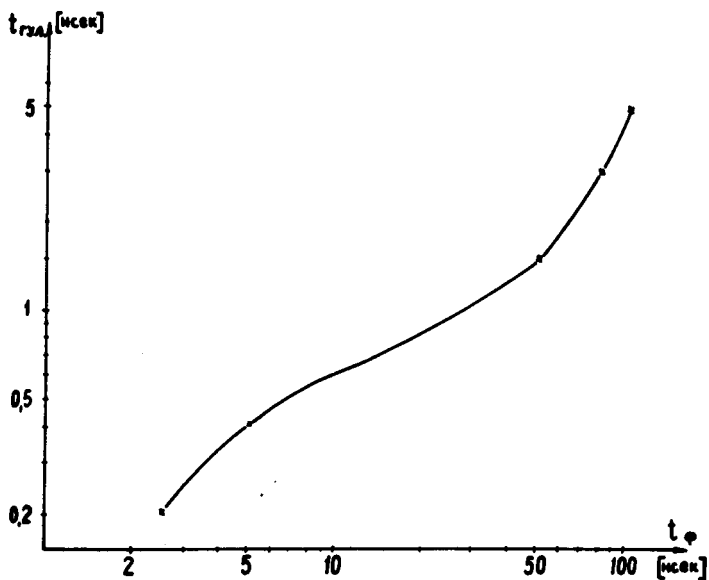


Рис. 5. Зависимость "гуляния" выходного импульса от времен нарастания входных импульсов в диапазоне 40:1.

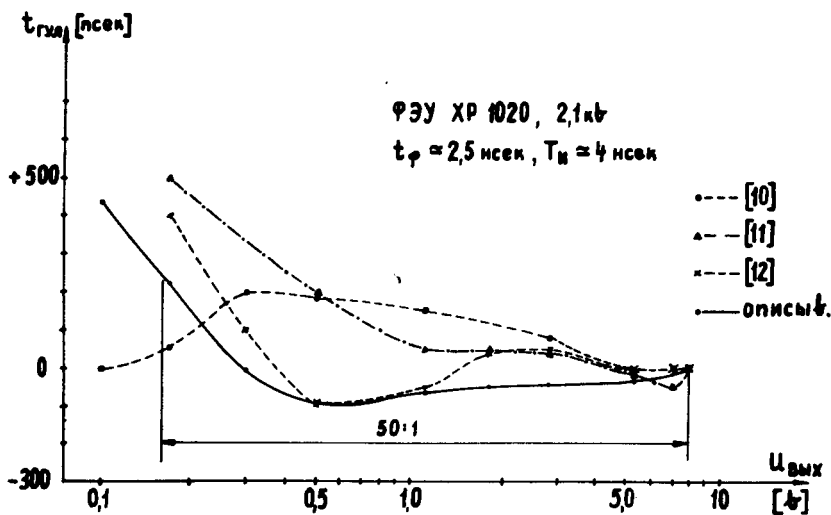


Рис. 6. Измеренные в одинаковых условиях характеристики формирователей.

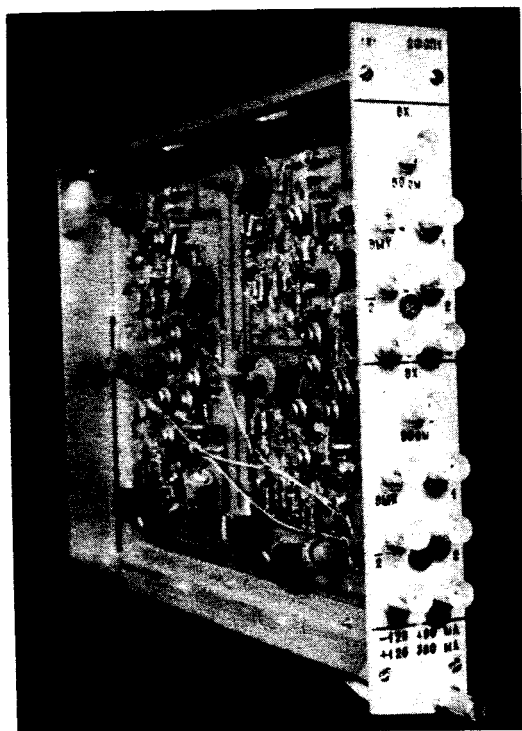


Рис. 7. Внешний вид двойного формирователя 2ФСП.