

471

14/VII-65

п-336

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2188



Пин Цунь-пин

СКОРОСТНОЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

Пик Цуль-дин

СКОРОСТНОЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

в/0343. dw



Скоростной импульсный осциллограф является прибором, необходимым для исследования и наладки схем ядерной электроники. Однако выпускаемые в настоящее время промышленностью осциллографы такого типа рассчитаны в основном на исследование периодических импульсов и мало пригодны для целей ядерной электроники. Это связано со следующими причинами:

1. При наладке схемы с помощью импульсного генератора и осциллографа всегда возможно получение специального импульса для запуска развертки, опережающего исследуемый импульс, поэтому задержка в блоке развертки осциллографа не имеет существенного значения и обычно является довольно большой (так, у серийного осциллографа С1-10 задержка запуска развертки равна 80-80 нсек, а у С1-14 - 100 нсек).

2. Ввиду того, что импульсы, получаемые с разного рода генераторов, стандартны по амплитуде, в серийных осциллографах не принимается мер к уменьшению зависимости задержки запуска развертки от амплитуды запускающего импульса.

3. Так как периоды повторения импульсов генераторов обычно достаточно велики, то в серийных осциллографах не принимается мер по уменьшению мертвого времени схемы развертки.

При исследовании электронно-физической аппаратуры в реальных условиях (например, на пучке частиц от ускорителя) нет возможности создать опережающий импульс запуска, при этом развертка запускается самим исследуемым импульсом, а в тракте вертикального отклонения он поступает через кабель задержки. При задержке запуска порядка 80 нсек необходима длина кабеля, равная 15-20 метрам, что приводит к искажению формы исследуемых импульсов, если они имеют фронты порядка наносекунды.

Так как импульсы от детекторов ядерных излучений имеют разброс по амплитуде, то при наблюдении их на экране серийных осциллографов возникает вследствие зависимости задержки запуска развертки от амплитуды импульса размытие осциллограммы по оси X. Это размытие наблюдается и тогда, когда амплитуды импульсов стандартизованы, вследствие того, что импульсы статистически распределены во времени и схема развертки не всегда успевает к началу нового цикла вернуться в исходное состояние. При большом мертвом времени схемы приходится понижать интенсивность исследуемого процесса, что, во-первых, не всегда возможно, и, во-вторых, уменьшает яркость осциллограммы.

Описываемый ниже прибор выполнен с учетом основных требований, предъявляемых к осциллографу, предназначенному для настройки электронно-физической аппаратуры. Схема развертки имеет малое время задержки запуска, слабую зависимость времени задержки от амплитуды запускающего импульса и относительно малое мертвое время. Кроме того, конструкция прибора обеспечивает легкий доступ непосредственно к выводам пластин трубки без каких-либо промежуточных проводников.

### Конструкция и блок-схема прибора

Конструктивно прибор состоит из блока развертки, блока индикатора и блоков питания. Все блоки имеют одинаковую ширину передней панели и размещены в обычной

П-образной стойке. Конструкция блока индикатора такова, что возможен доступ непосредственно к пластинам трубки. Общий вид прибора показан на рис. 1, блок-схема — на рис. 2.

Блок развертки состоит из следующих функциональных узлов: предусилителя, формирующего каскада и оконечного каскада. Для питания блока развертки используются стандартные выпрямители, разработанные для питания электронно-физической аппаратуры.

Схема развертки работает только в ждущем режиме. Исследуемый сигнал поступает на вход предусилителя, в котором он усиливается и формируется. Одновременно сигнал поступает на вход линии задержки, представляющей собой радиочастотный кабель, с выхода которой он попадает на усилитель вертикального отклонения (в качестве которого может быть использован, например УР-4), либо непосредственно на вертикальные пластины трубки.

Сигнал с выхода предусилителя запускает формирующий каскад, с которого снимается прямоугольный импульс, используемый для подсвета экрана трубки и для запуска оконечного каскада развертки. Импульс с выхода оконечного каскада подается на интегрирующую RLC-цепь, с выхода которой напряжение подается на отклоняющие пластины трубки. Изменяя длительность импульса и постоянную времени интегрирующей цепи с помощью переключателя, можно получить четыре длительности развертки: 4, 10, 20 и 30 мкс/см.

Блок индикатора включает электронно-лучевую трубку 13ЛО101М, схемы регуляции яркости, астigmatизма и фокусировки, а также схемы смещения луча в горизонтальном и вертикальном направлениях. Для уменьшения емкостной нагрузки пластин вертикального отклонения и для удобства работы вертикальное смещение луча производится изменением величины и направления тока в отклоняющих катушках  $L_1$  и  $L_2$ . Катушки  $L_1$  и  $L_2$  выбираются таким образом, что при отклонении луча на  $\pm 20$  мм

от центра экрана напряженность отклоняющего поля в катушках изменяется на  $\pm 50$  ампер-витков. В данном осциллографе  $L_1$  и  $L_2$  имеют диаметр 40 мм, ширину 20 мм и 3300 витков в каждой обмотке.

Питание трубки производится от двух промышленных выпрямителей ВСВ-3. Напряжение послеускорения ЭЛТ может быть выбрано с помощью переключателя равным 0,2,5 и 5 кв, что соответствует чувствительности сигнальной отклоняющей системы около 4,5; 5,0 и 5,4 в/мм. Ширина линии - не более 0,5 мм. Схема блока управления трубки приведена на рис. 3.

#### Принципиальная схема блока развертки

Принципиальная схема блока развертки дана на рис. 4. Обычно исследуемый сигнал поступает по кабелю на высокоомный вход предусилителя и далее по кабелю задержки на пластины, однако возможны случаи, когда импульс запуска будет подаваться отдельно от исследуемого импульса из другой части схемы. Для устранения отражений при раздельном запуске входное сопротивление схемы можно также установить равным 75; 100 и 150 ом при помощи переключателя.

Запуск схемы может производиться как положительным, так и отрицательным сигналом. Изменение полярности сигнала производится импульсным трансформатором  $T_1$  на ферритовом сердечнике, число витков которого 10:10. Для устранения перегрузки предусилителя при больших амплитудах исследуемого импульса в приборе предусмотрен аттенуатор с коэффициентом ослабления 1:1; 1:10 и 1:50.

Для усиления импульса и разветвления его по двум различным каналам (для запуска двух формирующих каскадов) служит предусилитель, собранный на лампах  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ . Лампа  $L_1$  является общей для обоих каналов. Амплитудная характеристика каждого канала нелинейна, что уменьшает зависимость задержки запуска от амплитуды входного канала.

Положительные импульсы с выхода предусилителя запускают два формирующих каскада, собранные на лампах со вторичной эмиссией  $L_4$  и  $L_5$  (6В1П) по схеме с положительной обратной связью между анодом и катодом. В исходном состоянии лампы формирующих каскадов заперты. После прихода запускающего импульса лампы открываются, и с их диодов снимаются положительные импульсы, длительность которых зависит от величины емкости, включенной между анодом и катодом. Величина емкостей изменяется общим переключателем длительности развертки. Длительность импульса при различных положениях переключателя будет равна 40; 100; 200 и 300 нсек.

С диода одного из формирующих каскадов (лампы  $L_5$ ) снимается также положительный импульс подсвета трубки.



Ввиду того, что входное сопротивление оконечного каскада при подаче на него положительного импульса невелико, между формирующим и оконечным каскадом введен катодный повторитель с усиленной обратной связью (лампы  $L_6$  и  $L_7$ ). Выбор именно этого типа повторителя обусловлен тем, что он имеет малое выходное сопротивление и хорошо передает обе полярности импульса, что важно с точки зрения уменьшения мертвого времени схемы.

С выхода катодного повторителя импульс поступает на оконечные каскады схем, собранные на лампах со вторичной эмиссией с крутизной  $S_a = 200$  ма/в (лампы  $L_8$  и  $L_9$ ). В нормальном состоянии обе лампы заперты. С анода лампы  $L_9$  и диода лампы  $L_8$  снимаются соответственно отрицательный и положительный импульсы с амплитудой, близкой к напряжению источника питания, которые затем подаются на интегрирующие RLC -цепи. Применение интегрирующих RLC -цепей позволяет получить более высокие скорости развертки и большую амплитуду „пилы.“ В данной схеме амплитуда двухтактного пилообразного напряжения развертки достигает  $\approx 1000$  в.

#### Результаты испытаний прибора

На рис. 5 показана зависимость задержки запуска от амплитуды входного импульса. Импульс подавался с генератора на ртутном реле Г5-12. Длительность импульса была равна 8 нсек, фронт - 0,7 нсек. Из графика видно, что задержка запуска мало меняется при амплитуде входного импульса больше 0,5 в и достигает величины 22 нсек уже при амплитуде входного импульса, равной 0,8 в и далее не меняется.

Измерения нелинейности развертки, производившиеся путем подачи на пластины задержанных импульсов, показали, что при длительности развертки 4 нсек/см нелинейность составляет  $\approx 10\%$ , за исключением начального участка в 4 нсек. Таким образом, полное время задержки импульса составляет 28 нсек. На рис. 6 показан результат измерения линейности развертки при длительности развертки 4 нсек/см. Нелинейность развертки и задержка зависят от подбора параметров интегрирующей RLC - цепи. На рис. 7 приведена осциллограмма импульса с генератора Г5-12 длительностью 8 нсек с фронтом порядка 0,7 нсек, полученная на описанном осциллографе. Длительность развертки 4 нсек/см.

Измерение мертвого времени, производившееся с помощью генератора двояных импульсов ГИС-1, показало, что оно равно 0,8; 1; 15 и 50 мксек соответственно на диапазонах длительностей развертки 4; 10; 20 и 30 нсек/см.

В заключение автор выражает благодарность Е.Б. Озерову за ценные советы и замечания при создании данного осциллографа, а также Ю.И. Ильичеву за большую монтажную и механическую работу.

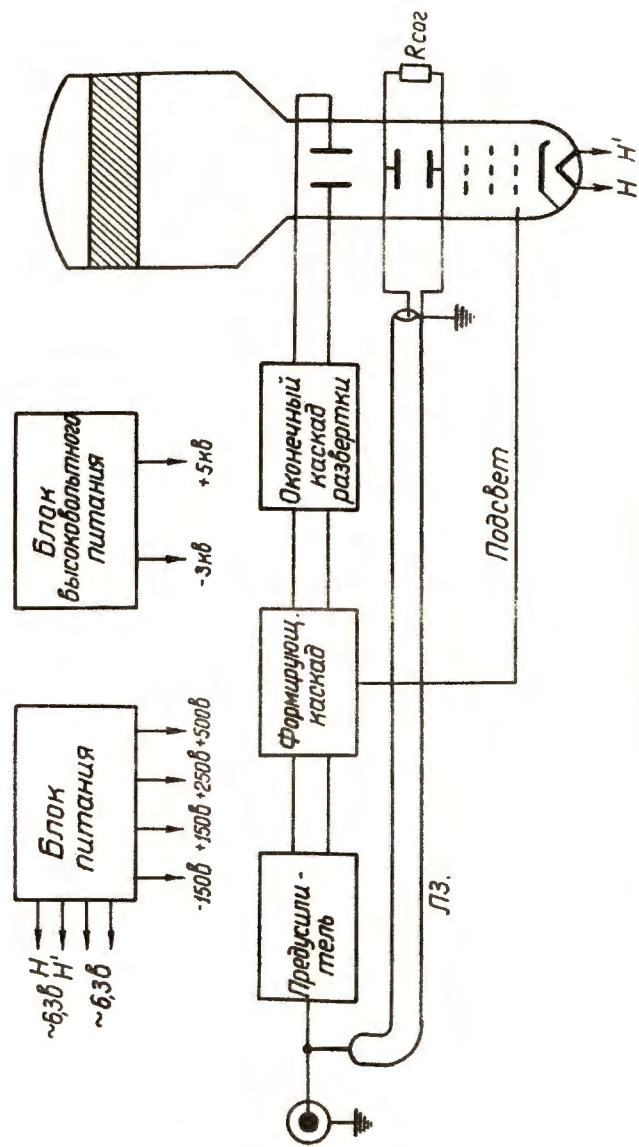
## Л и т е р а т у р а

1. Л.А. Моругин, Г.В. Глебович. Наносекундная импульсная техника. Изд. Советское радио, Москва, 1964.
2. Г.В. Глебович. Искажения наносекундных импульсов при прохождении по коаксиальному кабелю. Радиотехника, т. 18, № 10, 1963.
3. D.R.Hardy, B.Jackson, R.Feinberg, The Recording of High-Speed Single Stroke Electrical Transients. Electronic Engineering, v.28, No.1, No.2, 1956.
4. F.R.Conner. An Ultra-High-Speed Oscillograph. Proc. I.E.E., v. 23, part B, No-8, 1956.
5. Л.С. Бартнев, Г.В. Глебович, Л.В. Горячев, Ю.А. Шаров. Импульсный скоростной осциллограф, ПТЭ, № 4, 1958.
6. Л.С. Бартнев, Г.В. Глебович, К.Н. Птицын. Сверхскоростной импульсный осциллограф, ПТЭ, № 6, 1961.
7. М.М. Филиппов, А.Н. Букин. Осциллограф сантиметрового диапазона. Известия вузов - Радиотехника, № 3, 1958.
8. Ю.Н. Прозоровский. Скоростной осциллограф СО-3, ПТЭ, № 5, 1957.
9. Н.А. Уваров. Генератор развертки с малым временем задержки, ПТЭ, № 5, 1961.
10. C.Norman Winningstad, Fractional-Millimicrosecond Oscillograph System Utilizing Commercially Available Components. R.S.I., v. 29, No.7, p. 578, 1958.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 мая 1965 г.



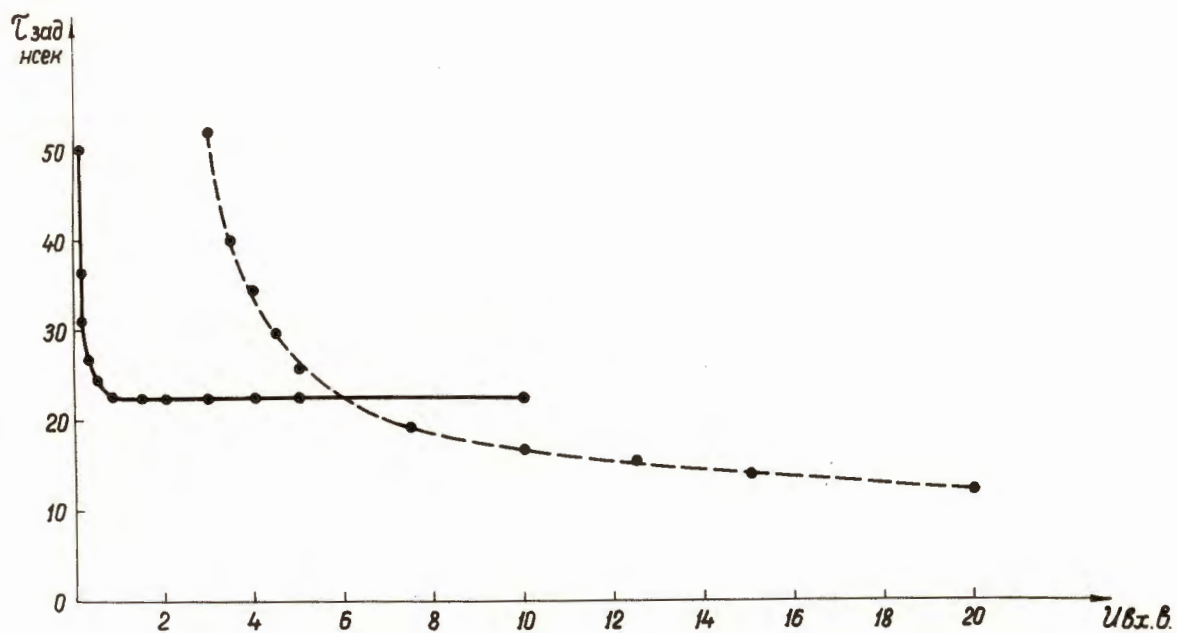
Р и с. 1. Общий вид осциллографа.



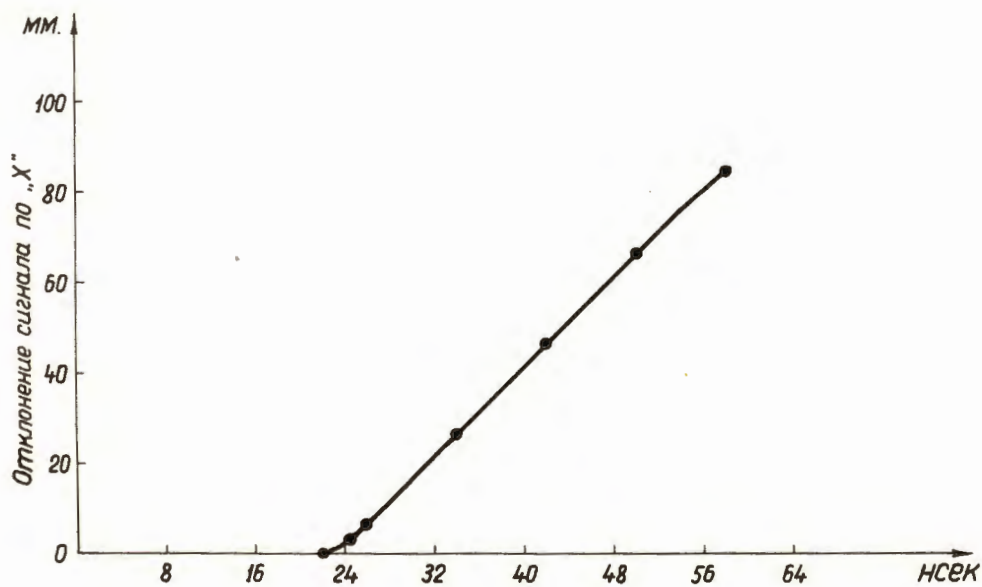
Р и с. 2. Блок-схема осциллографа.



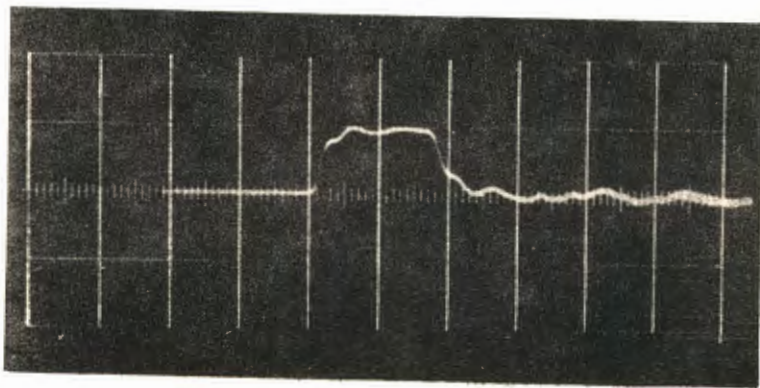




Р и с. 5. Зависимость времени задержки запуска развертки от амплитуды входного сигнала.



Р и с. 6. Линейность развертки.



Р и с. 7. Осциллограмма импульса с генератора ГБ-12 длительностью 8 нсек с фронтом порядка 0,7 нсек; амплитуда импульса 50 в. Скорость развертки - 4 нсек/см .