

24/6-717

p-94

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1705/2-71

P 13-5689



В. И. Рыкалин, З. Цисек

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ
ИМПУЛЬСОВ ФЭУ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1971

Р 13- 5689

В.И. Рыкалин, З. Цисек

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ
ИМПУЛЬСОВ ФЭУ**

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Формирователь предназначен для формирования импульсов от сцинтилляционных и черенковских счётчиков. Низкий порог срабатывания формирователя позволяет снизить напряжение питания ФЭУ, что облегчает работу счётчиков в условиях больших нагрузок. Отсутствие мертвого времени по четырем выходам дает возможность применять формирователь для получения высокоэффективных антисовпадений^{/1/}. Возможна работа формирователя в режиме "запрета" или "разрешения" в зависимости от полярности поступающих на вход "управление" внешних импульсов. Вход "управление" формирователя может быть использован для введения в его схему заданного мертвого времени при соединении одного из выходов отрицательных импульсов данного формирователя со входом "управление".

Формирователь, блок-схема которого представлена на рис. 1, содержит: входной ограничитель, усилитель, формирующее устройство, каскад управления работой (каналы А и Б). Канал "А" содержит формирующее устройство с фиксированной длительностью импульсов и выходной каскад.

Каскад "Б" состоит из III -го формирующего устройства со схемой, задающей длительность выходных сигналов и выходного каскада. Принципиальная схема формирователя представлена на рис. 2а. Входной отрицательный импульс с ФЭУ дифференцируется на короткозамкнутом кабеле

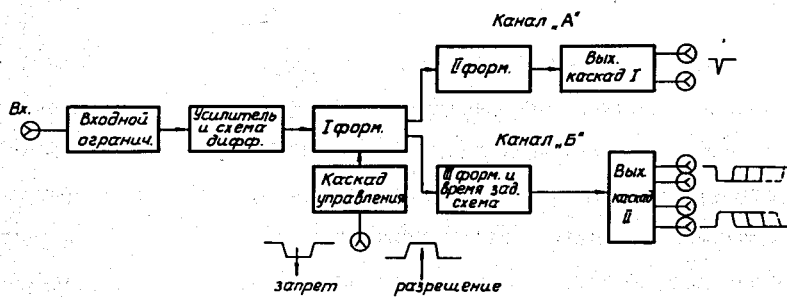


Рис. 1. Блок-схема формирователя.

длиной 1 м и отрицательной полуволной переключает ток, протекающий в диоде D_1 в диод D_2 . Ограничители $D_1 D_2 D_3$ начинают эффективно ограничивать входные сигналы с амплитудой ~ 500 мв. Дифференциальный каскад $T_1 T_2$ усиливает ($\approx 2 \times$) сигнал, поступающий с ограничителя и передает его на базу транзистора T_3 .

В эмиттерной цепи транзистора T_3 включена дифференцирующая цепочка с постоянной времени $\tau_g = R_{11} C_2 = 1,4$ сек. Можно считать, что в момент появления импульса на базе транзистора T_3 в его эмиттерной цепи включено нагрузочное сопротивление R_{11} , увеличивающееся при воздействии сигнала с постоянной времени τ_g до величины $R_{16}^{/2/}$. В результате этого в коллекторной цепи T_3 образуется положительный импульс тока с амплитудой ≈ 4 ма и длительностью по основанию ≈ 5 нсек. Такой способ формирования входных импульсов исключает многократное срабатывание от одного входного импульса последующих формирующих устройств на туннельных диодах, позволяет уменьшить эффекты, связанные с наложением друг на друга входных импульсов, и служит надежной защитой от импульсных наводок. Положительный импульс коллекторного тока транзистора T_3 запускает регенеративный формирователь $D_4 D_5 T_5 T_6 T_7$ с мертвым временем ≈ 7 нсек и порогом срабатывания ≥ 1 ма. При этом на диоды $D_6 D_{13}$ поступает токовый импульс с амплитудой ≥ 10 ма и длительностью по основанию $\approx 3,5$ нсек. Через диоды $D_6 D_{13}$ транзистор T_7 положительным импульсом запускает формирующие устройства каналов А и Б. Выходной импульс формирующего устройства канала ($D_7 T_8 T_9$) с амплитудой 1,5 в и длительностью по основанию 5-6 нсек управляет токовым ключом, выполненным на транзисторе T_{10} и диоде D_9 . В коллекторной цепи транзистора T_{10} образуется выходной импульс формирователя с амплитудой 36 ма. Время нарастания и спада выходного импульса $\geq 1,5$ нсек. Длительность выходного импульса 5-6 нсек. Мертвое время по каналу А составляет ≈ 7 нсек^{/3/}. Канал

Б состоит из безинерционного формирователя длительности импульсов, использующего ДНЗ, и выходного каскада. Положительный импульс тока коллектора T_7 запускает одновибратор с линией задержки для формирования импульсов, поступающих в дальнейшем на ДНЗ (D_{17}). Формирование такого рода вызвано необходимостью строго дозировать накапливаемый в ДНЗ заряд, чтобы исключить изменение длительности выходных импульсов при изменении амплитуды входных. Через усилитель тока $T_{12} T_{15}$ отрицательный импульс длительностью 3 нсек подается на смещенный в обратном направлении ДНЗ. Импульсно накопленный заряд в диоде D_{17} рассасывается через сопротивление R_{62} . Скорость рассасывания накопленного в ДНЗ заряда зависит от величины обратного смещения, подаваемого с эмиттерного повторителя T_{11} и сопротивления R_{62} . При фиксированном напряжении смещения и величине сопротивления R_{62} время восстановления обратного сопротивления ДНЗ, а тем самым и длительность выходного импульса, определяются количеством заряда, введенного в ДНЗ, т.е. амплитудой тока, поступающего с коллектора транзистора T_{15} . Установка длительности выходных импульсов в канале Б производится с помощью переключателя П. Отрицательный перепад напряжения, образующийся на ДНЗ, поступает на вход дифференциального каскада $T_{13} T_{14}$. Импульс отрицательной полярности через диоды $D_{15} D_{16}$ подается на одновибратор D_{14} , что исключает продлевание выходного импульса при временном интервале между поступающими на диод D_{14} импульсами меньшим, чем установленная переключателем П длительность выходных импульсов. Через эмиттерный повторитель T_{16} положительный импульс коллектора T_{14} управляет выходным токовым ключом $T_{17} T_{18}$. Транзистор T_{18} нормально открыт и через него протекает ток 32 ма, что на сопротивлении 25 ом (параллельное подключение двух 50-омных входов последующих схем) создает отрицательный уровень напряжения величиной 0,8 в. Во время поступления положительного импульса на вход

нормально закрытого транзистора T_{17} эмиттерный ток транзистора T_{18} переключается в транзистор T_{17} , в коллекторной цепи которого образуется отрицательный токовый импульс заданной длительности с амплитудой тока 32 ма.

Постоянный отрицательный уровень в коллекторе T_{18} на время воздействия положительного импульса в базе T_{17} возрастает до нуля.

Время нарастания отрицательного и положительного (на отрицательном уровне) выходных импульсов порядка 1,5 нсек. Времена их спада 2 нсек. Формирователь в целом испытывался на работоспособность при повышенных температурах. При увеличении температуры до 55°C не было обнаружено (с точностью $\pm 5\%$) изменения длительности выходных импульсов по сравнению с комнатной температурой в течение 8-часовых испытаний. Подключение на вход формирователя навесного attenuатора, схема которого представлена на рис. 26, дает возможность использовать формирователь в режиме интегрального дискриминатора. Полоса пропускания attenuатора (при аккуратном монтаже) составляет ≈ 250 Мгц. Основные параметры формирователя представлены в таблице 1.

Результаты испытаний формирователя

Испытания формирователя (партия из 30 шт) проводились на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ и синхрофазотроне ИФВЭ в период подготовки эксперимента по поиску новых тяжелых частиц ^{4/}. На рис. 3 представлена счётная характеристика формирователя (кривая N_0), измеренная в режиме двукратных совпадений на синхроциклотроне. В среднем, при нагрузках формирователя $N_{\phi} = 2 \cdot 10^5 \times 20/\text{сек}$ (20 - скважность работы ускорителя) величина плато счётной характеристики N_0 составляет ≈ 1400 в. При этом амплитуда импульсов ФЭУ изменялась в ≈ 120 раз, а полуширина на полувысоте кривой задержанных совпадений (точки $U_1 = 1700$ в и $U_1 = 2800$ в) менялась незначительно ($\approx 2\%$). Подобные ре-

Таблица I
Основные параметры формирователя

№ п/п	Параметр формиру- вателя	Един. измер.	Канал А	Канал Б
1.	Входное сопротивление	ом	100	
2.	Порог срабатывания (при време- ни нарастания входного импуль- са 5нсек)	мВ	100	-
3.	Динамический диапазон входных импульсов	х	120	-
4.	Стабильность порога срабатывания	%/°С	1	-
5.	Мертвое время для парных входных импульсов	нсек	7	0
6.	Число выходов		2	4
7.	Длительность выходных импульсов		5	10+100 регулируем. скачкообразн.
8.	Время нарастания выходных импульсов (на согласованной нагрузке)	нсек	1,5	2
9.	Время спада выходного импульса	нсек	1,5	2
10.	Потребляемая мощность		+12 В	-150 ма -12 В -220 ма

результаты были получены для канала Б. На рис. 4 представлена блок-схема и результаты измерений зависимости временной задержки выходного импульса от амплитуды входного импульса с временем нарастания 5 нсек. Измерения проводились от электрических импульсов ртутного генератора (РГ) с помощью время-амплитудного преобразователя (Т-А) и многоканального анализатора амплитуды (МАО). Импульсы на исследуемый формирователь (Φ_2) подавались с линейного разветвителя (ЛР) через затягивающую фронт импульса РГ индуктивность L до величины ≈ 5 нсек и дальше через аттенюатор (рис. 26), с помощью которого менялась амплитуда входных импульсов, запускающих формирователь Φ_2 . Выходной импульс формирователя Φ_2 запускал Т-А по каналу "стоп". На канал "старт" сигнал РГ с временем нарастания 0,8 нсек подавался через согласованный пассивный разветвитель (ПР) и формирователь Φ_1 . Аттенюатор вносил в измерения временную ошибку порядка 25 псек за счёт увеличения собственной задержки при изменении затухания в диапазоне затухания 0-31 дБ. На анализаторе путем изменения затухания в канале "старт" была получена серия временных распределений выходных импульсов формирователя Φ_2 , представленная на рис. 4 в координатах ($N_{\text{имп}}$, N_k), В координатах [$\Delta\tau$ (нсек); $U_{\text{вх}}$ (в)] представлена кривая $\Delta\tau=f(U_{\text{вх}})$, построенная на основании измеренных временных распределений и заданных затуханий в канале "стоп". Значительное уширение временных распределений при амплитудах входных импульсов, близких к порогу срабатывания, вызвано уменьшением их крутизны вблизи точки перегиба. Из рис. 4 следует, что при амплитудах входных импульсов $U_{\text{вх}} \gg U_{\text{п}}$ ($U_{\text{вх}} \approx 5-6$ в) временного джиттера выходного импульса практически не существует. Этот факт подтверждается измерениями на пучке заряженных частиц, результаты которых представлены на рис. 5. При большом энерговыделении в сцинтилляторах (≈ 5 Мэв), что обеспечивает малый амплитудный разброс и соответствующее значение средней амплитуды импульсов ФЭУ, было получено временное разрешение $2\tau = 0,3$ нсек.

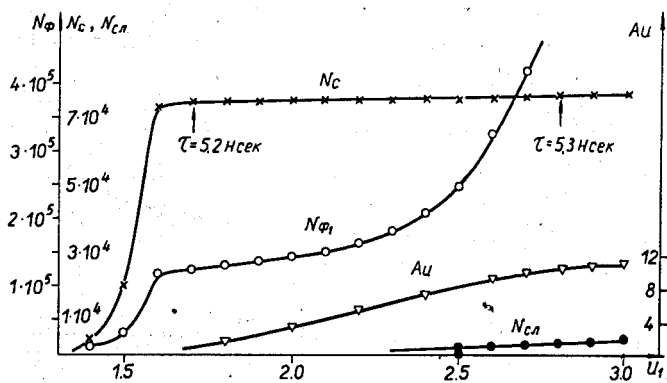


Рис. 3. Счётные характеристики формирователя.

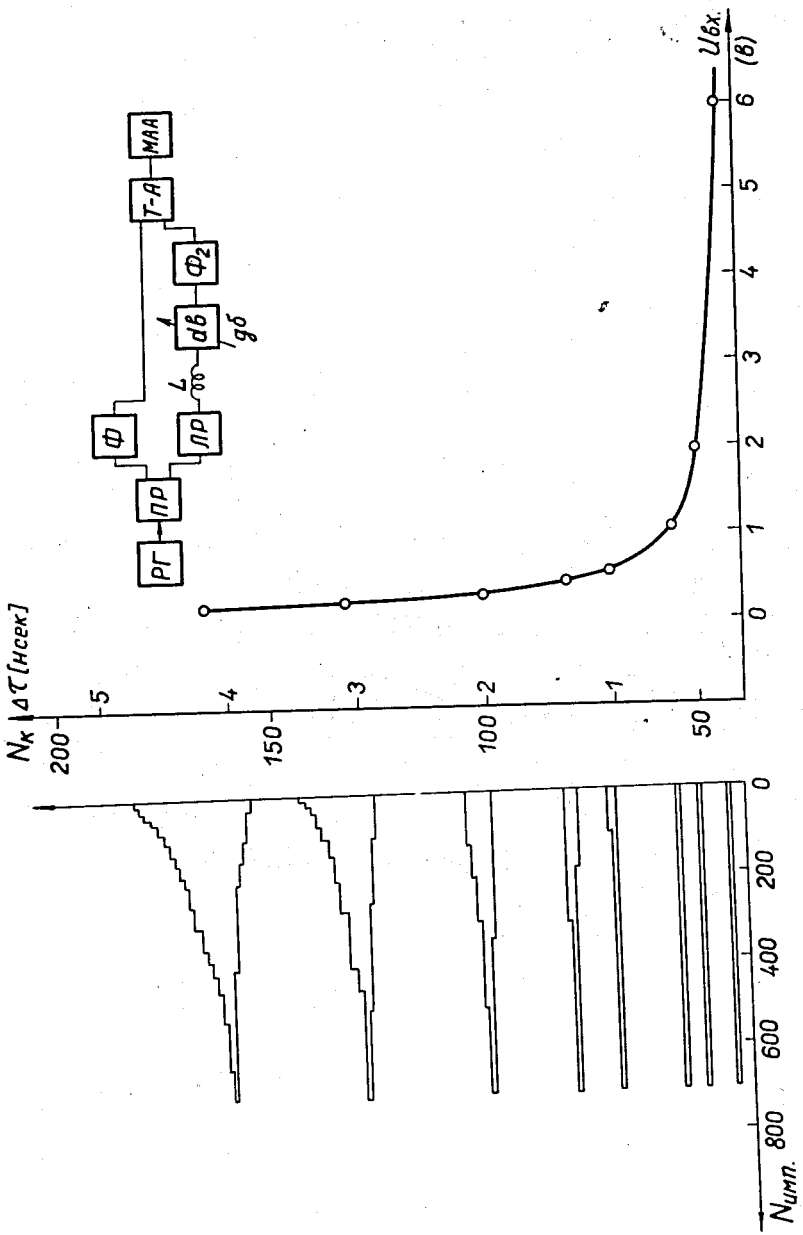


Рис. 4. Определение $\Delta\tau = f(U_{вх})$.

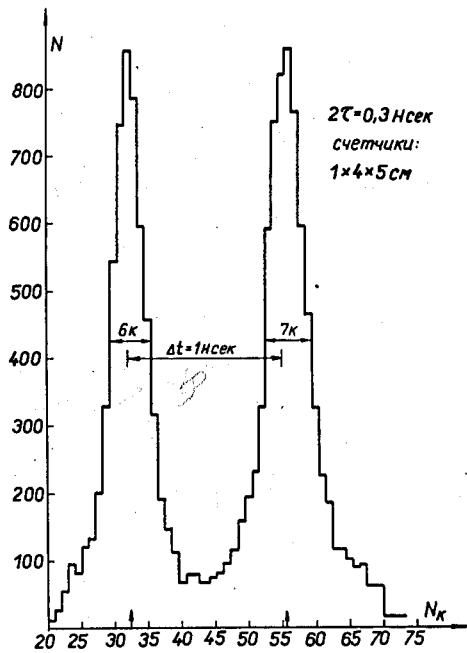


Рис. 5. Временное разрешение формирователей при большом световыделении.

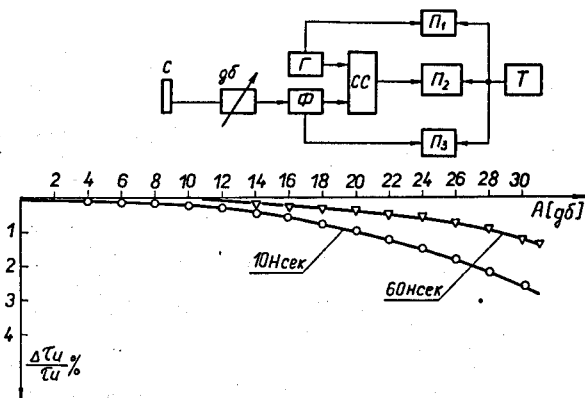


Рис. 6. Определение $\tau_u = f(U_{вх})$.

Методом случайных совпадений была определена зависимость длительности выходного импульса τ_u каналов А и Б от амплитуды входного $\tau_u = f (U_{вх})$. Измерения проводились по блок-схеме, представленной на рис. 6. Сигналы от сцинтилляционного счётчика С, возбуждаемые ^{60}Co , подавались через аттенюатор на вход исследуемого формирователя.

Напряжение питания счётчика С было выбрано так, что при введении полного затухания аттенюатора (31 дБ) число отсчётов формирователя исчислялось единицами в минуту. Это означает, что формирователь срабатывал только от пороговых импульсов данного спектра амплитуд ($\approx 100\text{мВ}$). При выключенном аттенюаторе загрузка составляла 10^6 имп/сек. Выходные импульсы формирователя с заданной длительностью поступали на один из входов схемы совпадений СС. На второй вход СС поступали импульсы от генератора Г. С помощью пересчёток $\Pi_1\Pi_3$, управляемых одним таймером Т, измерялись отсчёты в каналах схемы совпадений и число случайных совпадений Π_2 . Зависимость $\tau_u = f (U_{вх})$, построенная по результатам измерения для канала Б, показана на рис. 6. Наличие зависимости $\tau_u = f (U_{вх})$ связано, по-видимому, с недостаточно жесткой дозировкой заряда, поступающего на ДНЗ при широком спектре амплитуд входных сигналов.

В широком интервале частот ($\approx 10^5$) была исследована зависимость длительности выходных сигналов от частоты входных по блок-схеме, приведенной на рис. 7. Последовательное включение формирователей исключает влияние на длительность выходных сигналов амплитуды входных. Результаты измерений (рис. 7) показывают, что в широком диапазоне частот входных импульсов длительность выходных не зависит от частоты следования входных. Работа формирователя в режиме интегрального дискриминатора исследовалась по блок-схеме рис. 8. Сигнал с диода счётчика C_2 через линейные ворота ЛВ подавался на многоканальный анализатор

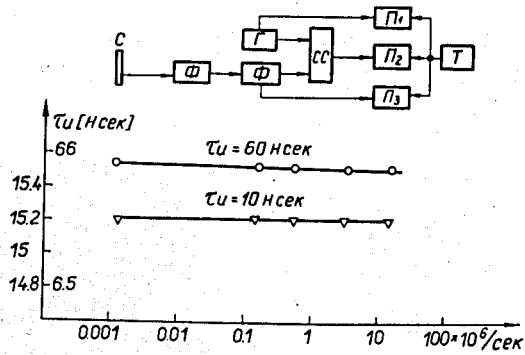


Рис. 7. Определение $\tau_u = f(t)$.

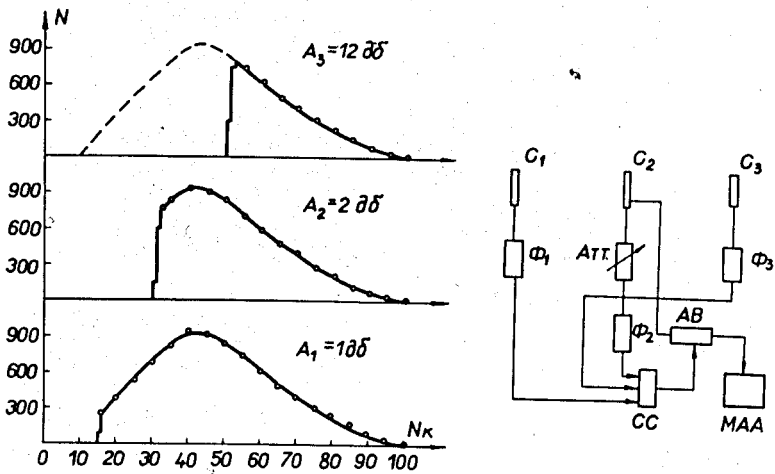


Рис. 8. Работа формирователя в режиме интегрального дискриминатора.

амплитуды МАА. Линейные ворота управлялись сигналами схемы совпадений СС. Сигнал счётчика C_2 через аттенюатор (рис. 2б) запускал Φ_2 , включенный в схему совпадений. Результаты испытаний представлены на рис. 8. Из рис. 8 следует, что в таком режиме формирователь обеспечивает неопределенность порога $\approx 6\%$ при линейности лучше 1% . На рис. 9, 10, 11, 12 показаны осциллограммы выходных импульсов формирователя. Формирователи этого типа работали в течение многочасовых экспозиций по поиску новых тяжелых частиц ^{/6/} и исследованию спектра быстрых дейтонов ^{/6/}.

Авторы признательны В.Г. Зинову, А.И. Ронжину и Д.М. Хазинсу за полезные обсуждения.

Литература

1. М.И. Грачев и др. Препринт ИФВЭ 69-62, Серпухов, 1969.
2. H. Verweij and G. Vismara. CERN, 69-26, Geneva 1969.
3. З.В. Крумштейн и др. Препринт ОИЯИ, 13-5367, Дубна, 1970.
4. Z. Cisek et al., (Dubna, Serpukhov) Int. Conf. on Instr. for High Energy Physics, Dubna, 1970.
5. В. Ботхин и др. Доклад на XV Международной конференции по физике высоких энергий. Киев, 1970.
6. Л.С. Ажгирей и др. Препринт ОИЯИ, P1-4985, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 марта 1971 года.

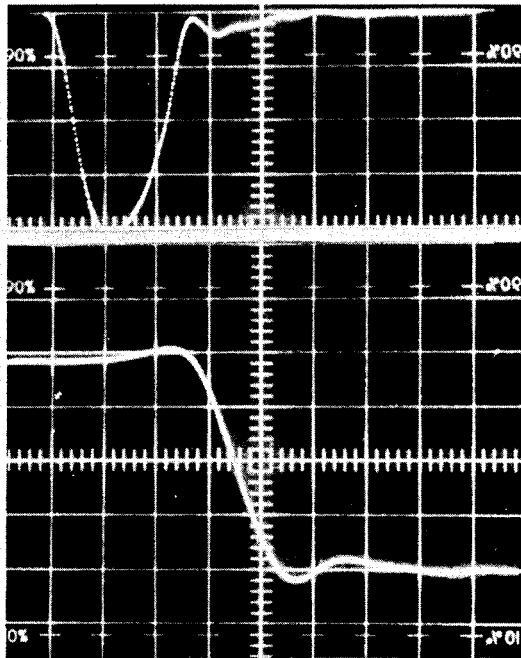


Рис. 9. Осциллограмма выходных импульсов формирователя. а) Канал А, развертка 2 нсек/см, чувствительность 0,2 в/см. б) Канал Б, развертка 1 нсек/см, чувствительность 0,2 в/см.

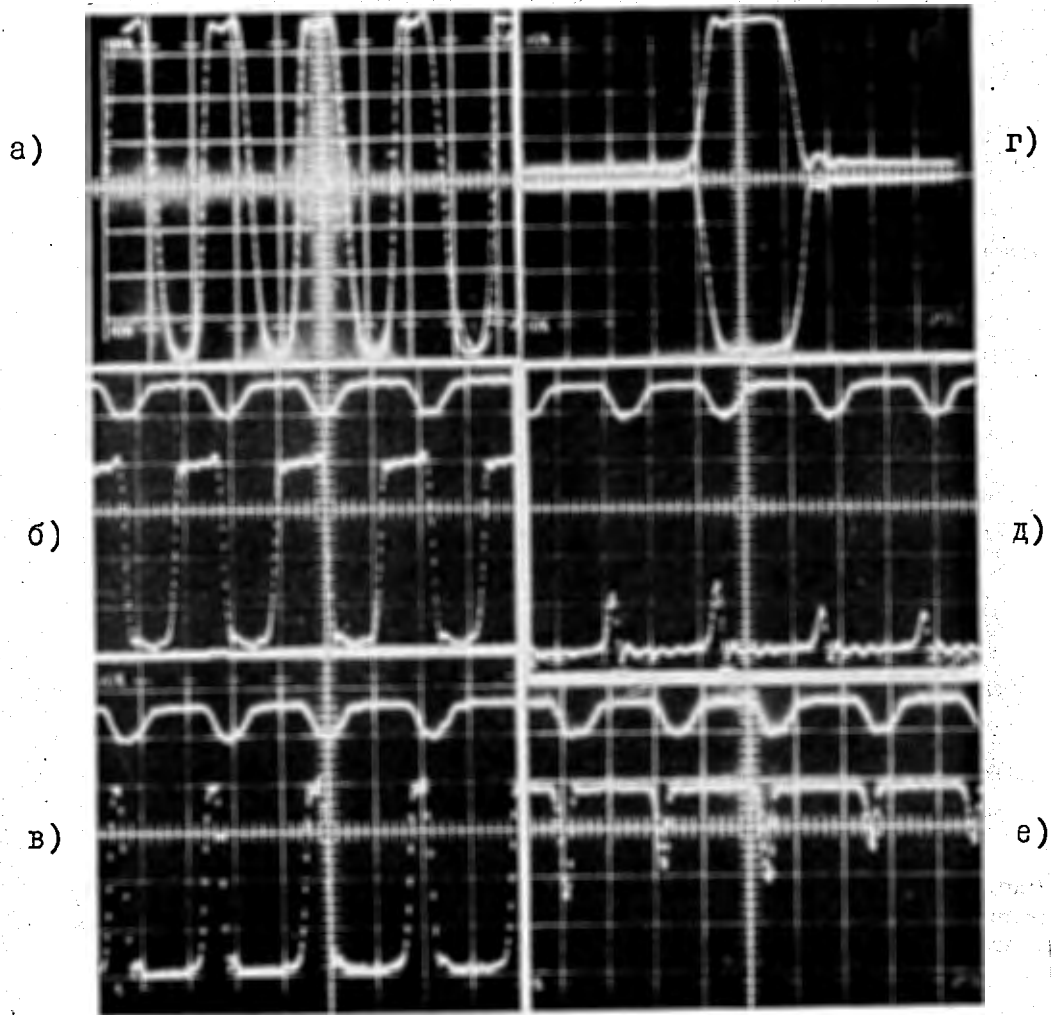


Рис. 10. Осциллограммы импульсов формирователя; а) импульсы канала А, развертка 5 нсек/см, чувствительность 0,1 в/см; г) импульсы канала Б, развертка 5 нсек/см, чувствительность 0,2 в/см; б)в)д)е) верхний луч - импульсы, запускающие формирователь, развертка 10 нсек/см, чувствительность 0,2 в/см; б)в)д) нижний луч - выходные отрицательные импульсы канала Б при разной скважности, развертка 10 нсек/см, чувствительность 0,2 в/см; е) нижний луч - положительный выходной импульс канала Б при скважности, близкой к единице, развертка 10 нсек, чувствительность - 0,2 в/см.

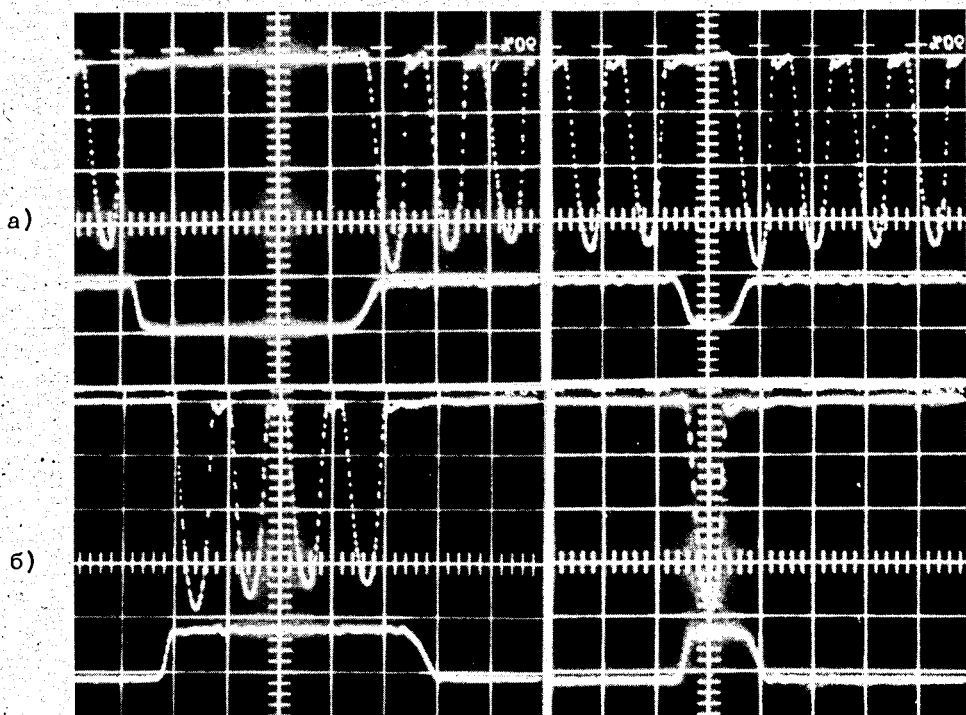


Рис. 11. Работа формирователя в режиме управления, а) Режим антисовпадений, б) режим совпадений. На верхних лучах осциллограмм показаны выходные импульсы канала А. На нижних лучах осциллограмм показаны импульсы, подаваемые на вход "управление", развертка 10 нсек/см.