



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

А.Г. Морозов

1333

СХЕМА СОВПАДЕНИЙ
И СХЕМА АНТИСОВПАДЕНИЙ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

ТТД 9, 1964, №3, с 57-61.

А.Г. Морозов

1333

2024/2 48

СХЕМА СОВПАДЕНИЙ
И СХЕМА АНТИСОВПАДЕНИЙ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

Направлено в ПТЭ

ОБЩЕУЧЕБНЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1963

Применение высокочастотных полупроводниковых триодов позволяет получать малогабаритные и экономичные схемы совпадений и схемы антисовпадений с хорошими характеристиками. Такие схемы на высокочастотных полупроводниковых триодах описаны в литературе /1, 2/. В данной работе используются высокочастотные полупроводниковые триоды, выпускаемые отечественной промышленностью. На таких же триодах выполнены дискриминатор (в работе /2/ для этой цели используется высокочастотный туннельный диод), а также схема антисовпадений. Кроме того, для увеличения чувствительности на входе схем совпадений и антисовпадений используются усилители, что позволяет получить чувствительность схем по входу = 0,1 в.

Описание принципиальных схем

Принципиальная схема двойных совпадений приведена на рис. 1. Входные импульсы отрицательной полярности, поступающие на схему с анодов фотоумножителей по кабелям РК-50 усиливаются (триоды T_1, T_2, T_3 и T_5, T_8, T_7) и подаются на вход схемы совпадений. Схема совпадений выполнена на триодах T_4, T_6 , в коллекторы которых включена общая нагрузка - формирующая линия (ФЛ-1). Дискриминатор, стоящий после схемы совпадений, выполнен на триоде T_9 . Импульсы с выхода дискриминатора поступают на усилитель (триоды T_{10}, T_{11}) и затем на выход схемы совпадений.

Принципиальная схема антисовпадений приведена на рис. 2. Входные импульсы, поступающие с анода фотоумножителя на вход АС, усиливаются (триоды $T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}$), формируются по длительности (ФЛ-2) и поступают на дискриминатор (триод T_{16}), который обрезает выбросы положительной полярности после формирующей линии. Затем положительные импульсы с выхода дискриминатора через эмиттерный повторитель (триод T_{17}) подаются на схему антисовпадений, которая выполнена на триоде T_{18} . С коллектора этого триода импульсы после выходного усилителя (триоды T_{19}, T_{20}) поступают на выход схемы.

Элементы схем

Входной усилитель. Входной усилитель состоит из трех каскадов, первый и третий из которых являются усилителями тока и обеспечивают большое входное и малое выходное сопротивление усилителя. Усиление по напряжению осуществляется вторым каскадом, в котором триод запирается отрицательным импульсом, поступающим в эмиттер. Это, во-первых, исключает насыщение триода при поступлении на вход больших импульсов (и, следовательно, не происходит увеличения длительности импульсов на выходе) и, во-вторых, ограничивает амплитуду больших входных импульсов. При использовании такой схемы усилителя отсутствует переворот фазы входного сигнала. Поэтому выходные импульсы не имеют выбросов положительной полярности, что улучшает условия работы схемы совпадений.

Триоды T_4 и T_8 , на которых выполнена схема совпадений, в то же время выполняют роль ограничителей импульсов по амплитуде после входных усилителей. Поэтому для анализа работы схемы совпадений представляет интерес выходная характеристика усилителя и ограничителя в целом. Такая характеристика, т.е. зависимость амплитуды импульса в коллекторах триодов T_4 и T_8 от величины сигнала на одном из входов схемы совпадений, приведена на рис. 3^х. Из рис. 3 видно, что для нормальной работы схем требуется амплитуда входных импульсов $U_{вх} \geq 80$ мВ при длительности $t_{вх} \geq 10$ нсек. При длительности входных импульсов, равной $t_{вх} = 6$ нсек, чувствительность схем уменьшается до 0,1 в.

Схема совпадений. Схема совпадений выполнена на триодах T_4 и T_8 . В нормальном состоянии эти триоды открыты. При одновременном поступлении импульсов на входы обоих каналов схемы совпадений выходной импульс в коллекторах этих триодов суммируется на общей нагрузке, которой является формирующая линия (ФЛ-1) - отрезок кабеля РК-19. Следует отметить, что при таком включении используется только одна формирующая линия для любого числа каналов схемы совпадений. Использование кабеля типа РК-19 ($Z_{в} = 52$ ом) обусловлено только тем, что он имеет малый внешний диаметр, и поэтому формирующая линия получается малогабаритной. Очевидно, что применение более высокоомной формирующей линии создает лучшие условия дискриминации после схемы совпадений.

Схема антисовпадений. Схема антисовпадений выполнена на триоде T_{18} . В нормальном состоянии этот триод закрыт. Он открывается положительным импульсом, поступающим в эмиттер этого триода со схемы совпадений через эмиттерный повторитель (триод T_{19}). Если же одновременно в базу этого триода поступает положительный импульс с канала АС, то триод T_{18} не открывается и, следовательно, на выходе схемы импульс отсутствует. Длина формирующей линии (ФЛ-2) в канале АС должна быть примерно в два раза большей, чем длина формирующей линии (ФЛ-1), которая используется в схеме совпадений.

Дискриминатор. Дискриминатор выполнен на триоде T_9 . Уровень дискриминации в зависимости от числа каналов схемы совпадений устанавливается величиной потенциала базы этого триода. Характеристики дискриминатора снимались по схеме, приведенной на рис. 4. Зависимость $U_{вых} = f(U_{вх})$ для триодов с различным "В" приведена на рис. 5 ($t_{вх} = 6$ нсек) и рис. 6 ($t_{вх} = 30$ нсек). На рис. 5 пунктиром даны характеристики дискриминатора при температуре $t^{\circ} = 48^{\circ}\text{C}$ (321°K). Анализируя характеристики дискриминатора для триодов с различным "В", можно сделать следующие выводы.

1. Крутизна характеристики такого дискриминатора равна (25-45) ма/в при $t_{вх} = 6$ нсек и (80-100) ма/в при $t_{вх} = 30$ нсек. При этом для триодов с большим "В" крутизна характеристики, естественно, больше.

2. Характеристики дискриминатора имеют резкую отсечку. Так, при изменении сигнала на входе дискриминатора на 0,2 в выходной сигнал увеличивается в худшем случае в 25 раз.

3. При увеличении рабочей температуры до $t^{\circ} = 48^{\circ}\text{C}$ (321°K) характеристики дискриминатора сдвигаются влево. Однако при этом напряжение отсечки меняется незначительно.

х) Здесь, как и при снятии последующих характеристик, использовались схемы, в которых применены триоды П 411 А.

($\approx 0,05$ в). Это находится в соответствии с расчетными данными, приведенными в литературе^{3/}.

Результаты проверки схем

Наладка схем проводилась от ртутного генератора. Окончательная проверка и снятие характеристик схемы двойных совпадений и схемы антисовпадений осуществлялась от двух фотоумножителей, работающих от одного источника.

Кривые разрешения схемы двойных совпадений приведены на рис. 7. Здесь по оси абсцисс отложена задержка импульса в одном из каналов схемы совпадений, а по оси ординат - относительный счет на выходе схемы. Из рис. 7. видно, что минимальное разрешающее время схемы совпадений равно $7 \cdot 10^{-8}$ сек.

Кривая разрешения схемы антисовпадений приведена на рис. 8. Разрешающее время схемы антисовпадений равно $1,3 \cdot 10^{-8}$ сек.

Для сравнительной оценки работы различных типов полупроводниковых триодов использовалась схема входного усилителя (рис. 1, триоды T_1, T_2, T_3). На вход этого усилителя подавался импульс длительностью 50 нсек и амплитудой 50 мВ от ртутного генератора (длительность фронта выходного импульса этого генератора < 1 нсек). Форма импульса на выходе усилителей, собранных на различных типах полупроводниковых триодов, показана на фотографиях, которые приведены на рис. 9.

Таким образом, применение высокочастотных полупроводниковых триодов ($f_a = 400$ МГц) позволяет выполнять простые схемы совпадений и схемы антисовпадений с разрешающим временем $\approx 10^{-8}$ сек при чувствительности по входу этих схем $\approx 0,1$ в.

В заключение автор выражает благодарность С.М.Коренченко, К.Г.Некрасову и А.Н.Синаеву за ряд ценных замечаний, высказанных при обсуждении данной работы.

Л и т е р а т у р а

1. S.Rozen and M.Etzion, Nuclear Instrum., and Methods., 17, 3, 332-336 (1962).
2. M.Sidi and U.Sold, Nuclear Instrum., and Methods, 21, 1, 89-93 (1963).
3. Т.М.Агаханян. Радиотехника, 17, № 4, 38 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
8 июня 1963 г.

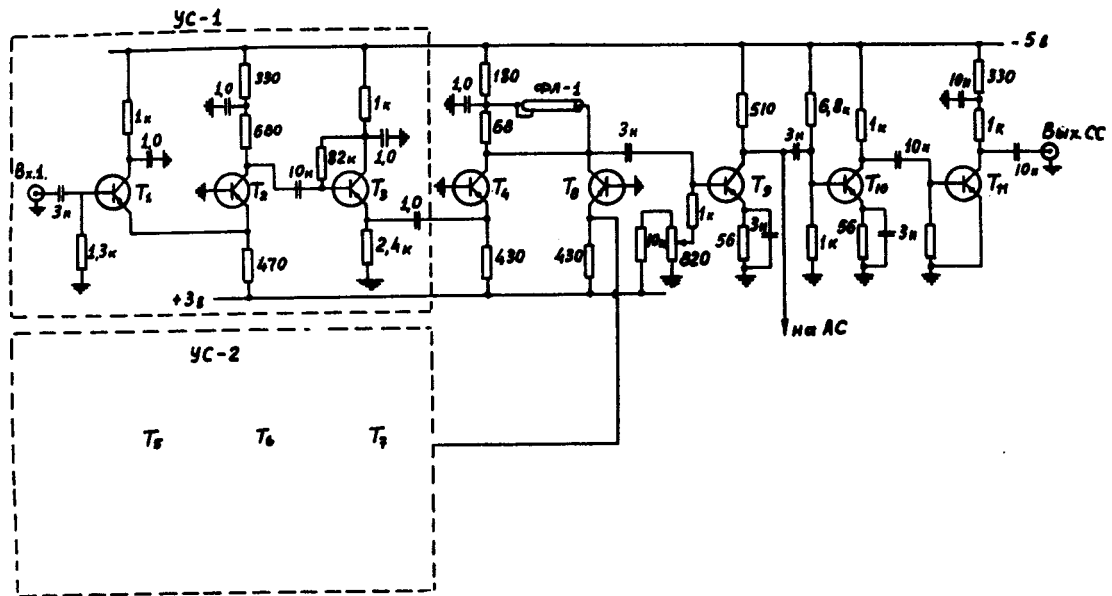


Рис. 1. Принципиальная схема двойных совпадений.

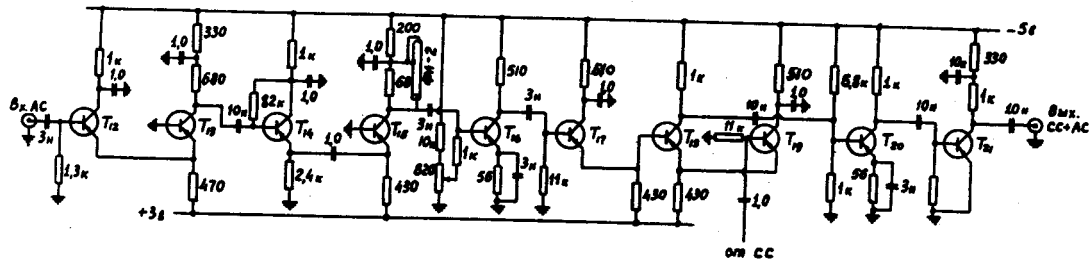


Рис. 2. Принципиальная схема антисовпадений.

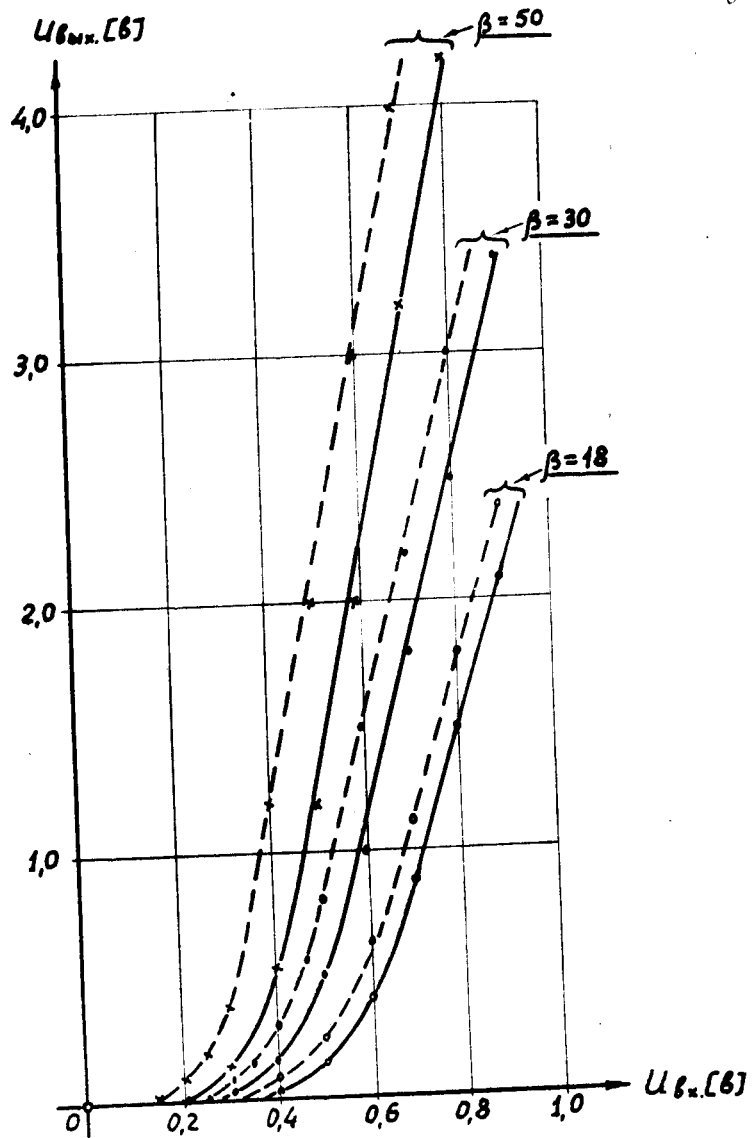


Рис. 5. Характеристики дискриминатора при длительности входного импульса $t_{вх} = 6$ нсек; сплошные кривые при $t^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$ (293°K), пунктирные - $t^{\circ} = 48^{\circ}\text{C}$ (321°K).

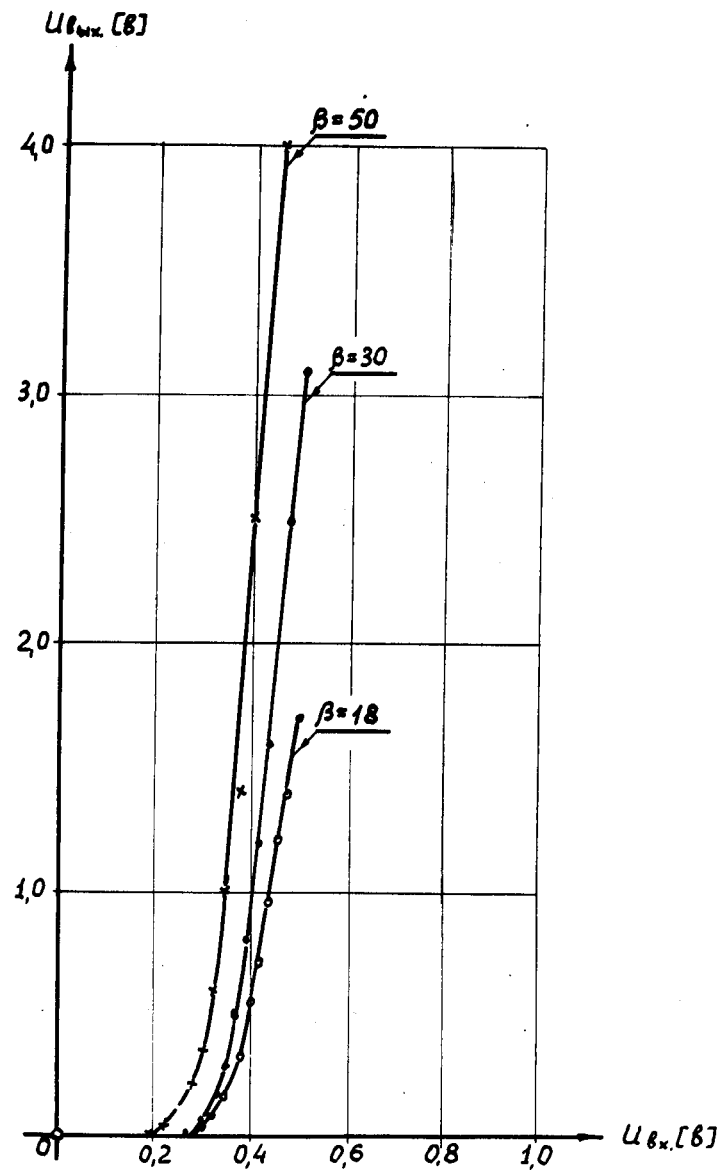


Рис. 6. Характеристики дискриминатора при длительности входного импульса $t_{вх} = 30$ нсек.

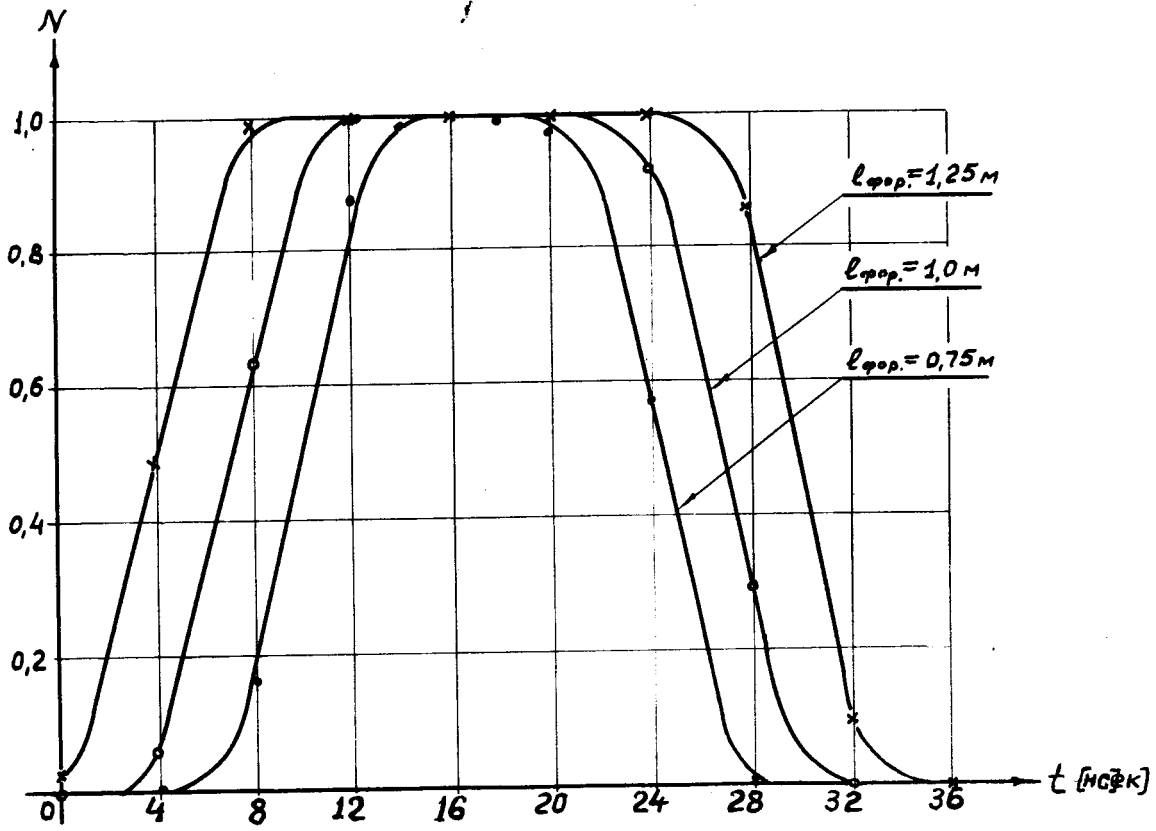


Рис. 7. Кривые разрешения схемы двойных совпадений.

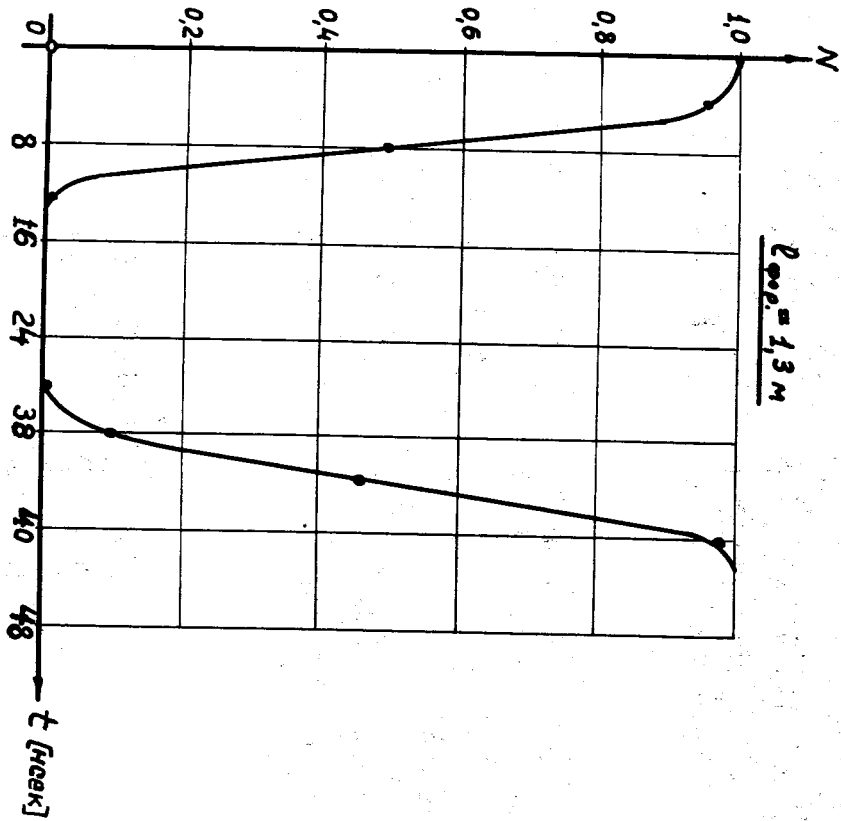


Рис. 8. Кривая разрешения схемы ягтисовпадения.

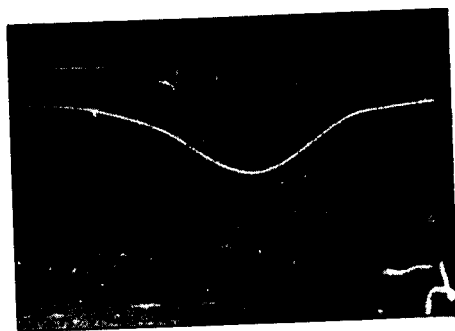
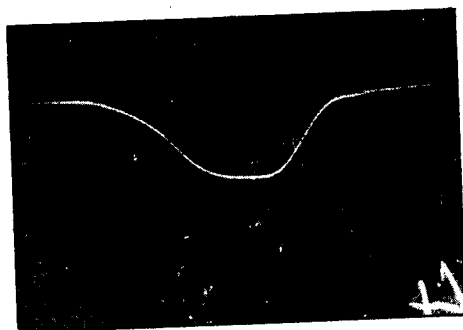
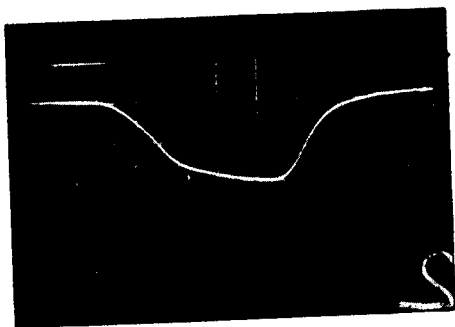


Рис. 9. Входной импульс длительностью 50 нсек /а/, подаваемый на вход усилителя; выходной импульс усилителей, собранных на различных триодах: /б/ - П411А, /в/ - П410А, /г/ - П416Б, /д/ - П415А.
Цена большого деления по горизонтали - 10 нсек, по вертикали - 0,2 в.