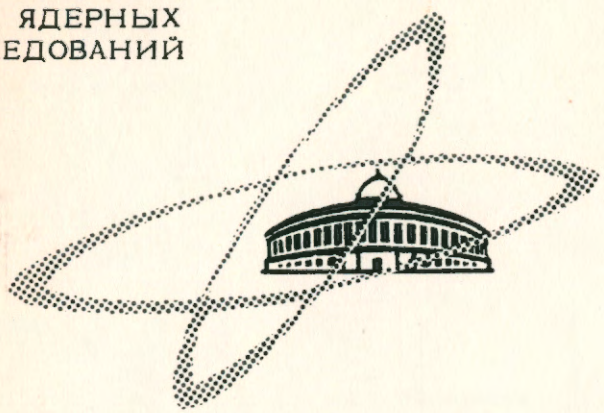


Экз. Чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2597



М. Н. Омеляненко

НАНОСЕКУНДНАЯ СХЕМА СОВПАДЕНИЙ,
ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ОДНОВИБРАТОРЫ
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

2587

М. Н. Омеляненко

НАНОСЕКУНДНАЯ СХЕМА СОВПАДЕНИЙ,
ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ОДНОВИБРАТОРЫ
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

В течение нескольких лет автору пришлось разрабатывать некоторые наносекундные схемы ядерной электроники, использующие одновибраторы на туннельных диодах ЗИЗОГ. В числе основных требований, которые предъявлялись к разрабатываемым схемам, были: повторяемость характеристик при изготовлении большого количества схем, надежность схем в работе, простота в настройке, а также – из экономических соображений – минимальное число туннельных диодов. В статье описаны схемы совпадений и антисовпадений.

Принципиальная схема

Прототипом первого варианта схемы совпадений послужили схемы, описанные в /1,2/. Схема собирается из отдельных функциональных узлов, выполненных в печатном монтаже. Имеются платы со следующими элементами: два формирователя каналов совпадений; два формирователя каналов антисовпадений и совпадений; элементы отбора совпадений и антисовпадений; выходной усилитель. Набор таких узлов позволяет собирать схемы совпадений и антисовпадений с изменением логики: с разным количеством входов совпадений и антисовпадений, с отдельными выходами после элементов совпадений и антисовпадений.

На рис. 1 изображена принципиальная схема двухканального формирователя совпадений (вход 1) и антисовпадений (вход 2).

Принципиально формирователи не отличаются от примененных в /2/. Произведены лишь несущественные изменения, связанные с использованием источника питания стандартного номинала и одной полярности; увеличено до 20 ом нагрузочное сопротивление у туннельного диода, что позволяет уменьшить "мертвое" время формирователя. Уменьшение "мертвого" времени одновибратора на туннельном диоде возможно за счет увеличения нагрузочного сопротивления, включения в качестве нагрузки нелинейного

сопротивления быстрого импульсного диода ^{/3/} и специального подбора туннельных диодов.

Увеличение нагрузочного сопротивления ограничено величиной отрицательного сопротивления туннельной ветви вольтамперной характеристики, которое обычно для диодов ЗИ301Г имеет величину больше 20 ом. Иногда возможно применение даже сопротивления 43 ом, например, схема ^{3/4/}, где это также связано со специальным подбором туннельных диодов и затруднительно при изготовлении большого количества схем. Применение нелинейной нагрузки неудобно из-за отсутствия большого количества быстрых импульсных диодов.

На рис. 2 изображена принципиальная схема элементов отбора совпадений ($ТД_1$) и антисовпадений ($ТД_2$). В качестве их используются одновибраторы на туннельных диодах такие же, как и в формирователях. Кратность совпадений изменяется переключателем ($ПК_1$) и подстраивается переменными сопротивлениями (R_{10} и R_{11}). Туннельный диод $ТД_1$ срабатывает, когда на его вход одновременно поступает заданное количество импульсов. При этом срабатывает и туннельный диод ($ТД_2$), если на его входе отсутствует запрещающий сигнал антисовпадений. Выходной усилитель такой же, как и в ^{/10/}. На рис. 3 показан внешний вид схемы совпадений в сборе.

Характеристики схемы и ее применение

Амплитудная характеристика формирователя аналогична характеристике схемы ^{/2/}. Снижен лишь порог срабатывания до 0,5 в. "Плато" начинается в районе 1 в (см. рис. 5). Кривые задержанных совпадений и антисовпадений такие же, как и у схемы ^{/2/}. "Мертвое" время схемы по выходу для различных образцов колебалось от 40 до 60 нсек. На него влияли не только одновибраторы, но и переходные конденсаторы, используемые в цепях, и выходной усилитель. Быстродействие выходного усилителя зависело от параметров транзисторов, переходных цепей и иногда составляло не менее 60 нсек. В ^{/4/} приведены основные характеристики схемы (см. 1а).

Разрешающее время можно изменять в пределах от 2 до 6 нсек. Плато по напряжению питания Ф.Э.У. 200-300 вольт. Максимальная загрузка при скважности ускорителя $p = 15$ не более $2 \cdot 10^5$ 1/сек.

На рис. 4 (а) показано влияние температуры на разрешающее время. До 50°C разрешающее время не меняется. На рис. 4 (б) приведена зависимость разрешающего времени от напряжения питания. Очевидно, что для схемы необходим источник с хорошей стабилизацией. Для импульсов, близких по амплитуде к порогу срабатывания формирователей, имеется зависимость разрешающего времени от амплитуды (см. рис. 5).

Это влияет на крутизну спада кривой задержанных совпадений, и при работе с импульсами, имеющими близкороговые амплитуды может наблюдаться неэффективность совпадений. На рис. 6 показано видоизменение кривых задержанных двойных совпадений схемы при изменении рабочего тока через туннельный диод элемента отбора совпадений. Ток контролировался по напряжению в точке А.

За период с 1963 года было изготовлено около пятидесяти таких схем. Часть из них использовалась в аппаратуре, на которой уже выполнены физические эксперименты, например, ^{/5-9/}.

В работах ^{/6,7/} одна из схем использовалась для отбора совпадений с двух других схем. Кривая задержанных совпадений имела такой же вид, как и при работе от сцинтилляционных счетчиков.

Необходимо отметить особенность, которая имеет место при работе схемы антисовпадений. Для большей надежности запрещающий импульс должен быть шире и чувствительность канала больше. Однако расширение импульса приводит к увеличению "мертвого" времени канала. Поэтому при загрузках, близких к предельно допустимым, эффективность схемы антисовпадений будет меньше 100%. В работе ^{/7/} она составляла 90%. При этом загрузки по каждому из каналов были 10^5 1/сек при скважности 15. Низкая эффективность схемы антисовпадений определяется не только "мертвым" временем, но и недостаточно точной настройкой элемента отбора антисовпадений.

Улучшение характеристик

В ряде случаев амплитуды импульсов на выходе черенковских и сцинтилляционных счетчиков не превышают 1 в и чувствительность описанной схемы становится недостаточной. На рис. 7а изображена схема видоизмененного формирователя канала совпадений. На его входе используется быстрый $n-p-n$ транзистор, включенный по схеме с общей базой. Порог срабатывания такого формирователя может быть меньше 0,1 в.

На рис. 7б показан улучшенный вариант формирователя канала антисовпадений.

Для уменьшения "мертвого" времени канала опущен формирователь длительности, подобно тому, как это сделали в Лаборатории ядерных проблем Ю.К. Акимов и С.Г. Басиладзе. Длительность импульса с фотоумножителя обычно достаточна, чтобы иметь эффективные схемы антисовпадения. На туннельный диод, работающий в качестве элемента отбора антисовпадений, необходимо подавать токовый запрещающий сигнал достаточной амплитуды. В случае формирователя (см. рис. 1) этот сигнал снимается

с туннельного диода. Но так как туннельный диод является генератором напряжений, то для получения надежного запрещения требуется точный подбор порога туннельного диода в элементе отбора.

В варианте (см. рис. 76) на выходе формирователя используется транзистор р-п-р типа, включенный по схеме с общим эмиттером. В этом случае мы имеем генератор тока и получаем надежный отбор антисовпадений. На пучке μ -мезонов при счете тройных совпадений 170 000 1/сек просчет при включенной схеме антисовпадений составлял 10-20 1/сек, т.е. эффективность схемы антисовпадений была 99,99%. А если учесть, что значительное число просчетов связано со случайными совпадениями, то можно утверждать, что эффективность была еще лучше.

Для улучшения параметров выходных импульсов прежний усилитель заменяется другим, построенным на 2-х транзисторах и охваченным отрицательной обратной связью. При этом получается амплитуда выходного импульса около 6 в, а время нарастания и спада - около 5 нсек. Длительность импульса определяется параметрами одновибратора - элемента отбора антисовпадений.

Основные характеристики схемы совпадений этого варианта приведены в /4/ (см. схему 16).

Следует отметить, что описанная схема совпадений может быть легко переделана в схему пропускания ("ворота"). Для этого перед элементом отбора в соответствующем канале ставится одновибратор на туннельном диоде с короткозамкнутым кабелем. Это позволяет формировать импульсы с плоской вершиной, с фронтами около 1 нсек и длительностью, определяемой длиной кабеля. Мертвое время "ворот" определяется также длиной формирующего кабеля.

В работе /7/ использовались две схемы пропускания с шириной "ворот" в 20 и 150 нсек. Время-амплитудный конвертор, который запускался импульсами, после этих "ворот" имел разрешение 1 нсек на пучке μ -мезонов.

Выводы

1. Одновибраторы на туннельных диодах являются универсальными элементами, с помощью которых можно строить разнообразные логические схемы ядерной электроники наносекундного диапазона. При массовом изготовлении схем необходимо применять печатный монтаж, но при этом следует тщательно подойти к конструированию функциональных узлов и особое внимание уделить надежной "земле" на передней панели и отдельных узлах.

2. С помощью одновибраторов на туннельных диодах, используемых в качестве формирователей и элементов отбора, строятся схемы совпадений с разрешающим временем 2-6 нсек. Для получения большего разрешающего времени и для "ворот" в схемах с использованием туннельных диодов необходимо применять формирователи с кабелем: транзисторные /4/ (см. сх. 5) или на туннельных диодах. Возможно более широкие импульсы формировать и на одновибраторах, но тогда нельзя использовать элементы отбора с суммированием напряжений или токов, так как импульс при этом имеет большой спад вершины.

3. Схемы с использованием одновибраторов на туннельных диодах критичны к напряжению питания. Поэтому в особо ответственных случаях необходимо вводить контроль с помощью стрелочных приборов за рабочей точкой туннельного диода.

4. Применяемые в описанных схемах одновибраторы на туннельных диодах обладают относительно большим "мертвым" временем, и чтобы не увеличивать его за счет переходных цепей, желательно использовать гальванические связи. Уменьшение "мертвого" времени другими путями: специальным отбором туннельных диодов, применением в качестве нагрузочного сопротивления быстрых импульсных диодов при массовом изготовлении схем в настоящее время затруднительно.

5. Схема формирователя на диодном ограничителе и одновибраторе (рис. 1) не всегда удовлетворяет своей чувствительностью (≥ 1 в). Транзисторно-туннельно-диодные формирователи лучше и по чувствительности и по согласованию с входным кабелем. Нежелательным является диод D_3 после одновибратора. Разброс вольтамперной характеристики диодов в туннельных диодах приводит к разбросу амплитуд сигналов от разных формирователей. Это уменьшает величину "плато" схемы совпадений по напряжению питания фотоумножителей, ограничивает кратность совпадений и может привести к потере эффективности, если не производить специальной подборки элементов или подстройки амплитуды каждого канала. Вместо импульсных диодов лучше использовать обращенные диоды, абсолютный разброс напряжений на туннельной ветви у которых меньше, чем у импульсных на диффузионной.

В заключение автор благодарит А.Ф. Дунайцева за обсуждения при разработке схем, Ю.К. Акимова и А.Н. Синаева за советы и замечания по содержанию статьи.

Л и т е р а т у р а

1. A. Whetston, S. Kourosu. Rev. Sci. Instr., 33, 423 (1962).
2. А. Ф. Дунайцев. ПТЭ № 6, -77 (1964).
3. A. Whetston. Rev. Sci. Instr., 34, 412 (1963).
4. Ю. К. Акимов, А. В. Купцов. Препринт ОИЯИ 2434, Дубна 1965.
5. В. Г. Лапшин, М. Н. Омеляненко, В. И. Рыкалин, И. В. Рыжиков. Препринт ОИЯИ 1977, 1965 Дубна 1965.
6. V. Sojocaru, A. Ignatenko, I. Mihai, M. Petrascu, V. Savu. Preprint IFA NR -19, Bucharest, 1965.
7. Вайкулеску, Г. А. Игнатенко, В. Кожокару, Л. Маринеску, М. Омеляненко, М. Петрашку. Препринт ОИЯИ Д-2427, Дубна 1965.
8. В. С. Евсеев, Ф. Килбингер, В. С. Роганов, В. А. Черногорова, М. Шимчак. Препринт ОИЯИ Е-2516 (1966).
9. В. С. Евсеев, В. С. Роганов, В. А. Черногорова, Чжань Жунь-ва, М. Шимчак. Препринт ОИЯИ Е-2517 (1966).
10. М. Н. Омеляненко. Препринт ОИЯИ 2082, Дубна 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 февраля 1966 г.

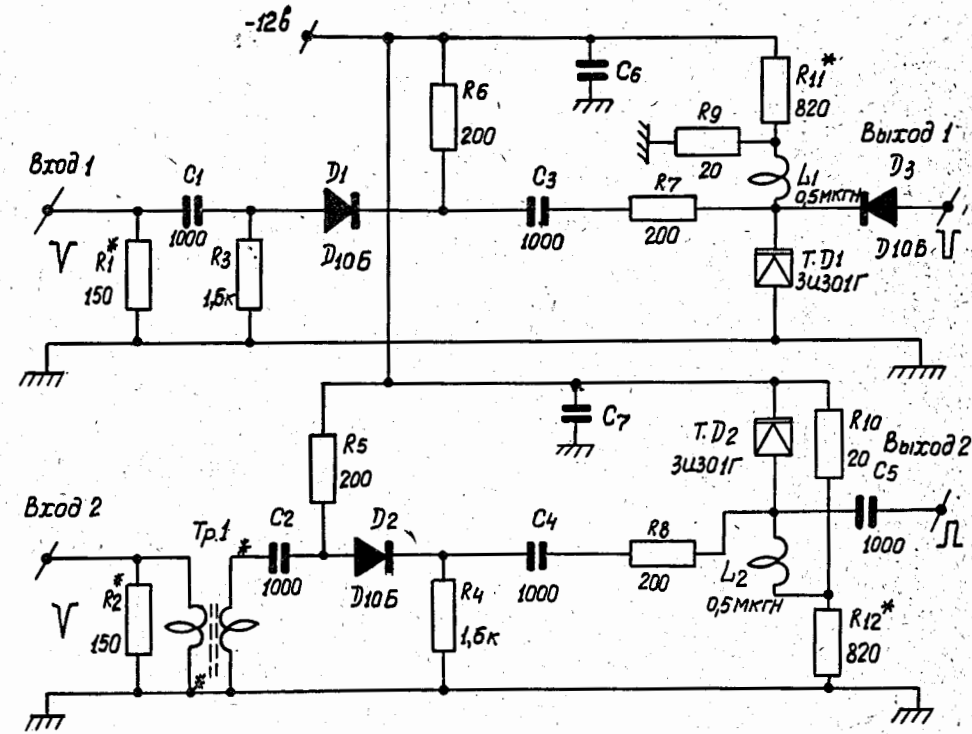


Рис. 1. Принципиальная схема двухканального формирователя.

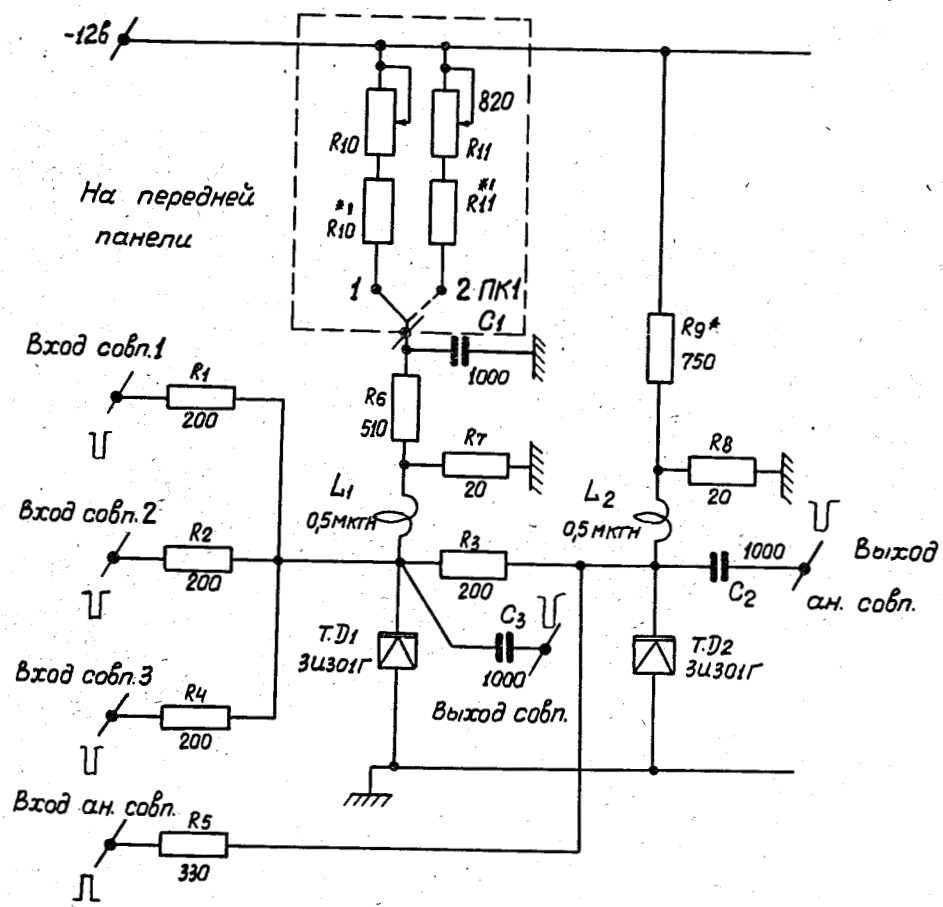


Рис. 2. Принципиальная схема элементов отбора совпадений и антисовпадений.

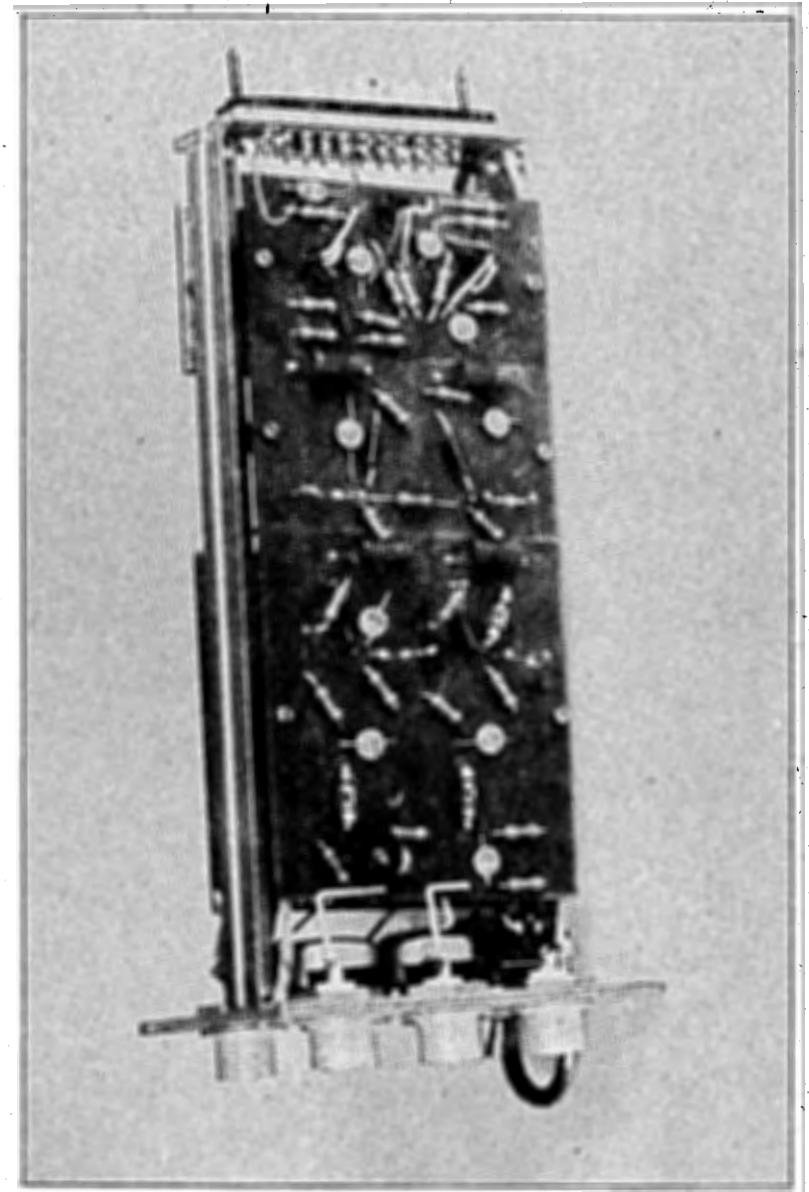
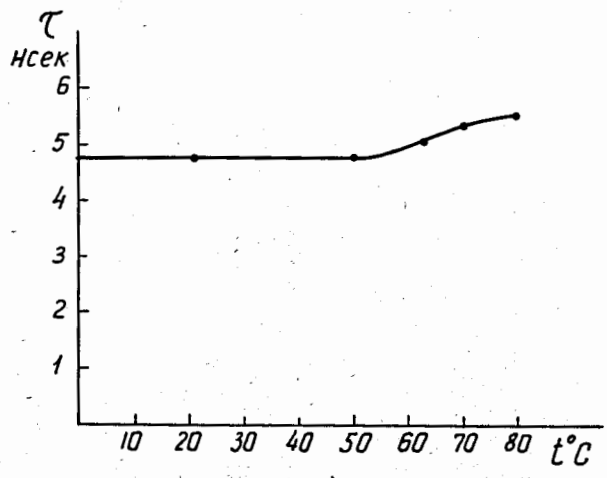
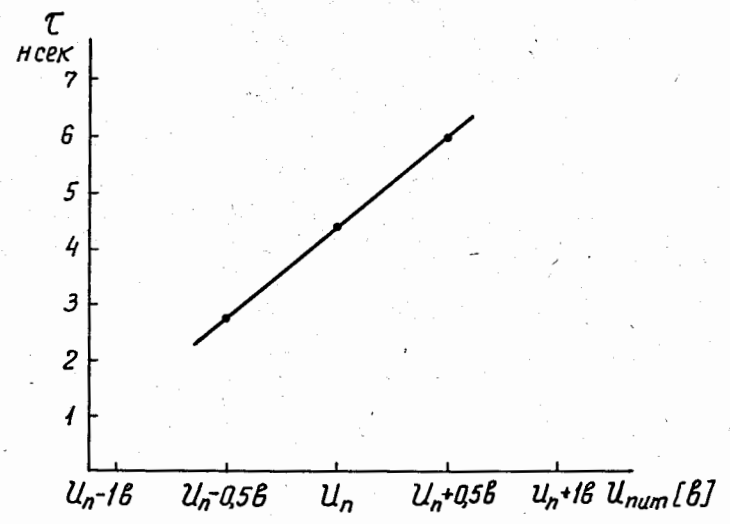


Рис. 3. Внешний вид схемы совпадений в сборе.



а)



б)

Рис. 4. Зависимость разрешающего времени : а) от температуры, б) от напряжения питания.

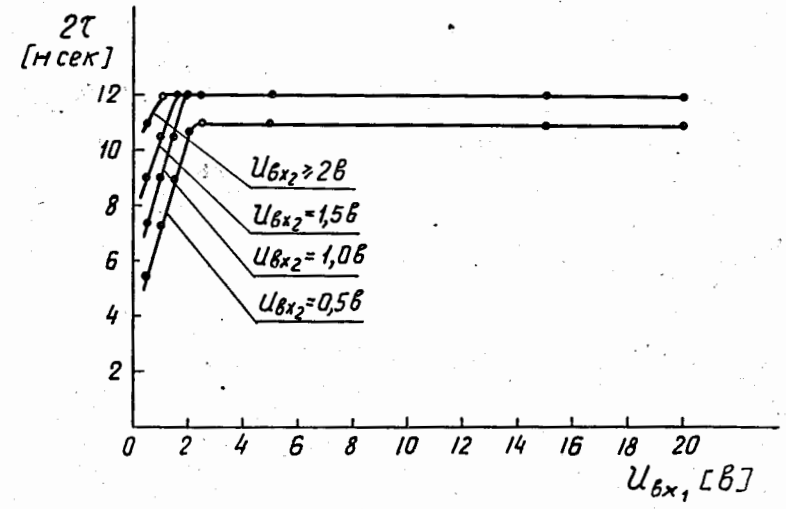


Рис. 5. Зависимость разрешающего времени от амплитуд входных импульсов.

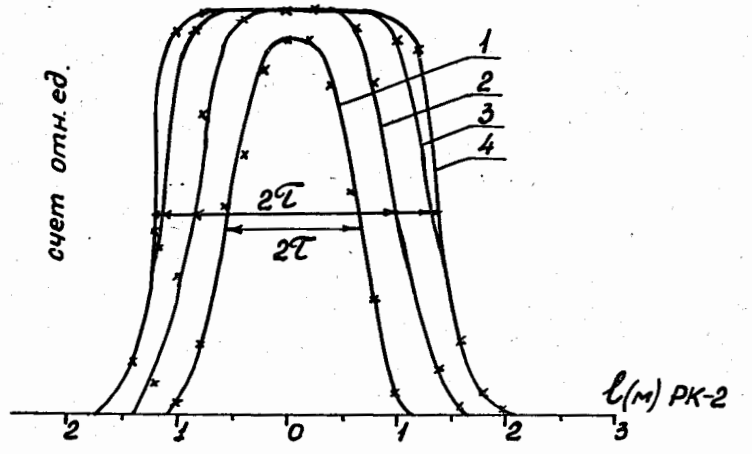


Рис. 6. Видоизменение кривых задержанных совпадений при изменении рабочего тока через туннельный диод - элемент отбора совпадений.

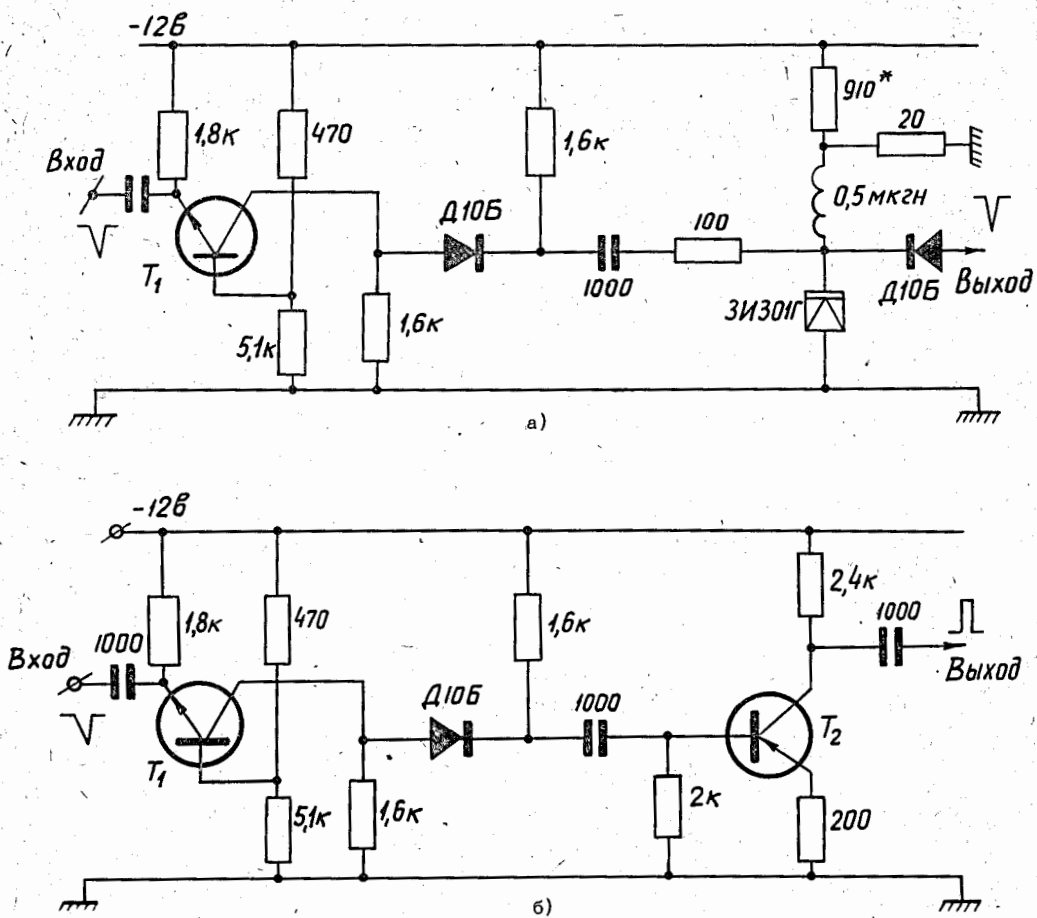


Рис. 7. Принципиальные схемы улучшенных формирователей:
 а) канала совпадений, б) канала антисовпадений.