

№ 3 см. 1971 г. № 1^а

4

**И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р**

ИЯФ 6-70

В.М.Аульченко, Ю.В.Коршунов, Г.Г.Мелехов

**БЫСТРАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ**

Новосибирск

1976

В.М. Аульченко, Ю.В. Коршунов, Г.Г. Мелехов

БЫСТРАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ

А Н Н О Т А Ц И Я

Описана система функциональных модулей быстрой электроники, использовавшаяся в экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках. Приводятся краткие описания и принципиальные схемы формирователей, схем совпадений и антисовпадений, линейных ворот и интегратора.

Напряжение питания модулей ± 15 и ± 5 В.

Логический импульс

В ряде опубликованных систем модулей логической электроники [8, 9, 10] в качестве логического импульса используется прямоугольный или треугольный импульс напряжения, связанной с емкостного конденсатора. В описываемой системе использован прямоугольный отрицательный импульс тока амплитудой 14 ± 2 мА (700 ± 100 мА на сопротивлении 30 Ом). Такой логический импульс используется в системах быстрых логических модулей МЭИ — стандартных, которые разрабатываются и изготавливаются рядом зарубежных фирм в большинстве центров ядерных исследований. Это позволило использовать описываемые ниже модули совместно с логическими модулями зарубежного производства.

При проведении экспериментов на встречных электрон-электронных и электрон-позитронных пучках широко применялась быстрая электроника, разработанная и изготовленная в ИЯФ. В первых экспериментах /1,2,3/ использовались логические схемы (формирователи, схемы совпадений и антисовпадений, разветвители и т.д.), смонтированные в отдельных коробках размером 146 x 43 x 34 мм, изготовленных из меди толщиной 1 мм. Эти коробки устанавливались в блоки и соединялись внутри блоков в соответствии со схемой эксперимента. На передних панелях блоков устанавливались только входные, выходные и контрольные разъемы. Подобные же блоки использовались и в первой системе проволочных искровых камер /4/.

Опыт работы показал большие неудобства такого конструктивного оформления логической электроники и поэтому было принято решение изготавливать логические схемы в виде отдельных модулей.

В настоящей работе описывается система таких модулей, использовавшаяся в экспериментах по исследованию ρ -мезонного и ω -мезонного резонансов на встречных электрон-позитронных пучках /5,6/. В систему входят логические и линейные модули: формирователи, схемы совпадений и антисовпадений, линейные ворота, интегратор и ряд других более специальных схем, не описанных в данной работе. Все схемы смонтированы в стандартных вставных блоках /7/ с размером передней панели 40 x 238 мм.

Напряжение питания модулей ± 12 в $\pm 5\%$.

Логический импульс

В ряде опубликованных систем модулей логической электроники /8,9,10/ в качестве логического импульса используется прямоугольный или треугольный импульс напряжения, снимаемый с эмиттерного повторителя. В описываемой системе использован прямоугольный отрицательный импульс тока амплитудой 14 ± 2 ма (700 ± 100 мв на сопротивлении 50 ом). Такой логический импульс используется в системах быстрых логических модулей

NIM - стандарта, которые разрабатываются и изготавливаются рядом зарубежных фирм и большинством центров ядерных исследований. Это позволило использовать описываемые ниже модули совместно с логическими модулями зарубежного производства.

Логический импульс снимается с токового ключа (рис.1) на транзисторах ГТ 311. В обычном состоянии правый транзистор закрыт. При прохождении импульса он открывается и с его коллектора можно снять импульс амплитудой 28 ма с фронтами порядка 2-4 нсек, т.е. двойной логический импульс. Использование токового выхода даёт ряд дополнительных возможностей, таких как параллельное соединение выходов различных модулей, формирование различных импульсов на одном из выходов путем присоединения ко второму выходу сопротивлений, ёмкостей, замкнутых и разомкнутых на конце отрезков кабеля и т.д. /11, 12/.

Счётный импульс

Все логические модули имеют также выход счётного импульса отрицательной полярности амплитудой $6 \pm 0,5$ в (на сопротивлении 50-75 ом) и длительностью 300 ± 50 нсек. Схема формирования счётного импульса (рис.2) запускается сигналом, снимаемым с коллектора левого триода выходного ключа (рис.1). Запускающий импульс дифференцируется триодом Т1 (рис.2) для устранения влияния длительности запускающего импульса на длительность счётного импульса. Максимальная частота повторений счётного импульса около 1 Мгц.

Дискриминатор

Дискриминатор (рис.3) преобразует импульсы с анода ф.э.у. или любые другие отрицательные импульсы в логические импульсы необходимой длительности. Входное сопротивление дискриминатора 75 ом, чувствительность регулируется в пределах 0,2-1,0в и при длительности входного импульса 5 нсек и больше не зависит от формы импульса. Температурная нестабильность не хуже 0,2 мв/град при чувствительности 0,3 в и не хуже 2 мв/град при чувствительности 1,0 в. Временное разрешение дискриминатора около 50 нсек, мертвое время по выходу равно длительности выходного импульса.

Дискриминатор не выходит из строя при подаче на его вход постоянного тока не более + 10 ма и - 30 ма, импульсов отрицательной полярности не более 1000 ма и положительной полярности не более 150 ма при скважности не менее 100.

Чувствительность формирователя регулируется сопротивлени-

ем $R1$, выведенным "под шлиц" на переднюю панель, его положение контролируется величиной напряжения на гнезде К1. Длительность выходного импульса определяется удвоенным временем задержки внешнего формирующего кабеля, включенного между разъёмами ВР2 и ВР3. Минимальная длительность 8 нсек.

Формирователь для счетчика антисовпадений

Система регистрации на установке со встречными электрон-позитронными пучками закрыта от космического излучения большим сцинтилляционным счетчиком площадью 160×160 см² /5,6/. Этот счетчик уменьшает число запусков от "космики" в 50 раз. Для эффективной работы канала антисовпадений необходимо, чтобы формирователь импульса антисовпадений имел минимальное мертвое время по входу при выходном импульсе достаточной длительности (100 нсек). С этой целью сконструирован специальный формирователь импульса антисовпадений (рис.4) с продлевающимся "живым" временем, имеющий при чувствительности 150-300 мв мертвое время по входу около 20 нсек. Длительность выходного импульса определяется временем разряда формирующей ёмкости С1, которая с приходом каждого импульса заряжается до максимального напряжения, что позволяет каналу антисовпадений сбрасываться от импульса, приходящего еще до окончания импульса на выходе формирователя, сформированного от предыдущей части, прошедшей через счётчик (рис.5).

Схема совпадений

Схема совпадений (рис.6) имеет два входа, входное сопротивление 50 ом. Входные импульсы амплитудой 14 ± 2 ма ограничиваются на уровне 8-9 ма и складываются на туннельном диоде ТД1, чувствительность которого по каждому входу 6 ма.

В режиме совпадений схема не срабатывает при подаче на один из каналов импульса амплитудой 60 ма с фронтом меньше 1 нсек. Диоды Д1 - 4 обеспечивают постоянство входного сопротивления в рабочем диапазоне амплитуд, компенсируя меняющееся входное сопротивление усилителей с заземленной базой.

Переключателем П1 можно менять рабочую точку туннельного диода и переводить схему в режим смесителя двух импульсов. Разрешающее время схемы совпадений равно сумме длительностей подаваемых на неё двух логических импульсов. Минимальное разрешающее время около 4 нсек. На выходе схемы формируется логический импульс длительностью 20 ± 2 нсек. Мертвое время по выходу 30 нсек.

Схема совпадений с фазой пучка

Кроме канала антисовпадений для уменьшения числа срабатываний системы от космических частиц применяется синхронизация с фазой пучка частиц в накопителе /6/. Для этого используется фотоумножитель, установленный в накопителе и выдающий импульсы при прохождении перед ним сгустка накопленных частиц. Эти импульсы, идущие с частотой 25 МГц, используются в качестве стробирующих и при разрешающем времени схемы стробирования около 10 нсек позволяют уменьшить число срабатываний системы от космики в 4 раза.

Для срабатывания используется схема совпадений (рис.7), которая отличается от предыдущей наличием формирователей длительности входных импульсов. На вход ВР2 (входное сопротивление 50 ом) подаётся логический импульс, а на вход ВР1 (входное сопротивление 75 ом, чувствительность 1 ма) — импульс с фотоумножителя, регистрирующего фазу пучка, причём этот вход закрыт ёмкостью, т.к. на выходе ф.э.у. имеется постоянное напряжение управления автоматической диафрагмой /13/.

Схема антисовпадений

Схема антисовпадений (рис.8) работает на принципе вычитания импульсов на туннельном диоде, для чего изменяется полярность импульса запрета, подаваемого на разъём ВР2. Чувствительность по входам 6 ма. Разрешающее время равно разности длительностей импульса запрета и входного логического импульса. В остальном схема не отличается от схемы совпадений.

Линейные ворота

Линейные ворота предназначены для временной селекции импульсов с ф.э.у. и линейной их передачи. Каждый модуль содержит два канала линейного пропускания и один канал управления (рис.9). Вход канала пропускания непотенциальный, входное сопротивление 75 ом, входные сигналы положительные. Выход потенциальный, токовый. Коэффициент передачи 0,95, интегральная нелинейность меньше 5% в диапазоне амплитуд 20 мв — 1,5 в. Максимальный входной сигнал 6 в. Пьедестал регулируется в диапазоне 0—0,6 ма, нестабильность пьедестала меньше 1мкА/град.

Схема имеет два режима работы — режим "ворот", когда канал пропускания нормально закрыт, и режим "транзит", когда он постоянно открыт. Канал управления запускается логическим импульсом, вход непотенциальный, входное сопротивление около 1 ком. Высокоомный "мостовой" вход управления позволяет соединять параллельно несколько схем и запускать их одним импульсом. Максимальная частота повторений импульса управления 1 МГц. Ширина ворот 50, 100, 200 и 400 нсек.

Основной узел ворот выполнен на триодах Т1—Т7. В режиме "ворот" триоды Т1 и Т5 закрыты, поэтому входной сигнал замыкается через Т2 и Т3 на землю. При подаче импульса управления каналом управления (триоды Т13—Т18) формируется импульс ворот, длительность которого определяется положением переключателя П2. Импульс ворот закрывает триоды Т3 и Т7, вследствие чего открываются триоды Т1 и Т5 и входной сигнал передаётся на выход. Регулировка нуля пьедестала заключается в выравнивании токов через Т1 и Т5 и производится потенциометром R 1. Триоды Т4, Т6, Т8 и дифференциальный усилитель Т9, Т10 предназначены для стабилизации пьедестала.

Интегратор

Интегратор (рис.10) предназначен для преобразования быстрых сигналов с ф.э.у. в экспоненциальные импульсы, амплитуда которых пропорциональна заряду входного импульса, с целью дальнейшей их обработки на амплитудных анализаторах. Входное сопротивление интегратора 75 ом, выходное около 1,5 ома. Коэффициент преобразования $1,25 \cdot 10^{10}$ в/кул. В диапазоне выходных сигналов 50 мв—7,5в нелинейность преобразования меньше 5%. Выходной сигнал экспоненциальный, передний фронт равен длительности входного импульса, но не короче 20 нсек, длительность на половине высоты 0,5 мксек /14/.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность А.Г.Хабахпашеву за постоянное внимание к работе, а также П.П.Кругликову за помощь при изготовлении опытных образцов.

Л и т е р а т у р а

1. Г.И.Будкер, Е.А.Кушниренко, А.А.Наумов и др. Атомная энергия, 1967, 22, 164.
2. Г.И.Будкер, Е.А.Кушниренко, Р.Л.Лебедев и др. Ядерная физика, 1967, 6, 1221.
3. V.L.Auslander, G.I.Budker, Ju.N.Pestov et al. Physics Letters, 1967, 25B, 433.
4. P.I.Golubnichiy, L.M.Kurdadze et al. Nucl. Instr. and Meth., 1969, 67, 22.
5. В.Л.Ауслендер, Г.И.Будкер, Е.В.Пахтусова и др. Ядерная физика, 1969, 9, 114.
6. В.Е.Балакин, Г.И.Будкер, Ю.В.Коршунов и др. Препринт ИЯФ, 327, Новосибирск, 1969.
7. Е.Н.Викулин, М.Л.Каган, Ю.П.Новоселов. В сб. "Ядерное приборостроение". Вып. У1, Атомиздат, 1967, 374.
8. Ю.Б.Бушнин, А.Ф.Дунайцев, В.А.Сенько. В сб. "Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике", Дубна, 1967, 101.
9. Ю.К.Акимов, С.Г.Басиладзе, Ю.Г.Будяшов и др. В сб. "Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике", Дубна, 1967, 131.
10. В.П.Канавец, Б.В.Морозов, Н.А.Никифоров, А.С.Старостин. ПТЭ, 1968, № 4, 89.
11. А.Ф.Арбел. Nucl. Instr. and Meth., 1965, 32, 341.
12. EG&G, M 100 Nuclear Instrumentation System, Applications Guide and Condensed Catalog. January 1968, USA.
13. Э.И.Зинин. Оптические методы контроля за пучком. Доклад на Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц. Москва, 9-16 октября 1968 г.
14. В.М.Аульченко, Ю.В.Коршунов. Препринт ИЯФ, № 264, Новосибирск, 1968.

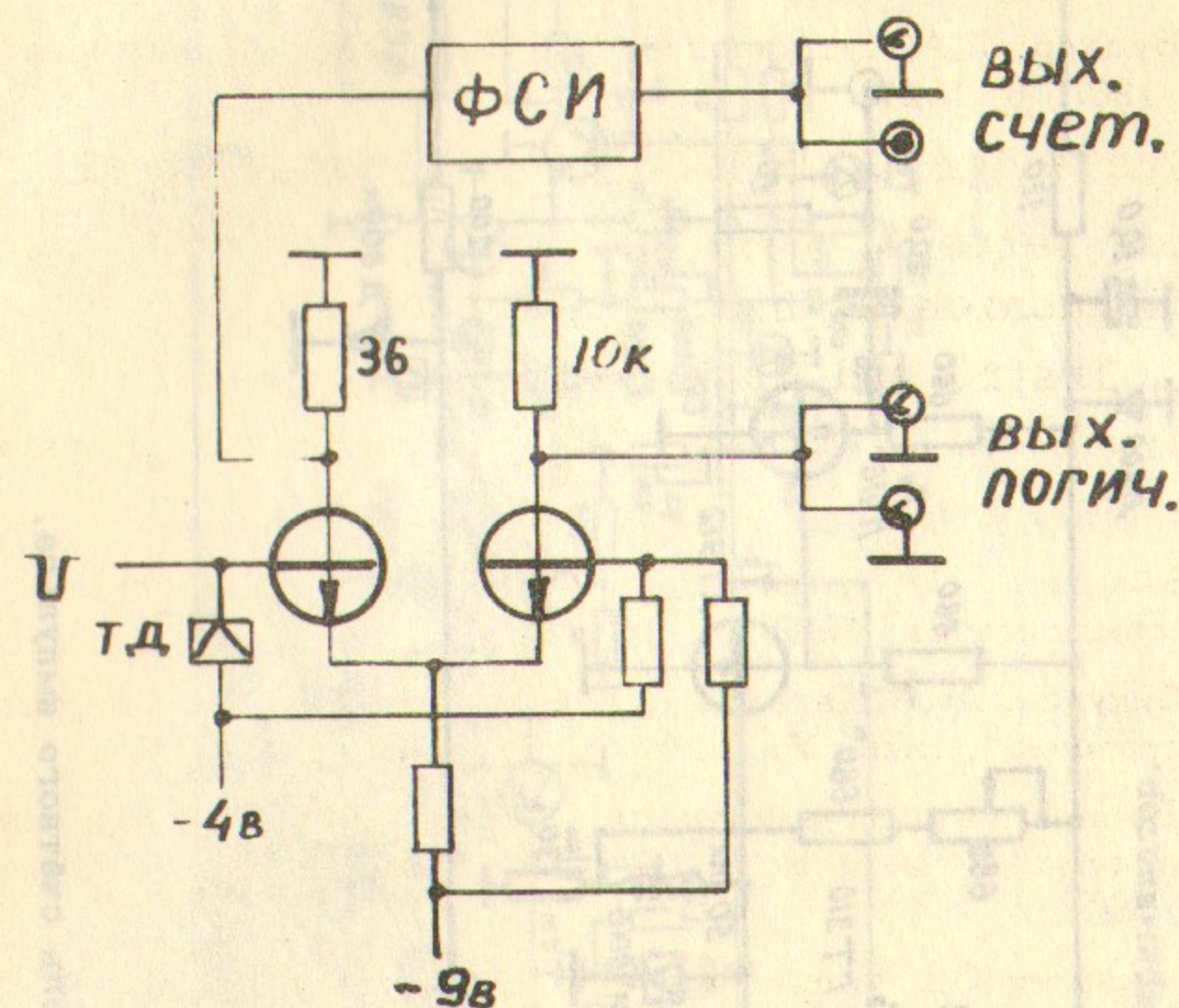


Рис.1. Выходной токовый ключ.

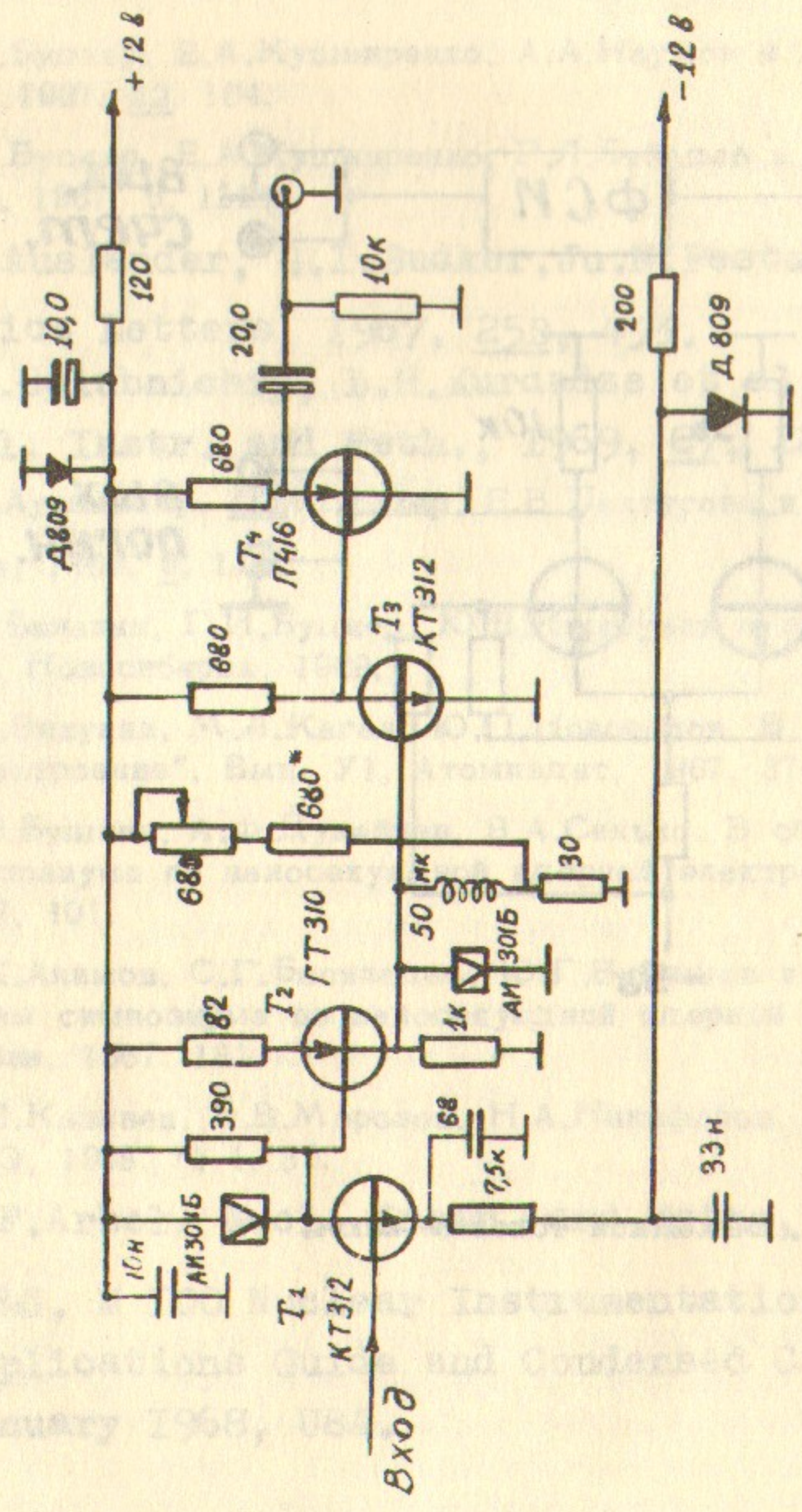


Рис.2. Формирователь счётного импульса.

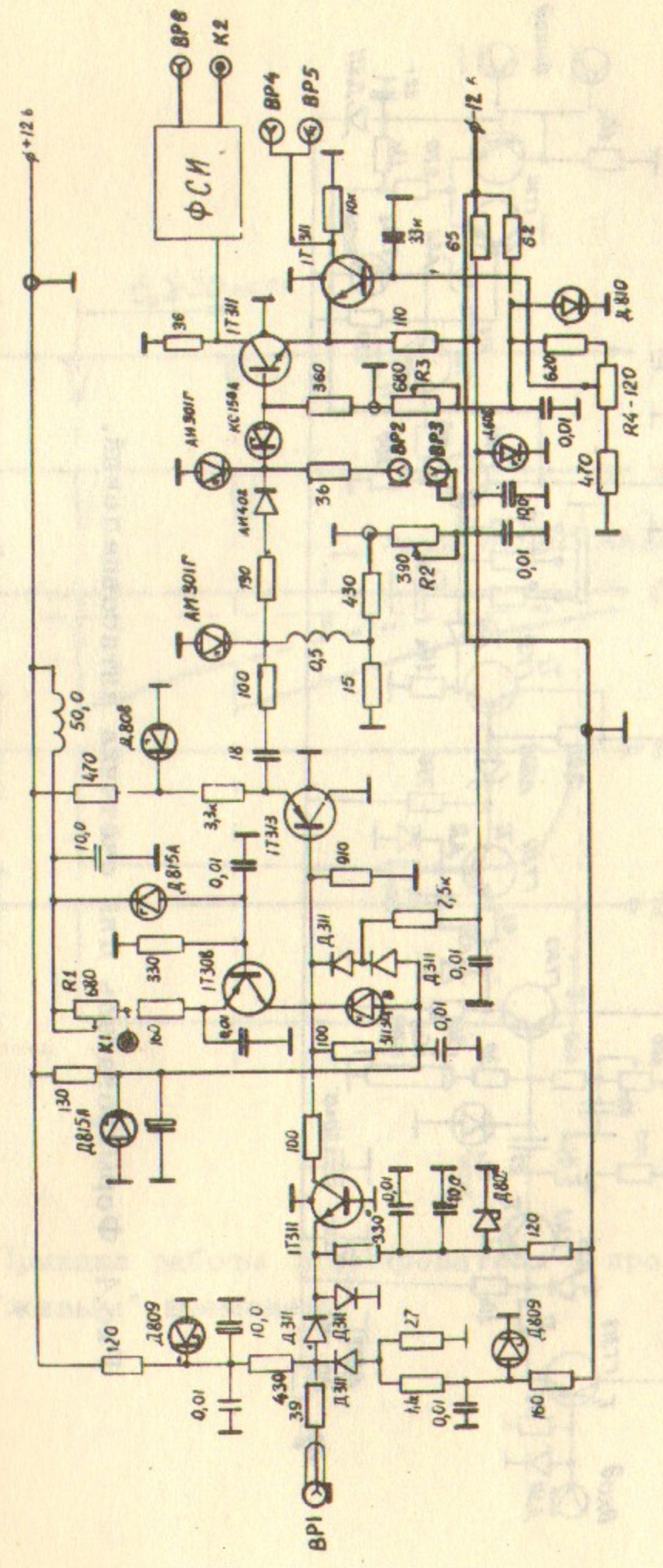


Рис.3. Дискриминатор.

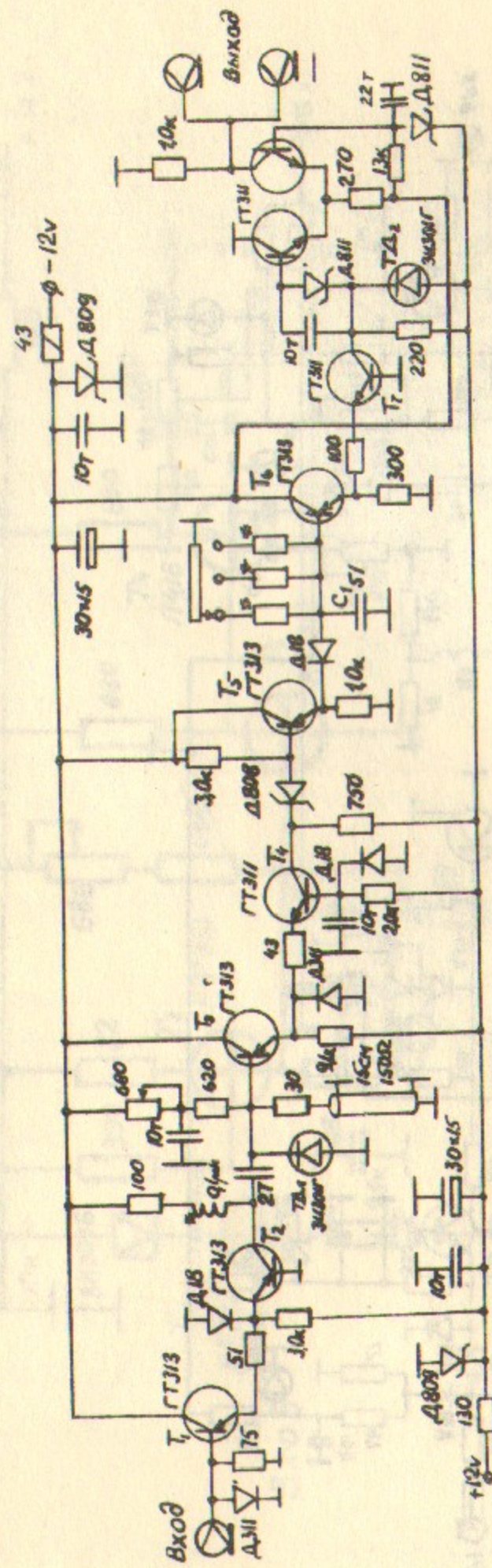


Рис.4. Формирователь для счётчика антисовпадений.

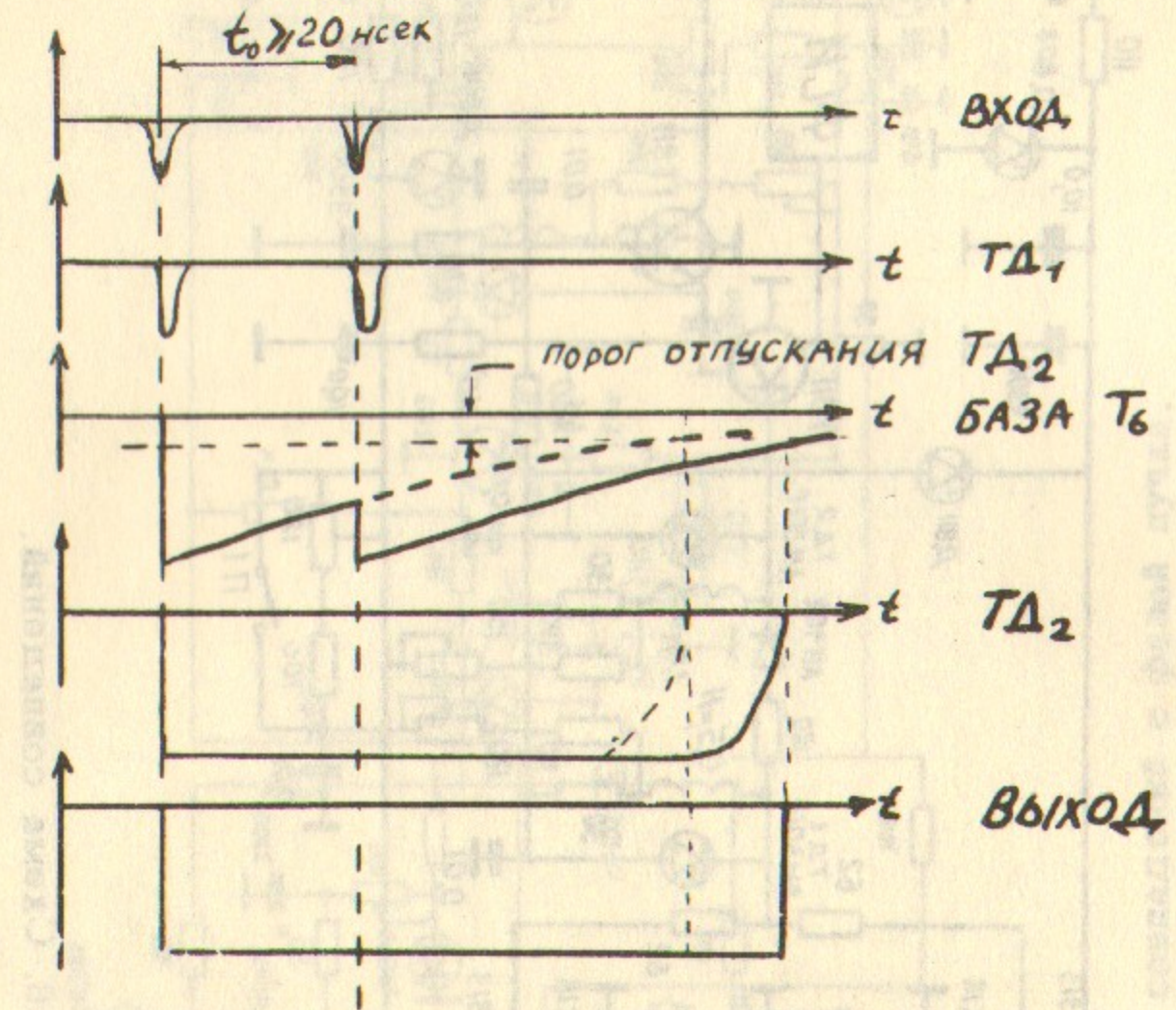


Рис.5. Принцип работы формирователя с продлевающимся "живым" временем.

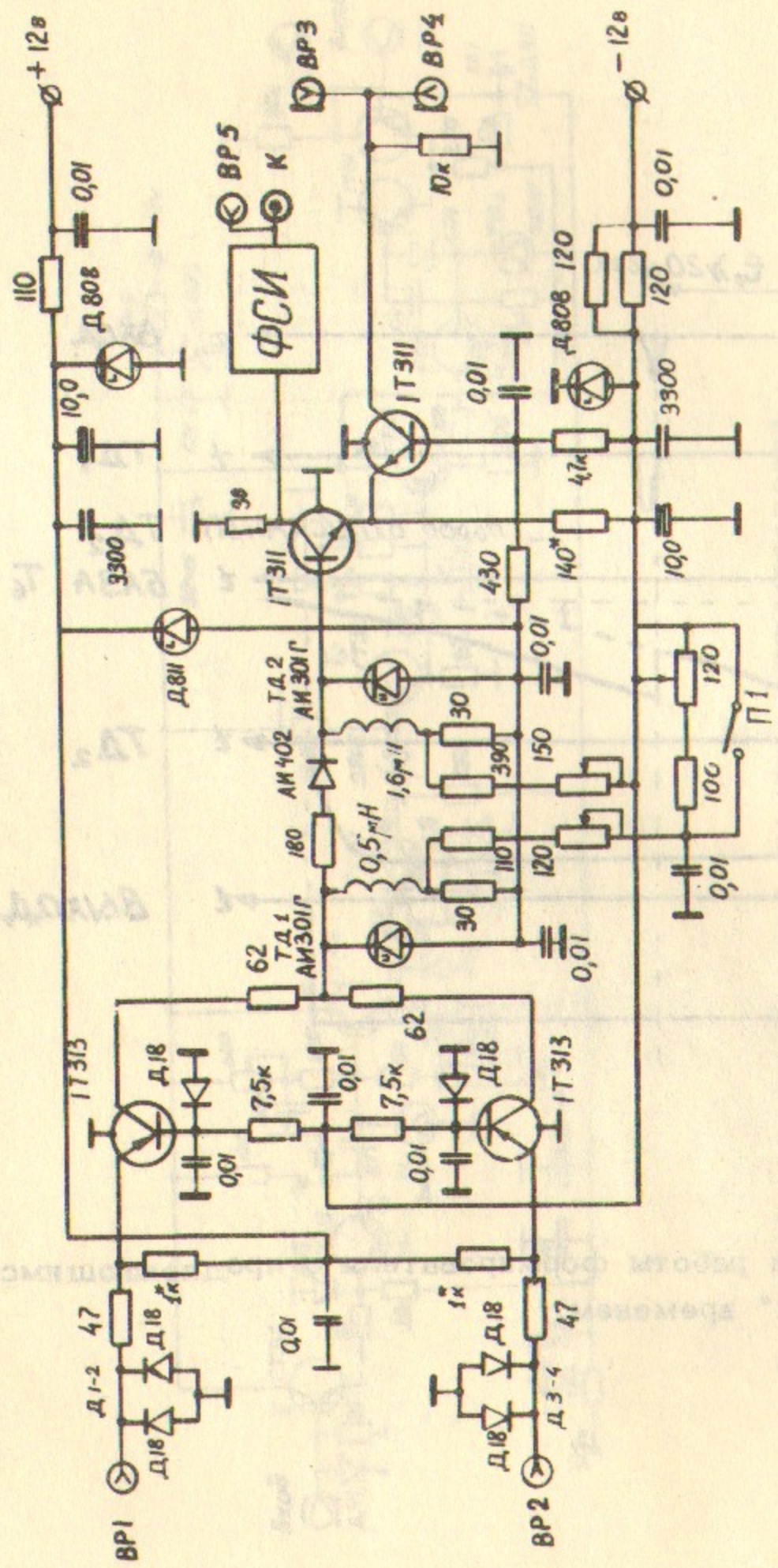


Рис.6. Схема совпадений.

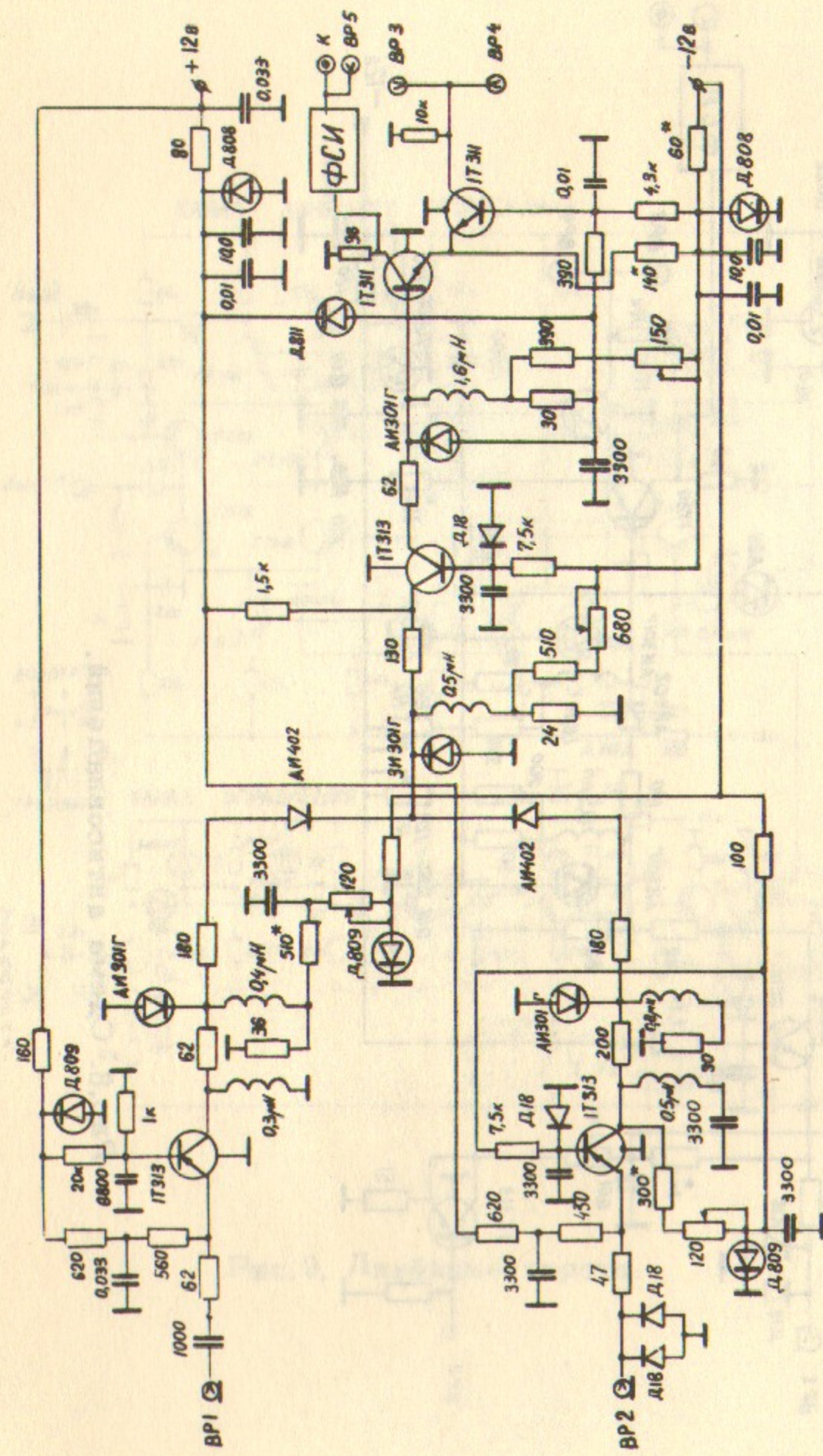


Рис.7. Схема совпадений с фазой пучка.

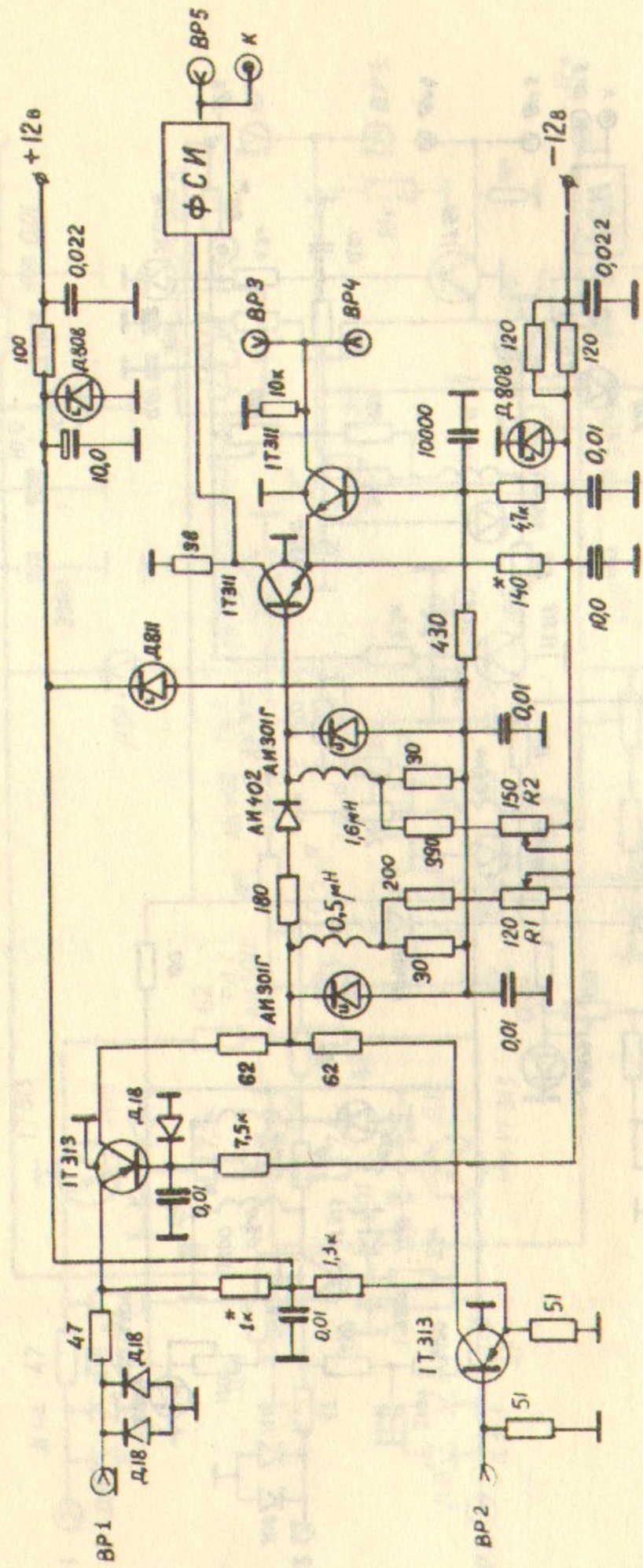


Рис.8. Схема антииспадений.

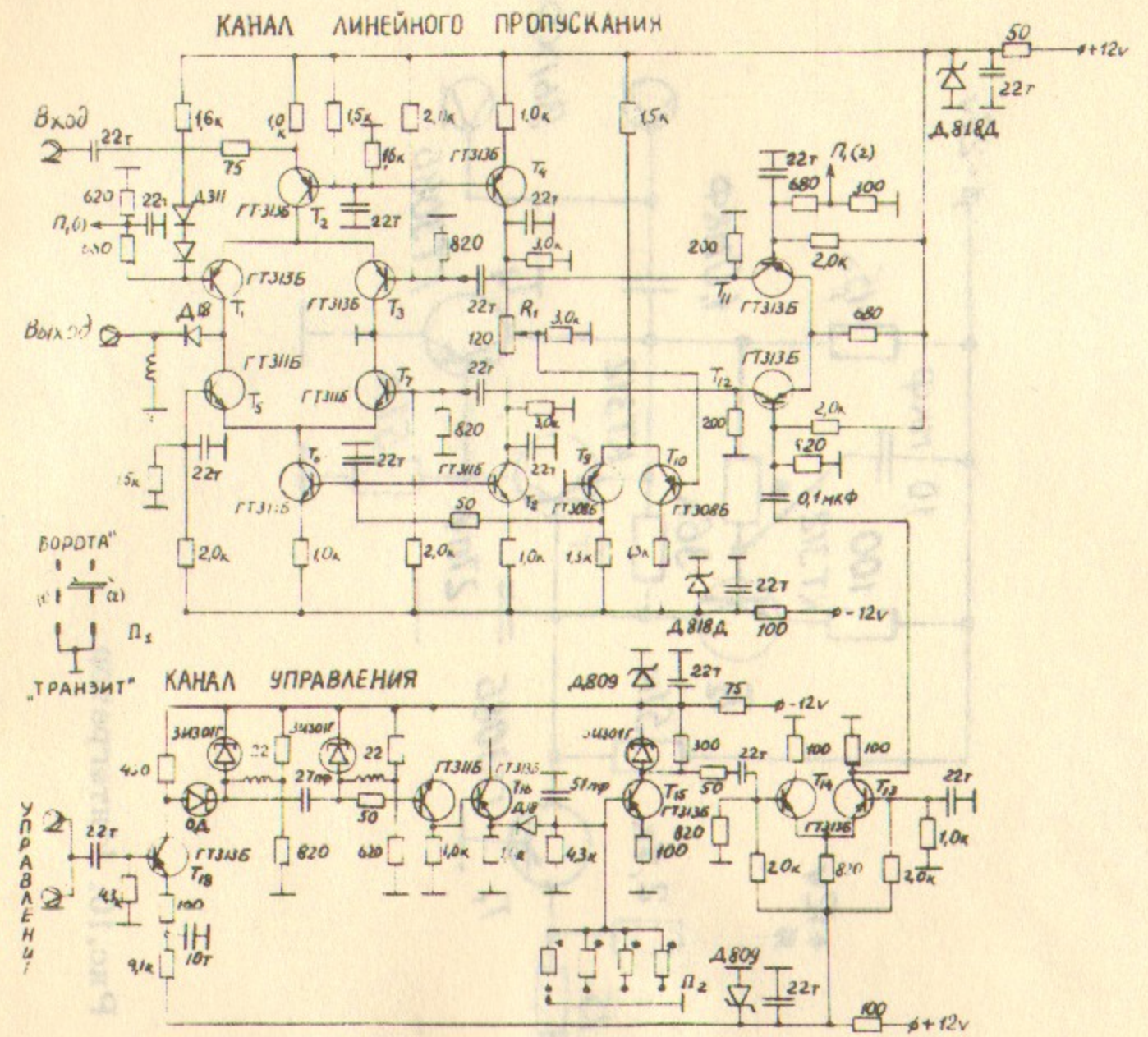


Рис.9. Линейные ворота.

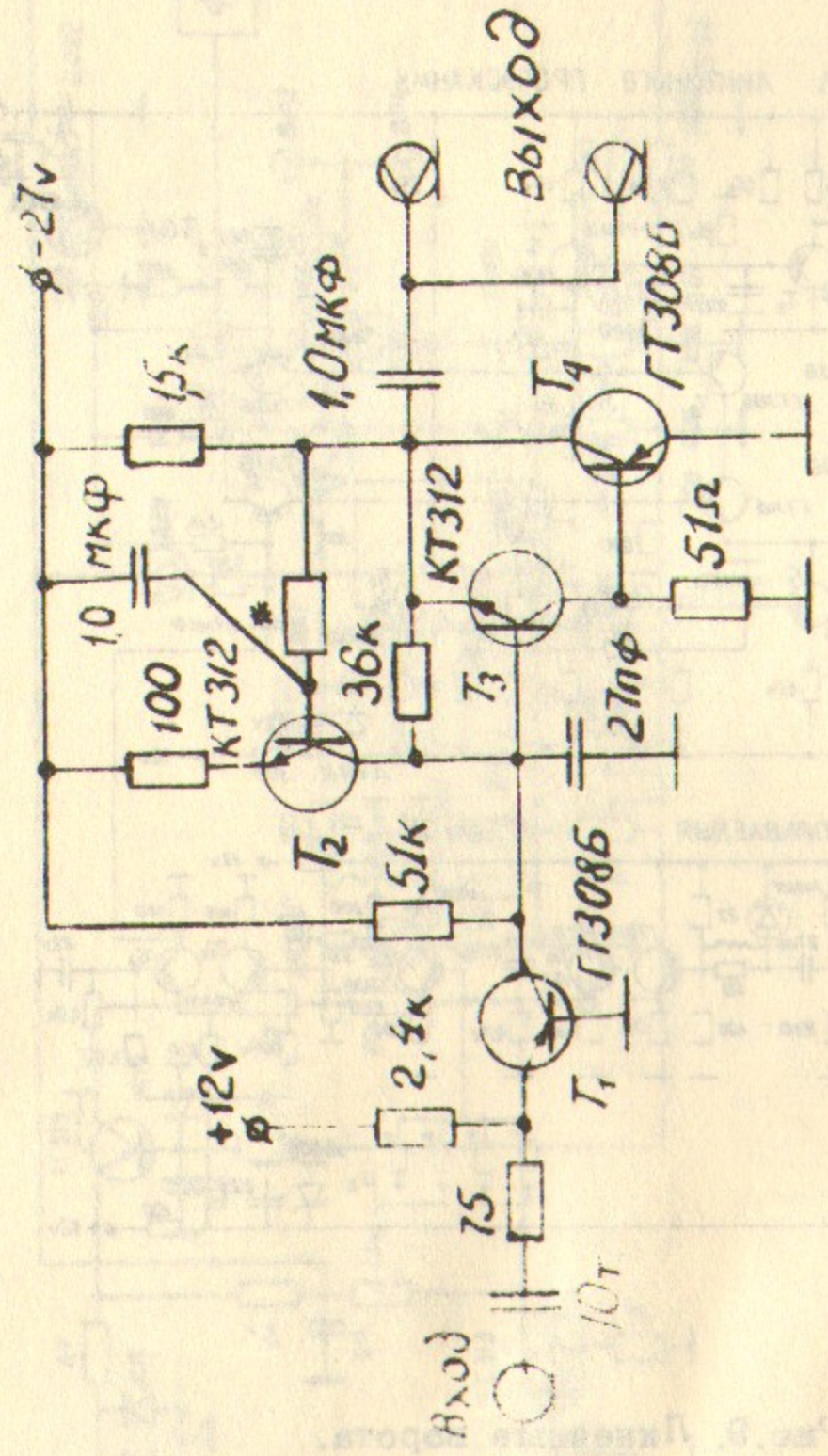
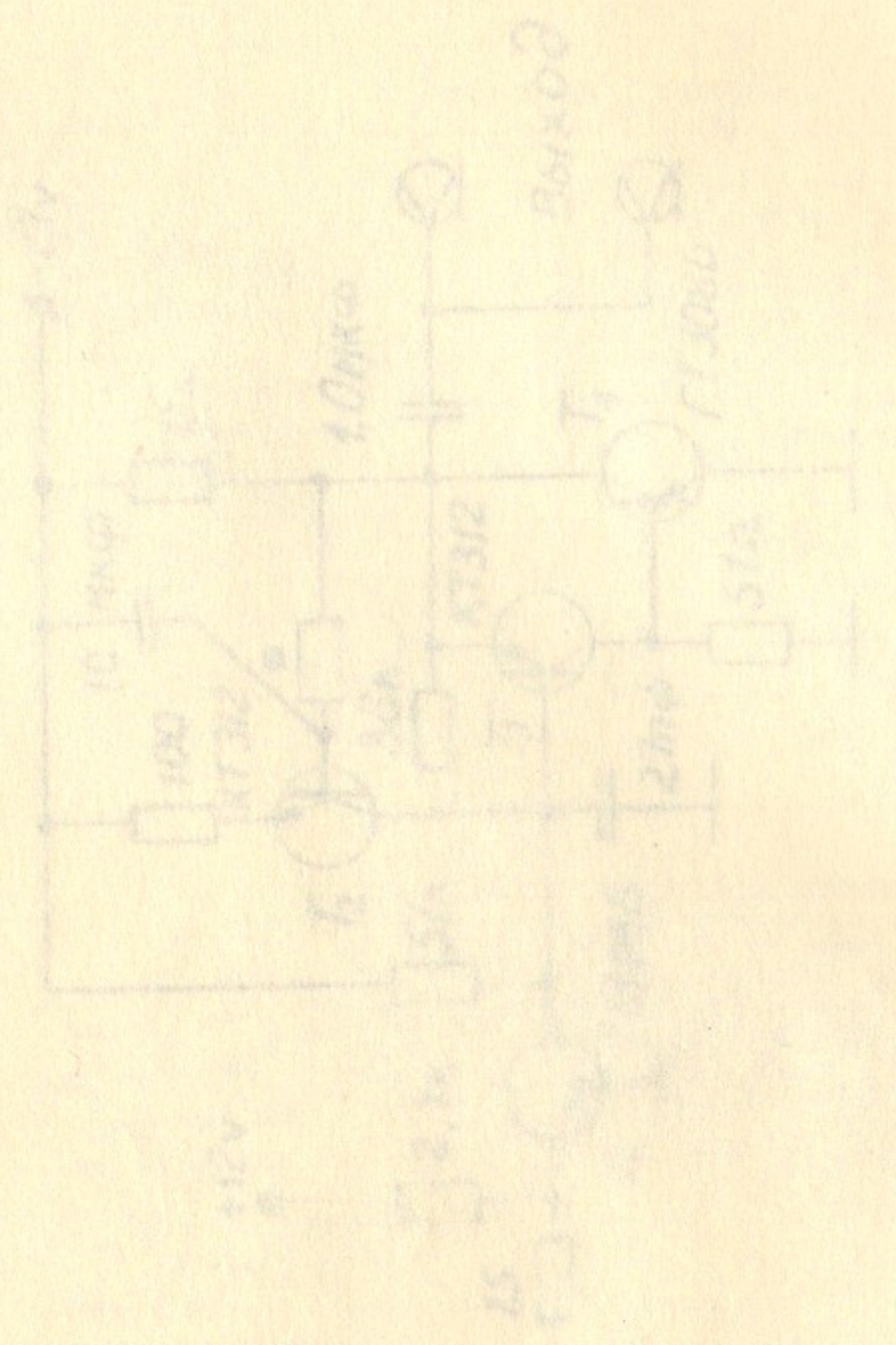


Рис.10. Интегратор.

Спроектировано на базе...
Интегратор...
Исполнено в корпусе...
Дата изготовления...
Спроектировано в НИИ...
Инженер...



Ответственный за выпуск Мелехов Г.Г.
 Подписано к печати 6.02.70 г.
 Усл. 0,9 печ.л., тираж 150 экз.
 Заказ № 6 . Бесплатно. ПРЕПРИНТ

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР, дв.