

471
К-926

23/vii -

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 5139



А.В. Купцов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО
ЗНАЧЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ АМПЛИТУДНОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ

1970

13 - 5139

А.В. Купцов

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО
ЗНАЧЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ АМПЛИТУДНОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ**



Амплитуду импульсов с дисперсией, равной нулю, можно измерять импульсным вольтметром^{1/}. Но существуют генераторы импульсов напряжения или тока, амплитуда которых распределена по некоторому закону (например, сцинтилляционные счётчики и другие детекторы ядерных излучений). В этом случае можно говорить об измерении средней амплитуды импульсов. Ниже описывается устройство для измерения среднего значения амплитудного распределения импульсов. Точнее, устройством можно определять медиану распределения, т.е. находить такой уровень, который делит все импульсы на две равные части с амплитудами выше и ниже его. Если распределение симметрично, то медиана совпадает со средним значением. Если, кроме того, распределение нормальное, то устройством можно определять и дисперсию. В дальнейшем устройство для удобства будем называть просто импульсным вольтметром.

На рис. 1 приводится блок-схема вольтметра, а на рис. 2 - временные диаграммы к блок-схеме. В вольтметре используются два амплитудных дискриминатора с общим входом. Дискриминатор 1 имеет низкий и фиксированный порог. Порог дискриминатора 2 определяется через буферный каскад потенциалом на емкости C и измеряется стрелочным прибором.

Предполагается, что порог дискриминатора 2 всегда выше порога дискриминатора 1. Имеется управляемый триггером генератор тока 1, который включен и разряжает емкость C током i_1 , если триггер находится в состоянии "1", и выключен, если триггер находится в состоянии "0". Имеется также неуправляемый генератор тока 2, который заряжает емкость током i_2 . Если входной импульс выше порога дискри-

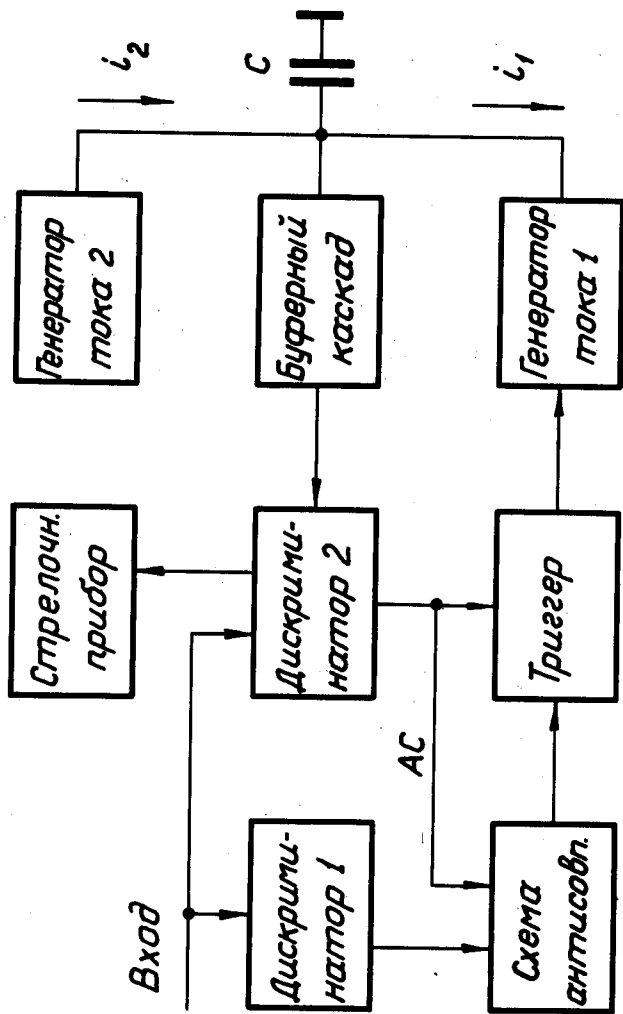


Рис. 1. Блок-схема импульсного вольтметра.

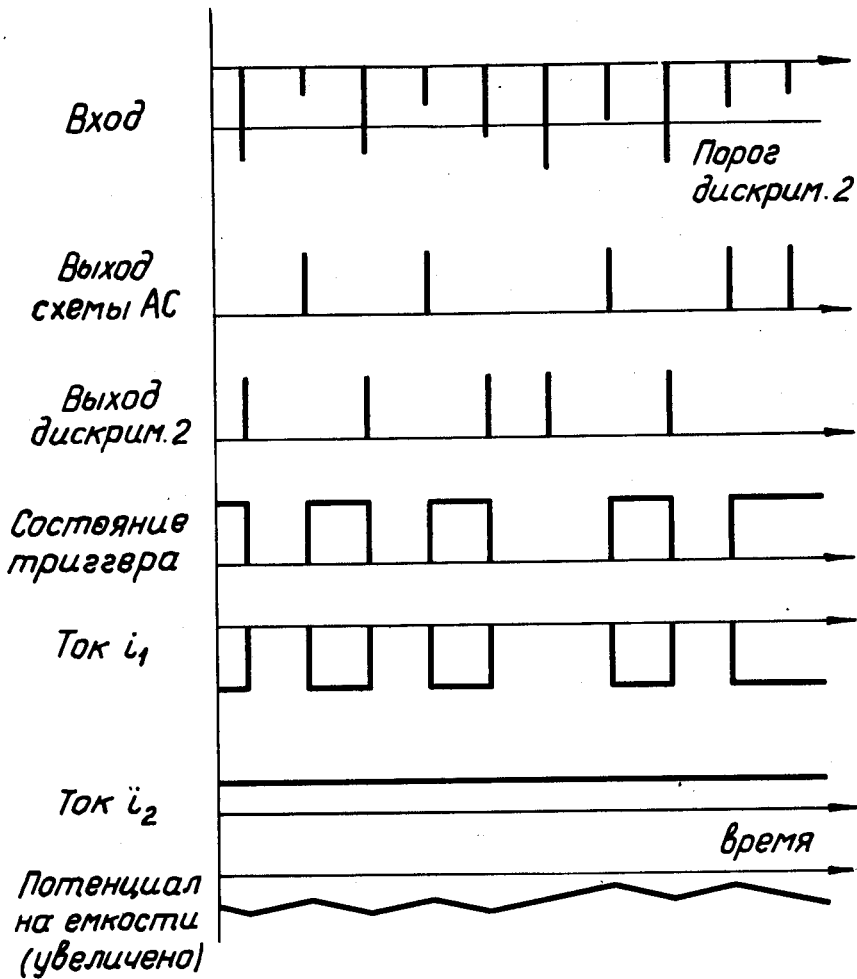


Рис. 2. Временные диаграммы к блок-схеме.

минатора 2, то триггер опрокидывается в состояние "0" импульсом с дискриминатора 2. Если входной импульс ниже порога дискриминатора 2, но выше порога дискриминатора 1, то триггер опрокидывается в состояние "1" импульсом с дискриминатора 1. Чтобы импульс дискриминатора 1 не поступал на триггер, если есть импульс с дискриминатора 2, используется схема антисовпадений. Устройство будет работать, если при повышении потенциала на емкости порог дискриминатора 2 будет также повышаться.

Во время измерения потенциал на емкости принимает стационарное значение, при котором среднее значение тока i_1 равно току i_2 ($\bar{i}_1 = i_2$). При этом порог дискриминатора 2 будет соответствовать медиане амплитудного распределения, если $i_2 = 0,5 i_1$, т.е. порог дискриминатора 2 будет делить все импульсы на две равные части с амплитудами выше и ниже его. Если распределение импульсов по амплитудам нормальное, что бывает часто, и если $i_2 = 0,16 i_1$, то стационарное состояние порога дискриминатора 2 будет меньше и будет отстоять от значения порога при токе $i_2 = 0,5 i_1$ на величину, которая соответствует одному стандартному отклонению. При токе $i_2 = 0,84 i_1$ стационарное состояние порога дискриминатора 2 будет выше и будет отстоять от значения порога при токе $i_2 = 0,5 i_1$ на величину, которая также соответствует одному стандартному отклонению.

Так как на вход импульсного вольтметра кроме импульсов, амплитуду которых нужно измерить, могут поступать и другие (например, шумы с фотумножителя), было предусмотрено управление.

На рис. 3 приводится принципиальная схема дискриминаторов, а на рис. 4 - временные диаграммы для случая, когда входной импульс имеет амплитуду, превышающую порог дискриминатора 2.

За основу был взят дифференциальный дискриминатор, описанный в работе/2/. На принципиальной схеме дискриминатор 1 находится сверху. Схемы обоих дискриминаторов одинаковы. Ниже элементы дискриминатора 2 будут приводиться в скобках.

В дискриминаторе 1 (дискриминаторе 2) используются два туннельных диода ТД₁ и ТД₂ (ТД₃ и ТД₄), разделенных обращенным диодом из арсенида галлия ОД₁ (ОД₂). Один туннельный диод ТД₁ (ТД₃)

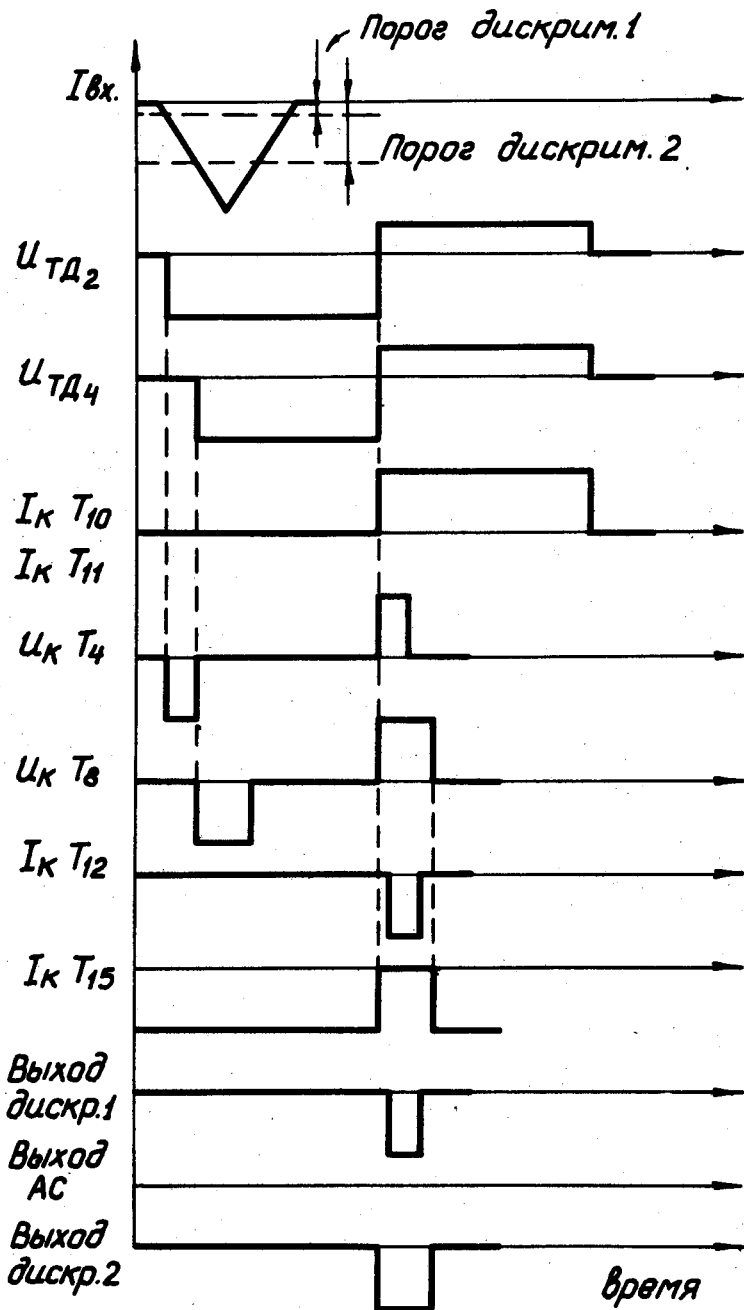


Рис. 4. Временные диаграммы к рис. 3.

служит дискриминатором тока, другой туннельный диод ТД₂ (ТД₄) формирует выходной сигнал по амплитуде и длительности. Входной импульс разветвляется и поступает на туннельные диоды через транзисторы Т₁ и Т₂ (Т₅ и Т₆) в виде импульсов тока. Порог дискриминатора 2 определяется током обратной связи, который втекает в точку d схемы. Туннельные диоды обоих дискриминаторов возвращаются в исходное состояние импульсом сброса, формируемым в дискриминаторе 1: Т₃, Т₉, Т₁₀, Т₁₁, линия задержки ЛЗТ-0,05-600. Импульсы с туннельного диода ТД₂ (ТД₄) поступают на дифференциальный усилитель на транзисторах Т₃ и Т₄ (Т₇ и Т₈), формируются короткозамкнутым кабелем в коллекторе транзистора Т₄ (Т₈) и подаются на дифференциальный усилитель на транзисторах Т₁₂ и Т₁₃ (Т₁₄ и Т₁₅).

Последний дифференциальный усилитель выполняет две функции: усиливает сформированные по длительности импульсы положительной полярности и является схемой пропускания, т.к. он может переключиться входным импульсом, если только выключить ток 10 ма, втекающий в точку a схемы. Базы транзисторов Т₁₃ и Т₁₅ объединены, т.е. дифференциальный усилитель на транзисторах Т₁₄ и Т₁₅ также выполняет функции схемы пропускания, но только для импульсов с дискриминатора 2.

С коллекторов транзисторов Т₁₂ и Т₁₅ импульсы противоположной полярности поступают на туннельный диод ТД₆, на котором собрана схема антисовпадений. Чтобы работа схемы антисовпадений была надежной, импульсы, поступающие на ТД₆, сформированы по длительности и задержаны во времени соответствующим образом (см. временные диаграммы). На выходе дискриминатора 1, схемы антисовпадений и дискриминатора 2 имеются усилители на транзисторах Т₁₆ + Т₂₁.

В схеме использовались транзисторы р р р типа ГТ313, п р п типа ГТ311, туннельные диоды ТД₁ + ТД₄ типа АИ301Г, ТД₅ + ТД₇ типа АИ301В.

Импульсы отрицательной полярности с выходов усилителей можно подать на пересчёты, что необходимо при настройке вольтметра. Всегда должно выполняться равенство $N_1 = N_{AC} + N_2$, а при измерении медианы и равенство $N_{AC} = N_2$ во всем рабочем диапазоне вольтметра. Здесь

N_1 - счёт с выхода дискриминатора 1, N_{AC} - счёт с выхода схемы антисовпадений, N_2 - счёт с выхода дискриминатора 2. Импульсы положительной полярности управляют работой триггера.

На рис. 5 приводится принципиальная схема триггера, генератора тока 1, генератора тока 2, буферного каскада и схемы включения стрелочного прибора. Между принципиальной схемой и блок-схемой имеется соответствие, поэтому временные диаграммы не приводятся.

Триггер собран на транзисторах T_{22} и T_{23} . Это триггер из пересчётных декад, выполненных на основе $^3/$ и выпускаемых центральными экспериментальными мастерскими ОИЯИ. Импульс положительной полярности с выхода дискриминатора 2 поступает в базу транзистора T_{23} и, если транзистор был открыт, закрывает его. Отрицательный перепад напряжения в коллекторе T_{23} через эмиттерный повторитель T_{24} переключает дифференциальный усилитель на транзисторах T_{25} и T_{26} . Положительный перепад напряжения в коллекторе транзистора T_{25} выключает ток i_1 генератора тока 1, собранного на транзисторах T_{27} и T_{28} . Генератор тока 2 собран на транзисторе T_{29} . Направление токов i_1 и i_2 показано стрелками. Ток i_1 равен 10 ма, ток i_2 в случае измерения медианы равен 5 ма. Чтобы измерить дисперсию амплитудного распределения, нужно изменить переключателем ток i_2 .

Потенциал на емкости C изменяется в пределах ≈ 6 в. Границы этого диапазона фиксируются диодами Д310.

Буферный каскад состоит из эмиттерного повторителя T_{30} , фазоинвертора T_{31} и транзистора T_{32} , ток коллектора которого определяет порог дискриминатора 2. К стабильности буферного каскада никаких требований не предъявляется. При изменении коэффициента передачи буферного каскада изменяется только диапазон амплитуд импульсов, которые могут быть измерены вольтметром.

Порог дискриминатора 2 определяется по падению напряжения на резисторе $R_1 = 20$ ом в коллекторе транзистора T_{32} . Чтобы характеристика прибора была направлена в нуль, подбираются резисторы R_3 и R_8 . Резистор R_2 служит для компенсации минимального тока коллектора T_{32} .

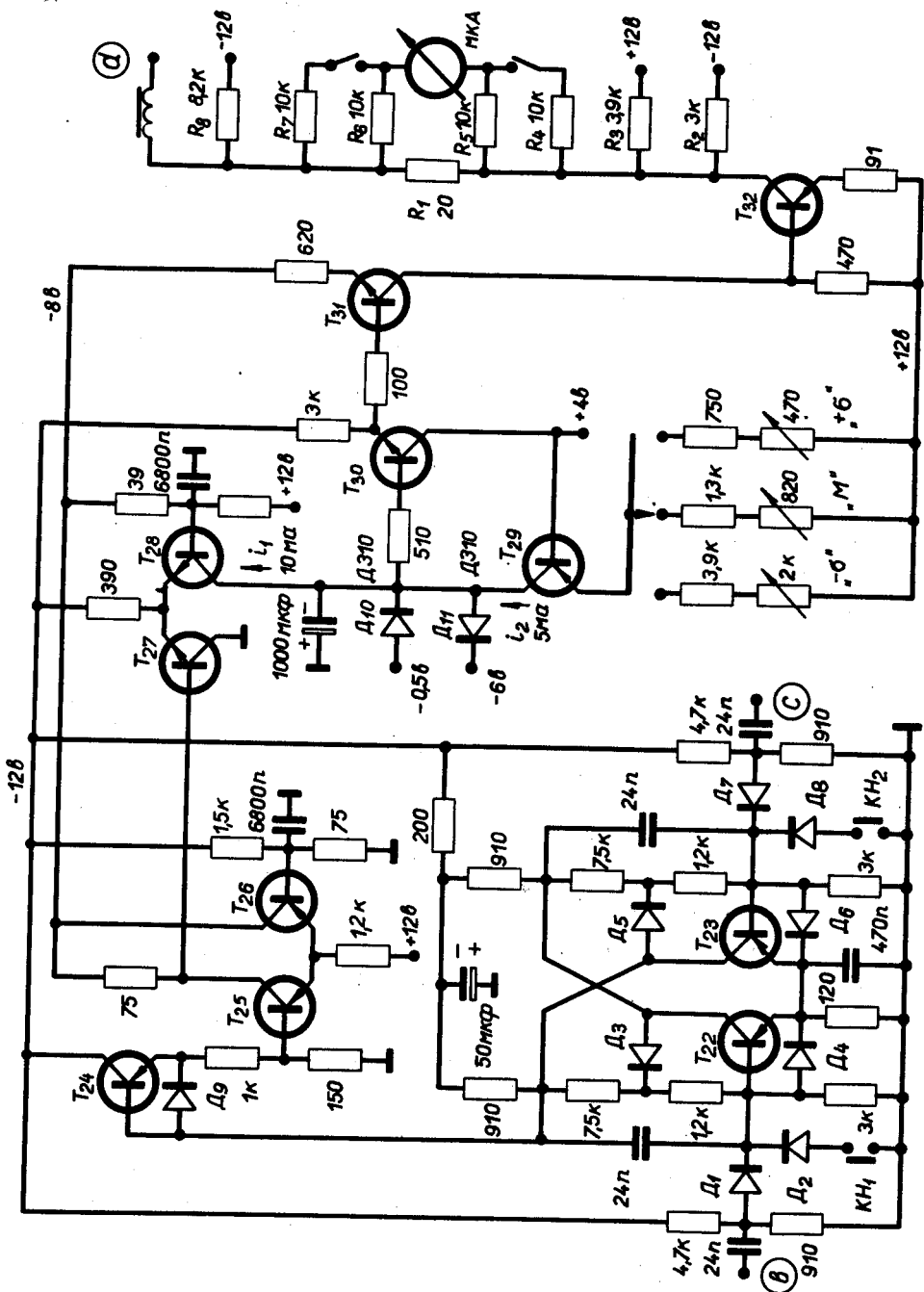


Рис. 5. Принципиальная схема триггера, генератора тока 1, генератора тока 2 и буферного каскада.

В схеме использовались транзисторы $T_{22} + T_{26}$, T_{29} и T_{32} типа ГТ308В, T_{27} и T_{28} типа ГТ311, T_{30} и T_{31} типа П38.

На рис. 6 приводится зависимость показаний стрелочного прибора импульсного вольтметра от амплитуды входных импульсов от генератора. Пунктиром показана нерабочая область.

На рис. 7 приводится зависимость счёта N_{AC} на $N_1 = 10^4$ от амплитуды входных импульсов от генератора. Из графика видно, что фиксирующие диоды Д310 переключаются из непроводящего состояния в проводящее при изменении напряжения на 0,1 в. Также видно, что при изменении амплитуды входных импульсов счёт N_{AC} изменяется в пределах $\pm 2\%$, что почти полностью объясняется изменением тока базы эмиттерного повторителя T_{30} при изменении потенциала на емкости. Если стандартное отклонение амплитудного распределения входных импульсов $\sigma = 0,5U$, то такое изменение счёта N_{AC} может дать систематическую ошибку в измерении медианы не больше 1%, причем эта ошибка может быть учтена после измерения дисперсии этим же прибором.

Отметим, что при измерении амплитуды импульсов с дисперсией, равной нулю, ток i_2 может быть любым, но не больше тока i_1 .

Показания вольтметра не зависят (в пределах 1%) от частоты следования входных импульсов, начиная с 15 + 20 гц. Измерения проводились с генератором со стабильной амплитудой до частоты 1,5 мгц.

Проверялась зависимость показаний вольтметра от частоты, когда на вход подавались импульсы от фотоумножителя, для засветки фотокатода которого использовался световой диод. Средняя амплитуда импульсов с ФЭУ была равна 3 в, ширина на полувысоте определялась этим же прибором и оказалась равной 42%. При частоте 1400 гц наблюдались аперриодические колебания стрелки измерительного прибора в пределах 0,05 в, при частоте 250 гц - в пределах 0,1 в, при частоте 25 гц - в пределах 0,5 в.

Показания вольтметра не зависят (в пределах 1%) от длительности входных импульсов в интервале 15 + 75 нсек. Короче 15 нсек импульсы не использовались.

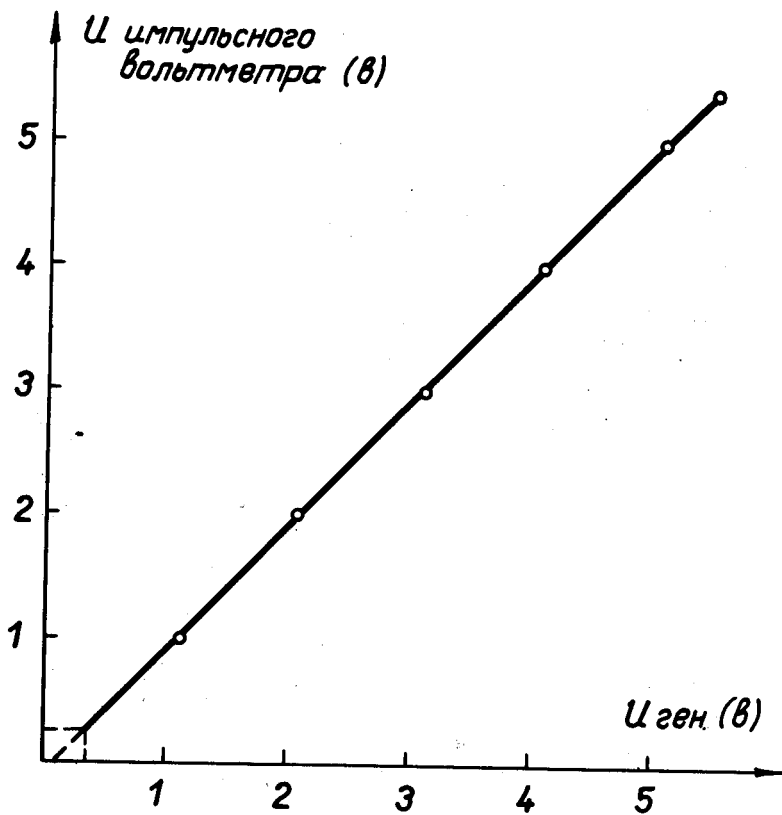


Рис. 6. Зависимость показаний импульсного вольтметра от амплитуды входных импульсов.

$N_{AC} \cdot 10^{-3}$

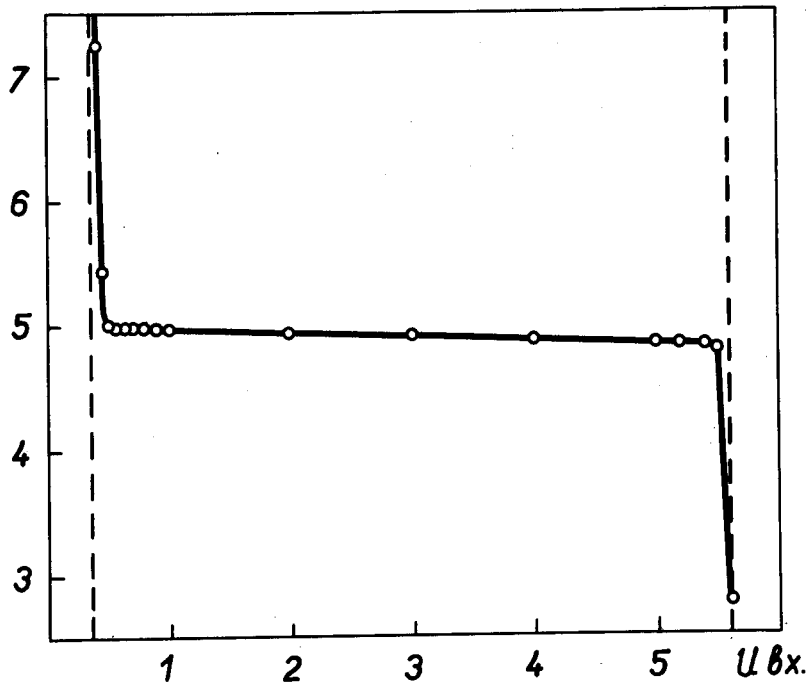


Рис. 7. Зависимость счёта на выходе схемы антисовпадений от амплитуды входных импульсов.

Показания вольтметра не изменяются при изменении задержки импульсов управления в пределах 75 нсек.

Импульсный вольтметр около года использовался для контроля стабильности импульсов от фотоумножителей с помощью световых диодов. При этом он находился во включенном состоянии несколько сот часов и периодически калибровался импульсами от генератора Г5-13. В пределах 1% калибровки совпадали.

В заключение автор благодарит В.Г. Зинова за полезные обсуждения, Ю.Г. Будяшова за технические консультации, Л.Л. Неменова за поддержку этой работы и В.А. Смирнова за монтаж.

Л и т е р а т у р а

1. М.И. Грязнов, М.Л. Гуревич, З.В. Маграчев. Измерение импульсных напряжений. Изд. во "Советское радио". Москва, 1969 г.
2. Ю.Г. Будяшов, В.Г. Зинов. Препринт ОИЯИ 13-3093, Дубна, 1966.
3. Б.А. Зеленов, И.Ф. Колпаков, Н.С. Мороз. Препринт ОИЯИ Р-1310, Дубна, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел

25 мая 1970 года.