

лограмма *a* соответствует сигналу на входе секции  $U_3$ ; осциллограмма *b* — сигналу на выходе усилителя при отключенной ионизационной камере. Величина выходного паразитного сигнала, определяемая как максимум полуразности уровней плоских частей импульсов на выходе усилителя, не превышает 0,6 мв. Аналогичная осциллограмма *c* получена при работе усилителя с прямоугольной ионизационной камерой длиной  $\sim 3$  м (тип ИК-6, завод «Физприбор»). На камеру подавалось напряжение 1,5 кв от выпрямителя ВС-22; при этом паразитный сигнал на выходе усилителя увеличился до 1 мв, что соответствует входному заряду  $5 \cdot 10^{-15}$  кул.

Описанный усилитель выполнялся по нескольким различным монтажным схемам. Наладка сводилась к проверке правильно-

сти монтажа и подгонке масштабного коэффициента  $\gamma$  к заданной величине. Микрофонный эффект, обусловленный ионизационной камерой, при использовании описанного усилителя отсутствует, поскольку емкость камеры при выбранной схеме не является интегрирующим элементом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. С. Розов, А. С. Еремин, Авт. свидет. № 153516, 1963.
2. А. С. Еремин, Б. С. Розов, Электросвязь, 1963, № 8, 72.
3. А. С. Еремин, Б. С. Розов, Радиотехника и электроника, 1963, № 11, 1878.
4. В. А. Булгаков, А. С. Еремин, Б. С. Розов, Измерит. техника, 1963, № 6, 38.
5. А. С. Еремин, Б. С. Розов, ПТЭ, 1963, № 2, 90.

УДК 621.374.33

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТБОРА СХЕМЫ СОВПАДЕНИЙ РУДЕНКО

А. П. ОНУЧИН

Институт ядерной физики СО АН СССР

(Получено 20 сентября 1963 г.)

Рассмотрены возможности увеличения коэффициента отбора схемы совпадений Руденко. Экспериментально получено увеличение коэффициента отбора в 10 раз и уменьшение зависимости разрешающего времени от амплитуды входных импульсов.

В работе исследовались возможности увеличения коэффициента отбора схемы совпадений, предложенной Руденко [1]. Элементом отбора совпадений такой схемы (рис. 1) являются диоды  $D_1$  и  $D_2$ , зашунтированные емкостями  $C$  (в  $C$  включена и емкость самого диода). Выход схемы (точка  $A$ ) нагружен на входное сопротивление  $R_{вх}$  и входную емкость  $C_{вх}$  последующего каскада. При совпадении импульсов на входе амплитуда импульса в точке  $A$  определяется делением на емкостях  $C$  и  $C_{вх}$ . Если импульс приходит на один вход, то происходит его дифференцирование. Различие в форме выходных импульсов  $U_{вых}$  для одиночных и совпадающих сигналов приводит к увеличению коэффициента отбора на выходе усилителя после схемы совпадений (время нарастания усилителя больше длительности входного импульса).

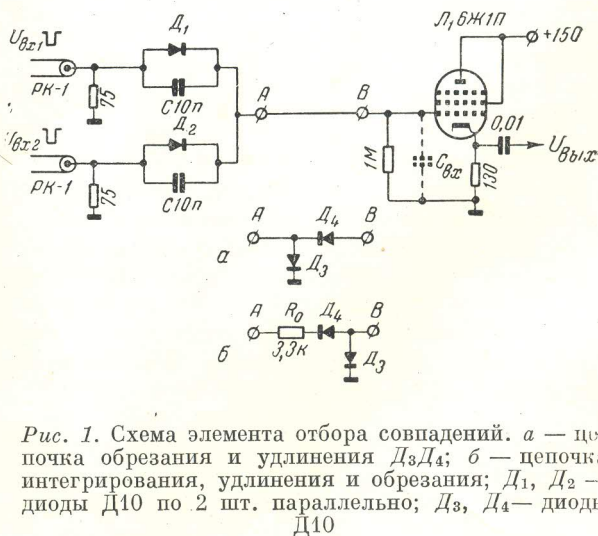


Рис. 1. Схема элемента отбора совпадений. *a* — цепочка обрезания и удлинения  $D_3 D_4$ ; *b* — цепочка интегрирования, удлинения и обрезания;  $D_1, D_2$  — диоды  $D10$  по 2 шт. параллельно;  $D_3, D_4$  — диоды  $D10$



Обычно [1, 2] после элемента отбора совпадений включается цепочка диодов  $D_3D_4$  (рис. 1, а). Диод  $D_4$  используется для удлинения импульса. Кроме того, диод  $D_4$  и входная емкость  $C_{вх}$  образуют интегрирующую цепочку, которая повышает коэффициент отбора. Диод  $D_3$  ставится для обрезания положительного импульса, возникающего при дифференцировании одиночного импульса и при формировании входных импульсов короткозамкнутыми кабелями. Эффект увеличения коэффициента отбора за счет интегрирования импульса цепочкой  $D_4C_{вх}$  с ростом амплитуды входных импульсов падает, так как за счет падения сопротивления диода  $D_4$  уменьшается постоянная времени интегрирования. Постоянную времени интегрирования можно увеличить за счет включения сопротивления  $R_0$  последовательно с диодом  $D_4$  (рис. 1, б).

Другая возможность увеличения коэффициента отбора заключается в использовании положительного выброса на спаде одиночного импульса. Следует заметить, что дифференцирование одиночного сигнала обладает одной отличительной особенностью. Постоянная времени разряда емкости  $C$  (рис. 1)  $\tau_p \approx (C_{вх} + C)R_{обр}/2$  значительно больше постоянной времени заряда этой емкости  $\tau_3 = (C_{вх} + C)(R_{пр} + Z)$ , где  $R_{пр}$  и  $R_{обр}$  — сопротивления диодов  $D_1$  и  $D_2$  в прямом и обратном направлениях,  $Z$  — волновое сопротивление кабеля ( $\tau_p$  записано в предположении  $R_{вх} \gg R_{обр}$ ). Включение диода  $D_3$  (рис. 1, а) приводит к тому, что  $\tau_p \approx \tau_3$ . В схеме, приведенной на рис. 1 (без диодов  $D_3, D_4$ ), длительность выброса положительной полярности на спаде одиночного импульса составляет несколько микросекунд.

Поскольку в случае совпадения импульса с выхода элемента отбора совпадений выброса не имеет, это обстоятельство можно использовать для увеличения коэффициента отбора. Один из возможных способов — использование той же интегрирующей цепочки  $R_0D_4$  и  $C_{вх}$ . Положительный выброс для одиночного сигнала приводит к сокращению длительности отрицательного импульса на выходе интегрирующей цепочки. Если время нарастания усилителя, на который подается импульс с выхода элемента отбора совпадений, больше постоянной времени интегрирующей цепочки, то это приводит к

увеличению коэффициента отбора на выходе усилителя.

Недостатком такой цепочки является то, что на вход усилителя передается длинный положительный выброс на спаде одиночного импульса. Присутствие импульса другой полярности нежелательно, так как этот импульс в результате дифференцирования в цепях усилителя может дать выброс рабочей полярности и заставить сработать дискриминатор на выходе схемы совпадений. Для обрезания положительного выброса можно включить диод  $D_3$  на входе катодного повторителя (рис. 1, б).

Из-за нелинейных характеристик диодов провести точный расчет прохождения импульса по такой цепи довольно сложно. Из качественного рассмотрения можно сделать два замечания по выбору элементов схемы.

1) Величину сопротивления  $R_0$  следует выбирать из условия:

$$\tau_3 \ll (R_0 + R_{пр4}) C_{вх} \ll \tau_{ну},$$

где  $R_{пр4}$  — сопротивление диода  $D_4$  в прямом направлении,  $\tau_{ну}$  — время нарастания усилителя.

2) Цепочка диодов  $D_4D_3$  обрезает положительный выброс неполностью; на нежелательность этого импульса уже было указано. Исходя из этого, отношение  $R_{обр}$  диода  $D_4$  и  $R_{пр}$  диода  $D_3$  следует выбирать большим. С другой стороны, при большой величине этого отношения сама цепочка диодов  $D_4D_3$  дает отрицательный выброс, связанный с зарядкой емкости диода  $D_4$  через диод  $D_3$  положительным импульсом. Чтобы эта цепочка не давала отрицательного выброса, необходимо выполнение следующего условия:

$$C_4 / (C_4 + C_{вх}) < R_{пр4} / (R_{обр4} + R_{пр3}),$$

где  $C_4$  — емкость диода  $D_4$ ,  $R_{пр3}$  и  $R_{обр4}$  — сопротивления в прямом и обратном направлениях диодов  $D_3$  и  $D_4$  соответственно.

Результаты измерений основных параметров схемы совпадений с двумя типами цепочек — а и б (рис. 1) — приведены на рис. 2, 3 и 4. Измерения велись при помощи генератора ГКИ-4Б; длительность входного импульса равнялась 6 нсек. В качестве порогового устройства использовался дискриминатор ААДО-1; амплитуда импульса на выходе катодного повторителя  $L_1$  измерялась осциллографом УО-1М.



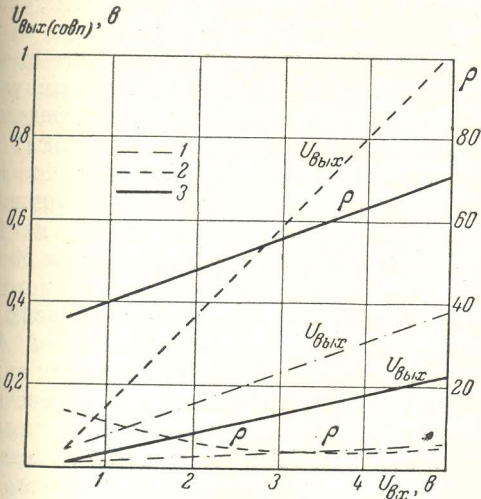


Рис. 2. Зависимость амплитуды импульса  $U_{\text{вых}}$  в случае совпадения и коэффициента отбора  $\rho$  от амплитуды импульсов на входе  $U_{\text{вх}}$  для схемы рис. 1. 1 — без цепочки диодов; 2 — с цепочкой  $a$ ; 3 — с цепочкой  $b$ . Коэффициент передачи катодного повторителя  $1/2$ . Коэффициент отбора для случаев 2 и 3 определялся на выходе усилителя ААДО-1

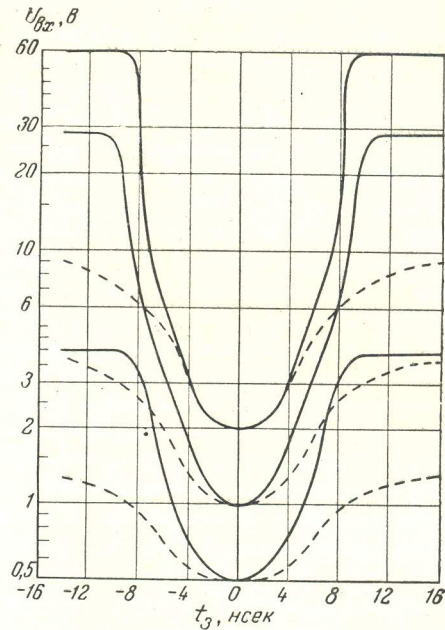


Рис. 3. Зависимость  $U_{\text{вх}}(t_3)$  по оси абсцисс отложена задержка между импульсами на входе схемы совпадений  $t_3$ ; по оси ординат — минимальная амплитуда импульса  $U_{\text{вх}}$ , при которой происходит срабатывание дискриминатора. Пунктирные кривые — схема с цепочкой  $a$  (рис. 1), сплошные — с цепочкой  $b$

На рис. 2 приведены кроме основных характеристики схемы совпадений без цепочки диодов (рис. 1). Возрастание коэффициента отбора с цепочкой  $a$  при  $U_{\text{вх}} < 3$  в связано с нелинейной характеристикой диода  $D_4$ . На рисунке видно, что цепочка  $b$  по сравнению с цепочкой  $a$  уменьшает амплитуду выходного импульса  $U_{\text{вых}}$  в пять и увеличивает коэффициент отбора в  $\sim 10$  раз.

Из рис. 3 видно, что применение цепочки  $b$  вместо цепочки  $a$  приводит к тому, что схема не срабатывает от одиночных сигналов значительно большей амплитуды. Поскольку этот параметр имеет важное значение при работе со схемой совпадений, дадим ему специальное название. Будем называть коэффициентом запаса к срабатыванию от одиночных импульсов величину, показывающую, во сколько раз надо увеличить амплитуду входного импульса, чтобы схема срабатывала от одиночного сигнала. Этот коэффициент будем обозначать  $K_{U_{\text{вх}}}$ , где индекс  $U_{\text{вх}}$  означает амплитуду совпадающих импульсов, соответствующую порогу срабатывания дискриминатора. Видно, что коэффициент запаса стал равен  $K_{0,5} = 8$  и  $K_1 = 28$  вместо  $K_{0,5} = 2,5$  и  $K_1 = 4$  с цепочкой  $a$ .

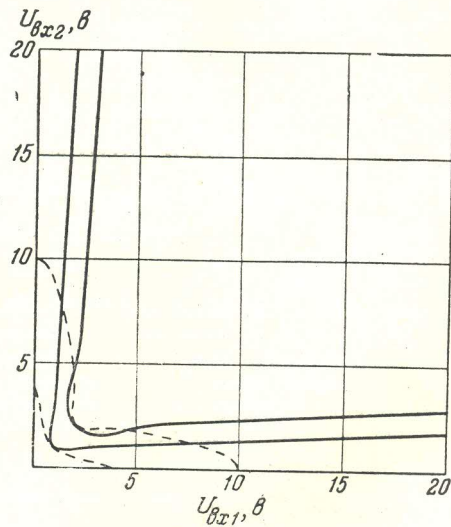


Рис. 4. Работа схемы совпадений в условиях совпадающих импульсов разной амплитуды  $U_{\text{вх1}}$  и  $U_{\text{вх2}}$ . Уровень дискриминатора настроен на регистрацию одинаковых импульсов амплитудой 1 и 2 в соответственно. Пунктирные кривые относятся к схеме с цепочкой  $a$  (рис. 1), сплошные — с цепочкой  $b$

Видно, что с цепочкой  $b$  уменьшается зависимость разрешающего времени от амплитуды входных импульсов. Так, для уровня дискриминатора, соответствующего порогу срабатывания от совпадающих импульсов амплитудой  $0,5 \text{ в}$ , разрешающее время для импульсов амплитудой  $1 \text{ в}$  стало равным  $5$  вместо  $9 \text{ нсек}$ .

При работе схемы совпадений с импульсами разных амплитуд в точке  $A$  (рис. 1) появляется положительный выброс, аналогичный выбросу для одиночных импульсов. Этот выброс снижает чувствительность схемы совпадений по входу. На рис. 4 приведены характеристики работы схемы совпадений в условиях совпадающих импульсов разной амплитуды. Видно, что если амплитуда одного из импульсов увеличивается в  $10$  раз для срабатывания дискриминатора второй импульс должен иметь амплитуду в  $1,5$  раза больше той, на которую настроен уровень дискриминатора в случае совпадающих импульсов равной амплитуды.

Часто входные импульсы формируются по длительности при помощи короткозамкнутых кабелей. При этом на вход схемы совпадений кроме основного импульса приходит

импульс положительной полярности, который уменьшает амплитуду импульса на выходе усилителя. Этот эффект зависит от времени задержки положительного импульса относительно основного, которая определяется длительностью входного импульса. Измерения показали, что в схеме рис. 1, для времени формирования  $3 \text{ нсек}$  амплитуда выходного импульса уменьшается на  $15\%$  при длительности входного импульса  $50 \text{ нсек}$  и на  $50\%$  — при длительности входного импульса  $10 \text{ нсек}$ . Измерения проводились с совпадающими импульсами амплитудой  $1 \text{ в}$ . Поскольку при таком формировании амплитуда выходного импульса для одиночного сигнала не возрастает, относительное падение коэффициента отбора не превышает относительного падения амплитуды выходного импульса в случае совпадения.

В заключение благодарю В. А. Целуйкина за проведение измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Руденко, ПТЭ, 1958, № 6, 60.
2. М. Высочанский, С. В. Мухин, Пин Цунь-цин, С. В. Рихвицкий, И. Н. Семеновшкин, ПТЭ, 1961, № 3, 67.

УДК 539.107.4

## СИСТЕМА УНИВЕРСАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ

И. А. ГОЛУТВИН, Ю. В. ЗАНЕВСКИЙ

Объединенный институт ядерных исследований

(Получено 5 октября 1963 г.)

Описаны универсальные схемы («модули»), предназначенные для использования со сцинтилляционными счетчиками: первый формирователь, служащий для стандартизации импульсов с выхода сцинтилляционного счетчика; четырехканальная схема совпадений или антисовпадений; второй формирователь, выполняющий функции дискриминатора; широкополосный усилитель. Разрешающие времена схем совпадений — порядка нескольких наносекунд. Все схемы выполнены в виде плоскостных модулей  $34 \times 82 \text{ мм}^2$ .

При постановке физических экспериментов на современных ускорителях, как правило, используется большое количество электронной аппаратуры. В ее состав, в частности, входит сравнительно дорогостоящая аппаратура наносекундного диапазона, непосредственно принимающая и перерабатывающая информацию от детекторов излучений. Это схемы формирователей, ограничителей, схемы совпадений, размножители, импульсные усилители, дискриминаторы. Специфика использования этой ап-

паратуры в ядерной физике заключается в том, что несмотря на малые изменения самих схем, при переходе от одного физического эксперимента к другому аппаратура в целом претерпевает большие изменения, поэтому коэффициент использования такой аппаратуры невелик. Кроме того, разработка и изготовление аппаратуры под определенную физическую задачу сильно затягивает подготовку экспериментов.