



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

А.Н.Синаев

867

ПРИМЕНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОСКОПОВ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА СИНХРОЦИКЛОТРОНЕ

Дубна 1961 год

А.Н.Синаев

867

1342/2 чф.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОСКОПОВ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА СИНХРОЦИКЛОТРОНЕ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1. Введение

Пульсирующий режим работы синхроциклотрона определяет более жесткие требования к разрешающему времени регистрирующей аппаратуры по сравнению с требованиями при работе с непрерывным источником излучения той же интенсивности. В то же время наличие пауз, имеющих значительно большую длительность, чем времена излучения, открывает пути к некоторому упрощению используемой аппаратуры. Согласование работы регистрирующей аппаратуры с циклом синхроциклотрона в ряде случаев может значительно улучшить ее возможности.

В настоящее время описано несколько конструкций амплитудных и временных анализаторов, в блоках накопления которых используются запоминающие устройства на потенциалокопах /1,2,3,4/.

Одним из основных недостатков запоминающих устройств на электронно-лучевых приборах является необходимость периодического восстановления хранящихся данных. Во время режима восстановления, который иногда занимает до 20% рабочего времени, регистрация поступающих импульсов производиться не может, что приводит к дополнительным потерям в счете. При работе от пульсирующего источника излучения этот недостаток может быть устранен. Нами было осуществлено согласование работы запоминающего устройства с работой синхроциклотрона. Во время излучения синхроциклотрона производится регистрация поступающих импульсов, время же паузы отводится для восстановления хранящихся данных. Ввод новых импульсов в запоминающее устройство производится сразу после их поступления. Такой режим работы обеспечивает также возможность непрерывного наблюдения за процессом накопления данных без дополнительных потерь в счете. Требование о предоставлении этой возможности часто выдвигается со стороны экспериментаторов.

Описываемый режим работы запоминающих устройств на потенциалокопах позволяет применять их для регистрации излучения не только от пульсирующего, но и от непрерывного источника.

Поскольку потенциалокоп является прибором, серийно выпускаемым промышленностью, блок накопления с потенциалокопом может быть сделан в лаборатории быстрее и с меньшей затратой сил, чем блок накопления, использующий в качестве запоминающего устройства матрицу на ферритовых сердечниках. Необ-

ходимо отметить также, что для непрерывного наблюдения за процессом накопления данных периодическая блокировка входа системы требуется и в блоке накопления на ферритовых сердечниках.

2. Блок накопления

Скелетная схема разработанного блока накопления с запоминающим устройством на потенциалоскопе изображена на рис. 1, а временная диаграмма импульсов в отдельных узлах схемы - на рис. 2. Как и обычно, для каждого канала отводится отдельный вертикальный столбик на мишени потенциалоскопа. Запись чисел в каналах производится в двоичной системе. Задающий генератор генерирует импульсы с частотой порядка 100-200 кГц. Из этих импульсов формируются импульсы подсветки. Отклонение луча потенциалоскопа как по вертикали, так и по горизонтали осуществляется соответствующими генераторами развертки, дающими напряжение ступенчатой формы; это напряжение подается на отклоняющие пластины потенциалоскопа. При включении подсветки луч попадает на тот или иной рабочий элемент мишени в зависимости от состояния генераторов развертки, и происходит процесс считывания. Знак импульса, возникающего на сигнальной пластине, зависит от того, что ранее было написано на этом участке. Нулю соответствует отрицательный импульс, а единице - положительный. Возникающий импульс имеет амплитуду порядка милливольт, он проходит через схему нейтрализации и усиливается усилителем. В зависимости от знака поступившего импульса и положения переключателя режима генератор импульсов записи генерирует отрицательный или положительный импульс, который через схему нейтрализации подается на сигнальную пластину. Отрицательный импульс соответствует записи нуля, а положительный - записи единицы. Схема нейтрализации препятствует поступлению импульсов записи, амплитуды которых имеют порядок десятков вольт, на вход усилителя. После окончания процесса записи подсветка выключается, и луч переводится на следующий рабочий элемент мишени.

Как уже упоминалось, блок накопления имеет два режима работы: режим восстановления (перезаписи) и режим записи нового импульса. При отсутствии на входе системы импульса, подлежащего регистрации, всегда осуществляется режим восстановления. Этот режим изображен в левой части рис. 2, причем за

начальный момент принят момент нахождения луча в левом нижнем углу мишени, т.е. на первом рабочем элементе первого канала. Импульсы от задающего генератора подаются на генератор подсветки. Импульсы, соответствующие заднему фронту импульсов подсветки, поступают на генератор вертикального отклонения. При возвращении генератора вертикального отклонения в первоначальное положение импульс с него поступает на генератор горизонтального отклонения. Таким образом, электронный луч последовательно обходит все рабочие элементы каждого столбика. Переключатель режима находится в положении "восстановление"; при этом импульс, создаваемый генератором импульсов записи, имеет ту же полярность, что и импульс, возникающий на входе усилителя. Следовательно, на месте прочитанного нуля будет вновь записан нуль, а на месте прочитанной единицы - единица.

Режим восстановления прекращается при поступлении на систему импульса, подлежащего регистрации, или точнее при поступлении следующего после его прихода синхронизирующего импульса $\bar{1}$, соответствующего заднему фронту импульса подсветки. В этот момент начинается режим записи нового импульса. С блока распределения поступает импульс выбора канала, который прекращает работу генератора подсветки. Передний фронт этого импульса кроме того переводит переключатель режима в положение "запись", включает блокировку входа спектрометра и осуществляет сброс обеих разверток, так что луч становится направленным в левый нижний угол мишени (см. рис. 2). При выборе канала подается серия импульсов на генератор горизонтального отклонения, следовательно, луч без включения подсветки направляется по нижней горизонтальной строке, т.е. проходит через первые рабочие элементы каналов, начиная с первого. Число импульсов в серии определяет номер канала. Импульсы серии могут подаваться или от синхронизирующего генератора, имеющего период в несколько раз меньше, чем задающий генератор, или от специального генератора, находящегося в блоке распределения. Если же не предъявляются жесткие требования к величине мертвого времени, то импульсы серии могут подаваться и от задающего генератора во время наличия импульса выбора канала. После выбора канала импульс с блока распределения прекращается. Затем включается импульс подсветки, и происходит считывание с первого рабочего элемента выбранного канала. Поскольку переключатель режима находится в положении "запись", то полярность импульса на выходе генератора

импульсов записи будет противоположна полярности импульса, возникающего на входе усилителя. Таким образом, на месте прочитанного нуля будет записана единица, а на месте единицы - ноль. После этого луч переходит на второй рабочий элемент выбранного канала, так как импульсы от генератора подсветки после окончания импульса выбора канала начинают поступать на генератор вертикального отклонения. Режим записи нового импульса заканчивается после поступления первого положительного импульса от генератора импульсов записи. В двоичной системе счисления это соответствует прибавлению единицы к числу, ранее записанному в канале. Указанный импульс переводит переключатель режима в положение "восстановление", вход системы разблокируется, и со следующего рабочего элемента того же канала начинается режим восстановления данных. С этого момента блок накопления готов к приему нового импульса. В такой системе регистрация поступающих импульсов нарушает порядок обхода рабочих элементов для восстановления данных. Для надежной работы при любой форме спектра и интенсивности излучения нужно, чтобы в течение каждой паузы происходило восстановление данных на всех рабочих элементах.

Логичнее была бы система, в которой регистрация поступающих импульсов только прерывала процесс восстановления, но не нарушала при этом порядка обхода рабочих элементов. В этом случае после окончания регистрации поступившего импульса восстановление данных должно начинаться с элемента, следующего непосредственно за тем элементом, на котором прервалось восстановление из-за поступления регистрируемого импульса. Тогда данные на всех элементах будут восстанавливаться с одинаковой периодичностью, независимо от формы спектра; отпадает и необходимость производить восстановление на всех рабочих элементах в течение каждой паузы. Но такой метод вызывает усложнение блока накопления в связи с необходимостью запоминать состояние, в котором находились генераторы развертки перед регистрацией поступившего импульса. Разработанные нами блоки накопления работают по первому методу, так как их характеристики удовлетворяют поставленным требованиям.

3. Основные характеристики блока накопления

Мертвое время блока накопления τ определяется как и в обычных системах с применением потенциалоскопов^{/1/}. Оно будет складываться из времени вы-

бора канала и времени регистрации импульса в канале. Время выбора канала определяется интервалом t_1 между импульсами, поступающими на генератор горизонтального отклонения, и номером выбираемого канала K_n . Интервал t_1 может иметь порядок десятых долей микросекунды. Время регистрации импульса в канале определяется временем t_2 , потребным для считывания и записи данных на каждом рабочем элементе и переходе на следующий элемент, а также номером элемента, на котором будет записана единица. Время t_2 составляет 2–10 мксек в зависимости от типа потенциалоскопа. Среднее время регистрации импульса в канале не превышает величины $2t_2^{1/2}$. К полученной величине следует прибавить еще $t_2/2$ – среднее время между приходом регистрируемого импульса и началом выбора канала. Таким образом, для равномерного спектра среднее мертвое время будет равно:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{t_1 K}{2} + \frac{5}{2} t_2,$$

где K – число каналов системы.

Как известно, распределение потенциала на мишени потенциалоскопа при отсутствии бомбардировки какого-либо элемента может сохраняться очень долгое время. Однако потенциал рабочего элемента, не подвергающегося бомбардировке, но находящегося вблизи бомбардируемых элементов, будет постепенно изменяться. Этим явлением и определяется необходимый период восстановления данных на каждом рабочем элементе. Обычно потенциалоскопы характеризуются величиной S , показывающей сколько раз можно бомбардировать все рабочие элементы, окружающие данный элемент, чтобы изменение потенциала на нем еще не привело к искажению хранящегося числа. Величина S имеет порядок тысяч.

Блоки накопления спектрометров удобнее было бы характеризовать числом импульсов, которое можно зарегистрировать без проведения восстановления данных. Очевидно, что это число зависит от формы спектра, но всегда будет больше, чем S . Если все же для получения грубой оценки исходить из значения S , то максимальный интервал времени между двумя соседними процессами восстановления данных на каждом рабочем элементе, т.е. максимальный период повторения процесса восстановления будет определяться как

$$T'_{\text{повт. макс.}} = \frac{S}{n} \text{ сек},$$

где n – число импульсов, регистрируемое спектрометром в секунду. Для пульсирующего источника излучения

$$T'_{\text{повт. макс.}} = \frac{S}{N_u f},$$

где N_u - число импульсов, регистрируемое спектрометром за один период излучения; f - число периодов излучения в секунду.

Для надежной работы спектрометров величина $T'_{\text{повт.}}$ может иметь порядок секунд или минут. Если же исходить из необходимости непрерывного наблюдения за ходом набора спектра по экрану электронно-лучевой трубки (такое требование часто предъявляют экспериментаторы), то каждый рабочий элемент должен опрашиваться не реже 5 раз в секунду, т.е.

$$T''_{\text{повт. макс.}} = 0,2 \text{ сек.}$$

Время, потребное для восстановления данных на всех рабочих элементах, будет определяться выражением

$$T_{\text{восст.}} = t_2 \cdot r = t_2 \cdot K \cdot m,$$

где t_2 - время, потребное для восстановления данных на одном рабочем элементе; r - общее число рабочих элементов; K - число каналов; m - число разрядов в каждом канале. В большинстве случаев для каждого канала достаточно 16 разрядов, что соответствует счетной емкости $2^{16} - 1 = 65.535$ импульсов.

В обычно применяемых системах с запоминающими устройствами на потенциалокопах, в которых отсутствует согласование между поступлением регистрируемых импульсов и проведением режима восстановления данных, коэффициент использования времени для регистрации импульсов составляет (без учета мертвого времени спектрометра)

$$\eta = \frac{T_{\text{повт.}} - T_{\text{восст.}}}{T_{\text{повт.}}}$$

В разработанной системе при работе с пульсирующим источником излучения, как уже говорилось, коэффициент использования времени для регистрации импульсов равен единице. В системе с нарушением порядка обхода рабочих элементов для восстановления данных максимально допустимое время восстановления ограничивается временем паузы, т.е. $T_{\text{восст. макс.}} = T_{\text{паузы}}$; так как для надежной работы при любой форме спектра и интенсивности регистрируемого излучения, требуется, чтобы в течение каждой паузы происходило восстановление данных на всех

рабочих элементах. Это требование налагает ограничение на число каналов. Максимальное число каналов будет равно

$$K_{\text{макс.}} = \frac{T_{\text{паузы}}}{t_2 m}.$$

Режим работы синхроциклотрона ОИЯИ таков, что длительность излучения $T_{\text{изл.}}$ не превышает 500 мксек, а частота повторения f не более 100 гц. Следовательно, каждая пауза имеет длительность $T_{\text{паузы}}$ около 10 мсек. При использовании потенциалоскопа ЛН-4, для которого $t_2 = 10$ мксек, получим $K_{\text{макс.}} = 64$; при использовании потенциалоскопов ЛН-8 и ЛН-11 максимальное число каналов может быть увеличено. При 64 каналах среднее мертвое время $\tau_{\text{ср}} \approx 50$ мксек, что позволяет регистрировать в течение каждого периода излучения до $N_u = 10$ импульсов. Период повторения процесса восстановления определяется режимом синхроциклотрона. Он равен $T_{\text{повт.}} = T_{\text{паузы}} + T_{\text{изл.}} = 1/f = 0,01$ сек, что значительно меньше максимально допустимого времени.

Если исследуемые спектры имеют характер, близкий к равномерному, или если спектрометр предназначен для регистрации редких событий, которые возникают не в каждый период излучения, то максимально допустимое время восстановления данных $T_{\text{восст.макс.}}$, а следовательно, и число каналов может быть увеличено. В последнем случае режим работы системы будет приближаться к режиму работы от непрерывного источника излучения, о котором говорится ниже.

Для системы, в которой регистрация поступающих импульсов не нарушает порядка обхода рабочих элементов для восстановления данных, максимально допустимое время восстановления будет значительно большим при любом числе импульсов, регистрируемых в течение каждого периода излучения. Будет справедливо следующее выражение:

$$T_{\text{повт.макс.}} = T_{\text{восст.макс.}} \cdot \frac{T_{\text{паузы}} + T_{\text{изл.}}}{T_{\text{паузы}}} \text{ сек.}$$

Предполагается, что время излучения целиком занято для регистрации поступающих импульсов, а время паузы — для восстановления данных. Для синхроциклотрона ОИЯИ $\frac{T_{\text{паузы}} + T_{\text{изл.}}}{T_{\text{паузы}}} = 1,05$. Если, исходя из приведенных выше соображений, принять $T_{\text{повт.макс.}} = 0,2$ сек, то $T_{\text{восст.макс.}}$ будет в 19 раз больше, чем для системы, в которой нарушается порядок восстановления данных. Во столько же раз может быть увеличено и число каналов.

Предлагаемые режимы работы запоминающего устройства могут быть применены и для исследования излучений от непрерывных источников. При этом также не будут иметь места потери в счете во время режима восстановления, но появится ограничение на максимальное число импульсов, которое можно регистрировать в единицу времени.

Рассмотрим систему, в которой при регистрации поступающих импульсов нарушается порядок обхода рабочих элементов для восстановления. Для ее надежной работы при любой форме спектра необходимо, чтобы восстановление данных на всех рабочих элементах происходило полностью за время одного из интервалов между двумя поступающими импульсами. Следовательно, величина такого интервала должна быть не менее $T_{\text{восст.}} + \tau$. Если импульсы, поступающие на вход спектрометра, распределены во времени по закону Пуассона и из-за мертвого времени спектрометра это распределение существенно не нарушается, то вероятность такого интервала равна

$$W = e^{-n(T_{\text{восст.}} + \tau)}$$

где n — среднее число импульсов, регистрируемых спектрометром в единицу времени. Средний период повторения процесса восстановления на всех рабочих элементах будет равен

$$T_{\text{повт.}} = \frac{1}{nW} = \frac{1}{n} e^{+n(T_{\text{восст.}} + \tau)}$$

Отсюда можно определить максимально допустимое число $n_{\text{макс.}}$. Выражение справедливо для того случая, когда большинство импульсов поступает в один и тот же канал. Если же спектр имеет равномерный характер, то число $n_{\text{макс.}}$ может быть увеличено. Если, как и прежде, принять, что $T_{\text{восст.}} + \tau \approx 0,01$ сек, а $T_{\text{повт., макс.}} = 0,2$ сек, то из вышеприведенного выражения следует, что $n_{\text{макс.}} = 450$ имп/сек.

Для того, чтобы иметь возможность работы при более высоких интенсивностях непрерывного излучения, необходимо, как и в обычно применяемых системах, иметь блокирующее устройство. Разработанное блокирующее устройство хорошо согласуется с описанным режимом работы: его основной частью является интегрирующая ячейка РС. При регистрации каждого импульса на эту ячейку подается

определенное напряжение. Как известно, при $1/n \ll RC$ установившееся напряжение на ячейке будет пропорционально среднему числу импульсов, регистрируемых в единицу времени.

При $n > n_{\text{макс.}}$ включается устройство, блокирующее вход системы на время, равное $T_{\text{восст.}}$ с частотой повторения $T_{\text{повт.}}$. При $n < n_{\text{макс.}}$ блокирующее устройство вообще не включается, и потери счета из-за необходимости восстановления данных по-прежнему не имеют места. В любом случае имеется возможность непрерывного наблюдения за ходом регистрации спектра.

Система, в которой при регистрации поступающих импульсов не нарушается порядок обхода рабочих элементов для восстановления, позволяет регистрировать значительно большее число импульсов в единицу времени, независимо от характера их распределения во времени и формы спектра. В этом случае из каждой единицы времени для восстановления данных используется время, равное $1 - n\tau$. Следовательно, будет иметь место соотношение:

$$T_{\text{повт.}} = T_{\text{восст.}} \frac{1}{1 - n\tau}.$$

Для такого спектрометра при прежних значениях параметров, входящих в формулу, $n_{\text{макс.}} = 19.000$ импульсов в секунду без блокировки на время восстановления.

Описанный выше режим работы блока накопления на электронно-лучевых приборах, при котором восстановление данных производится в течение времени, свободного от регистрации новых импульсов, может быть применен не только для потенциалоскопов, но и для обычных осциллографических трубок. В печати имеются сообщения о применении в блоках накопления только циклических запоминающих устройств на осциллографических трубках^{/5/}. Нами в начальный период работы был создан блок накопления с нециклическим запоминающим устройством на осциллографической трубке, работающей в описанном выше режиме. Для записи была использована система кольцо (нуль)-точка (единица). На стандартных осциллографических трубках типа 13Л037 или 18Л040Б удавалось получить только 512 рабочих участков, что соответствует 32 каналам со счетной емкостью каждого $2^{16}-1$. Распределение потенциала на экране трубки при работе сохраняется значительно меньшее время, чем на мишени потенциалоскопа; в связи с этим восстановление данных на каждом рабочем участке надо производить не реже нескольких

десятков раз в секунду, т.е. $T_{\text{повт. макс.}} = 0,02$ сек. Остальные характеристики блока накопления с запоминающим устройством на осциллографической трубке не отличаются от характеристик блока накопления с запоминающим устройством на потенциалоскопе. Для обоих блоков накопления пригодны одни и те же электронные схемы с небольшими изменениями (см. рис. 1). Другим должен быть только генератор импульсов записи, который во время считывания и при записи нуля должен генерировать высокочастотное синусоидальное напряжение, подаваемое на горизонтальные и вертикальные пластины со сдвигом фазы на 90° (для получения кольца на экране трубки).

Надежность в работе блока накопления на осциллографической трубке ниже надежности блока регистрации на потенциалоскопе. В настоящее время в связи с серийным выпуском потенциалоскопов использование запоминающего устройства на осциллографической трубке нецелесообразно.

Нами разработано несколько блоков накопления, в которых при регистрации поступающих импульсов нарушается порядок обхода рабочих элементов для восстановления, в том числе 64-канальный блок накопления с запоминающим устройством на потенциалоскопе ЛН-4 и 256-канальный блок накопления с запоминающим устройством на потенциалоскопе ЛН-8. На выбор одного канала в различных системах затрачивается от 0,2 до 10 мксек. Вывод данных с блока накопления осуществляется на электронно-лучевую трубку, автоматический потенциометр^{/6/} и цифропечатающий аппарат. Такие системы применяются в амплитудных, временных и многомерных анализаторах, в магнитных парных спектрометрах и в качестве многоканальных счетных схем. Ниже рассматриваются блоки распределения этих систем.

4. Блок распределения амплитудного анализатора

Упрощенная скелетная схема блока распределения амплитудного анализатора изображена на рис. 3, а временная диаграмма импульсов в отдельных узлах этого блока - на рис. 4.

Регистрируемый импульс, поступающий со входного блока, проходит через линейную схему пропускания 1 и подается на запоминающую емкость и дискриминатор нижнего уровня. Если амплитуда импульса больше порога дискриминатора,

то срабатывает одновибратор 1. Импульс от одновибратора подается на схему пропускания 2. На нее также с блока накопления подаются синхронизирующие импульсы $\bar{1}$, соответствующие заднему фронту импульса подсветки. Первый синхронизирующий импульс, пришедший после срабатывания одновибратора, проходит на выход схемы пропускания 2 и запускает одновибратор 2. Импульс от этого одновибратора является импульсом выбора канала. При срабатывании одновибратора 1 закрывается схема разряда, и запоминающая емкость заряжается до амплитудного значения регистрируемого импульса. В дальнейшем схема разряда поддерживается в закрытом состоянии импульсом одновибратора 2. Отсюда следует, что длительность импульса одновибратора 1 должна несколько превышать величину периода синхронизирующих импульсов $\bar{1}$. После окончания импульса от одновибратора 1 включается блокировка, т.е. закрывается схема пропускания 1. Импульс от одновибратора 2 открывает схему пропускания 3, через которую начинают проходить синхронизирующие импульсы II, поступающие с блока накопления. Каждый импульс вызывает изменение напряжения на выходе генератора ступенчатого напряжения на одну и ту же величину. Напряжение с генератора ступенчатого напряжения подается на вход схемы сравнения. На другой вход этой схемы подается напряжение с запоминающей емкости. При равенстве обоих напряжений схема сравнения переходит в другое состояние, что вызывает срабатывание одновибратора 3. Импульс от этого одновибратора возвращает одновибратор 2 в первоначальное состояние; при этом разряжается запоминающая емкость, закрывается схема пропускания 3 и возвращается в исходное положение генератор ступенчатого напряжения. Номер выбранного канала определяется числом синхронизирующих импульсов II, полученных во время наличия импульса выбора канала.

5. Применение блока накопления во временном анализаторе

Блок накопления использовался также совместно с блоком распределения временного анализатора, разработанного В.Г.Зиновым и И.Ф.Колпаковым. Этот блок распределения основан на принципе нониуса. В качестве генераторов используются ждущие блокинг-генераторы, период работы которых определяется кабелем, имеющим длину около 230 метров. Максимальное анализируемое время составляет 2,4 мксек; ширина канала до 10 нсек.

На рис. 5 изображена скелетная схема блока согласования распределительного устройства временного анализатора с блоком накопления, а на рис. 6 - временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока согласования.

Пусковой импульс запускает одновибратор 1А. Импульс от этого одновибратора открывает схему пропускания А, на которую подаются синхронизирующие импульсы $\bar{1}$, соответствующие заднему фронту импульса подсветки в блоке накопления. Первый импульс, прошедший через схему пропускания А, вызывает срабатывание одновибратора 2; импульс от этого одновибратора является импульсом выбора канала.

Регистрируемый импульс запускает одновибратор 1Б; импульс от этого одновибратора открывает схему пропускания Б. В результате первый синхронизирующий импульс $\bar{1}$, пришедший после срабатывания одновибратора 1Б запускает одновибратор 3. Импульс этого одновибратора возвращает одновибратор 2 в первоначальное состояние. Во время наличия импульса выбора канала с блока распределения временного анализатора на блок накопления поступает серия импульсов, определяющая номер выбираемого канала. Период импульсов серии составляет 0,2 мксек.

6. Блок распределения многомерного (амплитудно-временного) анализатора

В амплитудно-временном анализаторе номер канала для регистрируемого импульса выбирается в соответствии с двумя его параметрами, а именно, в соответствии с амплитудой и временем возникновения по отношению к пусковому импульсу. Разработанный анализатор имеет 256 каналов. Число временных каналов может быть установлено равным 4,8 или 16. Амплитудный спектр в каждом из этих временных диапазонов будет измеряться соответственно 64, 32 или 16 каналами. Выбор временного канала производится при помощи время-амплитудного преобразования; это позволяет применить в блоке распределения ряд общих узлов для выбора как временного, так и амплитудного каналов. Минимальная ширина временного канала имеет порядок 1 мксек. Схема допускает присоединение блока распределения отдельного временного анализатора с меньшей шириной канала.

Упрощенная скелетная схема блока распределения амплитудно-временного анализатора изображена на рис. 7, а временная диаграмма импульсов в отдельных узлах схемы - на рис. 8. В верхней части скелетной схемы расположены узлы, предназначенные для выбора временного канала, а в нижней части - амплитудного. Со входного блока на блок распределения поступают два импульса - пусковой импульс (импульс А) и исследуемый импульс (импульс Б). Импульс А поступает ранее импульса Б. Эти импульсы подаются соответственно на схемы пропускания 1А и 1Б. Схема пропускания 1Б должна быть линейной. Пройдя через схемы пропускания, импульсы запускают одновибраторы 1А и 1Б. Импульсы этих одновибраторов подаются на схему пропускания 2. При одновременном наличии обоих импульсов от одновибраторов через схему пропускания проходят синхронизирующие импульсы $\bar{1}$, которые соответствуют заднему фронту импульсов подсветки в блоке накопления. Первый из импульсов, прошедших через схему пропускания, запускает одновибраторы 2, 2А, и 2Б. Импульс от одновибратора 2 является импульсом выбора канала. Длительность импульсов одновибраторов 1А и 1Б должна быть равна максимальному измеряемому интервалу времени. Если выбирается не последний канал, то эти одновибраторы принудительно возвращаются в первоначальное состояние после окончания выбора канала. При наличии импульса от одновибратора 1А запираются схемы разряда запоминающих емкостей А и Б. В момент срабатывания одновибратора 1А начинается время-амплитудное преобразование, заканчивается оно в момент срабатывания одновибратора 1Б. Напряжение, получившееся в результате время-амплитудного преобразования, будет пропорционально интервалу времени между импульсами А и Б. Это напряжение с запоминающей емкости А подается на схему сравнения А. Импульс Б заряжает запоминающую емкость Б до своего амплитудного значения; напряжение с запоминающей емкости Б подается на схему сравнения Б. Если импульс Б отсутствует в исследуемом интервале времени, то после окончания импульса одновибратора 1А схема возвращается в первоначальное состояние и готова к приему следующих импульсов.

Импульс от одновибратора 2 открывает схему пропускания 3, и через нее начинают проходить синхронизирующие импульсы П, поступающие с блока накопления. Каждый из этих импульсов вызывает понижение напряжения на выходе генератора ступенчатого напряжения на одну и ту же величину. Напряжение с

СЕРТИФИКАТ
 КОПИЯ
 1987

генератора ступенчатого напряжения подается на обе схемы сравнения А и Б. В зависимости от параметров регистрируемого импульса равенство напряжений на обоих входах каждой из схем сравнения может достигаться в разное время. При достижении равенства напряжений на обоих входах схемы сравнения она переходит в другое состояние; при этом срабатывают соответственно одновибраторы 3А или 3Б. Импульсы от этих одновибраторов возвращают в первоначальное состояние соответственно одновибраторы 2А и 2Б. При наличии импульсов от одновибраторов 2А и 2Б будут открыты соответственно схемы пропускания 4А и 4Б, и через них проходят на блок накопления, синхронизирующие импульсы II. Число импульсов, прошедших через схему пропускания 3А, определяет номер временного канала, а число импульсов, прошедших через схему пропускания 3Б, — номер амплитудного канала. Импульсы со схемы пропускания 3Б подаются на вход (первый триггер) генератора горизонтального отклонения в блоке накопления, а импульсы со схемы пропускания 3А — на один из средних триггеров генератора горизонтального или вертикального отклонения (в зависимости от распределения числа каналов, отводимых для временного и амплитудного анализа).

После того, как сработает второй из одновибраторов 3А и 3Б, импульс с сумматора возвращает в первоначальное состояние одновибраторы 2, 1А и 1Б. Это вызывает, в свою очередь, разряд запоминающих емкостей А и Б, закрытие схемы пропускания 3 и возвращение генератора ступенчатого напряжения в первоначальное состояние. Блок распределения будет готов к приему новых регистрируемых импульсов после прекращения импульса блокировки, подаваемого с блока накопления. Этот импульс возвращает также в первоначальное состояние одновибраторы 3А и 3Б.

При присоединении отдельного блока распределения временного анализатора становятся ненужными узлы, очерченные на скелетной схеме пунктирной линией.

7. Блок распределения многоканальной счетной схемы для многодетекторных систем

В ряде экспериментов, проводимых на синхроциклотроне, применяются многоканальные системы, имеющие для каждого канала отдельный детектор излучения (например, при исследовании угловых распределений частиц, при изме-

рени энергетических спектров с помощью магнитного спектрометра и т.д.). В этих экспериментах счет числа импульсов от каждого детектора должен производиться отдельной пересчетной схемой. При числе каналов порядка нескольких десятков становится целесообразным применение блоков накопления на потенциало-скопах в качестве многоканальных счетных схем.

На рис. 9 изображена скелетная схема блока распределения, предназначенного для подачи на описанный выше блок накопления импульсов, зарегистрированных многодетекторной системой. На скелетной схеме показаны 4 канала системы. На рис. 10 приведена временная диаграмма импульсов в отдельных узлах этого устройства при регистрации импульса от третьего детектора. Импульсы от каждого детектора излучаются усиливаются и затем подаются на общий дискриминатор. В описываемом варианте схемы при одновременном срабатывании двух или большего числа детекторов дискриминатор препятствует прохождению импульсов в дальнейшие цепи, и такие случаи не регистрируются. При поступлении импульса от одного детектора на выходе дискриминатора появляется импульс, поступающий на схему пропускания 1. Эта схема пропускания осуществляет блокировку системы на время регистрации поступившего импульса. На нее же может подаваться импульс от системы селекции (на скелетной схеме не показано). Тогда импульс от детектора будет регистрироваться только при срабатывании определенной комбинации схем совпадений и антисовпадений в системе селекции. Импульс с выхода схемы пропускания 1 запускает одновибратор 1. Импульс этого одновибратора подается на схемы пропускания каналов и схему пропускания 2. Импульс с усилителя канала проходит через соответствующую схему пропускания и переводит соответствующий триггер в новое, выделенное по сравнению с остальными триггерами, состояние. В рассматриваемом случае (см. рис. 10) в выделенное состояние перейдет триггер в третьем канале. Очередной из синхронизирующих импульсов $\bar{1}$, подаваемых с блока накопления (они соответствуют заднему фронту импульса подсветки), проходит через схему пропускания 2 и вызывает срабатывание одновибратора 2. Импульс этого одновибратора открывает схему пропускания 3, через которую начинают проходить синхронизирующие импульсы Π . Эти импульсы подаются на систему триггеров каналов, которые образуют сдвигающий регистр. Синхронизирующие импульсы Π играют роль импульсов сдвига. Каждый такой импульс возвращает триггер, находящийся в выделен-

ном состоянии, в нормальное состояние и переводит в выделенное состояние триггер, имеющий номер на единицу меньше. В данном варианте схемы в выделенном состоянии не может находиться одновременно более одного триггера. При возвращении в нормальное состояние последнего триггера (соответствующего первому каналу), одновибратор 2 переходит в исходное состояние, и схема пропускания 3 закрывается. Число импульсов, прошедших через схему пропускания 3, будет определять номер канала. Эти импульсы являются импульсами серии, которые подаются на блок накопления по одному общему кабелю, независимо от числа детекторов излучения.

В описанной схеме мертвое время, вызываемое регистрацией поступившего импульса, будет таким же, как и в предыдущих схемах. Если же требуется регистрировать частицы, приходящие на несколько детекторов излучения одновременно или через очень малые промежутки времени, то можно при помощи системы триггеров каналов в период излучения синхроциклотрона предварительно запоминать поступающие импульсы, а в течение паузы - передавать данные на блок накопления. При этом как в скелетную схему блока распределения (рис. 9), так и в скелетную схему блока накопления (рис. 1) требуется внести некоторые изменения. По сложности устройства оба варианта равноценны. Во втором случае схемы пропускания каналов (рис. 9) становятся ненужными. Вместо дискриминатора должен быть поставлен дополнительный одновибратор, имеющий длительность импульса, равную длительности излучения синхроциклотрона. Одновибратор срабатывает при поступлении импульса от одного или нескольких детекторов. На схему пропускания 1 вместо импульса блокировки, которая становится ненужной, подается импульс, свидетельствующий об окончании излучения синхроциклотрона. При наличии импульса от дополнительного одновибратора этот импульс запускает одновибратор 1. Импульс от одновибратора 2 (импульс выбора канала) осуществляет в блоке накопления только сброс разверток (см. рис. 1). Импульсы серии с блока распределения на генератор горизонтального отклонения блока накопления не подаются. После сброса разверток в блоке накопления продолжается прежний режим работы, т.е. луч поочередно обходит вертикальные столбики, начиная с первого, и осуществляет восстановление данных. Роль синхронизирующих импульсов Π , являющихся импульсами сдвига для блока распределения, играют импульсы, подаваемые с генератора вертикального отклонения на генератор горизонтального

отклонения; они возникают после окончания обхода лучом очередного столбика (канала). В этой системе в выделенном состоянии одновременно могут находиться несколько триггеров. Импульсы, свидетельствующие о возвращении триггера первого канала (рис. 9) в нормальное состояние, подаются не на одновибратор 2, а на переключатель режима блока накопления, переводя его в положение "запись". В момент прихода импульса с блока распределения электронный луч находится на первом рабочем элементе соответствующего канала. Далее происходит обычный процесс прибавления единицы к числу импульсов, прежде зарегистрированных в этом канале, и снова начинается процесс восстановления. Одновибратор 2 возвращается в исходное состояние импульсом, возникающим после окончания обхода лучом последнего канала. После этого схема пропускания 3 закрывается; все триггеры регистра оказываются в нормальном состоянии.

Таким образом, все импульсы, полученные от детекторов за период излучения синхроциклотрона, будут переданы в соответствующие каналы блока накопления в течение первого цикла его работы после окончания периода излучения. Недостатком этой системы по сравнению с первой является невозможность регистрации более одного импульса в каждом канале за один период излучения, что может привести к искажению результатов эксперимента; преимуществом же является отсутствие мертвого времени для импульсов, поступающих в разные каналы. Сравнительной характеристикой этих систем может служить также максимальное число импульсов, которое они способны зарегистрировать за один период излучения. Для первой системы это число равно

$$n_{1 \text{ макс.}} = \frac{T_{\text{изл.}}}{\tau_{\text{ср}}},$$

где $T_{\text{изл}}$ - период излучения синхроциклотрона; $\tau_{\text{ср}}$ - среднее мертвое время; оно растет с увеличением числа каналов.

Числовые оценки такой системы применительно к синхроциклотрону ОИЯИ были приведены выше.

Для второй системы $n_{2 \text{ макс.}} = K$, где K - число каналов. Надо также учитывать и возможное искажение результатов эксперимента. Следовательно, вторую схему целесообразно применять только в специальных случаях или при очень большом числе каналов - порядка нескольких сотен.

8. Блок распределения магнитного парного γ -спектрометра

В парном γ -спектрометре энергия кванта определяется путем измерения суммарной энергии компонент образующейся электронно-позитронной пары; распределение энергии между компонентами пары несущественно. Координатные детекторы излучения парного γ -спектрометра делятся на два равных ряда, в одном из которых регистрируются электроны, а в другом - позитроны. Пусть в каждом из рядов находятся по $K/2$ детекторов (координатных каналов), которые регистрируют электроны и позитроны с относительной энергией от 1 до $K/2$. Тогда относительная энергия γ -кванта будет определяться суммой номеров детекторов, находящихся в обоих рядах, через которые прошли соответственно электрон и позитрон. Число результирующих каналов спектрометра, т.е. каналов регистрирующих энергию γ -квантов будет равно $K-1$. Они регистрируют γ -кванты с относительной энергией от 2 до K . При работе с таким спектрометром необходимо учитывать, что γ -кванты разных энергий регистрируются с различной суммарной эффективностью. Так, γ -кванты с относительной энергией 2 или K могут регистрироваться только одной комбинацией детекторов (1+1 в первом случае и $\frac{K}{2} + \frac{K}{2}$ - во втором), а γ -кванты с относительной энергией $\frac{K}{2} + 1$ могут регистрироваться $\frac{K}{2}$ комбинациями детекторов (максимальная суммарная эффективность).

Скелетная схема блока распределения парного γ -спектрометра, имеющего по 4 детектора в каждом ряду, изображена на рис. 11 (на самом деле спектрометр имеет по 12 детекторов в каждом ряду). Эта система является как бы сдвоенной многодетекторной системой, изображенной на рис. 9. В качестве детекторов излучения используются газоразрядные счетчики с большим газовым усилением, наполненные парами метилалая. Такие счетчики имеют эффективное мертвое время, не превышающее 10^{-7} сек; они удобны в работе, имеют стабильные характеристики и не требуют защиты от рассеянного магнитного поля. Спектрометр регистрирует те случаи, когда импульсы одновременно возникают только в одном из счетчиков, как электронного (А), так и позитронного (Б) рядов. Это осуществляется следующим образом. Импульсы от счетчиков каждого ряда усиливаются и формируются усилителями и затем подаются соответственно на дискриминаторы А и Б. На выходе дискриминатора появляется импульс только

в случае поступления импульса от одного счетчика соответствующего ряда. Эти импульсы запускают соответственно одновибраторы 1А и 1Б. Импульсы с одновибраторов подаются на схему совпадений, куда заводится также импульс с системы селекции. Эта же схема осуществляет блокировку спектрометра на время регистрации поступивших импульсов. Импульс одновибратора подается на схемы пропускания каналов и схему пропускания 1. При этом импульсы с усилителей каналов проходят через соответствующие схемы пропускания и переводят триггеры каналов в новое, выделенное по сравнению с остальными, состояние. Очевидно, что в выделенное состояние перейдет по одному триггеру в каждом ряду.

Через схему пропускания $\bar{1}$ пройдет очередной из синхронизирующих импульсов 1, поступающих с блока накопления. Этот импульс запустит одновибратор 2. Импульс одновибратора подается на блок накопления, а также открывает схему пропускания 2, через которую начинают проходить синхронизирующие импульсы Π , поступающие с блока накопления. Импульсы, прошедшие через схему пропускания 2 (импульсы серии), подаются на схемы пропускания 2А и 2Б. Схема пропускания 2А управляется триггером А. При поступлении на триггер импульса с одновибратора 3, он переходит в выделенное состояние и открывает схему пропускания. Синхронизирующие импульсы Π , прошедшие через схему пропускания 2А, подаются на систему триггеров каналов ряда А, которые образуют сдвигающий регистр. Синхронизирующие импульсы Π для регистра являются импульсами сдвига. Каждый импульс сдвига возвращает триггер, находящийся в выделенном состоянии, в нормальное состояние, а триггер, имеющий номер на единицу меньше, переводит в выделенное состояние. Импульс, возникающий при возвращении в нормальное состояние последнего триггера ряда - триггера 1А, возвращает в первоначальное состояние триггер А. При этом схема пропускания 2А закрывается. Импульс, возникающий при возвращении в первоначальное состояние триггера А, переводит в выделенное состояние триггер Б, который в свою очередь открывает схему пропускания 2Б. Синхронизирующие импульсы Π , прошедшие через схему пропускания 2Б, подаются на систему триггеров каналов ряда Б, которые также образуют сдвигающий регистр, работающий аналогично сдвигающему регистру ряда А. Импульс, возникающий при возвращении в нормальное состояние последнего триггера ряда - триггера 1Б, возвращает в первоначальное состояние триггер Б. При этом схема пропускания 2Б закрывается,

а также возвращается в исходное состояние одновибратор 2, после чего закрывается и схема пропускания 2. Номер канала определяется числом импульсов, прошедших через схему пропускания 2.

Л и т е р а т у р а

1. Г.П.Мельников, Л.И.Артеменков, Ю.М.Голубев. ПТЭ, № 6, 57, 1957.
2. В.Н.Ильинский, В.Б.Черняев. ПТЭ, № 6, 67, 1957.
3. А.А.Воронин и др. 1024 канальный электронно-лучевой анализатор амплитуд импульсов и интервалов времени ЭЛА-3. Передовой научно-технический и производственный опыт. Филиал ВИНТИ, 1959, тема 41, № П-59-61/2. Москва.
4. В.О.Вяземский и др. 128-канальный амплитудный анализатор АМА-4с. Передовой научно-технический и производственный опыт ЦИТЭИН, 1961, тема 21, выпуск 13, № Р-61-103/13. Москва.
5. А.П.Цитович. ПТЭ, № 4, 40, 1958.
6. Б.Ю.Семёнов, А.Н.Синаев, В.А.Яковлев. Препринт ОИЯИ, 747, Дубна 1961 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 декабря 1961 года.

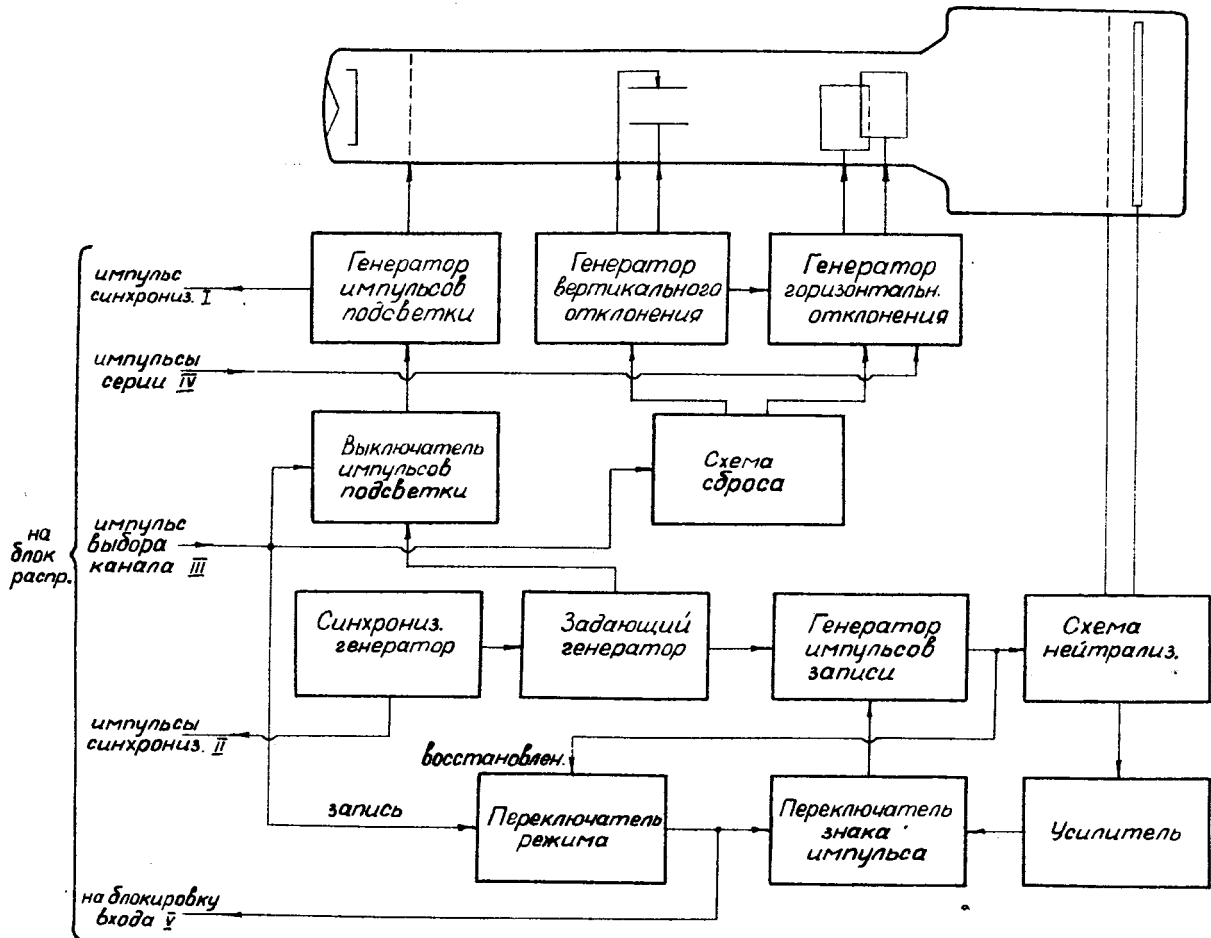


Рис. 1. Скелетная схема блока накопления.

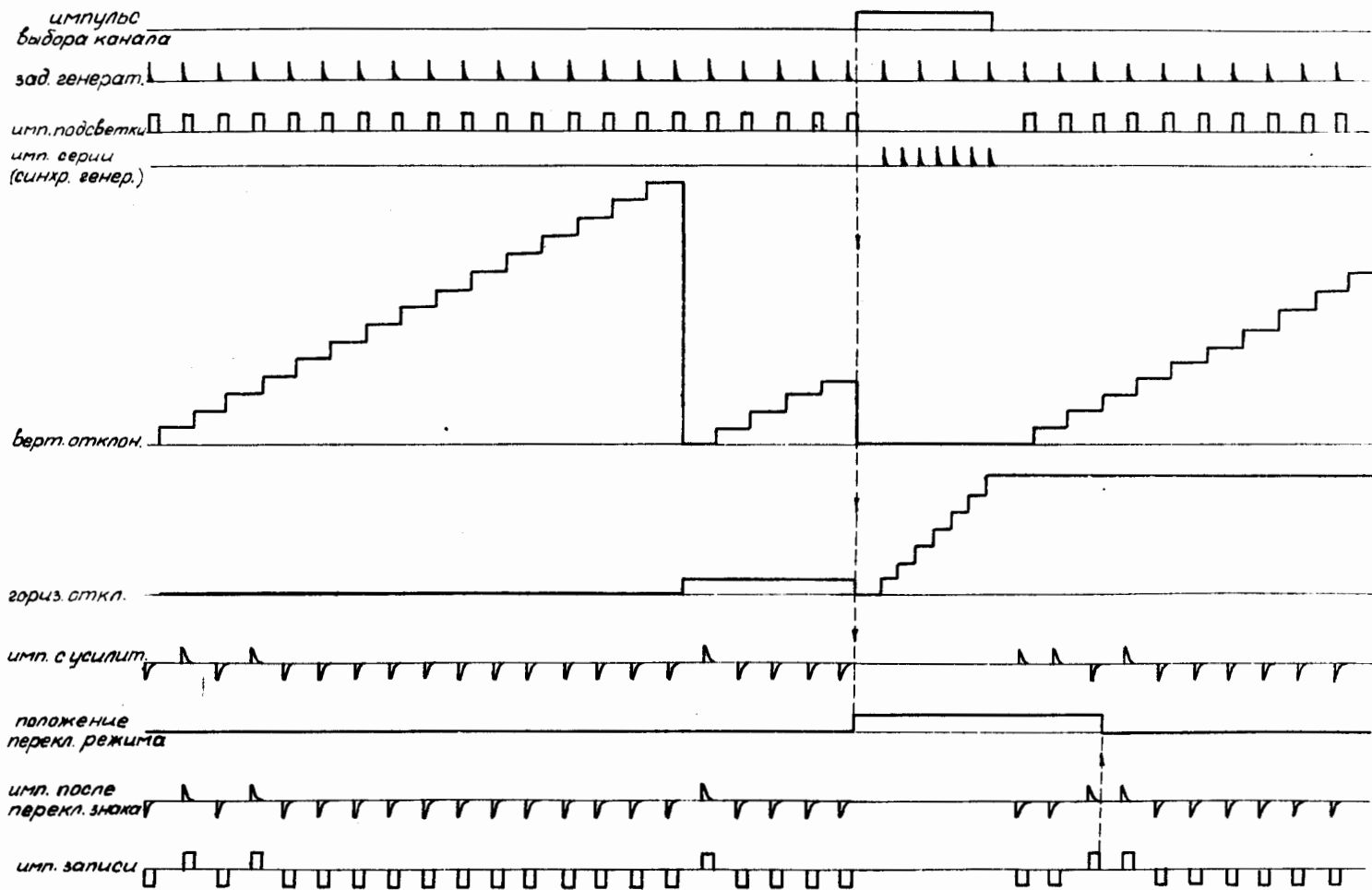


Рис. 2. Временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока накопления.

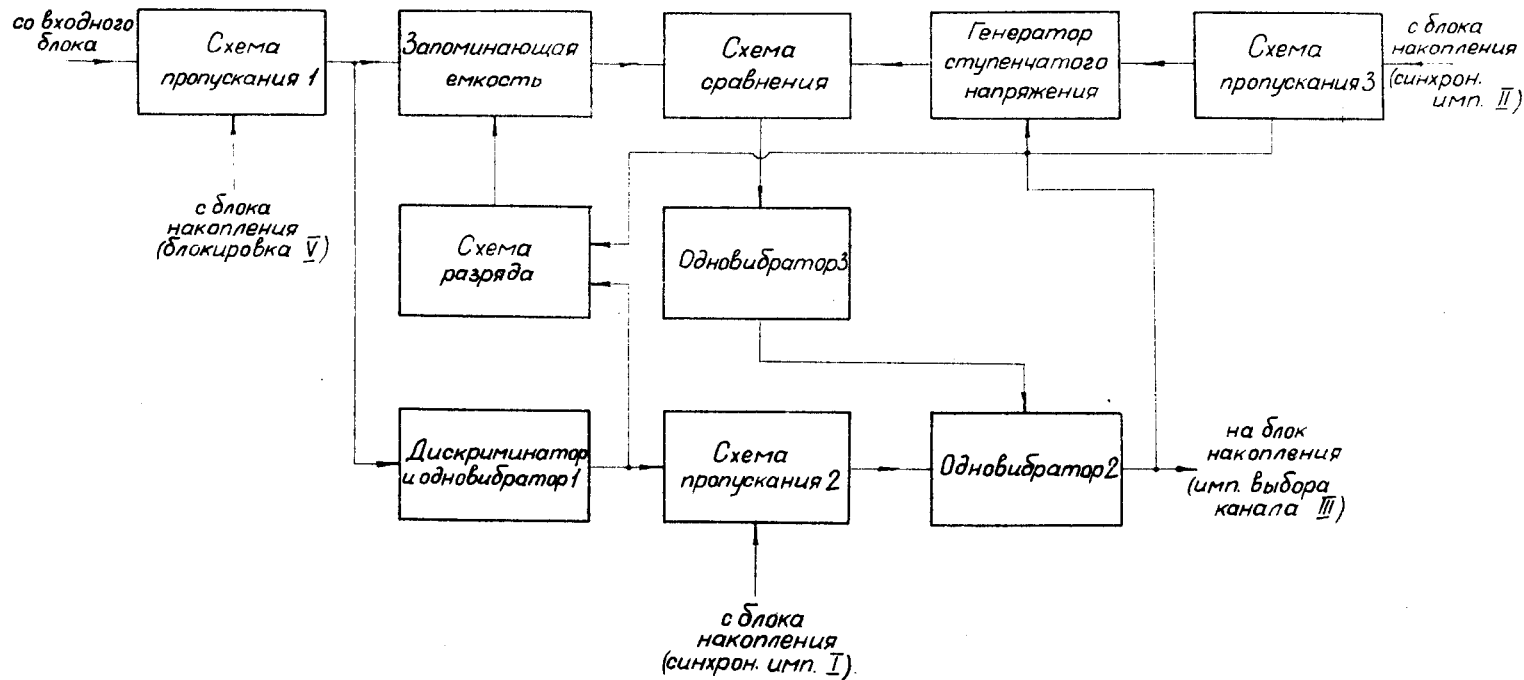


Рис. 3. Скелетная схема блока распределения амплитудного анализатора.

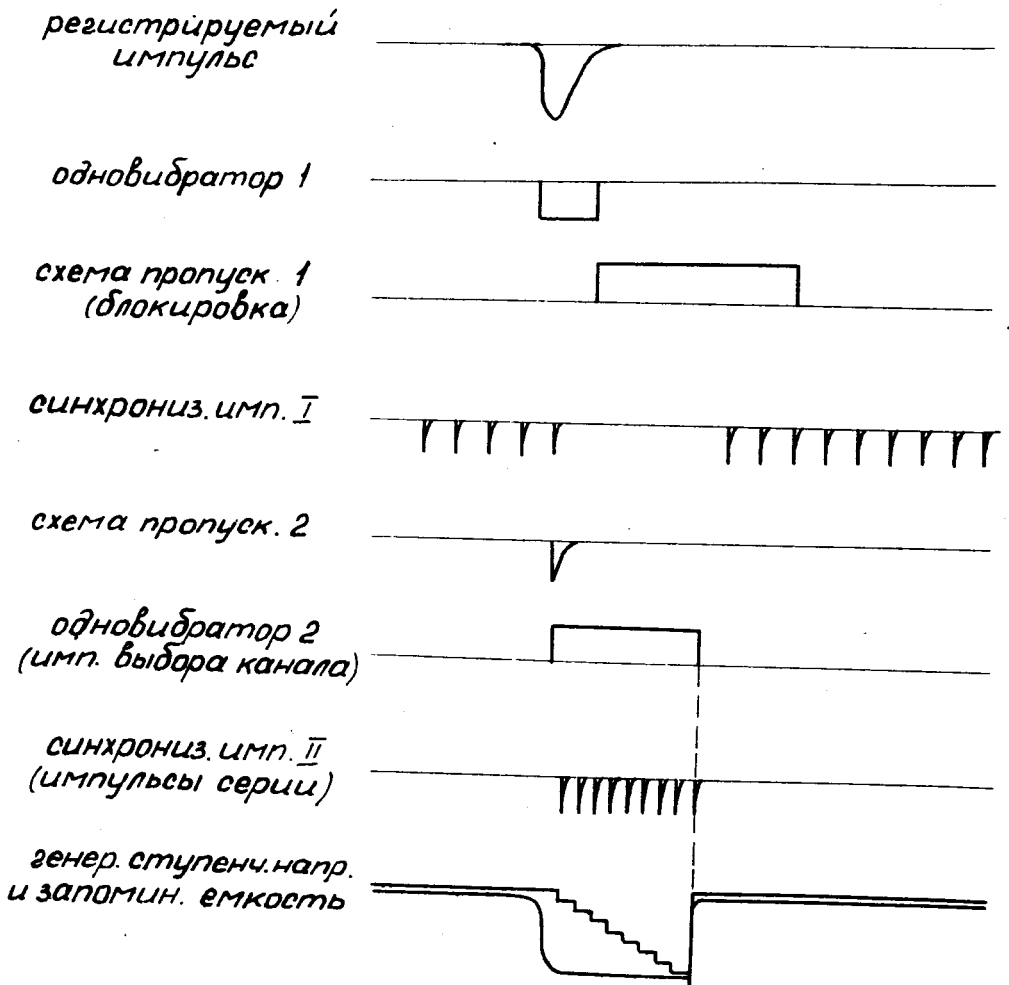


Рис. 4. Временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока распределения амплитудного анализатора.

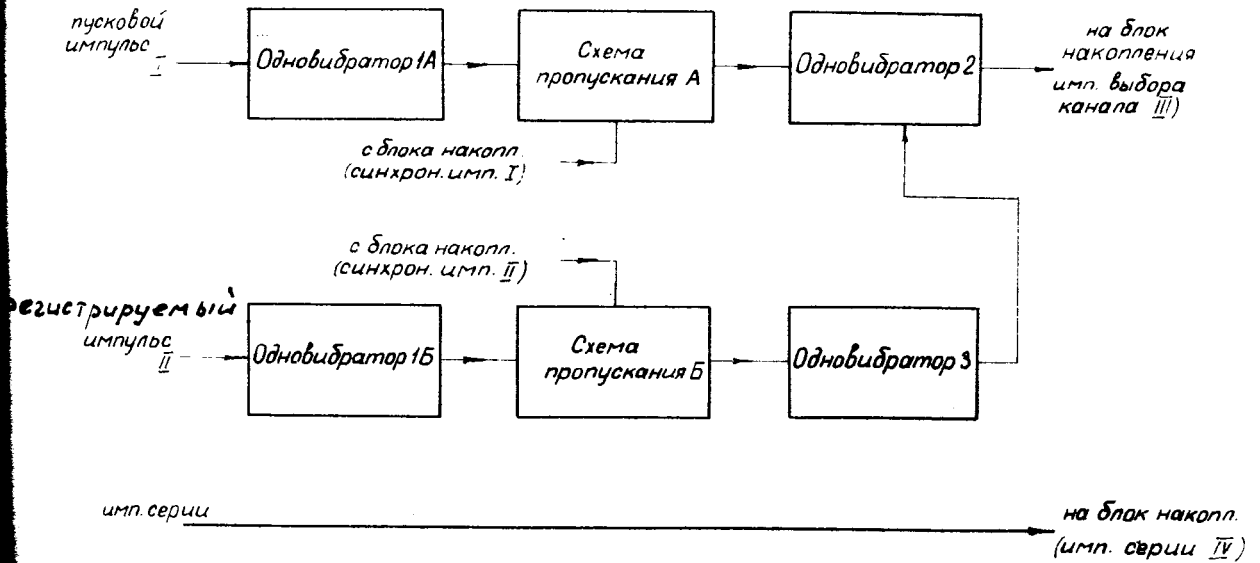


Рис. 5. Скелетная схема блока согласования с блоком распределения временного анализатора.

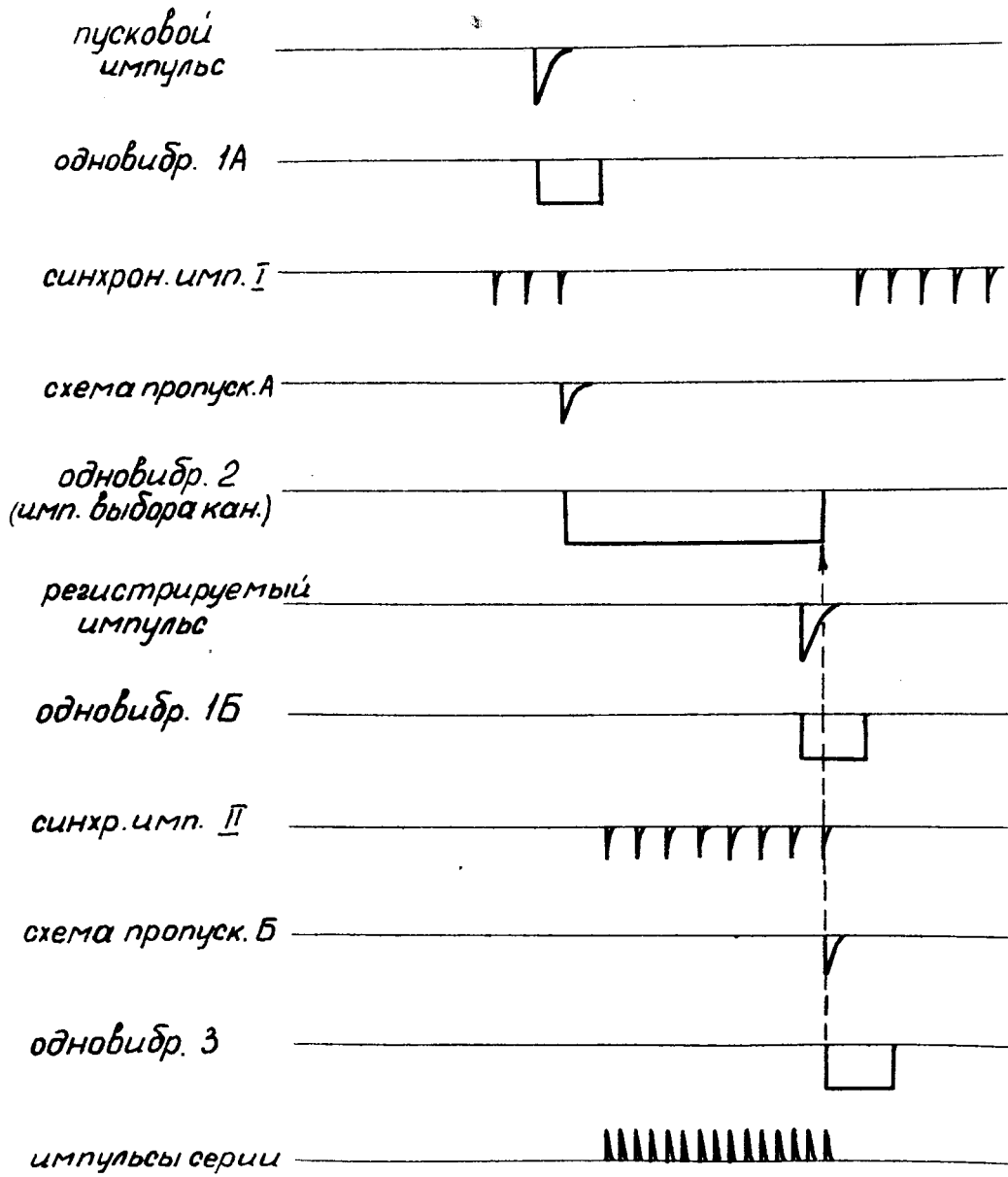


Рис. 6. Временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока согласования.

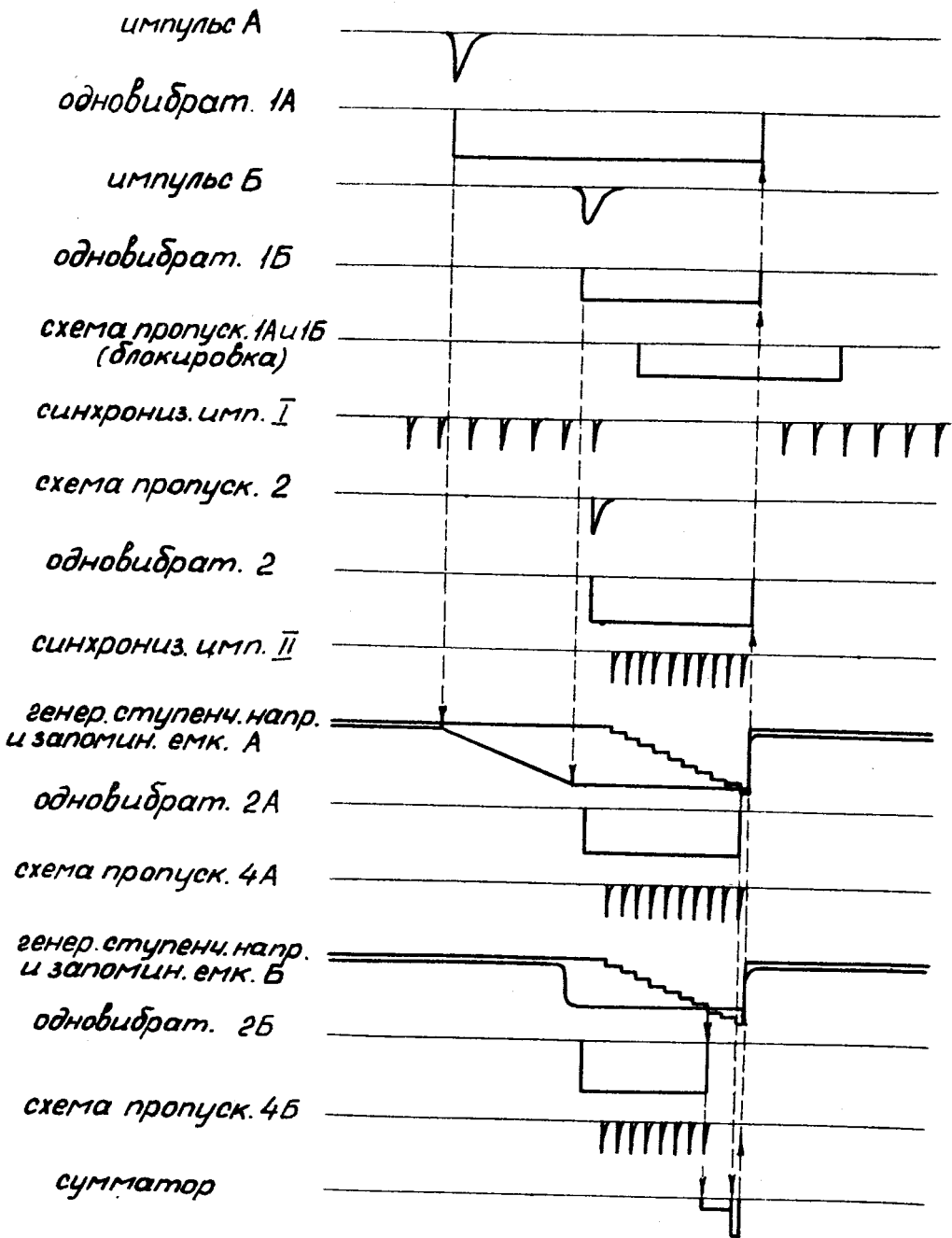


Рис. 8. Временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока распределения амплитудно-временного анализатора.

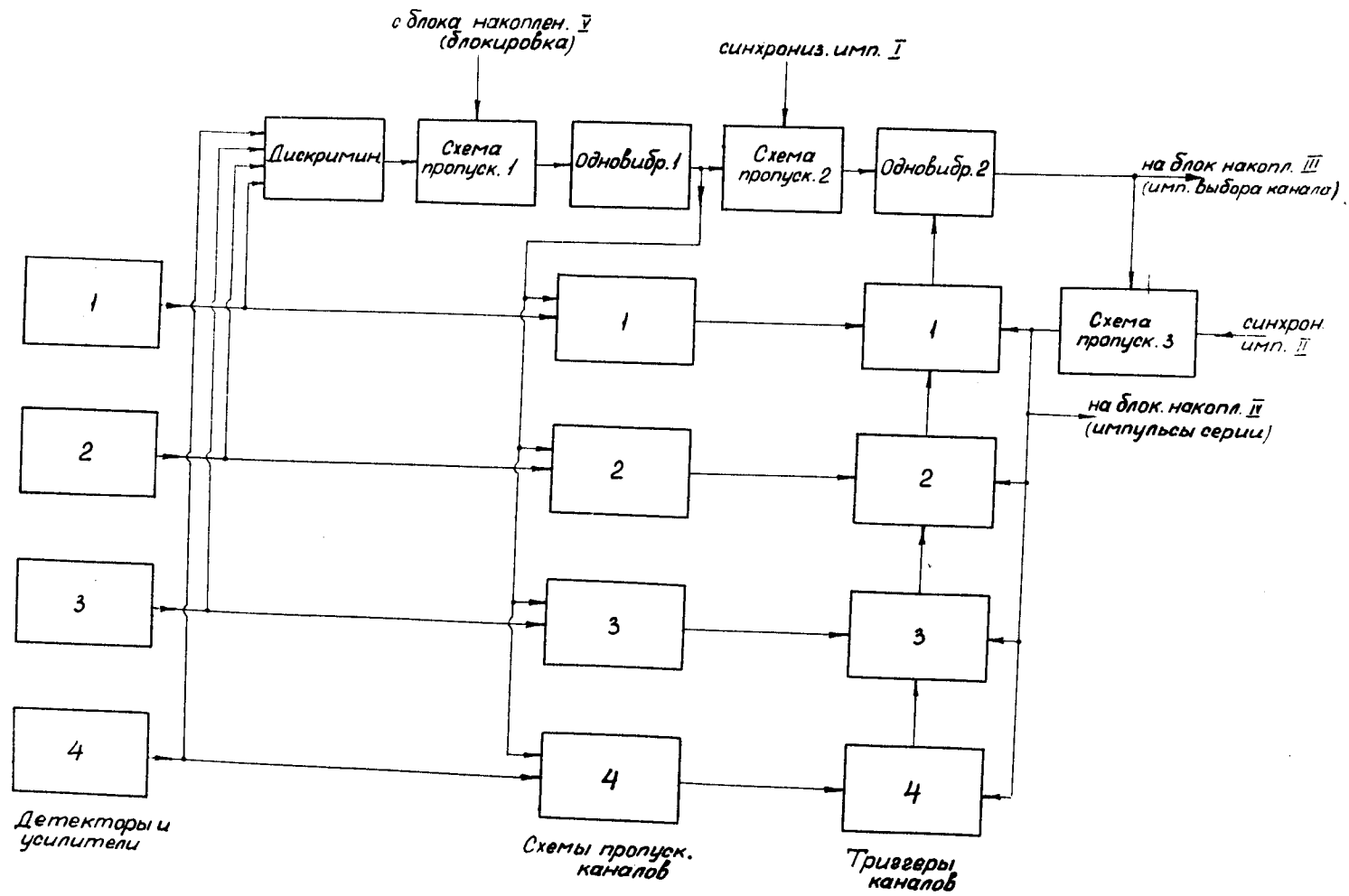


Рис. 9. Скелетная схема блока распределения многоканальной счетной системы.

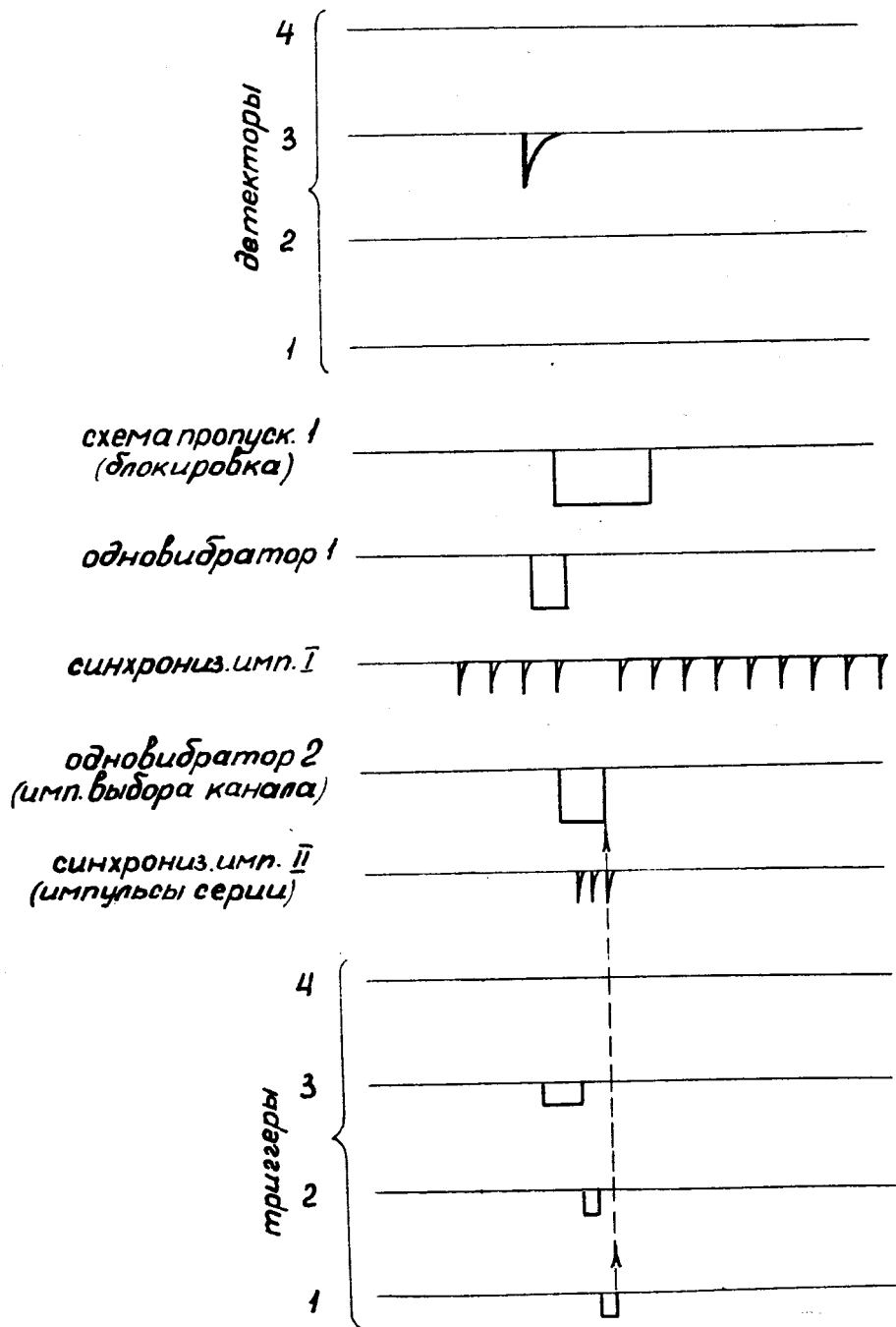


Рис. 10. Временная диаграмма импульсов в отдельных узлах блока распределения многоканальной счетной системы.

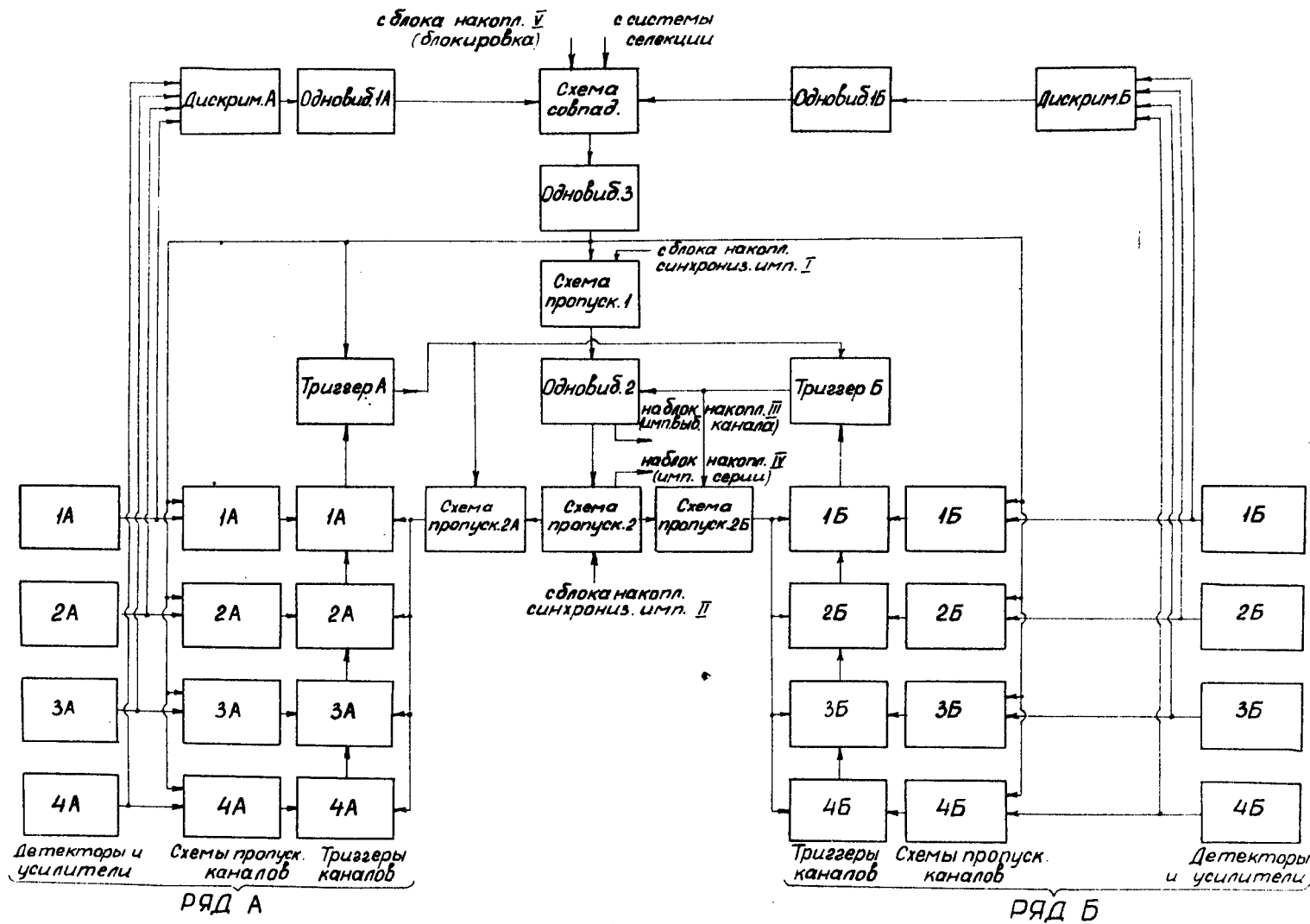


Рис. 11. Скелетная схема блока распределения магнитного парного γ -спектрометра.