

2344.3
К-14
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

27/II - 65

1943



В.А. Казаков, В.В. Моисеева,
А.Н. Синаев, Цао Го-чжэн

ДВУХМЕРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР
С ЗАПОМИНАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ
НА ПОТЕНЦИАЛОСКОПЕ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

В.А. Казаков, В.В. Морсева,
А.Н. Сянаев; Цао Го-чжэ

ДВУХМЕРНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР
С ЗАПОМИНАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ
НА ПОТЕНЦИАЛОСКОПЕ

2984/2 48-

ОБЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
БИБЛИОТЕКА

О г л а в л е н и е

1. Основные характеристики	3
2. Блок-схема анализатора	4
3. Блок распределения	7
4. Блок управления	11
5. Блок отклонения	14
6. Блок усиления импульсов считывания	16
7. Блок линейного масштаба	17
8. Блок трубок	18
9. Блок питания	20
Литература	20

1. Основные характеристики

В физических экспериментах часто требуется производить различные виды анализа импульсов по одному или двум параметрам. Под параметрами понимаются амплитуда импульса, время его возникновения или номер детектора. Многоканальные анализаторы, применяемые для анализа различных типов отличаются друг от друга в основном только блоками распределения. Поэтому, когда в работе приходится часто переходить от одного вида анализа к другому, то целесообразно использовать один анализатор со сменными блоками распределения. Нами же был сконструирован анализатор с универсальным блоком распределения, пригодным для анализа различных типов. Для перехода от одного типа анализа к другому требуется лишь произвести небольшое число переключений в блоке распределения.

Анализатор позволяет производить следующие виды анализа.

1. Одновременное снятие амплитудных спектров импульсов от двух детекторов, т.е.

$$N_1 = f(A_1); N_2 = f(A_2).$$

2. Снятие спектра, являющегося функцией амплитуд двух импульсов, одновременно возникающих в двух детекторах (амплитудно-амплитудный анализ), т.е. $N = f(A_1, A_2)$.

3. Снятие спектра, характеризующего интервалы времени между двумя импульсами и амплитуды второго из них (временнo-амплитудный анализ), т.е. $N = f(t, A)$.

4. Снятие спектра, характеризующего интервалы времени между двумя импульсами и амплитуды первого из них (амплитудно-временной анализ), т.е. $N = f(A, t)$.

5. Снятие обычного амплитудного спектра, т.е. $N = f(A)$.

6. Снятие спектра интервалов времени между двумя импульсами (временной анализ), т.е. $N = f(t)$.

Во всех случаях временного анализа каждому пусковому импульсу может соответствовать только один регистрируемый.

Минимальная ширина временного канала - 0,2 мксек; минимальная ширина амплитудного канала - 0,5 в. Ширину каналов можно изменять в широких пределах. Для получения меньшей ширины временного канала к анализатору легко подключить дополнительные устройства, использующие нониусный метод или превращение временных интервалов в амплитуду импульса. Мертвое время анализатора - 1 мксек на канал. При двухмерном анализе выбор канала по каждому параметру начинается одновременно; следовательно, общее мертвое время в каждом случае определяется по тому параметру импульса, которому соответствует канал с большим номером. Выбор временного канала осуществляется при помощи время-амплитудного преобразования; это позволяет применять в блоке распределения ряд общих узлов для выбора как временного, так и амплитудного каналов. Анализатор может работать как в режиме сложения, так и в режиме вычитания поступающих импульсов. Интегральная нелинейность анализатора - 0,25%; дифференциальная нелинейность - 2,5%.

В блоке накопления анализатора используется запоминающее устройство на потенциоскопе, имеющее 256 каналов со счетной емкостью 65535 импульсов в каждом канале. Каналы анализатора можно разбить на следующие группы: 256x1; 128x2; 64x4; 32x8 и 16x16. Режим работы анализатора позволяет использовать интервалы времени между поступлением регистрируемых импульсов для восстановления данных, находящихся в запоминающем устройстве /1-3/. При таком режиме на экране вспомогательной трубки виден весь спектр в процессе его регистрации независимо от скорости поступления регистрируемых импульсов. Спектр можно наблюдать как в двоичном, так и в линейном масштабе.

Анализатор может работать как в режиме сложения, так и в режиме вычитания поступающих импульсов. Управление анализатором может осуществляться внешним импульсом, поступающим или на совпадение, или на антисовпадение с анализируемым импульсом.

В анализаторе имеется витексметр, показывающий среднюю частоту импульсов, поступающих на его вход. Предусмотрено подключение к анализатору счетчика "живого" времени.

Для проверки анализатора предусмотрен генератор проверочных импульсов, при помощи которого можно посылать импульсы в любой канал. Для проверки работы запоминающего устройства имеется возможность подачи одинакового числа импульсов во все каналы анализатора как в режиме сложения, так и в режиме вычитания.

Вывод данных из анализатора производится на автоматический потенциометр /4/ или цифropечатающий аппарат /5/.

В лаборатории смонтировано три таких анализатора. Они используются в течение нескольких лет в исследованиях спектров частиц, получаемых как на синхротроне, так и от непрерывных источников излучения.

Общий вид анализатора представлен на рис. 1.

2. Блок-схема анализатора

Описываемый анализатор содержит те же основные узлы, что и анализаторы с запоминающими устройствами на потенциоскопах, работающие в обычном режиме /6-8/.

Упрощенная блок-схема анализатора представлена на рис. 2. На ней изображены блоки распределения и накопления. Конструктивно блок накопления состоит из нескольких отдельных блоков: блок управления, блок отклонения, блок усиления импульсов с потенциоскопа, блок линейного масштаба и блок трубок.

Рабочие элементы на мишени потенциоскопа располагаются в виде квадрата, в вертикальном и горизонтальном рядах которого содержится по 64 элемента. Для каждого канала отводится вертикальный столбик из 16 элементов. Каналы расположены в 4 рядах, каждый из которых содержит по 64 канала. Нумерация каналов ведется с левого нижнего угла. На рис. 3 изображена временная диаграмма импульсов на выходе отдельных узлов схемы.

Анализатор имеет два основных режима работы: режим восстановления (перезаписи) и режим записи новых импульсов. При отсутствии на входе анализатора импульсов, подлежащих регистрации, всегда осуществляется режим восстановления. Этот режим отображен в левой

части рис. 3, причем за начальный момент принят момент нахождения луча в левом нижнем углу мишени, т.е. на первом рабочем элементе первого канала. Задающий генератор, расположенный в блоке управления, генерирует импульсы с частотой 100 кГц. Импульсы от задающего генератора подаются на генератор импульсов подсвета. Импульсы, соответствующие заднему фронту импульсов подсвета, поступают на генератор вертикального отклонения. С него на генератор горизонтального отклонения подаются импульсы, соответствующие каждому шестнадцатому импульсу подсвета. Эти генераторы образуют напряжения ступенчатой формы, которые подаются на соответствующие отклоняющие пластины потенциоскопа. Таким образом, электронный луч последовательно обходит все рабочие элементы каждого канала.

При включении подсвета луч падает на тот или иной рабочий элемент мишени в зависимости от состояния генераторов отклонения, и происходит процесс считывания. Знак импульса считывания, возникающего на сигнальной пластине, зависит от того, что ранее было записано на этом участке. Нулю соответствует отрицательный импульс, а единице - положительный. Возникающий импульс поступает в блок усиления импульсов считывания. Триггер режима находится в положении "восстановление"; при этом импульс, создаваемый генератором импульсов записи, имеет ту же полярность, что и импульс считывания. Импульс записи через схему нейтрализации, находящуюся в блоке усиления импульсов считывания, подается на сигнальную пластину потенциоскопа. Таким образом, на месте прочитанного нуля будет вновь записан ноль, а на месте прочитанной единицы - единица. После окончания процесса записи импульс подсвета прекращается, луч переводится на следующий рабочий элемент мишени и цикл повторяется. Режим восстановления прекращается после поступления на анализатор импульсов, подлежащих регистрации.

На рис. 2 и 3 изображен случай временно-амплитудного анализа, т.е. измеряется интервал времени между импульсами, поступающими на входы А и Б, и амплитуда импульса, приходящего на вход Б. Импульс А, приходящий первым, поступает на схему отбора анализируемых импульсов. Импульс, возникающий на выходе этой схемы при отсутствии импульса блокировки и наличии импульса внешнего управления (при работе с внешним управлением), открывает схему преобразования интервалов времени в амплитуду, после чего начинается линейное изменение напряжения на ее выходе. Прекращается оно при поступлении импульса Б; следовательно, величина изменения напряжения на выходе схемы будет характеризовать измеряемый интервал времени. Схема запоминания амплитуды импульса открывается после прихода импульса А на время, равное максимальному измеряемому интервалу. При приходе импульса Б напряжение на выходе этой схемы изменяется на величину, равную амплитуде поступившего импульса. Величины изменения напряжений на выходе обеих схем в дальнейшем сохраняются постоянными до окончания анализа.

На схему синхронизации непрерывно поступают синхронизирующие импульсы, совпадающие во времени с задним фронтом импульсов подсвета. Первый синхронизирующий импульс, поступивший после прихода импульса Б, вызывает появление на выходе схемы синхронизации двух импульсов - импульса сброса разверток и импульса выбора канала. Импульс сброса разверток длится несколько микросекунд и заканчивается одновременно с появлением одного из импульсов серии, следующих с частотой 1 МГц. Импульс сброса возвращает в исходное состояние генераторы вертикального и горизонтального отклонения, так что луч потен-

циалоскопа становится направленным в левый нижний угол мишени, а также поступает на оба входа преобразователя амплитуды в серию импульсов, подготавливая их к работе. Импульс выбора канала длится в течение всего времени выбора канала. Он прекращает работу задающего генератора, а следовательно, и генератора импульсов подсвета; передним фронтом этого импульса триггер режима переводится в положение "запись" и включается блокировка анализатора.

После окончания импульса сброса разверток начинают работать генераторы линейно изменяющегося напряжения, находящиеся в схемах преобразования амплитуды в серию импульсов. В основе этих схем лежит схема сравнения, на один вход которой подается напряжение соответственно со схемы преобразования интервалов времени в амплитуду или схемы запоминания амплитуды импульса, а на другой вход - напряжение с генераторов линейно меняющейся амплитуды. С этого же времени на выход схем преобразования амплитуды в серию импульсов начинают поступать импульсы серии. Каждая серия импульсов прекращается после того, как наступает равенство напряжений на обоих входах соответствующей схемы сравнения. Число импульсов в серии определяет номер канала по соответствующему параметру. Импульсы серий поступают в блок отклонения. Импульсы серии Б (амплитудная серия) подаются на первый каскад генератора горизонтального отклонения, причем каждый импульс вызывает изменение напряжения на его выходе на ту же величину, что и в режиме восстановления. Импульсы серии А (временная серия) подаются на один из каскадов генераторов вертикального или горизонтального отклонения в соответствии с распределением каналов между двумя параметрами. На рисунках 2 и 3 изображен случай, когда для амплитудного анализа отводится 64, а для временного - 4 канала. В этом случае импульсы серии А поступают на 8-ый каскад генератора вертикального отклонения, при этом каждый импульс вызывает изменение напряжения на его выходе в 16 раз больше, чем в режиме восстановления.

Импульс выбора канала оканчивается после прекращения обеих серий импульсов (или после поступления импульса прекращения выбора канала, свидетельствующего о том, что один из параметров поступившего импульса превосходит максимальный из регистрируемых анализатором). После окончания импульса выбора канала схемы преобразования интервала времени в амплитуду и запоминания амплитуды импульсов возвращаются в свое исходное состояние. Вновь начинает работать генератор импульсов подсвета, и происходит считывание с первого рабочего элемента выбранного канала. Поскольку триггер 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 прочитанной единицы будет записан ноль, а на месте нуля - единица. После этого луч переходит на второй рабочий элемент выбранного канала, так как импульсы от генератора подсвета после окончания импульса выбора канала начинают поступать на вход генератора вертикального отклонения. Режим записи нового импульса заканчивается после поступления первого положительного импульса от генератора импульсов записи (он соответствует считыванию первого нуля, на месте которого будет записана единица). В двоичной системе счисления это означает прибавление единицы к числу, ранее записанному в канале. Указанный импульс переводит триггер режима в положение "восстановление", анализатор разблокируется, и со следующего рабочего элемента того же канала начинается режим восстановления дан-

ных. С этого момента анализатор готов к приему новых импульсов.

При большой частоте следования регистрируемых импульсов восстановление данных на всех рабочих элементах не будет успевать происходить достаточно часто. В этих случаях осуществляется дополнительная блокировка входа анализатора на время, необходимое для восстановления данных на всех рабочих элементах с частотой порядка нескольких герц, что позволяет вести непрерывное наблюдение за ходом набора спектра при помощи электронно-лучевой трубки. Узлы, осуществляющие такую блокировку, расположены в схеме отбора анализируемых импульсов.

Для наблюдения спектра используется двухлучевая трубка. При включении первого луча спектр изображается в двоичной системе; каналы на экране трубки расположены так же, как и на мишени потенциалоскопа. При включении второго луча спектр изображается в линейной системе. Перевод из двоичной системы в линейную осуществляется блоком линейного масштаба.

3. Блок распределения

Функциональная схема блока распределения изображена на рис. 4. В верхней части схемы изображены элементы группы А, через которые проходит один из поступающих импульсов, а в нижней части - элементы группы Б, через которые проходит второй импульс. Элементы группы А могут производить как амплитудный, так и временной анализ, а элементы группы Б - только амплитудный. В таблице, приведенной на рисунке, указано, что подается на каждый из двух входов и что снимается с выходов, а также в каком положении должны находиться переключатели при каждом типе анализа. На схеме все переключатели находятся в положении, при котором производится временно-амплитудный анализ, т.е. в положении № 3. На рис. 5 изображена принципиальная схема блока распределения. Переключатели на ней находятся в том же положении, что и на функциональной схеме. Расположение элементов на этих схемах примерно совпадает.

Анализируемые импульсы, поступающие на блок распределения, должны иметь отрицательную полярность, амплитуду от 0,5 до 130 в и длительность от 0,5 мксек. Отбор импульсов для анализа из числа поступивших на входы осуществляется элементами, расположенными в середине левой части схемы. Входные импульсы формируются соответственно дискриминаторами А и Б. На принципиальной схеме им соответствуют одновибраторы на лампах L_{62} , L_{616} и L_{60} , L_{61a} с ограничителями во входных цепях. На выходах одновибраторов импульсы дифференцируются. Отрицательные импульсы с выходов дискриминаторов, соответствующие по времени передним фронтам входных импульсов, поступают на схему совпадений (L_{13}) и на схему сложения 1 (два полупроводниковых диода). На выходе схемы сложения импульс возникает при появлении импульса на любом из ее входов. При амплитудно-амплитудном анализе отрицательный импульс снимается с выхода схемы совпадений, а при остальных типах анализа - с выхода схемы сложения. Этот импульс запускает одновибратор 1 (L_{21} , L_{22}). Отрицательный импульс одновибратора дифференцируется при помощи импульсного трансформатора. Отрицательный импульс, соответствующий переднему фронту импульса одновибратора, подается на схему пропускания 1 (L_{17} , L_{18a}). При работе без внешнего управления (пра-

вый анод лампы L_{17} отключен) импульс через схему пропускания проходит при отсутствии запрещающего импульса от схемы сложения 2 (L_{186} и полупроводниковые диоды). Наличие запрещающего импульса означает блокировку входа анализатора. Блокировка включается на время регистрации поступивших импульсов; при этом на схему сложения 2 подается положительный импульс блокировки с блока управления (через клемму Д). На схему сложения 2 подается также положительный импульс от схемы сложения 4 (L_{206} , L_{28} , L_{28a}). Этот импульс позволяет заблокировать анализатор непосредственно после прихода анализируемых импульсов, в то время как импульс блокировки может задерживаться на время до 10 мксек. При большой частоте поступления анализируемых импульсов на схему сложения 2 кроме того подается импульс со схемы, состоящей из интегрирующего устройства и мультивибратора (L_{23} , L_{24} , L_{25}). Напряжение на интегрирующей цепочке, состоящей из сопротивления 40 Мом и емкости 10.000 пф, будет тем ниже, чем чаще на нее через диод L_{23} поступают отрицательные импульсы от одновибратора 1 (L_{21} , L_{22}). Напряжение с интегрирующей цепочки подается на заперты мультивибратора (L_{25}). Когда напряжение на интегрирующей цепочке опустится до определенной величины, то мультивибратор переходит в режим самовозбуждения, и на его выходе будут появляться импульсы, длительность которых должна быть достаточной для восстановления данных на всех рабочих элементах (т.е. около 40 мсек). Положением движка потенциометра Π_1 определяется, при какой частоте поступающих импульсов мультивибратор переходит в режим самовозбуждения, а потенциометром Π_2 устанавливается частота повторения импульсов мультивибратора. Импульсы с мультивибратора при помощи фазоинвертора (L_{245}) превращаются в положительные и поступают на схему сложения 2 (L_{18}).

При работе с внешним управлением включается правая половина лампы L_{17} в схеме пропускания 1. Внешнее управление может быть включено на совпадения или антисовпадения в зависимости от положения переключателя. Импульс совпадений должен быть отрицательным, а антисовпадений — положительным с амплитудой порядка 10 в. Возможен также такой режим работы, когда анализатор запускается только одним импульсом внешнего управления; для этого надо отключить анод левой половины лампы L_{17} .

Отрицательные импульсы одновибратора 1 (L_{21} , L_{22}) подаются также на интенсиметр, показывающий среднюю частоту поступления регистрируемых импульсов (L_{866} , L_{87}). Интенсиметр имеет 3 диапазона измерения: 1, 10 и 100 кгц. Запрещающий импульс со схемы сложения 2 (L_{186}) подается также на схему пропускания 5 (L_{85} , L_{86a}). При отсутствии запрещающего импульса на выход схемы пропускания проходят импульсы с частотой 1 Мгц от формирующего устройства 2 (L_{156}). Эти импульсы поступают на счетчик "живого" времени (через клемму Б), в качестве которого может быть использована пересчетная схема.

Импульс, прошедший через схему пропускания 1, запускает одновибратор 2 (L_{19} , L_{20a}). Положительный импульс одновибратора длительностью 3 мксек поступает на формирующее устройство А (L_1), а при тех видах анализа, когда производится измерение двух амплитуд, и при простом амплитудном анализе — также и на формирующее устройство Б (L_{43}). При поступлении импульса одновибратора лампы L_1 и L_{43} открываются, и напряжение на их анодах уменьшается с 225 до 10 в. При этом открываются схемы пропускания 1А и 1Б (L_{83} , L_{84} , L_2 и L_{59} , L_{42} , L_{44} , соответственно). Указанные схемы пропускания находятся в измерительных трактах и поэтому должны быть линейными. Линии задержки на 0,2 мксек

включены в эти тракты для компенсации задержки, неизбежно возникающей в описанных выше элементах, осуществляющих отбор импульсов для анализа. Пройдя через схемы пропускания 1А и 1Б, импульсы запускают одновибраторы А и Б (L_3 , L_4 и L_{45} , L_{46} , соответственно). При одновременном снятии амплитудных спектров от двух детекторов отрицательные импульсы от одновибраторов А и Б подаются на блок отклонения через клеммы З и О, соответственно. При их помощи осуществляется выбор участка запоминающего устройства, на котором нужно зарегистрировать импульс в зависимости от того, на какой из входов он поступил.

Положительные импульсы от одновибраторов 2 (L_{19} , L_{20a}), А (L_3 , L_4) и Б (L_{45} , L_{46}) поступают на схему сложения 4 (L_{206} , L_{28} , L_{28a}). Кроме того, на эту схему сложения поступают импульсы от схемы пропускания 2 (два полупроводниковых диода, подключенных к сетке L_{28a}). Лампа L_{26a} будет поддерживаться в открытом состоянии при одновременном поступлении на нее положительных импульсов со схемы сложения 6 (L_{34}) и с блока отклонения, подаваемых через клемму У. Импульсы, подаваемые на схему сложения 4, обеспечивают положительный импульс на ее выходе в течение всего времени анализа поступивших импульсов в блоке распределения. Со схемы сложения 4 импульсы поступают на формирующее устройство 1 (L_{30} , L_{296}) и вызывают уменьшение напряжения на его выходе примерно с 240 до 15 в. Отрицательный импульс формирующего устройства открывает схему время-амплитудного преобразования (L_5) и зарядные устройства А и Б (L_6 , L_7 , L_8 и L_{47} , L_{48} , L_{49} , соответственно). Ранее напряжения на выходе этих схем (т.е. на емкостях C_B , C_A и C_B) поддерживались неизменными благодаря току, протекающему через лампу L_{296} , соответствующие диоды и дальнейшие цепи. Теперь же ток прекращается в связи с закрытием диодов. Величина начального напряжения регулируется потенциометром Π_3 .

При измерении интервалов времени положительный импульс одновибратора А поступает на схему время-амплитудного преобразования (L_5). Нормально лампа L_5 открыта по первой и закрыта по третьей сетке. При поступлении импульса от одновибратора А напряжение на третьей сетке становится равным 0, и начинается линейный разряд емкости C_B через пентод. Прекращается разряд емкости при поступлении на первую сетку пентода отрицательного импульса от одновибратора Б (L_{45} , L_{46}). Таким образом, изменение напряжения на выходе схемы время-амплитудного преобразования (на емкости C_B) будет пропорционально измеряемому интервалу времени. Скорость разряда емкости регулируется потенциометром Π_4 . Напряжение со схемы время-амплитудного преобразования подается на левый вход схемы сравнения А (L_9 , L_{10} , L_{11}). В тех типах анализа, где одним из измеряемых параметров является время, схема пропускания 1Б (L_{59} , L_{42} , L_{44}) открывается импульсом от одновибратора А (L_3 , L_4), следовательно, максимальный интервал времени, регистрируемый анализатором, определяется длительностью импульса одновибратора А. Если в течение этого времени импульс Б не поступит, то вся схема возвращается в исходное состояние.

При амплитудном анализе измеряемые импульсы со схем пропускания 1А (L_{83} , L_{84} , L_2) и 1Б (L_{59} , L_{42} , L_{44}) подаются на зарядные устройства А и Б (L_6 , L_7 , L_8 и L_{47} , L_{48} , L_{49} , соответственно). При этом напряжение на выходе зарядных устройств уменьшается на величину, равную амплитуде анализируемого импульса. При одновременном снятии амплитудных спектров от двух детекторов импульсы через схему сложения 3, роль которой выполня-

ют диоды L_{47B} и L_{48A} , подаются на зарядное устройство Б независимо от того, на какой вход они поступили. Напряжения на зарядных устройствах должны поддерживаться неизменными в течение всего времени выбора каналов. Для уменьшения утечки зарядов с конденсаторов C_A , C_B и C_B через цепи катод-накал соответствующих диодов, накалы диодов питаются пониженным напряжением от отдельных обмоток трансформатора. Напряжения с выхода зарядных устройств подаются на левые входы схем сравнения А и Б (L_9 , L_{10} , L_{11} и L_{50} , L_{51} , L_{52} , соответственно). В схемах сравнения одна из верхних ламп всегда открыта, а другая закрыта. Для ускорения процессов отпирания и запираания этих ламп применена положительная обратная связь между их анодами и экранными сетками.

Импульс от одновибратора Б (L_{45} , L_{46}) подается также на схему сложения Б (два полупроводниковых диода, включенных в цепь сетки L_{31}). При одновременном снятии амплитудных спектров от двух детекторов импульс на схему сложения Б подается и от одновибратора А (L_3 , L_4). Импульс с выхода схемы сложения открывает схему пропускания З (L_{31}), и через нее начинают проходить отрицательные синхронизирующие импульсы, поступающие с блока отклонения (через клемму Г). Первый из прошедших импульсов запускает одновибратор З (L_{32} , L_{33}). Длительность импульса одновибратора составляет 4 мксек. Отрицательный импульс одновибратора переводит в новое состояние триггеры А и Б (L_{12} , L_{13} и L_{53} , L_{54} , соответственно). Причем каждый из триггеров переходит в новое состояние только в тех случаях, когда в измерения участвует соответствующая схема сравнения. Отрицательный импульс, возникающий при нахождении триггеров в новом состоянии, вызывает открывание схем пропускания 2А и 2Б (L_{14} , L_{15A} и L_{55} , L_{56A} , соответственно). Импульсы от триггеров подаются также на схему сложения 6 (она состоит из двух частей: двух полупроводниковых диодов и L_{35} - для формирования отрицательного выходного импульса и L_{34} - для формирования положительного выходного импульса). С выхода схемы сложения 6 снимается импульс выбора канала. Отрицательный импульс подается на блок управления (через клемму Б), а положительный - на схему пропускания 2 (два полупроводниковых диода, включенных в цепь сетки L_{29A}).

Отрицательный импульс одновибратора З (L_{32} , L_{33}) переводит также в новое состояние триггер 1 (L_{38} , L_{39}), а положительный импульс этого одновибратора закрывает схему пропускания 4 (L_{37}). Напряжение с генератора (L_{38}), имеющего частоту 1 Мгц, стабилизированную кварцем, поступает на формирующее устройство 2 (L_{186}), с выхода которого снимаются узкие отрицательные импульсы. Первый из этих импульсов, прошедший через схему пропускания 4 (L_{37}), после окончания импульса одновибратора З (L_{32} , L_{33}) возвращает триггер 1 (L_{38} , L_{39}) в исходное состояние. Так осуществляется синхронизация процесса выбора канала с работой генератора импульсов. Отрицательный импульс триггера 1 подается на блок отклонения для сброса разверток (через клемму И) и на генераторы линейного напряжения А и Б (L_{26} , L_{27} , L_{41A} и L_{57} , L_{58} , L_{416} , соответственно). Генераторы собраны по схеме с анодно-сеточной емкостью; для уменьшения времени восстановления емкость включена через катодный повторитель. Напряжение с выхода этих генераторов подается на правые входы схем сравнения А и Б (L_9 , L_{10} , L_{11} и L_{50} , L_{51} , L_{52} , соответственно). При подаче импульса с триггера 1 пентоды L_{27} и L_{58} запираются по третьей сетке, и напряжение на выходе генераторов быстро восстанавливается до начального уровня, который регулируется

потенциометром P_5 . Это напряжение должно быть несколько выше, чем на левых входах схем сравнения при отсутствии регистрируемых импульсов, так что открываются правые лампы схем сравнения. После возвращения триггера 1 в исходное состояние пентоды открываются, и начинается линейное уменьшение напряжения на выходе генераторов. При помощи потенциометров P_6 и P_7 , соответственно, скорость изменения напряжения у каждого генератора можно выбирать различной в зависимости от требуемой ширины каналов, отводимых для анализа по данному параметру. При достижении равенства напряжений на обоих входах схемы сравнения открытая и закрытая лампы меняются местами, и на выходе схемы возникает импульс, который возвращает соответственно триггер А (L_{12} , L_{13}) или триггер Б (L_{53} , L_{54}) в исходное состояние. При этом закрывается и соответствующая схема пропускания 2А (L_{14} , L_{15A}) или 2Б (L_{55} , L_{56A}). Число импульсов от генератора, следующих с частотой 1 Мгц, определяет номер канала по соответствующему параметру. Однако следует учитывать только те импульсы, которые поступили после возвращения в исходное состояние триггера 1 (L_{38} , L_{39}), так как импульс этого триггера блокирует генераторы развертки в блоке отклонения. Импульсы со схем пропускания 2А и 2Б поступают на блок отклонения (через клеммы Р и П).

После возвращения в исходное состояние последнего из триггеров А и Б оканчивается импульс выбора канала на выходе схемы сложения 6 (L_{34} и L_{35}), в результате чего закрывается схема пропускания 2 (полупроводниковые диоды в цепи сетки L_{29A}) и прекращается импульс на выходе схемы сложения 4. После этого напряжение на выходе зарядных устройств А и Б (L_9 , L_{10} , L_{11} и L_{47} , L_{48} , L_{49} , соответственно) и схемы время-амплитудного преобразования (L_5) возвращается к первоначальному значению, и работа блока распределения по регистрации поступившего импульса заканчивается. Если один из параметров поступившего импульса превышает величину, регистрируемую в последнем канале анализатора, то схема пропускания 2 закрывается из-за прекращения положительного импульса, поступающего на нее с блока отклонения (через клемму У), после чего триггеры А и Б (L_{12} , L_{13} и L_{53} , L_{54} , соответственно) возвращаются в исходное состояние по дополнительной цепи сброса, а работа остальных узлов блока распределения прекращается, как и обычно. Такие случаи или вообще не регистрируются или же регистрируются в первом канале (по желанию экспериментатора).

4. Блок управления

Функциональная схема блока управления изображена на рис. 6, а принципиальная схема - на рис. 7. Режим работы анализатора определяется состоянием триггера режима (L_{13} , L_{14}). Рассмотрим сначала режим восстановления данных. В этом режиме открыта левая половина L_{14} .

Задающий блокинг-генератор (L_{20}) генерирует импульсы с частотой 100 кГц. Отрица-

тельные импульсы с его выхода запускают одновибратор 1, формирующий импульсы подсвета (L_{22}, L_{23a}). Отрицательные импульсы от одновибратора длительностью 4 мксек подаются на схему сложения 1 (L_{24a}, L_{25}, L_{26}). Они запирают L_{25} . Положительные импульсы с амплитудой порядка 80 вольт, возникающие на выходе схемы сложения 1, подаются на подсвет пентископа и луча трубки наблюдения, изображающего спектр в двоичном коде (через клемму С). Положительные импульсы одновибратора (L_{22}, L_{23}) дифференцируются; импульсы, соответствующие их заднему фронту, подаются на вертикальную развертку блока отклонения (через клемму Ж), в результате чего луч перемещается на следующий рабочий элемент.

Отрицательный импульс задающего генератора (L_{20}) запускает также одновибратор 2 (L_{15}, L_{36}), дающий импульс длительностью 1,5 мксек. Положительный импульс, соответствующий во времени заднему фронту импульса одновибратора 2, подается на схему формирования 1 (L_{16}, L_{17}), на ее выходе возникает отрицательный импульс с амплитудой 75 вольт.

Схема пропускания 2 (L_1) открывается по первой сетке на 1,5 мксек после подачи каждого импульса подсвета благодаря положительному импульсу, подаваемому на нее от одновибратора 2 (L_{15}, L_{36}). Третья сетка схемы пропускания соединена с выходом усилителя импульсов считывания (через клемму А). Положительные импульсы, возникающие на выходе усилителя в течение первых 1,5 мксек после включения подсвета (они соответствуют считыванию единицы) вызывают отрицательный импульс на выходе схемы пропускания 2 (L_1). Паразитные импульсы, возникающие на выходе усилителя в остальное время, через схему пропускания не проходят. Отрицательный импульс на выходе схемы пропускания 2 (L_1) запускает одновибратор 4 (L_2, L_{3a}), дающий импульс длительностью около 4 мксек. Положительный и отрицательный импульсы этого одновибратора подаются на схему пропускания 3 (L_4, L_5), а именно: положительный импульс на третью сетку L_4 , а отрицательный - на третью сетку L_5 . В режиме восстановления данных по первой сетке L_4 открыта, а L_5 - закрыта. Отрицательный импульс, подаваемый на соединенные вместе катоды этих ламп спустя 1,5 мксек после начала импульса подсвета от схемы формирования 1 (L_{16}, L_{17}), будет открывать L_4 в схеме пропускания 3 при наличии положительного импульса на ее третьей сетке (т.е. при считывании единицы). Отрицательный импульс, возникающий при этом на выходе схемы пропускания 3, запускает одновибратор 5 (L_6, L_7). Отрицательный импульс одновибратора поступает на схему формирования 2 (L_{10}). Положительный импульс со схемы формирования 2 подается на схему пропускания 4 (L_8, L_{11}). На второй вход схемы пропускания 4 поступают отрицательные импульсы с одновибратора 3 (L_8), который запускается отрицательным импульсом от схемы формирования 1 (L_{16}, L_{17}). В начальном состоянии в схеме пропускания 4 (L_8, L_{11}) потенциал правой сетки, на которую поступает положительный импульс, выбирается ниже, чем потенциал левой сетки, на которую поступает отрицательный импульс. При подаче же положительного импульса потенциал правой сетки становится выше, чем левой, и на выходе схемы пропускания 4 возникает положительный импульс. При считывании нуля положительный импульс на схему пропускания 4 не подается, и на ее выходе возникает отрицательный импульс, соответствующий отрицательному импульсу, поступающему на схему пропускания от одновибратора 3 (L_8). При помощи потенциометров P_1 и P_2 амплитуды положительного и отрицательного импульсов на выходе схемы пропускания 4 устанавливаются равными 20 в. Импульсы с выхода схемы пропускания 4 подаются на пластину потенциоскопа

(через клемму Ч). При подаче положительного импульса на данном рабочем элементе записывается единица, а при подаче отрицательного - ноль.

При записи единицы отрицательный импульс с одновибратора 5 (L_6, L_7) подается также на схему сложения 1 (L_{24a}, L_{25}, L_{26}), в результате чего импульс подсвета несколько увеличивается по амплитуде. Поэтому на экране трубки наблюдения единицы отмечаются более яркими точками, чем нули. Одновибраторы 5 и 3 (L_6, L_7 и L_8 соответственно) возвращаются в исходное состояние одновременно с одновибратором 1 (L_{22}, L_{23a}) благодаря связи между этими одновибраторами через диоды. С блока отклонения (через клемму Ю) на схему сложения 1 поступают отрицательные импульсы, благодаря которым дополнительно подсвечиваются первые разряды каждого восьмого канала.

Схема сложения 2 (L_{18}, L_{19}) служит для подачи на выходной блок отрицательных импульсов разрядов числа, которые поступают с задающего генератора (L_{20}), и положительных импульсов записи единицы, которые соответствуют заднему фронту импульсов, поступающих с одновибратора 5 (L_6, L_7). Эти импульсы подаются на выходной блок по одному кабелю (через клемму Ш). В выходном блоке осуществляется запись данных при помощи инфропечатающего аппарата или автопотенциометра. Отрицательные импульсы записи единицы от одновибратора 5 подаются также на блок линейного масштаба (через клемму Ф).

Режим записи новых импульсов начинается при поступлении с блока распределения отрицательного импульса выбора канала (через клемму Б). Этот импульс запирает задающий блокинг-генератор (L_{20}), в результате чего импульсы подсвета прекращаются, и переводит триггер режима (L_{13}, L_{14}) в состояние "запись". После окончания импульса выбора канала задающий генератор возобновляет работу. Но так как триггер режима остается в состоянии "запись", то в схеме пропускания 3, открытой по первой сетке, будет лампа L_5 , а не L_4 . Отрицательные импульсы, подаваемые на соединенные вместе катоды L_4 и L_5 , будут вызывать отрицательный импульс на выходе схемы пропускания 3 при отсутствии отрицательного импульса на третьей сетке L_5 , т.е. в тех случаях, когда одновибратор 4 (L_2, L_{3a}) не срабатывает, что соответствует считыванию нуля. Подача импульсов на пластину потенциоскопа происходит так же, как и в режиме восстановления данных. Следовательно, при считывании единицы на данном рабочем элементе будет записываться ноль, а при считывании нуля - единица. Система может работать в режиме прибавления единицы или в режиме вычитания единицы в зависимости от положения контактов реле. В первом случае при записи первой единицы на месте, где ранее был записан ноль, отрицательный импульс с одновибратора 5 (L_6, L_7) через контакт реле и диод переводит триггер режима в состояние "восстановление". После этого возобновляется режим восстановления данных. Во втором случае триггер режима переводится в состояние "восстановление" первым отрицательным импульсом, подаваемым на пластину потенциоскопа (через клемму Ч), т.е. при записи первого нуля на месте, где ранее была записана единица. Во время нахождения триггера режима в состоянии "запись" на блок распределения подается положительное напряжение (через клемму Д); и осуществляется блокировка входа анализатора. Если один из параметров регистрируемого импульса превышает величину, регистрируемую в последнем канале анализатора, то триггер режима может вернуться в состояние "восстановление" от импульса, поступающего с блока отклонения (через клемму У). Такие импульсы не будут регистрироваться анализатором.

Для проверки правильности работы блока накопления предусмотрена возможность записи на всех рабочих элементах нулей или единиц. Для записи нулей необходимо нажать кнопку "нуля". При этом выключается схема пропускания 3 (снижается экранное напряжение с ламп L_4 и L_5), и импульсы на ее выходе возникнуть не могут. Эта кнопка используется и для сброса зарегистрированных данных. Для записи единиц требуется нажать на кнопку "единицы". При этом одновибратор 5 (L_6, L_7) будет запускаться от отрицательных импульсов, поступающих от схемы формирования 2 (L_{16}, L_{17}) при каждом импульсе подсвета.

Для проверки работы блока накопления применяется также прибавление (или вычитание) единицы в каждом канале при обходе его электронным лучом. При этом триггер режима переводится в состояние "запись" импульсом, подающимся из блока отклонения (через клемму Я) перед направлением луча на первый рабочий элемент каждого канала. Возвращается в состояние "восстановление" он, как и обычно, после прибавления (или вычитания) единицы. При правильной работе во всех каналах должно регистрироваться одинаковое число импульсов.

Кроме того, предусматривается проверочный генератор, импульсы от которого поступают в блок распределения и могут быть направлены в любой канал анализатора.

Б. Блок отклонения

Блок отклонения предназначен для направления луча потенциоскопа на определенные элементы мишени. Функциональная схема блока отклонения представлена на рис. 8, а принципиальная схема - на рис. 9. В верхней части схем расположен генератор горизонтального отклонения, а в нижней - генератор вертикального отклонения. Основными элементами генераторов горизонтального и вертикального отклонения являются триггер (ТР - на функциональной схеме) и управляемая им ключевая схема (КЛ - на функциональной схеме). В качестве ключевой схемы используется двойной триод, одна половина которого закрыта, а другая открыта (в зависимости от состояния триггера). Все триггеры соединены в цепочку и представляют собой двойную пересчетную схему. Генераторы горизонтального и вертикального отклонения состоят из 8 каскадов, что соответствует 64 положениям луча как по горизонтали, так и по вертикали (всего 4096 положений). В состав генератора горизонтального отклонения входят триггеры на лампах $L_{10}-L_{18}$ и ключевые лампы L_1-L_8 ; в состав генератора вертикального отклонения - триггеры на лампах $L_{25}-L_{30}$ и ключевые лампы $L_{37}-L_{42}$.

Аноды левых и правых половин ключевых ламп в обоих генераторах отклонения подсоединены, соответственно, к своему сопротивлению R. Катодные сопротивления этих ламп подобраны по двойному закону так, что ток каждой лампы вдвое больше, чем предыдущей. Напряжение, снимаемое с анодного сопротивления каждой группы ключевых ламп, имеет ступенчатую форму. В каждом из генераторов одно из напряжений постепенно увеличивается, а другое - постепенно уменьшается. Равенство ступенек зависит от точности подбора катодных сопротивлений ключевых ламп. Ступенчатые напряжения через катодные повторители (L_7, L_8 для генератора горизонтального отклонения и L_{43}, L_{44} для генератора вертикального отклонения) подаются на отклоняющие пластины потенциоскопа, а также на отклоняющие пластины трубки наблюдения для изображения спектра в двойной системе (через клеммы М, Н и К, Л).

В режиме восстановления данных в момент прекращения импульса подсвета потенциоскопа с блока управления поступают отрицательные импульсы (через клемму Ж). Эти импульсы запускают одновибратор 1 (L_{24}, L_{48}). Отрицательные импульсы одновибратора подаются на первый триггер генератора вертикального отклонения (L_{25}) и т.д. Импульсы с четвертого триггера генератора вертикального отклонения (L_{28}) подаются через катодный повторитель (L_{46a}) на первый триггер генератора горизонтального отклонения (L_{10}, L_{11}), импульсы с шестого триггера генератора горизонтального отклонения (L_{18}) через катодный повторитель (L_{46b}) поступают на пятый триггер генератора вертикального отклонения (L_{29}). Таким образом, на экране получается 4 группы каналов, расположенных одна над другой. Каждая группа содержит по 64 канала, имеющих счетную емкость $2^{16} - 1$ импульсов. Первый канал расположен в левом нижнем углу экрана, последний 256 - в правом верхнем углу экрана.

Импульсы от одновибратора 1 (L_{24}, L_{48}) подаются также на блок распределения (через клемму Г); они играют роль синхронизирующих импульсов. Подача импульсов может быть прекращена при помощи переключателя K_2 ; при этом регистрация импульсов, поступающих на вход анализатора, происходить не будет.

При поступлении на анализатор регистрируемых импульсов подается с блока распределения (через клемму И) отрицательный импульс сброса разверток. Он проходит через катодный повторитель (L_{34}) и приводит все триггеры в исходное состояние, так что луч направляется в левый нижний угол мишени, то есть на первый рабочий элемент первого канала. После окончания импульса сброса разверток начинается выбор канала. Импульсы серии А, характеризующие первый параметр регистрируемых импульсов, подаются с блока распределения (через клемму П) на первый триггер генератора горизонтального отклонения. Импульсы серии Б, характеризующие второй параметр регистрируемых импульсов (при двухмерном анализе), подаются (через клемму Р) на дополнительный триггер Тр в (L_{32}, L_{47}). Он должен быть подключен на место одного из триггеров генераторов горизонтального или вертикального отклонения в зависимости от числа каналов, отводимых для анализа по каждому из параметров. Так, например, если для анализа по каждому из параметров отводится по 16 каналов, то дополнительный триггер должен быть включен на место пятого триггера генератора горизонтального отклонения; если же для анализа по первому параметру отводится 64, а по второму 4 канала, то дополнительный триггер должен быть включен на место пятого триггера генератора вертикального отклонения. Для того, чтобы импульсы в серии могли следовать с большой частотой, два первых триггера генератора горизонтального отклонения и дополнительный триггер имеют уменьшенное разрешающее время (порядка 0,2 мксек) за счет усложнения их устройства. На вход генератора горизонтального отклонения могут подаваться импульсы с частотой до 8 МГц.

При одновременном снятии амплитудных спектров импульсов от двух детекторов серия импульсов с блока распределения всегда поступает на первый триггер генератора горизонтального отклонения (через клемму П), и для каждого детектора отводится по 128 каналов. Выбор нужного участка на мишени потенциоскопа осуществляется при помощи схемы переключения сброса (L_{48}, L_{50}), которая управляет сбросом шестого триггера генератора вертикального отклонения. При поступлении отрицательного импульса с блока распределения на

клемму 3 этот триггер переходит от импульса сброса в то же состояние, что и остальные триггеры, и регистрация поступившего импульса происходит в одной из двух нижних групп каналов на мишени потенциалокопа. При поступлении же отрицательного импульса на клемму 0 регистрация поступившего импульса происходит в одной из двух верхних групп каналов. При других типах анализа сброс шестого триггера происходит так же, как и остальных.

Для предотвращения неправильной регистрации импульсов, измеряемый параметр которых превосходит максимальную величину, регистрируемую последним каналом, после шестых триггеров генераторов горизонтального и вертикального отклонения включены еще седьмые триггеры (L_{20} и L_{31} , соответственно). При выборе канала эти триггеры переходят в новое состояние, если число импульсов в серии, определяющей канал, больше номера последнего канала. В этом случае отрицательный импульс с одного из седьмых триггеров поступает на схему сложения (L_{33} , L_{38}), а с нее - на блоки распределения, управления и линейного масштаба (через клемму Y). В результате этого выбор канала прекращается, и поступивший импульс в анализаторе не регистрируется. Если же импульсы с клеммы Y на блок управления не подавать, то такой импульс будет регистрироваться в первом канале анализатора.

Отрицательные импульсы с четвертого триггера генератора вертикального отклонения (L_{28}), прошедшие через катодный повторитель (L_{46a}), запускают одновибратор 2 (L_{45} , L_{23}). Отрицательные импульсы этого одновибратора подаются на блок управления (через клемму Я), осуществляя в режиме проверки прибавление (или вычитание) единицы в каждом канале. Подача импульсов в блок управления производится при помощи переключателя K_1 , стоящего в катодной цепи L_{23a} . Отрицательные импульсы одновибратора 2 (L_{45} , L_{23}) подаются также на блок линейного масштаба (через клемму Э).

Отрицательные импульсы с третьего триггера генератора горизонтального отклонения подаются на одновибратор 3 (L_{51} , L_{52a}). Отрицательные импульсы этого одновибратора подаются на блоки управления и линейного масштаба (через клемму Ю) для дополнительного подсвета первого разряда каждого восьмого канала.

Схема сложения 2 (L_{21} , L_{22}) предназначена для подачи на выходной блок отрицательных импульсов, означающих начало считывания данных с каждого канала, которые поступают с одновибратора 2 (L_{45}), и положительных импульсов, означающих начало считывания с первого канала, которые поступают с шестого триггера генератора вертикального отклонения (L_{30}). Эти импульсы подаются на выходной блок по одному кабелю (через клемму Ш).

6. Блок усиления импульсов считывания

Принципиальная схема усилителя изображена на рис. 10. На его вход подаются импульсы считывания с пластины потенциалокопа (через клемму Ц), имеющие величину порядка милливольт. Перед усилителем помещена схема нейтрализации, препятствующая поступлению на вход усилителя импульсов записи, подаваемых с блока управления (через клемму Ч) также на пластину потенциалокопа. Схема нейтрализации¹⁰ представляет собой трехобмоточный трансформатор с ферритовым кольцом в качестве сердечника. Импульс записи подается на пластину потенциалокопа через первую обмотку трансформатора. Вторая об-

мотка соединена с сеткой потенциалокопа. На образование импульса в ней влияют два фактора: индуктивная связь с первой обмоткой и емкостная связь между сеткой и пластиной потенциалокопа (≈ 1000 пф). При равенстве обмоток факторов результирующий импульс во второй и третьей обмотках будет равен нулю. Для хорошей компенсации необходимо принять меры к максимальной связи между обмотками трансформатора. Однако благодаря наличию распределенных паразитных емкостей и индуктивностей (главным образом емкости кабелей соединяющих трансформатор с потенциалокопом) импульс в точке X несколько запаздывает по сравнению с импульсом в точке Ч, и на входе усилителя в моменты начала и окончания подачи импульсов записи будет возникать паразитный импульс. Для уничтожения этого импульса служит небольшой подстроечный конденсатор, соединяющий точки X и Ч; через этот конденсатор небольшая часть импульса записи в моменты его начала и окончания непосредственно проходит на вторую обмотку. Но очевидно, что подстроечный конденсатор не может точно компенсировать распределенные емкости и индуктивности и компенсация будет тем хуже, чем большую величину имеют паразитные параметры. Поэтому надо принимать меры к их уменьшению.

Усилитель содержит два усилительных каскада (L_1 , L_2) и катодный повторитель (L_3). Коэффициент усиления - несколько тысяч. Потенциометр P_1 служит для изменения постоянно составляющей выходного напряжения.

7. Блок линейного масштаба

Блок линейного масштаба предназначен для быстрой ориентировочной оценки регистрируемого спектра. При помощи этого блока спектр в линейном масштабе изображается на экране электронно-лучевой трубки наблюдения.

На рис. 11 представлена функциональная схема блока линейного масштаба, а на рис. 12 принципиальная схема этого блока. На блок линейного масштаба с блока управления подаются импульсы подсвета потенциалокопа, играющие роль импульсов разрядов (через клемму С), и импульсы единиц, играющие роль импульсов числа (через клемму Ф). Эти импульсы формируются соответственно формирующими устройствами I и II, которыми являются блок-генераторы (L_1 и L_2). Импульс на выходе формирующего устройства I соответствует во времени переднему фронту, а импульс на выходе формирующего устройства II - заднему фронту поступающих на них импульсов. Таким образом, на выходе формирующих устройств импульс числа возникает примерно на 4 мксек позднее соответствующего импульса разряда. Эти импульсы имеют длительность около 1,5 мксек и амплитуду 75 в.

В запоминающем устройстве 1 (L_3 , L_4 , L_5) происходит преобразование числа, записанного в последовательном двоичном коде в напряжение, пропорциональное этому числу¹⁰. Точность работы устройства не зависит от изменения периода импульсов разрядов. Отрицательные импульсы разрядов поступают на емкость C_1 через емкость C_1 и диод L_{3a} ; положительные импульсы числа поступают на нее через емкость C_1' и диод L_{4b} . Емкости C_1 и C_1' подбираются равной величины. Предположим, что емкость C_1 заряжена до некоторого напряжения U , лежащего внутри рабочего диапазона, т.е. $75 \geq U \geq 0$, и импульсы числа на

нее не поступают. Напряжение на соединенных вместе катоде L_{3a} и аноде $L_{3б}$ при отсутствии импульса разряда поддерживается равным 75 в. При поступлении импульса разряда это напряжение уменьшается до нуля, и диод L_{3a} открывается. После этого заряд, имевшийся на емкости C_1 , распределится поровну между емкостями C_1 и C_1' . Оставшееся напряжение на емкости C_1 будет равно $U/2$. За интервал времени между двумя импульсами разряда (≈ 10 мксек) емкость C_1' разряжается через диод $L_{3б}$, и напряжение на соединенных вместе катоде L_{3a} и аноде $L_{3б}$ вновь становится равным 75 в. Следующий импульс разряда уменьшит напряжение на емкости C_1 до $U/4$ и т.д. Таким образом, при приходе каждого импульса разряда напряжение на емкости C_1 будет уменьшаться вдвое (независимо от его величины) до тех пор, пока оно не дойдет до нуля, а затем останется равным нулю.

Рассмотрим теперь действие положительных импульсов числа. Эти импульсы будут приходить в промежутке между двумя соседними импульсами разряда. Напряжение, устанавливающееся на соединенных вместе аноде L_{4a} и катоде $L_{4б}$, благодаря обратной связи, осуществляемой через катодный повторитель (L_5) и диод $L_{4б}$, распределяется напряжением на емкости C_1 . Поэтому любой поступивший импульс числа увеличивает напряжение на емкости C_1 на одну и ту же величину $U_0 = 25$ в, независимо от того, какое напряжение было на емкости до поступления этого импульса. Следовательно, если до прихода импульса оно будет равно U_0 . Очередной импульс разряда уменьшит его вдвое, т.е. до $U_0/2$. Следующий импульс разряда сделает его равным $U_0/2^2$ и т.д. Таким образом, если в канале зарегистрирован один импульс, то после прихода последнего 16 импульса разряда, соответствующего данному каналу, напряжение на емкости будет равно $U_0/2^{16}$. Если же в канале было зарегистрировано n импульсов, то после последнего 16 импульса разряда напряжение на емкости C_1 будет равно $n \cdot U_0/2^{16}$, т.е. оно будет пропорционально числу зарегистрированных импульсов.

Подачу импульсов, соответствующих числу, зарегистрированному в следующем канале, можно осуществлять без сброса напряжения, которое осталось на емкости C_1 от записи числа, зарегистрированного в предыдущем канале, поскольку к окончанию записи числа из следующего канала прежнее напряжение уменьшится в 2^{16} раз, и погрешность за счет остаточного напряжения практически будет незаметна.

Если в старших разрядах шестнадцатиразрядного числа записаны нули, то напряжение на емкости C_1 можно измерять не после 16 импульса разряда, а ранее, после 15, 14, и т.д. импульса. При этом напряжение на емкости будет больше в 2,4 и т.д. раз; так осуществляется изменение масштаба. Для этого служит схема выбора масштаба ($L_7, L_8, L_9, L_{12a}, L_{17}, L_{18}$). Положительные импульсы от формирующего устройства I (L_1) заряжают запоминающую емкость C_{1v} . Ступенчатое напряжение с емкости через катодный повторитель (L_{12a}) подается на первый вход схемы сравнения (L_8, L_9). Напряжение на втором входе этой схемы определяется потенциометром Π_1 . В зависимости от его положения отрицательный импульс на выходе схемы сравнения может возникать после $8 \div 16$ импульсов разрядов каждого канала. При наличии этого импульса через схему пропускания на лампе L_{18} проходят отрицательный импульс, соответствующий во времени заднему фронту импульса подсвета, посту-

пьющего с блока управления (через клемму С). После 16 импульса разряда емкость C_{1v} разряжается напряжением, поступающим с одновибратора на лампе L_{17} .

Импульс со схемы выбора масштаба поступает на схему передачи (L_6 и L_{10}) и запускает блокинг-генератор (L_{10}). Длительность импульса блокинг-генератора взята равной 3 мксек, так как она должна перекрывать очередной импульс числа. При отсутствии импульса блокинг-генератора напряжение на катоде диода L_{6a} поддерживается равным ≈ 75 в, а на аноде диода $L_{6б} = 0$ в благодаря току, текущему через обмотки трансформатора, соответствующие полупроводниковые диоды, сопротивления и катодный повторитель (L_5), поэтому как диод L_{6a} , так и диод $L_{6б}$ будут закрыты. Импульс от блокинг-генератора запирает оба полупроводниковых диода, и напряжение на катоде диода L_{6a} и аноде диода $L_{6б}$ будет определяться напряжением на выходе запоминающего устройства I (L_5), которое в свою очередь определяется напряжением на емкости C_1 . При этом один из диодов L_8 откроется (в зависимости от соотношения напряжений на запоминающих емкостях C_1 и C_{11}), и на емкости C_{11} установится то же напряжение, что и на выходе запоминающего устройства. После окончания импульса блокинг-генератора оба диода L_8 будут закрыты, и напряжение на емкости C_{11} , а также на выходе запоминающего устройства II (L_{11a}) меняться не будет.

Напряжение с запоминающего устройства II подается на усилитель вертикального отклонения (L_{13}), а с него - на вертикальные пластины трубки наблюдения (через клеммы К' и Л').

На генератор горизонтального отклонения (L_{14}) поступает импульс с блока отклонения (через клемму У). Генератор работает, когда поступающий импульс отрицательный, т.е. только в режиме наблюдения и через цикл. Положительное линейно нарастающее напряжение подается на усилитель горизонтального отклонения (L_{15}), а с него напряжение подается на горизонтальные пластины трубки наблюдения (через клеммы М' и Н').

Напряжение на схему формирования подсвета ($L_{16}, L_{12б}$) также подается с клеммы У. На трубку наблюдения подается положительный импульс подсвета (через клемму Ы) во время работы генератора горизонтального отклонения. Таким образом, на экране трубки видны светящиеся точки, обозначающие в линейном масштабе гистограмму зарегистрированного спектра. Точки, соответствующие каждому восьмому каналу, подсвечиваются более ярко благодаря импульсу, подаваемому на схему формирования подсвета (через клемму Ю).

8. Блок трубок

На рис. 13 приведена принципиальная схема включения потенциоскопа и трубки наблюдения. В анализаторе использовались два типа потенциоскопов - ЛН-4 и ЛН-8. Вышеприведенные принципиальные схемы предназначены для потенциоскопа ЛН-4. Для перехода на потенциоскоп ЛН-8 требуется произвести небольшие изменения в схемах. Так, в блоке управления (рис. 7) нужно импульсы записи увеличить с 20 до 50 в, что достигается при помощи потенциометров в цепи лампы L_{10} . А в блоке усиления импульсов считывания (рис. 10) нужно зашунтировать емкостями сопротивления в катодных цепях усилительных ламп. Связь

усилителя с пластиной и сеткой потенциалоскопа ЛН-8 производилась одним кабелем, внутренняя жила которого соединялась с пластиной, а оплетка - с сеткой.

Рабочий режим потенциалоскопа устанавливается при помощи переключателей K_1 и K_2 и потенциометра P_2 (рис. 13). Поскольку импульсы подсвета (а следовательно, и ток потенциалоскопа) прекращаются при выборе канала, то были приняты меры для поддержания постоянного напряжения на модулирующем электроде, катоде и коллекторе. Для быстрого восстановления постоянной составляющей в цепи модулирующего электрода служит диод 6Х2П, а делители в цепях катода и коллектора выполнены на полупроводниковых стабилитронах.

В качестве трубки наблюдения используется двухлучевая трубка 18Л047А. Регулировка яркости осуществляется общим потенциометром P_3 , так что отпирается или первый, или второй луч. Модулирующий электрод и отклоняющие пластины первого луча трубки соединены параллельно с одноименными электродами потенциалоскопа. При включении этого луча спектр на экране трубки изображается в двоичной системе счисления. На модулирующий электрод и отклоняющие пластины второго луча трубки подаются импульсы от блока линейного масштаба. При включении этого луча зарегистрированный спектр на экране трубки изображается в линейной системе.

Для защиты от воздействия внешних электрических и магнитных полей обе трубки помещаются в экран из магнито-мягкого железа толщиной 6 мм. Кроме того, на горловину трубок помещается дополнительный экран из пермаллоя.

9. Блок питания

Питание всех цепей анализатора производится стабилизированными напряжениями. Для питания анодных цепей используются напряжения +450; +225; +75 и -200 вольт. Питание потенциалоскопа и трубки наблюдения производится от отдельного выпрямителя, дающего напряжение - 1700 в.

В заключение авторы выражают благодарность В.Г. Зянову за полезные советы, а также Л.А. Фадееву, Н.В. Богомолу и В.Е. Савину за монтаж анализаторов и В.Н. Карповой за оформление документации.

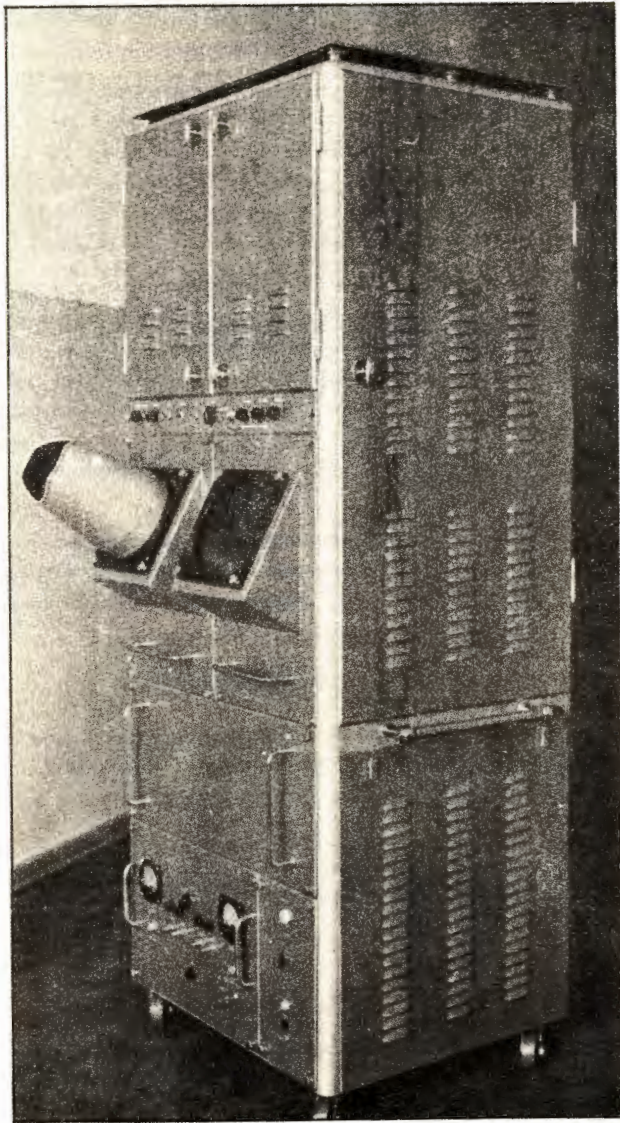
Л и т е р а т у р а

1. А.Н. Синаев, Труды 5-ой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, т. II, ч. 1, стр. 87. Госатомиздат, 1963.
2. А.Н. Синаев, ПТЭ, № 6, 67 (1962).
3. А.Н. Синаев, Цао Го-чжэн, ПТЭ, № 1, 95 (1965).
4. Б.Ю. Семенов, А.Н. Синаев, В.А. Яковлев, Препринт ОИЯИ, 747, Дубна, 1961.
5. Б.Ю. Семенов, Н.С. Фролов, Препринт ОИЯИ, 1382, Дубна, 1963.
6. Г.П. Мельников, Л.И. Артеменков, Ю.М. Голубев, ПТЭ, № 6, 57 (1957).
7. В.Н. Ильинский, В.Б. Черняев, ПТЭ, № 6, 67 (1957).
8. А.А. Воронин и др. Передовой научно-технический и производственный опыт. Филиал ВИНТИ, 1959. Тема 41, № П-59-61/2, Москва.

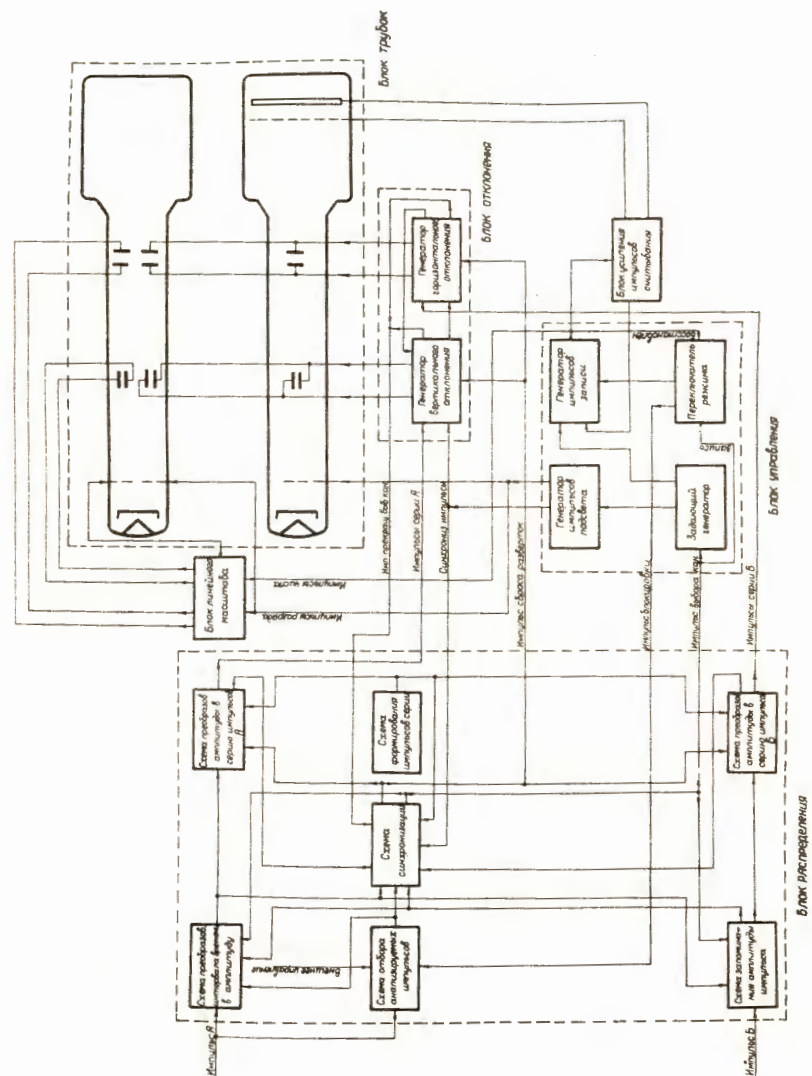
9. В.О. Вяземский и др. Передовой научно-технический и производственный опыт. ЦИТЭИИ, 1961. Тема 21, № Р-61-103/13, Москва.

10. В.Н. Лаут, Л.А. Любович. Запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках электронной счетной машины БЭСМ. Изд. АН СССР, 1957.

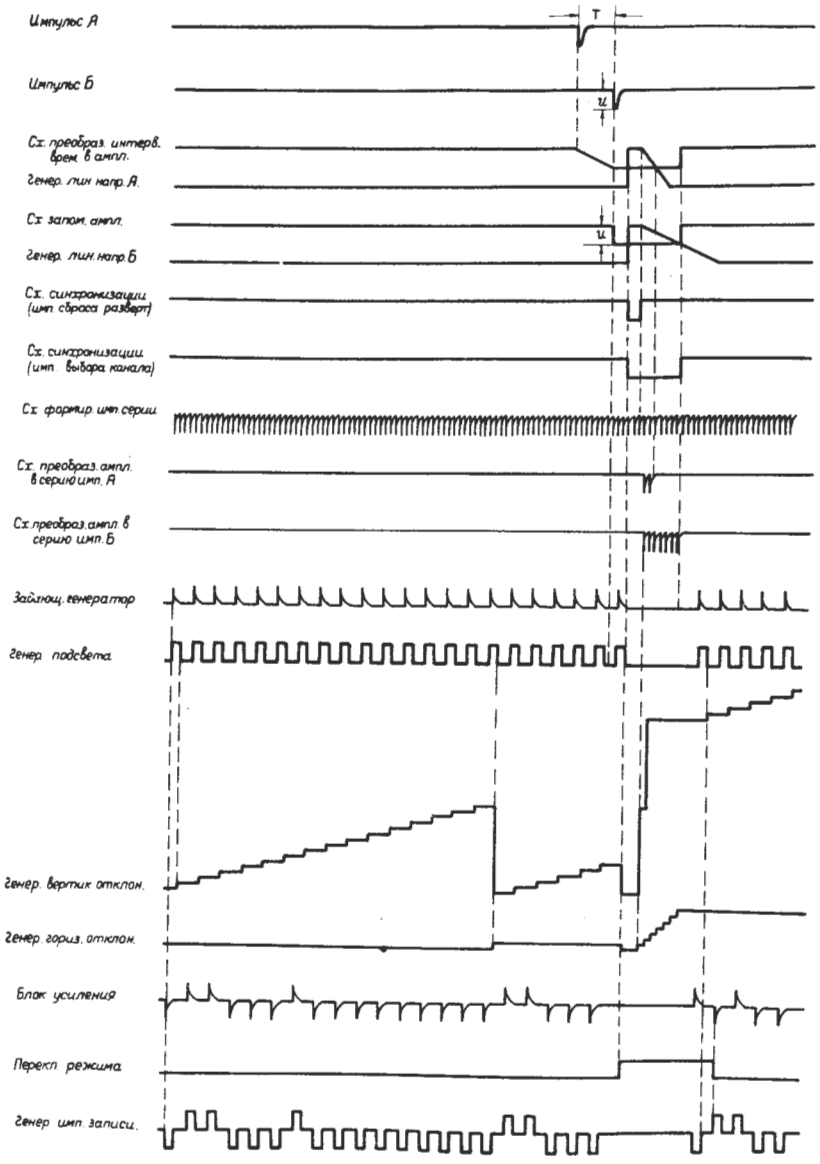
Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1966 г.



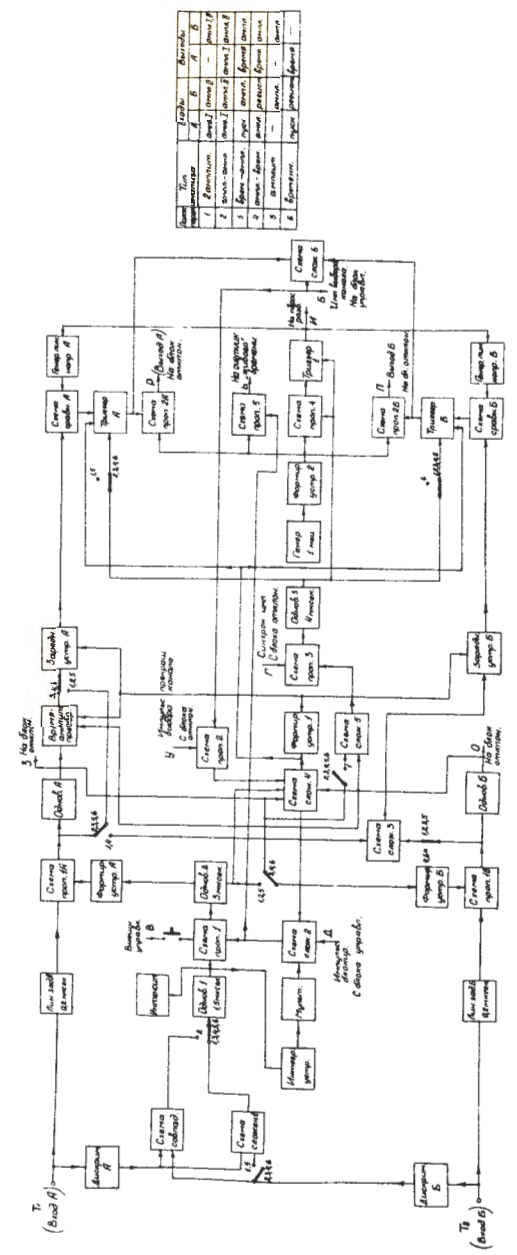
Р и с. 1. Общий вид анализатора.



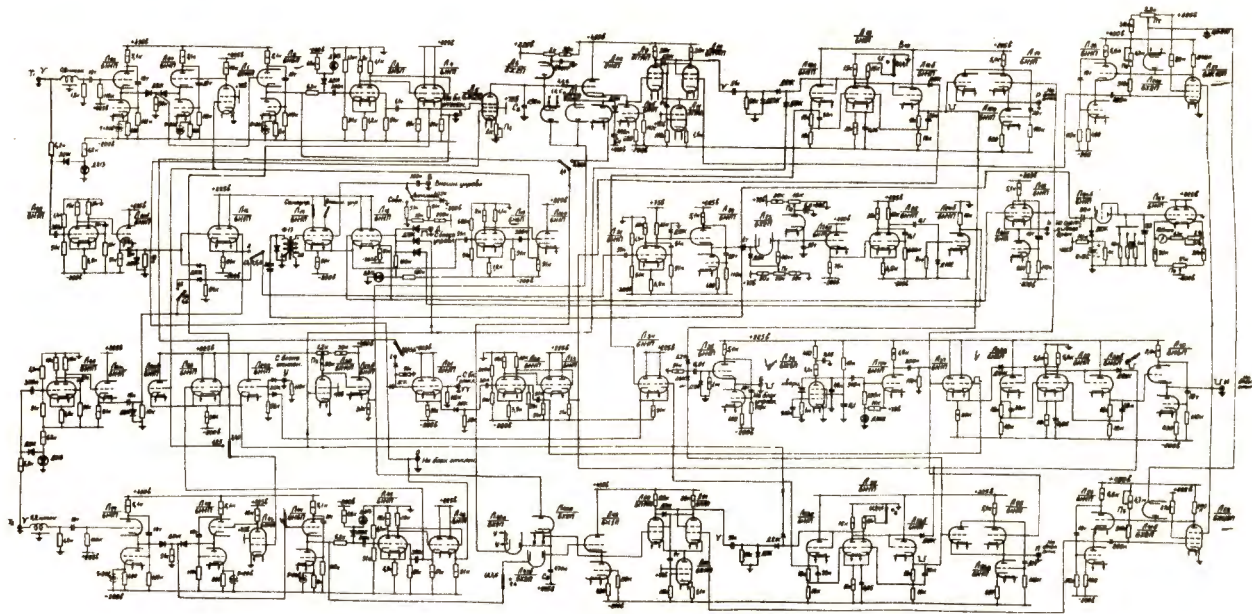
Р и с. 2. Блок-схема анализатора.



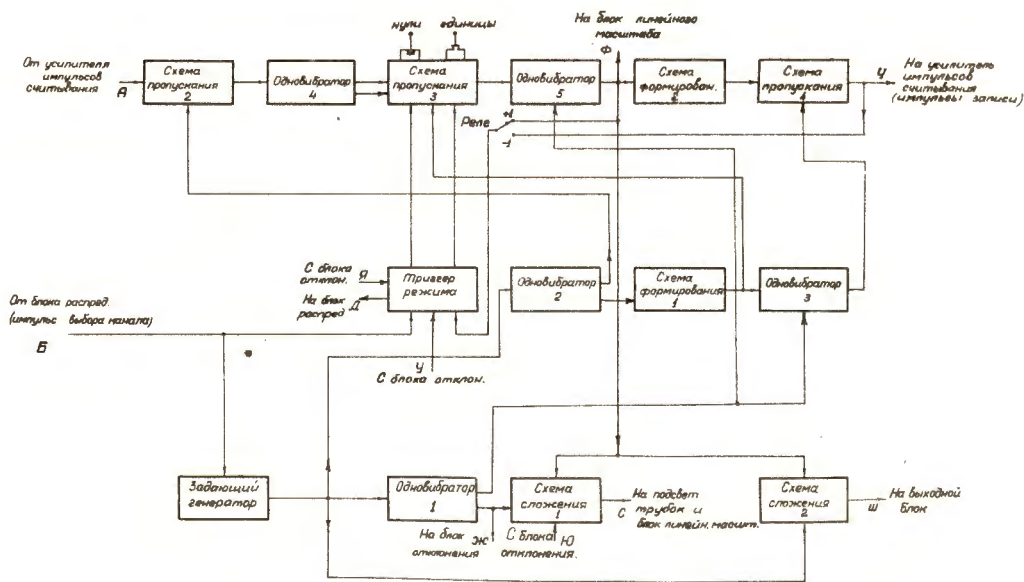
Р и с . 3. Временная диаграмма импульсов.



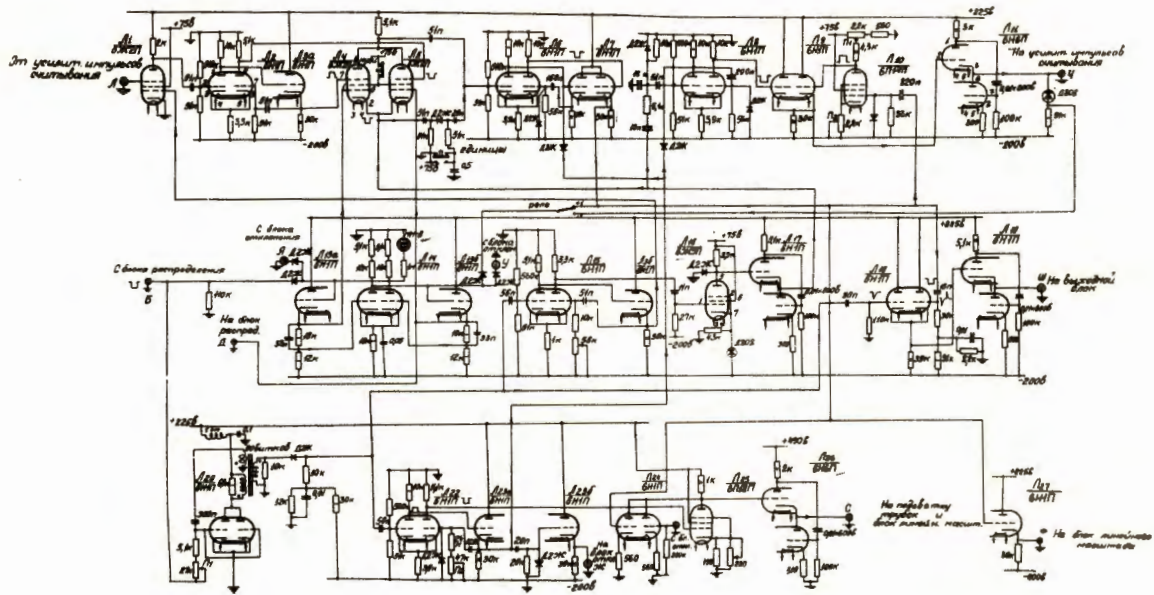
Р и с . 4. Функциональная схема блока распределения.



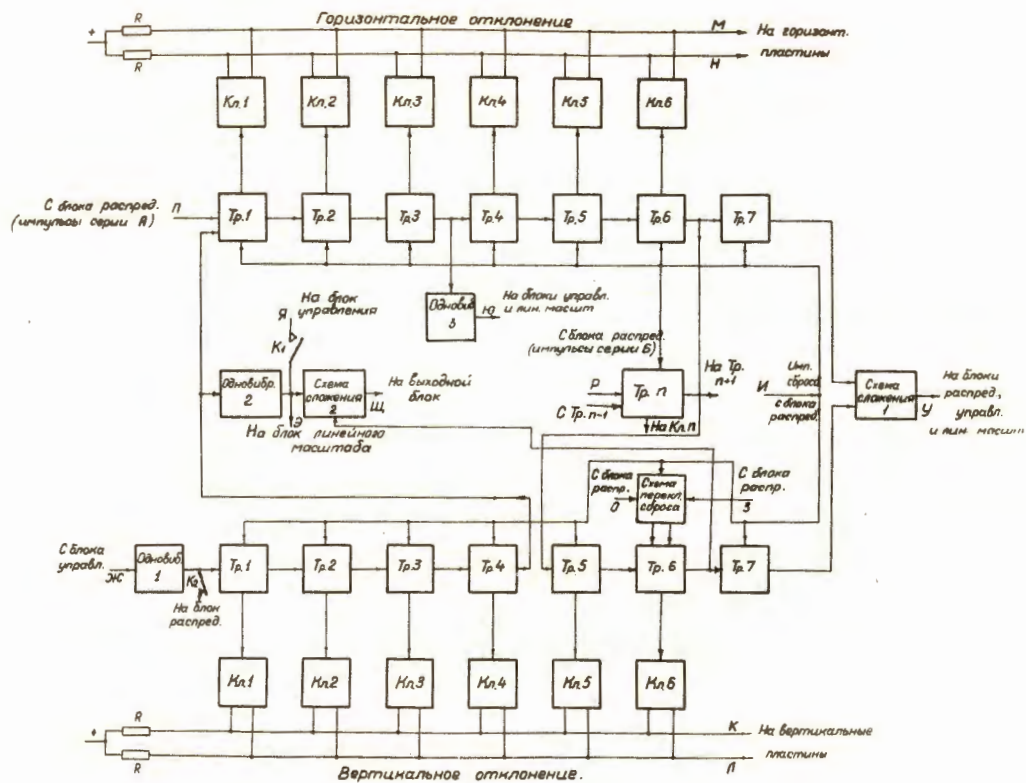
Р и с. 5. Принципиальная схема блока распределения.



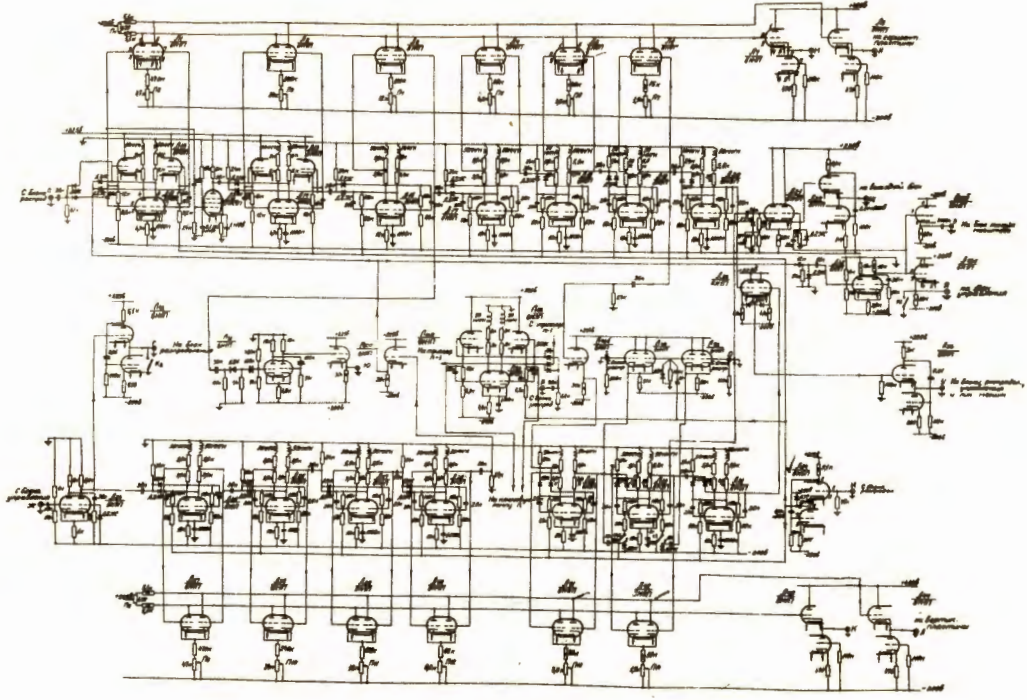
Р и с. 6. Функциональная схема блока управления.



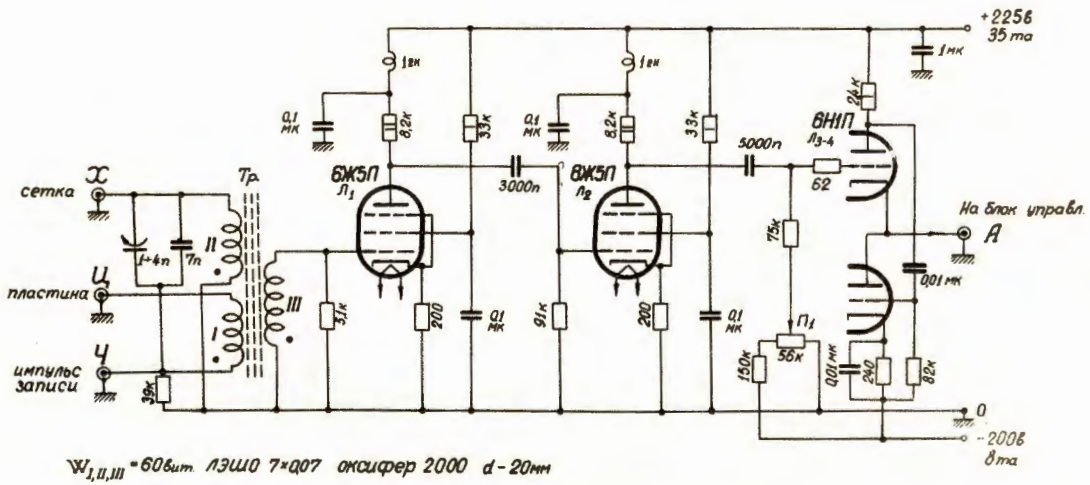
Р и с. 7. Принципиальная схема блока управления.



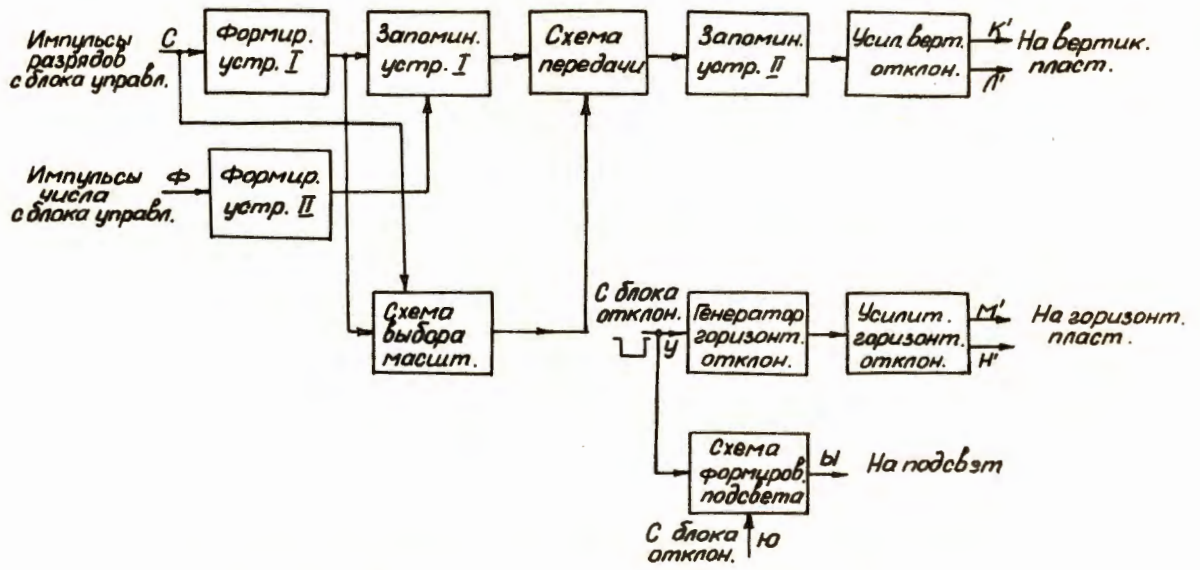
Р и с. 8. Функциональная схема блока отклонения.



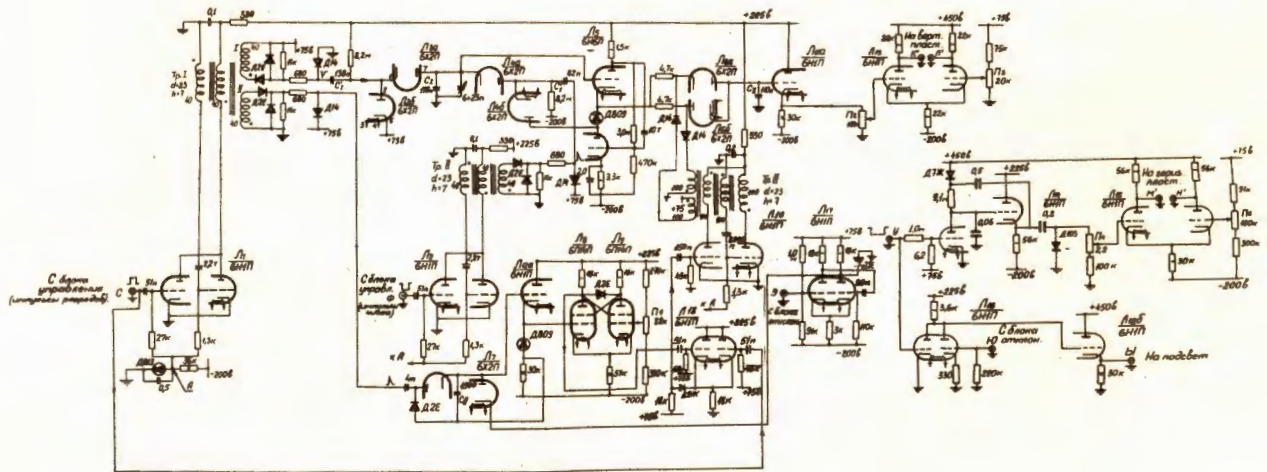
Р и с. 9. Принципиальная схема блока отклонения.



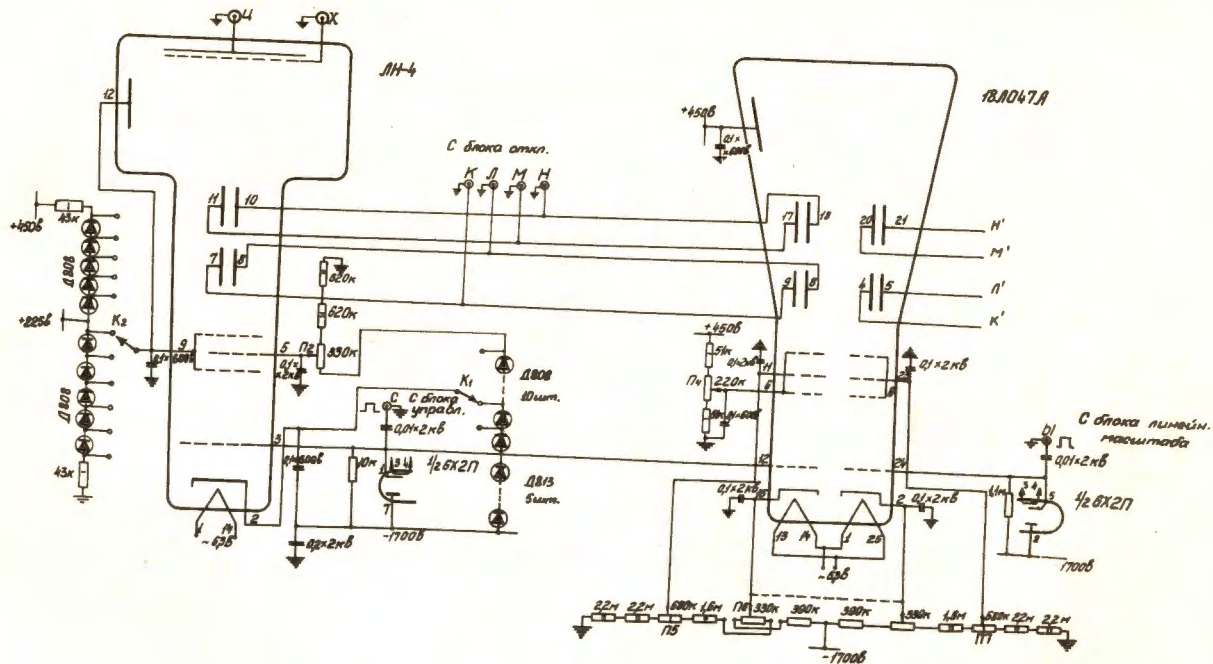
Р и с. 10. Принципиальная схема блока усиления импульсов считывания.



Р и с. 11. Функциональная схема блока линейного масштаба.



Р и с. 12. Принципиальная схема блока линейного масштаба.



Р и с. 13. Принципиальная схема блока трубок.