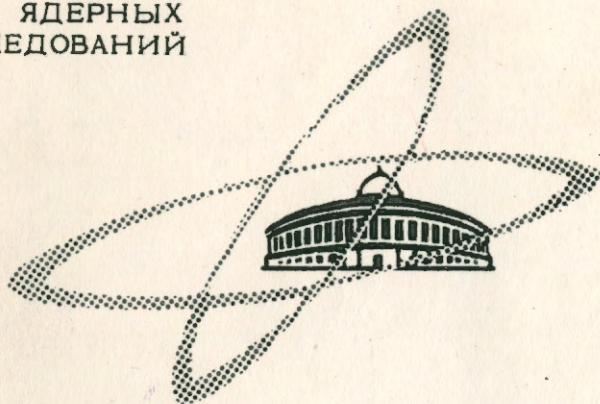


ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Экз. чит. зала

2482



В.И. Приходько, В.Г. Тишин

АМПЛИТУДНЫЙ КОДИРОВЩИК НА 4096 КАНАЛОВ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1965

2482

В.И. Приходько, В.Г. Тишин

АМПЛИТУДНЫЙ КОДИРОВЩИК НА 4096 КАНАЛОВ

Направлено в ПТЭ

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

В в е д е н и е

Энергетическое разрешение спектрометрического устройства определяется многими факторами, такими, как характеристики детектора и предусилителя, геометрия опыта, статистический разброс, стабильность тракта усиления и, в частности, разрешение амплитудного кодировщика (АК).

До последнего времени для амплитудного анализа, связанного с энергетической оценкой ядерных взаимодействий, было достаточно 100 ± 200 каналов. Это определялось прежде всего энергетическим разрешением сцинтилляционных детекторов излучений, которое не превышало $5 \pm 10\%$.

С появлением полупроводниковых детекторов, позволяющих значительно улучшить энергетическое разрешение по сравнению со сцинтилляционными детекторами, в конструировании экспериментальной физической аппаратуры наметилась тенденция к увеличению числа каналов амплитудных анализаторов до нескольких тысяч.

Естественно, что применение аппаратуры с большим числом каналов оправдано лишь в случае, если дрейф в системе может быть поддержан в пределах одного канала. Используя обычные методы построения амплитудных кодировщиков, трудно поддерживать стабильность коэффициента преобразования и порога АК в заданных пределах.

В настоящее время для повышения стабильности АК применяются различные системы стабилизации, в которых порог и усиление АК автоматически подстраиваются по специальным реперным импульсам. В качестве реперов могут быть использованы специфические пики в исследуемом спектре^{/1/} либо в спектре от стороннего источника излучения^{/2/}, а также электрические импульсы^{/3/} или световые вспышки^{/6/} от специальных генераторов.

С точки зрения использования кодирующей системы для решения различных физических задач наиболее универсальным методом стабилизации является стабилизация по эталонным электрическим импульсам.

Такой метод стабилизации был впервые предложен в 1962 г. Чейзом^{/3/}. Аналогичные вопросы отражены в более поздних работах^{/4,5/}.

Рассматриваемая ниже работа представляет собой дальнейшее развитие этого метода, сущность которого состоит в следующем: два эталонных импульса разной амплитуды от стабильного генератора попеременно поступают на вход зарядового предусилителя, усиливаются, измеряются аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и регистрируются в двух сервосчетчиках, связанных через регистры с цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП). Выходные напряжения ЦАП корректируют порог (сервосистема малых эталонных импульсов) и усиление (сервосистема больших эталонных импульсов). Если спектрометрический тракт стабилен, то эталонные импульсы регистрируются в одних и тех же каналах. Кодам этих каналов соответствуют нулевые корректирующие напряжения. Изменение порога АК или усиления тракта вызывает обратное по знаку изменение корректирующих напряжений.

В отличие от стабилизации по специфическим пикам исследуемого спектра излучения^{/1/}, в рассматриваемой системе эталонные импульсы можно привязать к любой точке шкалы кодировщика, что существенно при выборе амплитуды большого и малого эталонных импульсов (в первом случае - энергий пиков) для получения оптимального соотношения между диапазоном перекрытия возможных дрейфов системы и желаемой минимальной ошибкой. Частота эталонных импульсов выбирается в зависимости от скорости дрейфа.

В амплитудных кодировщиках, имеющих систему стабилизации такого типа, применяются три счетчика^{/3/}: один, 12-разрядный, используется при регистрации детекторных импульсов, т.е. адресный счетчик; два других, 10- и 9-разрядные, являются сервосчетчиками системы стабилизации и используются при регистрации эталонных импульсов.

В описываемом амплитудном кодировщике функции адресного и сервосчетчиков объединены, выполняет их один 12-разрядный счетчик. Это позволило значительно сократить число транзисторов и повысить надежность работы устройства.

Использование кодировщика с большим числом каналов (4096 и более) обычно встречает трудности при выборе числа каналов запоминающего устройства, особенно при работе в многомерном режиме. Чтобы в некоторой степени избежать этого, в кодировщике применена предложенная авторами схема "выбора сечений," позволяющая разделять 4096 каналов на отдельные участки (8 x 512 каналов; 4 x 1024; 2 x 2048) в соответствии с используемым запоминающим устройством (т.е. 512, 1024 или 2048 каналов), а также позволяющая вводить цифровой порог от 512 до 3584 каналов без перестройки системы стабилизации.

Качественные характеристики АЦП в большой степени зависят от схемы зарядного устройства. Применение в зарядном устройстве отрицательной обратной связи, значительно улучшающей его параметры, требует наличия элемента типа катодного повторителя с большим входным сопротивлением (= сотни мом). Для этих целей в рабо-

тах^{/4,5/} используется электронная лампа, которая в настоящее время осталась единственным электровакуумным прибором в транзисторизованных амплитудных кодировщиках такого типа.

В описываемом кодировщике катодный повторитель на электронной лампе заменен повторителем на полевом транзисторе, что позволило избежать ряда неудобств, связанных с использованием электронной лампы, а именно: исключены дополнительные цепи питания, значительно улучшен тепловой режим кодировщика.

Разработанный амплитудный кодировщик имеет следующие технические характеристики:

- а) число каналов - 4096;
- б) мертвое время - $(10 + 0,08 n)$ мксек, где n - число каналов;
- в) стабильность положения каналов - 0,025%;
- г) интегральная нелинейность - 0,1%;
- д) дифференциальная нелинейность - +1%;
- е) диапазон - $0,1 \div 8$ в;
- ж) полярность входных импульсов - отрицательная.

Ниже приводятся функциональные и принципиальные схемы отдельных узлов амплитудного кодировщика и дается описание работы устройства в различных режимах.

2. Описание работы амплитудного кодировщика

На рис. 1 приведена блок-схема спектрометрического тракта вместе с амплитудным кодировщиком и системой стабилизации.

Стабилизация тракта осуществляется по двум реперным импульсам (большой эталонный импульс - БЭИ и меньший эталонный импульс - МЭИ), амплитуды которых находятся в отношении 1:8. Выбранное соотношение амплитуд является результатом компромисса между противоречивыми требованиями получения возможно большего диапазона перекрытия дрейфов системы при минимальной заданной ошибке^{/3/}.

Эталонные импульсы напряжения от генератора эталонных импульсов (ГЭИ) поступают на вход зарядового предусилителя (ПУ), усиливаются линейным усилителем (ЛУ) и преобразуются в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) с тем же коэффициентом преобразования, что и детекторные импульсы. После преобразования код детекторных импульсов передается из адресного счетчика (АС) во внешнее запоминающее устройство (память). При регистрации эталонных импульсов их адресные коды переносятся в регистры (R_n и R_y) цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), переносятся в память при этом блокируется.

Меньшие эталонные импульсы, стабилизирующие порог на входе линейных "ворот" (рис. 2а), должны регистрироваться в 512 канале; большие эталонные импульсы, стабилизирующие усиление посредством изменения тока линейного разряда в АЦП, регистрируются в 4096 канале.

Ошибка в номере канала преобразуется цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) в аналоговое напряжение, корректирующее порог или усиление системы. Наименьшая коррекция, которую может дать цифровая сервосистема, соответствует изменению кода, записанного в регистре, на одну единицу. Соотношение между единицей ошибки и единицей коррекции устанавливается выбором параметров ЦАП. Баланс сервосистемы будет достигаться много быстрее, если одна единица ошибки "взвешивается" так, чтобы произвести одну единицу коррекции в следующем измерении. Если коррекция превышает удвоенную ошибку, система генерирует.

В системе с монотонно изменяющимся дрейфом введение автоподстройки увеличивает ширину линии шумов в $\sqrt{1 + \frac{2}{a^2}}$ раз, где a — соотношение между ошибкой и коррекцией $^{1/3}$. Вес единицы ошибки не должен быть очень малым, т.к. в этом случае система будет мало отклоняться от равновесного положения даже при наличии дрейфа.

В рассматриваемой системе соотношение между ошибкой и коррекцией выбрано равным 4:1, при этом ширина линии в спектре увеличивается в 1,08 раза.

При выбранной емкости регистров порога 2^9 и усиления 2^{10} диапазон перекрытия возможных дрейфов системы составляет 3,1% и 6,2% для порога и усиления соответственно.

Вследствие того, что система автоподстройки цифровая, то сама по себе она не дрейфует и не теряет контроля, когда преобразователь занят детекторными импульсами.

Целесообразно отдельно рассмотреть работу АК при измерении детекторных и эталонных импульсов, поскольку действие преобразователя в этих случаях различно.

1. Измерение детекторных импульсов

Функциональная схема аналого-цифрового преобразователя и "логики" управления АК приведена на рис. 2 (а). Входной импульс через нормально открытые линейные "ворота" (ЛВ) поступает на зарядное устройство (ЗУ) и заряжает емкость (С) до пикового значения амплитуды входного сигнала.

На переднем фронте входного импульса с порогом 50 ± 60 мВ срабатывает схема "обострения" фронта (СО), которая вырабатывает стартовый импульс для "логики" АК. Этот импульс поступает на схему совпадения (I_1) и, если триггер блокировки ЛВ ($T_{бл}$) находится в состоянии "1" (линейные "ворота" открыты), запускает блокинг-генера-

тор, (БГ), который формирует два импульса. Положительным импульсом выключается линейный разряд емкости (триггер управления линейным разрядом ($T_{лр}$) устанавливается в "0"), а отрицательный импульс поступает на линию задержки (ЛЗ), состоящую из трех секций.

Время задержки ЛЗ₁ выбирается равным длительности фронта входного импульса и регулируется в пределах $(0,4 \div 2)$ мксек. После ЛЗ₁ схемой Φ_1 формируется импульс, сбрасывающий $T_{бл}$ в "0", линейные "ворота" при этом блокируются на время измерения входного импульса.

Триггер, управляющий схемой вычитания уровня ($T_{ву}$), устанавливается в "1" импульсом от Φ_2 с задержкой, равной $t_{лз_2} = 0,5$ мксек по отношению к моменту окончания заряда конденсатора. Схема вычитания уровня (ВУ) задает порог кодировщика посредством вычитания части входного сигнала.

Включение линейного разряда конденсатора осуществляется спадом импульса с ОВ₄. После ЛЗ₃ импульс поступает на одновибратор ОВ₁ с временем выдержки $t_{ов_1} = 0,5$ мксек. Спад импульса с ОВ₁ формируется на Φ_3 . Импульсом с 1-го выхода Φ_3 запускается триггер (T_r), управляющий ждущим генератором (ЖГ). С другого выхода Φ_3 импульс поступает на схему совпадения I_2 . На выход I_2 импульс проходит лишь в случае, если выполняется одно из трех условий:

1. Срабатывает дискриминатор верхнего уровня (ДВУ).
2. Срабатывает дискриминатор уровня напряжения на емкости (ДУ) (анализируемый импульс меньше порога преобразователя).
3. При амплитудно-временном анализе импульс не попадает во временные "ворота".

Во всех этих случаях дальнейший анализ запрещается импульсом с I_2 , который формируется схемой БГ₂ и через ИЛИ₄ запускает одновибратор ОВ₆, устанавливающий разрядное устройство (РУ) в режим быстрого разряда. Этим же импульсом сбрасывается $T_{ву}$ и импульс с Φ_6 , идущий в момент окончания линейного разряда конденсатора, не пропускается схемой I_3 .

Задним фронтом импульса с ОВ₆, через ИЛИ₂ и Φ_8 триггер блокировки линейных "ворот" устанавливается в "1", разрешая тем самым измерение следующего импульса x .

Если анализ импульса не запрещен, то схема I_3 открыта и импульс с Φ_8 взводит ОВ₂.

При работе АК в режиме амплитудно-временного анализа (АВ) мертвое время преобразователя постоянно и задается одновибраторами ОВ₂ и ОВ₃. В момент окончания импульса с ОВ₃, а при амплитудном анализе (А) — с ОВ₂, формирователем Φ_8

x / На временной диаграмме, иллюстрирующей работу АК (рис. 3), этот режим отмечен пунктиром.

формируется импульс, который взводит схему блокировки (СБ), представляющую собой одновибратор с временем выдержки, равным времени работы памяти (16 мксек).

Этот же импульс поступает на схему И₅, открытую при измерении детекторных импульсов, и после Ф₁₁ подается на запуск памяти. Если адресный счетчик не переполнен, то с выхода И₅ через И₆ на схему формирования Ф₁₂ поступает импульс, разрешающий перенос адреса в память.

Спадом импульса со схемы блокировки после формирования на Ф₁₀ сбрасываются триггеры адресного счетчика ($T_1 \div T_{12}$) и взводится ОВ₈, включающий быстрый разряд. В момент окончания импульса с ОВ₈ Т_{бл} устанавливается в "1". В тех случаях, когда входной импульс приходит во время быстрого разряда емкости, импульс с выхода СО пропускается схемой И₄ и взводит ОВ₅, который продлевает блокировку ЛВ на время длительности входного импульса.

В режиме амплитудно-временного анализа входной импульс, подаваемый на временной кодировщик (ВК), формируется схемой Ф₇ после схемы НЕ₁, которая пропускает импульс от Ф₅ лишь в случае, когда детекторный импульс анализируется амплитудным кодировщиком. Блокировка переполнения осуществляется триггером Т₁₃.

2. Измерение эталонных импульсов

В режиме амплитудного анализа (А) вход одновибратора ОВ₇ (рис. 26) подключен к генератору (Г), формирующему импульсы с частотой 10 ÷ 50 гц (в зависимости от скорости дрейфа), при амплитудно-временном анализе (АВ) ОВ₇ запускается стартовым импульсом временного кодировщика. Время выдержки ОВ₇ равно 1 мсек. Спад импульса ОВ₇ формируется схемой Ф₁₃ и подается на схему НЕ₂, которая открыта, если преобразователь не занят детекторными импульсами.

Импульсом с выхода НЕ₂ взводится триггер Т₁₄, управляющий формированием малого эталонного импульса, который с ГЭИ поступает на предусилитель и далее на вход АК.

"Логика" преобразования эталонного импульса остается такой же, как и для детекторного импульса. Изменяется в данном случае только работа адресного счетчика (АС) и связанных с ним цепей^{х/}.

^{х/} В отличие от системы автоподстройки, предложенной Чейзом^{/3/}, в данной системе используется только один счетчик, который связан с регистрами нуля (Р_н) и усиления (Р_у) простыми логическими схемами, управляющими его работой в режиме измерения детекторных и эталонных импульсов.

Одновременно с подачей эталонного импульса открываются схемы пропускания I_8 , I_8 , I_9 . По шине 2 от Φ_2 через схему I_7 идет импульс переноса адреса из P_{II} (триггеры $T_{II} \div T_{9II}$) в адресный счетчик.

Затем АС считает пуг импульсов, число которых пропорционально амплитуде малого эталонного импульса.

Импульсом от Φ_8 (рис. 2а) взводится одновибратор OB_9 ; передний фронт импульса с OB_9 формируется усилителем Φ_{16} и подается на сброс P_{II} ; спад импульса формируется усилителем Φ_{15} и через I_9 и Φ_{17} разрешает перенос адреса из АС в P_{II} .

Первоначально в регистре устанавливается число 256. Если амплитуда эталонного импульса измеряется точно 512 импульсами, то P_{II} остается в прежнем состоянии. Если число импульсов превышает 512, например, равно 517, то новое число в регистре увеличивается на 5 единиц до следующего измерения малого эталонного импульса.

Число, записанное в P_{II} , преобразуется в пропорциональное аналоговое напряжение посредством цифро-аналогового преобразователя (сопротивления $R_{II} \div R_{9II}$).

Стабилизация обратной связью приводит к тому, что большее число в регистре увеличивает порог на входе линейных "ворот" и, как следствие этого, уменьшает измеряемую величину следующего эталонного импульса. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие.

Аналогично действует система подстройки усиления АК, при этом выход второго цифро-аналогового преобразователя ($R_{Iy} \div R_{10y}$) подключен к схеме, управляющей током линейного разряда конденсатора.

Управление формированием большего эталонного импульса осуществляется триггером T_{15} , который взводится спадом импульса с OB_8 ($t_{0B_8} = 1$ мсек) после Φ_{14} и HE_3 .

Во время измерения эталонных импульсов импульсы переноса адреса и пуска "логики памяти" блокируются потенциалом с выхода схемы ИЛИ 6 .

III. Описание принципиальных схем основных узлов амплитудного кодировщика

1. Аналого-цифровой преобразователь

Принципиальная схема АЦП представлена на рис. 4. Входной импульс поступает через эмиттерный повторитель (T_1) на вход нормально открытых линейных "ворот"

В связи с тем, что порог кодировщика стабилизируется системой автоподстройки, серьезных требований к характеристикам линейных "ворот" не предъявлялось. Поэтому "ворота" были выполнены по простейшей схеме, в которой в качестве нелинейного элемента используется диод типа 2ДБ03А, управляемый транзистором T_2 .

Импульс на зарядное устройство^{х/} ($T_4 \div T_{10}$) проходит лишь в случае, если "ворота" открыты, при этом потенциал на аноде Д813 равен нулю, а T_2 заперт положительным смещением $U_{бэ} = +1$ в. Блокировка "ворот" осуществляется подачей отрицательного потенциала в базу T_2 .

После линейных "ворот" входной импульс через ЭП(T_3) поступает на усилитель (T_4), далее через повторители ЭП(T_5), ЭП(T_6) и диод 2Д503А заряжает емкость до максимального значения амплитуды $U_{вх}$.

В качестве повторителя в цепи обратной связи использован повторитель на полевом транзисторе $У_1^{/8/}$. В данной схеме транзисторы T_7, T_{10} являются токозадающими, диод Д810 и транзисторы T_8, T_9 поддерживают неизменным напряжение между стоком и истоком. Входное сопротивление повторителя - около 100 мом. Применение полевого транзистора вместо электронной лампы улучшило тепловой режим зарядного устройства, позволило избавиться от дополнительных цепей питания и повысило надежность работы устройства.

Разрядное устройство ($T_{11} \div T_{17}$) нормально работает в режиме линейного разряда, при этом T_{12} заперт и ток протекает в правой ветви схемы (T_{13}, T_{14}, T_{15}). Токозадающий транзистор T_{13} включен последовательно со схемой Дарлингтона (T_{14}, T_{15})^{/8/}. Такая комбинация позволяет получить большую стабильность разрядного тока и большее внутреннее динамическое сопротивление разрядного устройства. Ток линейного разряда регулируется в небольших пределах переменным сопротивлением 100 ком, номинальное значение тока равно 25 мка. Регулировка тока разряда, связанная с автоподстройкой усиления АК, осуществляется изменением напряжения на базе T_{13} , которое подается с выхода цифро-аналогового преобразователя через T_{17} (переключатель Π_1 при этом находится в положении 1).

Линейный разряд выключается положительным импульсом из "логики", который через повторитель (T_{11}) открывает T_{12} и переключает в него ток разряда. Транзистор T_{13} при этом запирается и разряд емкости прекращается.

Включение быстрого разряда осуществляется отпиранием диода 2Д503А. Номинальное значение тока быстрого разряда равно 10 ма, продолжительность разряда - 2 мсек.

Схема выделения интервала линейного разряда емкости работает следующим образом. Импульс из "логики" в момент начала линейного разряда перебрасывает триггер на туннельном диоде ЗИ301Г, при этом в дифференциальном усилителе (T_{19}, T_{20}) транзистор T_{20} открывается, а T_{19} запирается, на его коллекторе возникает отрицательный скачок напряжения с амплитудой 8 в.

В зарядном устройстве в момент окончания линейного разряда конденсатора открывается диод 2Д503А, при этом включается цепь обратной связи и на базе T_6 возникает

^{х/} Расчет линейности зарядного устройства приведен в работе^{/7/}. Расчетная кривая дифференциальной нелинейности изображена на рис. 9.

положительный скачок напряжения, который через повторитель (T_{27}) запирает диод Д18 и, далее, транзистор T_{25} в дифференциальном усилителе (T_{24}, T_{25}). Уровень напряжения на коллекторе T_{25} изменяется скачком от 0 до -8 в, этот скачок формирует усилителями (T_{21}, T_{22}) и перебрасывает триггер, в результате чего запирается T_{20} открывается T_{19} .

Таким образом, длительность импульса на коллекторе T_{19} равна времени линейного разряда конденсатора. Импульс в "логику" на запрет анализа берется с коллектора T_{24} через эмиттерный повторитель T_{28} .

Генератор пуга выполнен на основе генератора синусоидальных колебаний трансформаторной обратной связью (T_{33}). Запуск схемы осуществляется отрицательным прямоугольным импульсом с коллектора T_{19} через эмиттерный повторитель (T_{18}). Импульсы формируются из отрицательной полувольты синусоиды мультивибратором (T_{35}, T_{36}), работающим в режиме деления частоты 1 : 1 и представляющим собой симметричную схему с эмиттерной связью. Для устойчивости по постоянному току в эмиттеры T_{35} и T_{36} включены сопротивления - "связки".

Частота импульсов в пуге зависит от параметров контура. Плавное изменение частоты осуществляется триммером.

Возможен и другой режим работы генератора, когда импульсы длительности пуга подается непосредственно на мультивибратор (переключатель Π_2 при этом устанавливается в положение II).

Выбор того или иного режима определяется требованиями, предъявляемыми к АК и условиями, в которых он работает. Частота импульсов в обоих режимах равна 12 МГц, амплитуда - 6 в.

Дискриминация нижнего уровня осуществляется посредством вычитания части напряжения с запоминающего конденсатора с помощью прецизионного генератора ($T_{29} \div T_{32}$). Такой способ дискриминации позволяет обеспечить высокую стабильность порога и не ухудшает дифференциальной линейности АК.

Схема вычитания уровня представляет собой ключ, который подключает делитель (сопротивления 2к и 1,6 к) к опорному напряжению в момент прихода управляющего импульса.

Средняя точка делителя через повторитель (T_{29}) и сопротивление 82 ом присоединена к запоминающему конденсатору. Уровень вычитания изменяется потенциометром от 0 до 2в.

2. Система автоподстройки

На рис. 5 приведена схема одного разряда системы автоподстройки вместе с триггером и выходным каскадом адресного счетчика.

Триггер выполнен на высокочастотных транзисторах по симметричной схеме с корректирующими диодами и встроенными эмиттерными повторителями (T_1, T_2).

Запуск триггера по счетному и по установочным входам осуществляется через дифференцирующие цепи и диоды положительными импульсами амплитудой 6 в. Максимальная частота счета составляет 20 Мгц.

Выходной каскад состоит из диодно-трансформаторной схемы совпадения и усилителя (T_{II}).

Триггеры регистров P_x и P_y выполнены на туннельных диодах, схемы "И", "ИЛИ"-диодные с эмиттерными повторителями на выходе.

Цифро-аналоговый преобразователь представляет собой матрицу из сопротивлений, присоединенных к выходам P_x и P_y через усилители T_7 и T_8 .

3. Генератор эталонных импульсов

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 6.

ГЭИ состоит из двух насыщенных ключей (T_1, T_2, T_3) и (T_4, T_5, T_6), включенных между землей и эталонным потенциалом, стабилизированным опорным диодом Д808^{3/}.

В исходном состоянии транзисторы T_1, T_2 и T_5, T_6 насыщены, а T_3, T_4 заперты, при этом плечи делителя оказываются заземленными через открытые переходы транзисторов T_2, T_5 . Положительный импульс, приходящий на один из входов, запирает соответствующий ключ, в результате чего делитель подключается одним плечом к эталонному потенциалу.

Амплитуды эталонных импульсов на выходе ГЭИ находятся в отношении 8 к 1.

Для температурной стабилизации эталонного напряжения последовательно с опорным диодом включены диоды Д7Ж.

4. Схема "выбора сечений"

Если запоминающее устройство, используемое совместно с амплитудным кодировщиком, имеет число каналов меньше 4096 (512, 1024 или 2048), то для реализации всех 4096 каналов кодировщика может быть использована схема "выбора сечений".

На рис. 7 (а,б,в) приведены функциональная схема, таблица положений переключателя

и диаграмма напряжений на выходах триггеров $T_{10} \div T_{13}$, соответствующие положению "5" переключателя P_1 .

В данной схеме P_1 используется для выбора группы каналов (сечений), а P_2 - для выбора числа каналов в группе в соответствии с используемым запоминающим устройством.

IV. Измерительные характеристики амплитудного кодировщика

Интегральная нелинейность кодировщика была измерена с помощью генератора точной амплитуды (линейность амплитуды генератора составляет 0,1%). Кривая, характеризующая зависимость номера канала от амплитуды входного импульса, приведена на рис. 8. Интегральная нелинейность устройства равна 0,1%.

Дифференциальная нелинейность преобразователя не превышает + 1% в диапазоне амплитуд входных импульсов 0,1 ÷ 8 в. Измерения дифференциальной нелинейности проводились с помощью генератора линейно-меняющейся амплитуды (ГИЛМА), собственная нелинейность которого составляет 0,1 ÷ 0,2%. На рис. 10 изображен "белый" спектр, снятый с помощью кодировщика, по оси x отложено входное напряжение, по оси y - дифференциальная нелинейность в %. Диапазон перекрытия возможных дрейфов системы (в том числе и температурного) составляет 3,1% и 6,2% от полной шкалы для порога и усиления соответственно.

Амплитудный кодировщик позволяет анализировать спектры излучения от имеющихся полупроводниковых детекторов практически без ухудшения их энергетического разрешения.

На рис. 11 приведен спектр изотопа Tu^{166} , снятый в диапазоне энергий до 2 Мэв. Для используемых детектора, предусилителя и усилителя, собственное разрешение которых равно 4 кэв (по линии 1,33 Мэв Co^{60})^{х/}, данный энергетический диапазон перекрывается 2048 каналами.

Разработанный амплитудный кодировщик длительное время эксплуатировался в измерительном центре Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, показав при этом высокую надежность и стабильность измерительных характеристик.

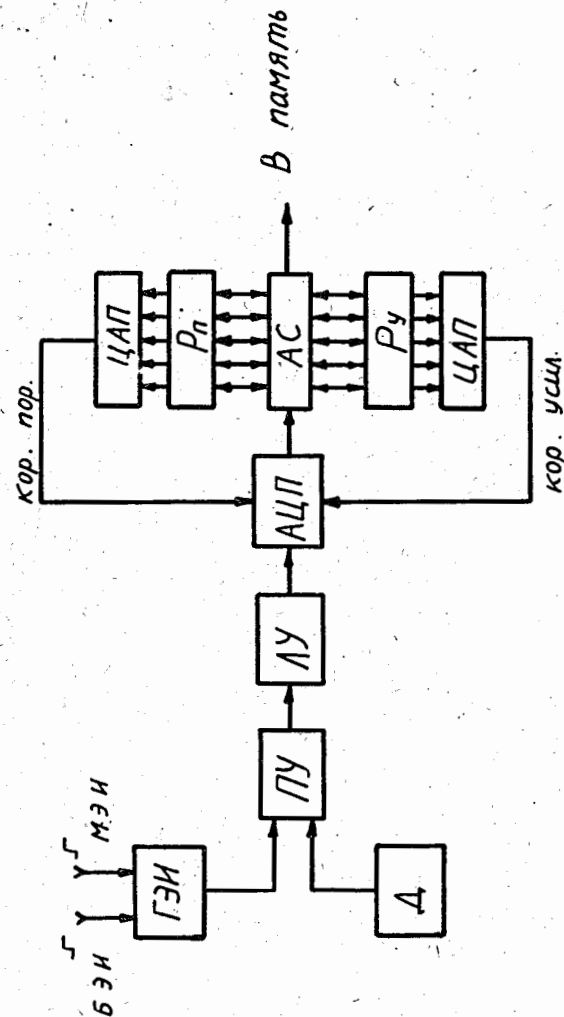
Авторы искренне признательны сотрудникам ОИЯИ Ю.Д. Марееву и Я. Урбанцу, предоставившим возможность провести интересные измерения с полупроводниковыми детекторами на кодировщике, а также Г.И. Забнякину за полезные дискуссии.

^{х/} Калибровочный спектр от изотопов Hg^{203} , Co^{60} , Tu^{166} представлен на рис. 12.

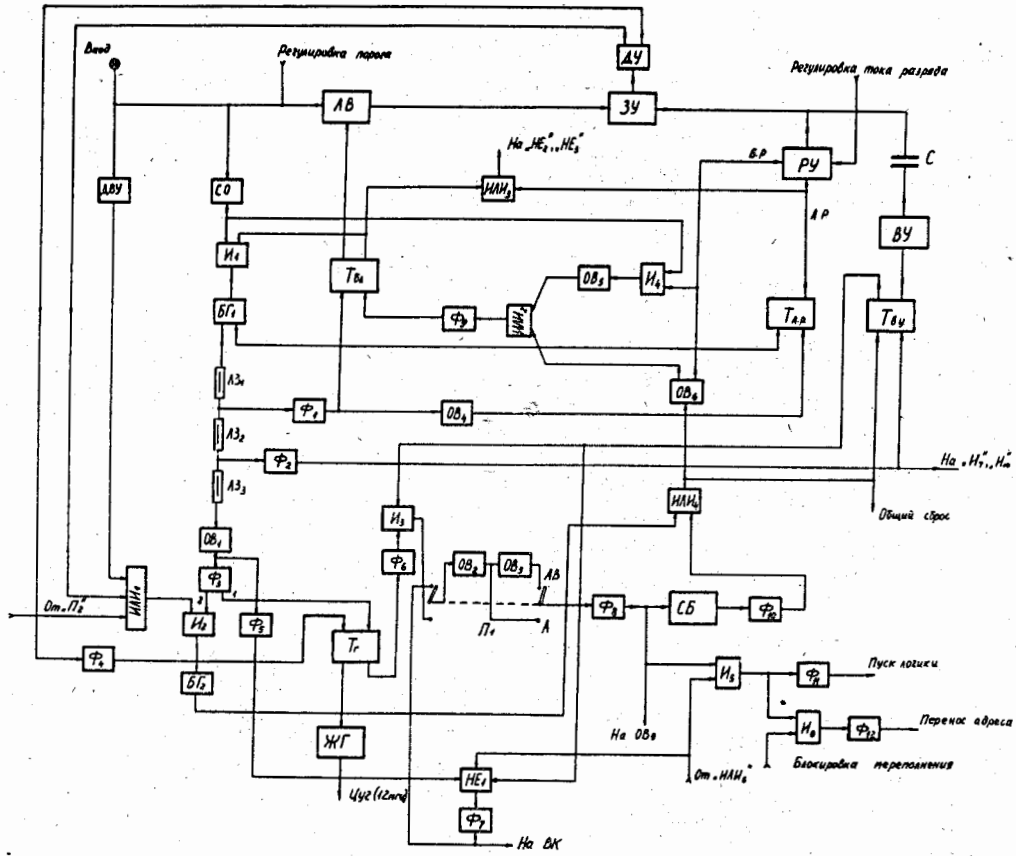
Л и т е р а т у р а

1. J.Ladd and J.Kennedy. CREL-1063 (1961).
2. R.Dudley and R.Scarpatetti. Nucl. Instr. Meth., v.25 (1964), N2, p.227.
3. R.L.Chase. IRE Trans. on Nucl. Sci. NS-9, 1, p.4 (1962).
4. А.Н. Утюжников. Предварительная обработка информации с детекторов излучения. Автореферат диссертации, Дубна, 1965 г.
- 5 V.Goursky and H.Guillon. Nuclear Electronics, Paris, 1963, p. 313.
6. S.Naum and D.Kamke. Nucl. Instrum. Meth., v.8, p. 331 (1960).
7. В.И. Приходько, В.Г. Тишин. О погрешностях амплитудно-временных преобразователей. Препринт ОИЯИ, 2304, Дубна, 1965.
8. K.Kandiah. Instr. Techn. in Nucl. Pulse Analysis, Washington, 1964, p. 186.
9. C.Bonsignori, D.Malosti, V.Pelegriani. Nucl. Instrum. Meth., v.20, p.362 (1963).

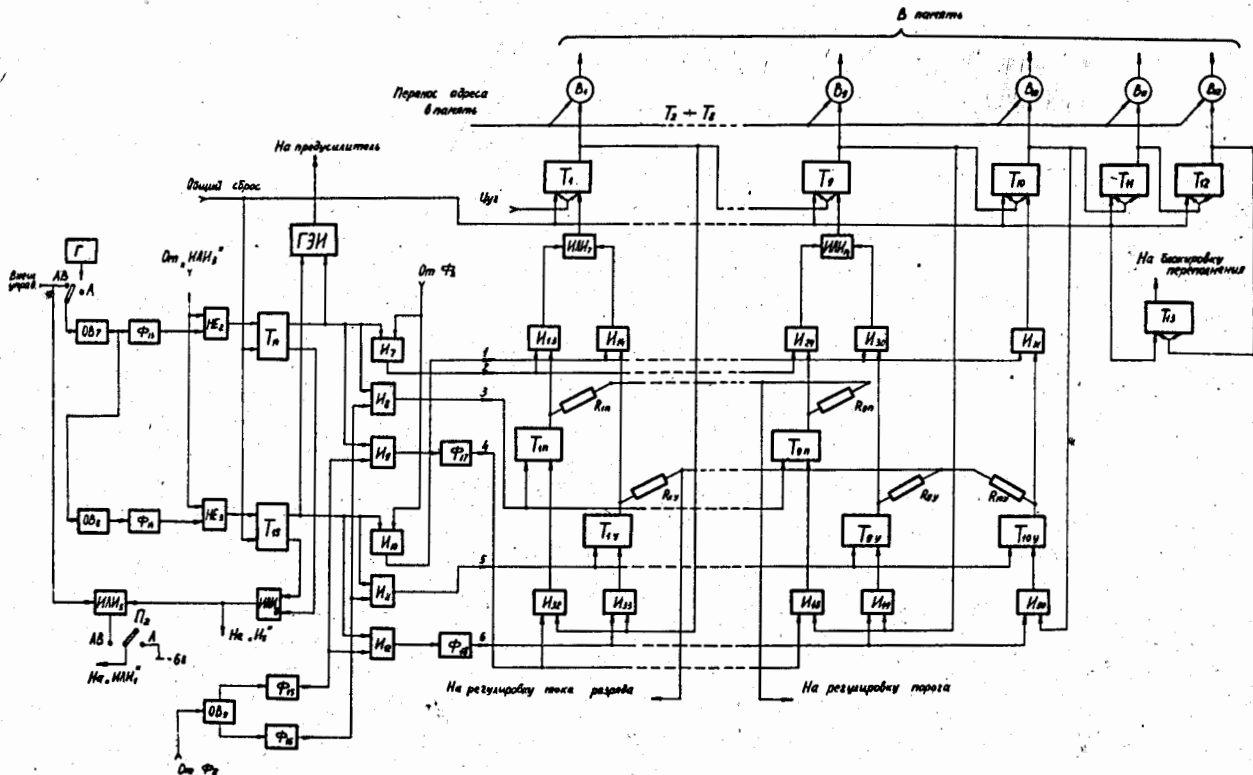
Рукопись поступила в издательский отдел
13 декабря 1965 г.



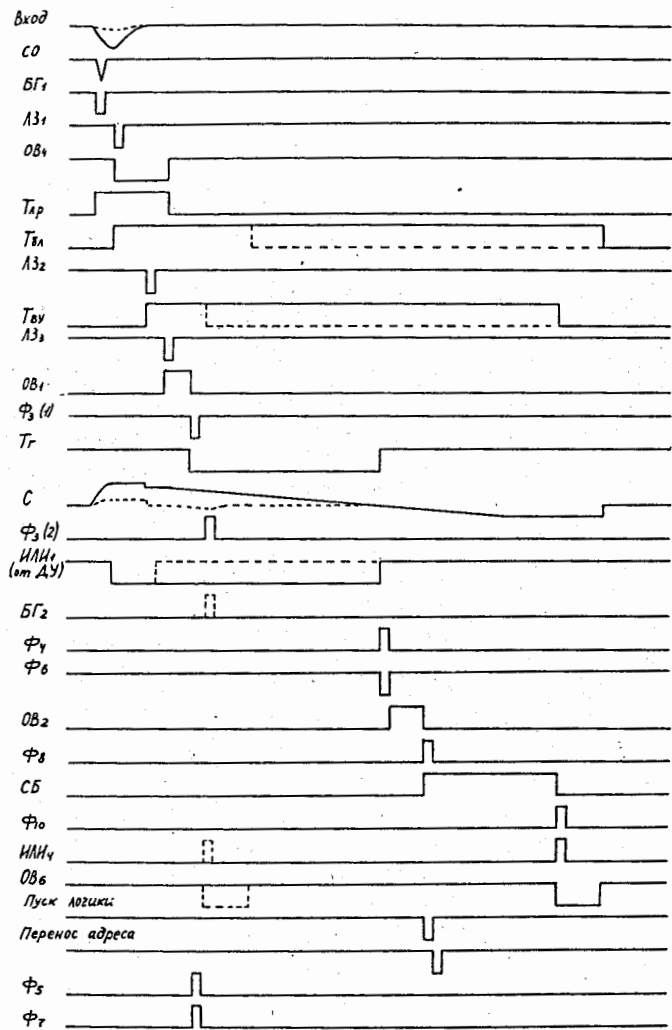
Р и с. 1. Блок-схема амплитудного кодировщика. ГЭИ - генератор эталонных импульсов; Д - детектор; ПУ - преобразователь; ЛУ - линейный усилитель; АЦП - аналого-цифровой преобразователь; АС - адресный счетчик; Рн и Ру - регистры порога и усиления; ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь.



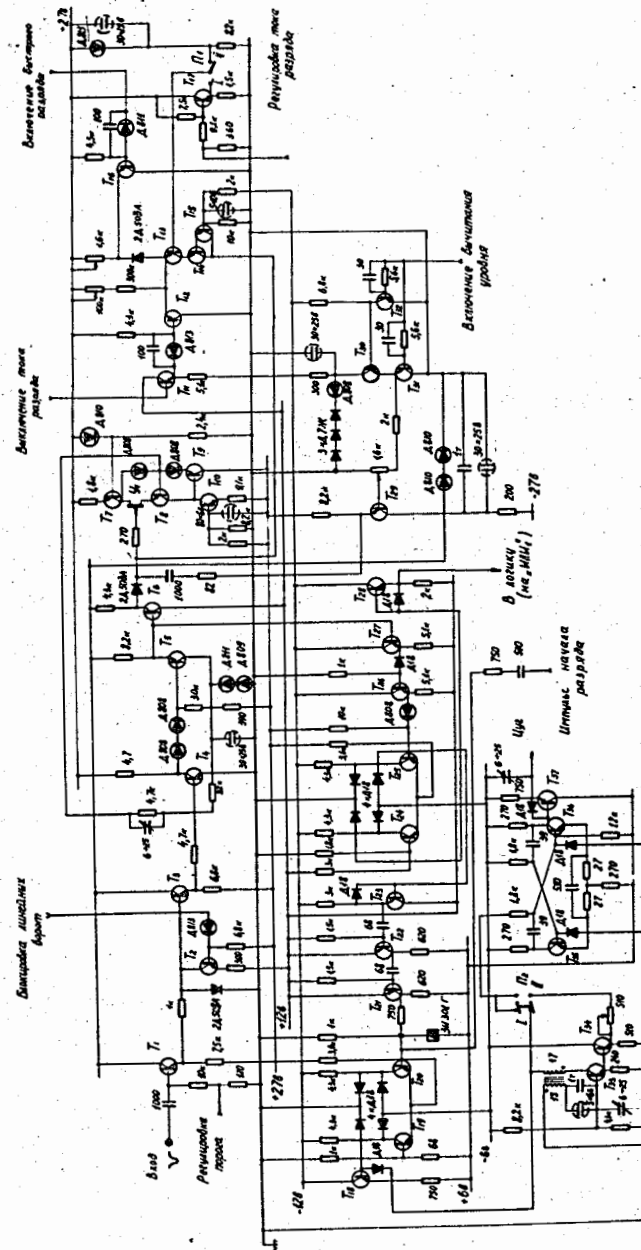
Р и с. 2(а) Функциональная схема амплитудного кодировщика (аналого-цифровой преобразователь и "логика" управления).



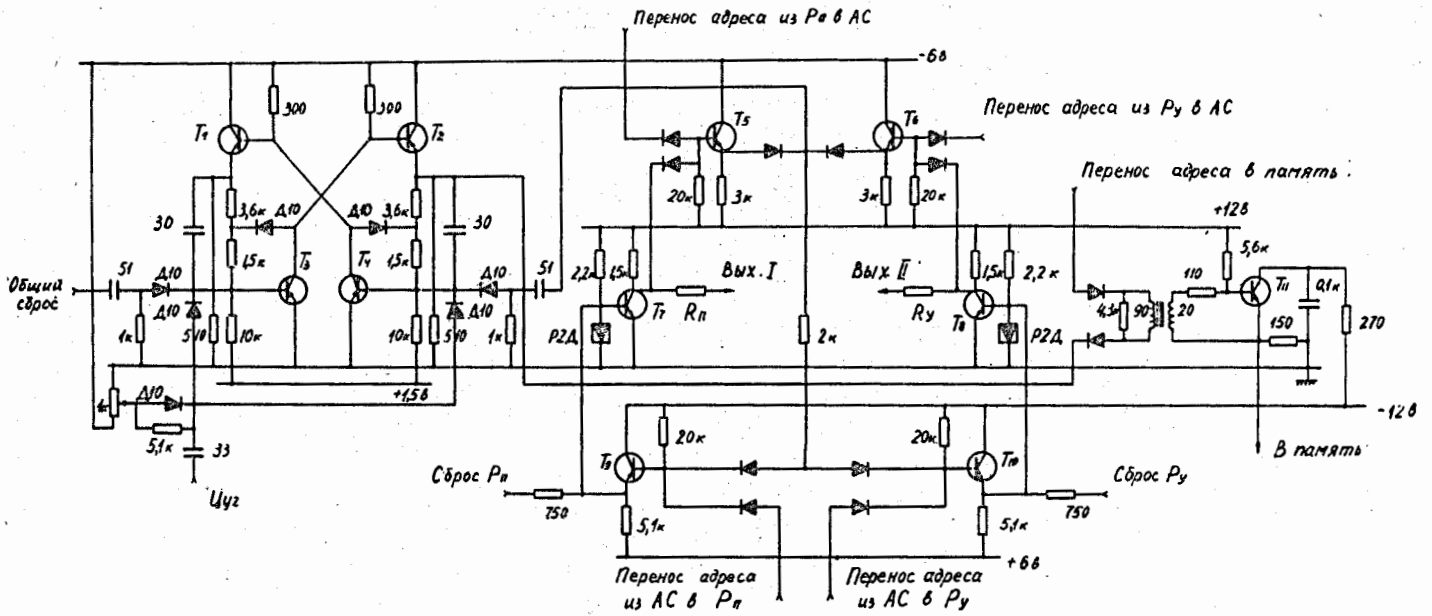
Р и с. 2(б) Функциональная схема амплитудного кодировщика (система стабилизации порога и усиления).



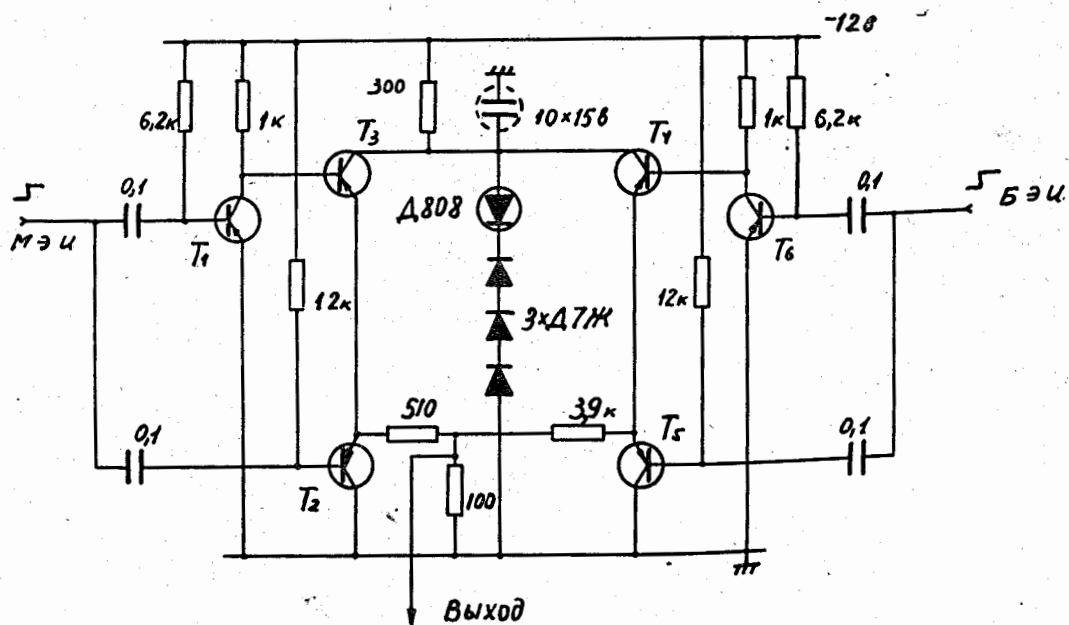
Р и с. 3. Временная диаграмма работы амплитудного кодировщика.



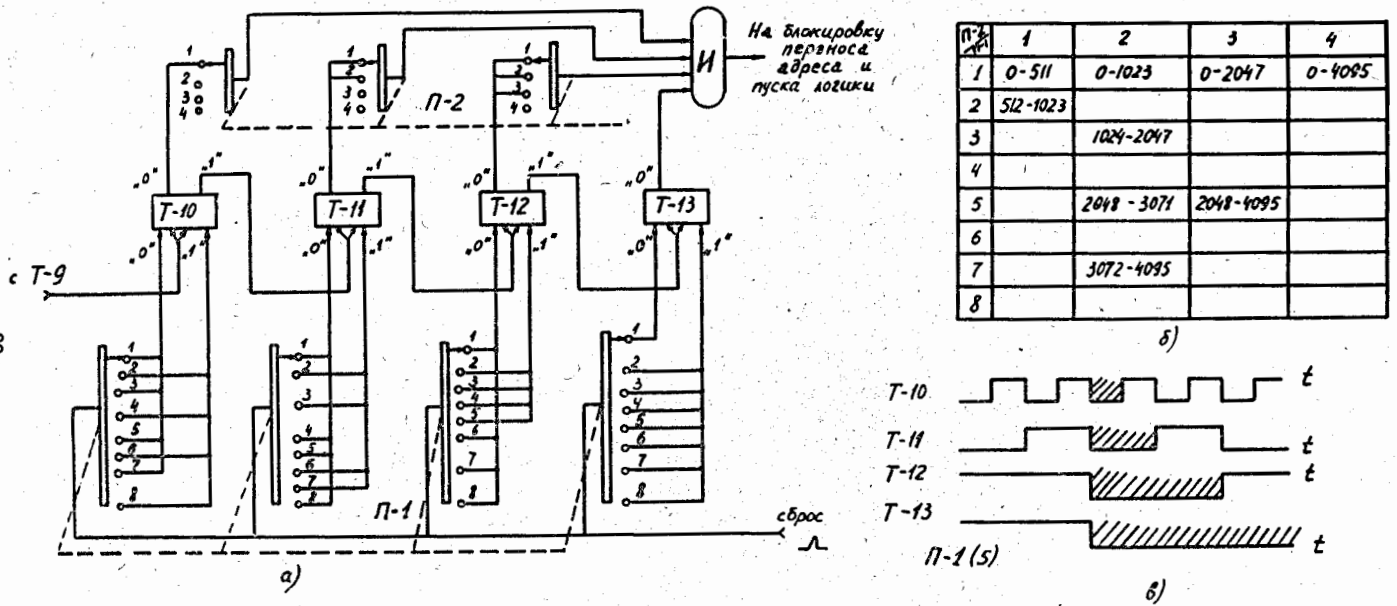
Р и с. 4. Принципиальная схема аналого-цифрового преобразователя. Транзисторы: Т₁, Т₂, Т₃, Т₅ - П602В; Т₃₀, Т₃₂ - П407; Т₃₃, Т₃₈ - П410А; остальные р-п-п - ПТ808В; а-р-п - ПТ808В; а-р-п - ПТ808В; трансформатор на каркасе β 10 мм.



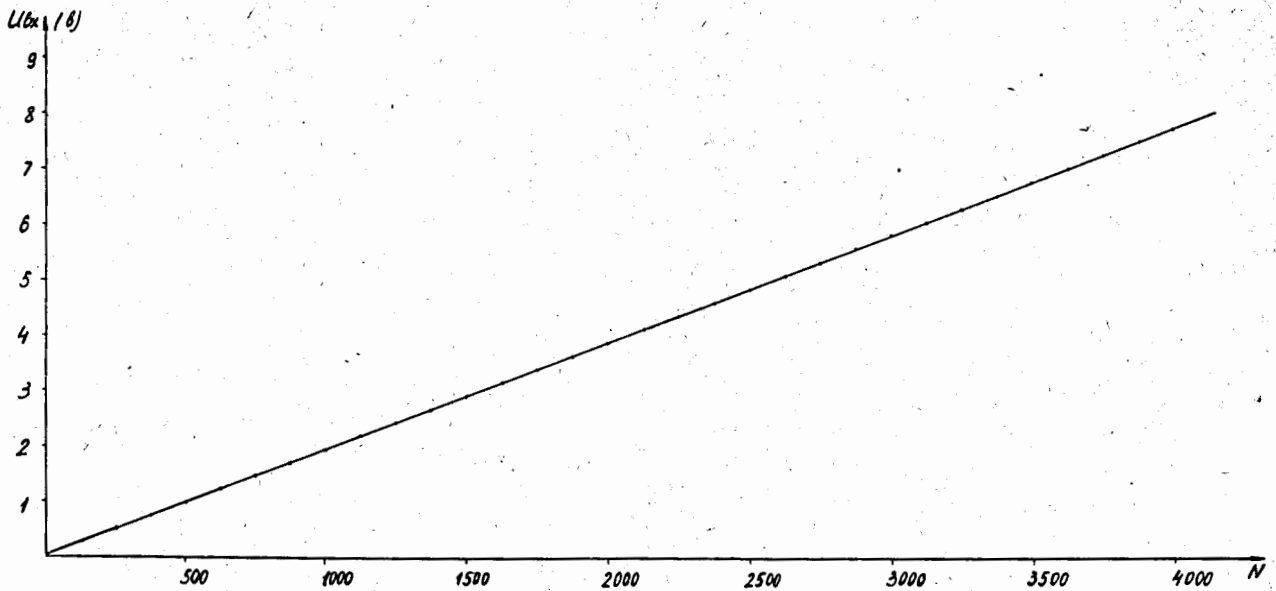
Р и с. 5. Принципиальная схема одного разряда системы автоподстройки.
 Транзисторы: T_1, T_4 - П410А; $T_5, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}$ - 1Т308В;
 T_7, T_8 - 1Т303В; диоды, кроме обозначенных, - Ц0К; трансформатор:
 сердечник-феррит \varnothing 10 мм, $\mu = 1000$.



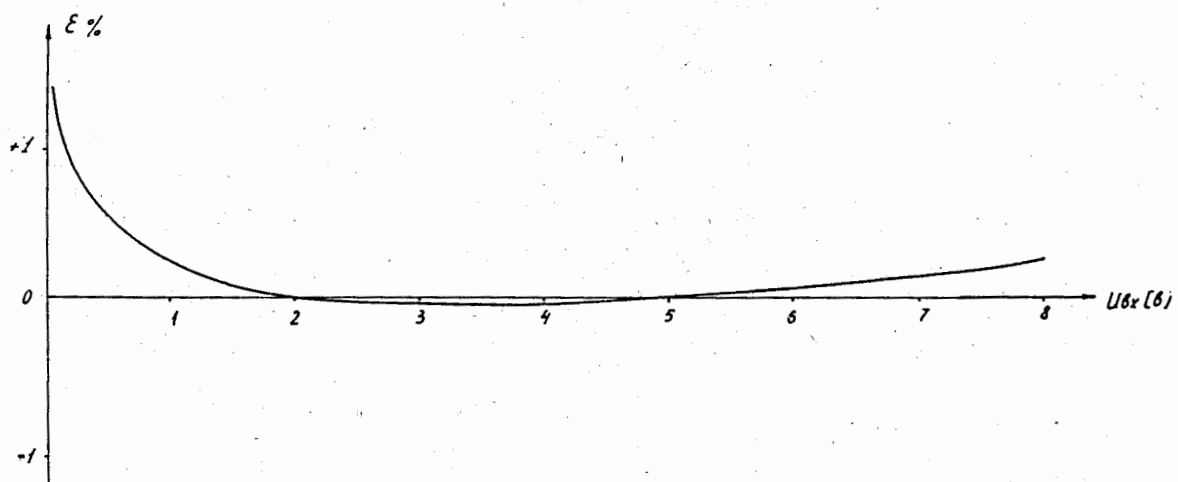
Р и с. 6. Принципиальная схема генератора эталонных импульсов.
 Транзисторы T_1, T_6 - П407.



Р и с. 7. Схема выбора сечений.



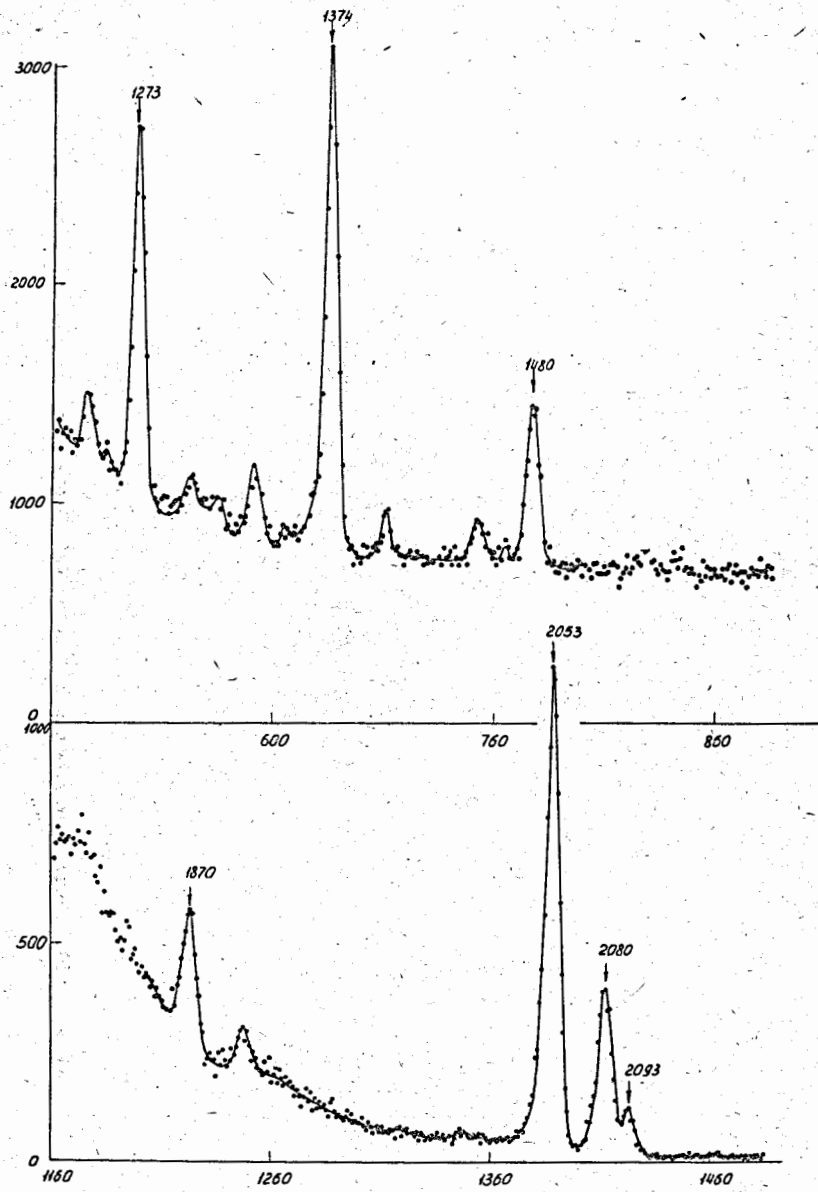
Р и с. 8. Кривая интегральной нелинейности амплитудного кодировщика.



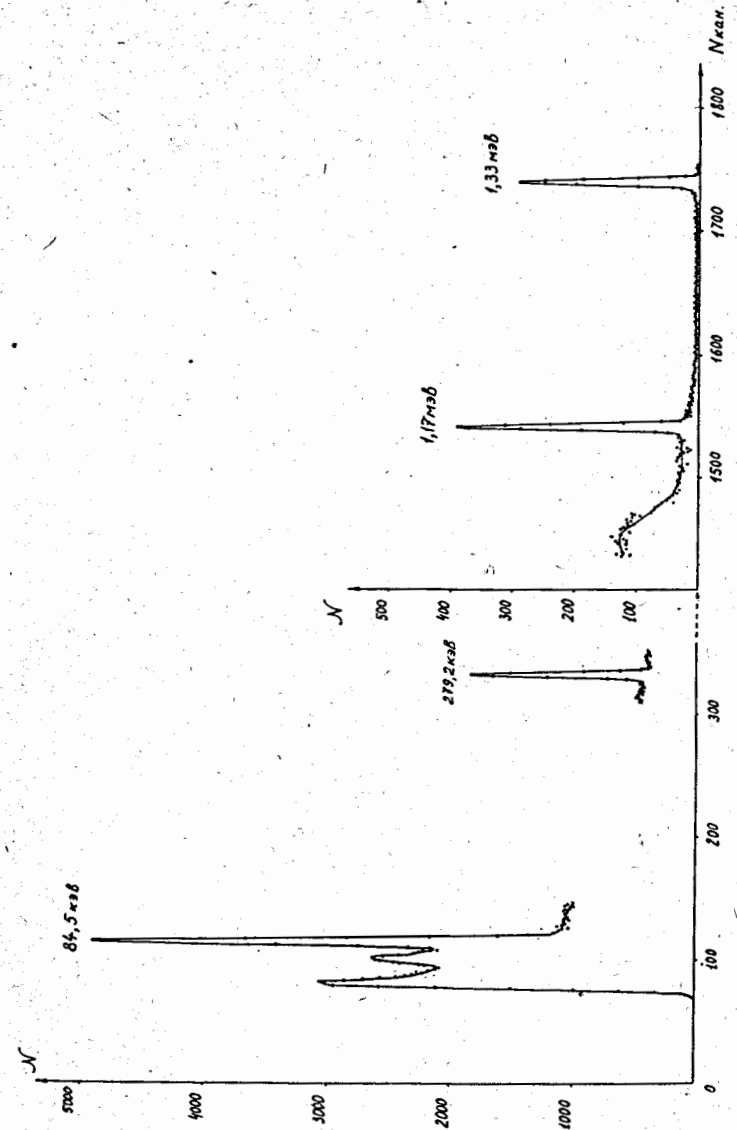
Р и с. 9. Расчетная кривая дифференциальной нелинейности амплитудно-временного преобразователя.



Р и с. 10. Кривая дифференциальной нелинейности амплитудного кодировщика.



Р и с. 11. Спектр изотопа Ti^{186} .



Р и с. 12. Катодный спектр от изотопов Hg^{201} , Co^{60} , Tu^{181} .