

С 344.3e

Л-55

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3914



Ли Сам Рен, А.А.Омельяненко, К.Г.Родионов,
Б.Н.Соловьев

ДЕТЕКТОРНАЯ АППАРАТУРА
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
НА ИБРе

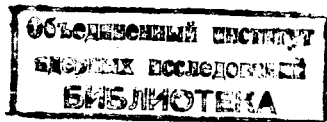
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1968

13 - 3914

Ли Сам Рен, А.А.Омельяненко, К.Г.Родионов,
Б.Н.Соловьев

ДЕТЕКТОРНАЯ АППАРАТУРА
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
НА ИБРе



Приводится описание электронных устройств, предназначенных для работы с детекторами ядерных излучений при экспериментах на пучках нейтронов от импульсного реактора.

I. Детекторная аппаратура представляет собой электронное устройство, имеющее один или несколько входов от детекторов ядерных излучений, функционально связанных с блоками усиления, предварительного отбора и предварительного анализа, и осуществляющее представление величин, количественно характеризующих излучение, в виде, удобном для регистрации в системах лабораторного измерительного центра.

II. В качестве детекторов излучений используются жидкостные сцинтилляторы с фотоэлектронными умножителями, литиевые стекла с ФЭУ, пропорциональные и борные счетчики, ионизационные камеры, полупроводниковые детекторы. Детекторы излучений устанавливаются на нейтронных пучках импульсного реактора. Расстояние от источника нейтронов до детекторов излучений может быть различным в зависимости от проводимого эксперимента (10–1000 м.).

III. Электронное устройство (детекторная стойка) может быть или расположено непосредственно у детекторов излучений, или отнесено на значительное расстояние (до 1000 м) от детекторов. Передача электрического сигнала от детектора до детекторной стойки осуществляется по высокочастотному кабелю типа РК-101, РК-102. В случае больших расстояний для устранения или уменьшения помех, возникающих на длинном кабеле, сигнал с детектора предварительно усиливается.

IV. Выходной сигнал с детекторной стойки в аналоговом или цифровом виде передается на входные устройства измерительных систем лабораторного измерительного центра. Для передачи сигнала на большое расстоя-

ние (до 1000 м) без значительных искажений (в случае амплитудного анализа информации) используются линейные выходные устройства, работающие на длинный кабель.

V. Детекторы излучений преобразуют неэлектрическую величину в электрическую. Электрические сигналы могут различаться по амплитуде, форме, средней частоте, по времени появления и т.д.

VI. Электрические сигналы с детектора поступают на фоне помех, значительно снижающих достоверность передаваемой информации. Помехи могут быть вызваны источниками излучений (γ -излучение от реактора, космическое излучение, радиационное загрязнение окружающих предметов и т.д.), паразитными электрическими сигналами (шумы элементов, наводки) и другими внешними факторами. Сигналы помех в некоторых случаях могут превосходить по амплитуде сигналы полезной информации, а средняя частота их появления намного превышать среднюю частоту измеряемой информации.

VII. Ввиду специфики работы импульсного источника быстрых нейтронов на детекторы излучений, установленные на пучке нейтронов, поступает мощный поток первичного излучения вспышки, состоящий из γ -излучения и быстрых нейтронов и образующий большой перегружающий импульс на входе электронной аппаратуры. Для устранения перегрузки применяются различные методы (запирание фотоумножителей, ограничение сигналов по максимуму, компенсация и др.) или используются в тракте неперегружающие схемы. Периодическая работа импульсного источника излучения позволяет использовать реперный сигнал в подобных схемах (например, входной сигнал для формирования импульса запирания ФЭУ).

VIII. Детекторная аппаратура состоит из совокупности функциональных блоков, выполняющих определенные законченные операции, и блоков, не связанных с непосредственным преобразованием информации (блоки питания, генератор и др.).

IX. Конструкция аппаратуры определяется ее назначением и условиями ее эксплуатации. Поэтому при разработке схем блоков и их конструктивного исполнения учитывались факторы, влияющие на параметры аппаратуры. К таким внешним факторам можно отнести, например, воздействие температуры окружающей среды и рассеяние мощности внутри прибо-

ра, электрические поля, возникающие внутри блоков при появлении больших импульсных сигналов.

Х. Для описываемой аппаратуры принята блочная компоновка, при которой каждый функциональный блок имеет самостоятельное значение, выполнен на отдельном шасси и устанавливается в общей стойке. Электрические соединения блоков осуществляются при помощи разъемов. Размеры шасси и цоколевка разъемов питания блоков стандартизированы, что позволяет производить удобную компоновку функциональных блоков.

XI. В качестве основных блоков детекторной аппаратуры используются типовые блоки, разработанные авторами в 1965-67 гг. /1,2,3/, и вспомогательные блоки (блок питания, пересчетная декада и др.), выпускаемые в центральных экспериментальных мастерских. Кроме блоков, описанных в /1,2,3/, в систему включены блоки приведенных ниже типов:

а) Усилитель спектрометрический (УС-5) (рис.1)

Коэффициент усиления макс	1000
Амплитуда выходная макс.	10 в
При перегрузке $\times 1000$ время восстановления составляет (для рабочего и перегружающего импульсов длительностью $2 \cdot 10^{-6}$ сек)	40 мксек
Среднеквадратичное значение шумов, приведенных ко входу	10 мкв
Температурная стабильность	не хуже 0,06%/С
Интегральная нелинейность при $\tau = 2$ мксек	составляет 0,2%
Усилитель имеет цепи двойного дифференцирования и одного интегрирования	

б) Усилитель импульсный (У-6)

Коэффициент усиления макс.	1500
Амплитуда выходная макс.	10 в
Время нарастания	50 нсек
Схема усилителя У-6 аналогична схеме усилителя УС-5, в котором отсутствуют формирующие RC -цепи.	

в) Схема двойных совпадений (СС-2)(рис.2).

Разрешающее время, минимальное	0,1 мксек
--------------------------------	-----------

Чувствительность схемы 0,5 в

Амплитуда выходная 8 в

Входные импульсы формируются по амплитуде и длительности с помощью двух формирователей на туннельных диодах. Разрешающее время определяется длиной КЗ-кабеля типа РК-19. Схема отбора выполнена на одном туннельном диоде с токовыми сопротивлениями.

г) Схема пропускания (СП-2) (рис.3)

Максимальная амплитуда, пропускаемая линейно 10 в
Величина пьедестала 0,4 в
Длительность "ворот" 1,5 мксек
Амплитуда разрешающего импульса 2 в
Мертвое время 1,5 мксек

Линейные ворота построены по принципу, описанному в /4/. Длительность "ворот" определяется постоянной времени в цепи одновибратора, используемого в качестве разрешающего формирователя схемы.

д) Выходной формирователь (ВФ) (рис.4)

Амплитуда входная 2 в
Амплитуда выходная 15в
Длительность выходного импульса 2 мксек
Выходное сопротивление 6 ом

В качестве выходного элемента использован транзистор типа П601ИБ.

е) Эмиттерный повторитель выходной (ЭП-3)(рис.6)

$$R_{вх} = 2,7 \text{ ком}$$

$$R_{вых} = 6 \text{ ом}$$

Амплитуда выходная макс. 18 вольт.

з) Для амплитудных измерений в систему блоков включены линейный ограничитель (рис.7) и проверочный генератор импульсов. Все блоки полностью транзистрированы. Полярность входных и выходных импульсов отрицательная. Напряжения, применяемые для питания схем, стандартизованы (+12в; ±27в).

Из перечисленных блоков были изготовлены детекторные стойки для спектрометрических измерений на нейтронных пучках.

1. Аппаратура для измерения полных эффективных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами.

2. Аппаратура для измерения полных эффективных сечений в экспериментах с поляризацией нейтронов.

3. Быстрая аппаратура для детекторов на литиевых стеклах.

4. Спектрометрическая аппаратура для γ -детектора (эффект Мёсбауэра).

5. Детекторная аппаратура для экспериментов по исследованию фазовых переходов.

6. Десятиканальная система для исследования угловых рассеяний.

7. Спектрометрическая аппаратура импульсной ионизационной камеры для изучения реакций (n, α) .

8. Шестиканальная спектрометрическая аппаратура для измерений на кремниевых полупроводниковых детекторах.

Кроме того, часть блоков применяют в других устройствах, например, в системах контроля за работой реактора, входном устройстве измерительного центра.

На рисунках приведены блок-схемы части аппаратуры, перечисленной выше.

XIII.1. Аппаратура для измерения полных эффективных сечений (рис.8). В качестве детектора применяется жидкостной сцинтилляционный детектор с двумя фотоумножителями типа ФЭУ-49. Уровень входных сигналов 3-30 мв, для их усиления используются усилители типа У-1-3. Разделение полезного сигнала и шумового производится с помощью схемы совпадения. Для более четкой работы схемы совпадения сигналы усиливаются и формируются короткозамкнутым кабелем. Дифференциальный дискриминатор позволяет выделить область нейтронного спектра. Для контроля работы и проверки в стойке предусмотрен калибровочный генератор и пересчетная схема с емкостью 10^9 имп.

XIV.2. Аппаратура для измерений полных сечений в экспериментах с поляризацией нейтронов (рис.9) по функциональному построению аналогична схемам 1. В качестве детектора применен жидкостный сцинтиллятор с 4 фотоумножителями типа ФЭУ-49. Импульсы с ФЭУ суммируются последовательно на 3 линейных сумматорах

и после усиления амплитудного отбора поступают на измерительные системы ЛИЦ для дальнейшего анализа. Выделение анализируемого сигнала из шумовых производится схемой двойных совпадений с разрешением 0,1 мксек после предварительного суммирования сигналов. Суммирование сигналов позволяет повысить эффективность счета. В стойке установлены генератор и пересчетная схема.

XV.3. Аппаратура для детектора на литиевых стеклах предназначена для предварительного отбора импульсов, формирования и передачи их по кабелю на систему быстрого временного анализа. Средняя амплитуда сигнала с анода фотоумножителя - 150 мв при максимальной загрузке до 10^5 имп/сек. Для усиления сигнала применены усилители с временем нарастания 10 нсек. Отбор импульсов, соответствующих нейтронному спектру, производится быстрым интегральным дискриминатором. Общее разрешающее время при средней амплитуде сигнала составляет $0,1 \cdot 10^{-6}$ сек.

XVI.6. Электронная аппаратура для γ -детекторов (эффект Мёссбауэра) состоит из 2 спектрометрических усилителей с общим коэффициентом усиления 10^6 , дифференциального дискриминатора, выходных формирователей и пересчетной схемы. Для уменьшения разрешающего времени тракта в усилители введены дифференцирующие цепи.

XVII 5. Аппаратура для экспериментов по исследованию фазовых переходов (рис.10) состоит из двух идентичных трактов, включающих в себя:

- а) борный счетчик нейтронов;
- б) предварительный спектрометрический усилитель с $K_{\text{макс}} = 1000$;
- в) основной спектрометрический усилитель $K_{\text{макс}} = 1000$;
- г) дифференциальный дискриминатор с дополнительным интегральным выходом;
- д) пересчетную схему.

Выходные сигналы с борного счетчика амплитудой 100 мкв - 1 мв усиливаются каскадом предварительного усиления и передаются по кабелю длиной 1000м на вход основной стойки аппаратуры. Предварительное усиление сигнала до кабеля значительно улучшает отношение сигнал/шум.

ХVIII. 6. Спектрометрическая аппаратура импульсной ионизационной камеры для изучения реакции (n, α) включает в себя зарядочувствительные мал шумящие предусилители, основные спектрометрические усилители типа УС-5, схему компенсации перегрузок и выходные устройства. Система включает в себя генератор точной амплитуды для калибровки и проверки линейности и временной стабильности системы. Выходной каскад аппаратуры обеспечивает передачу спектрометрической информации по кабелю 1000м на вход многопараметрической регистрирующей системы ЛИЦ без значительного ухудшения энергетического разрешения. Аппаратура обеспечивает стабильные параметры при длительном измерении на нейтронных пучках.

Авторы выносят искреннюю благодарность Г.П.Жукову за постоянное внимание и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. А.А.Омельяненко, К.Г.Родионов, Хен Еен Гынь. Препринт ОИЯИ, 2280, Дубна, 1965.
2. Ли Сам Рен, К.Г.Родионов. Препринт ОИЯИ, 13-3765, Дубна, 1968.
3. К.Г.Родионов, Хен Еен Гынь. ПТЭ, 4, 98 (1967).
4. Л.С.Горн, И.С.Крашенинников, Б.И.Хазанов. Электроника в спектрометрии ядерных излучений. Атомиздат, 1963, стр. 156.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 июня 1968 года.

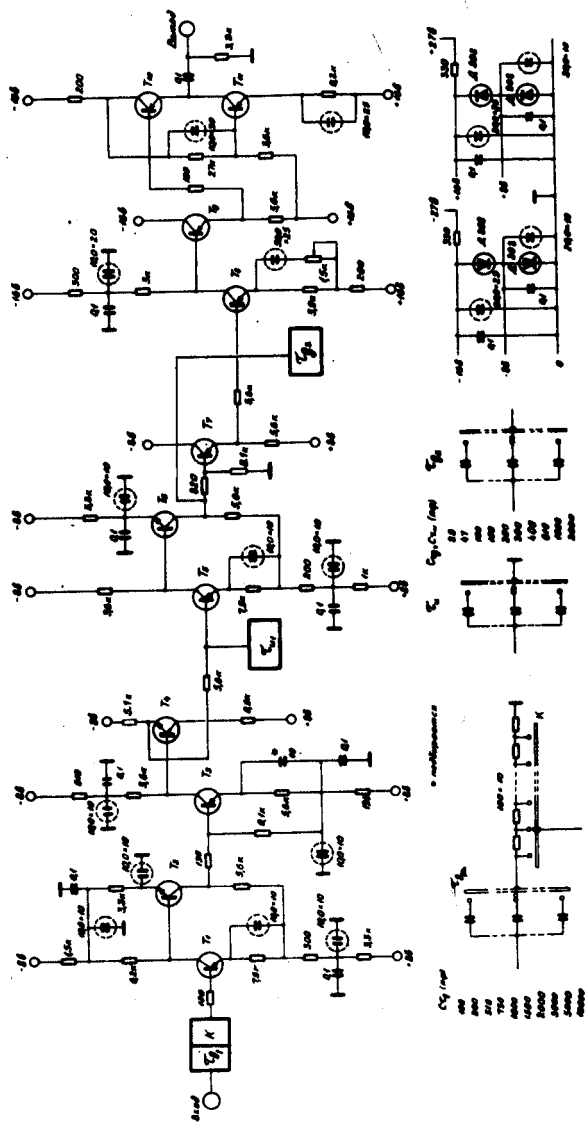


Рис.1. Усилитель спектрометрический (УС-5). Транзисторы Т1-Т11-типа на ГТ 308В. Транзисторы Т2-Т4,8-типа 2Т 301Д.

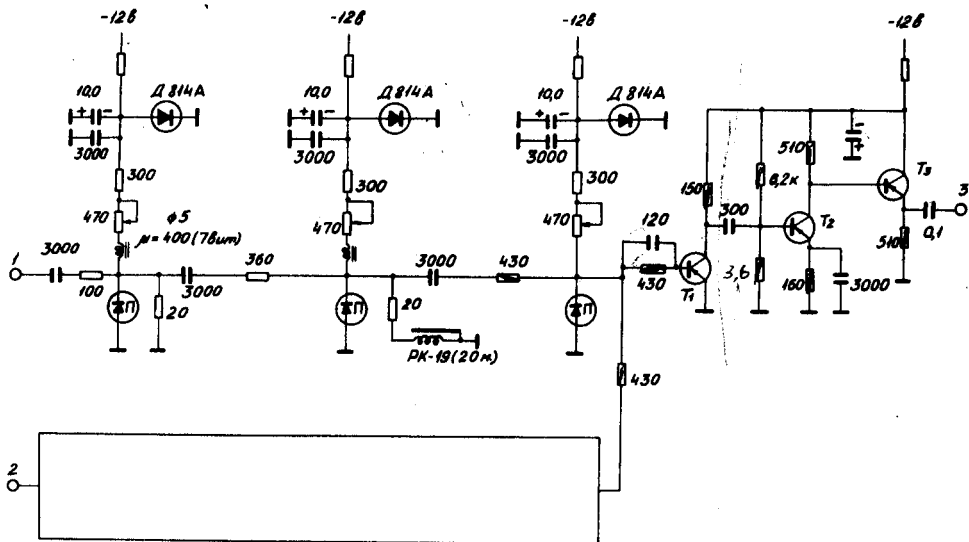


Рис.2. Схема двойных совпадений (СС-2). Туннельные диоды D_1 - D_3 - типа 3I301. Транзисторы T_1 - T_3 - типа П417В.

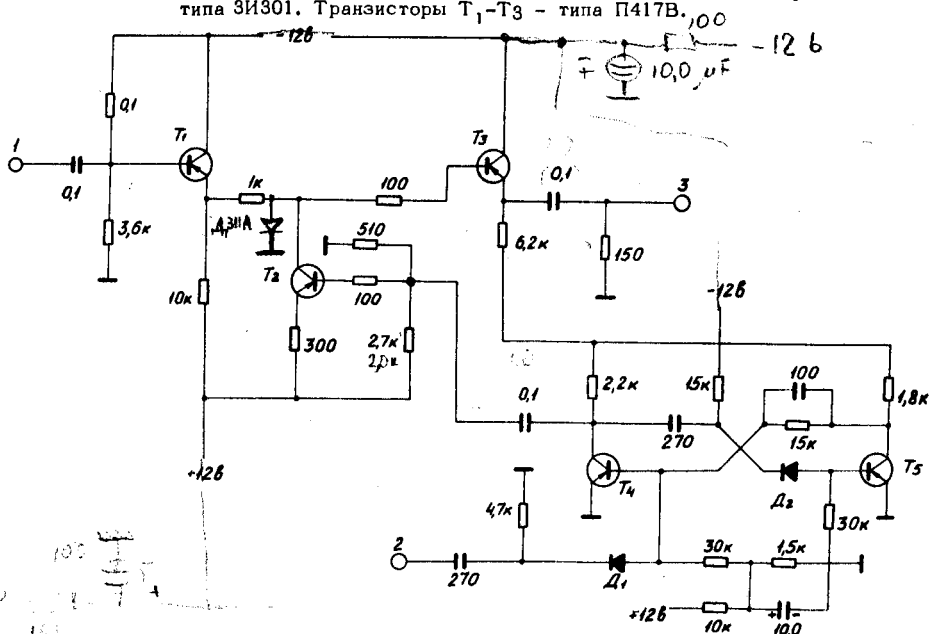


Рис.3. Схема пропускания (СП-2). Транзисторы T_1 - T_3 - типа П417В. Транзисторы T_4 - T_5 - типа П416А.

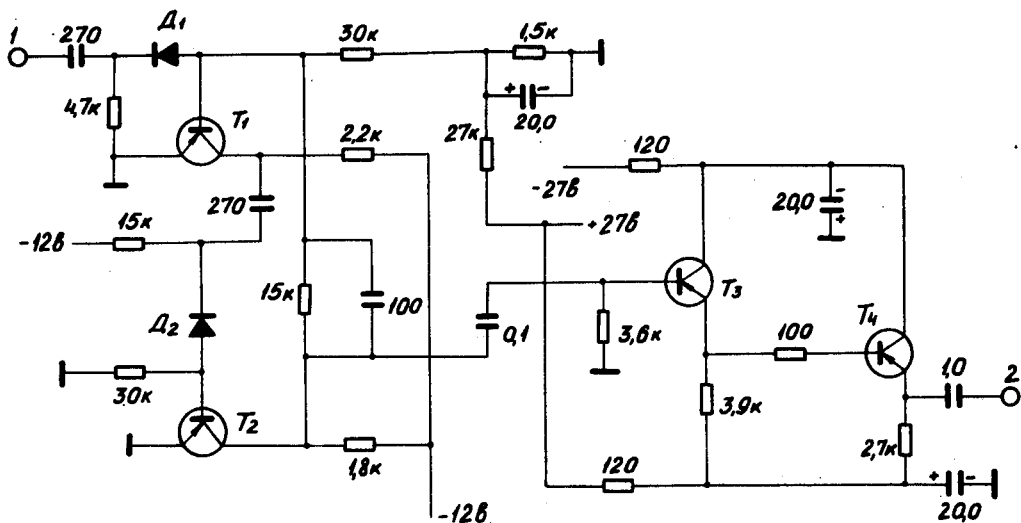


Рис.4. Выходной формирователь (ВФ). Транзисторы T_1, T_2 - типа П416А. Транзисторы T_3, T_4 - типа 1Т308 .

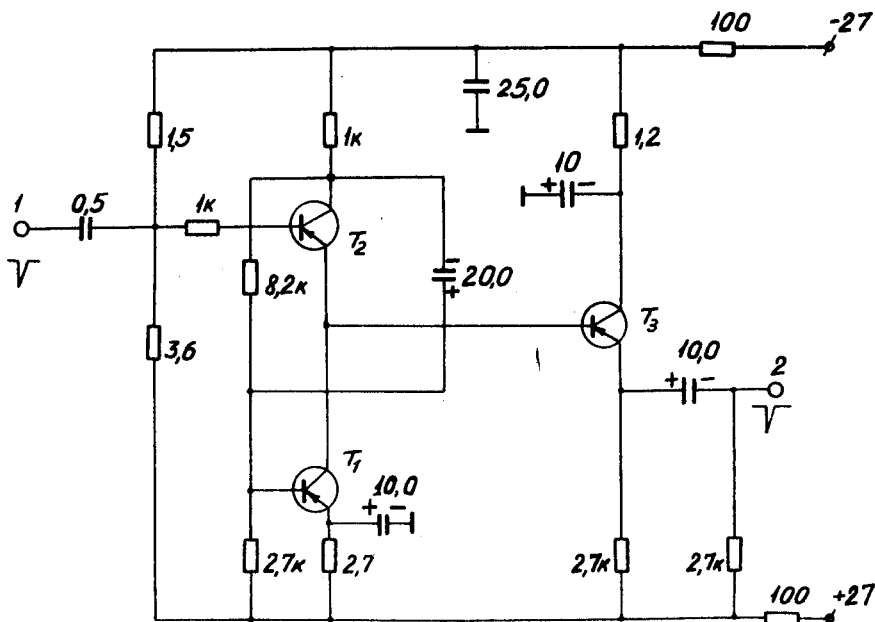


Рис.5. Эмиттерный повторитель (ЭП-4). Все транзисторы - типа ГТ 308В.

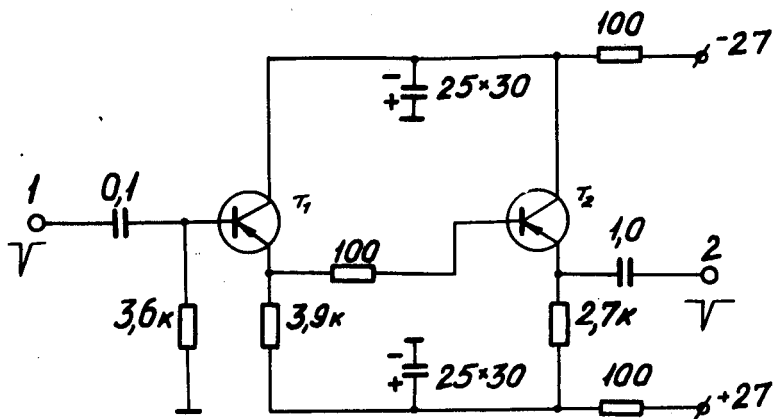


Рис.6. Эмиттерный повторитель выходной (ЭП-3). T_1 - типа ГТ 308В.
 T_2 - типа П601ИБ.

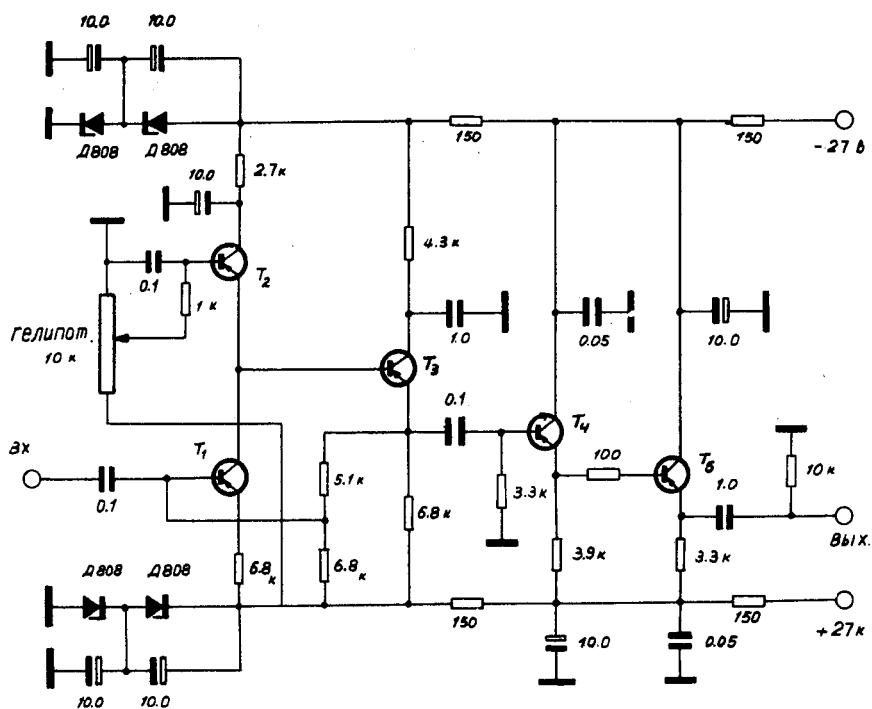


Рис.7. Линейный ограничитель T_1 - T_4 -1Т 308В, T_5 - П601ИБ.

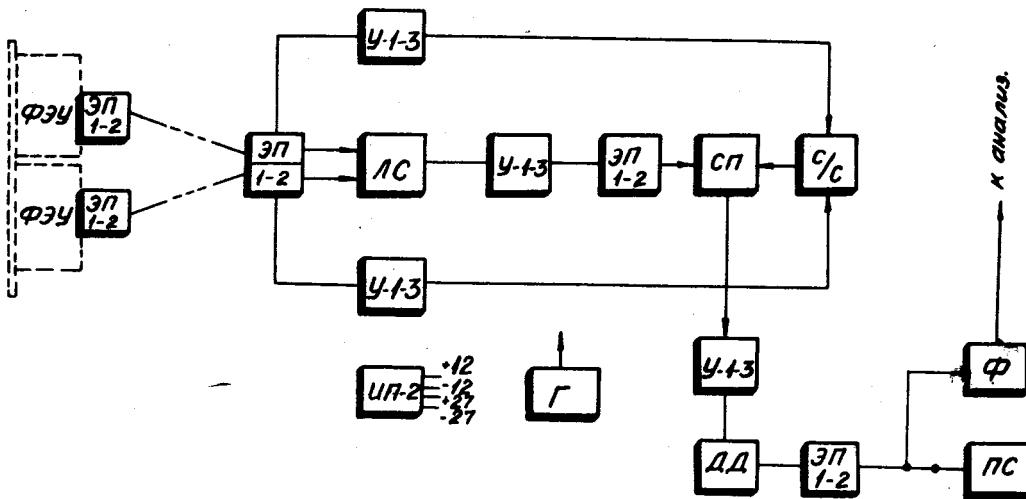


Рис.8. Блок-схема аппаратуры для измерения полных эффективных сечений.

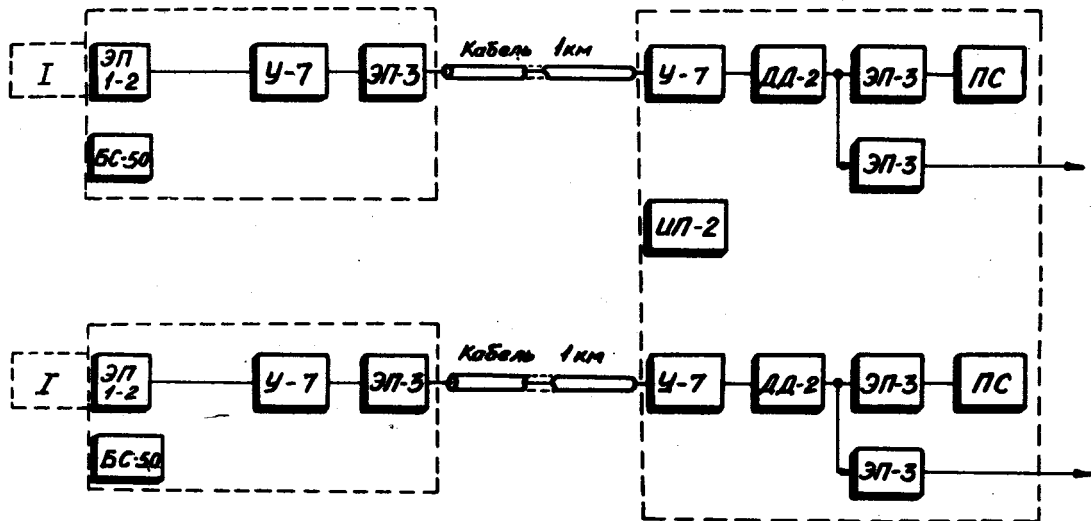


Рис.10. Блок-схема аппаратуры для экспериментов по исследованию фазовых переходов.

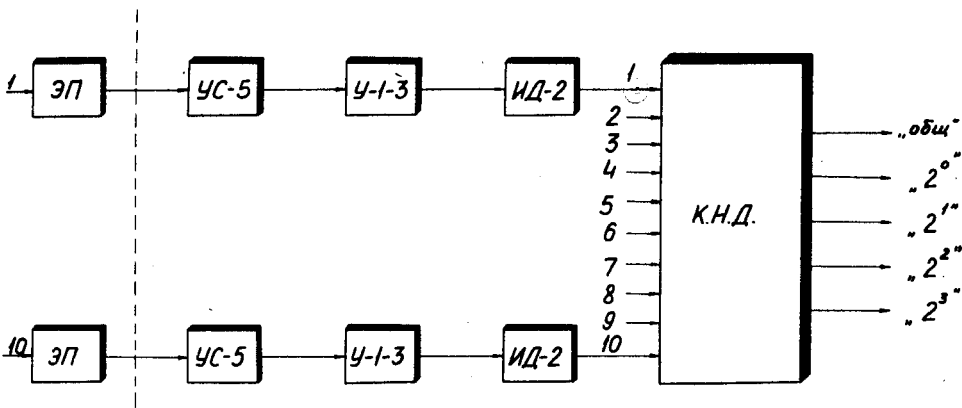


Рис.11. Блок-схема 10-канальной системы для исследования угловых рассеяний. КНД - кодировщик - датчик - номер канала.