

39

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P-438

Ю.К.Акимов, А.С.Кузнецов

ДВАДЦАТИКАНАЛЬНЫЙ АМПЛИТУДНЫЙ  
АНАЛИЗАТОР

*БТЭ, 1961, №1, с 92.*

Дубна 1969 год

P-438

Ю.К.Акимов, А.С.Кузнецов

ДВАДЦАТИКАНАЛЬНЫЙ АМПЛИТУДНЫЙ  
АНАЛИЗАТОР

514/10 мф.

СРЕДНЕУЧЕБНЫЙ ИНСТИТУТ  
ФОРМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

### А н н о т а ц и я

Описывается амплитудный анализатор импульсов от сцинтилляционных счетчиков на органических сцинтилляторах. Импульсы предварительно разделяются на две группы, соответствующие первому и второму десятку каналов. Импульсы обеих групп анализируются по амплитуде одним и тем же десятиканальным устройством с единственным дискриминатором на все каналы<sup>х/</sup>. "Мертвое" время анализатора  $\sim 7$  мксек. Приводится также вариант предварительного многоканального порогового устройства.

---

<sup>х/</sup> Принцип действия и предварительная разработка доложены на III научно-технической конференции по ядерной электронике в Москве в марте 1957 г.

## 1. Общая блок-схема аппаратуры

Блок схема приведена на рис. 1. Регистрируемые частицы проходят через четыре сцинтилляционных счетчика, один из которых спектрометрический. Импульсы от спектрометрического счетчика подаются через предварительный усилитель /У/ на пропускающую схему /ПС/, управляемую сигналами со схемы совпадений /СС/. Линейно усиленные /ЛУ-1/ импульсы поступают далее на пороговое устройство /ПУ/, действующее следующим образом. Если амплитуда импульсов меньше пороговой, то эти импульсы проходят через него, как через обычный усилитель. При превышении же пороговой величины амплитуда импульсов уменьшается на некоторую постоянную величину. В результате этого на выходе ПУ амплитуда импульсов становится для одиннадцатого канала равной амплитуде импульсов для первого канала, для двенадцатого - равной амплитуде для второго и т.д. Одновременно с помощью дополнительного сигнала с ПУ распределительное устройство /РУ/ переключается с первого десятка на второй десяток каналов счетного устройства /СУ/.

Для настройки прибора имеется генератор импульсов линейно меняющейся во времени амплитуды /ГИЛА/.

## 2. Спектрометрический счетчик

Спектрометрический счетчик состоит из пластического сцинтиллятора, световода из плексигласа и фотоумножителя ФЭУ-11. Передняя грань сцинтиллятора имеет размер 90 x 90 мм. Боковые грани сделаны сужающимися сверху вниз. Верхняя сторона равна 11,5 мм, а нижняя - 7 мм /рис.2/. Сцинтиллятор дополнен до формы параллелепипеда клином из плексигласа. Сцинтиллятор и плексиглас оптически связаны между собой с помощью глицериновой замазки. Указанная форма сцинтиллятора была выполнена так, чтобы скомпенсировать разницу в количестве света, поступающего на фотокатод с нижних и верхних точек сцинтиллятора, за счет увеличения световой вспышки в верхних точках. Передняя и задняя грань сцинтиллятора прозрачны, а верхняя и боковые, за которые крепится сцинтиллятор, покрыты алюминиевой фольгой.

### 3. Схемы радиотехнических узлов

Предварительный усилитель, пропускающая схема и линейные усилители аналогичны, за исключением ряда деталей, узлам, приведенным в /1,2/. Предварительный усилитель выполнен на двойном триоде 6Н6П и предназначен для передачи импульсов от фотоумножителя на кабель, по которому импульсы передаются к пропускающей схеме. При наличии "разрешающего" сигнала со схемы совпадений импульсы проходят через пропускающую схему, как через обычный усилитель-фазоинвертор без амплитудных искажений, не приобретая "пьеде-стала". Если совпадений нет, то импульсы от спектрометрического счетчика сами себя подавляют. Разрешающее время пропускающей схемы  $\sim 10^{-7}$  сек. Линейные усилители представляют собой трехкаскадные усилители с отрицательной обратной связью. Генератор импульсов линейно меняющейся амплитуды выполнен по типу фантастрона. После запуска ток через лампу генератора линейно возрастает во времени /около 3-х минут/. На управляющую сетку этой лампы подаются импульсы отрицательной полярности с длительностью  $10^{-7}$  сек. Лампа закрывается, и на ее аноде возникают импульсы, пропорциональные мгновенному току через лампу.

Ниже приводится более детальное рассмотрение порогового и распределительного устройств прибора.

#### а/ Пороговое устройство

Принципиальная схема порогового устройства представлена на рис. 3. Импульсы положительной полярности поступают на два входа: на дискриминатор и через линию задержки /0,5 мкс/ на лампу  $L_2$ , нормально запертую до тока 50 мка. Большое омическое сопротивление /22к/ в катод лампы повышает стабильность ее режима. Если амплитуда импульса меньше порога дискриминатора, то лампа  $L_2$  действует как обычный усилитель. При срабатывании дискриминатора эта лампа запирается дополнительно на величину импульса напряжения, поступающего на ее катод с дискриминатора. Формирование амплитуды импульса с дискриминатора осуществляется диодом  $D_1$ . В начальном состоянии через диод пропускается постоянный ток. Диод запирается импульсом положительной полярности, пришедшим с катодного повторителя  $L_1$ .

/нормально запертого/. При этом на аноде диода возникает импульс прямоугольной формы, равный по амплитуде произведению величины первоначального тока на величину эффективного анодного сопротивления диода и практически не зависящей от изменения порога дискриминатора. Таким образом, амплитуда результирующего импульса, действующего на лампу  $L_2$ , будет равна разности амплитуд входного и сформированного импульсов. Значение этой разности устанавливается таким, чтобы импульсы с амплитудой, несколько превышающей пороговую, попадали бы в первый канал распределительного устройства. Для того, чтобы превратить первый канал в одиннадцатый, второй в двенадцатый и т.д., применяется схема антисовпадений / $L_6, L_7$  / и схема совпадений / $L_3$ /. Входными сигналами этих схем являются сигналы с анализирующего устройства и первого дискриминатора, причем сигналы с дискриминатора формируются по длительности до  $\sim 7$  мксек усилителем / $L_4, L_5$ /, действующим в режиме насыщения. Длительность сигналов увеличивается за счет большой постоянной времени анодной цепи лампы  $L_4$ . Для того, чтобы задний фронт сигнала был более крутым, через сеточную цепь лампы  $L_5$  нормально пропускается небольшой ток путем подключения сеточного сопротивления к анодной развязке. С лампы  $L_5$  сигнал поступает на третью сетку лампы  $L_3$ . По первой сетке лампа  $L_3$  открывается сигналом со схемы антисовпадений /СА/ анализирующего устройства. Одновременно сигнал с лампы  $L_5$ , пройдя через катодный повторитель  $L_6$ , дополнительно закрывает нормально запертую лампу  $L_7$ . В результате, сигнал с анализирующего устройства не проходит через лампу  $L_7$ . И наоборот, когда нет сигнала с дискриминатора, то появляется сигнал на выходе лампы  $L_7$  и отсутствует на выходе лампы  $L_3$ . Сигнал с лампы  $L_7$  включает первый десяток, а с лампы  $L_3$  - второй десяток каналов распределительного устройства.

#### 6/ Распределительное устройство

Блок-схема распределительного устройства приведена на рис. 4. Входные импульсы пропускаются по линии задержки, составленной из 12 элементов. После элементов ЭЗ-2+ЭЗ-10 сделаны выводы к делителям / $D_1-D_9$ /, уменьшающим амплитуду импульсов по определенному закону. Все делители подключены к одному и тому же "сумматору", на выходе которого получается серия равноотстоящих во времени импульсов с убывающей амплитудой /рис. 4,а/. Из всех

импульсов этой серии через дискриминатор проходят только те, амплитуда которых выше пороговой. Пршедшие через дискриминатор импульсы поступают по двум ветвям непосредственно и с задержкой /ЛЗ/, примерно равной задержке одного элемента линии, на схему антисовпадений /СА/, причем незадержанные импульсы являются подавляющими. В результате, на выходе схемы антисовпадений остается только один, последний импульс, подводимый далее к пороговому устройству /Л<sub>3</sub>, Л<sub>7</sub>//рис. 3/. С выхода порогового устройства /П.У/ сигналы подаются на один из входов схем совпадений /СС-1÷СС-20/, а на другие входы схем поступают сигналы с выводов от линии задержки. В результате, совпадение происходит только в одной из схем СС-1÷СС-20. Например, если через второй дискриминатор прошли три импульса серии, то регистрируется совпадение в СС-13 или СС-3, в зависимости от того, сработал или нет первый дискриминатор. Таким образом, номер канала /номер СС / соответствует определенному интервалу амплитуд входных импульсов. Последний, двадцатый, канал регистрирует все импульсы с амплитудой, превышающей амплитуду импульсов девятнадцатого канала. Ширина всех каналов устанавливается одинаковой. Покажем на примере как можно это сделать для случая, когда усиление всех каскадов прибора строго линейно. Допустим, что порог второго дискриминатора равен 10 в, а ширина канала устанавливается равной 1 в. Это значит, что когда амплитуда первого импульса начинает превышать 11в, то на выходе дискриминатора появляется второй импульс серии, а когда амплитуда первого импульса превышает 12 в, то возникает третий импульс серии и т.д. Отсюда следуют делители:  $D_1=10/11$ ,  $D_2=10/12$ ,  $D_3=10/13$  и т.д. Если выбрать другой порог дискриминации, а делители оставить теми же самыми, то ширина каналов изменится, но останется по-прежнему одинаковой для всех каналов. Поясним это на примере для порога 15 в.

Обозначим через  $x_2, x_3, \dots$  амплитуды входных импульсов, при которых начинают проходить через дискриминатор соответственно второй, третий и т.д. импульсы серии. Тогда  $x_2 \cdot \frac{10}{11} = 15$  в.;  $x_3 \cdot \frac{10}{12} = 15$  в и т.д. Отсюда  $x_2=16,5$ ,  $x_3 = 18$  в, т.е. ширина каждого канала станет равной 1,5 в. В реальном случае делители несколько отличаются от приведенных выше и подбираются с учетом нелинейности в усилении и передаче импульсов по всему устройству вплоть до второго дискриминатора.

Принципиальная схема основных узлов распределительного устройства приведена на рис. 5 и 6. Входные импульсы пропускаются по линии задержки. К выводам после элементов линии задержки  $\tau \approx 0,5$  мкс/ подключены лампы  $L_8-L_{19}$ . С анода этих ламп импульсы снимаются на схемы совпадений, а с катода через делители и кристаллические диоды - на одну общую шину. Серия импульсов с убывающей амплитудой /рис. 4, а/, полученная на общей шине, подводится через ограничительный диод  $D_2$  и дополнительный усилитель / $L_{20}-L_{22}$ / к дискриминатору / $L_{23}, L_{24}$ /. Диод  $D_2$  действует аналогично диоду  $D_1$  /рис. 3/. Для того, чтобы не было искажений амплитуд, меньших пороговой, ограничение производится при амплитуде, заметно выше пороговой. Ограничение необходимо для уменьшения загрузки дискриминатора. Дискриминатор выполнен на лампе с вторичной эмиссией по схеме Муди<sup>3/</sup>. Импульсы с анода и динода дискриминатора / $L_{23}$ / подаются на схему антисовпадений / $L_{26}, L_{29}$ /, причем импульсы с динода, имеющие положительную полярность, являются подавляющими, импульсы же с анода поступают через линию задержки /  $\sim 0,6$  мкс/. В результате, на выходе схемы антисовпадений / $L_{26}, L_{29}$ / остается только один, последний, импульс серии, прошедший через дискриминатор. Через катодный повторитель  $L_{27}$  и линию задержки /  $\sim 0,4$  мкс/ этот импульс поступает на лампы  $L_3$  и  $L_7$  порогового устройства, а оттуда - на первый или на второй десяток схем совпадений. Линия задержки в катоде  $L_{27}$  поставлена для временного согласования в схемах совпадений. Схемы совпадений выполнены на двойных триодах. К каждой схеме совпадений подключена пересчетная ячейка на два, а затем - одновибратор с механическим счетчиком.

#### 4. Экспериментальная проверка

Эксперимент проводился на выведенном пучке протонов со средней энергией 670 Мэв. Облучалась полиэтиленовая мишень. Дейтроны и протоны с импульсом 800 Мэв/с, вылетающие из мишени под углом  $10^\circ$ , выделялись системой коллиматоров и магнитным полем и регистрировались сцинтилляционными счетчиками. В этих условиях удельные ионизационные потери у дейтронов в 2,2 раза больше, чем у протонов. Полученная счетная характеристика приведена на рис. 7. Первый пик соответствует протонам, а второй - дейтронам.



Несколько завышенный счет по десятому каналу обусловлен тем, что порог первого дискриминатора был установлен немного больше требуемого. Оба пика расположены на некотором уровне фоновых частиц. Относительная полуширина экспериментальной кривой для дейтронов составляет  $\sim 20\%$ . Следует отметить, что относительная полуширина расчетной кривой ионизационных потерь в сцинтиляторе для дейтронов с импульсом 900 Мэв/с составляет  $\sim 10\%$ , а разброс самих средних потерь /вследствие немонохроматичности дейтронов/ может быть также  $\sim 10\%$ .

Выполненный нами амплитудный анализатор в своем первоначальном варианте несколько отличался от рассмотренного здесь. В нем не было первого порогового устройства, а распределительное устройство имело двадцать каналов вместо десяти. Однако при настройке такого варианта анализатора возникли технические затруднения, вызванные тем, что при равной ширине каналов разница в амплитуде последних импульсов каждой серии становилась весьма малой. Предварительное разделение импульсов на две группы с помощью первого порогового устройства существенно облегчило настройку прибора, кроме того уменьшилось "мертвое" время анализатора до  $\sim 7$  мксек, а также оказалось возможным увеличить диапазон амплитуд анализируемых импульсов, за счет уменьшения больших амплитуд в результате действия порогового устройства.

Недавно появилась работа группы итальянских авторов<sup>/4/</sup>, в которой описан одноканальный анализатор с логарифмической шкалой, построенной по принципу, аналогичному примененному нами в распределительном устройстве. Примерно год назад эта же группа опубликовала указанный принцип в качестве предложения<sup>/5/</sup>.

#### 5. Вариант предварительного многоканального порогового устройства

Ниже приводится один из возможных вариантов многоканального порогового устройства с единственным дискриминатором. Рассматривается частный случай, когда импульсы разделяются на четыре группы, причем так, что каждый последующий интервал амплитуд в два раза больше предыдущего, например,  $5 \div 10$ в,  $10 \div 20$ в,  $20 \div 40$ в и  $40 \div 80$ в. В указанном примере имеется в виду, что порог дискриминатора распределительного устройства соответствует

амплитуде входных импульсов, равной 5 в. Для разделения на группы входные импульсы пропускаются через линию задержки, составленную из четырех элементов /ЭЗ-1÷ЭЗ-4/ /рис.8/. На выходе "сумматора" образуется серия, состоящая из четырех импульсов /рис. 8, а/. Амплитуда четвертого импульса серии равна входной, третьего - вдвое меньше четвертого, второго - вдвое меньше третьего, первого - вдвое меньше второго. Порог дискриминатора устанавливается равным 10 в. Дискриминатор пропускает четвертый импульс, когда амплитуда входного импульса составляет  $10 \div 20$  в, третий и четвертый - при амплитуде входного -  $20 \div 40$  в, второй, третий и четвертый - при амплитуде входного  $40 \div 80$  в и все импульсы серии - при амплитуде входного импульса, превышающей 80 в. Импульсы с дискриминатора являются подавляющими в схеме антисовпадений СА, на другой вход которой поступают импульсы с "сумматора". Импульсы, снятые со схемы антисовпадений СА, подаются на вторую схему антисовпадений ЛСА, имеющую три входа. На другие два входа поступают импульсы с задержкой /ЭЗ-А и ЭЗ-В/ с "сумматора" и дискриминатора. Подавляющими являются импульсы с ЭЗ-В и схемы антисовпадений СА. В итоге через линейную схему антисовпадений ЛСА проходит только один импульс серии /см.рис. 8, а/. В результате, амплитуда импульса на выходе порогового устройства во всех случаях не превышает 10 в., а в момент перехода от одного канала к другому составляет 5 в, что соответствует порогу распределительного устройства. Импульс после схемы антисовпадений ЛСА линейно усиливается и поступает на распределительное устройство, аналогичное описанному выше. Из распределительного устройства на рисунке выделены отдельно четыре десятка схем совпадений /СС-1+СС-40/. После линейного усилителя импульс подается также на четыре схемы совпадений /СС-1 + СС-1У/, на другой вход которых поступает импульс с элементов линии задержки. Совпадение происходит только в одной из схем. Импульс совпадений формируется по длительности, равной длительности серии импульсов в распределительном устройстве. В одной из схем СС-А÷СС-Д происходит совпадение сформированного импульса и импульса с распределительного устройства, поступающего одновременно на все эти четыре схемы совпадений. Далее осуществляется совпадение в одной из четырех десятков схем /СС-1÷40/, подобно тому как это было описано выше для распределительного устройства /§ 3, б/.

Применение предварительного порогового устройства дает ряд принципиальных преимуществ. Во-первых, значительно уменьшается "мертвое" время прибора. Например, если бы распределительное устройство прибора было составлено из сорока каналов, то "мертвое" время равнялось бы  $\sim 40 \tau$ . Благодаря введению предварительного четырехканального устройства "мертвое" время должно сократиться до  $\sim 1/4 + 10 \tau$ . Во-вторых, появляется возможность увеличить коэффициент усиления импульсов малой амплитуды и, следовательно, повысить точность и стабильность работы дискриминатора в распределительном устройстве.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность О.В.Савченко за помощь в экспериментальной проверке прибора, а также весьма признательны А.Н.Синаеву за ряд ценных замечаний по данной работе.

Рукопись поступила в издательский отдел 8 декабря 1959 года.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ю.К.Акимов, К.С.Мариш, О.В.Савченко, Л.М.Сороко. Препринт ОИЯИ, Р-300, 1959 год.
2. Ю.К.Акимов. ПТЭ, № 2, 116, 1957.
3. И. Льюкс и Ф.Уэлс. Миллимикросекундная импульсная техника, 276, ИЛ, 1956.
4. A.Alberigi-Quaranta, C.Bernardini, C.Infante and I.F. Quercia. Nucl.Instr. 5,120, 1959.
5. A.Alberigi, C. Bernardini, I.F. Quercia. Nucl. Instr. 3, 201, 1958.

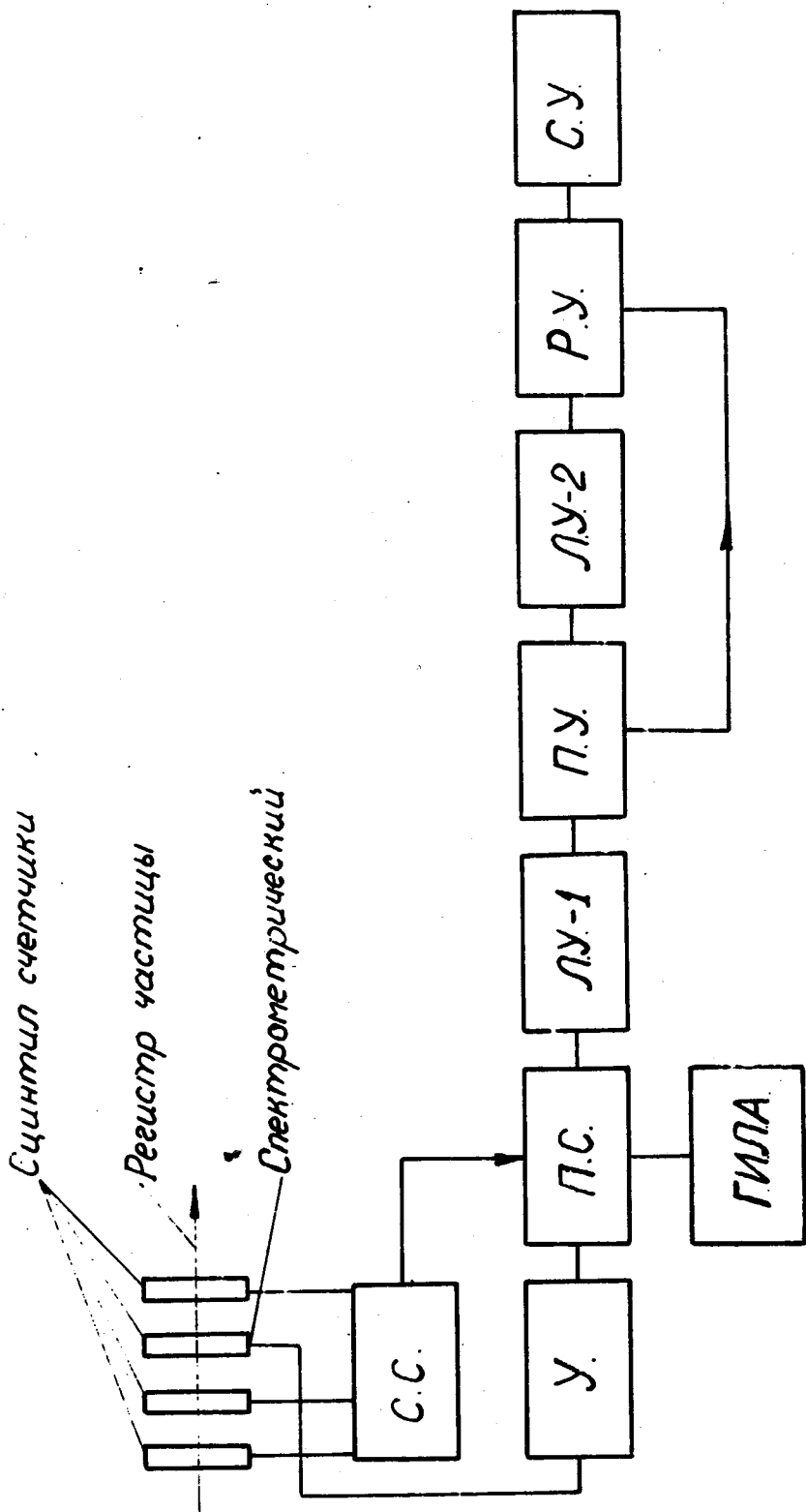
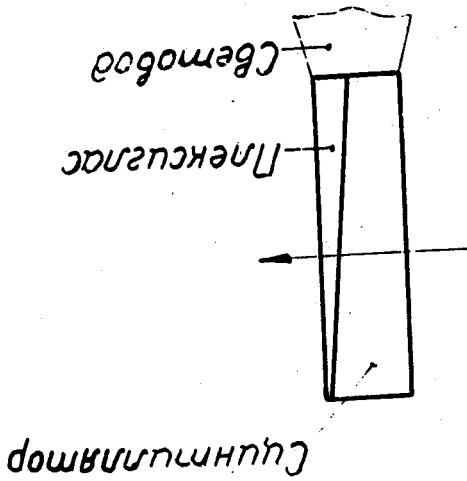


Рис. 1. Общая блок-схема.

Рис. 2. Цилиндрический спектрометрический счетчик.



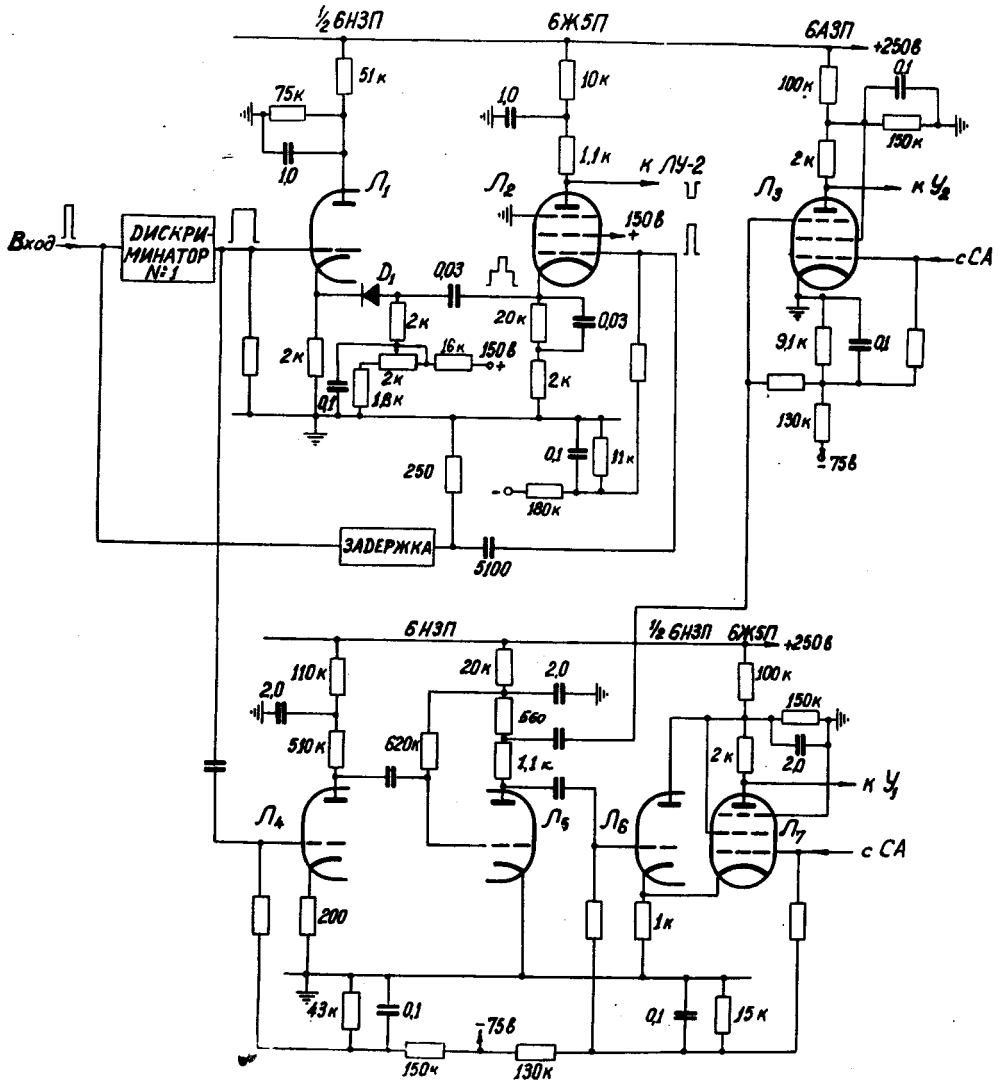


Рис. 3. Пороговое устройство.

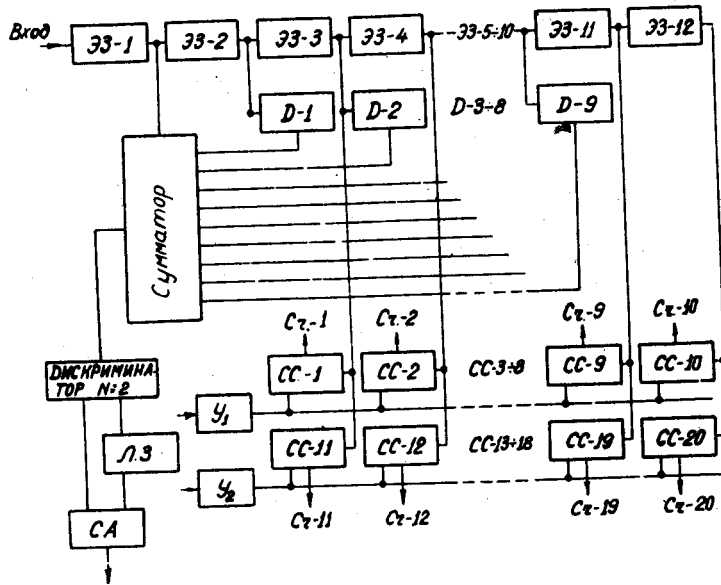


Рис. 4. Блок-схема распределительного устройства.

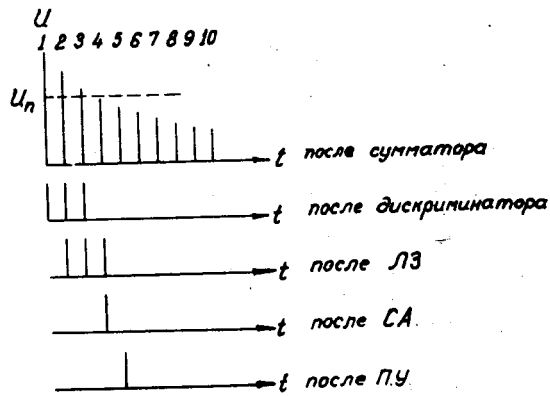


Рис. 4а.

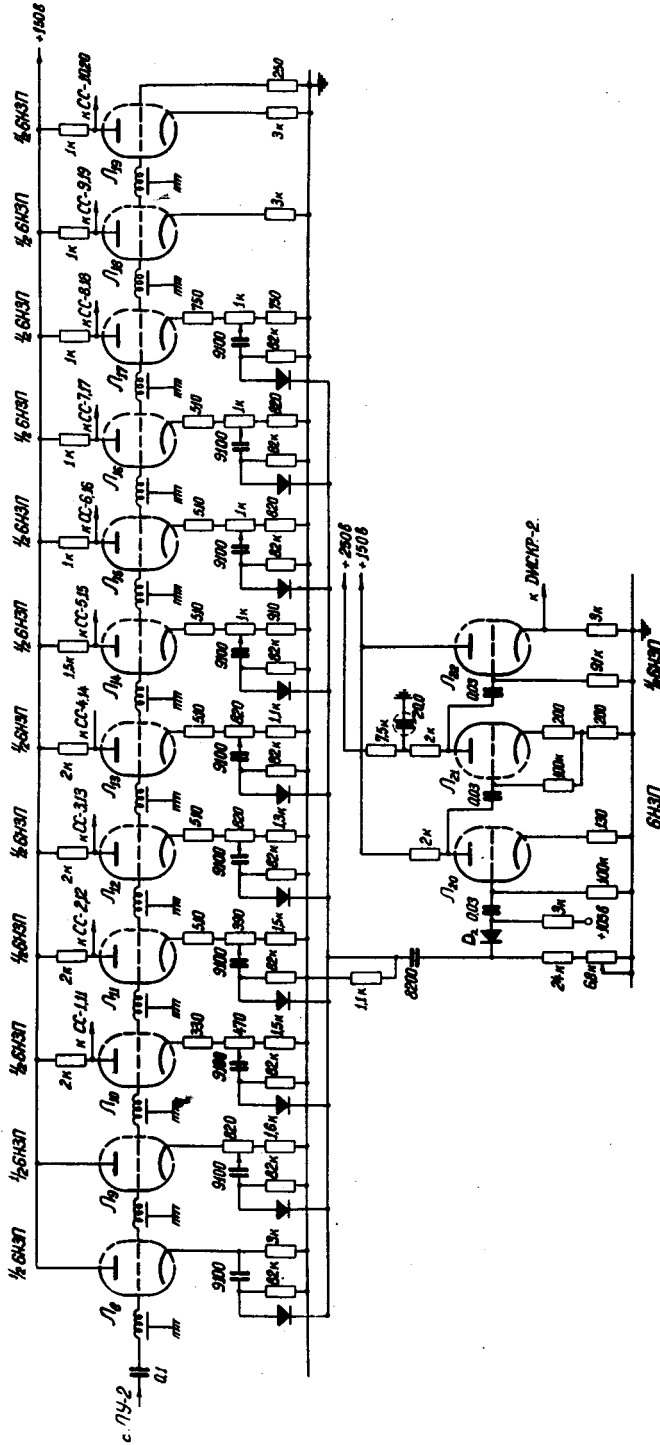


Рис. 5. Принципиальная схема формирования серии импульсов.



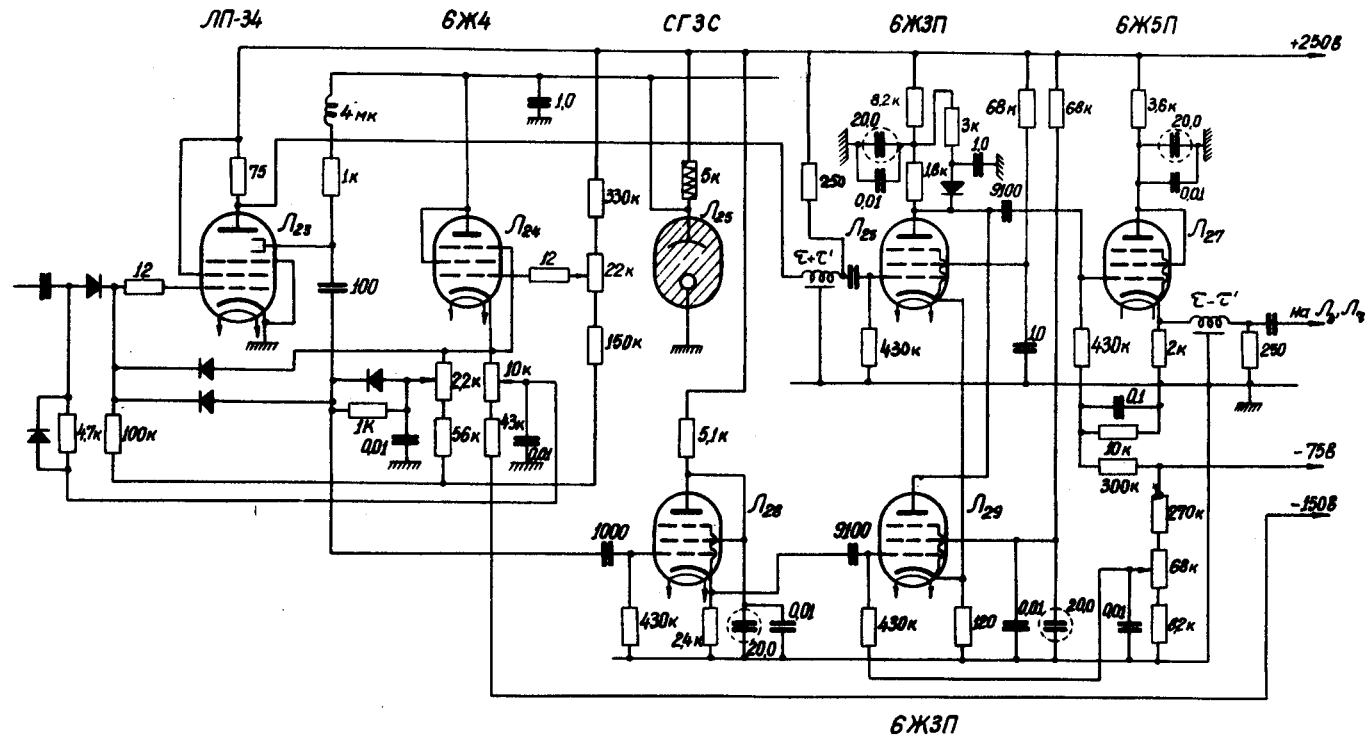


Рис. 6. Принципиальная схема второго дискриминатора и схемы антисовпадений.

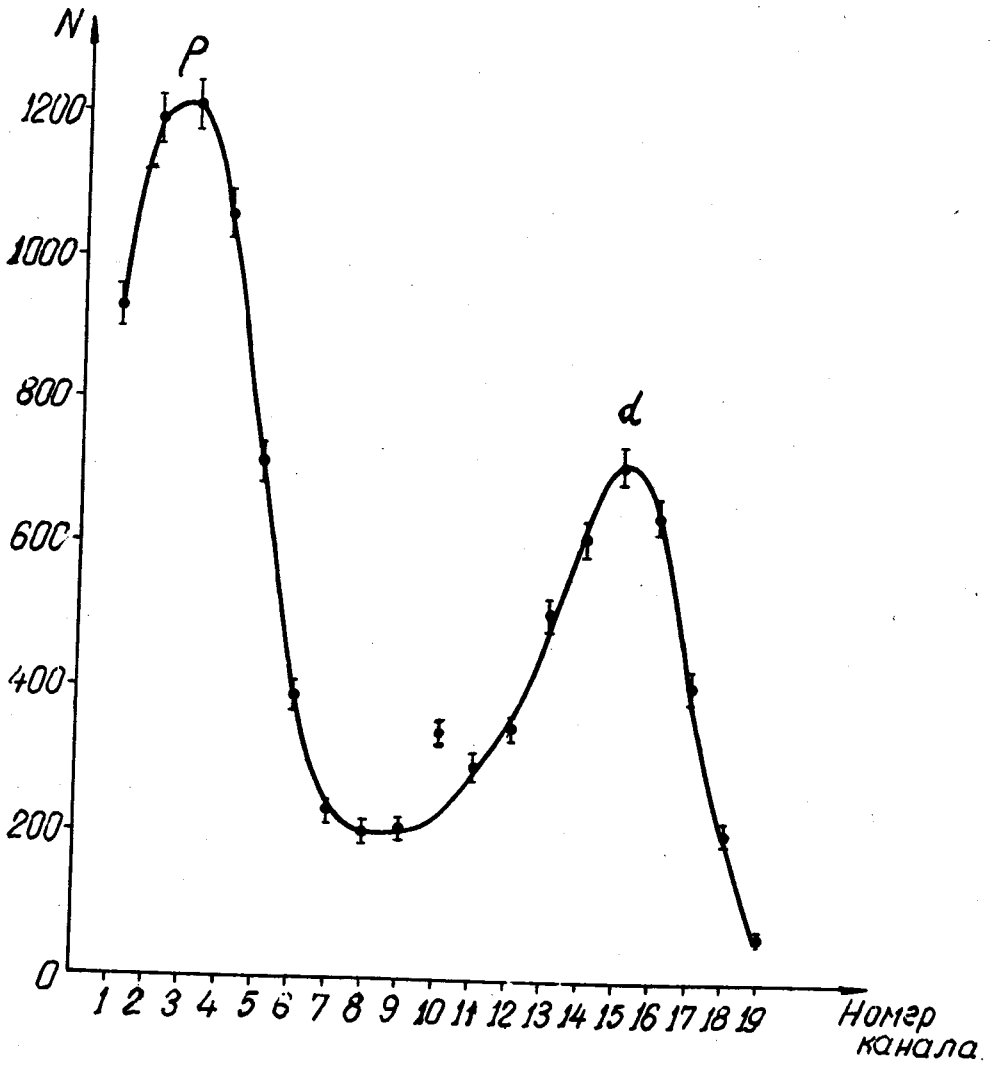


Рис. 7. Счетная характеристика.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

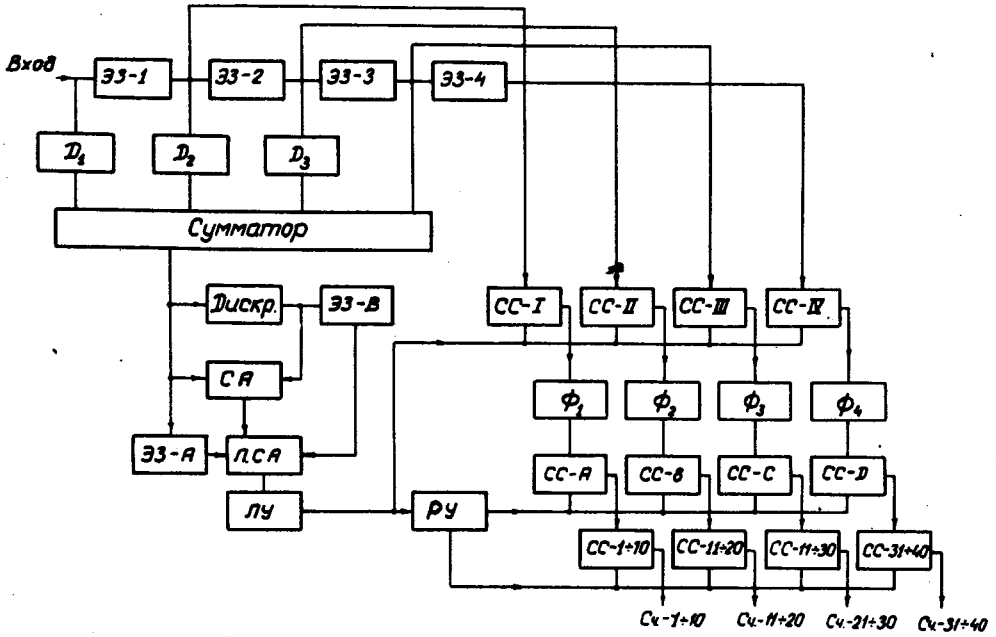


Рис. 8. Блок-схема четырехканального порогового устройства.

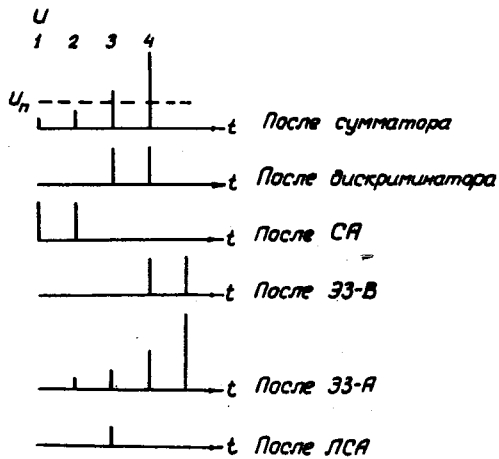


Рис. 8а.