

2.3. Дискриминаторы

В радиометрии имеется большой круг задач, связанных с исследованием амплитуды и формы импульсов, получаемых от детекторов излучений.

Простейший метод амплитудного анализа импульсов состоит в отделении (дискриминации) импульсов, соответствующих исследуемому излучению от сигналов меньших амплитуд, например от шумов или от импульсов более мягкого излучения. Для этого применяются амплитудные дискриминаторы.

Дискриминатор (от лат. *discrimino* — отделяю, различаю), устройство, преобразующее изменение контролируемого параметра электрического сигнала (на входе) в изменение полярности напряжения (на выходе).

Амплитудный дискриминатор выдаёт импульс на выходе в том случае, когда амплитуда входного сигнала превышает некоторую определённую величину – порог дискриминации $u_{пор}$. Обычно имеется возможность изменять порог дискриминации в широких пределах и тем самым отделять для последующей регистрации импульсы определённых амплитуд.

В дискриминаторе сравниваются значения параметра (амплитуды, длительности, полярности, частоты, фазы) входного сигнала с выбранным (номинальным) значением этого параметра отдельного (опорного) источника сигнала. В результате сравнения на выходе дискриминатора возникает разностное напряжение (напряжение рассогласования). Его амплитуда и полярность определяются степенью и знаком отклонения значения данного параметра входного сигнала от номинального. Дискриминаторы различают по сравниваемым параметрам сигнала. Амплитудный дискриминатор имеет определённый уровень срабатывания и пропускает только сигналы с амплитудой выше (ниже) номинального значения. Во временном дискриминаторе, собранном по схеме совпадений, сигнал на его выходе появляется, а в дискриминаторе, собранном по схеме антисовпадений, - пропадает при совпадении во времени входного и опорного импульсных сигналов. При частотном и фазовом детектировании промодулированные по частоте и фазе колебания высокой частоты преобразуются дискриминатором в амплитудно-модулированные колебания, которые затем в большинстве случаев подаются на детектор. В этом случае в фазовом дискриминаторе применяют опорный сигнал с фиксированной начальной фазой.

Временная привязка (хронирование) служит для фиксации момента регистрации события в детекторе. Различается два типа устройств, реализующих временную привязку. Одни используют "медленные" спектрметрические сигналы. Это временные одноканальные анализаторы. Другие, быстрые дискриминаторы, используют сигналы либо непосредственно от детекторов, либо от быстрых усилителей.

И в тех, и в других устройствах используются следующие методы временной привязки:

- привязка по переднему фронту импульса,
- привязка по нулю биполярного импульса,
- метод следящего порога и его разновидности.

Амплитудный дискриминатор - один из основных узлов спектрметрической аппаратуры, используемой для амплитудного анализа импульсов напряжения, пропорциональных энергии ядерного излучения. Дискриминатор предназначен для пропуска импульсов в последующие устройства анализатора только с определёнными амплитудами.

Амплитудный дискриминатор - устройство, автоматически выделяющее электрические сигналы, амплитуда которых превышает определённое (пороговое) значение величины.

Амплитудные дискриминаторы применяют для выделения полезного сигнала из шумов и при исследовании случайных процессов с помощью амплитудных анализаторов.

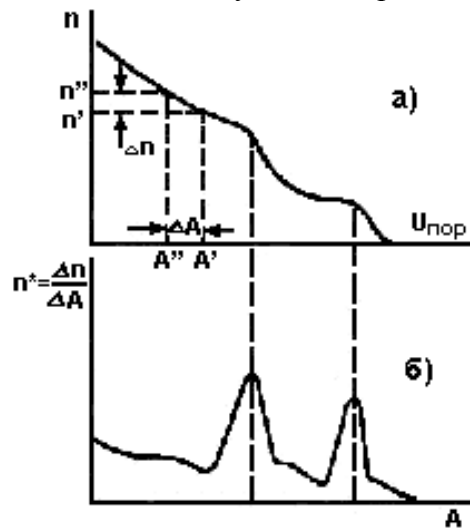


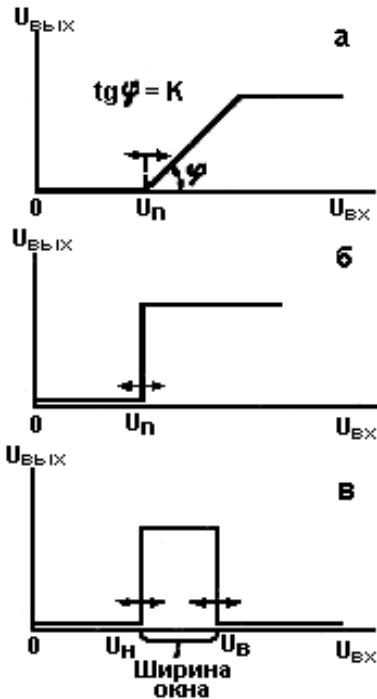
Рис. 4. Амплитудные спектры: интегральный (а) и дифференциальный (б).

Сигналы некоторых детекторов несут информацию об энергии зарегистрированного кванта или частицы: их амплитуда пропорциональна энергии. Поэтому, исследуя распределение амплитуд импульсов нетрудно получить спектр излучения. В простейшем случае такие измерения могут быть выполнены также с помощью амплитудного дискриминатора. Для этого производится подсчёт импульсов на выходе дискриминатора при разных порогах срабатывания в течение одинаковых интервалов времени. Получаемая при этом кривая $n=f(u_{пор})$ (Рис. 4а) называется интегральным амплитудным спектром. Каждая точка кривой показывает какое число импульсов имеет амплитуду A , превышающую порог срабатывания $u_{пор}$ дискриминатора. По форме интегральной кривой можно судить о составе спектра исследуемого излучения.

Интегральный дискриминатор вырабатывает выходной сигнал под действием каждого входного сигнала, напряжение которого превышает заданный уровень, называемый порогом дискриминатора. В

зависимости от требований, предъявляемых к интегральному дискриминатору, выходной сигнал или воспроизводит в определённом масштабе часть входного импульса, лежащего над порогом дискриминатора, или является стандартным по амплитуде и форме. В первом случае дискриминатор имеет линейно-ломаную амплитудную характеристику (Рис. 5а), тангенс угла наклона которой выражает коэффициент усиления входного импульса. Такой дискриминатор в сочетании с усилителем на выходе применяется для дополнительного растягивания интересующей части спектра и называется расширителем динамического диапазона или экспандером.

Расширитель - устройство, преобразующее входные импульсы в импульсы прямоугольной формы, сохраняя при этом амплитуду.



Расширители используются при сложении аналоговых сигналов или для уменьшения искажений амплитудных распределений, вызванных так называемыми "резаными" импульсами в АЦП. Этот эффект возникает когда аналого-цифровой преобразователь, обработав сигнал, открывается для обработки следующего во время его спада. Использование сигналов с плоской вершиной и коротким задним фронтом уменьшают вероятность таких событий.

Рис. 5. Амплитудные характеристики дискриминаторов: а – экспандера; б – интегрального дискриминатора; в – дифференциального дискриминатора.

Во втором случае, когда выходной сигнал является стандартным по амплитуде и форме, дискриминатор имеет скачкообразную характеристику (Рис. 5б) и в сочетании с формирующим устройством на выходе применяется для получения интегрального спектра.

В большинстве случаев удобнее пользоваться дифференциальным амплитудным спектром $n^*=f(A)$ (Рис.5б), который показывает сколько имеется импульсов каждой амплитуды. Дифференциальный спектр может быть получен из интегрального спектра путём дифференцирования последнего. Подобный метод получения дифференциального спектра связан с

длительными расчётами, требует повышенной стабильности порога срабатывания дискриминаторов и вынуждает вести измерения интегрального спектра с очень большой статистической точностью.

Для непосредственного получения дифференциального спектра разработаны специальные приборы – одноканальные и многоканальные дифференциальные амплитудные анализаторы.

Дифференциальный дискриминатор срабатывает и выдаёт на выходе стандартный сигнал только от импульсов с амплитудами, лежащими в определённых пределах, задаваемых двумя порогами дискриминатора – нижним и верхним. Разница между порогами называется шириной окна. Изменяя синхронно нижний и верхний пороги дискриминатора, можно получать дифференциальный спектр. Дифференциальный дискриминатор включает в себя два интегральных дискриминатора с порогами срабатывания, отличающимися на ширину окна, и схему антисовпадений, запрещающую прохождение на выход сигнала с амплитудой, большей срабатывания верхнего дискриминатора. Дифференциальный дискриминатор имеет двойную скачкообразную амплитудную характеристику (Рис. 5в).

К дискриминаторам предъявляются общие требования: стабильность порога срабатывания во времени, линейность и чёткость излома амплитудной дискриминационной характеристики, не критичность к амплитудным перегрузкам и постоянство порога срабатывания для импульсов, различающихся по длительности и фронту нарастания, а также высокое быстродействие (малое разрешающее время), постоянство сопутствующей задержки импульсов и большое входное сопротивление для исключения влияния на предшествующие каскады. Важным параметром дискриминатора является его входная чувствительность.

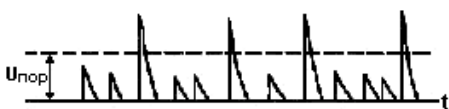


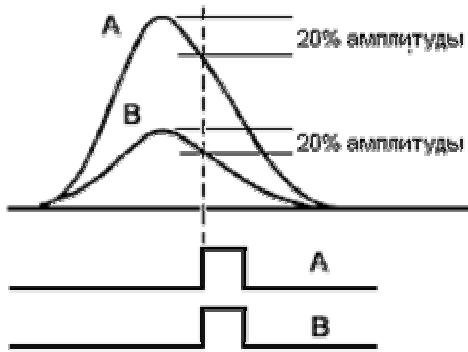
Рис. 6. Простая дискриминация импульсов по амплитуде.

В амплитудном дискриминаторе используют электронные схемы, имеющие амплитудную характеристику с резко выраженной нелинейностью (изломом). Такими характеристиками обладают диоды (особенно электровакуумные), некоторые приёмно-усилительные лампы и специальные электронные спусковые схемы. Наиболее распространена диодная схема с использованием излома характеристики анодного тока. В зависимости от запирающего напряжения, которое в такой схеме равно порогу дискриминации, через диод проходят только сигналы с амплитудой, превышающей запирающее напряжение. Точность такого амплитудного дискриминатора в основном определяется стабильностью диодной характеристики. Для надёжной работы с сигналами малой амплитуды применяют

предварительное усиление, а для исследования наносекундных импульсов производят дополнительное формирование сигналов с помощью специальных схем. Спусковые схемы в качестве амплитудного дискриминатора позволяют получить на выходе импульсы, амплитуда и длительность которых не зависят от формы входного сигнала.

Медленный дифференциальный дискриминатор (одноканальный анализатор) это устройство, которое анализирует амплитуду входного сигнала и, если она находится в установленных пределах (между нижним и верхним уровнями дискриминации), генерирует стандартный логический импульс (Рис. 7). Нижний (*LLD*) и верхний (*ULD*) уровни дискриминации могут устанавливаться независимо. При установке *ULD* на максимум одноканальный анализатор работает в интегральном режиме. В одноканальных анализаторах также обычно есть режим, когда устанавливается нижний уровень дискриминации и ширина окна ΔE . Таким образом $ULD = LLD + \Delta E$.

Как видно из Рис.7, время появления выходного импульса в таких одноканальных анализаторах не зависит от амплитуды и формы входного импульса. Они в основном используются для счета событий.



Одноканальные анализаторы устанавливаются в «медленных» спектрометрических цепях. Входные импульсы они обычно получают от спектрометрических усилителей и от время-амплитудных конвертеров.

Рис. 7. Входные и выходные импульсы временного одноканального анализатора с временной привязкой к определённой доле амплитуды на заднем фронте входного импульса.

Большими возможностями обладают одноканальные анализаторы с временной привязкой или временные одноканальные анализаторы. В них выходные сигналы привязаны по времени к моменту появления входных импульсов. Существует несколько способов временной привязки (к максимуму импульса, по переднему фронту импульса, по нулю биполярного импульса, привязка со следящим порогом). Временные одноканальные анализаторы используются не только для амплитудного, но и временного анализа. Их сигналы подаются на схемы "медленных" совпадений/антисовпадений и на время-амплитудные конвертеры. Точность временной привязки во временных одноканальных анализаторах варьируется от единиц наносекунд до ~ 100 нс. Для временного согласования временные анализаторы обычно имеют встроенную регулирующую задержку выходных импульсов до ~ 10 мкс.