

Р-605
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3 - 3259



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

К.Г. Родионов, Ли Сам Рён

ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
С ДВОЙНОЙ ФОРМИРОВКОЙ НА ЛИНИЯХ
ЗАДЕРЖКИ

1967.

3 - 3259

4973/3 нр.
К.Г. Родионов, Ли Сам Рён

ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
С ДВОЙНОЙ ФОРМИРОВКОЙ НА ЛИНИЯХ
ЗАДЕРЖКИ

1973

Источники возможных искажений сигнала на выходе усилительной системы включают в себя ряд факторов, таких как динамические характеристики разных частей системы, наложение импульсов при больших счетных скоростях, влияние тепловых шумов, дрейф усиления с изменением окружающей температуры, реакция системы на амплитудные перегрузки и другие.

Важной характеристикой системы, используемой в ядерной физике, является "мертвое время", связанное с перегрузочными импульсами. "Мертвое время" системы - это время, в течение которого система не реагирует на импульсы, т.е. не может передавать приходящую информацию. В известной мере "мертвое время" определяет нижний предел разрешающего времени для двух последовательных импульсов, поступающих в систему.

В аппаратуре физических экспериментов используются различные типы имеющихся детекторов. Амплитуда выходного сигнала с детекторов зависит как от характеристик самого детектора, так и от энергии регистрируемого излучения и может меняться от величин меньших, чем шумы усилительной системы, до амплитуд, по сравнению с которыми шумы пренебрежимо малы. Некоторые типы детекторов, например, сцинтилляционные, позволяют регистрировать излучение в большом диапазоне энергий ^{1/1}. Выходные сигналы с детекторов могут перекрывать динамический диапазон усилителя. Работа усилителя в этих условиях будет отличаться от работы при нормальном распределении входных сигналов. Появилась необходимость ввести в характеристику усилителей новый параметр, определяющий работу при n - кратных перегрузках.

При перегрузке "хвост" импульса (нормально зависящий от постоянных времени переходных цепей усилителя) расширяется; выброс обратной полярности, незначительный по величине для неперегружающего импульса, становится более нежелательным, когда усилительная система перегружается. Увеличение

этого выброса до некоторого значения приводит к появлению "мертвого времени" ("параличу") усилителя, причем "мертвое время" ("паралич") увеличивается с перегрузкой непропорционально. Зависимость "мертвого времени" от степени перегрузки имеет приближенный вид ^{/2/}

$$t_m \approx K_1 \ln K_2 n,$$

где n - кратность перегрузки;

K_1, K_2 - коэффициенты, связанные с постоянными времени переходных цепей усилителя.

Проблема снижения перегрузки становится особенно актуальной при амплитудном анализе в большом динамическом диапазоне в малых временных окнах (например, при измерениях на импульсных источниках частиц), где уменьшение эффективности счета увеличивает время эксперимента для набора удовлетворительной статистической точности. При амплитудном анализе блокировка и последующий экспоненциальный спад выброса приводят к искажению спектра, и при больших нагрузках неперегружающих импульсов - к смещению спектра. Естественно, что без применения соответствующих мер достоверность результатов измерения находится в сильной зависимости от степени перегрузки.

Известно, что для уменьшения времени восстановления усилительных схем используется одно-, двух- или трехкратное дифференцирование ^{/3-5/}. Однократное дифференцирование перепада напряжения на входе усилительной цепи дает выброс, равный

$$a = \frac{T_2}{T_1}, (T_1 \gg T_2),$$

где T_1 - постоянная времени входной цепи,

T_2 - постоянная времени формирования.

Хотя при перегрузке импульс насыщает схему и ограничивается по амплитуде, выброс растет по мере роста перегрузки до момента насыщения последнего. В обычных усилителях $T_1 \approx 50-100$ мксек; при выбранном значении $T_2 = 1$ мксек выброс составляет 1-2%. Десятикратные перегрузки приводят к выбросу $\approx 20\%$, что при входной постоянной времени $T_1 \approx 50-100$ мксек значительно увеличивает эффективное разрешающее время.

Примечание: Эффективное разрешающее время определено как минимальное время, при котором амплитуда импульса, последующего за перегружающим, уменьшена на 1-2%.

При n -кратной перегрузке выброс может достигать величины начального импульса. Двойное дифференцирование позволяет уменьшить величину выброса до $a = (\frac{T_2}{T_1})^2, (T_1 \gg T_2)$, что при значениях T_1 и T_2 , приведенных выше, и входных импульсах в рабочей области усилителя дает величину $(\frac{T_2}{T_1})^2 = 0,01-0,04\%$. С увеличением числа дифференцирующих цепей выброс будет уменьшаться и, следовательно, уменьшается эффективное разрешающее время.

Вопросы уменьшения мертвого времени в измерительной системе делают желательным применение в таких системах усилителей, не имеющих "паралича" и имеющих минимально возможные значения "эффективного разрешающего времени" при данных перегрузках. Для многих экспериментов с регистрацией временной информации достаточно использовать в усилителе двойное дифференцирование. Обладая по сравнению со схемами с тройным дифференцированием несколько худшими перегрузочными характеристиками ^{/6/}, схема с двойным дифференцированием имеет более простое схемное решение и выходной сигнал биполярной формы, удобной для дальнейшего амплитудного или временного анализа.

На рис. 1 приведена схема усилителя, разработанного авторами, в котором использовано дифференцирование на короткозамкнутых линиях задержки. Оптимальной с точки зрения применения в конкретных условиях эксперимента явилась установка двух дифференцирующих цепей. Для значений параметров, приведенных ниже, усилитель парализуется при 200-кратной перегрузке.

В качестве линии задержки применен высокочастотный кабель типа РКЗ-1201. Схема выполнена на транзисторах и представляет 4 каскада усиления с обратными связями.

Первый каскад ($T_4 + T_6$) - дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления 15.

Второй каскад ($T_7 + T_9$) - усилитель "тройка" с коэффициентом $K = 10$.

Третий каскад ($T_{10} + T_{13}$) - усилитель с постоянной токовой нагрузкой, определяемой сопротивлением в цепи коллектора и базовым потенциалом транзистора. Применение такого каскада позволяет улучшить линейность для высокочастотных сигналов. Коэффициент усиления каскада $K = 10$.

