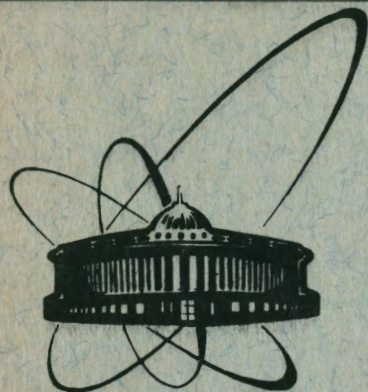


91-70



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P13-91-70

До Хоанг Кыонг, С.И.Мерзляков

**ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ
И ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ
МНОГОДЕТЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК**

1991

В данной работе описывается предусилитель, предназначенный для сцинтилляционных и пропорциональных счетчиков многодетекторной установки по поиску нейтринных осцилляций по реакции $\bar{\nu}_e(p, n)e^+$ на больших расстояниях от реактора [1]. В настоящее время уже имеется довольно много разработанных схем предусилителей [2, 3, 4], особенностью же данного предусилителя является реализация его на дешевых интегральных схемах при достижении минимально возможного уровня шумов и высокой долговременной стабильности.

Нейтринный детектор [1] состоит из 32 слоев пропорциональных нейтронных счетчиков (НС) СМН-66 (по 10 штук в слое) и расположенных между ними 30 секций, заполненных жидким сцинтиллятором (ЖС). Каждая секция с ЖС просматривается четырьмя фотоумножителями ФЭУ-110, расположенными на двух противоположных торцах секции. Сверху детектор закрыт светозащитным экраном. Описываемые предусилители должны быть расположены непосредственно на ФЭУ и нейтронных счетчиках.

Базовая конфигурация разработанного предусилителя приведена на рис. 1.

Предусилитель включает в себя зарядочувствительную секцию (ДА1) и фильтр (ДА2), позволяющий получить оптимальное отношение сигнал/шум. Применение быстрого операционного усилителя КР 544 УД2А с нормированным коэффициентом шума позволило удовлетворить требованиям по шуму и температурной стабильности.

Расчет схемы проводится по следующей методике: На вход подается сигнал

$$U_{вх}(t) = 1 - e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

соответствующий изображению Лалласа $U_{вх}(p) = \frac{1}{p(1 + p\tau)}$, (2)

где τ - время собирания света в жидких сцинтилляторах для сцинтилляционных счетчиков, или время собирания зарядов для пропорциональных счетчиков.

Передающую функцию $W_1(p)$ зарядочувствительной секции можно

записать в виде

$$w_1(p) = - \frac{pR_0 C_n}{1 + pT_0}, \quad (3)$$

где, $T_0 = R_0 C_0$.

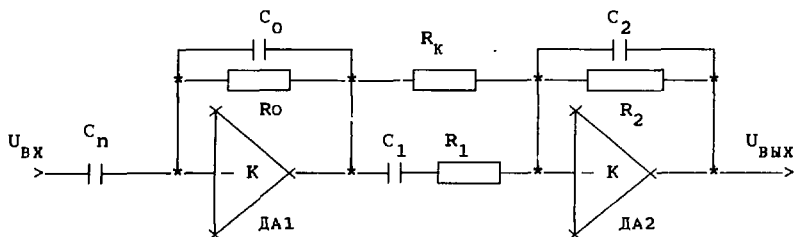


Рис.1.Базовая конфигурация предусилителя.

Операторный вид выходного напряжения этой секции будет:

$$U_1(p) = U_{вх}(p) * w_1(p) = - R_0 C_n * \frac{1}{1 + pT_0} * \frac{1}{1 + p\tau} \quad (4)$$

Второй множитель в (4) описывает интегрирование входного тока на емкости в цепи обратной связи C_0 , а третий множитель - форму входного сигнала с постоянной времени τ . Для жидких сцинтилляторов большого объема время собирания света составляет десятки наносекунда, а для пропорциональных счетчиков время собирания зарядов изменяется от 0,2 до 2,5 мкс. Для оригинала получим:

$$U_1(t) = - \frac{C_n}{C_0} * \frac{e^{-t/T_0} - e^{-t/\tau}}{1 - \tau/T_0} \quad (5)$$

Таким образом, выходной сигнал зарядочувствительной секции нарастает с постоянной времени τ и спадает до нуля с постоянной T_0 .

Операторная передаточная функция фильтра $W_2(p)$ имеет вид:

$$W_2(p) = - \frac{p R_2 C_1}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)}, \quad (6)$$

где $T_1 = R_1 C_1$ и $T_2 = R_2 C_2$.

И ее реакция на входное воздействие типа ступенька $1/p$ будет:

$$U_{\text{ВЫХ}}^*(p) = - \frac{R_2 C_1}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)}, \quad (7)$$

и ее оригинал будет:

$$U_{\text{ВЫХ}}^*(t) = \frac{R_2}{R_1} * \frac{e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}}{1 - T_2/T_1}. \quad (8)$$

Для моделирования на ЭВМ представим $U_1(t)$ в виде суммы единичных воздействий типа ступеньки:

$$U_1^*(t) = \sum_{i=0}^t \{U_1(i+1) - U_1(i)\} \delta = \sum_{i=0}^t a_i \delta, \quad (9)$$

где a_i - вес.

Тогда выходной сигнал фильтра, зная реакцию ее на данное воздействие, можно записать как:

$$U_{\text{ВЫХ}}^*(t) = \sum_{j=0}^t W_2(t-j) * a_j. \quad (10)$$

Единственное граничное условие данного способа следующее: частота квантования должна быть как минимум вдвое выше верхней частоты сигнала.

С использованием данного метода были промоделированы на ЭВМ спектрометрические каналы как для фотоумножителей, так и для пропорциональных счетчиков.

Параметры пассивных компонентов в последнем случае были найдены подбором, исходя из следующих требований:

1. Равномерное распределение усиления по всем активным элементам канала;
2. Для пропорциональных счетчиков минимально возможная длительность выходных сигналов при разрешении 1% (изменение постоянной времени τ от 200 нс до 2,5 мкс),
3. Номиналы пассивных компонентов должны соответствовать ряду E12.

В результате моделирования было получено $R_0 = 3,3 \text{ МОм}$, $C_0 = 3 \text{ пФ}$ (то есть $T_0 = 10 \text{ мкс}$). Принципиальная схема предусилителя для сцинтилляционных счетчиков приведена на рис.2, а для пропорциональных - на рис.3.

Фильтр одновременно обеспечивает дополнительное усиление. Кремниевые диоды VD1 и VD2 ограничивают и амплитуду сигнала, и защищают схему в момент включения высоковольтного

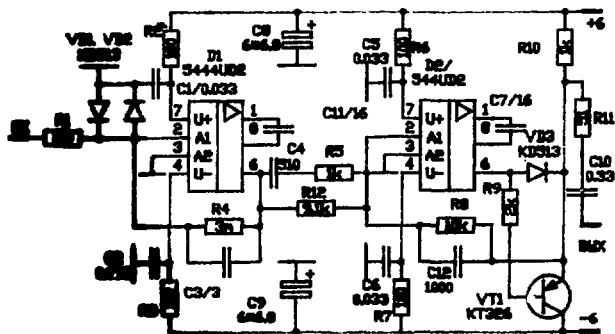


Рис.2. Принципиальная схема предусилителя для сцинтилляционных счетчиков.

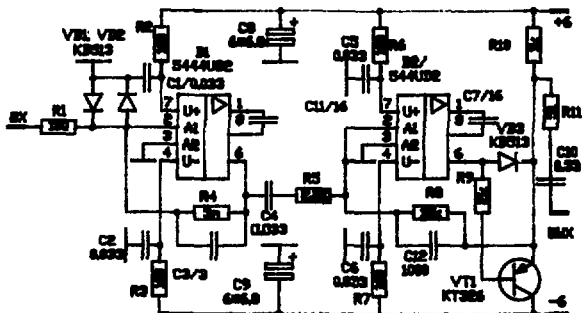


Рис.3. Принципиальная схема предусилителя.
для пропорциональных счетчиков.

источника, или в случаях пробоя. Повторитель VT1 предназначен для передачи выходного сигнала в относительно низкоомную нагрузку.

Разрешение спектрометрического канала, в составе которого работал описываемый предусилитель по нейтронам для счетчика СНМ-66 при $U_c = 1600$ В, составило 4,7 кэВ, что несколько лучше паспортных данных.

Основные параметры предусилителя:

1. Температурная нестабильность коэффициент передачи в диапазоне от 20°C до 50°C меньше $0,05\ \%/^{\circ}\text{C}$.
2. Динамический диапазон сигналов на выходе - ± 3 В.
3. Выходное сопротивление - $50\ \Omega$.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.Н.Алексеев, А.А.Боровой, С.И.Гаврилов и др.
Лабораторные испытания макета нейтринного детектора
дальнего обнаружения. ИАЭ-5095/, Москва, 1990.
2. Ю.К.Акимов, В.Х.Додохов, В.А.Жуков и др.
Предусилители для многосекционной жидкоаргоновой
ионизационной камеры. ОИЯИ, Р13-80-618, Дубна, 1980.
3. Ю.К.Акимов, В.Х.Додохов, В.А.Жуков, С.И.Мерзляков.
Ксеноновый счетчик с малощумящим предусилителем. ОИЯИ,
Р13-83-641, Дубна, 1983.
4. С.И.Мерзляков.
Малощумящий предусилитель для детекторов малых емкостей.
ОИЯИ, 13-83-646, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 февраля 1991 года.