

А. Н. ГАДАЛОВ, Ю. В. МИНЕЕВ, И. Д. РАПОПОРТ

ЛОГАРИФМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АМПЛИТУДЫ ИМПУЛЬСОВ В ЧИСЛО В БОЛЬШОМ ДИНАМИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Описывается устройство на транзисторах, осуществляющее логарифмическое преобразование амплитуды входных сигналов в число импульсов. Для преобразования используется колебательный контур. Приведенная схема осуществляет указанное преобразование входных амплитуд в большом диапазоне $2 \cdot 10^3$ (от 3 мв до 6 в).

В экспериментальных работах, в которых амплитуды регистрируемых импульсов в детекторах радиоактивного излучения (сцинтилляционный или пропорциональный счетчик) меняются на несколько порядков, удобно использовать логарифмическое преобразование амплитуд. Логарифмическое преобразование позволяет обеспечить регистрацию импульсов в большом динамическом диапазоне, сократить число элементов в системе регистрации и повысить ее надежность. Информация в этом случае получается в кодовом виде, что удобно при обработке на вычислительных устройствах.

Приборы с логарифмической шкалой были ранее применены для измерения слабых токов [1, 2]. При этом использовалась логарифмическая характеристика вакуумного прибора (диода). Эти приборы требуют высокой стабильности напряжения при большой мощности потребления, сложны и громоздки.

В работе [3] для измерения слабых постоянных токов было применено устройство на транзисторах, где использовался колебательный контур для получения логарифмической шкалы. Дальнейшим развитием этого метода является описываемый способ преобразования амплитуды импульсов в число. Входной импульс, поступающий с детектора, возбуждает колебательный контур LC . Пакет затухающих колебаний направляется на амплитудный дискриминатор с порогом $u_{\text{пор}}$. На выходе дискриминатора возникает пакет импульсов, число которых N определяется равенством

$$N = \frac{2L}{RT_0} \ln \frac{u}{u_{\text{пор}}},$$

где L — индуктивность контура, R — сопротивление потерь, T_0 — период колебаний, u — амплитуда входных импульсов. Таким образом осуществляется логарифмическое амплитудно-числовое преобразование. Коэф-

коэффициент $\frac{2L}{RT_0}$ определяет затухание колебаний и точность преобразования $\delta = e^{-\frac{RT_0}{2L}}$ — 1. В нашем случае $\delta = 0,1$; $N \approx 10 \ln \frac{u}{u_{пор}}$ и максимальное число импульсов в выходном пакете составляет ≈ 80 .

Блок-схема устройства приведена на рис. 1. Импульсы с детектора радиоактивного излучения (например, с выходной нагрузки фотоумножителя $\approx 50 \text{ Ком}$) через эмиттерный повторитель с большим входным сопротивлением поступают на каскад с колебательным контуром LC и вызывают синусоидальные затухающие колебания. Синусоидальные затухающие колебания через эмиттерный повторитель с большим входным сопротивлением и ограничитель поступают на усилитель.



Рис. 1. Блок-схема преобразователя

Сигналы с усилителя через ограничитель поступают на амплитудный дискриминатор. Дискриминирующим элементом в амплитудном дискриминаторе является туннельный диод из арсенида галлия. Импульсы с амплитудного дискриминатора, число которых пропорционально логарифму измеряемого напряжения, подаются на счетное устройство.

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 2. Входной эмиттерный повторитель собран на триодах T_1 и T_2 . Это со-

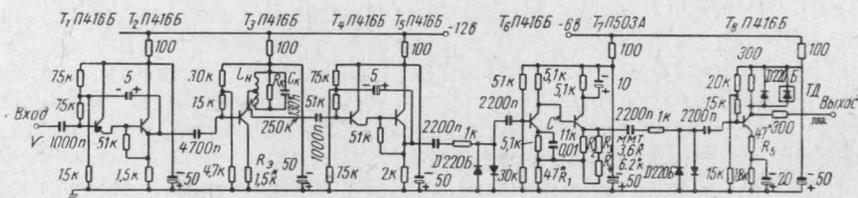


Рис. 2. Принципиальная схема логарифмического преобразователя

ставной эмиттерный повторитель с обратной связью по переменной составляющей. Входное сопротивление эмиттерного повторителя около 2 Мом , входная емкость $\approx 10 \text{ пф}$. Каскад с колебательным контуром собран на триоде T_3 . Колебательный контур включен в коллектор триода T_3 .

Описываемое устройство предназначалось для целей амплитудной регистрации импульсов от сцинтилляционного датчика и ФЭУ с требуемой точностью амплитудного преобразования $\delta = 0,1$. Поэтому логарифмический декремент затухания контура $\theta = 0,1$. Собственная частота колебаний контура $\approx 200 \text{ кгц}$.

Для линейности градуировочного графика преобразователя логарифмический декремент затухания контура должен оставаться постоянным во всем диапазоне регистрируемых импульсов. Для обеспечения температурной стабильности затухания тщательно отбирался магнитный материал для катушки L , а также применялось частичное включение контура. Частичное включение контура практически исключало

шунтирующее влияние выходного сопротивления транзистора T_3 . Емкость контура C_k должна иметь малый температурный коэффициент, чтобы обеспечить необходимую стабильность собственной частоты контура и декремента затухания.

Логарифмический декремент затухания контура удобно настраивать изменением сопротивления $R_k = 250 \text{ Ком}$. Особое внимание уделялось выбору сердечника для индуктивности L . Хорошие результаты дает применение индуктивности без сердечника. Однако в связи со значительными размерами такой катушки ($L \approx$ миллигенри) и необходимостью ее экранировки более удобной оказалась катушка с магнитным материалом. Для индуктивности L требуется магнитный материал, у которого магнитная проницаемость μ мало меняется с температурой. Были испытаны различные магнитные материалы. Хорошие результаты дали сердечники из карбонильного железа. В описанной схеме индуктивность была намотана на сердечнике СБ-3а (из материала Р-10). (Число витков $\omega = 240$ с отводом от 120-го витка. Катушка мотается в 3 провода ПЭВ-2—0,1).

Затухающие колебания с контура подаются на усилитель через эмиттерный повторитель и двусторонний диодный ограничитель. Входное сопротивление эмиттерного повторителя на триодах $T_4 T_5$ $R_{вх} > R_k$, поэтому логарифмический декремент затухания практически не зависит от входного сопротивления эмиттерного повторителя. Чтобы значительно не перегружать усилитель, применен двусторонний диодный ограничитель на диодах типа Д-220Б. Усилитель импульсов собран на триодах T_6 и T_7 . Это усилитель напряжения с обратной связью. Комбинация $p-n-p$ и $n-p-n$ транзисторов позволяет осуществить простую и стабильную схему. Входной импеданс усилителя определяется базовым делителем триода T_6 , выходной же меньше 300 ом. Коэффициент усиления усилителя около 100. Он определяется величиной отношения $\frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_1(R_2 + R_3 + R_4)}$ и может быть легко подстроен изменением R_1 (R_3 — термосопротивление для компенсации температурного ухода, всего устройства). При подаче на вход усилителя сигнала более 30 мв триод усилителя T_6 входит в режим насыщения, и как результат этого возможна нелинейность градуировочного графика преобразователя. Для исключения этого эффекта постоянная времени разряда конденсатора $C = 0,01 \text{ мкф}$ в цепи эмиттера триода T_6 выбрана такой, что прежде чем выходное напряжение с усилителя уменьшится до напряжения порога дискриминатора, триод T_6 усилителя успевает выйти из насыщения, а конденсатор C разрядится до номинального значения напряжения на нем.

Сигнал с усилителя через двусторонний ограничитель на диодах Д-220Б поступает на амплитудный дискриминатор. Амплитудный дискриминатор собран на транзисторе T_8 и туннельном диоде ТД из арсенида галлия, включенного в коллекторную цепь транзистора T_8 по предложению А. С. Мелиоранского.

При отсутствии импульсов на базе транзистора T_8 туннельный диод находится на первой восходящей ветви характеристики. Когда приходит импульс, он «перебрасывается» на диффузионную ветвь характеристики. Порог срабатывания схемы 70—100 мв. Он может быть легко изменен сопротивлением R_5 . Чтобы избежать пробоя туннельного диода во время переброса на диффузионную ветвь, туннельный диод шунтирован диодом Д-220Б. В схеме был использован туннельный диод с током пика $I_{п} = 2 \text{ ма}$, отношением тока пика к току впадины $I_{п}/I_{вп} \geq 8$, $C = 10 + 30 \text{ нф}$.

Импульсы с коллектора триода T_8 имеют величину ≈ 500 мв. Они поступают на счетное устройство на транзисторах или туннельных диодах. На рис. 3 приведена зависимость числа импульсов на выходе преобразователя от амплитуды входного импульса. Диапазон амплитуд регистрируемых импульсов превышает 3 порядка (от 3 мв до 6 в на входе) и может быть легко расширен увеличением коэффициента усиления усилителя. На графике приведены также результаты температурных испытаний преобразователя. Заданная точность преобразования выдерживается в диапазоне температур от -20° до $+50^\circ$ С.

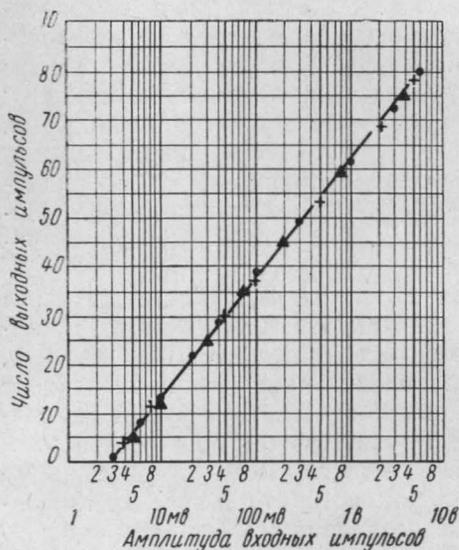


Рис. 3. Амплитудно-числовая характеристика преобразователя

Описанная схема предназначена для регистрации событий с частотой следования до 2 кГц, так как время преобразования импульса с максимальной амплитудой составляет ≈ 400 мксек. Схема может найти широкое применение в экспериментальной технике благодаря простоте, большому динамическому диапазону регистрируемых импульсов и удобной форме выходной информации. Схема потребляет по цепи 12 в — 8 ма, по цепи 6 в — 4 ма.

В заключение авторы выражают благодарность И. А. Савенко за помощь и постоянное внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санин А. А. Электронные приборы ядерной физики. М., Физматгиз, 1961.
2. Progress in nuclear physics. vol. 5. pp. 90—141 Pergamon press 1956.
3. Минеев Ю. В., Санин А. А., Савин Б. И., Гадалов А. Н. «Геоматематизм и астрономия», 5, № 4, 781, 1965.

Поступила в редакцию
9. 3 1965 г.

НИИЯФ