

УДК 621.374(088.88)

Б. С. ДУДНИК, О. В. ПРЮГИ, С. Ф. СЕМЕНОВ

**УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УСИЛЕНИЯ
ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ**

Устройство автоматического регулирования усиления (АРУ) импульсных сигналов разработано для радиоприемника метеорных РЛС. Энергетические характеристики метеорного комплек-

са оцениваются семейством амплитудно-временных характеристик метеорного радиоэхо (АВХ) [1], показанных на рис. 1. Спад АВХ сигнала, отраженного от ненасыщенного метеорного следа, аппроксимируется экспоненциальной функцией вида

$$u(t) = A \exp[a(\tau - t)], \quad (1)$$

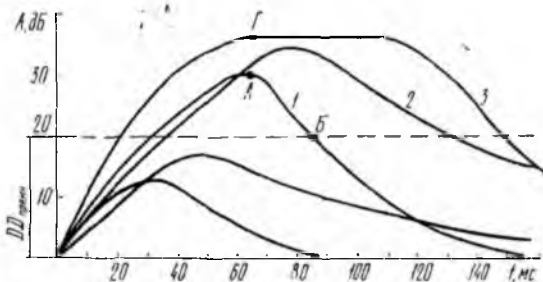


Рис. 1

где τ — постоянная спада метеорного следа; a — константа, определяемая физическими характеристиками радиоаппаратуры [2].

Устройство АРУ разработано под определенный наиболее часто встречающийся класс АВХ метеорного радиоэхо (кривая 1 на рис. 1), у которого $\tau = 20$ —30 мс. Период посылок па-

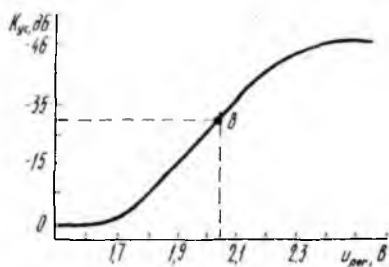


Рис. 2

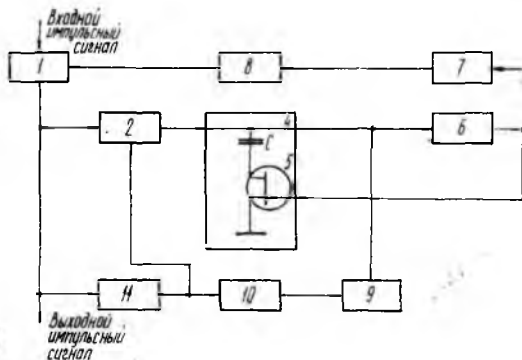


Рис. 3

чек радиоимпульсов передатчика также 20 мс. При этом за отрезок времени между двумя посылками амплитуда импульсов изменится примерно на -10 дБ на начальном участке спада АВХ. На рис. 2 приведена зависимость коэффициента усиления УПЧ с регулируемым усилением от регулируемого напряжения $U_{рег}$, из которой следует, что при изменении регулирующего напряжения на 0,1 В коэффициент усиления УПЧ $K_{ус}$ изменяется на 10 дБ.

На рис. 3 представлена функциональная схема устройства автоматического регулирования усиления импульсных сигналов. Она включает в себя элемент 1 с регулируемым усилением, имеющий сигнальный вход, на который подается входной импульсный сигнал, выход, с которого снимается выходной импульсный сигнал, и управляющий вход, на который поступает управляющее напряжение; первый клапан 2, имеющий сигнальный вход, соединенный с выходом элемента 1, управляющий вход, на который поступает управляющий сигнал, предназначенный для управления подачей входных импульсов на накопительный конденсатор 3, вход которого соединен с выходом клапана 2. В элементе памяти 4 последовательно с накопительным конденсатором 3 включен полевой транзистор 5, управляющий вход которого соединен с выходом буферного усилителя 6. Последовательно с 6 соединены фильтр нижних частот 7 и пороговый элемент 8, с выхода которого управляющее напряжение поступает на управляющий вход элемента 1. Конденсатор 3 соединен со вторым клапаном 9, управляющий вход которого подключен к выходу генератора сброса 10. Вход 10 соединен с пороговым детектором амплитуды 11, выход которого подключен к управляющему входу клапана 2, а вход подсоединен с выходу элемента 1.

Устройство работает следующим образом. Если амплитуда сигнала на выходе элемента 1 не превышает порога срабатывания порогового детектора амплитуды 11, клапан 2 отключен, генератор сброса 10 включает клапан 9 и накопительный конденсатор 3 не реагирует на входные сигналы. На выходе элемента памяти 4 регулирующее напряжение отсутствует, и элемент 1 имеет максимальное усиление. Если амплитуда сигнала на выходе элемента 1 превышает порог срабатывания порогового детектора амплитуды 11, то генератор сброса 10 отключает клапан 9, клапан 2 открывается и накопительный конденсатор 3 начинает заряжаться каждым импульсом пачки с постоянной времени, определяемой внутренним сопротивлением полевого транзистора 5, которое зависит от выходного потенциала элемента памяти 4. С повышением выходного потенциала элемента памяти 4 внутреннее сопротивление полевого транзистора 5 под воздействием напряжения обратной связи, снимаемого с буферного усилителя 6, снижается, постоянная времени заряда накопительного конденсатора 3 уменьшается, т. е. от импульса к импульсу в пределах пачки импульсов скорость заряда растет, выходное напряжение элемента памяти 4 достигает значения, равного амплитуде входных импульсов, только к концу последнего импульса пачки. Генератор сброса 10 поддерживает клапан 9 в закрытом состоянии на время следования пачки входных импульсов. Сигнал на выходе элемента памяти 4 превышает пороговый уровень порогового элемента 8, и коэффициент усиления элемента 1 уменьшается. Но так как цепь разряда накопительного конденсатора 3 разомкнута, выходное на-

пряжение элемента памяти 4 остается неизменным до прихода очередной пачки импульсов в следующем периоде, которая, в свою очередь, подзаряжает конденсатор 3 и тем самым повышает регулирующее напряжение на управляющих зажимах элемента 1, что приводит к уменьшению коэффициента усиления элемента 1. Таким образом, устройство автоматической регулировки усиления следит за амплитудой сигнала на выходе элемента 1, фиксируя ее на постоянном уровне в динамическом диапазоне изменения амплитуд входного сигнала порядка 40 дБ.

При этом повышается чувствительность устройства к резким изменениям амплитуды входных импульсов, уменьшается искажение формы принимаемых сигналов, а следовательно, повышается точность фиксации момента появления импульса по его переднему фронту.

В цепи разряда накопительной емкости установлен полевой транзистор (ПТ), у которого зависимость $R_{\text{си}} = F(U_{\text{пер.}})$ имеет экспоненциальный характер

$$R_{\text{си}} = \frac{\exp(U_{\text{пер.}}/U_0)}{q_{21\text{max}}(1 - 2bU_c)}, \quad (2)$$

где U_0 — напряжение отсечки полевого транзистора; $q_{21\text{max}}$ — крутизна характеристики ПТ, когда напряжения на стоке и затворе равны нулю; b определяется непосредственно по начальному участку выходной вольт-амперной характеристики ПТ.

Рассмотрим процесс регулировки, когда амплитуда сигнала начала уменьшаться (кривая 1 на рис. 1). После максимума (точка А) через период амплитуда последующей пачки скачком уменьшилась на 10 дБ (точка Б). Этому скачку предшествовало напряжение на накопительной емкости (точка В), равное 2,05 В. Это напряжение приложено к участку затвор-исток-полевого транзистора и при этом $R_{\text{си}}$ незначительно. Схема АРУ разработана так, что постоянная разряда накопительного конденсатора при разомкнутой цепи разряда $\tau = 20T$, где T — период повторения пачки зондирующих импульсов. За время T напряжение на входе элемента с регулируемым усилением установится $U_{\text{рег. пред.}} e^{-T/20T} \approx 0,95U_{\text{рег. пред.}}$, т. е. уменьшится на значение $U_{\text{рег. пред.}} - 0,95U_{\text{рег. пред.}} \approx 0,1$ В, и усиление элемента с регулируемым сопротивлением возрастет на 10 дБ (рис. 2). В результате амплитуда выходного сигнала останется без изменений.

Разница между амплитудами последующих пачек уменьшается по закону экспоненты (см. рис. 1). Одновременно на напряжение на накопительной емкости C уменьшается с большей постоянной времени, так как $R_{\text{си}}$ растет по экспоненте (2). Таким образом, напряжение на управляющем входе каскада УПЧ с регулируемым сопротивлением АВХ связано с изменением амплитуды сигнала. Если постоянная спада АВХ метеорологического следа $\tau \gg 30$ мс (а такие следы встречаются, см. 2, 3 на

рис. 1)), то в этом случае в выходном сигнале приемника будут наблюдаться небольшие флуктуации сигнала по амплитуде, не выходящие за пределы линейного участка динамического диапазона приемника. Для улучшения работы АРУ независимо от вида АВХ метеорного радиоэхо в пачку импульсов был добавлен информационный сигнал АРУ длительностью 2 мкс. В дальнейших измерениях временного положения этот импульс участия не принимает, так как у него искажена форма в момент изменения напряжения АРУ за счет саморазряда накопительной емкости. Это утверждение справедливо в основном для АВХ (см. 3 на рис. 1).

Рассмотрим работу АРУ для этого случая. На вход приемного устройства пришел сигнал максимальной амплитуды (точка Г, кривая 3 рис. 1). На входе элемента с регулируемым усилением напряжение АРУ равно 2,1 В (см. рис. 2). В следующий период принятый сигнал имеет то же значение напряженности, что и в предыдущий, но за счет саморазряда накопительной емкости C напряжение на входе элемента с регулируемым усилением к началу следующего периода уменьшится приблизительно на 0,1 В, что, в свою очередь, повлечет за собой возрастание усиления приблизительно на 10 дБ к началу прихода следующей пачки. В момент появления первого (информационного) импульса пачки и с учетом того, что на входе полевого транзистора напряжение порядка 2 В, накопительная емкость C дозарядится на величину, определяемую постоянной времени заряда. В конкретном случае это значение будет порядка 0,1 В. За время до появления импульса пачки восстановится прежнее усиление.

Необходимо заметить, что за короткий промежуток времени (время, в течение которого формируется пачка — 100—200 мкс) амплитуда импульсов в пачке, отраженных от метеорных следов, практически измениться не успеет. Поэтому речь идет о регулировке на интервале, равном периоду посылок пачек, где наблюдаются существенные изменения амплитуды отраженного сигнала. Эти изменения могут достигать 40 дБ в пределах жизни метеорного следа.

Полевой транзистор в цепи заряда накопительной емкости необходимо подбирать по минимальному напряжению отсечки U_0 .

Список литературы: 1. Олейников В. Н. Начальный радиус метеорного следа и его влияние на замечаемость радиолокационных метеоров: Дис. ... канд. техн. наук: Х., 1983. 14 с. 2. Лизогуб В. В., Олейников В. Н. Выбор длительности регистрации индивидуальных метеорных радиотражений//Метеорные исследования. М., 1981. № 37. С. 60—62.

Поступила в редколлегию 13.04.87