ОБ ОДНОЙ СХЕМЕ УСИЛИТЕЛЯ С АРУ В ТОНАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ

Л. Д. Кравченко, В. Л. Булгач, Г. Ф. Витер, А. Н. Луценко
Киев

В системах передачи дискретной информации (СПДИ), использующих временной метод разделения сигналов в канале связи, возникает необходимость в согласовании демодулятора с выходом канала связи, так как уровень входного сигнала приемника изменяется в общем случае по логарифмически нормальному случайному закону.

Динамический диапазон изменения входных сигналов приемника весьма велик. Для нормальной работы СПДИ необходимо обеспечить уменьшение этого диапазона, так как изменение характеристических моментов восстановления на выходе демодулятора увеличивает вероятность неправильной регистрации информации. Уменьшить динамический диапазон можно с помощью системы с автоматической регулировкой усиления (АРУ), которая предназначена для поддержания напряжения на выходе приемного устройства практически постоянным при значительном изменении величины входного сигнала. Действие системы АРУ основано на изменении коэффициента усиления усилителя, который регулируется

автоматически путем подачи регулирующего смещения на управляющий каскад. Это напряжение является результатом детектирования и усиления выходного сигнала.

Анализ статического режима позволяет оценить, годна ли данная система АРУ для использования во входном устройстве, работающем в заданном диапазоне изменения входных сигналов. Кроме того, необходимо знать динамические режимы, т. е. поведение системы в условиях реального изменения уровня сигналов на входе, так как скорость установления процессов (быстродействие системы) не только определяется параметрами системы, но существенно зависит от величины входного сигнала.

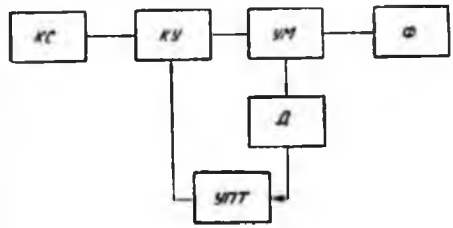

Рис. 1.

Рассмотрим структурную схему входного устройства аппаратуры передачи данных (рис. 1). Из канала связи (КС) входной сигнал поступает на усилитель с АРУ, который состоит из каскада управления (КУ), усилителя мощности (УМ), детектора (Д) и усилителя постоянного тока (УПТ). Усилитель в цепи обратной связи с АРУ используется для улучшения стабилизирующих свойств системы. С выходного каскада усилителя сигнал поступает на демодулятор приемного устройства (Ф) [1].

В статическом режиме на вход усилителя приходит сигнал

$$U_{i\,\text{вх}} = U \sin \omega_i t,$$

на выходе каскада получаем

$$U_{i\,\text{вых}} = \alpha U \sin (\omega_i t + \varphi).$$

Линейно аппроксимированная статическая характеристика системы с АРУ представляет собой ломаную прямую. На начальном участке, когда выходное напряжение меньше порогового напряжения АРУ и цепь обратной связи не функционирует,

$$U_{\text{вых}} = K_{\text{ус}} U_{\text{вх}},$$

где $U_{\text{ус}}$ — коэффициент усиления при $U_{\text{упр}} = 0$. Второй участок графика более пологий — это рабочий участок системы с АРУ.

Качество системы можно оценить с помощью коэффициента

$$P = \frac{U_{\text{вых}_{max}}}{U_{\text{вых}_{min}}},$$

где $U_{\text{вых}_{max}}$ — максимальное выходное напряжение на рабочем участке;

$U_{\text{вых}_{min}}$ — минимальное выходное напряжение на этом же участке.

Этот коэффициент показывает, во сколько раз увеличивается амплитуда выходного сигнала, если амплитуда входного сигнала возрастает в заданное количество раз (m)

$$m = \frac{U_{\text{вх}_{max}}}{U_{\text{вх}_{min}}}.$$

С помощью эффективности системы АРУ

$$L = \frac{m}{p}$$

определяется, во сколько раз автоматическая регулировка усиления уменьшает динамический диапазон изменения сигнала на входе модулятора по отношению ко входу усилителя. Результатом расчета статического режима будет обеспечение заданного диапазона изменения выходного сигнала — p по заданному диапазону изменения входного сигнала — m.

Если известна переходная характеристика управляющего каскада

$$\beta = f(U_{рег}),$$

где $U_{рег}$ — регулирующее напряжение, складывается из напряжения смещения $E_{см}$ и напряжения управления $U_{упр}$,

$$U_{рег} = E_{см} + U_{упр},$$

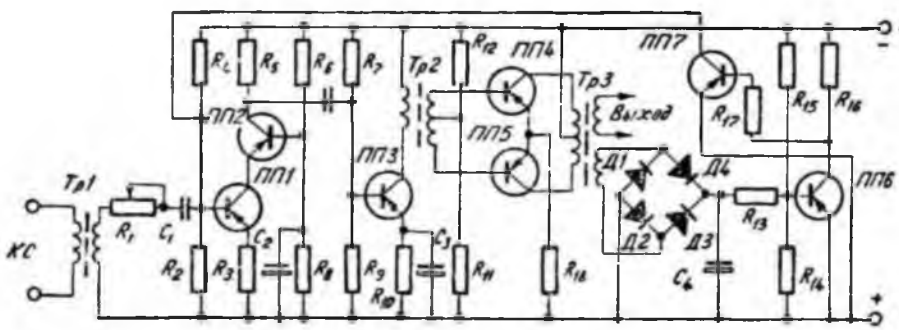

Рис. 2.

то общий коэффициент усиления равен

$$K = K_{упр} K_{неупр},$$

причем

$$K_{упр} = A\beta,$$

где A — коэффициент усиления, зависящий от параметров схемы. Максимальный коэффициент усиления

$$K_0 = K_{упр\,max} K_{неупрmax}.$$

Выразим коэффициент усиления через $K_{упр}$ и K_0

$$K = K_{упр} \frac{K_0}{K_{упрmax}}.$$

Все величины в правой части находятся расчетным путем.

Таким образом, имея характеристику $\beta = f(U_{рег})$, при известном K_0 можно рассчитать статическую характеристику системы.

На рис. 2 представлена принципиальная схема усилителя с АРУ. Усилитель предназначен для работы во входном устройстве аппаратуры передачи данных по коммутируемым телефонным каналам связи в диапазоне частот 400—3400 *гц*. Сигнал из канала связи поступает через согласующий трансформатор Тр1 на каскад управления, собранный на транзисторах ПП1, ПП2 по каскадной схеме. Далее сигнал усиливается усилителем напряжения на транзисторе ПП3 и усилителем мощности, выполненным по двухтактной схеме на транзисторах ПП4, ПП5 [2]. При определенном уровне входного сигнала выходное напряжение достигает порогового значения $E_п$. С этого момента начинает работать схема АРУ, состоящая из детектора на диодах Д1 — Д4 и усилителя постоянного тока на транзисторах ПП6, ПП7, обеспечивающего необходимую эффек-

тивность обратной связи АРУ. При увеличении входного напряжения отрицательное смещение на базе ПП1 уменьшается, что приводит к уменьшению тока коллектора, крутизны характеристики транзистора, т. е. к снижению усиления каскада управления.

В диапазоне частот 400—3400 *гц* коэффициент нелинейных искажений данного усилителя не превышает 5—6%.

Экспериментально снятая статическая характеристика системы АРУ приведена на рис. 3. Участок относительного постоянства выходного напряжения может быть легко сдвинут в область как более слабых, так и более сильных входных сигналов.

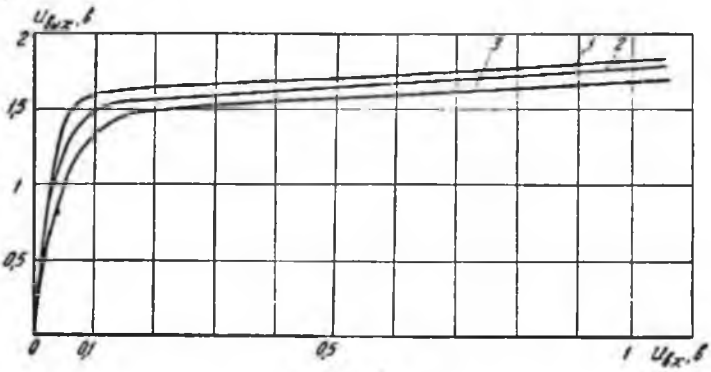

Рис. 3.

Эффективность АРУ данной схемы в заданном диапазоне регулирования $L \geqslant 7$ при общем диапазоне регулирования 40 *дб*.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Широков, В. Г. Репин. Воздействие помех на систему АРУ. «Радиотехника», т. 14, № 4, 1959.

2. Расчет транзисторных цепей. Под ред. Р. Ф. Ши. Изд-во «Энергия», 1964.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ МЕТОДОВ ПРИ АНАЛИЗЕ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СМЕННОПОСЫЛОЧНЫХ КОДОВ

Э. А. Костецкий, В. Д. Назаров, В. И. Сапрыкин

Киев

В последнее время в технике передачи дискретной информации (ПДИ) широкое распространение получают многочастотные системы [1] благодаря простоте конструкции и в некоторых случаях более высокой эффективности работы [2]. В таких системах ПДИ в основном применяются коды с постоянным весом, например, сменнопосылочные [3]. Одним из путей повышения эффективности аппаратуры ПДИ со сменнопосылочными кодами является применение вместо отдельных частот многопозиционной ЧМ. Рассмотрим задачу построения такого кода и подсчета числа кодовых комбинаций.

Пусть K — упорядоченное множество из m различных элементов

$$a_1, a_2, \ldots a_m,$$

где $a_i \neq a_j (i \neq j;\ i,\ j = 1,\ 2, \ldots, m)$,

$$m = kr (k,\ r \geqslant 1).$$