

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОМОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ С ЗАДАНЫМ ИНДЕКСОМ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ

В. В. Емельянов

Харьков

Формирование фазомодулированных сигналов с высокостабильным индексом фазовой модуляции сопряжено с целым рядом трудностей. Так, из-за нестабильностей фазовых характеристик отдельных каскадов, обусловленных нестабильностью фазовой характеристики резонансного контура, нестабильностью фазовых характеристик каскадов за счет изменения параметров транзисторов и т. д., индекс фазовой модуляции изменяется в широких пределах.

Изменение индекса фазовой модуляции за счет паразитных фазовых искажений приводит к изменению результирующего спектра на выходе систем формирования фазомодулированных колебаний.

В представленной работе предлагается система формирования фазомодулированных колебаний с автоматическим поддержанием индекса фазовой модуляции на определенном уровне.

Упрощенная функциональная схема системы формирования фазомодулированных колебаний с заданным индексом фазовой модуляции представлена на рис. 1. Сигнал от высокостабильного задающего генератора (ЗГ) с частотой $f_{зг}$ поступает на фазовый модулятор (M), представляющий собой трехконтурный фильтр.

Известно, что при использовании в схеме фазового модулятора одиночного колебательного контура можно обеспечить изменение фазы в пределах $\pm 45^\circ$ при относительно большом клирфакторе и изменении

амплитуды на 30%. Поэтому для обеспечения изменения фазы в больших пределах используют многоконтурные фильтры.

Используемый в данной системе фазовый модулятор содержит три контура, образующих фильтр со связями ниже критической, настраиваемый таким образом, что в диапазоне изменения фазового угла $\Delta\varphi = 45(2n - 1)^\circ$ связь между управляющим напряжением $u_{\text{мод}}$ и фазой на выходе фильтра практически будет линейной (здесь n — число контуров в фильтре). Такой трехконтурный модулятор обеспечивает линейное отклонение фазы в пределах $\pm 112,5^\circ$. Для четырехконтурного фильтра эта цифра увеличивается до $\pm 157,5^\circ$. Модулятор с четырехконтурным фильтром обеспечивает фазовый сдвиг $\pm 200^\circ$ при клирфакторе 4%.

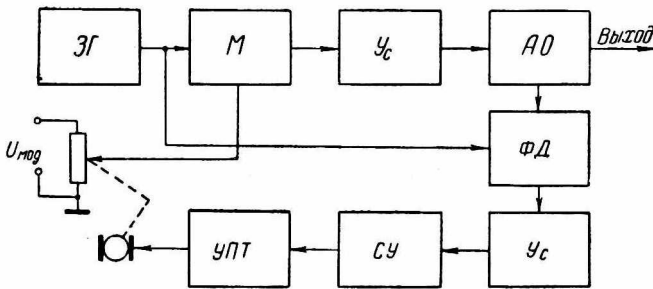


Рис. 1.

Входящие в состав модулятора колебательные контуры содержат в своем составе нелинейную емкость (варикапы $D = 901$), величина которой зависит от амплитуды модулирующего напряжения $u_{\text{мод}}$ и постоянного запяжения смещения $E_{\text{см}}$. Выходное напряжение фазового модулятора оказывается промодулированным по закону модулирующего напряжения

$$u_{\text{мод}} = u_{\Omega} \sin \Omega t$$

и описывается уравнением

$$u_1 = u_T \cos(\omega_{\text{зг}} t + \varphi_{\text{зг}} + k u_{\Omega} \sin \Omega t),$$

где $\omega_{\text{зг}} t + \varphi_{\text{зг}}$ — составляющая фазы, изменяющаяся по линейному закону; $k u_{\Omega} \sin \Omega t$ — составляющая фазы, изменяющаяся по закону напряжения $u_{\text{мод}}$;

k — коэффициент пропорциональности;

$k u_{\Omega} = \Delta\varphi$ — индекс фазовой модуляции.

Усиленный усилителем (Ус) фазомодулированный сигнал поступает на амплитудный ограничитель (АО). Необходимость амплитудного ограничения фазомодулированного сигнала объясняется тем, что ширина пропускания фильтра модулятора является конечной, за счет чего в модуляторе возникает паразитная амплитудная модуляция. Модуляция амплитуды по существу не отражается на фазе или сдвиге фаз [1], однако приводит к изменению спектра сигнала и может оказать влияние на выбор методов и устройств для извлечения информации из фазы сигнала, а также уменьшить энергию сигнала, от которой зависит точность изменения фазы и поддержания индекса фазовой модуляции.

После ограничения по амплитуде сигнал поступает на фазовый детектор (ФД), собранный по балансной схеме. На фазовый детектор подается также напряжение задающего генератора

$$u_2 = u_T \cos(\omega_{\text{зг}} t + \varphi_{\text{зг}}).$$

Для обеспечения линейной зависимости выходного напряжения фазового детектора от сдвига фаз [2] в системе обеспечено равенство по амплитуде напряжений u_1 и u_2 .

Напряжение на выходе фазового детектора

$$u_2 = 2u_T (k_{d1} + k_{d2}) I_1(m) \sin \Omega t,$$

где $I_1(m)$ — функция Бесселя первого порядка;

k_{d1} и k_{d2} — коэффициенты передачи детекторов.

Выделенное напряжение на нагрузке фазового детектора с частотой модулирующей функции усиливается усилителем (УС) и преобразуется в выпрямителе (В) в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна индексу фазовой модуляции.

Постоянное напряжение выпрямителя подается на сравнивающее устройство (СУ), в котором напряжение выпрямителя u_B сравнивается со стабильным опорным напряжением $u_{\text{опор}}$, соответствующим заданному значению индекса фазовой модуляции. В результате ухода индекса фазовой модуляции от заданного значения на выходе сравнивающего устройства появляется сигнал ошибки Δu , величина и знак которого соответствует направлению и величине ухода индекса ФМ

$$\Delta u = u_{\text{опор}} - u_B.$$

Если $u_{\text{опор}} > u_B$, то $\Delta u > 0$, и наоборот.

Сигнал ошибки, усиленный усилителем постоянного тока (УПТ), управляет работой электромотора. Последний приводит в движение движок потенциометра, с которого снимается модулирующее напряжение. В зависимости от знака сигнала ошибки мотор вращается в ту или другую сторону, за счет чего увеличивается или уменьшается модулирующее напряжение.

Если индекс фазовой модуляции уменьшился относительно заданной величины, система автоматического поддержания увеличивает величину модулирующего напряжения, за счет чего индекс фазовой модуляции увеличивается и достигает заданной величины. Если индекс увеличился, система автоматического поддержания уменьшает модулирующее напряжение и индекс ФМ уменьшается.

На рис. 2 приведены спектры сигнала на выходе системы формирования:

а) спектр сигнала, соответствующий заданному индексу ФМ при отсутствии дестабилизирующих факторов;

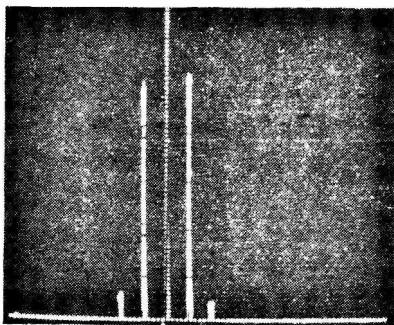
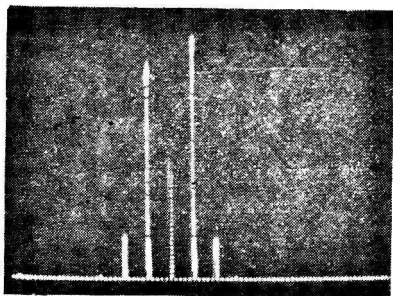
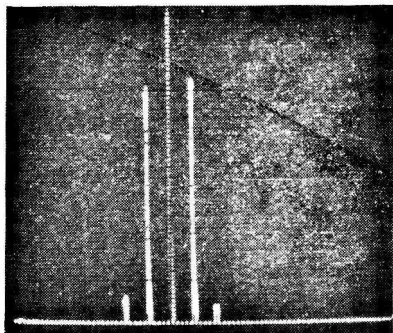


Рис. 2.

б) спектр сигнала в момент отклонения индекса ФМ от заданного значения за счет внешнего воздействия на модулятор;

в) спектр сигнала после срабатывания системы автоматического поддержания.

Предлагаемая система формирования ФМ сигналов обеспечивает точность поддержания индекса фазовой модуляции не меньше 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Пестряков. Фазовые радиотехнические системы. Изд-во «Советское радио», 1968.
2. С. М. Пестряков, В. Г. Савенко. Измерения в проводной связи. Изд-во «Связь», 1966.