

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКМЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИУЧЕБНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ
ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

В. С. Эткин

Частотная модуляция широко используется в радиотехнике и технической физике, но наглядные демонстрации этого относительно сложного явления отсутствуют. Объясняется это тем, что используемые на практике модуляторы с реактивными лампами довольно сложны по своей схеме и рассчитаны на создание относительно малого изменения частоты, трудно доступного наблюдению. Увеличение глубины модуляции вносит искажения и приводит к неустойчивости колебаний. Для восстановления устойчивости требуются дополнительные устройства, ещё усложняющие схему.

Для учебной демонстрации желательно иметь глубину модуляции, которая обеспечила бы ясную видимость изменения частоты колебаний на экране электронного осциллографа; кроме того, желательно, чтобы применяемая схема была по возможности проста.

В описываемом устройстве применён способ изменения параметра контура (индуктивности), основанный на нелинейности кривой намагничивания железа и изменении коэффициента взаимной индукции связанных контуров.

Генератор (рис. 1) собран по трёхточечной схеме со средней точкой в ёмкостной цепи; катушка контура индуктивно связана с модулирующей катушкой, питаемой током технической частоты (50 герц). Изменение глубины модуляции достигается реостатом R_M и перемещением катушек по общему железному сердечнику, представляющему замкнутый контур; сечение железа — 1 см^2 . Частота колебаний генератора при отсутствии модуляции составляет 650 герц.

При всех возможных значениях отклонения частоты (достигающих 50%) простота и наглядность схемы сохраняются.

Для получения на экране осциллографа устойчивой наглядной картины необходимо, чтобы несущая частота была кратна частоте модуляции и частоте развёртки. Для достижения этого применяются,

кроме синхронизирующих устройств осциллографа, реостат R_c в цепи смещения и относительное перемещение катушек контура и модулятора.

Так как для получения достаточного отклонения частоты глубину модуляции приходится выбирать довольно большой, то частотно-модулированный сигнал оказывается сильно модулированным и по амплитуде. Для устранения амплитудной модуляции сигнал

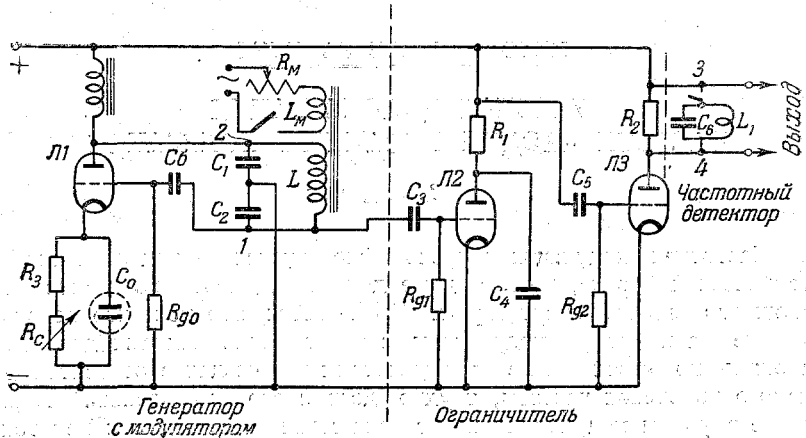


Рис. 1. Параметры.

Лампы	Ёмкости	Сопротивления	Индуктивности
Л1—6С5	$C_1 = C_2 = 0,01$ мкф	$R_1 = R_2 = 200$ ком	$L_1 = 1$ гн
Л2—6Ф5	$C_3 = 150$ пкф F	$R_3 = 2$ ком	$L =$ около 8000 витков на 10 см
Л3—6Ф5	$C_4 = C_5 = 0,005$ мкф или 0,01 мкф	$R_{g0} = 1,0$ ком	$L_M = 5000$ витков на 2 см
	$C_0 = 20$ мкф	$R_{g1} = R_{g2} = 900$ ком	
	$C_6 = 0,01$ мкф	$R_c = 4,7$ ком	
		$R_M = 10$ ком	

пропускается через ограничитель; таким образом, данная схема может служить и самостоятельной демонстрацией работы ограничителя.

Частотное детектирование осуществляется параллельным подключением к выходу ограничителя колебательного контура, настроенного на частоту, несколько отличающуюся от несущей частоты.

В результате получается амплитудно-модулированный сигнал, у которого глубина амплитудной модуляции определяется частотной модуляцией исходного сигнала. Этот амплитудно-модулированный сигнал может быть далее детектирован обычным способом. Изменение частоты в этом сигнале сохраняется, но не влияет на дальнейшие преобразования сигнала — выделение и усиление звуковой частоты.

Работа описываемой установки иллюстрируется следующими осциллограммами (рис. 2):

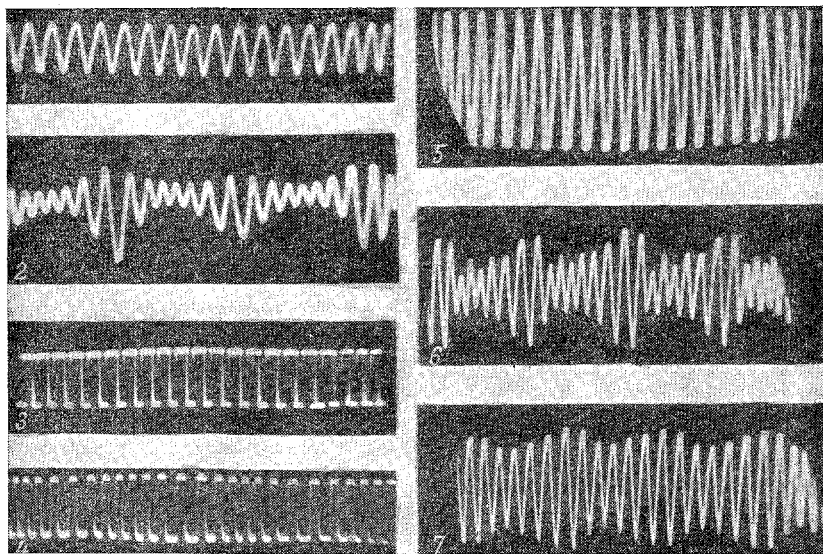


Рис. 2.

На осциллограмме 1 показано немодулированное, а на осциллограмме 2 — частотно-модулированное колебание (осциллограф приключался в точках 1 — 2).

На осциллограмме 3 показано немодулированное, а на осциллограмме 4 — модулированное колебание после пропускания его через ограничитель (осциллограф приключался в точках 3 — 4); при этом частотный детектор был выключен.

На осциллограмме 5 показан немодулированный, а на осциллограммах 6 и 7 — модулированный сигнал после прохождения через частотный детектор (осциллограф приключался в точках 3 — 4 при включённом частотном детекторе); осциллограммы 6 и 7 соответствуют разным глубинам частотной модуляции.

Работа выполнена в радиотехнической лаборатории Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина по предложению проф. Малова под руководством ассистента А. Я. Волковой, которой автор глубоко благодарен за внимательное руководство.