

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
«МАИ»

Кафедра теоретической радиотехники

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
«Исследование амплитудно-модулированных радиосигналов»

Утверждено на заседании кафедры 405
31 августа 2006 г.
протокол № 1

Москва, 2006 г.

Цель работы

Исследование радиосигналов с амплитудной модуляцией (АМ), сравнение тонально модулированных радиосигналов и их спектров при различных коэффициентах амплитудной модуляции, исследование амплитудно-модулированных сигналов при разных модулирующих сигналах.

Краткие теоретические сведения

При классической амплитудной модуляции амплитуда несущего колебания изменяется по закону информационного сигнала $s(t)$:

$$u_{\text{АМ}}(t) = A_0 [1 + M \cdot s(t)] \cdot \cos 2\pi f_0 t, \quad (1)$$

где A_0 – амплитуда несущего колебания, M – коэффициент амплитудной модуляции, $s(t)$ – нормированный информационный сигнал.

Коэффициент амплитудной модуляции M можно определить по наибольшему A_{max} и наименьшему A_{min} значениям АМ сигнала (рис. 1 а):

$$M = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Коэффициент модуляции M изменяется в пределах $0 \leq M \leq 100\%$. При 100% модуляции минимум огибающей опускается до нуля (рис. 1 б). Если попытаться еще больше увеличить размах колебаний, то происходит отсечка колебаний снизу, нарушается соответствие между информационным сигналом $s(t)$ и огибающей, возникает так называемый режим «перемодуляции» (рис. 1 в).

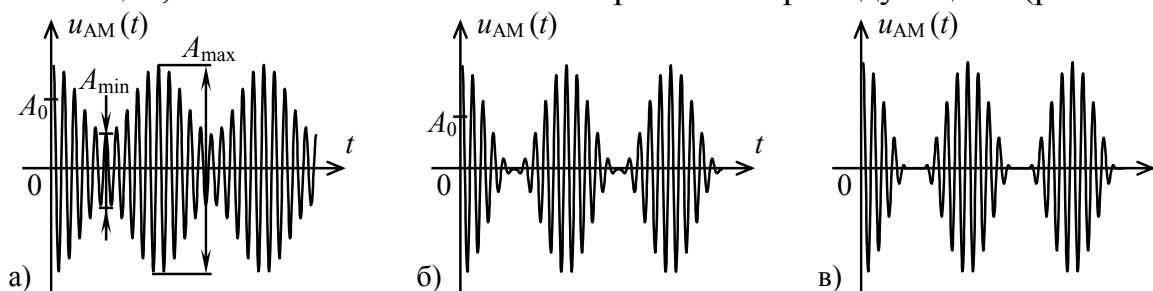


Рис. 1. Амплитудно-модулированные сигналы.

- а) АМ сигнал при $M < 100\%$; б) АМ сигнал при $M = 100\%$;
в) АМ сигнал при перемодуляции.

Спектр АМ сигнала можно найти исходя из (1) как свёртку спектров двух составляющих: несущего колебания $u_{\text{н}}(t) = A_0 \cos 2\pi f_0 t$ и информационного сигнала с добавленной постоянной составляющей $u_{\text{нч}}(t) = 1 + M \cdot S_0 \cos 2\pi F t$. На рис. 2 показаны спектры низкочастотного сигнала, несущего колебания и АМ сигнала.

По спектру тонально модулированного сигнала коэффициент амплитудной модуляции можно определить следующим образом:

$$M = \frac{2A_{\text{бок } 1}}{A_0}, \quad (3)$$

где $A_{\text{бок } 1}$ – амплитуда 1-й боковой гармоники, A_0 – амплитуда гармоники несущего колебания.

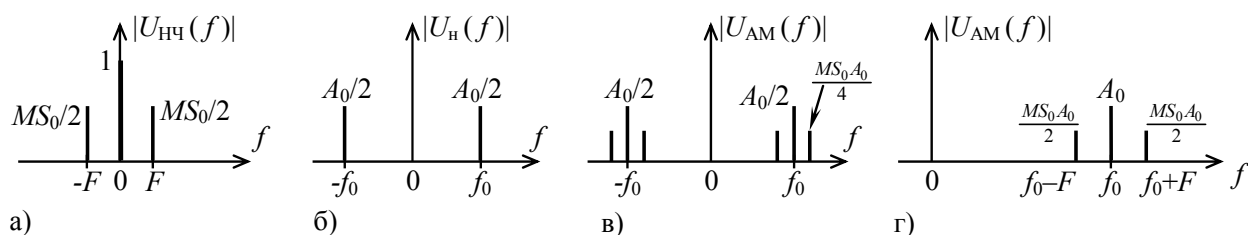


Рис. 2. Формирование спектра АМ сигнала.

- а) спектр низкочастотного сигнала $u_{\text{НЧ}}(t)$; б) спектр несущего колебания $u_{\text{н}}(t)$;
 в) комплексный спектр АМ сигнала; г) односторонний спектр АМ сигнала.

Коэффициент полезного действия (кпд) АМ сигнала можно определить по формуле:

$$\eta = \frac{P_{\approx}}{P_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{\sum_k A_{\text{бок } k}^2}{\frac{A_0^2}{2} + \sum_k A_{\text{бок } k}^2} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где P_{\approx} – колебательная (полезная) мощность АМ сигнала, P_{Σ} – полная средняя мощность АМ сигнала, k – количество боковых гармоник АМ сигнала.

Если не накладывать ограничений на глубину модуляции и знак амплитуды, получим модулированное колебание:

$$u(t) = A_0 [k_0 + k_1 \cdot s(t)] \cos(\omega_0 t). \quad (5)$$

Выбор постоянной k_0 и переменной $k_1 \cdot s(t)$ составляющих сигнала произволен. В частности, если выбрать $k_0 = 0$, то радиосигнал называется балансным АМ (БАМ). Если постоянная составляющая сигнала $s(t)$ равна нулю, то несущая частота будет отсутствовать в спектре БАМ радиосигнала (модуляция с подавленной несущей). Примеры сигналов типа (5) и их односторонние амплитудные спектры приведены на рис. 3.

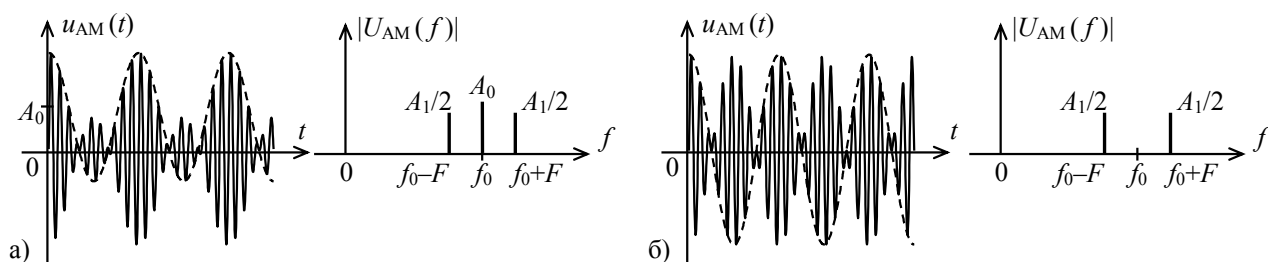


Рис. 3. Примеры АМ сигналов со знакопеременным модулирующим воздействием и их спектры. а) $k_0 \neq 0$; б) балансная амплитудная модуляция, $k_0 = 0$.

Задание для подготовки к лабораторной работе

Изобразить амплитудно-модулированные сигналы, полученные по формуле (5), и их спектры для заданных параметров низкочастотного сигнала и несущего колебания (см. таблицы 1 и 2).

Для гармонического модулирующего сигнала определить коэффициент амплитудной модуляции и кпд АМ сигнала.

Таблица 1

Модулирующий сигнал $s(t) = \cos 2\pi Ft$

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_0, В$	2	7	6	10	8	5	3	4	1	9
k_0	1	3	3,5	4	5	2	6	1,5	2	1
k_1	0,8	2	3	1	4,5	0,5	4,5	1	1,8	0,4
$F, кГц$	4	5	2	1	8	4	5	2	1	8

Таблица 2

Модулирующий сигнал $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \text{rect}_{T/q}(t-nT)$ – периодическая последовательность прямоугольных импульсов с периодом повторения T и скважностью q

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_0, В$	9	1	4	3	2	8	10	6	7	6
k_0	0	0,5	-0,25	0,33	-2	0,2	-0,1	-0,4	0,1	0
k_1	0,5	5	1	2	4	1	0,5	1	1,5	1
$T, мс$	2	3	1	4	8	5	3	4	2	1
q	3	5	4	6	2	5	4	6	2	3

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Исследование АМ сигналов при модуляции гармоническим сигналом.

1.1. Собрать схему подключения приборов и измерительного стенда для наблюдения амплитудно-модулированных сигналов и их спектров в соответствии с рис. 4. В качестве источника сигнала используется генератор низкой частоты (ГНЧ, выход II). Рекомендуется при этом использовать синхронизацию ГНЧ (выход I) и осциллографа.



Рис. 4. Схема подключения приборов и измерительного стенда для наблюдения АМ сигналов.

1.2. Установить на ГНЧ значение частоты гармонического сигнала F в диапазоне от 500 Гц до 2 кГц и амплитуду сигнала A порядка нескольких вольт. Наблюдайте на выходе модулятора неискаженную осциллограмму АМ сигнала. При искажении сигнала воспользуйтесь ручками «Уровень ограничения» и «Уровень несущей» для их устранения.

1.3. Регулируя уровень несущего колебания и амплитуду модулирующего сигнала на выходе ГНЧ, получите АМ сигнал со следующими значениями коэффициента амплитудной модуляции M :

- а) $M = 40-60\%$;
- б) $M = 100\%$.

Для всех значений M занесите в отчёт осциллограммы и спектрограммы АМ сигналов, рассчитайте по осциллограммам и спектрограммам коэффициент амплитудной модуляции. Определите КПД АМ сигналов.

1.4. Регулируя «Уровень ограничения» и «Уровень несущей» получите АМ сигнал с перемодуляцией. Занесите в отчёт осциллограмму и спектрограмму полученного АМ сигнала.

1.5. Убрав ограничение и снизив уровень несущей, получите сигнал с балансной модуляцией. Занесите в отчёт осциллограмму и спектрограмму полученного сигнала.

2. Исследование АМ сигналов при модуляции периодической последовательностью прямоугольных импульсов.

2.1. Собрать схему подключения приборов и измерительного стенда для наблюдения амплитудно-модулированных сигналов и их спектров в соответствии с рис. 5. В качестве источника сигнала используется генератор импульсов (ГИ). Рекомендуется при этом использовать синхронизацию ГИ (выход «Синхроимпульс») и осциллографа.



Рис. 5. Схема подключения приборов и измерительного стенда для наблюдения АМ сигналов.

2.2. Установить на ГИ период повторения импульсов T и амплитуду импульсов A согласно номеру варианта. Длительность импульсов τ рассчитайте исходя из заданной скважности q .

Таблица 3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Период T , мс	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,8	1	1,25	2,0	2,5
Скважность q	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3
Амплитуда A , В	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6

2.3. Регулируя уровень несущего колебания, получите на осциллографе периодическую последовательность радиоимпульсов длительностью τ . Занесите в отчёт осциллограмму и спектрограмму полученного АМ сигнала.

2.4. Регулируя уровень несущего колебания, получите на анализаторе спектра спектр сигнала с балансной модуляцией. Занесите в отчёт осциллограмму и спектрограмму полученного АМ сигнала.

3. Сделать выводы по проделанной работе.

В выводах отразить:

1. Влияние уровня несущего колебания и амплитуды модулирующего сигнала на форму АМ сигнала и его спектр.

2. Связь между коэффициентом амплитудной модуляции и КПД АМ сигнала.

3. Влияние перемодуляции на форму АМ сигнала и его спектр.

4. Отличие сигнала с балансной модуляцией и его спектра от классического АМ сигнала и его спектра.

5. Особенности спектра последовательности прямоугольных радиоимпульсов.