

### 5.3. Измерение параметров модуляции и девиации частоты

#### ОСНОВНЫЕ ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ

В различных областях практической радиотехники и электроники применяется модуляция, т.е. воздействие какой-либо величины на параметры сигнала

$$U(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

В зависимости от того, какой параметр сигнала изменяется при модуляции ( $U$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$ ), последняя может быть амплитудной, частотной или фазовой. Наиболее широкое применение получили амплитудная модуляция (из-за простоты осуществления) и частотная (ввиду ее большой помехоустойчивости). Разновидностью амплитудной модуляции является импульсная модуляция, используемая в телевидении, радиолокации и различных областях радиоэлектроники.

При модуляции информация накладывается на сигнал несущей частоты путем его изменения по амплитуде, частоте или фазе. Существуют следующие виды модуляции:

1. **Амплитудная** (звуковой модулирующий сигнал изменяет амплитуду несущей между максимальным и минимальным значениями). Она определяется коэффициентом модуляции ( $M$ ) и частотой модуляции.
2. **Частотная** (у ЧМ-колебаний амплитуда постоянна, а частота меняется под воздействием модулирующего напряжения). Она характеризуется девиацией несущей частоты ( $\Delta f$ ) и индексом частотной модуляции ( $m$ ). Девиация – это наибольшее отклонение высокой частоты относительно ее среднего значения  $f_{cp}$ . Она пропорциональна амплитуде модулирующего напряжения:

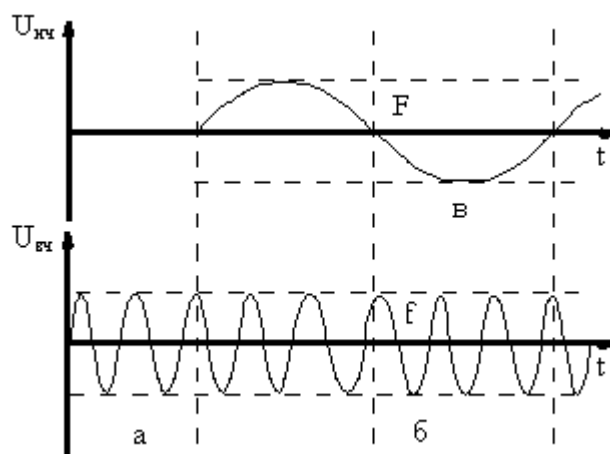
$$\Delta f = f_{max} - f_{cp}$$

Индекс частотной модуляции определяется отношением:

$$m = \Delta f / F,$$

где  $F$  – частота модуляции.

3. **Фазовая** (мгновенный фазовый сдвиг модулированной несущей по отношению к фазе немодулированного сигнала пропорционален амплитуде модулирующего сигнала).



100%-модуляция имеет некоторый физический смысл в АМ-системах и достигается, когда  $U_{\min} = 0$ .

В частотно-модулированных и фазо-модулированных системах за 100%-ный принимается уровень модуляции, вводимый соответствующими стандартами. Например:

1. для ЧМ-радиовещательных систем стандарт определяет девиацию частоты  $\pm 75$  кГц, как 100%-ную модуляцию;
2. для звукового сопровождения телевизионных передач за 100%-ную принимается девиация  $\pm 25$  кГц;
3. для двухсторонней (дуплексной) радиосвязи – девиация  $\pm 5$  кГц.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое амплитудная, частотная и фазовая модуляция?
2. Физический смысл 100%-модуляции.
3. Параметры частотной модуляции.

## ПАРАМЕТРЫ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

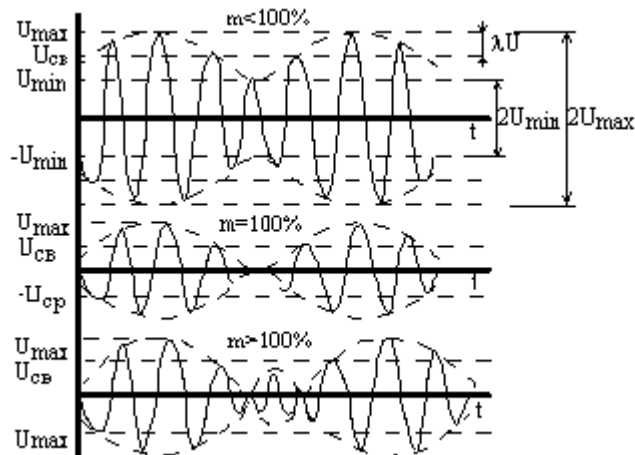
Амплитудная модуляция определяется двумя параметрами: коэффициентом модуляции ( $M$ ) и частотой модуляции. Коэффициент модуляции представляет собой отношение наибольшего абсолютного приращения амплитуды модулированных колебаний высокой частоты относительно среднего ее значения к среднему значению этой амплитуды. Обычно он измеряется в процентах. Приборы для измерения коэффициента модуляции называют модулометрами (С2). Существуют комбинированные приборы, позволяющие измерять как коэффициент модуляции, так и девиацию частоты (СКЗ-).

Для измерения коэффициента модуляции применяют следующие методы:

спектральный, метод двух вольтметров (реализуется в приборах непосредственной оценки), осциллографический.

### Разновидности осциллографического метода:

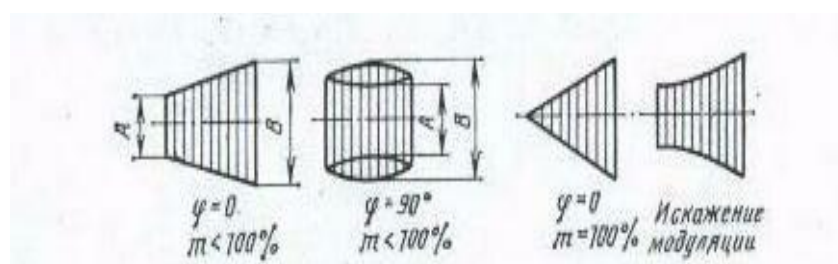
**3.1. Метод осциллограммы модулированного сигнала.** Для ее получения на вход Y осциллографа подают исследуемое амплитудно-модулированное напряжение и используется линейная непрерывная развертка осциллографа, частота которой равна частоте модуляции (огibaющей) или в целое число раз меньше ее.



$$M = \Delta U \cdot 100\% / U_{св}$$

$$M = (U_{max} - U_{min}) \cdot 100\% / (U_{max} + U_{min})$$

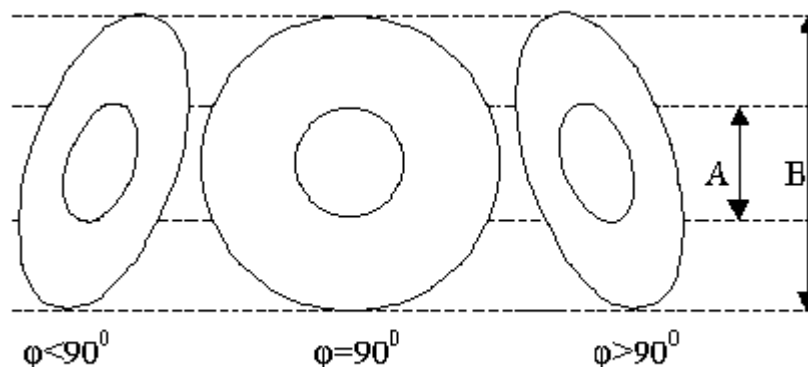
**3.2. Метод трапеции.** Осциллограф используется в режиме X-Y. Внутренняя развертка осциллографа отключена. На Y пластины подают исследуемое АМ-напряжение, на X – модулирующее напряжение (частоты модуляции). В зависимости от фазового сдвига между огibaющей АМ-колебания и модулирующим напряжением, а также от M, на экране могут быть получены следующие фигуры



$$M = \frac{B - A}{B + A} 100 \%$$

**3.3. Метод эллипса.** На входы X и Y осциллографа подают исследуемое АМ-колебание со сдвигом по фазе. Внутренняя развертка осциллографа

отключена. От величины угла фазового сдвига зависит вид осциллограммы. Определив линейные размеры, находят А и В.



Вопросы для самопроверки:

1. Какими параметрами характеризуется амплитудная модуляция?
2. Суть метода осциллограммы модулированного сигнала.
3. Метод трапеции.
4. Определение М методом эллипса.

### Частотная модуляция (ЧМ)

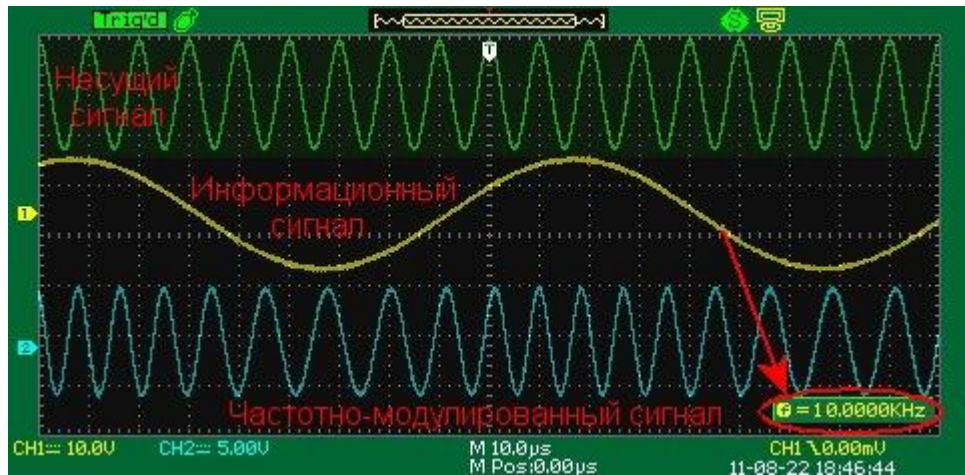
При частотной модуляции (ЧМ, англ. FM - Frequency Modulation) несущий сигнал является более высокочастотным по отношению к информационному сигналу и амплитуда частотно-модулированного сигнала является неизменной. Частотно модулированный сигнал отличается высокой помехозащищенностью и используется для высококачественной передачи информации: в радиовещании, телевидении, радиотелефонии и др.

Основными характеристиками частотной модуляции являются девиация (отклонение) и индекс модуляции.

Девиация частоты (frequency deviation) – наибольшее отклонение значения модулированного сигнала от значения его несущей частоты. Единицей девиации частоты является герц (Hz), а также кратные ему единицы.

Индекс модуляции (modulation index) – отношение девиации частоты к частоте модулирующего сигнала.

На рисунке ниже приведены временные диаграммы несущего и модулирующего сигналов, а также результирующего частотно-модулированного сигнала. Частота несущего сигнала - 100 КГц, частота модулирующего сигнала синусоидальной формы – 10 КГц, величина девиации – 50 КГц.



На следующей анимации приведен пример частотной модуляции по линейному закону:

