**Тема №9: *Модульовані сигнали. Спектри амплітудно-модульованих сигналів.***

Нехай задано високочастотне коливання:

, де (1)

A – амплітуда, – початкова фаза, – фаза коливання в момент часу . Коли та , то вираз (1) визначає гармонічне коливання, де частота – так звана несуча частота.

Коли та зазнають примусових змін, то коливання називають *модульованим.*

Процес управління одним із параметрів називають *модуляцією.* В залежності від того, що змінюється при модуляції – амплітуда чи кут , розрізняють два основних види модуляції: амплітудну та кутову. Кутова модуляція буває – частотною та фазовою.

Зміна хоча б одного з параметрів – амплітуди, частоти чи фази – приводить до того, що високочастотне коливання перестане бути гармонічним та перетворюється в складне, яке складається з більшого чи меншого числа простих гармонічних коливань.

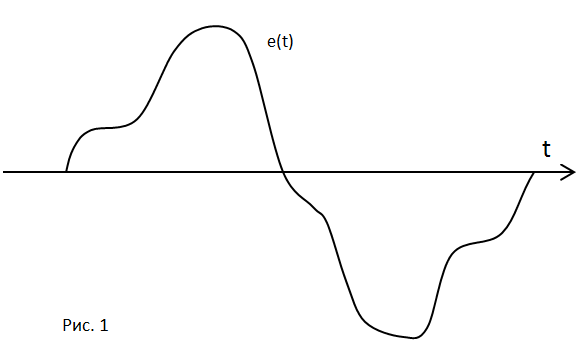
На практиці часто приходиться зустрічатися зі змішаною модуляцією, наприклад, амплітудно-фазовою чи амплітудно-частотною.

Освоєння надвисоких частот, а також розвиток імпульсної техніки сприяли створенню нових видів модуляції, а саме *імпульсної модуляції*. При такій модуляції сигнал що передається тим чи іншим способом змінює допоміжну імпульсну послідовність, яка, в свою чергу, модулює високочастотне коливання.

В залежності від того, який параметр змінюється при первинній модуляції – амплітуда, тривалість чи розміщення імпульсів – розрізняють амплітудно-імпульсну модуляцію (АІМ), модуляцію по тривалості, частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ), фазо-імпульсна модуляція (ФІМ) та інші.

Амплітудно-модульовані коливання.

При амплітудній модуляції огинаюча амплітуда сигналу високочастотного коливання зміщується за законом зміни керуючого сигналу. Нехай цей сигнал представляє собою задану функцію часу .



Тоді амплітудно модульоване коливання, яке зображене на рис. 2 можна представити так: , (1.1)

де – коефіцієнт пропорційності;

- початкова фаза коливання (при t=0);

– амплітуда несучого коливання (при відсутності модуляції)

Розглянемо поняття **глибини модуляції:**

Якщо модулююча функція є гармонічним коливанням , то огинаючу високочастотного коливання можна записати так:

, (2)

де – частота модулюючої функції;

*–* початкова фаза згинаючої;

– амплітуда зміни згинаючої.

Відношення називається коефіцієнтом глибини модуляції чи просто коефіцієнтом модуляції. Таким чином миттєве значення модульованого коливання можна записати в формі:

(3)

У відповідності із зміною амплітуди змінюється і середнє за період високої частоти потужність модульованого коливання. Коли – амплітуда струму в коливному контурі, то потужність яка виділяється на опорі (середня за період частоти):

.

Цей вираз справедливий за умови, що оскільки тоді в межах одного періоду форму струму можна рахувати синусоїдною.

Розрізняють наступні значення :

1. Потужність режиму несучої хвилі (при відсутності модуляції):
2. Потужність в максимальному режимі:

;

1. Потужність в мінімальному режимі:

1. Потужність середня за період модуляції:

*Спектр амплітудно-модульованого коливання*

Згідно одного з параметрів високочастотного коливання в даному випадку амплітуди, приводить до утворення нових частот. Вираз (3) можна переписати наступним чином:

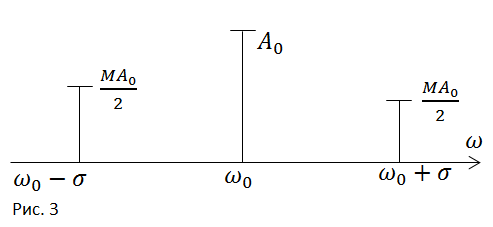
,

Другий доданок в правій частоті цього виразу, є наслідком модуляції і може бути записаний так:

у відповідності з чим розгорнутий вираз для прийме наступну форму:

Перша складова представляє собою вхідне не модульоване коливання з «несучою» частотою . Друга та третя складові відповідають новим коливанням, які появляються в процесі модуляції амплітуди. Частоти цих коливань та називають «верхньою» та «нижньою» базовими частотами модуляції. Амплітуди цих коливань однакові та складають від амплітуди не модульованого коливання частину, рівну , а їх фази симетричні відносно несучого коливання.

Приведемо спектральну діаграму коливання при тональній (гармонічній) модуляції.



Ширина спектру в цьому випадку рівна подвоєній частоті модуляції , а амплітуди коливання бокових частот не можуть перевищувати половини амплітуди не модульованого коливання.

Отримані результати не важко розповсюдити на випадок модуляції будь-яким складним сигналом.

*Розглянемо такий випадок:*

Нехай модулююче коливання рівне:

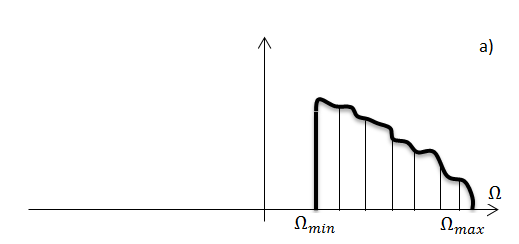
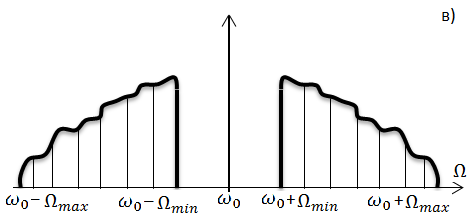
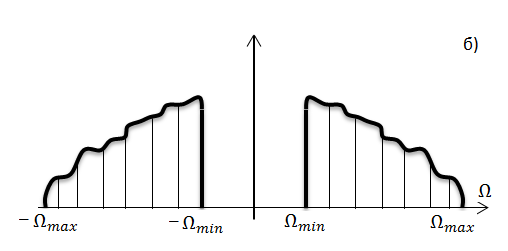
Тоді по аналогії з виразом (2) отримаємо

Підставляючи цей вираз у (1.1) та провівши певні тригонометричні перетворення, отримаємо:

(Початкові фази несучого коливання та модулюючих коливань з частотами для спрощення опущені).

Ми бачимо, що кожна з частот утворюють свою гармонічну модуляцію, яка супроводжує виникнення пари бокових частот.

Побудову амплітудного спектру модульованого коливання по заданому спектру сигналу показано на рис.



а) Дискретний спектр керуючого сигналу, ;

б) спектр сигналу, який отримується при представленні кожного компонента у вигляді суми коливань з додатніми та від’ємними частотами;

в) Спектр модульованого сигналу