

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

**Мета роботи** - дослідити і вивчити частотну модуляцію, яка використовується в телемеханіці, зв'язку, пристроях електроніки й автоматики.

### 2.1 Короткі теоретичні відомості

При *частотній модуляції* частоту синусоподібних коливань змінюють в часі відносно його центрального значення  $\omega_0$  за законом модулюючого сигналу (рис. 2.1).

Амплітуда коливань при цьому лишається незмінною:

$$\omega = \omega_0 + \Delta\omega(t) . \quad (2.1)$$

Найбільше відхилення  $\omega$  від центральної частоти називається *девіацією*. Якщо:

$$\Delta\omega(t) = \omega_0 m_f \cos \Omega t , \quad (2.2)$$

то максимальне значення  $\Delta\omega(t)$  буде при  $\cos \omega t = 1$ . Відношення

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{\omega} \quad (2.3)$$

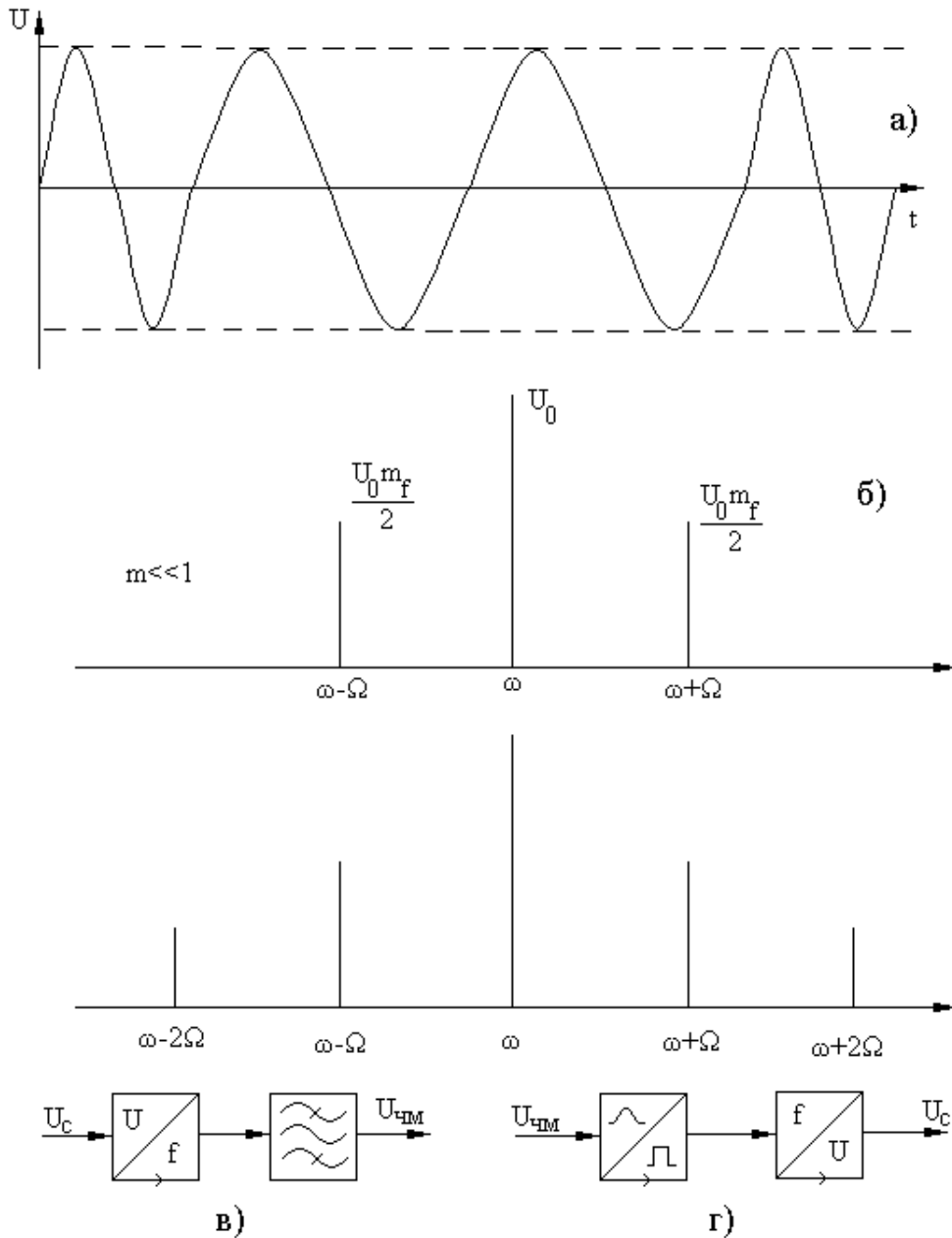
має назву *індексу частотної модуляції*.

Коливання з постійною амплітудою:

$$U_{чм} = U_0 \cos \Phi(t) , \quad (2.4)$$

де  $\Phi(t)$  - миттєва фаза сигналу:

$$\Phi(t) = \omega_0 t + \varphi_0 . \quad (2.5)$$



а - форма сигналу; б - спектри частотно-модульованих коливань;  
в – схема модулятора; г - схема демодулятора

Рисунок 2.1 – Схема методу частотної модуляції

Якщо частота  $\omega_0$  є постійною, то:

$$\omega = \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.6)$$

звідки:

$$\Phi = \int \omega dt + C. \quad (2.7)$$

Неважко переконатися, що постійна  $C$  дорівнює початковій фазі коливань  $\varphi_0$ . Тоді:

$$U_{\text{чм}} = U_0 \cos\left(\int \omega dt + \varphi_0\right) = U_0 \cos\left(\int (\omega_0 + \Delta\omega(t))dt + \varphi_0\right) = U_0 \cos\left(\omega_0 t + \int \Delta\omega(t)dt + \varphi_0\right). \quad (2.8)$$

Підставляючи (2.2) до (2.8) після інтегрування можна отримати:

$$U_{\text{чм}} = U_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{\omega_0 m_f}{\Omega} \sin \Omega t\right). \quad (2.9)$$

Розглядаючи випадок, коли  $m_f \ll 1$ , можна отримати сигнал у вигляді:

$$U_{\text{чм}} = U_0 \cos \omega_0 t + \frac{U_0 m_f}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{U_0 m_f}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t. \quad (2.10)$$

Тобто, для цього випадку характеристики та спектр відповідають амплітудній модуляції (дивись лаб. роб. №1, формулу (1.6)).

Якщо  $m_f > 1$ , то частотно-модульований сигнал має безкінцеву кількість бічних складових спектра, амплітуда яких зменшується при віддаленні від  $\omega_0$ .

На практиці ширину спектра обмежують частотами складових, амплітуди яких не менші за  $0,1 U_0$ . Тоді приблизна ширина спектра складає:

$$\Delta\omega = 2\Omega \cdot (m_f + 1). \quad (2.11)$$

Переваги частотної модуляції:

- висока завадозахищеність,
- проста реалізація.

Недолік: широкий частотний спектр при інтенсивному модулюючому сигналі.

## Лабораторний макет для експериментального дослідження

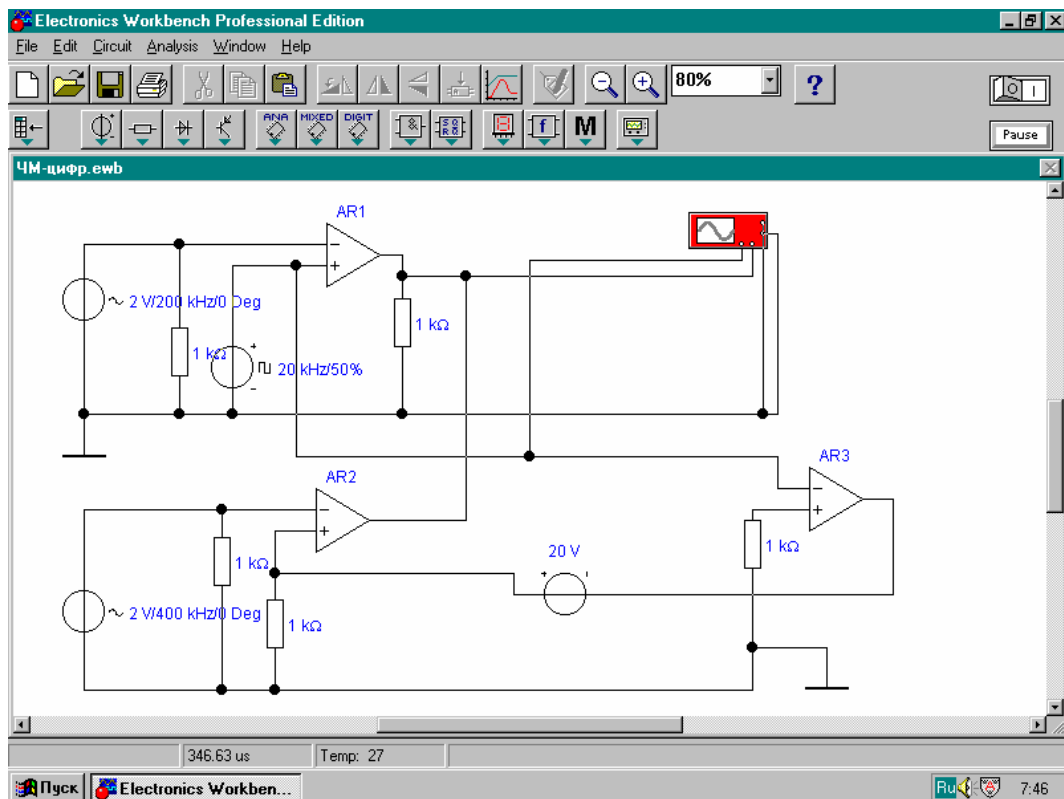


Рис.2.2 - Схема для дослідження частотної модуляції

Модуляція в схемі здійснюється за допомогою двох електронних ключів, у якості яких використовуються операційні підсилювачі (ОП) AR1 і AR2 (рис.2.2). На один вхід першого ОУ подається сигнал несучих коливань із частотою 200 кГц, а на іншій - цифровий із частотою 20 кГц. На один вхід другого ОП подається сигнал несучих коливань із частотою 400 кГц, а на іншій - той же цифровий сигнал із частотою 20 кГц. Ключі ОП відкриваються поперемінно, що досягається за допомогою третього ОП - AR3, що повертає фазу модулюючого сигналу на  $180^\circ$ . У результаті при передачі «1» частота промодульованого сигналу дорівнює 400 кГц, а при передачі «0» - 200 кГц, що підтверджується

осцилограмами, наведеними на рис.2.3 (зверху цифровий сигнал модуляції, знизу – сигнал після частотної модуляції).

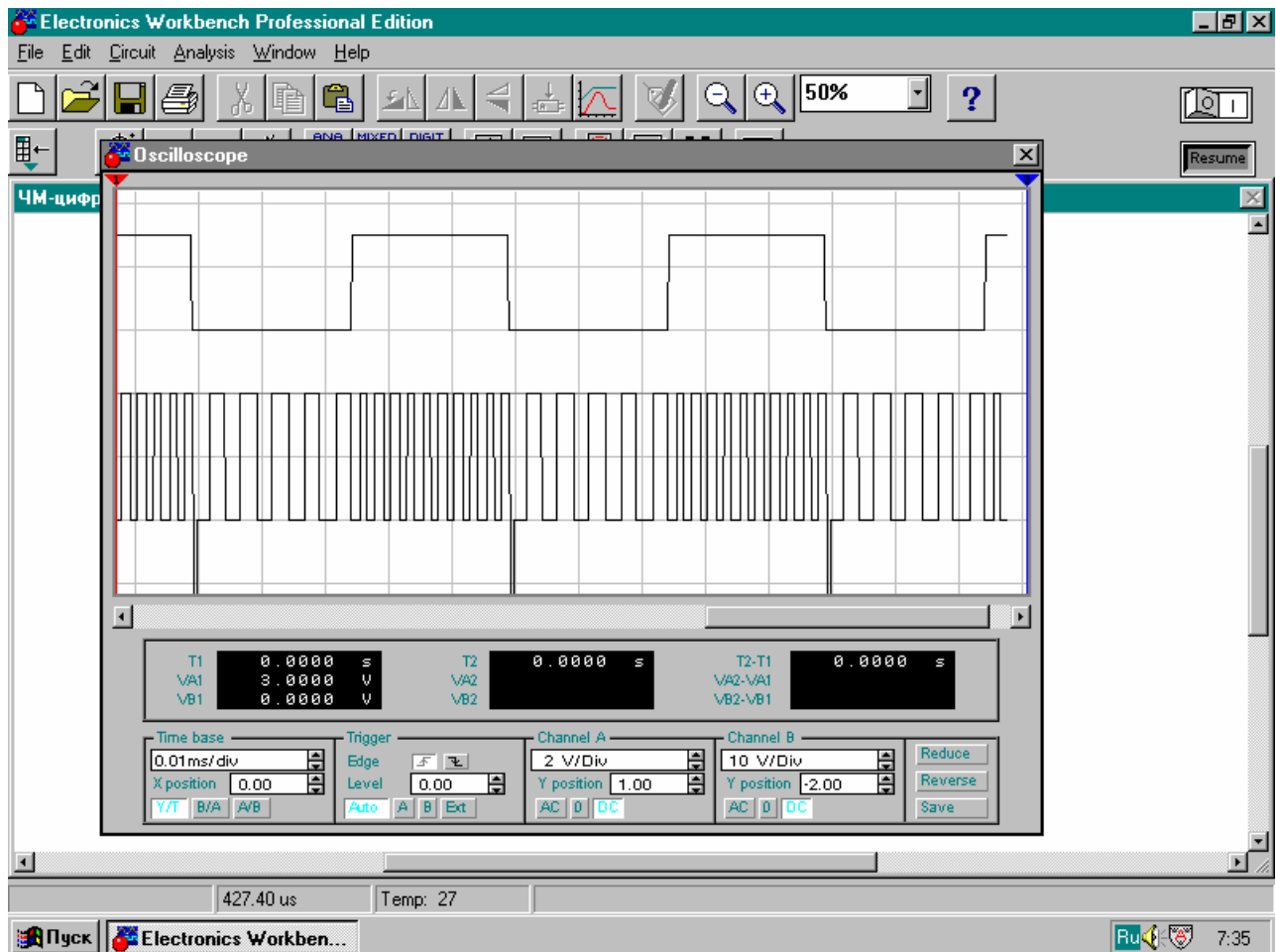


Рис.2.3 - Осцилограма частотно- модульованого сигналу

### Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему згідно з рис. 2.2 (в якості ОП AR1, AR2, AR3 використовуємо ідеальні).
2. Увімкніть осцилограф на схемі і налаштуйте його згідно з рис.2.3. Зупиніть роботу середовища «Electronics Workbench» та замалюйте у звіт отриманий на осцилографі сигнал.
3. Змініть частоту на вході першого ОП AR1 згідно з варіантом (табл.2.1). Отримайте на осцилографі змінений сигнал та замалюйте його у звіт.

4. Порівняйте між собою два отримані сигнали, зробіть висновки.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань до роботи

Варіант №	Частота, кГц	Варіант №	Частота, кГц
1	100	11	110
2	120	12	130
3	140	13	150
4	160	14	170
5	180	15	190
6	220	16	290
7	240	17	270
8	260	18	210
9	280	19	230
10	300	20	250

### Контрольні питання

1. У чому полягає метод частотної модуляції?
2. Який вид має частотно-модульований сигнал?
3. Що таке девіація частоти?
4. Які переваги та недоліки частотної модуляції?
5. Яку модуляцію називають вузькосмуговою?

