

Лекція СКЛАДНІ СИГНАЛИ

1 Застосування сигналів складної форми

Складним сигналом називається, коли в ньому присутня внутрішня модуляція (рис.1).

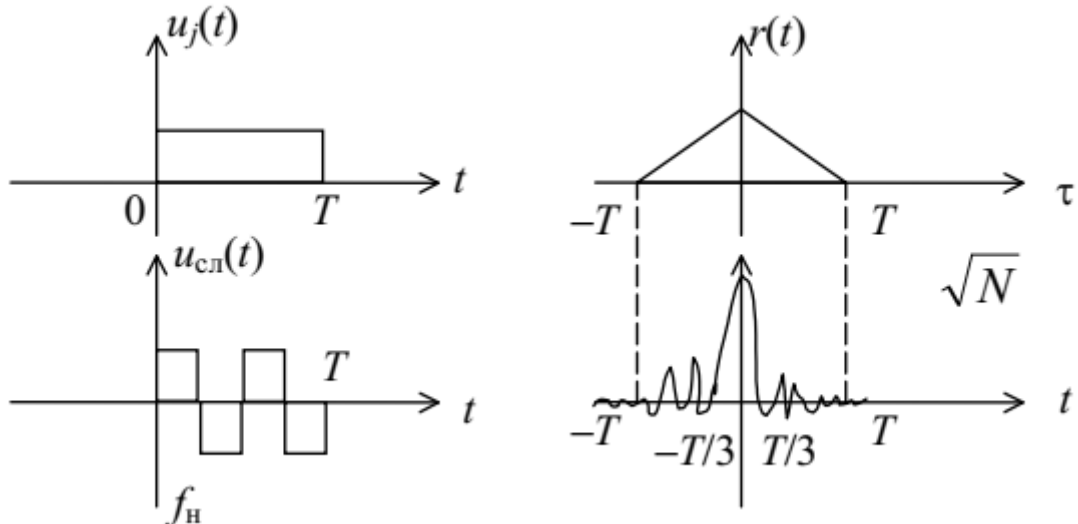


Рис.1. Кореляційні функції простого і складного сигналів

Тривалість елементарного сигналу – $\tau = \frac{T}{N}$; N – кількість внутрішніх елементарних сигналів.

Підвищення завадостійкості систем передачі інформації досягається за рахунок застосування сигналів складної форми, для яких енергетичне відношення сигнал/шум визначається через відношення сигнал/шум потужності та бази сигналу:

$$h_{c/ш}^2 = \frac{2E}{N_0} = \frac{2E_0 \Delta T / \tau}{N_0} = 2Bh_{0ВВ}^2 = 2Bh_{c/ш}^2;$$

де $B = T / \tau_0$; $h_0^2 = h_{c/ш}^2 = P_c / \sigma_{ш}^2$ – відношення сигнал/шум для елементарного символу.

За рахунок застосування складних сигналів вирішуються завдання забезпечення скритності передачі інформації, так як для забезпечення заданого відношення сигнал/шум потужність сигналу зменшується в базу раз

$$P_{прд} = P_c / B.$$

Застосування кодового доступу дозволяє в одній смузі частот передавати одночасно декільком абонентам. Із загальної кількості сигналів $L = m^B$ ми можемо вибрати малу кількість сигналів, у яких взаємні кореляційні функції задовольняють вимозі

$$r_{взаимн.} < r_{зад.}$$

За рахунок застосування складних сигналів вирішується завдання усунення впливу багатопроменевості на прийом сигналів (рис.2).

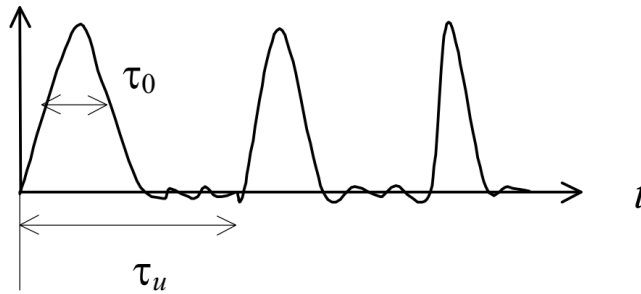


Рис.2. Відгук на сигнал з багатопроменевим поширенням

Якщо тривалість елементарного символу менше інтервалу кореляції завмирання $\tau_0 < \tau_i$, то можна розділити сигнали, що прийшли з різних променів і використовувати ці ефекти для поліпшення умов прийому і підвищення швидкості передачі даних.

За рахунок застосування складних сигналів можна вимірювати координати і параметри руху об'єктів

$$(\bar{V}, \bar{n}^T = [x, y, z]).$$

2 Різновиди сигналів складної форми

Найпростішим прикладом сигналів складної форми є сигнал з фазовою модуляцією (рис.3).

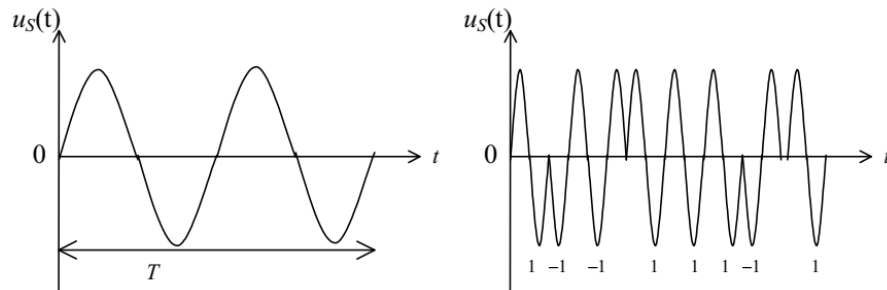


Рис.3. Сигнал складної форми з фазовою модуляцією

Для сигналу простої форми $\Delta F T_C = 1$.

Смуга частот, займана сигналом, визначається тривалістю елементарного символу:

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_0}$$

Сигнали складної форми:

- безперервні – ЛЧМ;
- дискретні – ФМн;
- частотно модульовані ЧМ.

$$u_S(t) = \sum_{i=1}^N u_i \text{rect}_{T/N} \left(t - i \frac{T}{N} \right) \sin \omega_i (t + \varphi_i) \quad - \quad \text{дискретні складні}$$

сигнали,
 $\omega_i = \text{const}$

1) ФМ : $\Delta F = T/N$. (рис.4)

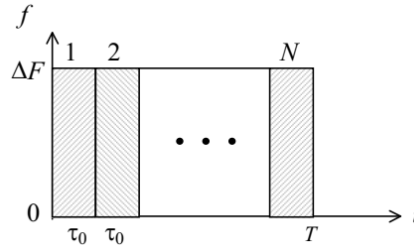


Рис.4. ФМ - сигнали

2) ЧМ: $\Delta F = 1/T$. (рис. 22.5)

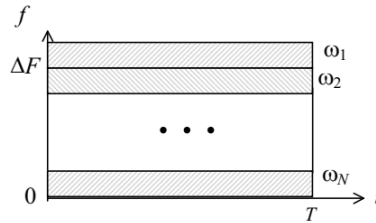


Рис.5.ДЧМ – сигнали

3) Дискретні складові сигнали (рис. 22.6)

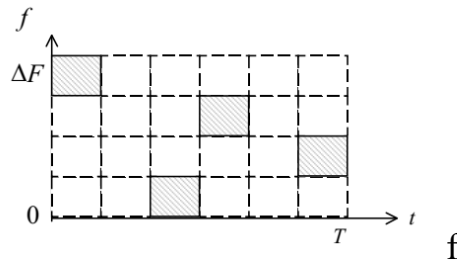


Рис. 22.6. Дискретні складові сигнали

3 Поняття про кореляційних властивості сигналів складної форми

$$\begin{aligned}
 R(\tau) &= \frac{1}{T} \int_0^T u_S(t) u_S^*(t - \tau) dt = \\
 &= \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{i=1}^N u_i \text{rect}_{T/N} \left(t - i \frac{T}{N} \right) \sin(\omega_i + \varphi_i) \sum_{j=1}^N u_j \text{rect}_{T/N} \left(t - j \frac{T}{N} \right) \sin(\omega_j + \varphi_j) dt = \\
 &= \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \int_{iT/N}^{(i+1)T/N} u_i u_j \sin(\omega_i + \varphi_i) \sin(\omega_j + \varphi_j) dt = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N u_i^2 \frac{T}{N}.
 \end{aligned}$$

Отримаємо періодичну кореляційну функцію сигналу (рис.7):

	1	11	-1	-1	1	-1	R
$\tau = 0$	1	11	-1	-1	1	-1	1
$\tau = 1$	1111	-1	-1	1			$-1/7$
$\tau = 2$	1	-1	111	-1	-1		$-1/7$
$\tau = 6$							$-1/7$

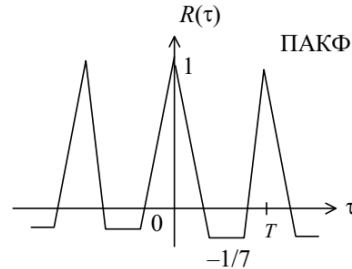


Рис.7. Вид періодичної кореляційної функції

Аперіодична кореляційна функція (рис.8).

	1	11	-1	-1	1	-1	R
$\tau = 0$	1	11	-1	-1	1	-1	1
$\tau = 1$	0	1	11	-1	-1	1	0
$\tau = 2$	00	1	11	-1	-1		-2

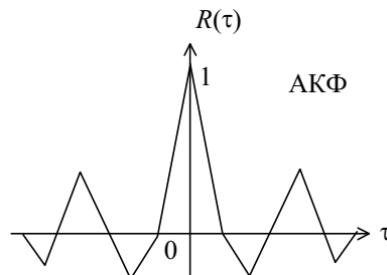


Рис.8. Вид аперіодичної кореляційної функції

Таблица 1

τ	0	1	...	
$R(\tau)$	$R(\tau)$			$R(N)$

У загальному випадку необхідно знайти систему сигналів, для якої бічні пелюстки кореляційної функції мінімальні (рис.9):

$$\sigma_{R(\tau)}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left(R\left(i \frac{T}{N}\right) - \bar{R} \right)^2 \rightarrow \min_{\{u, \omega, \varphi\}}$$

В ідеалі потрібно отримати систему сигналів взаємні КФ для якої дорівнюють нулю поза межами основної пелюстки.

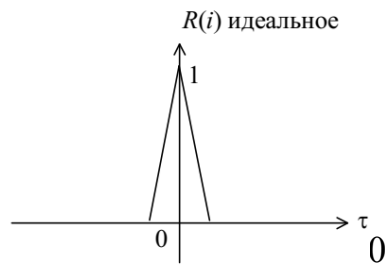


Рис.9. Идеальна кореляційна функція

$$R_{max} = \min$$

A – символи що збігаються, B – незбіжні символи

$$R = \frac{A - B}{A + B}$$

4 Способи обробки сигналів складної форми

Для обробки складних сигналів використовуються приймачі зі спеціальними елементами, наприклад схемою порівняння (СхСр) тощо (рис.10).

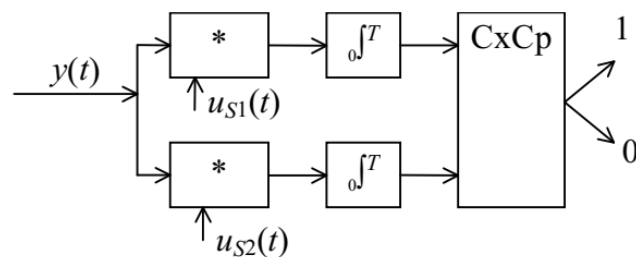


Рис.10. Структура приймача складних сигналів

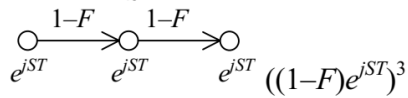
$$h_0^2 = \frac{E_c}{N_0} = \frac{E_c B}{N_0} = h_{0\text{в}}^2 B \quad ; \quad h_{\text{с/ш}}^2 = \frac{P_{\text{свх}}}{\sigma_{\text{ш}}^2} < 1 \quad ; \quad h_0^2 = h_{\text{вх}}^2 B \quad ; \quad B \gg 1;$$

$$h_{\text{вх}}^2 = \frac{P_c}{\sigma_{\text{ш}}^2 + P_{\text{п}}} \ll 1, \text{ то } h_{\text{вх}}^2 \approx \frac{P_c B}{\sigma_{\text{ш}}^2 + \frac{P_c}{B}} \ll 1.$$

Для аналізу системи пошуку використовується апарат марковських кіл з втратами.

e^{ST} – час витрат.

$$F(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} H(S) e^{-St} dS$$



$$1. \quad \bigcirc \xrightarrow{H_1(S)} \bigcirc \xrightarrow{H_2(S)} \bigcirc \xrightarrow{H_3(S)} \bigcirc \quad H_\xi(S) = \prod_{i=1}^N H_i(S)$$

$$2. \quad \begin{array}{c} \bigcirc \\ \downarrow \\ \bigcirc \end{array} \xrightarrow{H_1(S)} \bigcirc \quad H_\Sigma(S) = H_1(S) + H_2(S)$$

$$3. \quad \begin{array}{c} \bigcirc \\ \downarrow \\ \bigcirc \end{array} \xrightarrow{H_1(S)} \bigcirc \quad H_\xi(S) = \frac{H_1(S)}{1 - H_1(S)H_2(S)}$$

$$H(S) = \frac{\left((1-F)e^{jT_c S} + F e^{j(T_c+T_a)S} \right)^N}{1 - (1-P_{\text{обн}}) \left((1-F)e^{jT_c S} + F e^{j(T_c+T_a)S} \right)^N}$$

$$\bar{T}_a = \left. \frac{\partial \ln H(S)}{\partial S} \right|_{S=0} = T_c + T_a F_{\text{лт}} + \frac{(N-1)(2-P_{\text{по}})}{1-P_{\text{по}}} (T_c + T_a F),$$

де \bar{T}_a – середній час пошуку; $P_{\text{по}}$ – ймовірність правильного виявлення; $F_{\text{лт}}$ – ймовірність помилкової тривоги.

При збільшенні ймовірності помилкової тривоги, ймовірність правильного виявлення зменшується (рис.11).

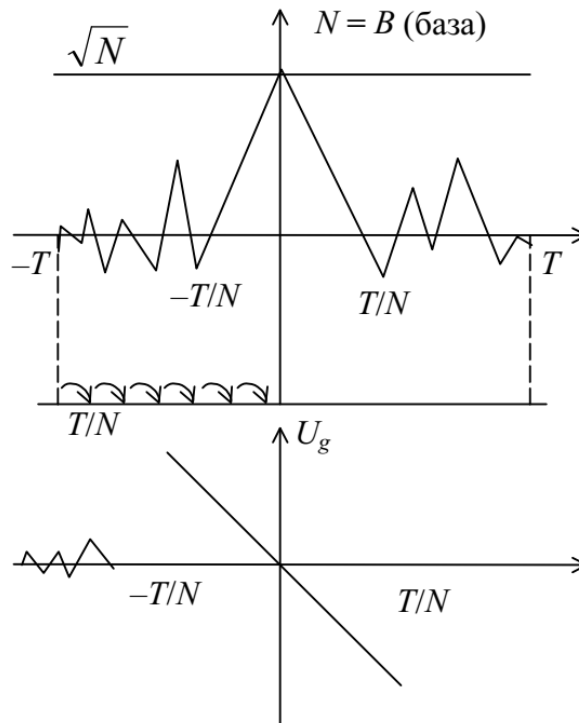


Рис.11. Процес пошуку максимуму кореляційної функції