

### Практичне заняття 3

#### Математичні моделі часового представлення неперервних випадкових сигналів

##### 1. Постановка задачі

1.1. Необхідно розрахувати і побудувати характеристики ймовірнісної математичної моделі часового представлення гармонічного сигналу  $s(t)$ , початкова фаза якого є випадковою величиною, значення якої рівномірно розподілені на інтервалі від  $-\pi$  до  $+\pi$ :

$$s(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi),$$

де  $U_m$  і  $\omega$  – амплітуда і частота, які мають постійне значення;  $\varphi$  – початкова фаза. Значення параметрів  $U_m$  і  $\omega$  згідно з варіантом задає табл.1.

Таблиця 1

**Параметри досліджуваних випадкових сигналів  $s(t)$  і  $\xi(t)$  та значення величин  $U_m, U_1, U_2$ , для завдань п. 1.1-1.4**

Варіант	$U_m, В$	$f, кГц$	$m, В$	$\sigma, В$	$U_{нор}, В$	$U_1, В$	$U_2, В$
1	2,8	10,0	+0,8	1,6	-1,0	+0,8	+1,2
2	1,2	6,5	-1,2	0,6	+0,2	0	-0,6
3	1,8	1,5	+1,8	0,9	-0,5	+1,5	+1,8
4	2,6	2,4	+0,6	1,2	-1,0	+0,8	+1,5
5	1,0	3,0	-1,0	2,0	+3,0	+1,5	+2,5
6	2,2	5,5	+0,2	0,4	+0,8	-0,2	-0,6
7	1,5	6,0	-1,5	0,75	-0,5	-1,5	+0,75
8	2,3	8,2	+0,3	0,6	+0,5	+0,3	+2,1
9	1,9	7,4	-1,9	0,95	-1,0	-0,5	-1,0
10	1,4	2,8	+1,4	0,7	+2,0	-0,7	0
11	2,1	2,0	-0,1	0,2	+0,1	-0,3	+0,1
12	2,8	4,2	-0,8	1,6	+2,4	-4,0	+2,4
13	2,0	5,0	0	1,0	+2,0	-3,0	+3,0
14	1,1	1,8	+1,1	0,55	-0,3	0	+2,2
15	2,5	1,4	+0,5	1,0	+0,5	-2,5	-3,0

1.2. Визначить середнє значення, середню потужність і середню потужність відхилення відносно середнього значення випадкового сигналу заданого в п. 1.1.

1.3. Необхідно розрахувати і побудувати характеристики ймовірнісної математичної моделі часового представлення флукутаційної завади  $\xi(t)$ . Для флукутаційної завади є справедливим

нормальний закон розподілу і є відомі параметри: середнє значення  $m$  та ефективна напруга  $\sigma$ , значення яких згідно з варіантом задає табл.1.

1.4. Для випадкового сигналу, заданого в п. 1.3, користуючись характеристиками ймовірнісної математичної моделі, необхідно визначити:

а) ймовірність того, що випадковий сигнал не перевищує заданий пороговий рівень  $U_{пор}$ ;

б) ймовірність того, що випадковий сигнал перевищує заданий пороговий рівень  $U_{пор}$ ;

в) ймовірність того, що випадковий сигнал перебуває в заданих межах  $U_1 < \xi < U_2$ ;

г) ймовірність того, що випадковий сигнал перебуває поза межами інтервалу напруг від  $U_1$  до  $U_2$ .

Значення величин  $U_{пор}$ ,  $U_1$  і  $U_2$  наведені в табл.1.

## 2. Рекомендації до формування методики розв'язання задачі

2.1. Функція для щільності (густини) розподілу ймовірностей появи значень неперервного випадкового сигналу  $s(t)$  типу гармонічний сигнал, у якого початкова фаза, рівномірно розподілена випадкова величина, є відомою і з методикою її одержання можна ознайомитись в [3] або [4].

$$p(s) = \begin{cases} \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{u_m^2 - s^2}}, & |s| \leq u_m \\ 0, & |s| > u_m \end{cases}.$$

2.2. Другу характеристику закону розподілу сигналу  $s(t)$ , саме функцію розподілу, знаходимо за визначенням

$$F(s) = \int_{-\infty}^u p(s) \cdot ds = \int_{-\infty}^u \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{u_m^2 - s^2}} ds.$$

2.3. Знаходимо параметри неперервного випадкового сигналу  $s(t)$ , для чого потрібно застосувати відомі з теорії ймовірностей формули:

$$s_{сеп} = \bar{s}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s \cdot p(s, t) \cdot ds$$

$$P_{сеп} = \overline{s^2(t)} = \int_{-\infty}^{\infty} s^2 \cdot p(s, t) \cdot ds$$

$$P_{сеп.відх.} = D[s] = \overline{s^2(t)} - \bar{s}^2(t)$$

2.4. Для неперервного випадкового сигналу  $\xi(t)$  формулу для щільності (густини) розподілу ймовірностей появи його значень вибираємо на підставі умови про те, що він є нормальним; отже, необхідно використати функцію Гаусса:

$$p(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\xi - \bar{\xi})^2}{2\sigma^2}\right)$$

де  $\bar{\xi}$  – середнє значення неперервного випадкового сигналу  $\xi(t)$ ;  
 $\sigma^2$  – дисперсія неперервного випадкового сигналу  $\xi(t)$ ;

2.5. Спосіб знаходження функції розподілу для випадкового сигналу  $\xi(t)$  Ви знайдете в посібнику [3] на с. 117.

### ***Контрольні запитання для формування висновків до роботи***

1. Як визначається ймовірність того, що випадковий сигнал перебуває в заданих межах від  $U_1$  до  $U_2$ , якщо є відомою:
  - а) функція розподілу? б) густина розподілу ймовірностей?
2. Як визначається ймовірність того, що випадковий сигнал не перевищує заданий пороговий рівень, якщо є відомою:
  - а) функція розподілу? б) густина розподілу ймовірностей?
3. Як визначається ймовірність того, що випадковий сигнал перевищує заданий пороговий рівень, якщо є відомою:
  - а) функція розподілу? б) густина розподілу ймовірностей?
4. Чому під час визначення середнього значення і середньої потужності для гармонічного колювання з випадковим рівномірно розподіленим значенням початкової фази шляхом усереднення однієї реалізації в часі Ви обмежували границі інтегрування?