

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра „Транспортний зв'язок”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до циклу лабораторних робіт

**«ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО
ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ»**

з дисципліни

«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ»

Харків – 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 13 січня 2011 р., протокол № 6.

Рекомендується для студентів спеціальності «Телекомунікаційні системи та мережі» та спеціалізації «Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті» всіх форм навчання.

Укладачі:

проф. О.П. Батаєв,
асп. Д.О. Бойко,
інж. Д.М. Зінов'єв

Рецензент

доц. М.Г. Давиденко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до циклу лабораторних робіт

«ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ
СИГНАЛІВ»
з дисципліни

«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ»

Відповідальний за випуск Батаєв О.П.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 02.03.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,75. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту
Факультет Автоматики, телемеханіки та зв'язку
Кафедра «Транспортний зв'язок»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до циклу лабораторних робіт
«ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО
ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ»
з дисципліни
«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ»

для студентів усіх форм навчання факультету АТЗ
спеціальності «Телекомунікаційні мережі» та спеціалізації
«Автоматизовані системи технологічного зв'язку на
залізничному транспорті»

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 13 січня 2011 р., протокол № 6.

Рекомендується для студентів спеціальності «Телекомунікаційні системи та мережі» та спеціалізації «Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті» всіх форм навчання.

Укладачі:

канд. техн. наук, проф. О.П. Батаєв,
асп. Д.О. Бойко,
інж. Д.М. Зінов'єв

Рецензент

канд. техн. наук, доц. М.Г. Давиденко

Вступ

У даний час в розвиток галузей народного господарства України, у тому числі і на залізничному транспорті, широко впроваджуються цифрові методи передачі сигналів. Вони мають в порівнянні з аналоговими такі переваги: велика швидкість передачі сигналів; менша ймовірність помилки; універсальність обладнання; мінімізація елементної бази; економічність. До недоліків цифрових систем передачі відносять необхідність синхронізації роботи передавального й приймального трактів системи, а також вимоги до більш широкої смуги пропускання каналу зв'язку.

Перетворення аналогового сигналу в цифровий здійснюється в такій послідовності: спочатку проводять дискретизацію безперервного сигналу в дискретизований на підставі теореми В.О Котельникова, потім відліки сигналів квантують по рівню (як рівномірним, так і нерівномірним квантуванням). Далі квантований сигнал кодують або симетричним двійковим кодом, або кодом Грея.

В даних методичних вказівках подані рекомендації щодо виконання циклу лабораторних робіт за темами «Дослідження дискретизації й відновлення сигналів (за В.О Котельниковим)», «Дослідження квантування сигналів» і «Дослідження кодування сигналів», метою проведення яких є закріплення теоретичних знань, отриманих з лекційного курсу та відповідної рекомендованої літератури.

Лабораторна робота 1
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ Й ВІДНОВЛЕННЯ
СИГНАЛІВ
(за В.О Котельниковим)

1.1 Мета роботи

1 Вивчити та закріпити основні принципи дискретизації й відновлення сигналів.

2 Розрахувати та дослідити процеси дискретизації й відновлення сигналів.

1.2 Програма роботи

1 Аналітичне дослідження процесів дискретизації й відновлення сигналів.

2 Експериментальне дослідження процесів дискретизації й відновлення сигналів.

1.3 Підготовка до роботи

1 За рекомендованою літературою [1, 2, 3] та конспектом лекцій у позааудиторний час засвоїти:

- мету, програму і вказівки щодо виконання роботи;
- теоретичні положення за темою роботи.

2 Виконати аналітичне дослідження у вигляді побудови графіків, що відображають суть процесів дискретизації та відновлення сигналів. Результати оформити у вигляді виконання домашнього завдання, виданого викладачем.

3 Підготувати бланк звіту з лабораторної роботи.

4 Підготувати відповіді на контрольні запитання.

1.4 Короткі відомості з теорії

При дискретному й цифровому представленні безперервних сигналів необхідно заздалегідь замінити ці сигнали їх дискретними відліками (вибірками). Для цієї мети в теорії й техніці сигналів широко використовується теорема В.О Котельникова [1]. Суть її зводиться до такого: якщо в спектрі

досліджуваного сигналу $S(t)$, заданого на нескінченній осі часу, найвища частота в спектрі не перевищує деякої максимальної частоти ($f_B < f_M$), то такий сигнал повністю визначається послідовністю своїх значень (відліків) у моменти часу, віддалені один від одного не більш ніж на інтервал (період) дискретизації вихідного сигналу Δt_d – часовий інтервал між двома сусідніми відліками (вибірками)

$$\Delta t_d \leq \frac{1}{2 \cdot f_M} = \frac{\pi}{\omega_M}. \quad (1.1)$$

Причому, відновити на приймальній стороні вихідний сигнал за його відліками можна з якою завгодно малою погрішністю.

Тоді відповідно до цієї теореми, названої також теоремою відліків у часовій області, заданий сигнал $S(t)$ обмежений по спектру найвищою частотою, можна подати у вигляді ряду Котельникова

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S\left(\frac{n}{2 \cdot f_M}\right) \cdot \frac{\sin \omega_M \cdot (t - n/2 \cdot f_M)}{\omega_M \cdot (t - n/2 \cdot f_M)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S(n \cdot \Delta t_d) \cdot \varphi_n(t), \quad (1.2)$$

де $S(n/2 \cdot f_M) = S(n \cdot \Delta t_d)$ – вибірки (відліки) вихідного безперервного сигналу $S(t)$ в моменти часу $n \cdot \Delta t_d$;

$\varphi_n(t)$ – функція відліків вихідного сигналу $S(t)$, які повинні бути ортогональними.

На рисунку 1.1 графічно показано процес дискретизації.

Відновлення безперервного сигналу з дискретизованого здійснюється на приймальній стороні системи зв'язку. Відповідно до ряду В.О Котельникова (1.2), для того щоб одержати вихідний сигнал $S(t)$, необхідно на приймальній стороні мати формувач ортогональних функцій відліків $\varphi_n(t)$ на входні відліки $S_m(n \cdot \Delta t_d)$, перемножити відповідний відлік на свою ортогональну функцію й виконати підсумовування за всіма результатами цих перемножень. Такі операції здійснює фільтр нижніх частот, що має імпульсну характеристику, яка є відгуком ФНЧ на сигнал у вигляді δ -функції. На рисунку 1.2 показані імпульсні

характеристики простого RC – фільтра нижніх частот і його спрощена еквівалентна схема.

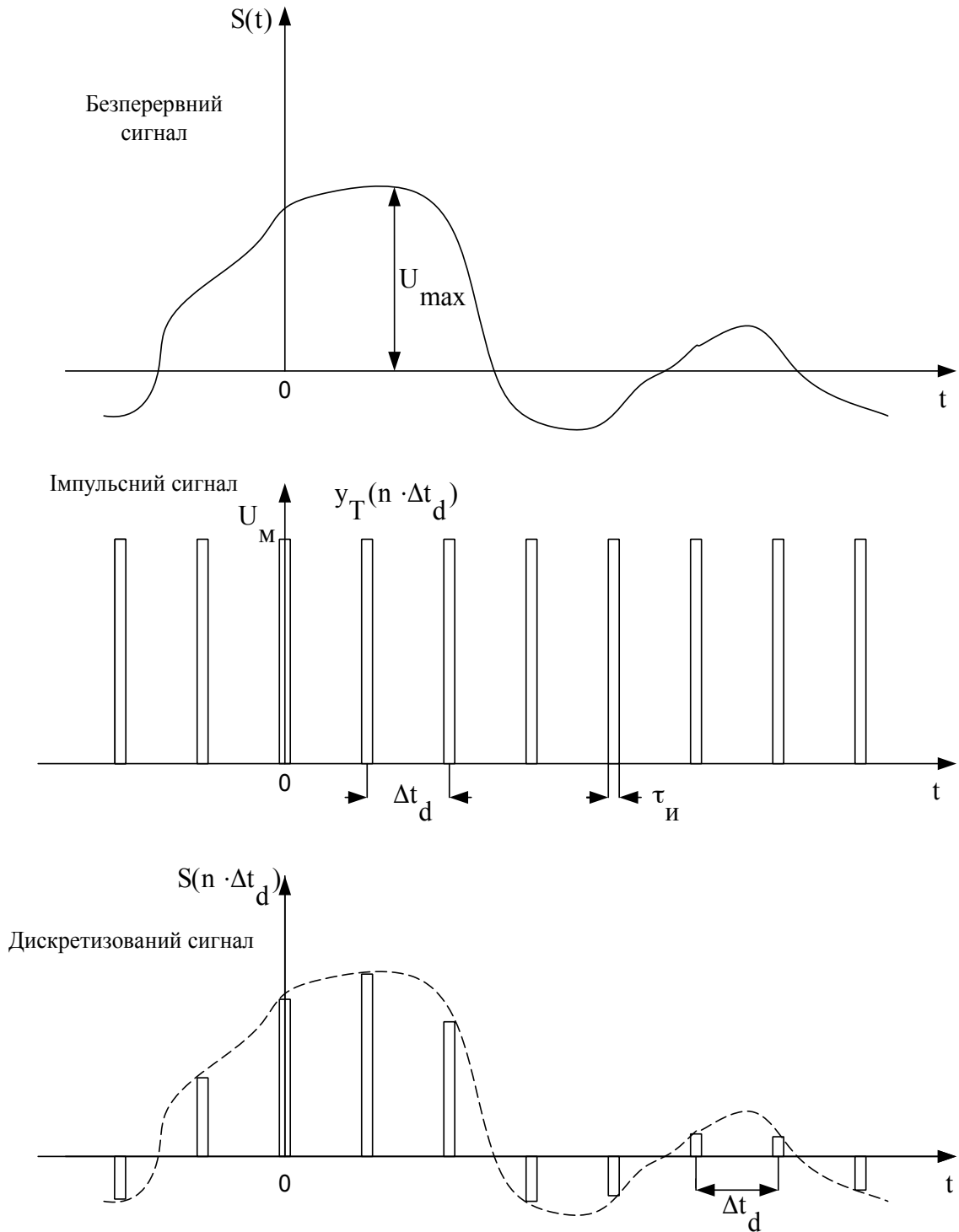


Рисунок 1.1 – Графіки, що пояснюють процес дискретизації безперервного сигналу $S(t)$

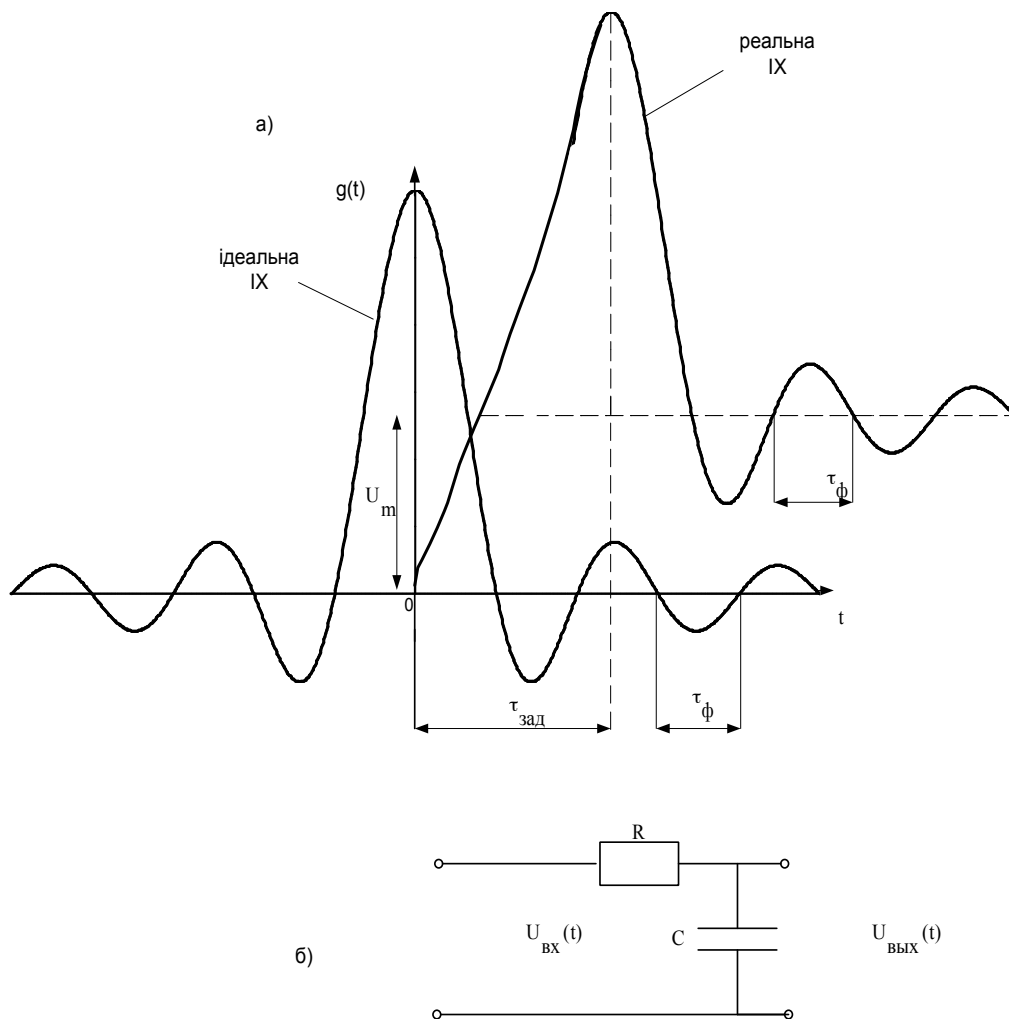


Рисунок 1.2 – Імпульсні характеристики ФНЧ (а) і його спрощена еквівалентна схема (б)

1.5 Вказівки щодо виконання роботи

1.5.1 Опис лабораторного макета

Дослідження проводяться за допомогою пакета програм Simulink програмного середовища Matlab.

Схема проведення експерименту в пакеті Simulink наведена на рисунку А.1 додатка А і включає такі блоки:

1 «Генератор сигналу», за допомогою якого можна сформувати складний сигнал, що складається із трьох гармонік. Меню даного блока наведено на рисунку 1.3. У меню цього блока необхідно внести значення амплітуди, частоти, і фази кожної з гармонік, а також, за потреби, константу, що буде складатися з отриманим сигналом. Можливо також вибрати випадковий сигнал та його максимальну частоту.

На самому блоці показаний період дискретизації за Котельниковим, який обчислюється так:

$$t_d = \frac{\pi}{\omega_m}, \quad (1.3)$$

де ω_m – максимальна частота в спектрі сигналу;

2 «Дискретизатор», який дискретизує вхідний сигнал відповідно до встановленого періоду дискретизації. Даний блок містить два виходи: нижній вихід формує відліки вхідного сигналу, а верхній – утримує значення відліку, тим самим формуючи східчастий сигнал.

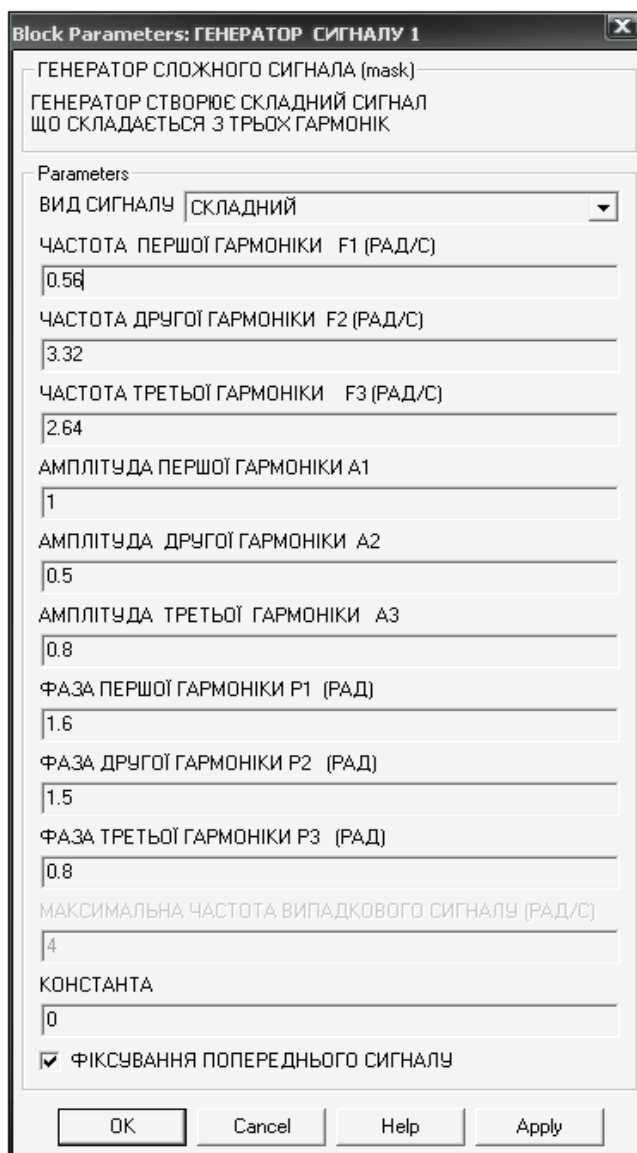


Рисунок 1.3 – Меню блока «Генератор сигналу»

У меню, поданому на рисунку 1.4, необхідно ввести період дискретизації в секундах і скважність, причому скважність повинна бути цілим позитивним числом. На самому блоці показані період дискретизації, скважність і частота зрізу ФНЧ, яка знаходиться так:

$$f_{ch} = \frac{1}{2t_d}, \quad (1.4)$$

де t_d – період дискретизації.

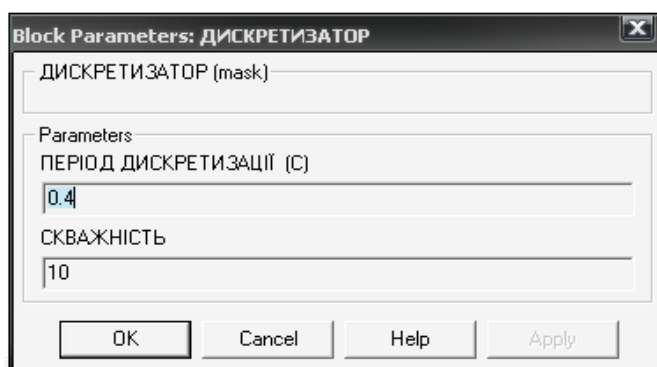


Рисунок 1.4 – Меню блока «Дискретизатор»

З «Формувач сигналів функцій $\frac{\sin(x)}{x}$ », який формує сигнали відліків вигляду $\frac{\sin(x)}{x}$. Меню блока подано на рисунку 1.5. У ньому потрібно вказати період дискретизації, що повинен збігатися з періодом дискретизації блока «Дискретизатор», а також мінімальний і максимальний час моделювання. На самому блоці зазначений період дискретизації, властивий даному блоку.

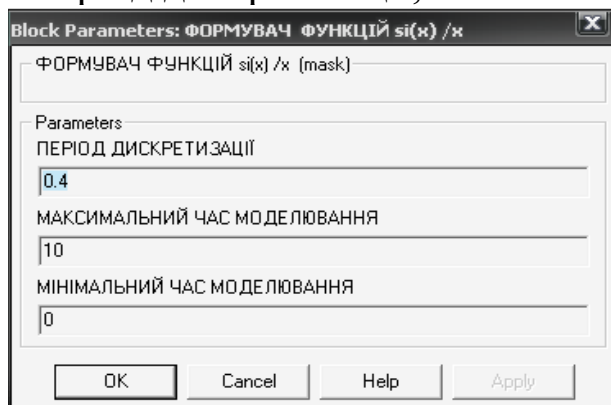


Рисунок 1.5 – Меню блока «Формувач сигналів функцій $\frac{\sin(x)}{x}$ »

4 «Допоміжний блок», який потрібний для формування вектора значень амплітуд з дискретизованого сигналу з наступним перемножуванням елементів сформованого вектора з функціями відліків $\frac{\sin(x)}{x}$.

5 «Помножувач», який множить функції відліку $\frac{\sin(x)}{x}$ на відповідний їм елемент вектора з «Допоміжного блока».

6 «Суматор», який підсумовує отримані після перемножування функції відліку і тим самим формує загальний сигнал.

7 «Осцилограф», який будує графіки досліджуваних сигналів у часі і таким чином дозволяє спостерігати за змінами сигналів у процесі моделювання.

8 Блок «ФНЧ», в якому містяться фільтри нижніх частот (ФНЧ). В їх меню потрібно вказати порядок фільтра, посилення й частоту зрізу. На рисунку 1.6 подано меню «Блока ФНЧ».

В лабораторному макеті також є «Формувач дискретних імпульсів», «Осцилографічні аналізатори» і блоки із вкладеними осцилографами.

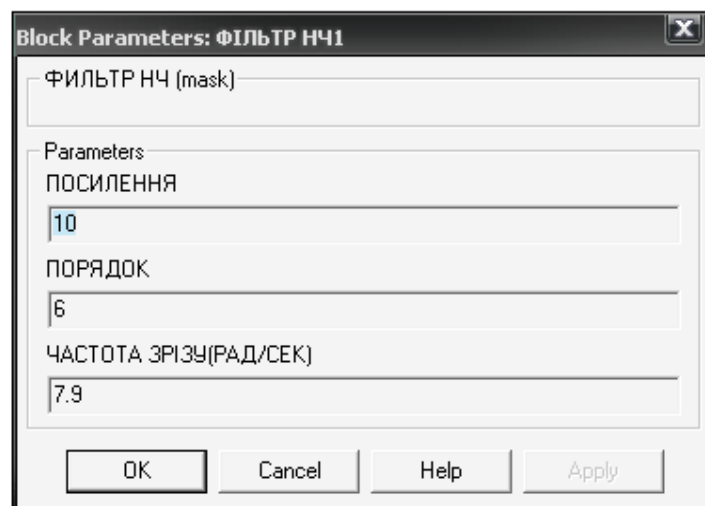


Рисунок 1.6 – Меню блока «ФНЧ»

На рисунку 1.7 подано вікно блока дослідження процесів відновлення безперервного сигналу з дискретизованого фільтрами ФНЧ.

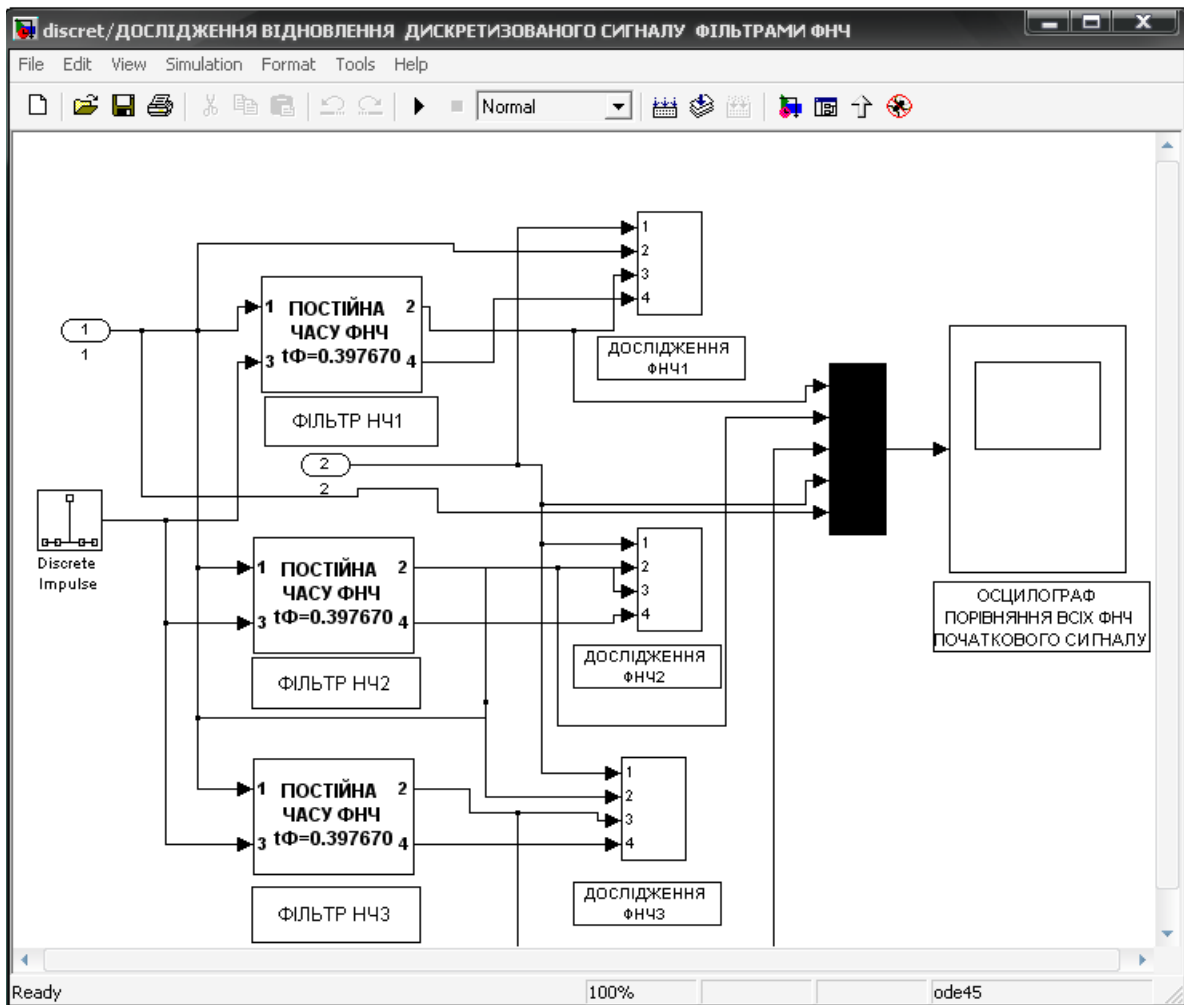


Рисунок 1.7 – Вікно «Блока дослідження процесів відновлення дискретизованого сигналу фільтрами ФНЧ»

1.5.2 Порядок виконання роботи

1 Відкрити файл discret.mdl. Двічі мишею натиснути на верхньому блоці під назвою «Model Info» і у вікні, що з'явилося, поданому на рисунку 1.8, натиснути ОК. Дані дії слід проводити завжди при зміні параметрів будь-якого із блоків моделі. Даний блок потрібний для того, щоб обнулити значення масиву G перед першим запуском моделі, тим самим ініціалізувавши його. У масив G будуть занесені значення відліків дискретизованого сигналу, тим самим сформований вектор значень відліків.

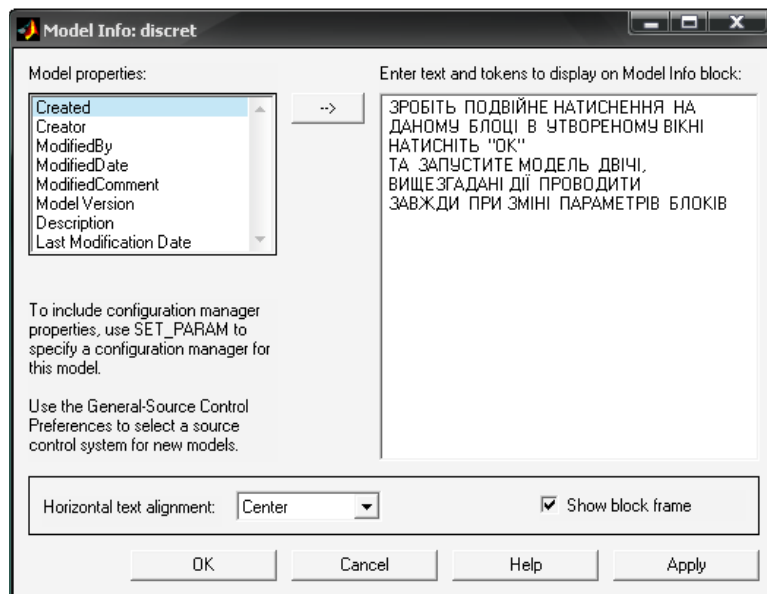


Рисунок 1.8 – Вікно блока «Model Info»

2 Відповідно до таблиці А.1 додатка А для свого варіанта ввести в меню блоків:

1) «Джерела сигналів» – частоти $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, амплітуди U_1, U_2, U_3 і фази $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$;

2) «Дискретизатора» – період дискретизації Δt_{d1} , скважність Q ;

3) «Формувача функцій $\frac{\sin(x)}{x}$ » – період дискретизації Δt_{d1} , максимальний час моделювання прийняти рівним десяти, мінімальний – нулю.

Запустити модель двічі. Це потрібно для того, щоб при першому запуску заповнився масив G , що знаходиться в допоміжному блоці створення вектора значень дискретизованого сигналу, а на другому запуску сформований вектор перемножується з функціями відліків.

На відповідних осцилографах спостерігати процес дискретизації, формування функцій відліків, підсумовування функцій відліків. Зобразить графіки, внесіть їх у свій звіт і поясніть їх.

3 Досліджуйте відновлення безперервного сигналу з дискретизованого фільтрами нижніх частот. Для цього натисніть двічі на блок під назвою «Дослідження відновлення дискретизованого сигналу ФНЧ». В даному блоці є три фільтри нижніх частот, відповідно до їх номерів введіть частоти зрізу ω_{cp1}

, ω_{cp2} , ω_{cp3} , коефіцієнти підсилення $K_{yc1}, K_{yc2}, K_{yc3}$, порядок прийміть рівним шести.

Спосіб відновлення сигналу ФНЧ завжди супроводжується затримкою сигналу на величину ділянки апроксимації (кроку дискретизації). Осцилографи для кожного фільтра об'єднані в один блок під назвою «Дослідження ФНЧ (порядковий номер)».

Порівняйте характеристики відновлення сигналу між фільтрами. Вкажіть у звіті, який з фільтрів краще відновлює, вкажіть його частоту зрізу. Визначте за імпульсною характеристикою постійну часу фільтрів, порівняйте її із значенням, вказаним на блоці. Зобразіть графіки, внесіть їх у свій звіт і поясніть.

4 Виконайте пункт 1 та 2, змінивши період дискретизації на Δt_{d2} .

5 Виберіть у меню «Генератор сигналу» вид сигналу «випадковий». Максимальну частоту введіть 4 рад/с. Натисніть двічі блок «Model Info» та запустіть модель. Далі у меню блока «Генератор сигналу» поставте галочку «Фіксування попереднього сигналу» (це потрібно для того, щоб випадковий сигнал не змінювався при новому запуску моделі). Після цього знову запустіть модель і виконайте пункт 2.

1.6 Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Схема лабораторного макета.
- 3 Хід та результати виконання домашнього завдання.
- 4 Результати виконання експериментального дослідження процесів дискретизації та відновлення сигналів у різноманітних режимах за допомогою лабораторного макета в пакеті Simulink.
- 5 Висновки з роботи.

Контрольні питання

- 1 Поясніть сутність теореми В.О. Котельникова про дискретизацію і відновлення сигналів.
- 2 Запишіть ряд В.О Котельникова і поясніть позначення, що до нього входять.

3 Як визначається інтервал (період) дискретизації за теоремою В.О. Котельникова ?

4 Зобразіть три ортогональних функції відліків для ряду В.О Котельникова, якщо $f_M = 3\text{кГц}$.

5 Поясніть процес дискретизації у відповідності до теореми В.О. Котельникова.

6 Поясніть процес відновлення безперервних сигналів із дискретизованих.

7 Що таке ідеальна та реальна імпульсна характеристики фільтра нижніх частот ?

8 В чому різниця між ідеальною та реальною характеристиками ФНЧ ?

9 Як знімається реальна імпульсна характеристика фільтра нижніх частот і що за нею можна визначити ?

10 Як пов'язані між собою імпульсна та передаточна характеристики фільтра нижніх частот ?

11 Зобразіть ідеальну і реальну передаточні характеристики фільтра нижніх частот.

12 Який з двох фільтрів ФНЧ 1 чи ФНЧ відповідно до постійних часу $\tau_{ФНЧ1} > \tau_{ФНЧ2}$ буде точніше відновлювати безперервний сигнал із дискретизованого і чому ?

13 Назвіть та поясніть основні причини, що приводять до спотворення відновленого сигналу з дискретизованого.

14 Поясніть графічно процеси дискретизації та відновлення безперервних сигналів за теоремою В.О. Котельникова.

15 Які вимоги ставляться до послідовності імпульсів, що подаються на дискретизатор від генератора тактових імпульсів?

16 Поясніть властивості δ -функції.

17 Зобразіть амплітудно-частотний спектр δ -функції.

18 Зобразіть амплітудно-частотний спектр дискретизованого сигналу, якщо $f_{\max c} = 3$ кГц, період слідування імпульсів дорівнює 10 мс, скважність імпульсів дорівнює 3.

19 Зобразіть структурну схему дискретизатора.

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ КВАНТУВАННЯ СИГНАЛІВ

2.1 Мета роботи

- 1 Вивчити та засвоїти основні принципи квантування сигналів.
- 2 Розрахувати та дослідити процеси квантування сигналів.
- 3 Виконати оцінку середньоквадратичної помилки при проведенні квантування сигналу.

2.2 Програма роботи

- 1 Аналітичне дослідження процесів квантування сигналів.
- 2 Експериментальне дослідження процесів квантування сигналів.

2.3 Підготовка до роботи

- 1 За рекомендованою літературою [1, 2, 3] та конспектом лекцій у позааудиторний час засвоїти:
 - мету, програму і вказівки щодо виконання роботи;
 - теоретичні положення за темою роботи.
- 2 Виконати аналітичне дослідження у вигляді побудови графіків, що відображають суть процесів квантування сигналів. Результати оформити у вигляді виконання домашнього завдання, виданого викладачем.
- 3 Підготувати бланк звіту з лабораторної роботи.
- 4 Підготувати відповіді на контрольні запитання.

2.4 Короткі відомості з теорії

Квантування за рівнем дискретизованого в часі сигналу є другою операцією аналого-цифрового перетворення перед поданням його в цифрову форму. При цьому дискретизованим відлікам на виході дискретизатора ставляться у відповідність певні квантовані значення рівня N .

Розрізняють рівномірне та нерівномірне квантування. Якщо крок квантування в межах границь вхідного сигналу залишається постійним, таке квантування називається рівномірним.

На рисунку 2.1 зображені характеристики рівномірних квантувачів. Квантувач «з округленням» має на один негативний рівень більше, але при цьому має нульовий рівень, який відсутній у квантувача «з усіканням».

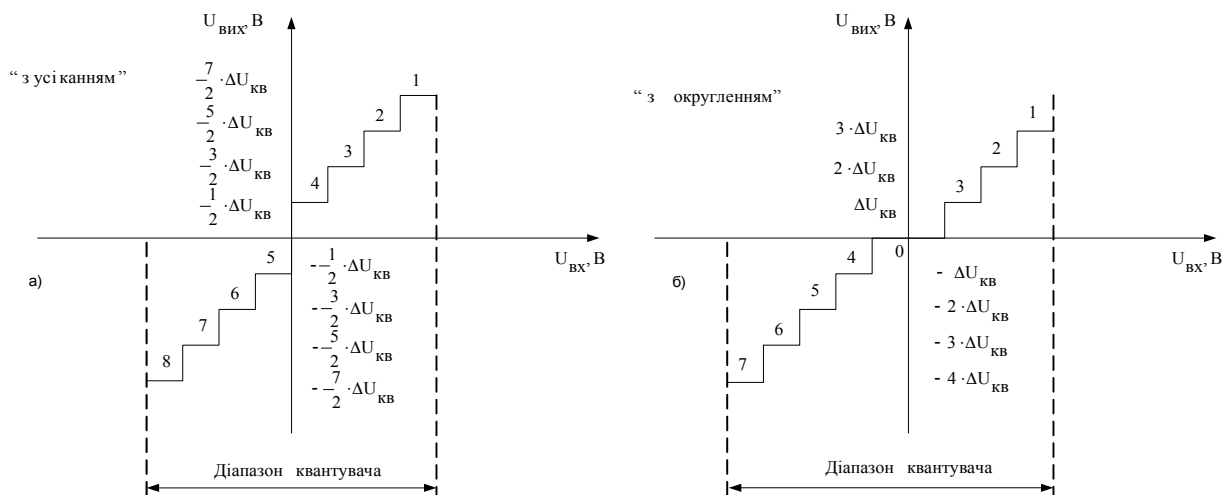


Рисунок 2.1 – Характеристики рівномірних квантувачів:
а) «з усіканням»; б) «з округленням»

Суть нерівномірного квантування полягає в стиску динамічного діапазону сигналу на передавальній стороні (компресія сигналу) з наступним розширенням (експандуванням) його на приймальній стороні. Сукупність операцій компресії й експандування називається операцією компадування.

На рисунку 2.2 подані характеристики компресора та експандера.

2.5 Вказівки щодо виконання роботи

2.5.1 Опис лабораторного макета

Схема проведення експерименту наведена на рисунку Б.1 додатка Б. Вона включає в себе такі блоки:

- 1 «Генератор сигналу», який розглянутий в п.1.5.1.
- 2 «Дискретизатор», який також розглянутий в п.1.5.1.

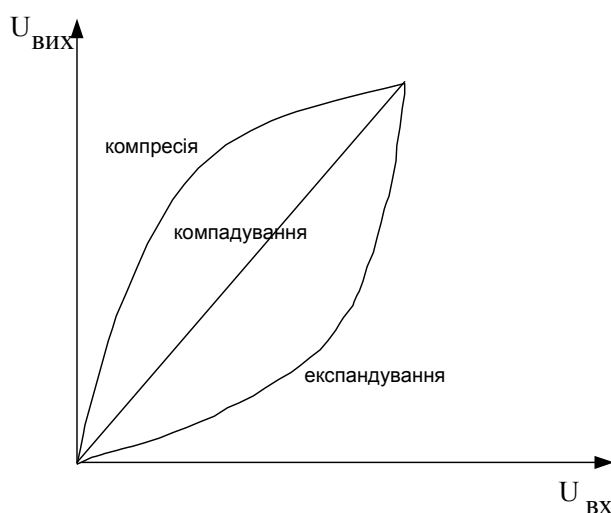


Рисунок 2.2 – Характеристики компресора й експандера

3 «Рівномірний квантувач», що квантує сигнал з постійним кроком квантування. Вигляд меню «Рівномірного квантувача», поданий на рисунку 2.3, містить поле, у якому необхідно вказати крок квантування, вибрати кількість рівнів квантувача (8, 16, 32) і вибрати спосіб квантування усікання або округлення. Сам «Рівномірний квантувач» має два виходи: верхній – це квантований сигнал, а нижній показує характеристику квантувача.

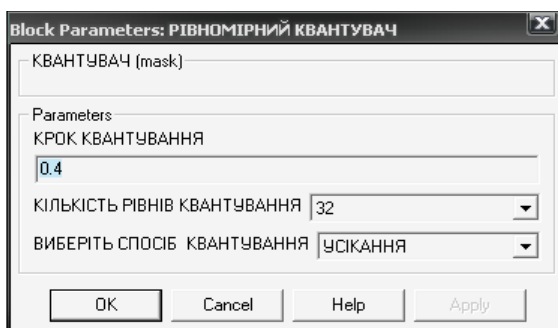


Рисунок 2.3 – Меню блока «Рівномірний квантувач»

4 «Компресор», що забезпечує стискання динамічного діапазону сигналу. Його меню подано на рисунку 2.4, у якому потрібно вибрати закон компресії: або « μ » – закон, або «А» – закон і у відповідних полях обраного закону необхідно вказати параметр компресії й максимальну амплітуду сигналу.

5 «Експандер», що виконує обернене перетворення стиснутого сигналу з компресора, тобто його розширення. Його меню збігається з меню компресора.

6 «Аналізатор квантування». У цьому блоці знаходяться «Блок розрахунку середньоквадратичної помилки похибки» й відповідні реєстратори («осцилограф», «дисплей»). Визначення середньоквадратичної похибки здійснюється відповідно до стандартної формули [3]

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{mod}}} \int_0^{T_{\text{mod}}} |s_{\text{безп}}(t) - s_{\text{квант}}(t)|^2 dt}, \quad (2.1)$$

де T_{mod} – час модулювання;

$s_{\text{безп}}(t)$ – значення вихідного безперервного сигналу;

$s_{\text{квант}}(t)$ – значення квантованого сигналу.

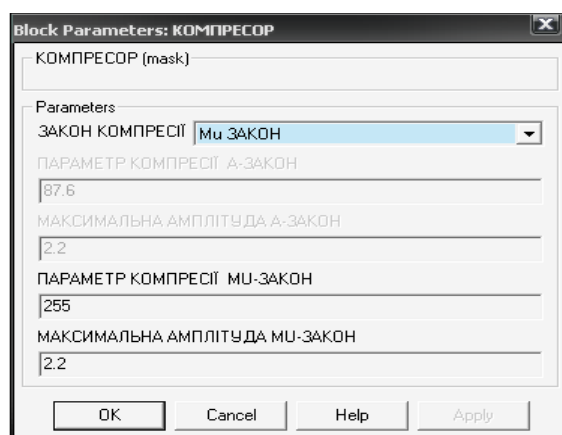


Рисунок 2.4 – Меню блока «Компресор»

2.5.2 Порядок виконання роботи

1 Відкрити файл quantum.mdl. Відповідно до таблиці Б.2 додатка Б для свого варіанта задати параметри блоків:

1) «Генератор сигналів» - вибрати «Складний сигнал», ввести частоти $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, амплітуди U_1, U_2, U_3 і фази $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$;

2) «Дискретизатор» – період дискретизації $\Delta t_{д1}$, скважність q .

2 Дослідження рівномірного квантування. Встановити всі перемикачі в положення $\Pi=1$, натиснувши на них двічі й вибравши відповідний порт. Відповідно до завдання в меню блока «Квантувач» необхідно ввести крок квантування U_{KB1} ,

вибрати характеристику (спосіб квантування) і кількість рівнів квантувача N .

Запустити модель, відкрити блок «Аналізувач квантування» і в ньому на відповідних реєстраторах переглянути результати моделювання.

У звіт необхідно внести значення середньоквадратичної похибки квантування, а також зобразити графіки безперервного, дискретизованого, квантованого сигналів, а також шум квантування.

В основному вікні моделі переглянути характеристику рівномірного квантувача.

3 Виконати пункт 2, змінивши крок квантування на $U_{кв2}$. Порівняти середньоквадратичну похибку з отриманою в пункті 2. Отримані результати занести у звіт і за ними зробити висновки.

4 Дослідження нерівномірного квантування. Встановіть всі перемикачі в положення $\Pi=2$. Параметри рівномірного квантувача встановіть згідно з пунктом 2. У меню «Компресора» й «Експандера» виберіть « μ –закон», введіть максимальну амплітуду, рівную трьом, параметр компресії μ_1 . Запустіть модель, і аналогічно пункту 2 проведіть аналіз моделювання. В основному вікні моделі розгляньте характеристики компресора й експандера, а також осцилограми безперервного й квантованого сигналу.

5 Виконати пункт 4, змінивши параметр компресії на μ_2 .

6 Виконати пункт 4, вибравши в меню «Компресора» й «Експандера» « A – закон», параметр компресії задати A_1 .

7 Виконати пункт 6, змінивши параметр компресії на A_2 .

За всіма пунктами зробити висновки, зобразити необхідні графіки і внести їх у звіт.

2.6 Зміст звіту

1 Назва і мета роботи.

2 Схема лабораторного макета.

3 Хід та результати виконання домашнього завдання.

4 Результати виконання експериментального дослідження процесів квантування у різноманітних режимах за допомогою лабораторного макета в пакеті Simulink.

5 Висновки з роботи.

Контрольні питання

1 Поясніть процеси перетворення безперервного сигналу в цифровий.

2 Поясніть необхідність і сутність квантування дискретизованого сигналу.

3 Що називається похибкою квантування і як вона визначається для рівномірного квантувача ?

4 Поясніть, що таке рівні, пороги, шаг квантування та з яких міркувань вони вибираються?

5 Що називається шумом квантування і як він визначається для рівномірного квантування ?

6 Зобразіть амплітудні характеристики рівномірних квантувачів "з округленням" та "з усіканням".

7 Зобразіть структурні схеми перетворювачів сигналів на передавальній та приймальній стороні для рівномірного квантувача.

8 Що називається нерівномірним квантуванням, і які переваги воно має перед з рівномірним ?

9 Що називається компандуванням сигналу та з яких перетворень воно складається ?

10 Зобразіть амплітудні характеристики компресора та експандера.

11 Зобразіть часові характеристики амплітудно-імпульсно модульованих сигналів АІМ-I та АІМ-II та поясніть, в чому їх відмінності.

12 Який вигляд має амплітудна характеристика квазілогарифмічного компресування, що підпорядковується " μ "-закону ?

13 Який вигляд має амплітудна характеристика логарифмічного компресування, що підпорядковується " A "-закону ?

14 Що називається імпульсно-кодним перетворенням сигналів ?

15 Що таке диференційна імпульсно-кодова модуляція і в чому її переваги перед ІКМ?

16 Що таке дельта-модуляція і в чому її переваги перед ІКМ ?

17 Поясніть, що таке шум квантування і назвіть шляхи його зменшення?

18 Як обчислюється потужність шуму квантування для випадкового гаусового процесу ?

19 Зобразіть структурну схему компресора.

20 Зобразіть структурну схему експандера.

Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ

3.1 Мета роботи

1 Вивчити та засвоїти основні принципи кодування сигналів

2 Розрахувати та дослідити процеси кодування сигналів

3.2 Програма роботи

1 Аналітичне дослідження процесів кодування сигналів.

2 Експериментальне дослідження процесів кодування сигналів.

3.3 Підготовка до роботи

1 За рекомендованою літературою [1, 2, 3] та конспектом лекцій у позааудиторний час засвоїти:

– мету, програму і вказівки щодо виконання роботи;

– теоретичні положення за темою роботи.

2 Виконати аналітичне дослідження у вигляді перетворення кодових комбінацій, що відображають суть процесів кодування сигналів. Результати оформити у вигляді виконання домашнього завдання, виданого викладачем.

3 Підготувати бланк звіту з лабораторної роботи.

4 Підготувати відповіді на контрольні запитання.

3.4 Короткі відомості з теорії

При перетворенні квантованого сигналу в цифровий лінійним перетворювачем використовується двійковий код. В цьому випадку квантованим значенням рівнів N , що подані в десятковій формі, ставиться у відповідність певна кодова комбінація (кодове слово). Отримана при цьому імпульсна послідовність (група) символів 0 та 1 є цифровим сигналом, а структура кодової групи (певного рівня) для натурального рівномірного двійкового коду визначається виразом [2]

$$N = \sum_{i=1}^n a_i 2^{n-i}, \quad (3.1)$$

де n – число розрядів кодової групи;

a_i – кодовий символ i -го розряду ($a_i = 0; 1$).

Простий натуральний двійковий код може бути несиметричним та симетричним. Останній визначає не лише значення рівня квантування, але і його полярність.

Рефлексний двійковий рівномірний код (код Грея), що дозволяє суттєво зменшити спотворення сигналу через помилки при кодуванні, формується з натурального сумуванням по модулю 2 (mod2) вихідної кодової групи, зміщеної відносно вихідної на один символ (такт) вліво чи вправо, наприклад

$$\begin{array}{r} 101101 \\ \oplus \underline{101101} \\ 111011 \end{array} .$$

Будь-який двійковий код може бути заданий як аналітично, так і у вигляді кодової таблиці. Кодові таблиці натурального коду та коду Грея подані на рисунку 3.1.

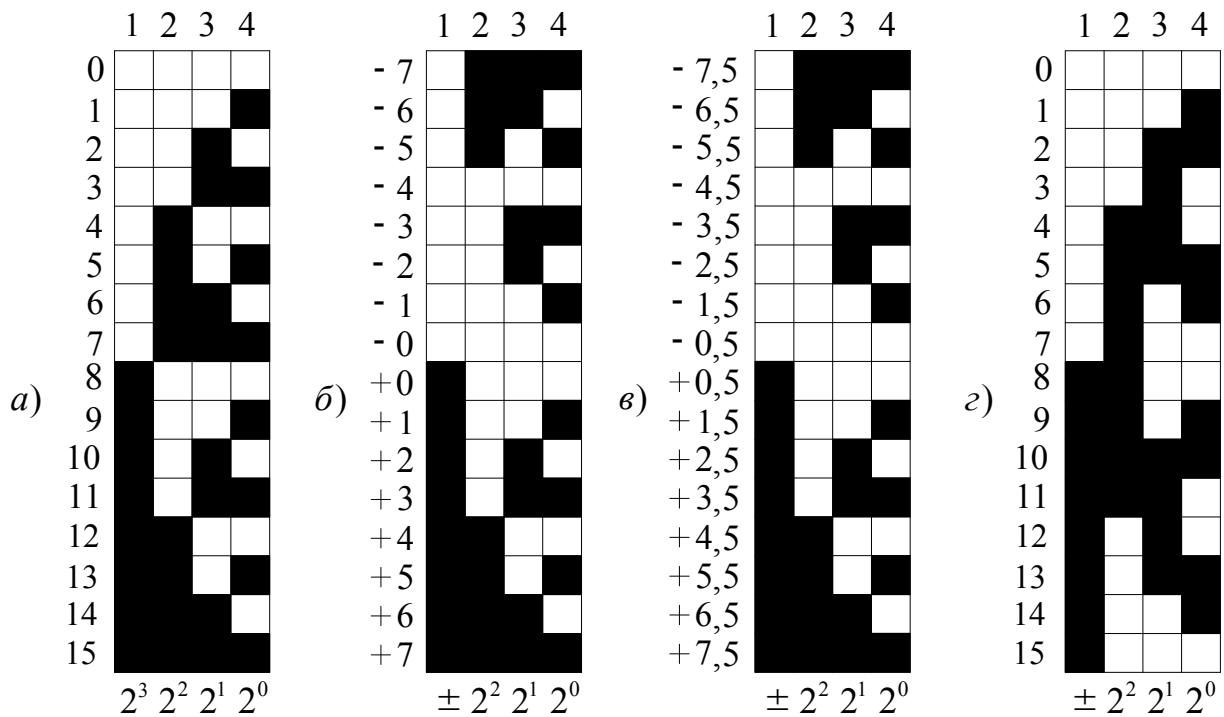


Рисунок 3.1 – Кодові таблиці натурального двійкового (а), симетричного двійкового коду (б, в), симетричного коду Грея (г)

3.5 Вказівки щодо виконання роботи

3.5.1 Опис лабораторного макета

Схема проведення експерименту наведена на рисунку В.1 додатка В.

Вона включає в себе такі блоки:

- 1 «Генератор сигналу», який розглянуто в п.1.5.1.
- 2 «Дискретизатор», що розглянутий в п.1.5.1.
- 3 «Рівномірний кантувач», який розглянуто в п.2.5.1.
- 4 «Кодер», який присвоює кожному рівню квантування код.

Його меню наведено на рисунку 3.2. У ньому потрібно вказати: досліджуваний інтервал дискретизації, тобто номер інтервалу дискретизації, якому буде відповідати код, що буде аналізуватися; період дискретизації (потрібно ввести такий, як і в «Дискретизаторі»); параметри кроку квантування по рівню, кількість рівнів квантування та характеристика квантувача аналогічні «Квантувачу»; спосіб кодування передбачає вибір між симетричним кодуванням і кодуванням кодом Грея.

5 «Декодер», який відповідно до прийнятого коду створює значення квантованого сигналу. Його меню повністю аналогічно меню блоку «Кодера».

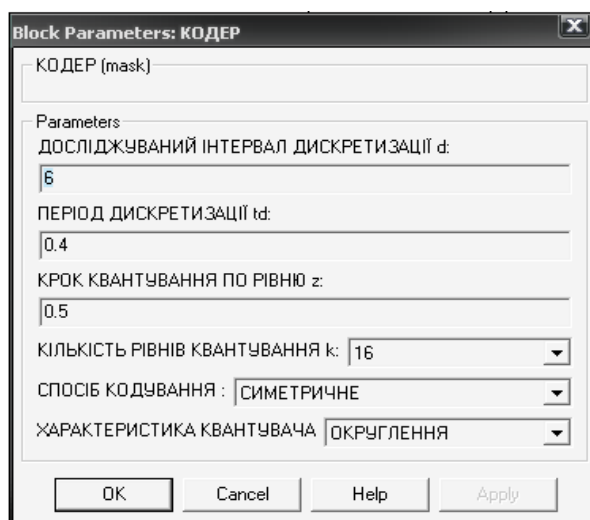


Рисунок 3.2 – Меню блока «Кодер»

6 «Блок створення помилки», що створює введену або випадкову помилку, яка буде введена в кодову послідовність на досліджуваному інтервалі дискретизації шляхом додавання по модулю 2 вихідної кодової комбінації з вектором помилки. Меню даного блока подане на рисунку 3.3. Воно містить такі параметри: досліджуваний інтервал такий же, як і в блоці «Дискретизатор»; спосіб утворення помилки містить вибір між «Введенням» або «Випадково», тобто в цьому випадку розуміється, яким чином буде заданий вектор помилки – випадково або введенням; кратність помилки передбачає, скільки буде одиниць у векторі помилки; у поле «Введення вектора помилки» потрібно ввести вектор такої ж довжини, як і кодова комбінація, у ті розряди, де передбачається внести помилку – поставити одиниці.

7 «Фільтр НЧ», який аналогічний розглянутому в 1.5.1.

8 «Блок навчання перетворення кодів», зміст якого подано на рисунку 3.4. У його склад входять такі блоки: «Блок навчання переведення з десяткового числа у двійкове», «Блок навчання переведення із двійкового числа в десяткове», «Блок навчання перетворення із двійкового коду в код Грея», «Блок навчання перетворення з коду Грея у двійковий код».

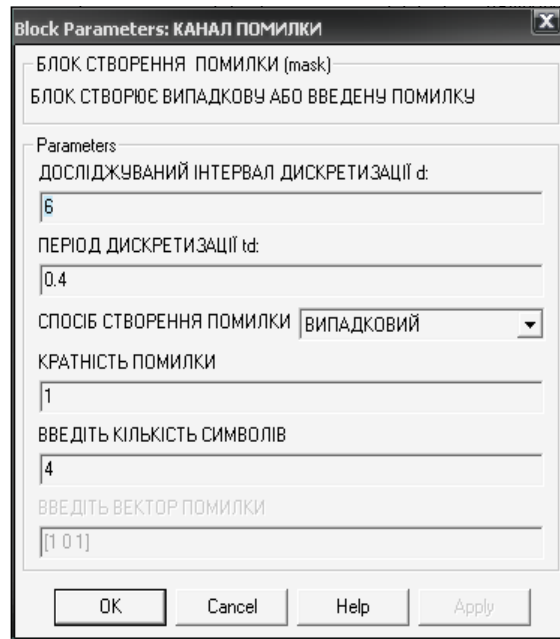


Рисунок 3.3 – Меню «Блока створення помилки»

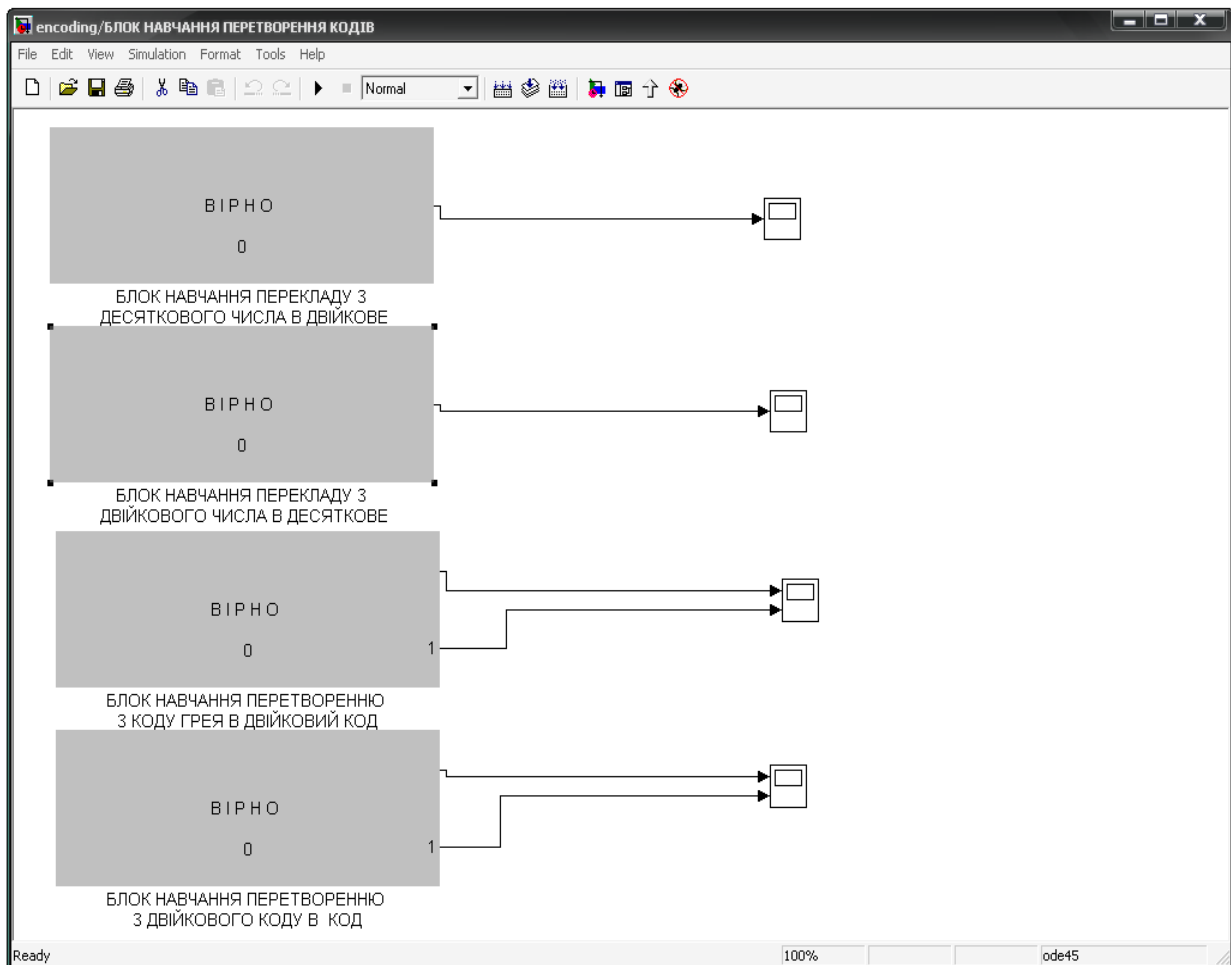


Рисунок 3.4 – Вікно «Блока навчання перетворення кодів»

Меню цих блоків схожі, тому розглянемо тільки «Блок навчання переведення з десяткового числа у двійкове».

Його меню подано на рисунку 3.5. У ньому необхідно ввести: «Десяткове число», «Ваш варіант двійкового числа», який відповідає десятковому.

Також є галочка, яку можна поставити, якщо не вдалося знайти правильну відповідь.

На самому блоці показано, чи правильно Ви відповіли, якщо правильно, то на самому блоці висвітиться відповідь, вона також висвітиться, якщо встановити галочку «Показати правильну відповідь».

Вікна програмування цих блоків наведено у додатку А.

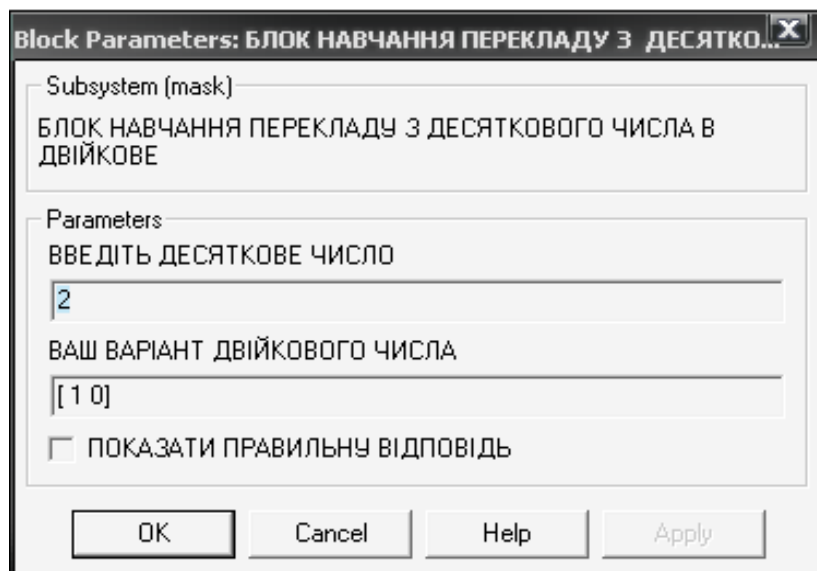


Рисунок 3.5 – Меню «Блока навчання переведення з десяткового числа у двійкове»

9 «Блок аналізування кодування» зображено на рисунку 3.6. В ньому містяться реєстратори («Осцилографи», «Дисплеї»), а також блоки перетворення вектора в послідовний вигляд (їх меню зображено на рисунку 3.7). В цьому блоці необхідно вказати період дискретизації такий, як і в блоці «Дискретизатор», а також кількість рівнів блока «Квантувача».

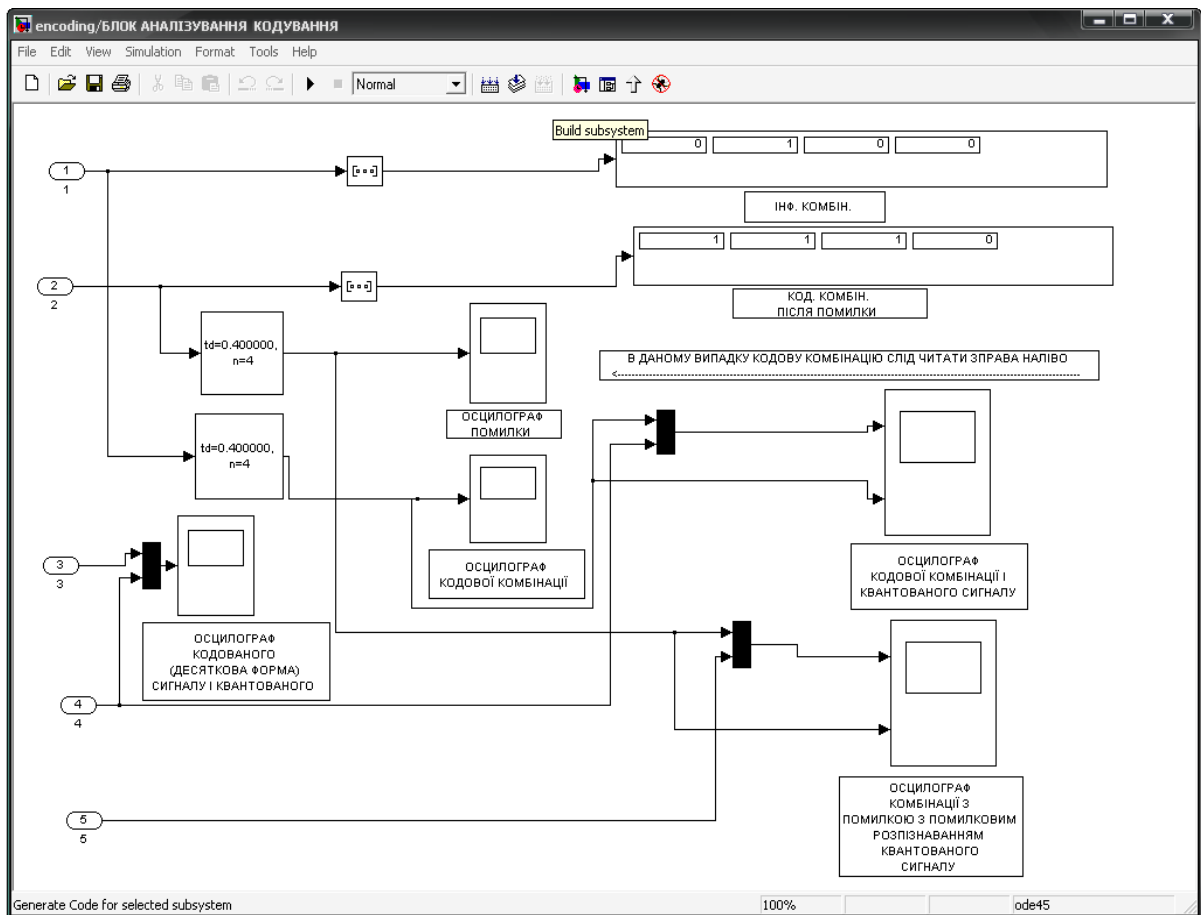


Рисунок 3.6 – Вікно «Блока аналізування кодування»

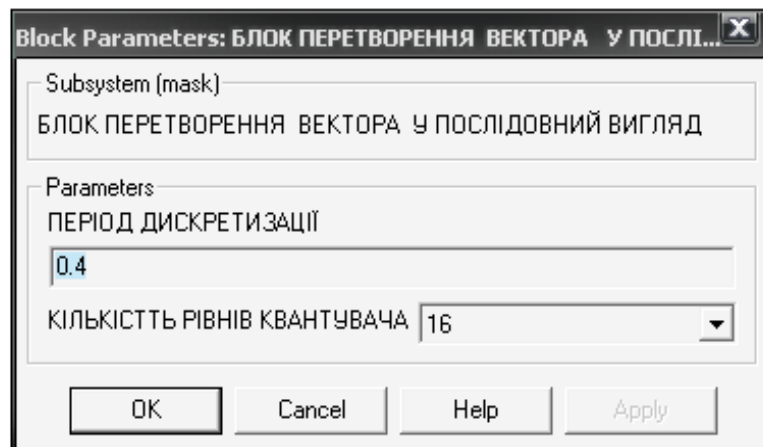


Рисунок 3.7 – Меню «Блока перетворення вектора в послідовний вигляд»

3.5.2 Порядок виконання роботи

1 Відкрити файл encoding.mdl. Відповідно до таблиці В.1 додатка В для свого варіанта задати параметри блоків:

- 1) «Генератор сигналу» – вибрати «Складний сигнал», ввести частоти $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, амплітуди U_1, U_2, U_3 , і фази $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$;
- 2) «Дискретизатор» – вибрати період дискретизації Δt_d ;
- 3) «Квантувач» – вибрати крок квантування $U_{кв}$, вибрати характеристику квантувача й кількість рівнів N ;
- 4) «Кодер» – вибрати досліджуваний інтервал дискретизації d , спосіб кодування вибрати – «Симетричне», інші параметри такі ж, як у «Квантувача» і «Кодера»;
- 5) «Декодер» – вибрати параметри блока, аналогічні «Кодеру»;
- 6) «Блок створення помилки» - досліджуваний інтервал дискретизації d , період дискретизації Δt_d , спосіб створення помилки – «Введенням», вектор помилки задати рівним нулю;
Якщо задається вектор, то його слід виділяти квадратними дужками, наприклад [1 0 1];
- 7) «Фільтр НЧ» – вибрати частоту зрізу $\omega_{зр}$, посилення взяти рівним одиниці, порядок рівний трьом.

Запустити модель і переглянути результати на відповідних реєстраторах, зарисувати графіки, зробити з них висновки.

2 Виконати п.1, змінивши параметр «Кодера» у полі «Спосіб кодування» на «Код Грея».

3 Виконати п.1, змінивши параметр «Блока створення помилки» в рядку «Вектор помилки» на $V_{ош}$ відповідно до завдання.

4 Виконати п.1, змінивши параметр «Блока створення помилки» в полі «Спосіб створення помилки» – «Випадковий», також задати кратність помилки 2, кількість символів N визначається відповідно до кількості рівнів квантувача n з виразу $n = \log_2 N$.

5 У «Блоці по навчанню перетворення десяткового числа у двійкове» ввести десяткове число $N_{дес}$. У графі «Ваш варіант двійкового числа» ввести вашу відповідь. Якщо на блоці висвітилося «Неправильно», змініть відповідь.

Якщо Ви не можете знайти відповідь, то поставте галочку «Показати правильну відповідь». Відповідь слід ввести у вигляді вектора.

6 У «Блоці по навчання перетворення двійкового числа в десяткове» ввести двійкове число $N_{дв}$, наступні дії виконувати згідно з п.5.

7 У «Блоці по навчання перетворення двійкового коду в код Грея» ввести двійкове число $N_{дв}$, наступні дії виконувати згідно з п.5

8 У «Блоці по навчання перетворення коду Грея у двійковий код» ввести код Грея $N_{Гр}$, наступні дії виконувати згідно з п.5.

Результати роботи за всіма пунктами занести до звіту і зробити відповідні висновки.

3.6 Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Схема лабораторного макета
- 3 Хід та результати виконання домашнього завдання.
- 4 Результати виконання експериментального дослідження процесів кодування в різноманітних режимах за допомогою лабораторного макета в пакеті Simulink.
- 6 Висновки з роботи.

Контрольні питання

- 1 Що називається кодуванням та декодуванням в теорії електрозв'язку?
- 2 Як записати в двійковому коді десяткове число 17?
- 3 Яким виразом визначаються структури кодових груп в двійковому натуральному коді?
- 4 Як визначаються структури кодових груп в двійковому рефлексному коді (коді Грея)?
- 5 Як будується кодова таблиця для двійкового натурального рівномірного симетричного і несиметричного коду?
- 6 Як будується кодова таблиця для двійкового рівномірного симетричного і несиметричного коду Грея?
- 7 Що називається кодовою відстанню за Хемінгом?
- 8 Визначте мінімальну кодову відстань між такими кодовими групами: 111001, 001110, 101010.

- 9 Назвіть основні параметри простих двійкових кодів.
- 10 Як виконується кодування квантованих відліків у системах з ІКМ?
- 11 Як виконується кодування різниці між сусідніми відліками в системах з ДІКМ?
- 12 Як виконується кодування знаку прирощення відліків у системах з дельта-модуляцією?
- 13 Зобразіть структурну схему кодера для двійкового натурального коду.
- 14 Зобразіть структурну схему декодера для двійкового натурального коду.
- 15 Зобразіть структурну схему кодера для коду Грея.
- 16 Зобразіть структурну схему декодера для коду Грея.

Список літератури

- 1 Батаєв О.П., Ковтун І.В., Корольова Н.А. Теорія електричного зв'язку: Навч. посібник для студентів залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 624 с.
- 2 Основы теории информации и кодирования / И.В. Кузьмин, В.А. Кедрус. – К.: Вища школа. Гол. вид-во, 1986. – 238 с.
- 3 Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г.В. Горелов, А.Ф. Фомин, А.А. Волков, В.К. Котов. – М.: Транспорт, 2001. – 415 с.

Додаток А

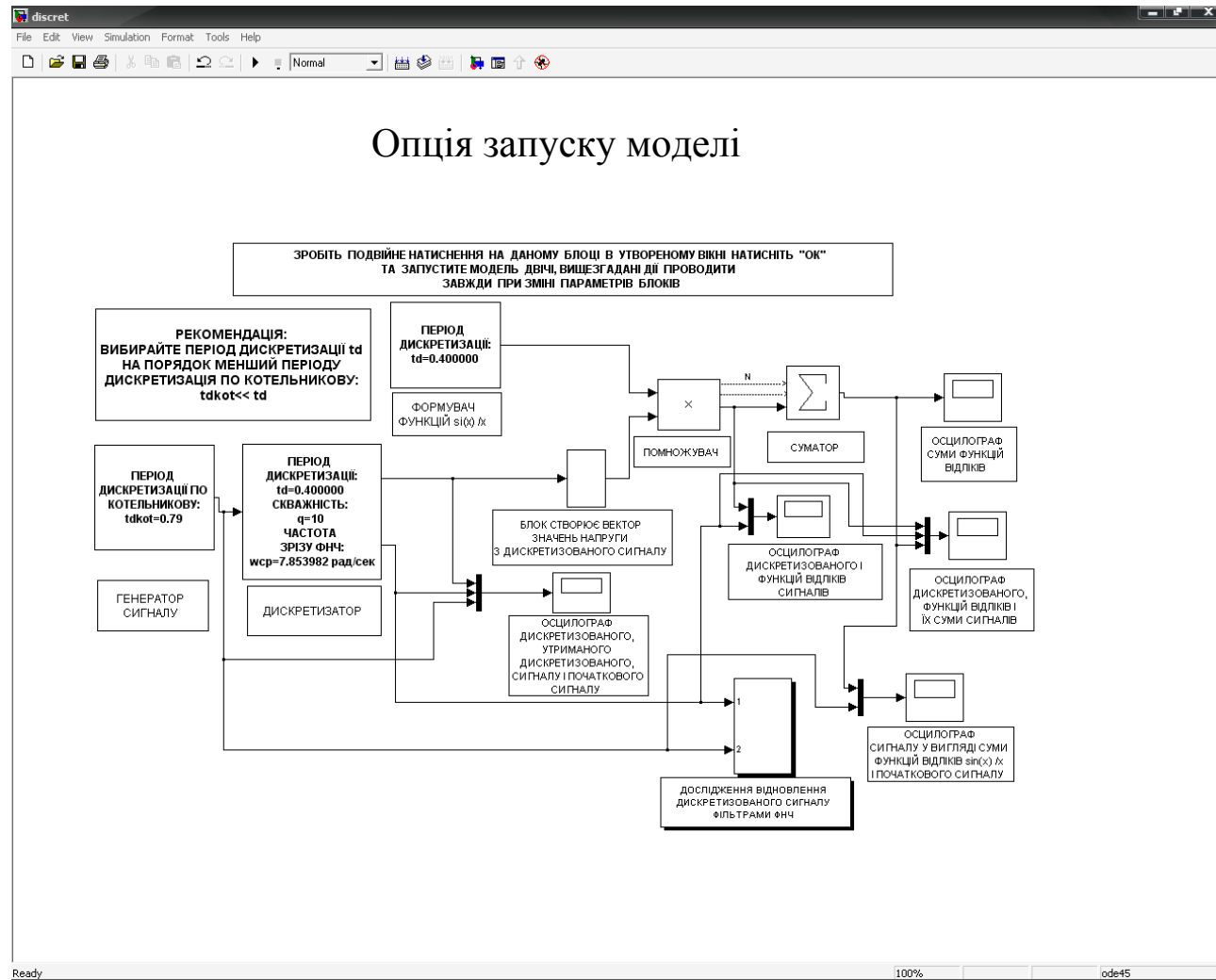


Рисунок А.1 – Вікно схеми дослідження процесів дискретизації й відновлення сигналів

Таблиця А.1 – Вихідні дані для виконання лабораторної роботи 1

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ω_1 , рад/с	0.5	2	0.6	1.8	0.6	0.5	1.8	0.6	0.6	2	0.6	0.5	1.8	0.6	2
ω_2 , рад/с	1	0.2	1.9	2.7	3.3	1	2.7	1.9	3.3	0.2	3.4	1	2.7	1.9	0.2
ω_3 , рад/с	1.5	1	1.6	0.6	2.6	1.5	0.6	1.6	2.6	1	2.6	1.5	0.6	1.6	1
U_1 , В	1.5	2	2	0.6	1.2	1.5	0.6	2	1.2	2	1.2	1.5	0.6	2	2
U_2 , В	0.5	1	1.3	0.9	0.7	0.5	0.9	1.3	0.7	1	0.7	0.5	0.9	1.3	1
U_3 , В	1	2	1.6	1.6	0.9	1	1.6	1.6	0.9	2	0.9	1	1.6	1.6	2
φ_1 рад	1.5	1	0.8	1.6	1.6	1.5	1.6	0.8	1.6	1	1.6	1.5	1.6	0.8	1
φ_2 рад	1.6	0.8	1.6	0.8	1.5	1.6	0.8	1.6	1.5	0.8	1.5	1.6	0.8	1.6	0.8
φ_3 рад	0.8	1.6	1.5	1.5	0.8	0.8	1.5	1.5	0.8	1.6	0.8	0.8	1.5	1.5	1.6
q	13	14	12	11	10	13	11	12	10	14	10	13	11	12	14
Δt_{d1} , с	0.8	0.5	0.9	0.7	0.4	0.8	0.7	0.9	0.4	0.5	0.4	0.8	0.7	0.9	0.5
Δt_{d2} , с	3	2.6	1.8	1.7	1.3	3	1.7	1.8	1.3	2.6	1.3	3	1.7	1.8	2.6
ω_{CP1} , рад/с	3.9	6.3	3.5	4.5	7.9	3.9	4.5	3.5	7.9	6.3	7.9	4	4.5	3.5	6.3
ω_{CP2} , рад/с	0.3	0.6	0.8	0.5	1.3	0.3	0.5	0.8	1.3	0.6	1.3	0.3	0.5	0.8	0.6
ω_{CP3} , рад/с	10	15	7.6	9.6	15	10	9.6	7.6	16	15	16	10	9.6	7.6	15
K_{yc1}	12	13	10	10	10	12	10	10	10	13	10	12	10	10	13
K_{yc2}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
K_{yc3}	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Додаток Б

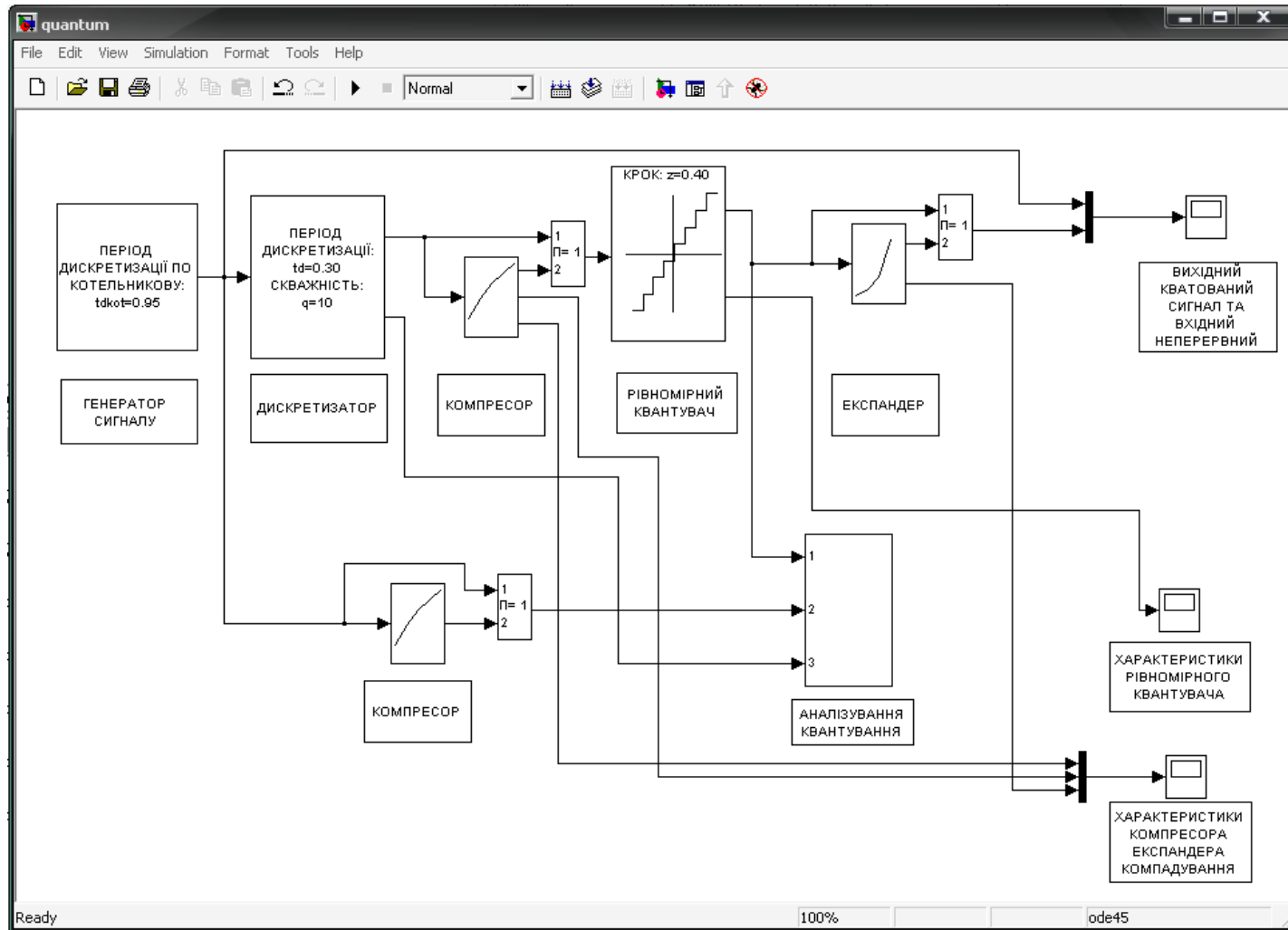


Рисунок Б.1 – Вікно схеми дослідження процесів квантування

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для виконання лабораторної роботи 2

Номер вар	U_1 ,	U_2 , В	U_3 , В	ω_1 , рад/с	ω_2 , рад/с	ω_3 , рад/с	φ_1 , рад	φ_2 , рад	φ_3 , рад	Δt_d , с	q	U_{KB1} ,	U_{KB2} ,	μ_1	μ_2	A_1	A_2	Хар. Квант.	N
1	0,4	0,38	0,58	1,69	0,65	0,86	1,25	1,87	0,44	0,56	10	0,38	0,56	110	224	57	79	усік.	8
2	0,5 0	0,86	0,71	1,67	0,80	1,08	0,88	1,25	0,54	0,12	11	0,30	0,57	130	240	62	83	округ.	16
3	1,1 0	0,50	1,14	1,47	0,95	0,78	1,49	1,27	1,09	0,11	12	0,22	0,58	126	234	69	88	усік.	32
4	0,2 0	0,40	0,37	0,72	1,38	0,41	1,52	1,89	0,27	0,14	13	0,26	0,44	115	246	53	90	округ.	8
5	0,4 3	0,90	0,60	1,57	1,05	0,71	1,43	1,72	0,27	0,13	14	0,27	0,54	129	222	65	73	усік.	16
6	1,7 1	0,21	1,08	1,00	1,09	0,43	1,17	1,45	0,94	0,15	12	0,23	0,59	109	210	70	95	округ.	32
7	0,5 0	0,34	0,43	1,12	0,45	0,44	0,86	1,12	0,29	0,39	15	0,34	0,52	123	245	59	78	усік.	8
8	0,6 4	0,74	0,83	0,75	0,70	0,85	1,39	1,55	0,74	0,43	11	0,31	0,58	134	250	79	96	округ.	16
9	1,2 8	1,08	0,73	1,30	0,41	0,98	0,99	1,48	0,18	0,59	13	0,23	0,59	128	238	58	85	усік.	32
10	0,5 8	0,40	0,32	0,76	1,30	0,77	0,82	1,73	0,15	0,13	14	0,35	0,53	111	252	55	68	округ.	8
11	0,8 7	0,47	0,92	1,49	0,81	1,03	0,82	1,70	0,34	0,52	16	0,31	0,58	136	242	64	86	усік.	16
12	1,2 0	0,80	1,08	1,27	0,85	1,01	1,41	1,68	0,33	0,16	12	0,23	0,59	125	233	74	82	округ.	32
13	0,2 7	0,37	0,39	1,16	0,86	0,61	1,41	1,15	1,01	0,29	11	0,28	0,46	138	249	68	71	усік.	8
14	0,2 4	1,08	0,56	1,38	0,86	0,53	0,84	1,35	0,90	0,57	10	0,27	0,54	104	206	56	98	округ.	16
15	0,8 3	0,72	0,97	1,48	1,22	1,03	0,89	1,44	0,33	0,36	9	0,20	0,56	119	254	61	76	усік.	32

Додаток В

р вар.	B	B	B	рад/ с	рад/ с	рад/ с	рад	рад	рад	с	B								
1	0,4	0,38	0,58	1,69	0,65	0,86	1,25	1,87	0,44	0,56	0,45	15	00001	0111 1	101	5,6	5	усік.	8
2	0,59	0,86	0,71	1,67	0,80	1,08	0,88	1,25	0,54	0,12	0,30	26	00011	0010 1	0010	26,2	2	округ.	16
3	1,19	0,50	1,14	1,47	0,95	0,78	1,49	1,27	1,09	0,11	0,22	42	00101	0000 1	10010	28,6	18	усік.	32
4	0,20	0,40	0,37	0,72	1,38	0,41	1,52	1,89	0,27	0,14	0,36	82	01001	0110 1	001	22,4	9	округ.	8
5	0,43	0,90	0,60	1,57	1,05	0,71	1,43	1,72	0,27	0,13	0,27	20	01101	1100 0	1010	24,2	8	усік.	16
6	1,71	0,21	1,08	1,00	1,09	0,43	1,17	1,45	0,94	0,15	0,23	17	01001	1100 1	11010	20,9	11	округ.	32
7	0,50	0,34	0,43	1,12	0,45	0,44	0,86	1,12	0,29	0,39	0,44	43	11001	0100 1	100	8,1	19	усік.	8
8	0,64	0,74	0,83	0,75	0,70	0,85	1,39	1,55	0,74	0,43	0,31	60	11101	1000 0	0110	7,3	3	округ.	16
9	1,28	1,08	0,73	1,30	0,41	0,98	0,99	1,48	0,18	0,59	0,23	32	11000	0101 0	10111	5,3	15	усік.	32
10	0,58	0,40	0,32	0,76	1,30	0,77	0,82	1,73	0,15	0,13	0,42	68	11000	0010 1	111	24,2	4	округ.	8
11	0,82	0,47	0,92	1,49	0,81	1,03	0,82	1,70	0,34	0,52	0,31	52	01010	0111 1	1110	6,0	13	усік.	16
12	1,20	0,80	1,08	1,27	0,85	1,01	1,41	1,68	0,33	0,16	0,23	63	00100	0010 0	1110	19,6	20	округ.	32
13	0,27	0,37	0,39	1,16	0,86	0,61	1,41	1,15	1,01	0,29	0,4	85	11110	1101 0	011	10,8	6	усік.	8
14	0,24	1,08	0,56	1,38	0,86	0,53	0,84	1,35	0,90	0,57	0,27	77	01111	0100 0	0011	5,5	10	округ.	16
15	0,83	0,72	0,97	1,48	1,22	1,03	0,89	1,44	0,33	0,36	0,20	38	10000	0100 1	01010	8,7	7	усік.	32

