Лабораторна робота № 5

Замирання та рознесений прийом

Мета роботи - Дослідження завадостійкості приймання бінарної частотної модуляції в адитивним білим гауссівським шумом (АБГШ) - та релеївському каналі зв'язку. Дослідження рознесеного прийому з вибором найбільш потужної гілки. Дослідження рознесеного прийому з оптимальним додаванням гілок.

Вказівки до виконання роботи

1. Дослідження завадостійкості системи зв'язку з бінарною частотною модуляцією (ЧМ-2) в АБГШ - каналі

Запустіть **MATLAB**, відкрийте **Simulink** та побудуйте модель системи зв'язку з бінарною частотною модуляцією і АБГШ-каналом (блоки **Bernoulli Binary Generator, MFSK Modulator/Demodulator Baseband, AWGN Channel, Error Rate Calculation, Display**). Як завжди, задайте дискретний режим моделювання з фіксованим кроком та встановіть нескінченну тривалість роботи. Досягніть правильної роботи моделі.

У цій роботі важливі співвідношення між різними часовими параметрами моделей. Рекомендується вибрати символьну швидкість 1000 симв/с. Інтервал дискретизації (**Sample time**) джерела бітового потоку – 10^{-3}. Тривалість символу (**Symbol period**) АБГШ - каналу – 10^{-3}.

Далі використовуватиметься блок релеївського каналу, який обробляє сигнал лише порціями (фреймами), тому у блоці джерела бітового потоку необхідно задати довжину фрейму (**Samples per frame**) – 1000.

У блоках модулятора/демодулятора необхідно налаштувати такі параметри (для інших залишити значення за замовчуванням):

– кратність (число позицій) модуляції (**M-ary number**) - 2;

– відстань між частотами модуляції (**Frequency separation**) – 2000 Гц;

– кількість відліків на символ (**Samples per symbol**) – не менше 16.

Демодулятор реалізує некогерентний прийом, що дає змогу моделювати канал із завмираннями без використання засобів частотної та фазової синхронізації.

Результуюча модель наведена на рис. 5.1.

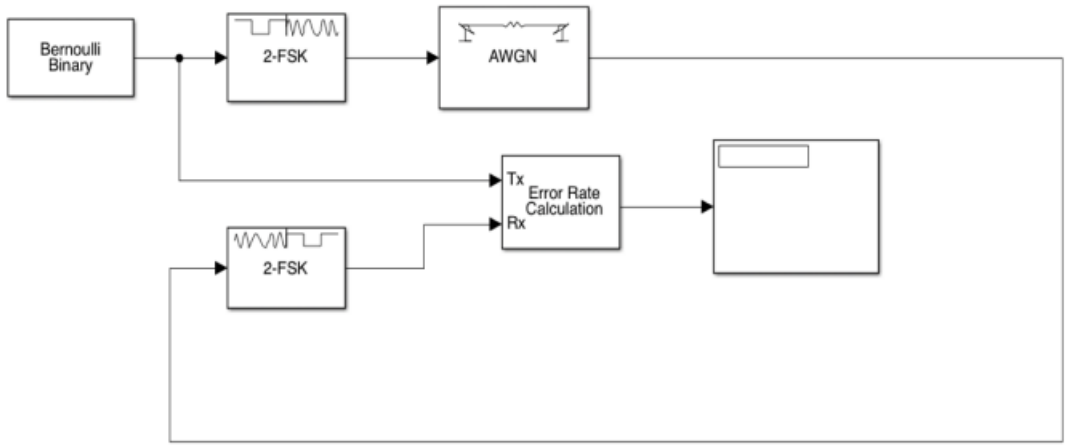


Рис. 5.1– Схема моделі системи зв’язку з двійковою частотною модуляцією

Зніміть криву завадостійкості в АБГШ - каналі (діапазон відношення E_b / N_0 – від 0 до 12 дБ із кроком 2 дБ).

2. Дослідження завадостійкості системи в релеївському каналі зв’язку.

Додайте між модулятором та АБГШ - каналом блок релеївського каналу (**Communications Toolbox** => **Channels** => **SISO Fading Channel**). Для релеївського каналу необхідно задати один промінь із нульовою затримкою (**Discrete path delay vector** = 0) і середнім коефіцієнтом передачі 0 дБ (**Average path gain vector** = 0). Для початкового стану генератора випадкових чисел (**Initial seed)** укажіть значення **randseed** (рис. 5.2).

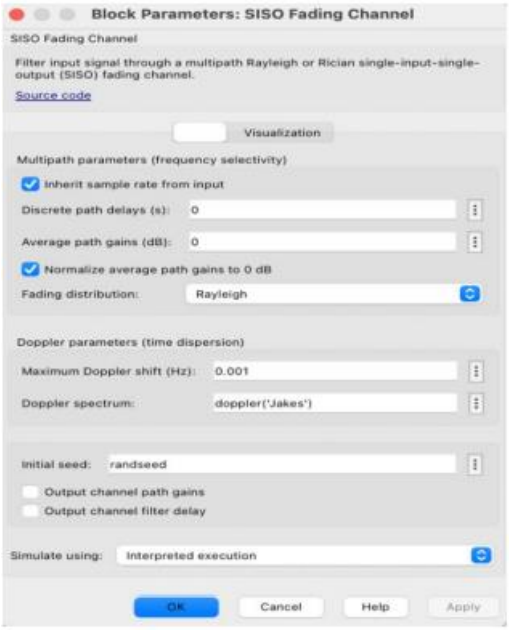


Рис. 5.2 Налаштування блока SISO Fading Channel

Результуюча модель зображена на рис. 5.3.

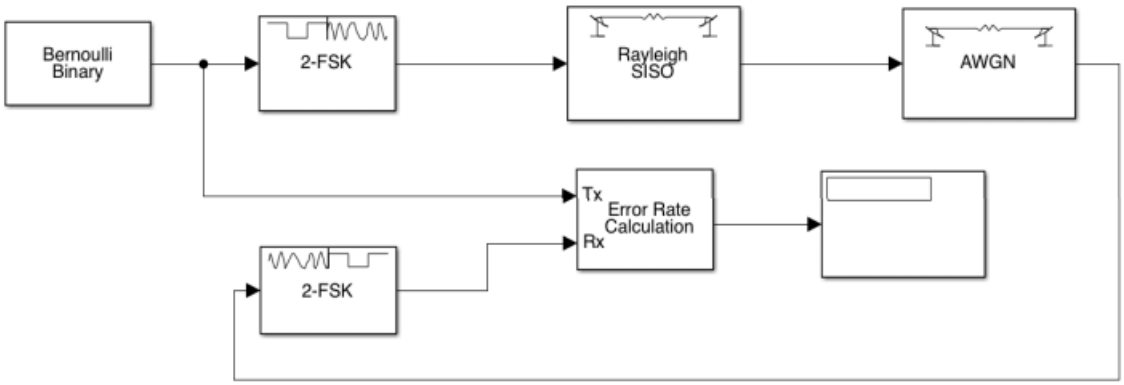


Рис. 5.3 – Схема моделі з релеївським каналом зв’язку

Зніміть криву завадостійкості в релеївському каналі: діапазон зміни відношення E_b / N_0 – від 0 до 30 дБ із кроком 5 дБ.

3. Візуальне спостереження характеристик релеївського каналу зв’язку

Підключіть до точки, розташованої між виходом релеївського каналу та входом АБГШ-каналу, блок обчислення абсолютного значення **Abs**, потім блок

DSP System Toolbox => **Signal Management** => **Buffers** => **Unbuffer** (він перетворює фрейми на окремі відліки) і після нього – блок осцилографа **Scope**.

Для налаштування осцилографа необхідно відкрити його вікно (подвійним клацанням на зображенні блоку), клацнути на кнопці **Configuration properties** в панелі інструментів цього вікна і виконати наступні дії у вікні, що відкриється:

– на вкладці **Time** встановити діапазон часової осі (поле **Time span**) рівним 0.1;

– на вкладці **Display** встановити діапазон для вертикальної осі від 0 до 5 (поля **Y-limits (Minimum)** та **Y-limits (Maximum**)).

Реалізуйте вимір середньої потужності сигналу. Для цього до виходу блоку **Abs** додатково підключіть блок зведення в квадрат (найпростіший варіант – блок **Simulink** => **Math Operations** => **Math Function** з обраною функцією magnitude^2), а до його виходу послідовно підключіть блоки усереднення (**DSP System Toolbox** => **Statistics** => **Mean**, у параметрах блоку необхідно встановити прапорець **Running mean**) та числового дисплея.

Підключіть до виходу блоку зведення в квадрат, доданого в попередньому пункті, блок обчислення гістограми **(DSP System Toolbox** => **Statistics** => **Histogram**).

У блоці обчислення гістограми необхідно зробити наступні налаштування:

– мінімальне та максимальне значення рівня аналізованого сигналу (**Lower limit of histogram** і **Upper limit of histogram**) – 0 та 5 відповідно;

– кількість інтервалів розбиття (**Number of bins**) – не менше 50;

– встановити нормування результатів, тобто видачу оцінок ймовірності, а не числа попадань в інтервали (прапорець **Normalized**);

– встановити режим накопичення, який означає, що гістограма розраховується за всіма вхідними даними – від початку роботи моделі до поточного моменту (прапорець **Running histogram**);

– відмовитися від порту скидання, вибравши у списку **Reset port** варіант **None**.

Блок **Histogram** лише розраховує дані для гістограми. Для її відображення підключіть до виходу блоку **Histogram** блок візуалізації векторів **DSP System Toolbox** => **Sinks** => **Array Scope**.

Для розумності зображення, що відображається, в блоці **Array Scope** необхідно зробити наступні настройки:

– У розділі **Scope properties** у списку **Input domain** вибрати варіант **Userdefined** (оскільки графік гістограми не є ні часовою, ні частотною залежністю).

–- У розділі **Axis properties** зняти прапорець **Inherit sample increment from input** (оскільки параметри дискретизації вхідного сигналу в даному випадку не мають жодного відношення до оцифрування горизонтальної осі).

– У тому ж розділі ввести в поле **Increment per sample in input** значення, що дорівнює ширині окремих інтервалів гістограми (тобто відношенню загальної ширини аналізованого діапазону рівнів до заданого в параметрах гістограми числу інтервалів).

– Підписи горизонтальної та вертикальної осей (**X-axis title**, **Y-axis label**) можна задати за бажанням (наприклад, X та P(X) відповідно).

Результуюча схема моделі зображена рис. 5.4.

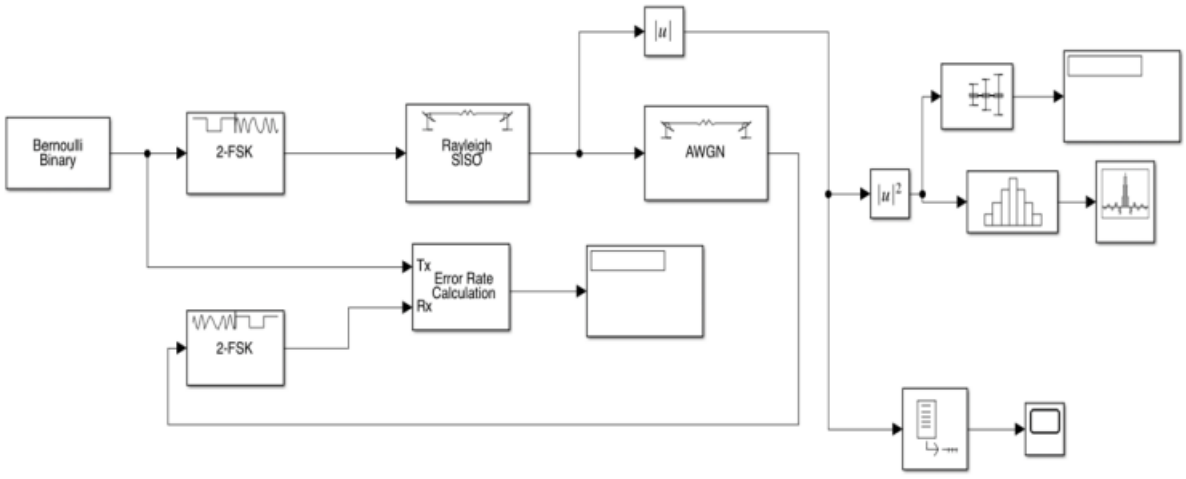


Рис. 5.4 Схема моделі з релеївським каналом зв’язку

Запустіть модель і зробіть так, щоб вона обробила щонайменше 2000 символів (встановіть велике відношення С/Ш або вимкніть автоматичну

зупинку у блоці оцінки **BER**). Спостерігайте за змінами модуля сигналу на виході каналу із завмираннями, за гістограмою та середньою потужністю сигналу.

Для автоматичного масштабування гістограми натисніть у вікні її зображення правою кнопкою миші та виберіть у контекстному меню команду **Autoscale**.

Зупинивши роботу моделі, збережіть рисунок із графіком зміни рівня сигналу в часі, рисунок з графіком гістограми, а також запишіть значення оцінки середньої потужності сигналу.

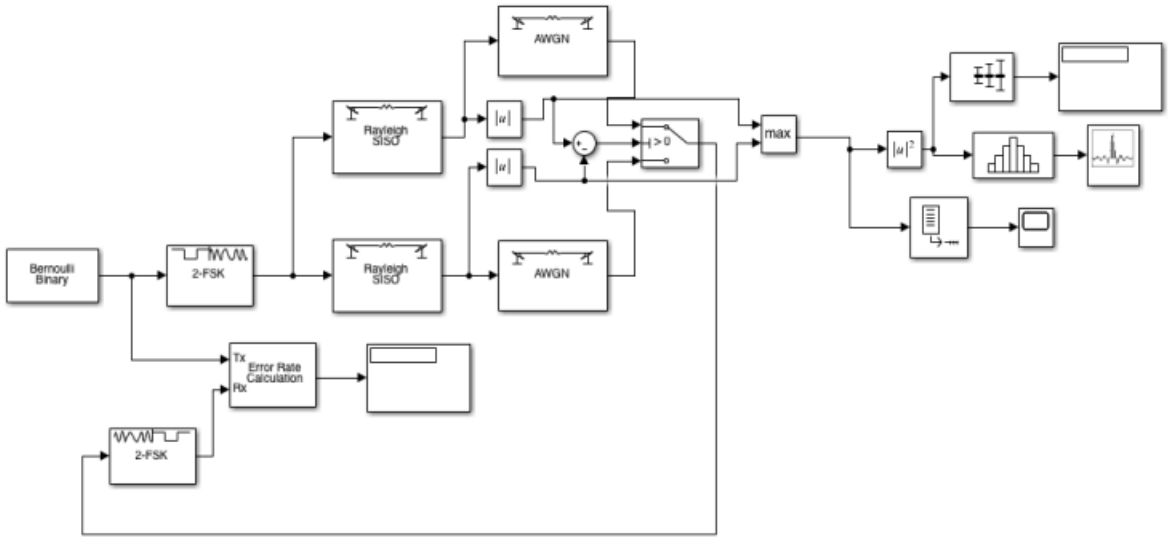
4. Дослідження завадостійкості системи за наявності двох каналів прийому з вибором максимально потужної гілки

Додайте до моделі ще один блок релеївського каналу, підключіть його вхід до виходу модулятора і задайте такі ж настройки, як у першого блоку. Важливо переконатись, що для початкового стану генератора випадкових чисел (**Initial seed**) задана функція **randseed**. В іншому випадку завмирання у двох каналах будуть ідентичні, а для правильності роботи моделі вони мають бути некорельовані.

Додайте після другого релеївського каналу другий блок АБГШ - каналу. Налаштування також ідентичні першій гілці прийому, за винятком параметра **Initial seed**, для якого має бути задано **randseed** – це забезпечить некорельованість шумів у двох каналах прийому.

Реалізуйте вибір потужнішого з вихідних сигналів двох каналів. Для цього необхідно сформувати різницю абсолютних значень (модулів) сигналів після релеївських каналів, але до АБГШ - каналів і використовувати отриманий сигнал для керування перемикачем (**Simulink** => **Signal Routing** => **Switch**). На входи перемикача повинні надходити сигнали з виходів АБГШ - каналів. Критерій перемикання – порівняння кеуючого сигналу із нульовим порогом. Демодулятор підключіть до виходу перемикача.

Для демонстрації рівня сигналу у вибраній гілці та оцінки статистичних характеристик необхідно підключити до виходів двох блоків **Abs** блок вибору максимуму (**Simulink** => **Math operations** => **MinMax**, необхідна операція та число входів вказуються в параметрах блоку) та з його виходу подати сигнал на «підвислі в повітрі» після переробки схеми осцилограф (з блоком **Unbuffer** на вході) та систему вимірювання гістограми та середньої потужності. Результуюча схема моделі показана на рис. 5.5.



Ри. 5.5 Схема моделі з двома каналами прийому з вибором максимально потужної гілки

Аналогічно п. 3 (необхідно обробити щонайменше 2000 символів) отримайте рисунок із гістограмою та запишіть середнє значення потужності.

Зніміть криву завадостійкості для цього випадку (діапазон зміни відношення E_b / N_0 – від 0 до 20 дБ з кроком 2 дБ, змінювати цей параметр необхідно синхронно у двох блоках АБГШ - каналу).

5. Дослідження завадостійкості системи за наявності двох каналів прийому з оптимальним додаванням гілок

Модифікуйте модель (усічену версію, отриману наприкінці п. 4), реалізувавши оптимальне додавання двох гілок прийому. Для цього необхідно вимірювати комплексні коефіцієнти передачі каналів.

Реалізуємо такий вимір, розділивши вихідний сигнал кожного блоку релеєвського каналу на вхідний сигнал (це правомірно, оскільки за наявності тільки одного променя релеєвський канал є безінерційним блоком) за допомогою блоку **Product** з відповідними налаштуваннями (у полі **Number of inputs** вводиться рядок */).

Отримані коефіцієнти необхідно піддати комплексному спряженню (блок **Simulink** => **Math operations** => **Math Function**, в якості функції вибрати *conj*).

Спряжені коефіцієнти необхідно помножити на вихідні сигнали АБГШ - каналів, а результати перемноження підсумовувати, реалізувавши цим оптимальне додавання гілок прийому.

Результуюча схема моделі показана на рис. 5.6.

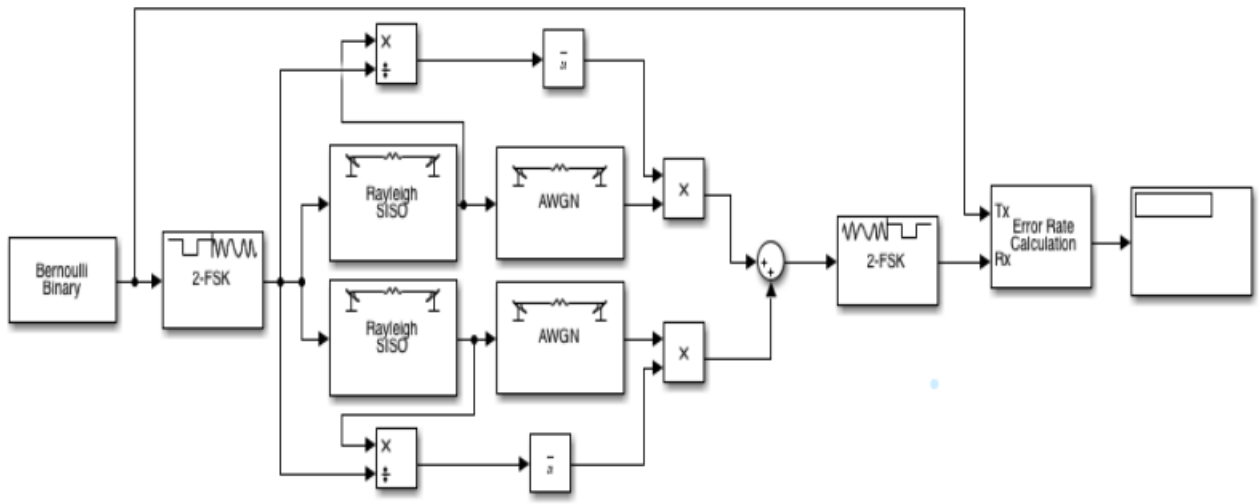


Рис.5.6 Схема з оптимальним додаванням двох гілок

Зніміть криву завадостійкості для цього випадку (діапазон зміни відношення E_b / N_0 – від 0 до 14 дБ з кроком 2 дБ, змінювати цей параметр необхідно синхронно у двох блоках АБГШ - каналу).

На завершення роботи відредагуйте розташування блоків у вікні моделі, щоб зробити її наочнішою. Збережіть модель, надавши їй відповідне ім'я, та перенесіть зображення моделі у створений документ Word, використовуючи команду меню **Edit** => **Copy Current View to Clipboard** => **Metafile** у вікні моделі. Те саме зробіть із збереженою раніше версією моделі, що містить блоки вибору максимально потужної гілки, отримання гістограми та оцінки середньої потужності сигналу.

Зміст звіту

1. Схеми двох створених моделей із короткими коментарями щодо призначення їх блоків.

2. Спільно побудовані графіки перешкодостійкості системи з некогерентною ЧМ-2 (для кожного випадку необхідно на тому ж графіку побудувати і теоретичну криву; параметр q або q_0 у цих формулах відповідає відношенню сигнал/шум на біт E_b / N_0):

– для випадку АБГШ - каналу;

– для випадку релеївського каналу;

– для випадку двох релеївських гілок прийому з вибором максимально потужного сигналу;

– для оптимального додавання двох релеївських гілок прийому.

3. Значення середньої потужності сигналу та гістограма її статистичного розподілу для релеївського каналу.

4. Значення середньої потужності сигналу та гістограма її статистичного розподілу для випадку вибору максимально потужного з двох незалежних гілок.

5. Висновки.