**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОЇ ДЕМОДУЛЯТОРІВ ПРИ ДІЇ ГАУССОВИХ ПЕРЕШКОД**

Мета роботи

Закріпити теоретичні знання і набути навичок з кількісної оцінки та імітаційному моделюванню основних якісних показників демодуляторів.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно:

вивчити основні методи обробки сигналів в демодуляторах;

ознайомитися з описом лабораторної роботи;

підготувати бланк звіту згідно з розділом "Зміст звіту";

підготувати відповіді на контрольні питання.

**Короткі відомості з теорії**

Розглянемо завдання розрізнення двох детермінованих (відомих демодулятору) сигналів  і  на тлі шуму (перешкоди) за критерієм ідеального спостерігача. Критерій ідеального спостерігача застосовується, коли відома апріорна вірогідність *р(S1)* і *р(S2).* Надалі вважаємо *р(S1) = р(S2)* =0.5, що дає найбільшу інформативність джерела сигналів. Згідно з критерієм ідеального спостерігача пороговий рівень встановлюється таким, щоб вірогідність загальної помилки *Рпом* була мінімальною і, відповідно, вірогідність вірного рішення - максимальною. Таким чином, оптимальний характер ідеального спостереження полягає в тому, що він мінімізує вірогідність помилкового рішення.

Нехай прийняте коливання (спостережуваний процес) є сумою

 (1)

де - гауссовий білий шум.

Невідомий параметр  може приймати одно з двох значень =1 (є присутнім сигнал ) і  = 0 (є присутнім сигнал ). По прийнятій реалізації  треба вирішити, яке саме значення має параметр =1 або =0, тобто який з сигналів передавався. Припустимо, що демодулятор приймача приймає рішення, тобто видає оцінку величини . При =1 умовна вірогідність того, що це рішення правильно фіксує прийом сигналу , очевидно, рівна . Вірогідність  ще називають апостеріорною вірогідністю сигналу  (тобто вірогідністю, визначеною після досвіду, що полягає в спостереженні і аналізі сигналу ). Приймемо, що в системі модулятор - демодулятор (модем) забезпечена надійна тактова синхронізація на тактовому інтервалі передачі сигналу тривалістю *Т*, а в каналі зв'язку діє стаціонарний білий шум c односторонньою спектральною щільністю потужності *N0*, і нульовим математичним сподіванням (перешкода типу N[0,*N*0]). Візьмемо на тактовому інтервалі *m* рівновіддалених перерізів через  (виконаємо дискретизацію сигналу (1) з частотою Найквіста рівною 2*F*). Відліки  в цих перерізах для квазібілого (обмеженого смугою частот від 0 до *F*) гаусового шуму незалежні. Тому *m* - вимірна щільність вірогідності для узятих відліків

, (2)

де  - дисперсія (потужність) квазібілого шуму.

При гіпотезі, що передавався сигнал , згідно (1) . Отже, умовна *m* - вимірна щільність вірогідності перерізів *z(t)* визначиться такою ж формулою, як і (2), якщо *z(tk)* замінити різницею , що представляє при цій гіпотезі заваду:

 . (3)

Оптимальний демодулятор приймає рішення про прийом сигналу , якщо значення  буде більше величини . З врахуванням (3) алгоритм рішення на користь сигналу  можна записати у виді

. . (4)

Алгоритм типу (4) має наочне геометричне обгрунтування. Ліва частина нерівності визначає суму віддалень квадратів дискретних відліків завади від відповідних дискрет сигналу , а права частина визначає віддалення тієї ж завади від сигналу  . Усі величини, що входять в (4), на приймальній стороні відомі, що і дозволяє приймачу приймати кількісно обгрунтоване рішення на користь сигналу, для якого дія завади виявилася менше.

Повернемося до початкового завдання для білого шуму. Для цього слід розширювати смугу *F*, тоді число перерізів *m* прагне до нескінченності, а - до нуля. Суми в (4) (умовно доповнені множником ) перетворюються в інтеграли і після розкриття квадрата під інтегралами алгоритм ухвалення рішення (на користь сигналу ) при обробці аналогових сигналів з рівноімовірною передачею прийме вид

, (5)

де, ,  - енергія *i*- го сигналу.

Для бінарного модему нерівність (5) можна представити в простішому виді:

, (6)

де  визначає пороговий рівень вирішального пристрою демодулятора;

- різниця сигналів.

Для визначення завадостійкої приймача алгоритм (5) з підстановкою (1) представимо виразом

 . (7)

У цьому виразі можна виділити випадкові і детерміновані складові

, (8)

де 

Випадкова величина  має нормальний розподіл, як результат лінійної операції над випадковим процесом N[0, *N0*]. Її математичне сподівання

, (9)

а дисперсія



Скориставшись фільтруючою властивістю дельта-функції , отримаємо

 . (10)

Враховуючи (9) і (10) вірогідність не виконання нерівності (7), тобто вірогідність помилки, визначимо вираженням

 (11)

де  - функція Крампа.

У технічній літературі при записі вірогідності помилки часто зустрічається функція  . Функція  табульована і називається додатковою функцією помилок. Застосовуючи цю функцію в (11), отримаємо

 (12)

Найбільш поширеними бінарними модемами з гармонійними сигналами є системи з амплітудною (АМ), фазовою (ФМ) і частотною (ЧМ) маніпуляцією. Алгоритм роботи демодулятора у будь-якій з цих систем визначається з виразу (8), але значення порогу  різне. Міняється і завадостійкість модему, знайдена з (11), при підстановці відповідного .

Як приклад розглянемо бінарну систему з АМ, коли сигнал , а . Усі записані тут параметри сигналів : *А* - амплітуда, - частота і - фаза вважаються відомими демодулятору. При цих сигналах , ,  і вирішальне правило (6) запишеться у виді

 . (13)

Структурна схема демодулятора сигналів з АМ, складена по (13), приведена на рис. 1.

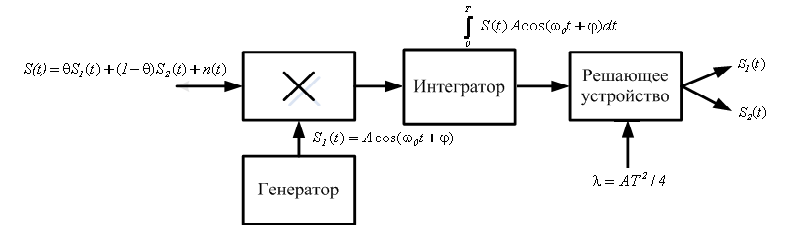


Рис. 1 Структура демодулятора сигналів з АМ

Вірогідність помилки такого демодулятора згідно (12) визначається з виразу

 (14)

де - перевищення енергії сигналу над (двосторонньою  ) спектральною щільністю потужності шуму.

По формулі (14) можна розрахувати та побудувати графік залежності  від перевищення сигналу над шумом  (рис. 2). На такому графіку по вісі абсцис відкладена величина , представлена в дБ ( [дБ]=10 lg () ).

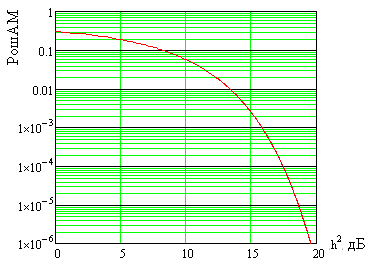


Рис. 2 Завадостійкість системи з АМ

При бінарній системі типу ФМ найбільш завадостійкими є протилежні по фазі сигнали:

 і . (15)

Алгоритм роботи демодулятора зводиться при цьому до наступного:

 (16)

і реалізується схемою, приведеною на рис. 1, при значенні параметра .

Оптимальний демодулятор сигналів з ЧМ приймає рішення на користь сигналу  при виконанні нерівності

 . (17)

Структурна схема такого демодулятора включає два каскади, кожен з яких реалізує відповідну частину нерівності (17).

Структурна схема демодулятора, що відпрацьовує оптимальний алгоритм його роботи, дозволяє побудувати блок-схему програми для імітаційного моделювання. Програму імітаційної моделі можна записати із застосуванням будь-якої алгоритмічної мови програмування. Обробку результатів моделювання у вигляді графічних залежностей можна виконати користуючись програмою на Mathcad або MatLab.

**Порядок виконання роботи**

1. Дослідити завадостійкість системи зв'язку при передачі інформації сигналами з АМ, ФМ і ЧМ:

1.1. Побудувати графік потенційної завадостійкої модемів ЧМ і ФМ;

1.2. Зробити висновок, при якому методі передачі інформації і за рахунок чого досягається виграш в завадостійкості;

1.3. Побудувати блок-схему програми імітаційного моделювання демодулятора сигналів з АМ, ФМ і ЧМ;

1.4. Створити і відлагодити програму імітаційної моделі демодуляторів сигналів з АМ, ФМ і ЧМ;

1.5. На імітаційній моделі демодуляторів сигналів з АМ, ФМ і ЧМ провести моделювання, результати завадостійкої демодуляторів представити графічно;

1.6. Оцінити довірчі інтервали результатів моделювання для системи з АМ.

2. Оформити звіт з результатами виконання пункту 1 завдання по роботі.

Література

1. Тихонов В.И. Оптимальний прийом сигналів. - М.: Радіо і зв'язок, 1963. - 319 с.

2. Зюко А.Г. Теорія електричного зв'язку : підручник для внз / / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, В.М. Назаров //-М.: Радио и связь, 1999. - 431 с.

**Контрольні питання**

1. При якому виді модуляції досягається максимальна завадостійкість системи зв'язку?

2. Як зміниться вірогідність помилки при переході від когерентного методу обробки до не когерентного.

3. Чи зміниться вірогідність помилки при когерентному методі обробки при переході від фазоманипульованих сигналів до сигналів з ЧМ?

