

**Лабораторна робота №1**  
**ЛІНІЙНА ЦИФРОВА МОДУЛЯЦІЯ**

Студента 3-го курсу

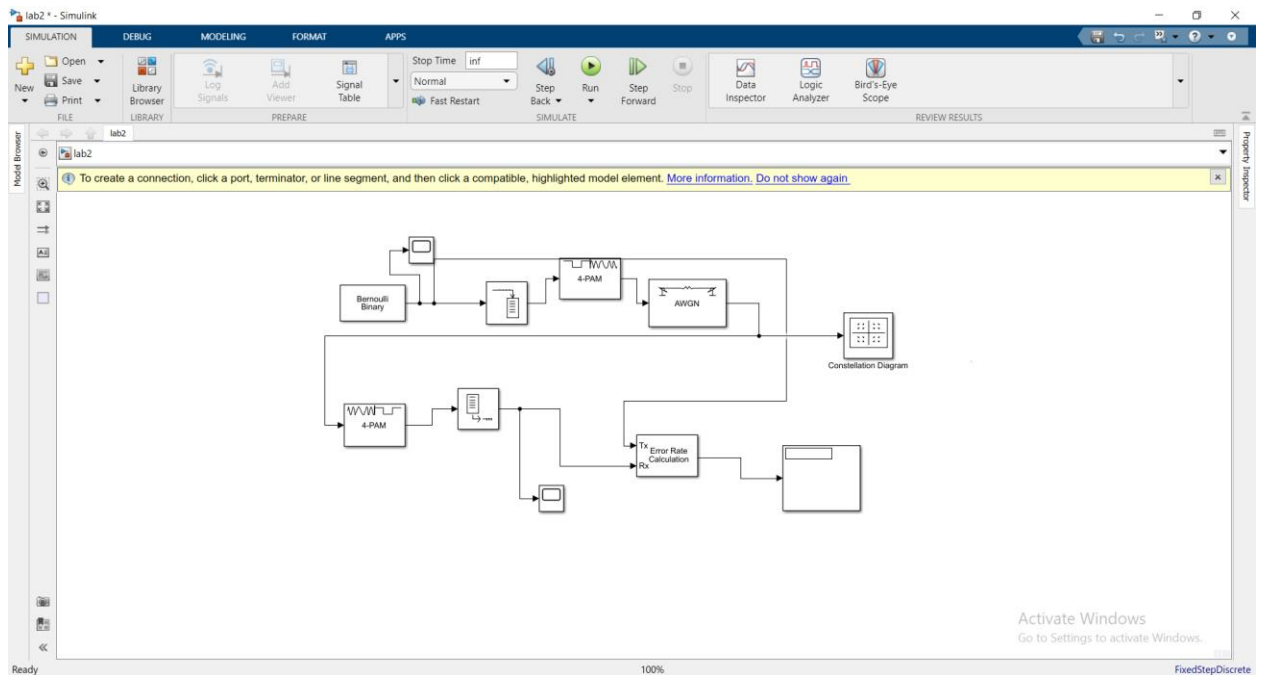
НФНЕ

Думіка Андрія

**Мета роботи:** Ознайомитись з методами цифрової маніпуляції та методами кодування сигналів. Дослідити вплив форми сузір'я (виду цифрової маніпуляції) на завадостійкість системи зв'язку. Вивчити вплив типу розкладу бітових послідовностей по вершинах сузір'я.

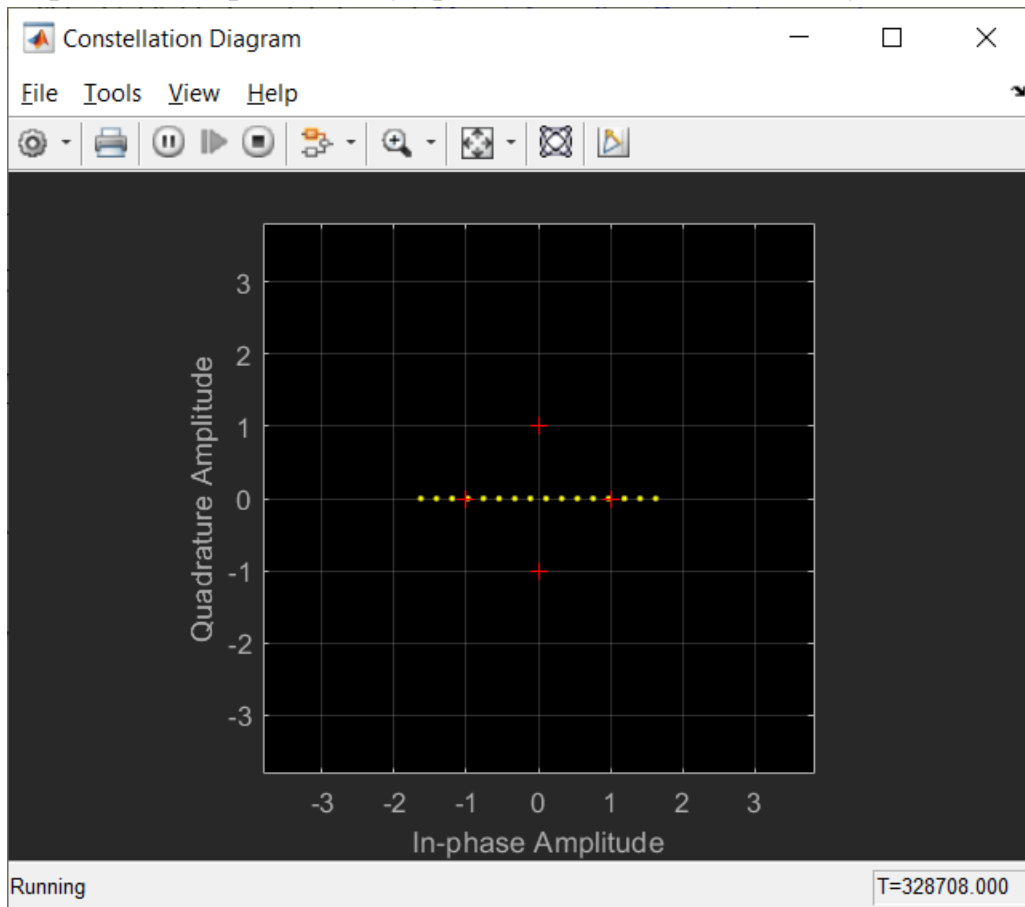
### Хід роботи

#### 1. Побудовано запропоновану в методичці схему дослідження амплітудної модуляції

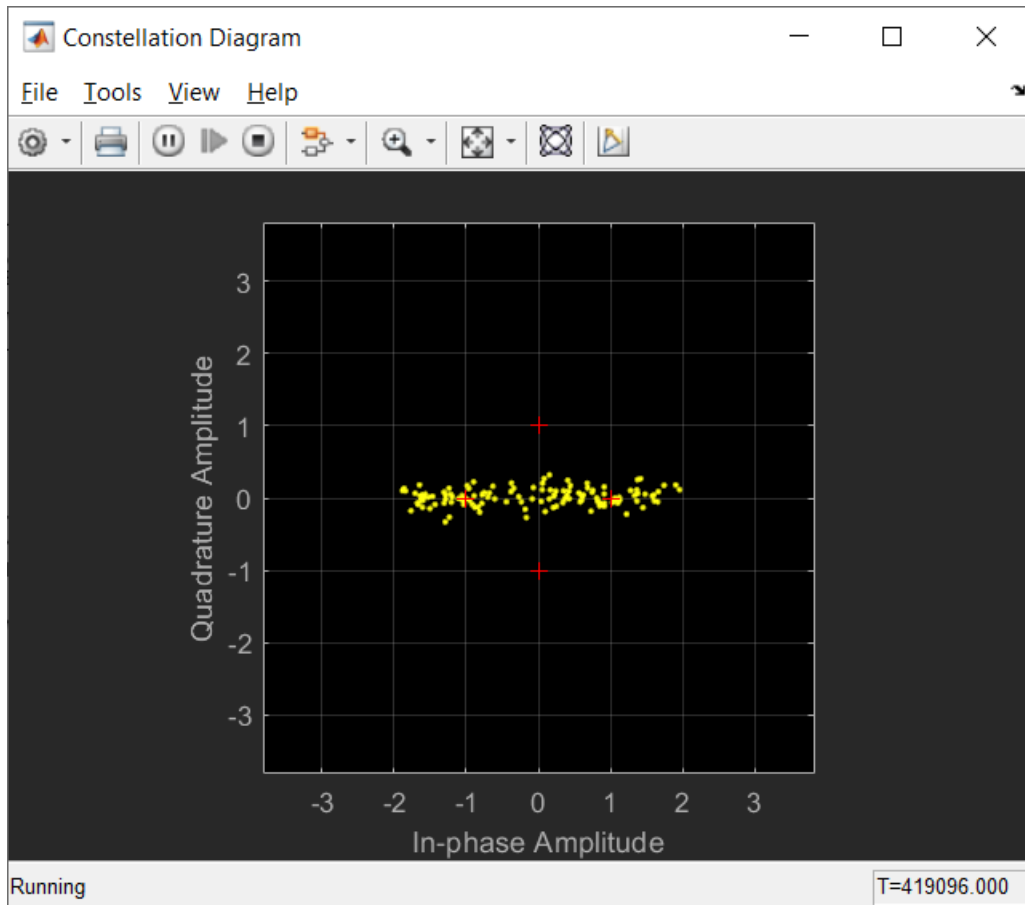


Всі блоки налаштовані так, щоб при відношенні сигнал/шум в каналі рівний нескінченності ймовірність похибки була рівна 0

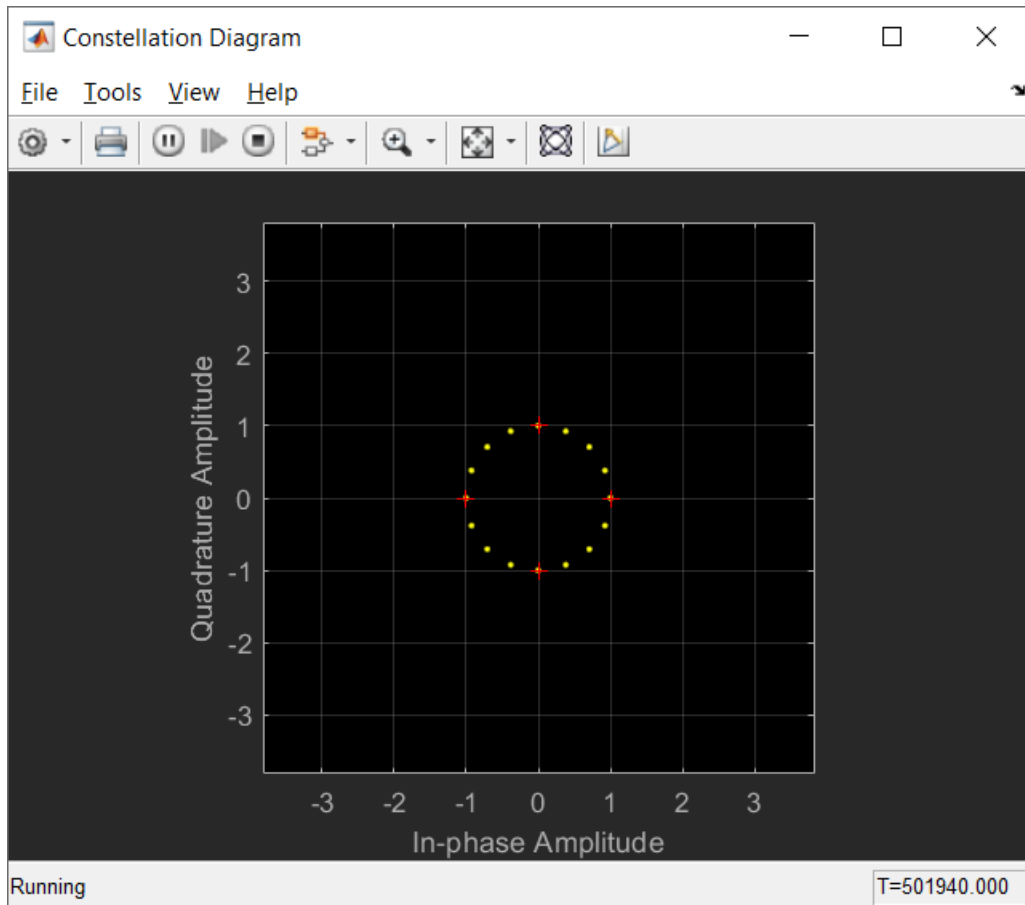
## 2. Отримано зображення сузір'я для ідеального випадку



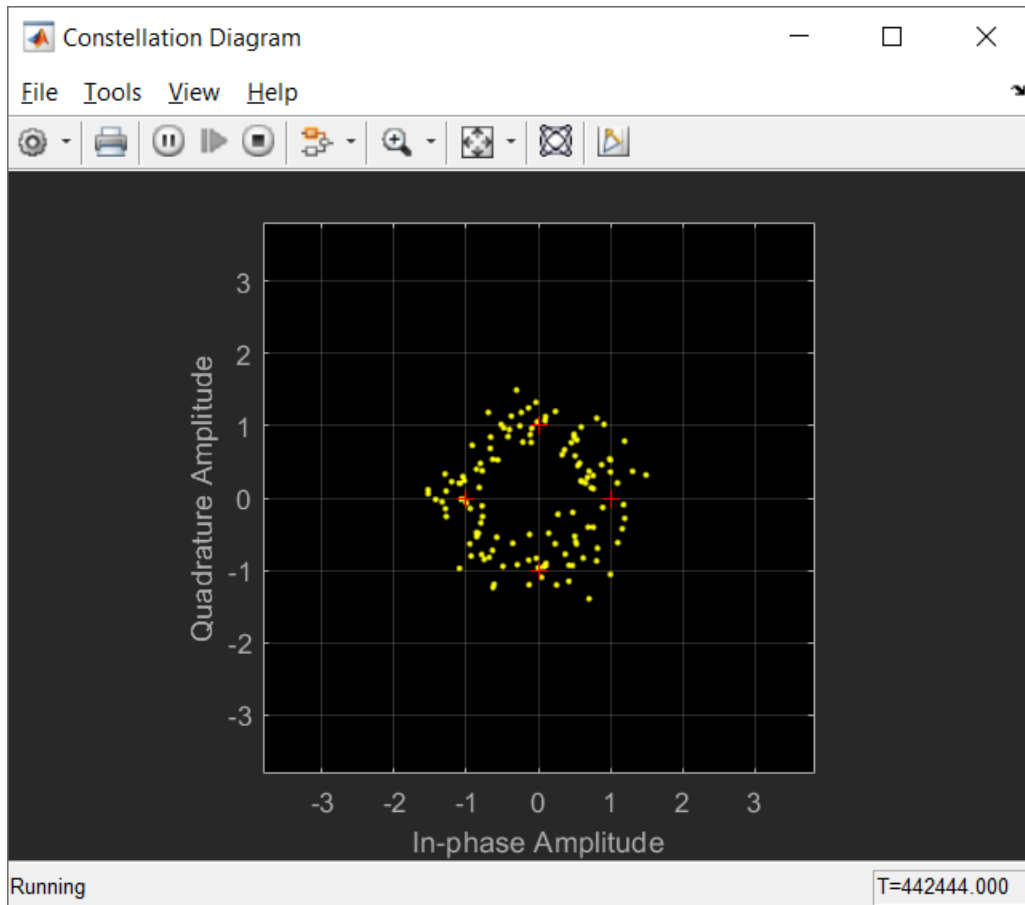
3. Знято залежність ймовірності похибки від рівня шуму в каналі . Також наведена картинка сузір'я (15 dB) для порівняння з ідеальним випадком



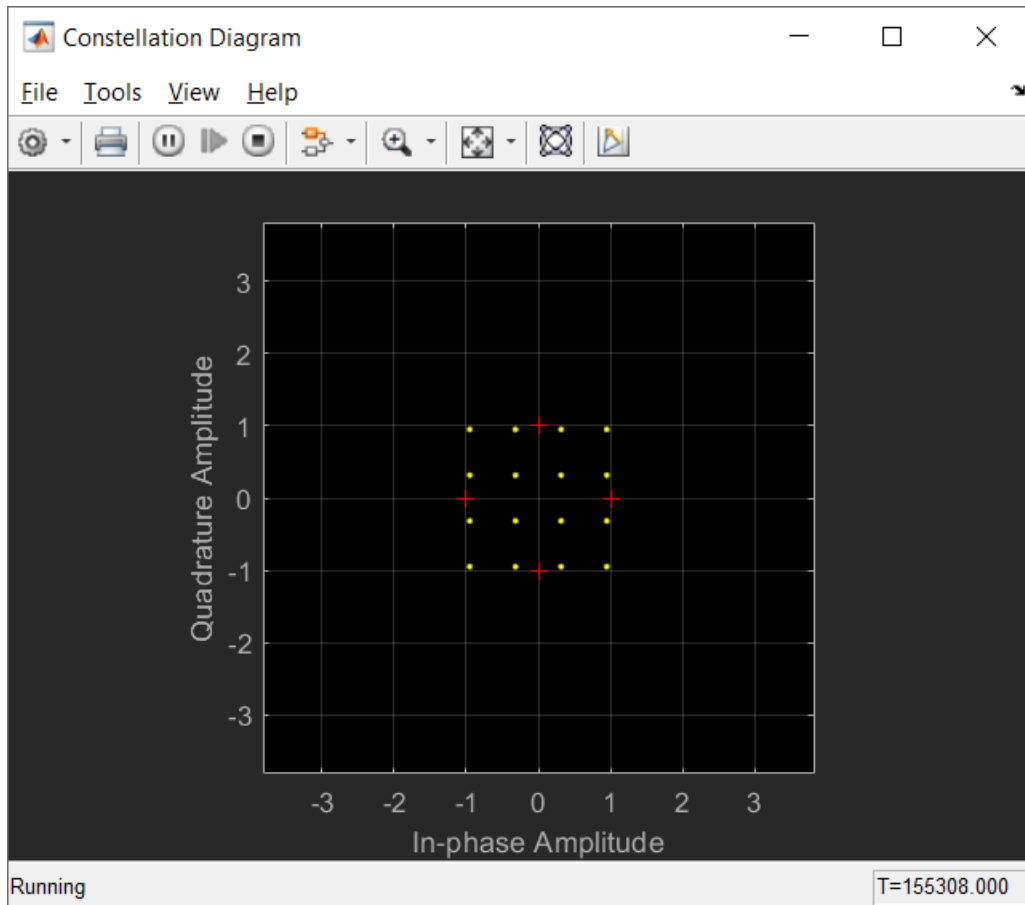
4. Зібрана аналогічна схема для фазової модуляції. Отримано сузір'я для ідеального випадку



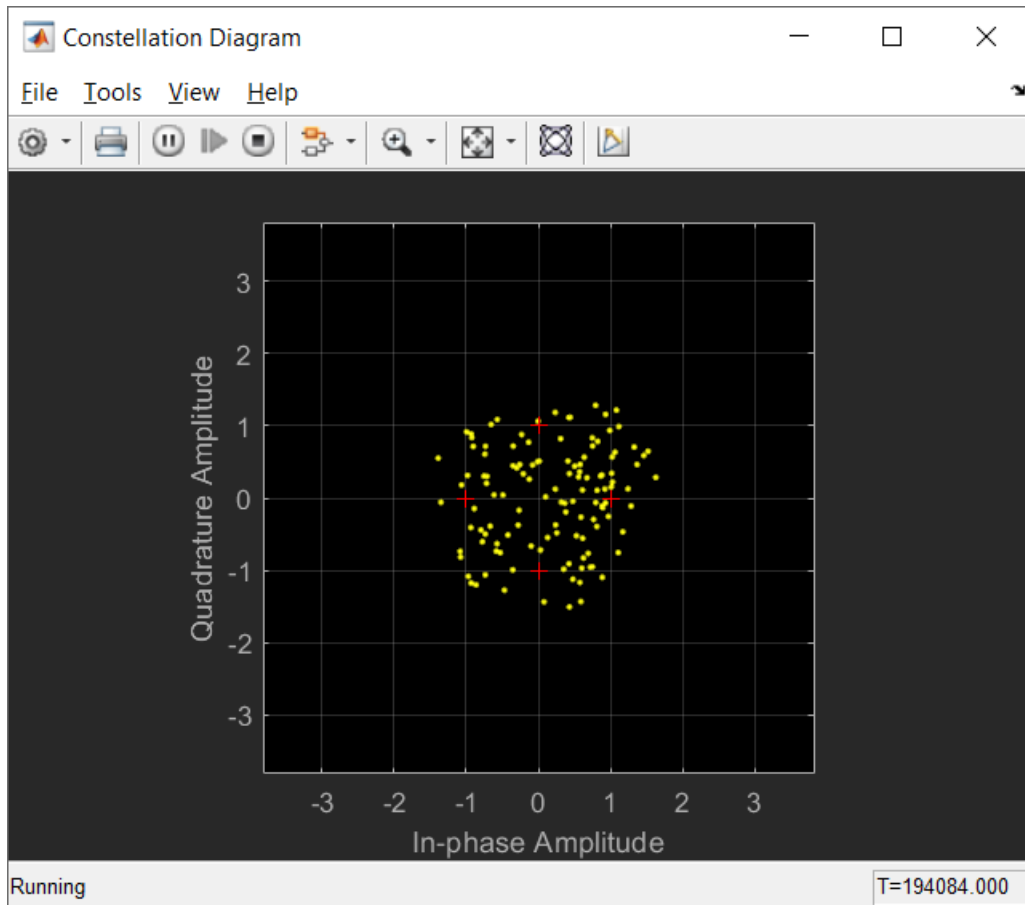
5. Знято залежність ймовірності похибки від рівня шуму в каналі. Також наведена картинка сузір'я (10 dB) для порівняння з ідеальним випадком



6. Зібрана аналогічна схема для квадратурної модуляції. Отримано сузір'я для ідеального випадку

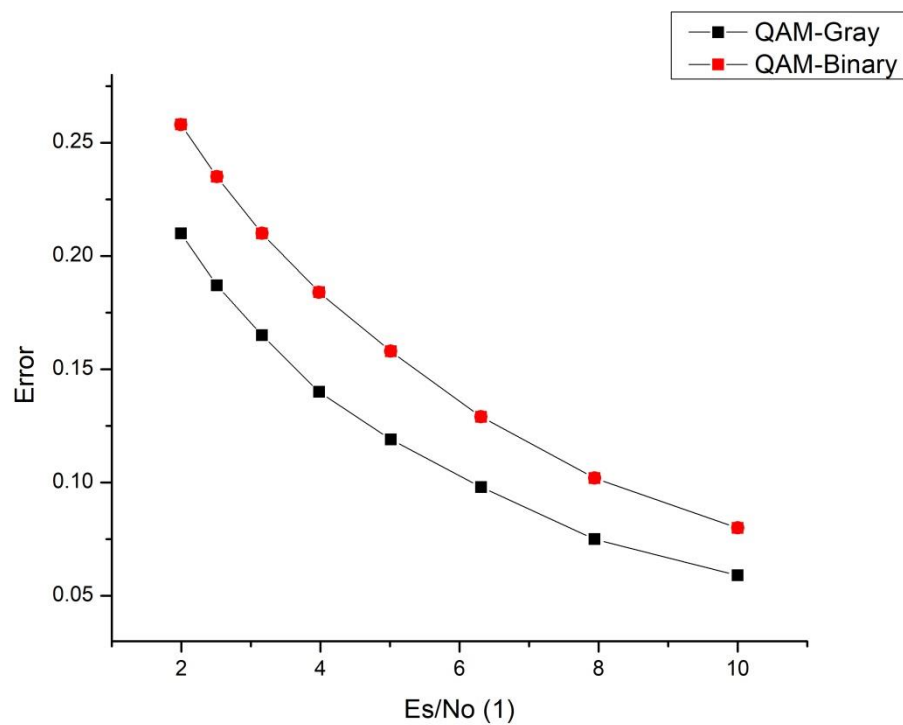


7. Знято залежність ймовірності похибки від рівня шуму в каналі. Також наведена картинка сузір'я (8 dB) для порівняння з ідеальним випадком

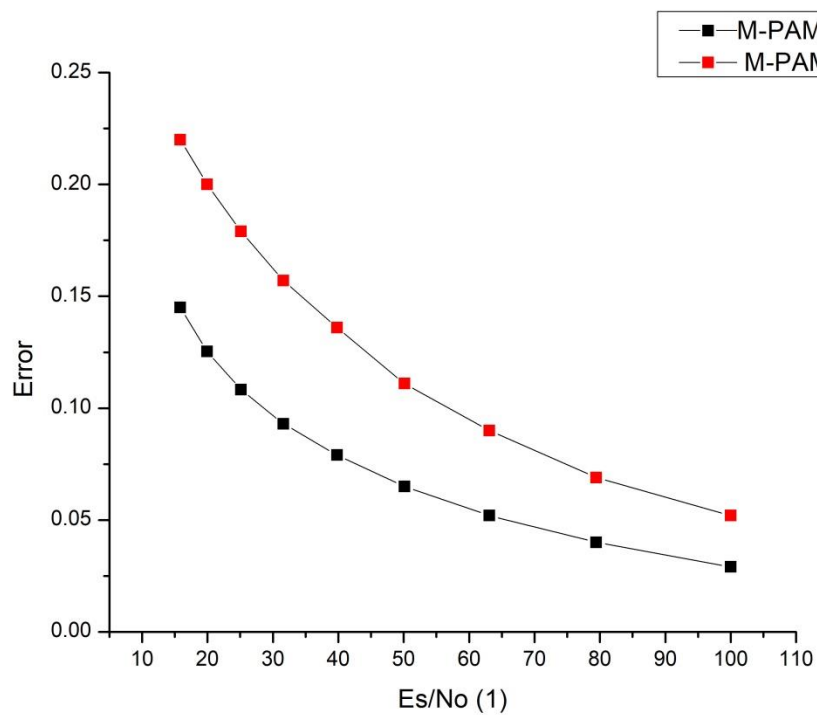


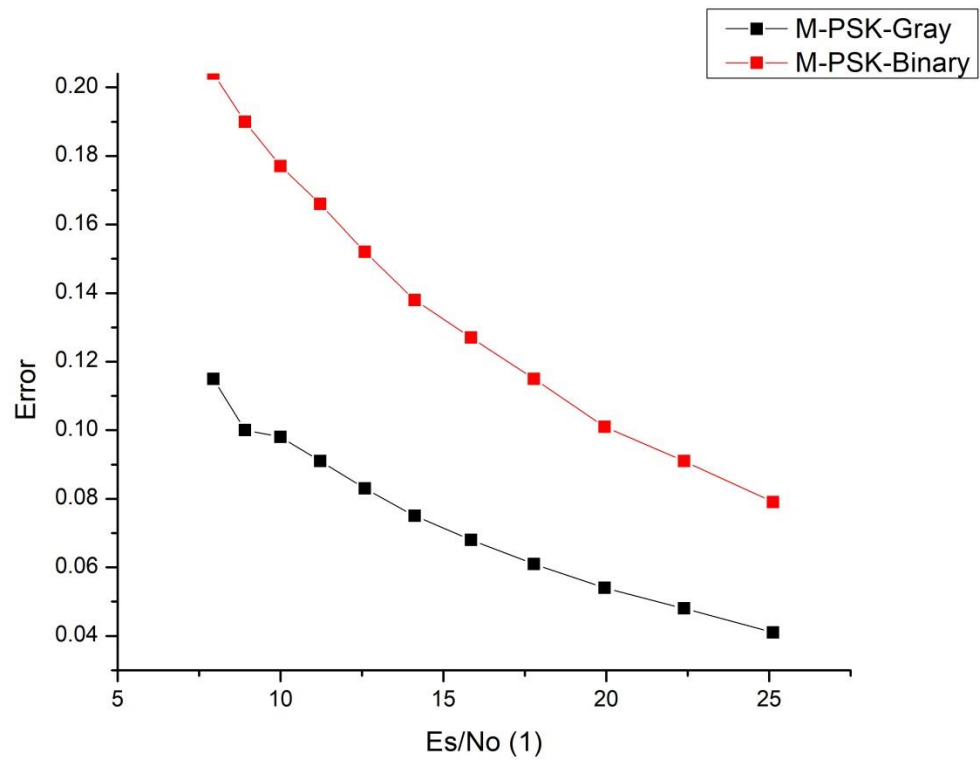


8. Змінено спосіб розкладу бітових комбінацій по точках сузір'я на бінарний



9. Побудовано аналогічні графіки для амплітудної та фазової модуляцій





10. Користуючись формулою для визначення помилки для квадратурної модуляції побудована теоретична крива

$$\boxed{P(e) \approx \frac{2\eta_d}{M} Q\left(\sqrt{\frac{d^2}{2\eta_d}}\right)}$$

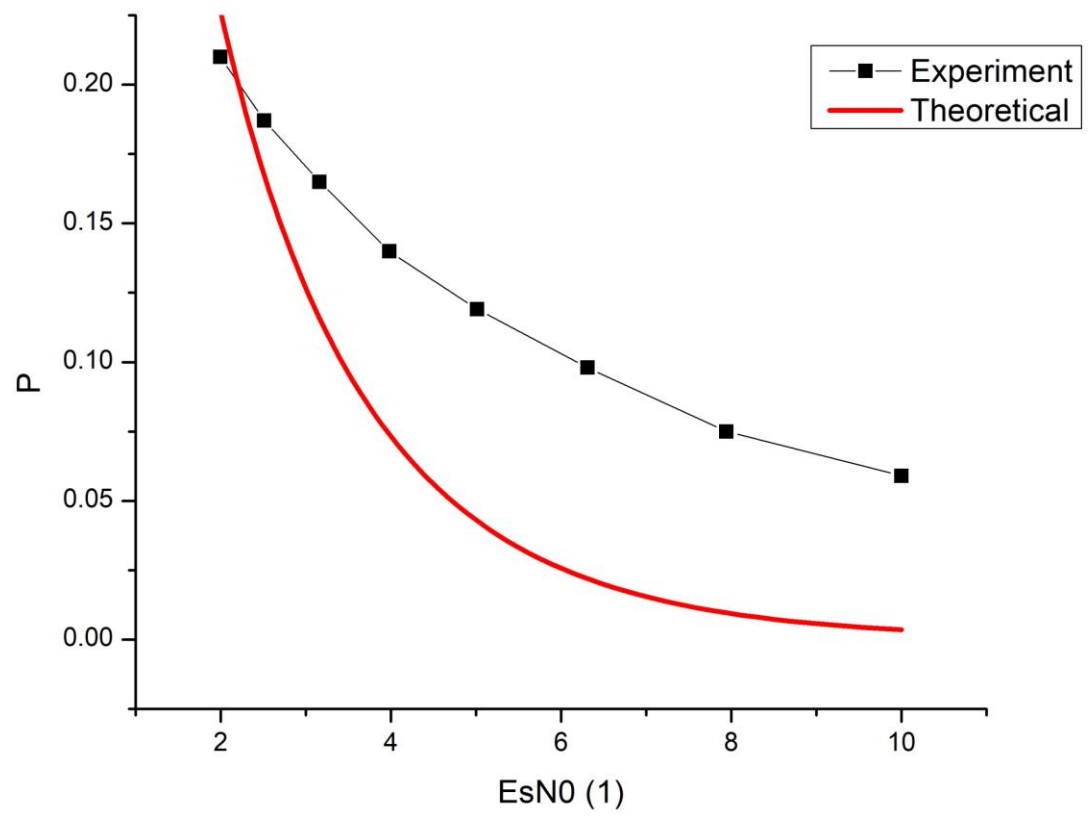
Среднее энергетическое сигнала:

$$M\text{-ASK: } \overline{E_s} = \frac{d^2(M^2-1)}{12}$$

$$M\text{-PSK: } \overline{E_s} = \frac{d^2}{4\sin^2(\frac{\pi}{M})}$$

$$M\text{-QAM: } \overline{E_s} = \frac{d^2(M-1)}{6}$$

( справедливо для "квадратного" созвездия,  
 $M=4, 16, 64, 256, 1024, \dots$  )



## Висновки

В даній лабораторній роботі було досліджено різні типи цифрової модуляції, а саме: амплітудна, фазова та квадратурна. Порівнюючи ймовірність виникнення помилки детектування бачимо, що амплітудна модуляція є найменш надійною (ймовірність похибки 0.15-0.03 при відношенні сигнал/шум 12-20дБ), більш надійною є фазова (ймовірність похибки 0.12-0.04 при 9-14дБ) і найбільш надійною є квадратурна модуляція (ймовірність похибки 0.21 – 0.06 при 3-10дБ). Такий самий висновок можна зробити аналізуючи теоретичні криві  $P(\text{err}) = f(E_s/N_0)$ . Також було порівняно якість кодуванням кодом Грея та бінарним. Як і очікувалося, ймовірність помилка при кодуванні Грея є меншою, адже в ній сусідні два значення відрізняються лише одним розрядом.