

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### Статистичний аналіз систем управління у програмі схемотехнічного моделювання MicroCAP

**Мета роботи** - придбання практичних навичок по статичному аналізу електронних схем за методом Монте-Карло.

#### Хід роботи

1. Початкові дані згідно варіанту:

Табл. 6.1

Варіант	Тип фільтру	Порядок фільтру	Частота зрізу, кГц
9	ПФ	1	60,80

Статистичний аналіз застосуємо до найбільш наочного і важливого методу статистичного аналізу стосовно до режиму АС.

Виконання статистичного аналізу розглянемо на прикладі схеми полосового фільтра (рис. 6.1), для якого задана розбіжність опорів резисторів і ємностей конденсаторів у межах +/- 10-15%.

Розподіл параметрів виконуємо за допомогою ключових слів LOT та DEV. Ця розбіжність задається у вікні текстового опису схеми фільтра наступним чином, наприклад: .MODEL RES1 RES (R=1.0 LOT=10% DEV=15%), .MODEL CAP1 CAP (C=1.0 LOT=10% DEV=15%)

					ММАТ.420 009.047-ЗЛ6	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		1

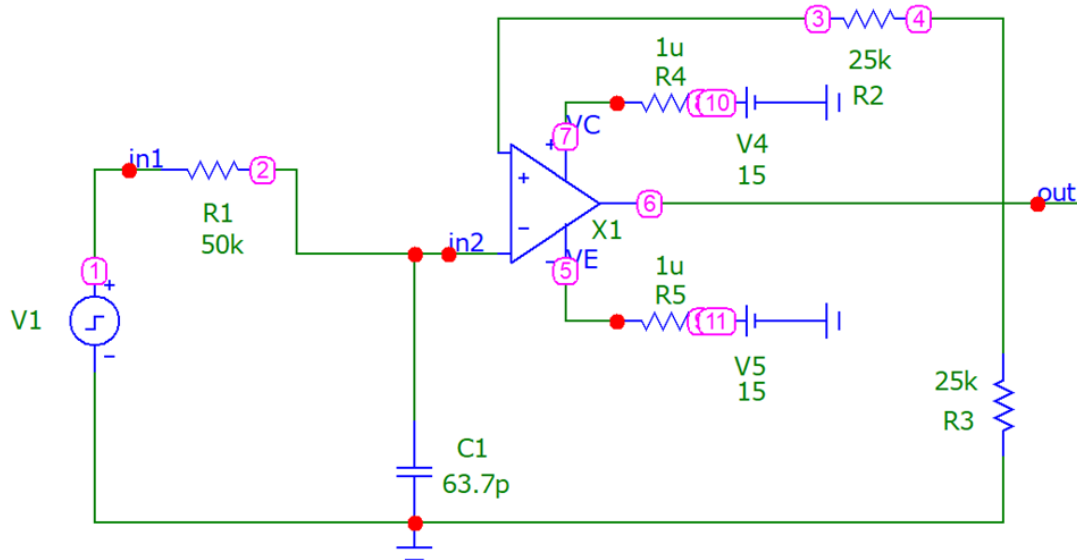


Рис. 6.1. Досліджувана схема ПФ

2. Проведемо АС аналіз уведеної схеми й переконаємося в нормальній роботі режиму АС. Організуємо вивід на екран двох найбільш показових залежностей (рис. 6.2).

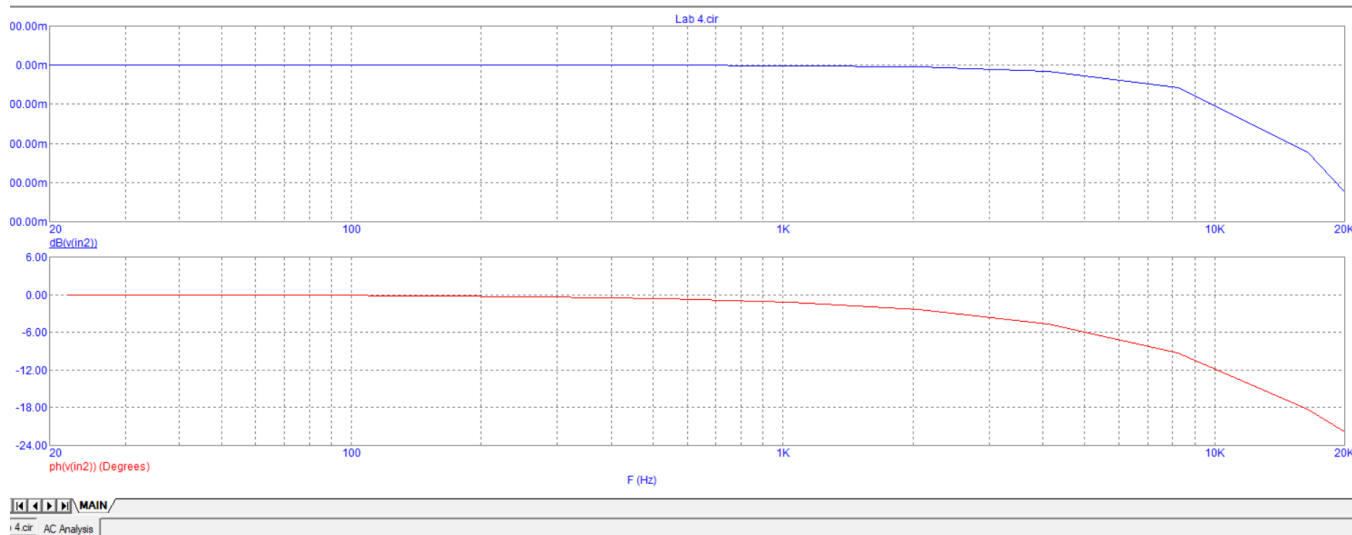


Рис. 6.2. АС аналіз схеми з розподілом LOT та DEV

					ММАТ.420 009.047-ЗЛ6	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		2

3. У діалоговому вікні Monte Carlo Options (рис. 6.3), вказуємо кількість статистичних випробувань **Number of Runs** (н-д, 150) і характер закону розподілу випадкових параметрів.

На рядку **Report When** вказуємо ім'я функції, яке може бути обране в списку доступних функцій (рис. 6.3), що відкриваються натисканням на клавішу **Function** (н-д, функція Average).

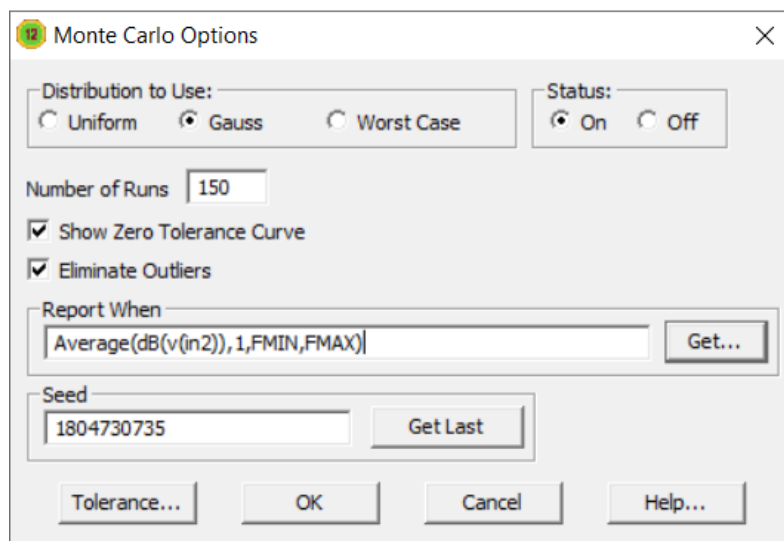


Рис. 6.3. Параметри Monte Carlo Options

4. Знову проведемо АС аналіз за допомогою трьох законів розподілу випадкових параметрів (рис. 6.4, рис. 6.5 та рис.6.6):

- Uniform — рівномірний розподіл;
- Gauss — розподіл Гауса;
- Worst Case — найгірший випадок.

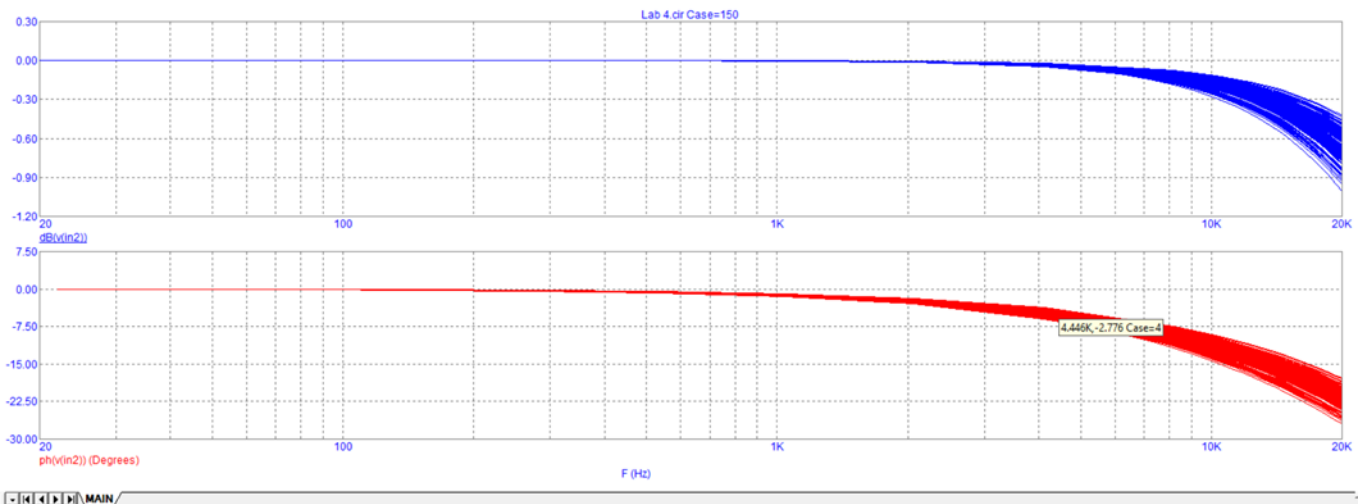


Рис. 6.4. АС аналіз схеми з розподілом Гауса

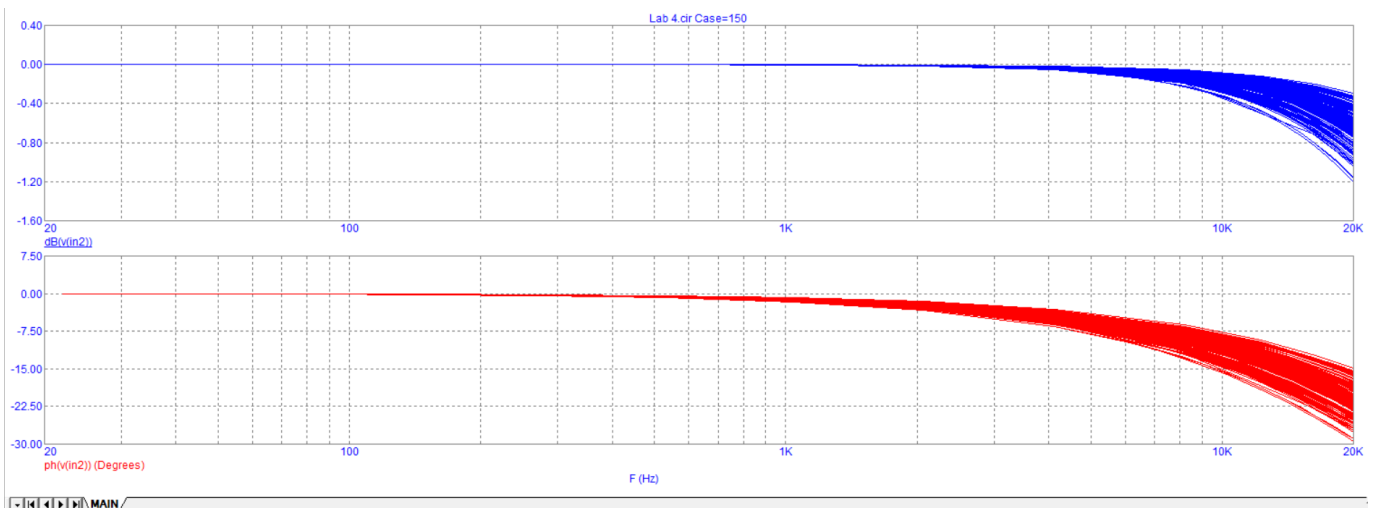


Рис. 6.5. АС аналіз схеми з розподілом Uniform

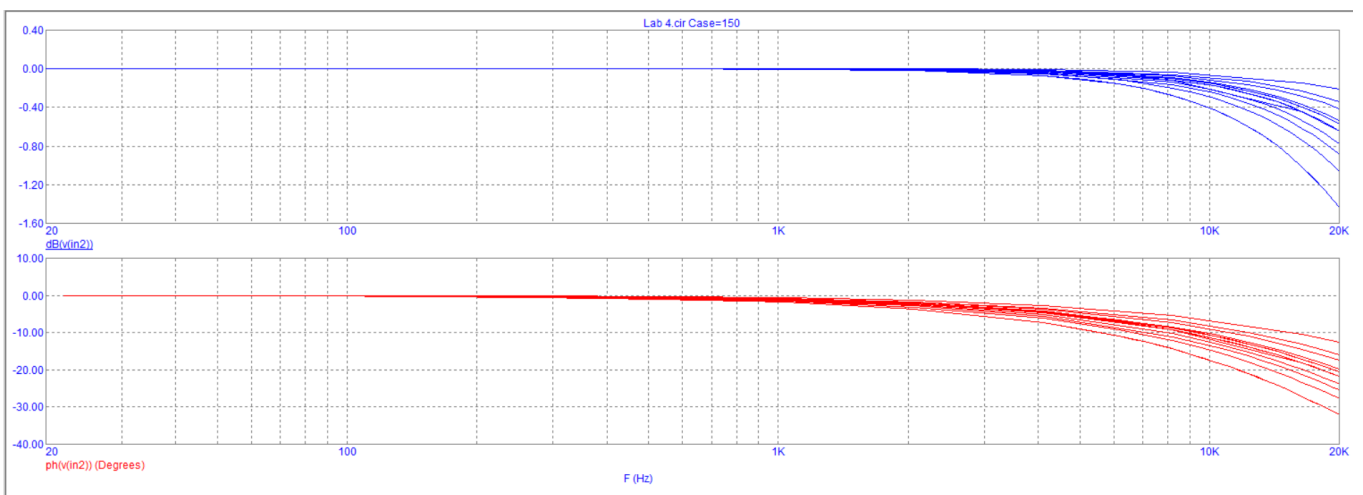


Рис. 6.6. АС аналіз схеми з розподілом Worst Case

					ММАТ.420 009.047-ЗЛ6	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

Згідно розподілу Гауса (рис.6.4) генерується значення з плавно спадаючою щільністю вірогідності від центрального (номінального) значення до меж діапазона.

Рівномірний розподіл Uniform (рис.6.5) показує однакову вірогідність прийняття випадкової величини будь-якого значення всередині діапазону, визначеного парметрами моделі – величиною допуску LOT, DEV.

Розподіл Worst Case (рис.6.6) відповідає вірній вірогідності прийняття випадковим відхиленням мінімально можливого і максимально можливого значення.

5. Реалізації хар-к ланцюга  $y(x)$  виводяться на екран дисплея у вигляді сімейства графіків. Статистична обробка результатів моделювання відбувається по команді Monte Carlo>Add Histograms. Її результати представляються у вигляді гістограми, зразковий вид якої показаний на рис.6.7, рис.6.8.

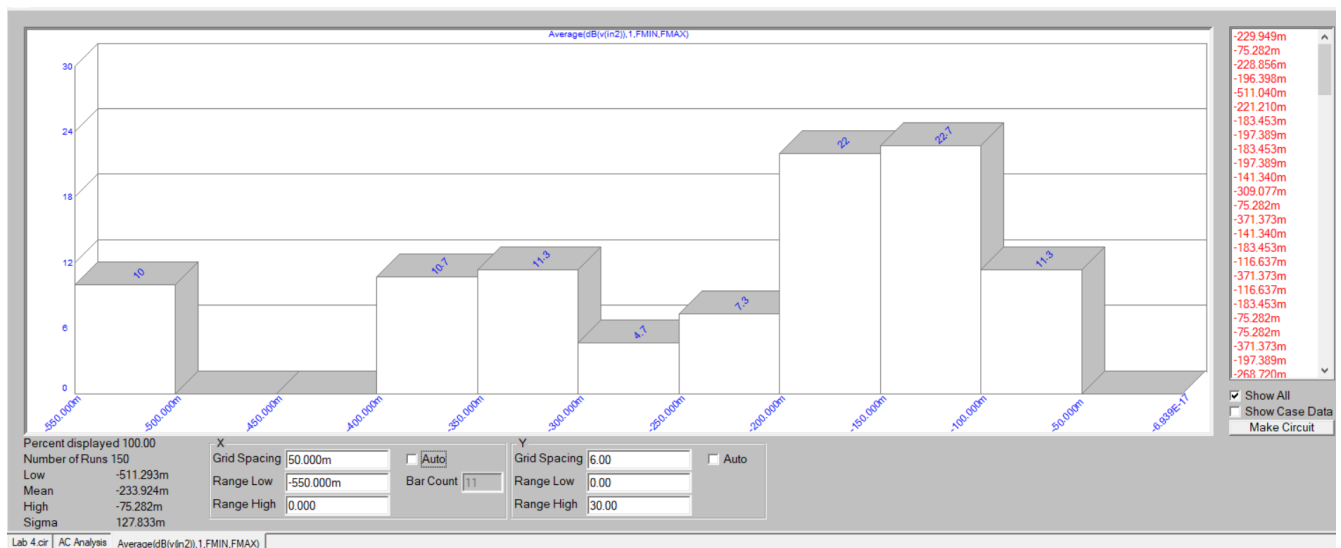


Рис. 6.7. Вікно побудови гістограм Average

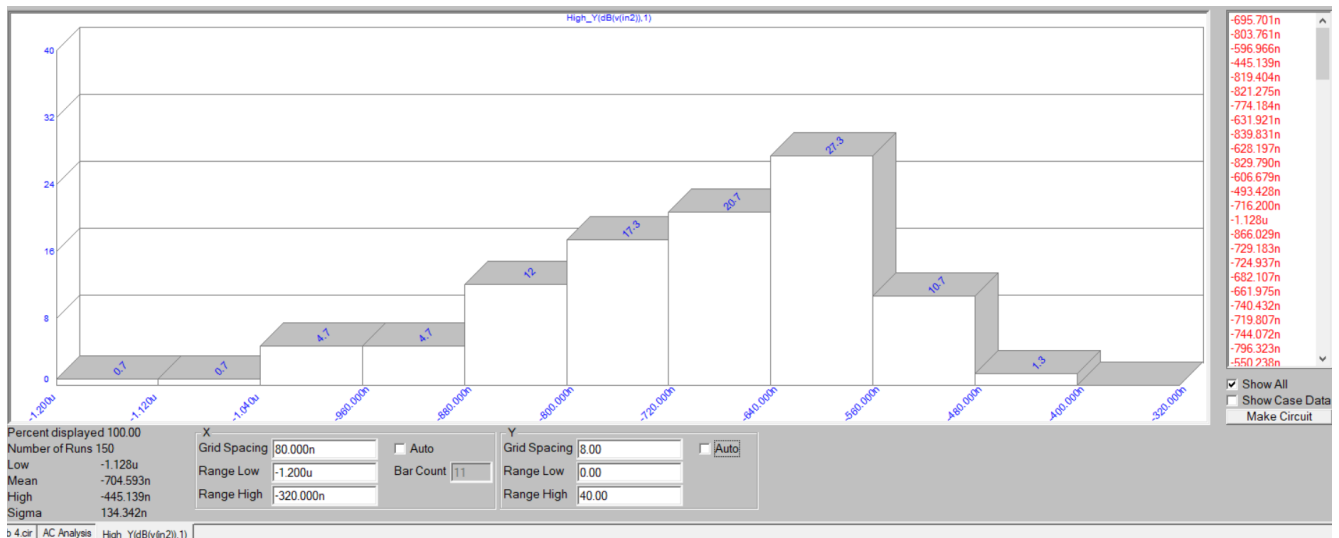


Рис. 6.8. Вікно побудови гістограм High Y

У вікні завдання параметрів Properties (зкладка Plot), рис. 6.9, в рядку Function указується ім'я аналізованої функції F (н-д, Average, High), а в рядку Title - ім'я характеристики ланцюга.

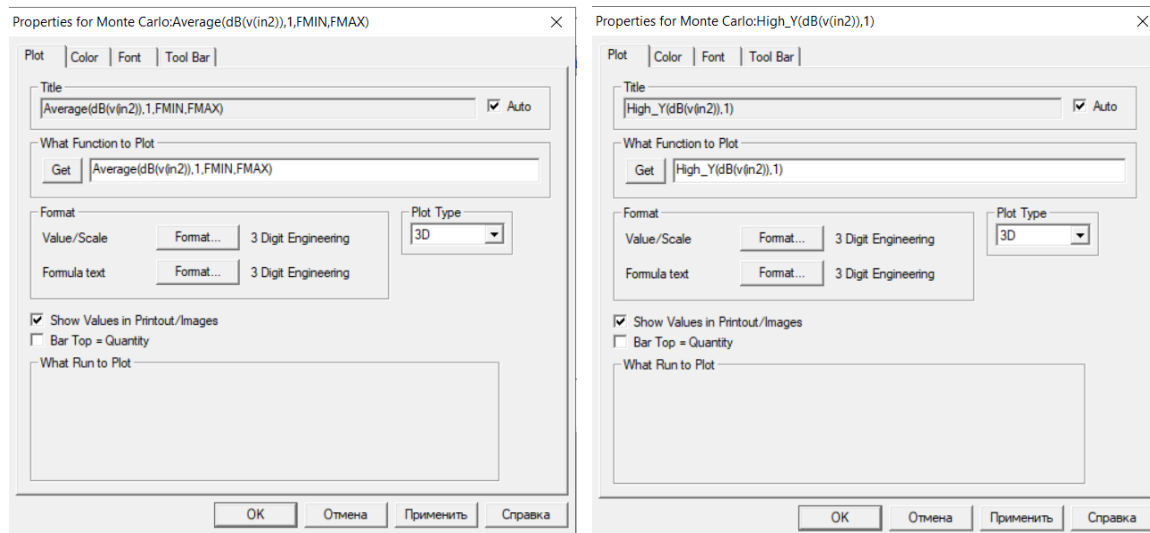


Рис. 6.9. Параметри заданих функцій Average, High Y

На графіку гістограми по горизонтальній осі відкладаються значення характеристики F, по вертикалі - імовірності у відсотках. Значення характеристики F у всіх реалізаціях виведені у вікні в правій частині екрана. Нижче його наведене вікно, у якому можна задати кількість інтервалів розбивки області визначення аналізованої характеристики F (intervals) і значення її границь (Low, High).

6. Повторимо гістограму для меншого діапазону по осі X (рис. 6.9.1), для функції гістограми Low Y (рис. 6.9.2) та для іншої залежності, наприклад,  $(ph(v(in2)))$  – рис.6.9.3.

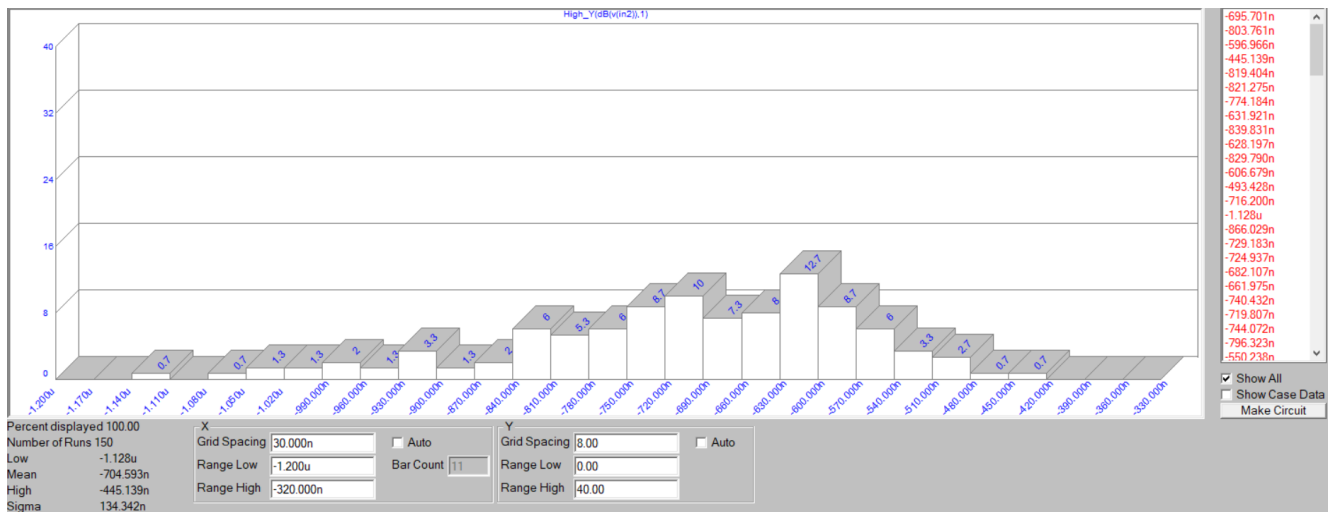


Рис. 6.9.1. Параметри функції High Y для меншого діапазону по осі X

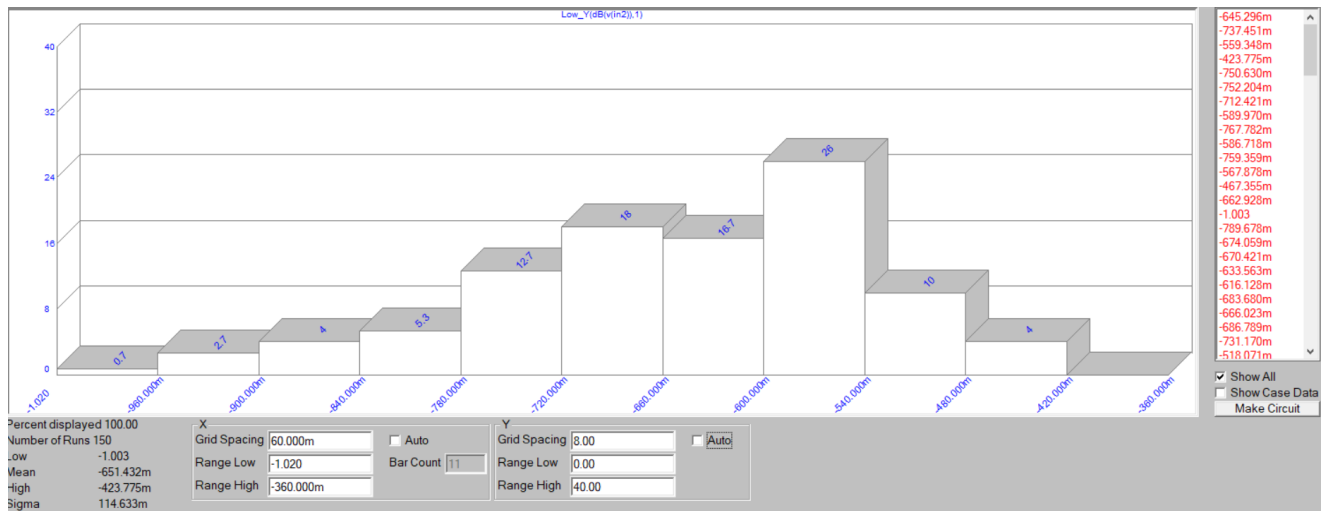


Рис. 6.9.2. Параметри функції Low Y

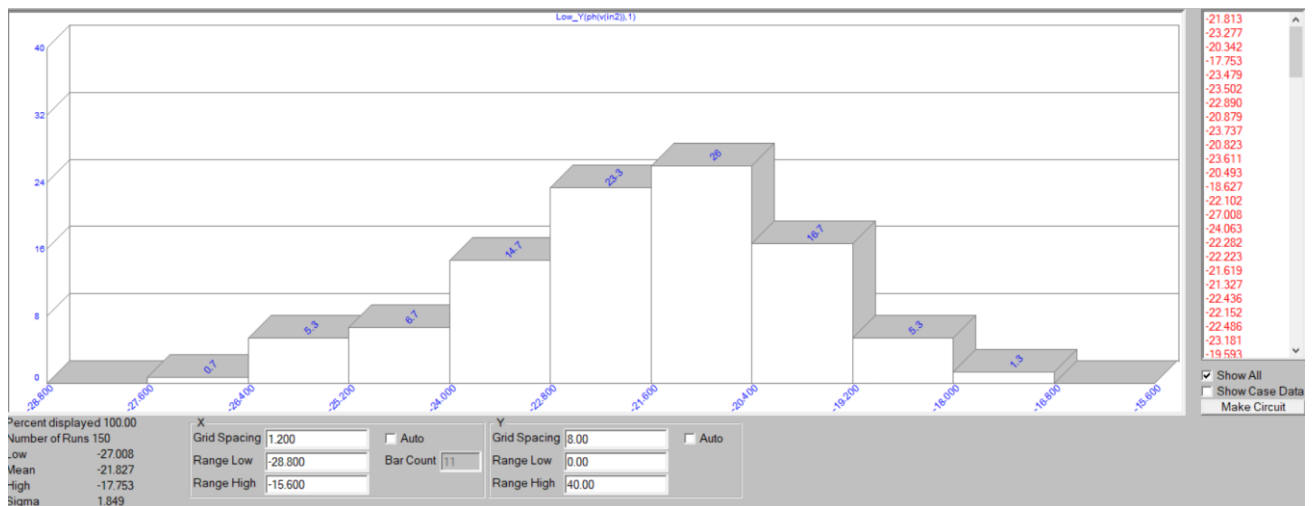


Рис. 6.9.3. Параметри функції Low Y для залежності ph

Ці графіки наглядно показують діапазон та вірогідність (в %) попадання функцій в інтервал від загальної кількості варіантів аналізу у вигляді стовпчикових діаграм.



7. Результати статистичної обробки заносяться також у текстовий файл після вибору підкоманди Monte Carlo > Histograms/Statistics. Текстова інформація розміщується у файлах, що мають те ж ім'я, що й ім'я схеми, і розширення імені АМС, ДМС, ТМС залежно від виду аналізу. У них містяться результати статистичної обробки, як показано на рис.6.9.4.

```

Micro-Cap 12.2.0.5 (64 bit)

Monte Carlo AC Analysis of Lab 4
28.12.2022 17:56:50
150 Runs

Summary

High_Y(dB(v(in2)),1)
Low=-1.128u Mean=-704.593n High=-445.139n Standard Deviation=134.342n

Individual run statistics

1 -695.701n Case=1
2 -803.761n Case=2
3 -596.966n Case=3
4 -445.139n Case=4
5 -819.404n Case=5
6 -821.275n Case=6
7 -774.184n Case=7
8 -631.921n Case=8
9 -839.831n Case=9
10 -628.197n Case=10
11 -829.790n Case=11
12 -606.679n Case=12
13 -493.428n Case=13
14 -716.200n Case=14
15 -1.128u Case=15
16 -866.029n Case=16
17 -729.183n Case=17
18 -724.937n Case=18
19 -682.107n Case=19

```

Рис. 6.9.4. Вивід результатів статистичної обробки в текстовому виді

					ММАТ.420 009.047-ЗЛ6	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

## Висновок.

У даній лабораторній роботі було проведено дослідження та придбання практичних навичок по статичному аналізу електронних схем за методом Монте-Карло в програмному середовищі Micro Cap 12.

Проведено статистичний аналіз на прикладі полосового фільтру найбільш наочним методом статистичного аналізу стосовно до режиму АС за допомогою трьох законів розподілу випадкових параметрів. Також реалізовано режим побудови гістограм.

Гістограми розподілу по інтервалам найважливіших характеристик схеми (значень функцій Perfomance) допомагають передбачити вихід придатних електронних схем при масовому виробництві.

					ММАТ.420 009.047-3Л6	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10