

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА З ЕЛЕКТРОНІКИ №1

Виконали:

студент 2 курсу 5-А групи спеціальності  
104 «Фізика та астрономія»  
Свінтозельський Володимир  
Ярославович

студентка 2 курсу 5-А групи  
спеціальності  
104 «Фізика та астрономія»  
Бучинська Марія Євгенівна

студентка 2 курсу 5-А групи  
спеціальності  
104 «Фізика та астрономія»  
Топчій Поліна Євгенівна

Науковий керівник:

викладач  
Єрмоленко Руслан Вікторович

## РОЛІ АВТОРІВ

У цій лабораторній роботі брали участь такі студенти:

- Свінтозельський Володимир Ярославович
  - приборкування осцилографа
  - побудова фігур Ліссажу
  - аналіз даних імпедансметра та осцилографа
  - оформлення та верстка звіту
  - пошук та воскресіння павших генераторів для роботи на благо науки
- Бучинська Марія Євгенівна
  - оформлення та верстка звіту
  - приборкування осцилографа та імпедансметра
  - розшифровка даних імпедансметра
  - побудова фігур Ліссажу
- Топчій Поліна Євгенівна
  - оформлення звіту
  - приборкування імпедансметра
  - розшифровка даних імпедансметра
  - теоретичне обґрунтування отриманих даних

## ЗМІСТ

<b>Ролі авторів .....</b>	<b>2</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>4</b>
<b>Розділ 1 Отримання різноманітних картин на екрані осцило- графа .....</b>	<b>5</b>
1.1 Одноканальний режим роботи осцилографа.....	5
1.2 Двоканальний режим роботи осцилографа. Побудова фігур Ліс- сажу.....	5
<b>Розділ 2 Вимірювання імпедансу за допомогою НР4192а .....</b>	<b>9</b>
2.1 Вимірювання активного та реактивного опору резистора.....	9
2.2 Вимірювання активного та реактивного опору конденсатора .....	9
2.3 Вимірювання активного та реактивного опору котушки.....	11
<b>Висновки .....</b>	<b>13</b>
<b>Бібліографія .....</b>	<b>14</b>

## ВСТУП

У першій частині даної роботи нам було запропоновано познайомитися із роботою осцилографа Tektronix TDS 1002B, а саме: подати на вхід осцилографа довільний сигнал і отримати картинку на екрані, а також виконати Фур'є перетворення. Однак після цього етапу, завдання жорстоко ускладнювалися: потрібно було тепер вивести аж два сигнала на екран, та, увага, отримати картинку на площині ХУ - тобто отримати фігури Ліссажу.

Другою частиною роботи, було ознайомлення з вимірювачем імпедансу НР 4192а. За допомогою даного приладу, ми досліджували залежність активного і реактивного опору резистора, ємності конденсатора та індуктивності котушки від частоти.

## РОЗДІЛ 1

### ОТРИМАННЯ РІЗНОМАНІТНИХ КАРТИН НА ЕКРАНІ ОСЦИЛОГРАФА

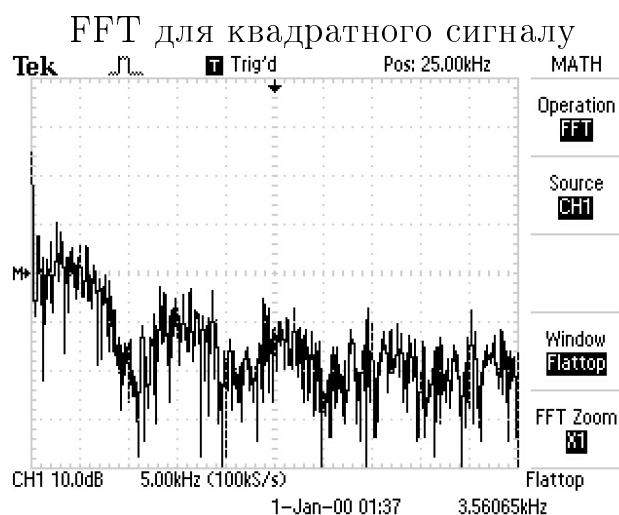
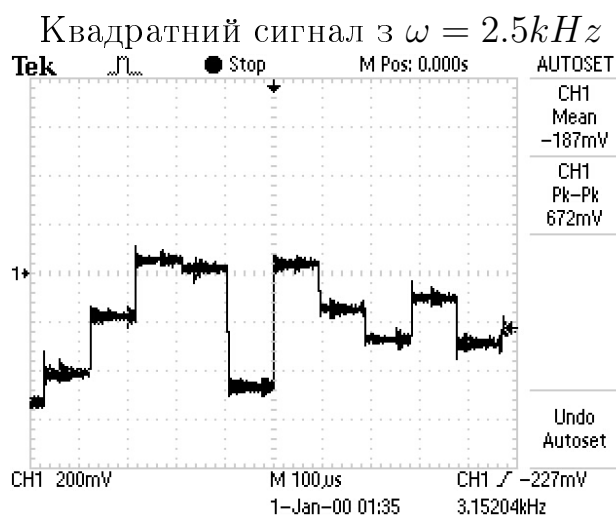
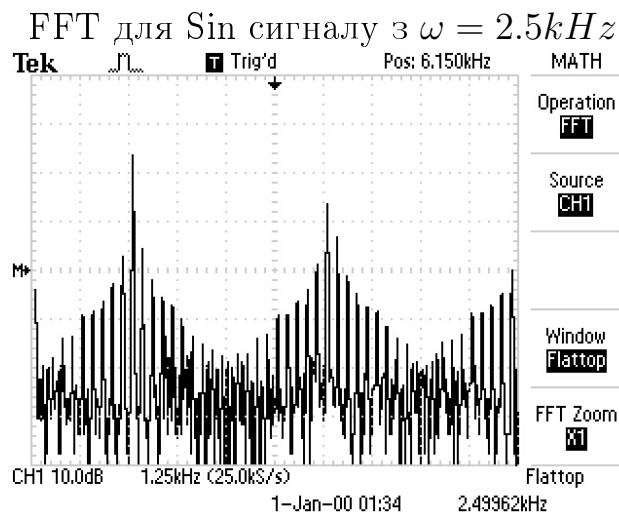
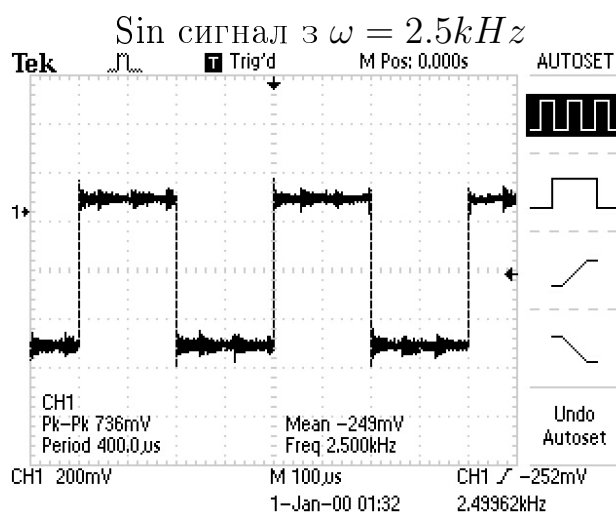
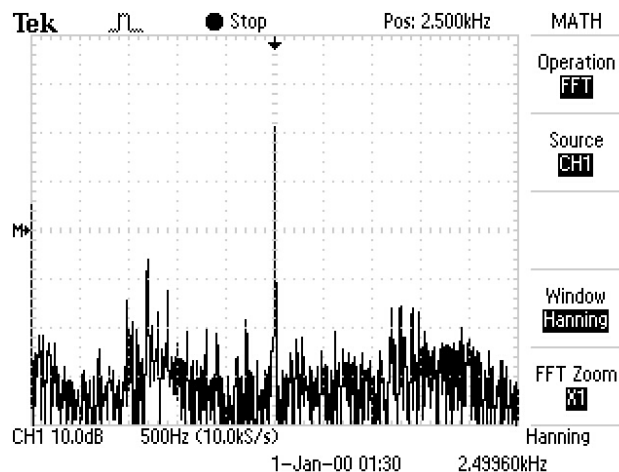
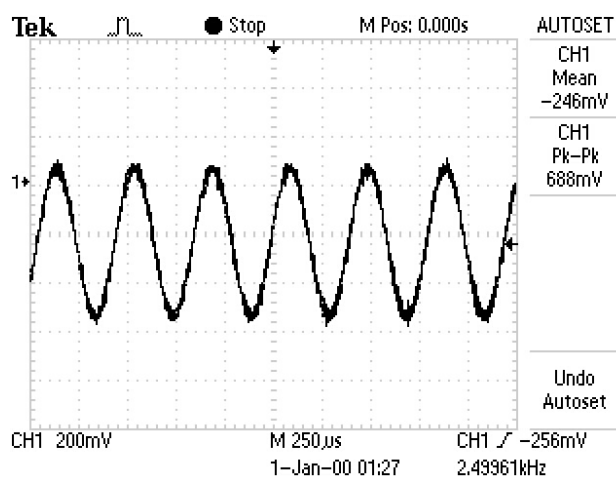
#### 1.1 Одноканальний режим роботи осцилографа.

Після короткого дослідження некеільної машини екрану осцилографа було прийняте очевидне рішення: потрібно добути USB накопичувач на просторах будівлі КЯФ та записати на нього поточно графік, що спостерігався на екрані осцилографа. Для генерування сигналу було використано непрацюючий, за словами Р. В., однак все ще бажаючий жити, за словами автора цієї роботи, генератор сигналів, що стояв поряд (плата, з можливістю вибору типу сигналу та його частоти). Відповідні результати зображені на рисунках 1.1

Окрім того, необхідно було знайти спектр гармонік, які формують даний сигнал за допомогою швидкого Фур'є перетворення (FFT). Як і очікувалося, для синусоїдального сигналу пік спектру спостерігається в області частоти цього сигналу. Все інше - скоріше за все шум. Спектр для квадратного сигналу також не викликає суперечень. Цікавим виявився режим шуму, виявлений на генераторі. Однак, автору прийшлося дуууже швидко заспокоїтися, адже мався на увазі ШІМ режим роботи генератора. Тим не менше, спектр гармонік і для цього режиму отриманий також.

#### 1.2 Двоканальний режим роботи осцилографа. Побудова фігур Ліссажу.

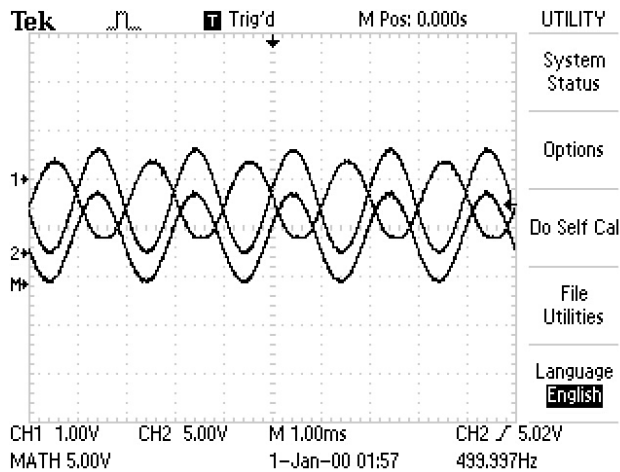
Для цієї частини лабораторної роботи нам був необхідний ще один генератор. Тому було прийняте рішення нагло взяти те, що погано лежить, а саме, генератор DDS 9850 під керуванням Arduino Nano (див [1]). Дуже швидко ми зрозуміли, що біда ~~приходить звідки не чекають~~ осцилограф не вміє записувати на USB накопичувач картини у режимі XY. Тому було прийнято рішення, записати на накопичувач сигнали у виді  $x(t)$  та  $y(t)$ , а потім, використовуючи фреймворк серп ROOT [2], скомпонувати їх. Відповідні результати зображені на рис. 1.2, 1.3.



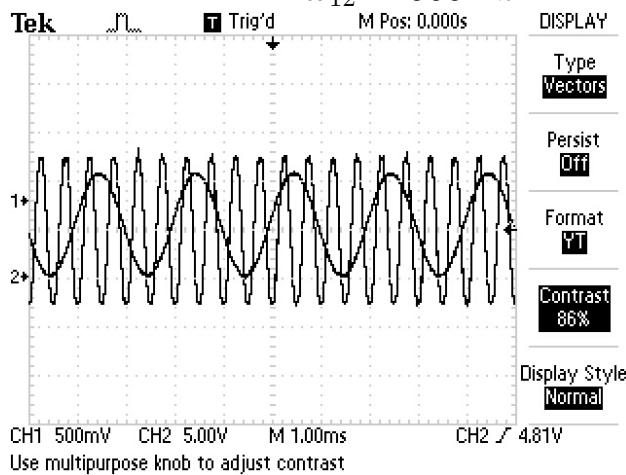
ШИМ шум

FFT для ШИМ шуму

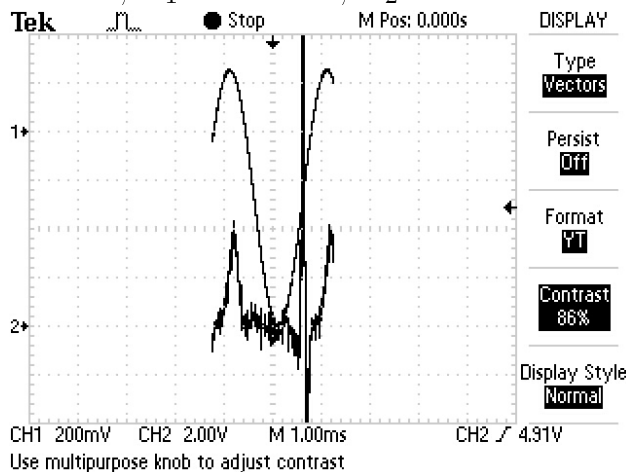
Рис. 1.1: Картинки, отримані на екрані осцилографа, за допомогою невідомого генератора.



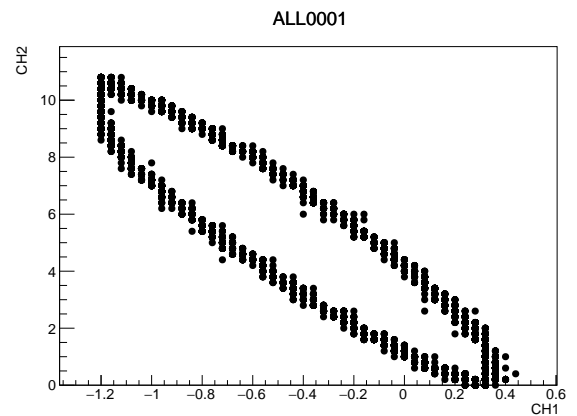
Дві синусоїди із близькими частотами  $\omega_{12} \approx 500\text{Hz}$



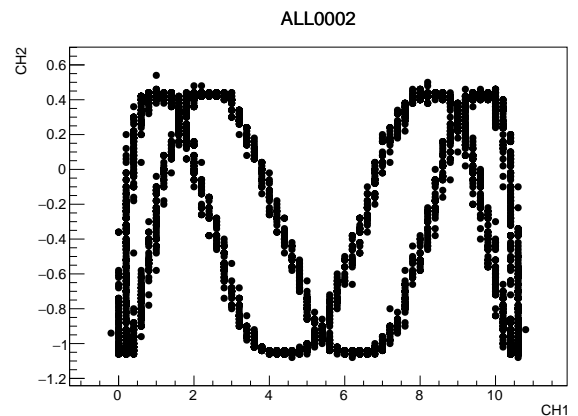
Sin,  $\omega_1 = 500\text{Hz}$ ,  $\omega_2 = 2.5\text{kHz}$



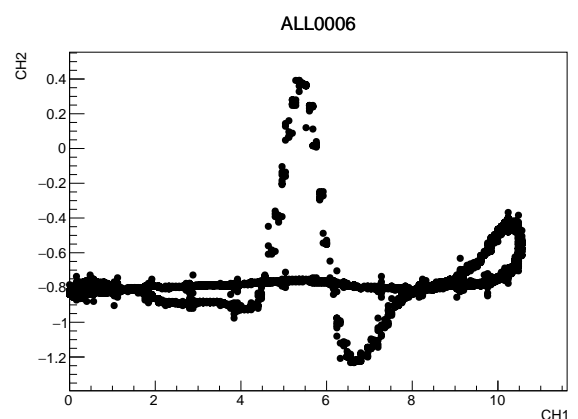
Кардіограма + Sin ( $\omega = 500\text{Hz}$ )



Відповідна фігура Ліссажу.

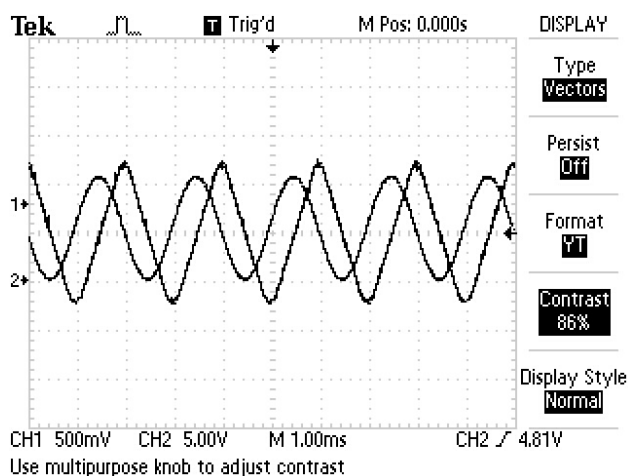


Відповідна фігура Ліссажу

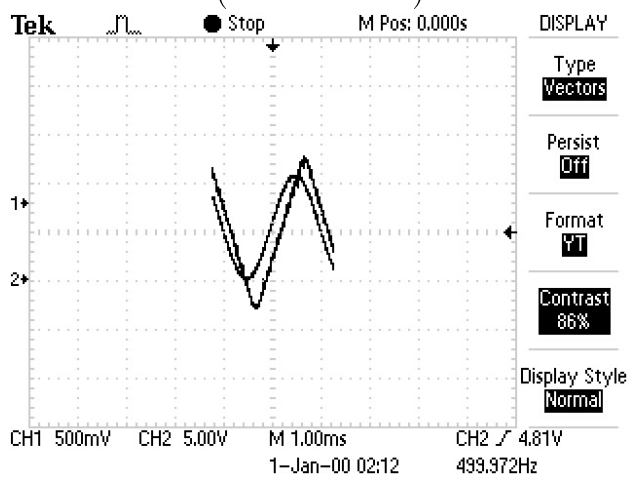


Відповідна фігура Ліссажу

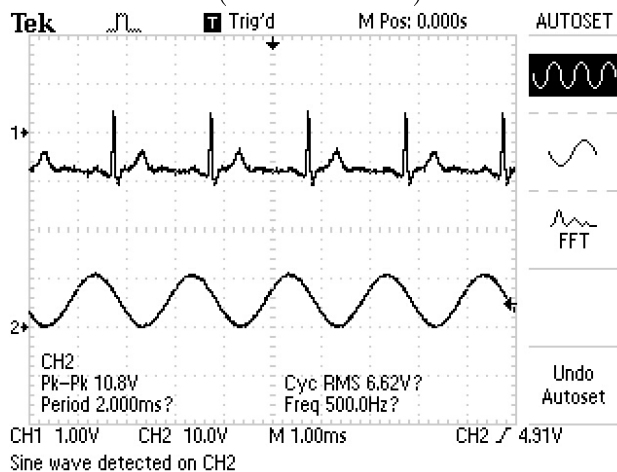
Рис. 1.2: Картинки, отримані на екрані осцилографа, за допомогою невідомого генератора та DDS9850



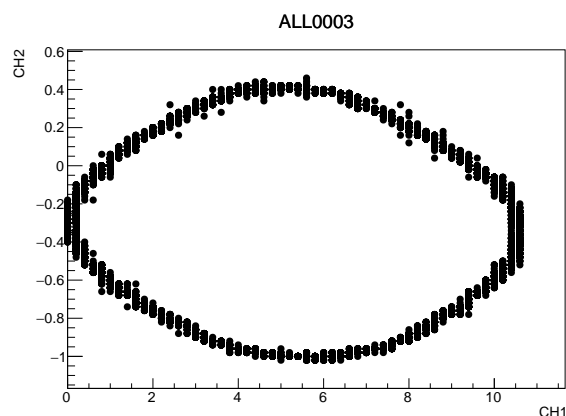
$\sin(\omega = 500\text{Hz}) + \text{трикутний}$   
 $(\omega = 500\text{Hz})$



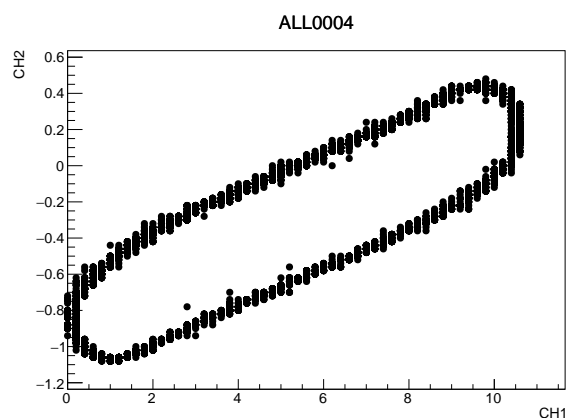
$\sin(\omega = 500\text{Hz}) + \text{трикутний}$   
 $(\omega = 500\text{Hz})$



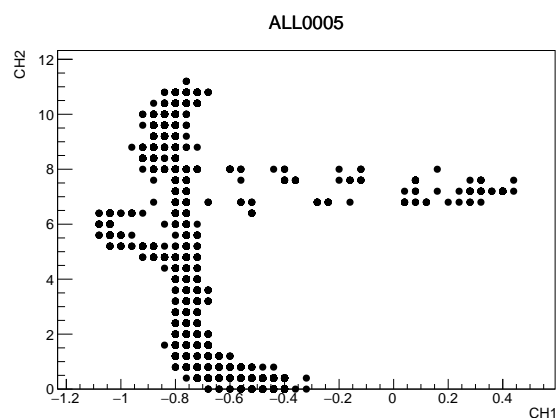
Кардіограма + синусоїда  
 $(\omega = 500\text{Hz})$



Відповідна фігура Ліссажу



Відповідна фігура Ліссажу



Відповідна фігура Ліссажу

Рис. 1.3: Картинки, отримані на екрані осцилографа, за допомогою невідомого генератора та DDS9850



## РОЗДІЛ 2

### ВИМІРЮВАННЯ ІМПЕДАНСУ ЗА ДОПОМОГОЮ HP4192A

У цій частині ми вчилися приборкувати дракона імпедансметр HP4192a. У нас було 3 завдання: дослідити залежність імпедансу від частоти для резистора, конденсатора та котушки.

#### 2.1 Вимірювання активного та реактивного опору резистора

Отримана експериментальним шляхом залежність активного та реактивного опору резистора від частоти (рис. 2.1) не викликає сумнівів. Справді, активний опір не залежав істотно від частоти, та був приблизно рівним  $95.4\Omega$  упродовж всього експерименту. На рахунок реактивного опору - при високих частотах опір явно росте, що викликано індуктивними властивостями дротів, використаних у цьому резисторі. При малих частотах реактивний опір також росте, однак це вже викликано тим, що наш резистор в деякому сенсі працює як конденсатор.

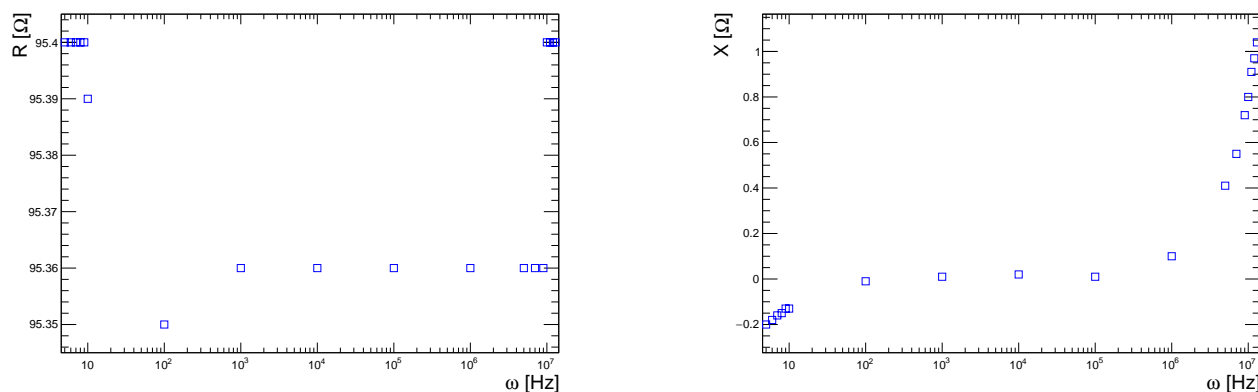


Рис. 2.1: Залежність активного та реактивного опору резистора від частоти

#### 2.2 Вимірювання активного та реактивного опору конденсатора

Отримана експериментальним шляхом залежність активного та реактивного опору конденсатора від частоти (рис. 2.2) виявилась досить цікавою. Справді, активний опір досить швидко обвалюється, що природньо, однак при  $\omega \approx 10^7 \text{ Hz}$  має досить дивний пік, що можливо пов'язано із властивостями діелектрика всередині. Реактивний опір спочатку спадає, тобто поводить себе як в ідеальному конденсаторі, маючи мінімум при частоті  $\omega \approx 10^5 \text{ Hz}$ , яка є власною резонансною частотою. Проте після цього опір починає збільшуватися, що пояснюється зростанням паразитної індуктивності, яка і визначає імпеданс

конденсатора на високих частотах. Відповідна поведінка реактивного опору корелює із залежністю ємності від частоти (рис. 2.3), що має спочатку плічку (область ідеального конденсатора), потім сингулярність у зоні резонансу, і після прямування до нуля, що наглядно показує те, що при високих частотах ємнісні властивості конденсатора поступаються паразитним індуктивностям. Для обчислення ємності використовувалася формула:  $C = \frac{1}{X(\omega)\omega}$ .

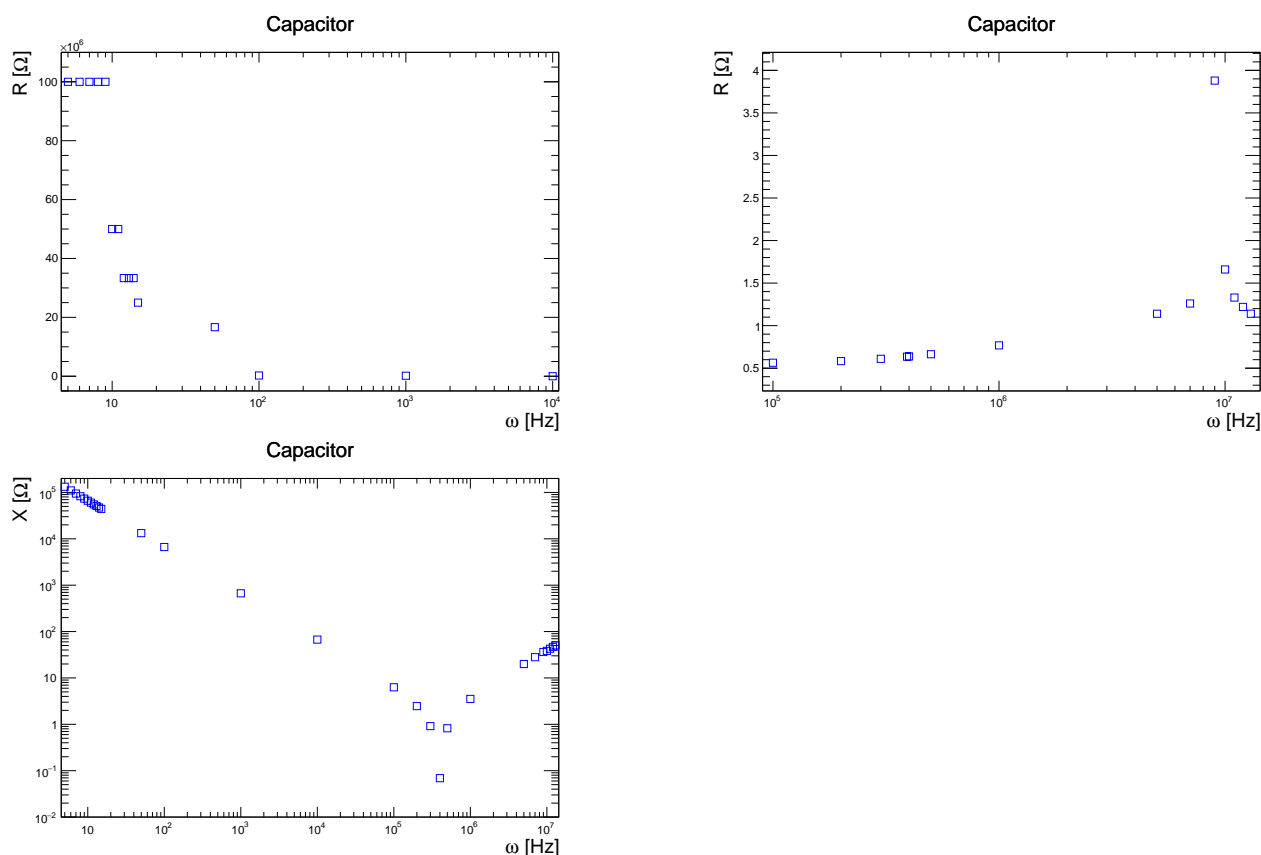


Рис. 2.2: Залежність активного та реактивного опору конденсатора від частоти

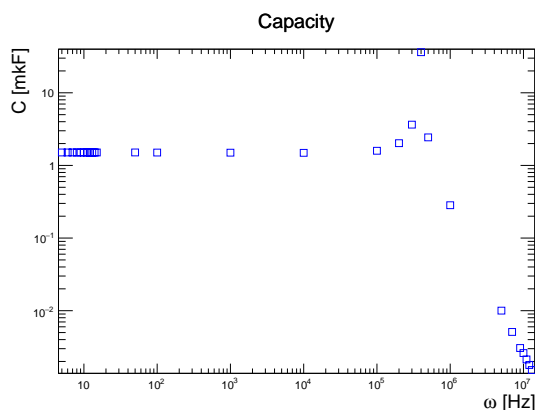


Рис. 2.3: Залежність ємності конденсатора від частоти.

### 2.3 Вимірювання активного та реактивного опору котушки

Отримана експериментальним шляхом залежність активного опору котушки від частоти (рис. 2.4) викликає бажання у автора спитати викладача про доцільність даного експерименту. Справді, поведінка активного опору може бути охарактеризована прекрасною фразою бред сивої кобили. Хоча пік реактивного опору в районі  $\omega \approx 10^6 \text{ Hz}$ , після якого імпеданс котушки з індуктивного стає ємнісним виглядає досить цікавим. Пояснення цього явища виявилось досить простим: оскільки жодний фізичний прилад не можна вважати ідеальним, то котушка проявляє себе на певній частоті (її називають власною частотою даної котушки індуктивності) як схема RLC елементів. (рис. 2.6) Прийнято вважати, що ємність виникає між витками котушки і створює спостережуваний ефект, а опір пояснює певні втрати на даному елементі.[3].

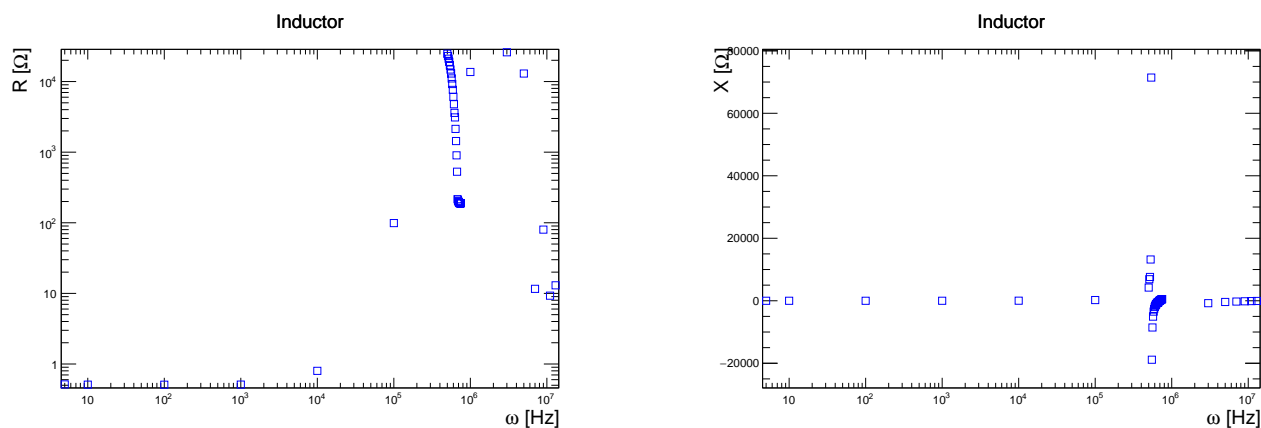


Рис. 2.4: Залежність активного та реактивного опору котушки від частоти

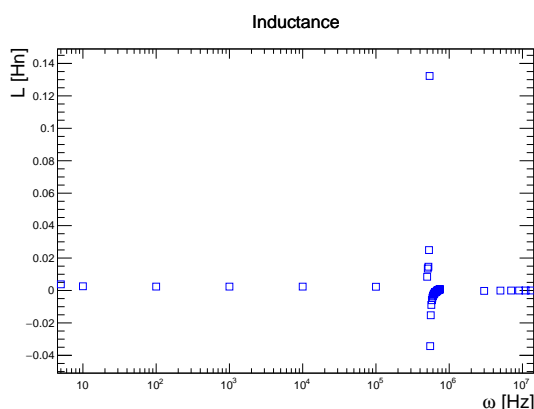


Рис. 2.5: Залежність індуктивності котушки від частоти.

Відповідно до теорії веде себе і індуктивність: константа при малих частотах, сингулярність в області резонансу, та прямування до нуля при високих

частотах. (рис. 2.5) Цікаво, що графік її залежності майже повністю повторює вигляд реактивного опору від частоти.

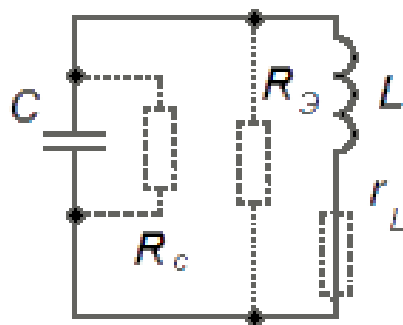


Рис. 2.6: Представлення котушки як схеми RLC елементів

Взагалі, робота з даним приладом варта 2 пострілам в голову, адже випадковим чином підібрані знаки, та інколи числа на його екрані не дають в спокійному режимі зняти потрібні покази.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання даної лабораторної роботи ми навчилися користуватись осцилографом, тим самим піднявши настрій одному із авторів на цілий тиждень. Апарат вмикався в одноканальному та двоканальному режимах роботи. Перший дозволив нам зняти спектри гармонік, що формували подані на осцилограф сигнали. Другий режим дав можливість побудувати фігури Ліссажу, форма яких залежить від співвідношення частот. Потрібно відзначити мужність даного приладу, який ні разу навіть не натякнув про те, що з нього занадто сильно знущаються, звісно, не прочитавши жодної інструкції чи даташиту.

Під час виконання другої частини роботи, а саме, використанні імпедансметра для вивчення активного і реактивного опору резистора, конденсатора і котушки, ми дослідили імпеданс та ємність (індуктивність) для резистора, конденсатора та котушки. Було пояснено природу спостережуваних явищ та отриманих манускринтів графіків.

Таким чином, ми освоїли нові прилади і змогли дати пояснення цікавим явищам, про які нам не розповідали ані у школі, ані в університеті.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- [1] Report for 3 lab from V. Svintozelskyi etc. — Access mode: <https://github.com/npd2020/electronics/blob/master/gr5a/VolodymyrSvintozelskyi/Lab3/main.pdf> (online; accessed: 2020-02-29).
- [2] ROOT a Data analysis Framework | ROOT a Data analysis Framework. — Access mode: <https://root.cern.ch/> (online; accessed: 2020-02-29).
- [3] Self resonance frequency. — Access mode: <https://coil32.ru/self-resonance-frequency.html> (online; accessed: 2020-02-29).