**Міністерство освіти і науки України**

**Київський національний університет ім. Т. Г. Шевченка**

**Фізичний факультет**

ЗВІТ

з лабораторної роботи №1

“Вимірювальне обладнання”

Роботу виконали студенти 5-а групи 2-го курсу

Рідкокаша Іван Павловича

Фортуна Назарій Павлович

Київ

2020

**РЕФЕРАТ**

Звіт про лабораторну роботу : 17 c., 10 рис.

ЄМНІСТЬ, ІМПЕДАНС, ІНДУКТИВНІСТЬ, ОПІР.

Об’єкт дослідження - характеристики пасивних двополюсників, а саме резистора, конденсатора, котушки індуктивності; взаємна індуктивність, Фур’є перетворення сигналу.

Мета роботи - дослідити залежність імпедансу вказаних елементів в залежності від частоти змінної напруги, яка подається на них; визначити значення опору, ємності та індуктивності вказаних елементів; перевірити виконання адитивності індуктивностей при послідовному з’єднанні котушок.

Методи дослідження - зняття характеристик елемента за допомогою імпедансметра.

Визначено основні характеристики пасивних двополюсників.

Створено моделі еквівалентних схем елементів для дослідження імпедансу цих елементів на низьких та високих частотах. Визначено характеристики еквівалентних схем.

Перевірено наявність взаємної індуктивності при послідовному з’єднанні двох котушок.

Здійснено розклад в ряд Фур’є меандру теоретично та перевірено експериментально.

**Зміст**

Передмова...........................................................................................................4

Вступ...................................................................................................................5

1 Вимірювання імпедансу.................................................................................6

1.1 Характеристики резистора....................................................................6

1.2 Характеристики конденсатора.............................................................8

1.3 Характеристики котушки індуктивності............................................10

1.4 Дослідження взаємної індуктивності..................................................13

2 Робота на осцилографі...................................................................................14

2.1 Фур’є перетворення..........................................................................14

Висновки............................................................................................................17

**Передмова**

Метою виконання цієї лабораторної роботи була дослідження деяких питань, пов’язаних з характеристиками резисторів, конденсаторів та котушок індуктивності. Ми вважаємо, що ця тема недостатньо висвітлена в науковому суспільстві, і саме тому потребує детального розгляду. На відміну від інших ентузіастів, які виконували цю роботу, у авторів був ряд хороших передумов, які призвело до кращих результатів:

1)автори звіту були одними з перших, хто працював на імпедансметрі в 2020 році, тому прилад чудово функціонував після зимових канікул;

2) комфортна температура та вологість в аудиторії;

3) автори працювали під керівництвом групи дівчат-колег;

4) чудовий настрій та дружня атмосфера;

У разі виникнення запитань щодо результатів роботи, з авторами можна сконтактувати, написавши на пошти [redvan.second@gmail.com](mailto:redvan.second@gmail.com)

[fortunanazar@gmail.com](mailto:fortunanazar@gmail.com)

Бажаємо успіхів!

**Вступ**

Характеристики пасивних двополюсників, такі як опір, ємність та індуктивність, а також їх частотна залежність досконало вивчені. Проте студентам 2-ого спеціальності “Фізика та астрономія” є корисним та, можливо, навіть необхідним особисто дослідити ці залежності. Знання та розуміння цих властивостей допоможе при виконанні усіх задач електроніки.

* 1. **Характеристики резистора**
     1. Теоретична частина

У цьому пункті будемо розглядати резистор за допомогою такої моделі: послідовно з’єднанні резистор і котушка індуктивності. Тоді імпеданс такої системи

Позначимо

а

Тоді індуктивність знаходимо як коефіцієнт з лінеаризації співвідношення

* + 1. Хід експерименту

Використовуючи вимірювач імпедансу HP 4192a ми знаходили активний і реактивний опір підключеної системи (резистора), відповідно і , враховуючи знак реактивного опору.

* + 1. Результати і їх обробка

Результати наших вимірів представлені на графіках нижче у звичайному та логарифмічному масштабах. Залежності реактивного опору від частоти гармонічного сигналу:

Рис. 1.1

Рис. 1.2

Для активного опору графік – горизонтальна пряма, отримане значення:

З графіку видно, що на великих частотах резистор дійсно веде себе як котушка. Лінеаризувавши точки отримуємо значення індуктивності

* 1. **Характеристики конденсатора**
     1. Теоретична частина

У цьому пункті будемо розглядати конденсатор за допомогою такої моделі: послідовно з’єднанні конденсатор і котушка індуктивності. Тоді імпеданс такої системи

Позначимо

а

Тоді індуктивність і ємність знаходимо як коефіцієнти з лінеаризацій співвідношень

для знаходження і

для визначення .

* + 1. Хід експерименту

Використовуючи вимірювач імпедансу HP 4192a ми знаходили активний і реактивний опір підключеної системи (конденсатора), відповідно і , враховуючи знак реактивного опору.

* + 1. Результати і їх обробка

Результати наших вимірів представлені на графіках нижче у звичайному та логарифмічному масштабах. Залежності реактивного опору від частоти гармонічного сигналу:

Рис. 1.3

Рис. 1.4

Для активного опору покази імпедансметру були співмірні з похибкою приладу, відповідно особливого сенсу вони не несуть.

З графіку видно, що на великих частотах конденсатор дійсно веде себе як котушка. Після описаної вище процедури лінеаризації отримуємо такі результати:

* 1. **Характеристики котушки**
     1. Теоретична частина

У цьому пункті будемо розглядати конденсатор за допомогою такої моделі: послідовно з’єднанні резистор і котушка індуктивності, паралельно до них – конденсатор. Тоді імпеданс такої системи

Позначимо

а

Для знаходження невідомих розглянемо такі граничні випадки:

1. (низькі частоти)

Тоді

Припустимо, що , тоді

З такого наближення можна знайти значення і .

1. (резонанс)

У цьому випадку

З цього наближення лінеарезувавши співвідношення

Вважаючи вже відомим з минулого пункту отримаємо значення .

* + 1. Хід експерименту

Використовуючи вимірювач імпедансу HP 4192a ми знаходили активний і реактивний опір підключеної системи (котушки), відповідно і , враховуючи знак реактивного опору.

* + 1. Результати і їх обробка

Результати наших вимірів представлені на графіках нижче у звичайному та логарифмічному масштабах. Залежності реактивного опору від частоти гармонічного сигналу:

Рис. 1.5

Рис. 1.6

Для активного опору покази імпедансметру для високих частот були співмірні з похибкою приладу, відповідно особливого сенсу вони не несуть.

Досліджуючи низькі частоти отримуємо

Аналізуючи резонансну область отримуємо

Теоретичний графік з отриманих значень і експериментальні точки близько до резонансу наведено нижче:

Рис. 1.7

* 1. **Дослідження взаємної індуктивності**
     1. Загальні положення

Котушка, яку ми досліджували у минулому насправді складалася з двох обмоток. У пункті 1.3 наведена інформація саме про першу обмотку, .

Дослідимо на трьох різних частотах індуктивність окремо першої () та другої () обмотки і їх послідовне з’єднання ().

* + 1. Результати

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, Гц | 1000 | 100000 | 1000000 |
| , мГн | 0.3789 | 0.3657 | 1.4682 |
| , мГн | 0.3320 | 0.3186 | 1.1155 |
| , мГн | 0.9097 | 0.9000 | 0.5597 |

* + 1. Аналіз результатів

Видно, що на малих частотах, коли вплив паразитних опорів ще малий та З цього стає зрозумілим, що ми з’єднали котушки таким чином, що струм тік у них в одному і тому ж напрямку. Формула не має місця через нелінійність, що виникає при додаванні двох котушок. Лінійно можна додавати тільки два соленоїда з товщиною набагато меншою за довжину, що не є справедливим для нашого випадку.

На великих частотах сумарна індуктивність вийшла меншою за окремі індуктивності. Це можна пояснити тим, що на великих частотах котушка вже не веде себе як просто індуктивність, а як складна система із котушкою, конденсатором і резистором.

**2.1 Фур’є перетворення**

2.1.1 Теоретична частина

Тригонометричний ряд Фур’є – представлення -періодичної функції у вигляді суми косинусів та синусів:

де

Знайдемо розклад у ТРФ меандру:

Тоді

2.1.2 Результати

Два рисунки нижче показують розклад Фур’є меандру з частотою 1000 Гц у різних масштабах, отримані за допомогою осцилографа Tektronix TDS 1002B:



Рис. 2.1



Рис. 2.2

Легко помітити, що найбільша амплітуда саме на непарних модах (1000 Гц, 3000 Гц, 5000 Гц і тд). Також виявляється, що ці амплітуди спадають як

Точніше, якщо побудувати графік залежності амплітуди від частоти, отримуємо:

Рис. 2.3

На графіку також написана формула кривої, яка найкраще задовольняє точкам – гіпербола.

**Висновки**

У першій частині ми, використовуючи вимірювач імпедансу HP 4192a, дослідили характеристики резистора, конденсатора і котушки індуктивності.

В ході роботи було визначено, що на високих частотах для усіх двополюсників починають грати ключову роль не тільки основні, а й паразитні характеристики. Для резистора це в першу чергу паразитна індуктивність з’єднана послідовно. Для конденсатора – теж індуктивність з’єднана послідовно. Для котушки – ємність з’єднана паралельно.

У другій частині використовуючи осцилограф Tektronix TDS 1002B ми отримали розклад Фур’є для меандру на частоті 1000 Гц, який збігся із теоретично передбаченим.