Лабораторна робота №4.27.12

Вивчення релаксаційних коливань

Мета роботи. Зняття вольт-амперної характеристики неонової лампи, вимірювання та розрахунок періоду релаксаційних коливань.
Прилади. Стенд експериментальної установки ФПЕ=12,

Теоретичний вступ

Слово «релаксація» у перекладі з латинської мови означає «ослаблення, зменшення». Релаксацією називається процес відновлення рівноваги системи після деякого збурення.

Якщо музикант веде смичком по струні, смичок захоплює струну за собою. Коли зміщення струни досягає певної межі, струна відривається від смичка і повертається у вихідне положення. Смичок знову захоплює струну, і процес повторюється. Говорять, що струна здійснює *релаксаційні коливання*.

Процес релаксаційних коливань складається із двох стадій:

1. *повільного* накопичення енергії системи до певного критичного значення;

2. подальшої віддачі енергії, що відбувається *майже миттєво*.

З *механічними* релаксаційними коливаннями доводиться зустрічатися в механізмах, у яких величина тертя падає зі збільшенням відносної швидкості руху поверхонь, між якими виникають сили тертя. Цим пояснюються вібрації гальм трамвая та авто, скрип дверних петель, звук подряпини по склу, вереск автомобільних шин по асфальту тощо.

Прикладом *електричних* релаксаційних коливань є коливання, що виникають у схемі з неоновою лампою.

Неонова лампа

Неонова лампа (на рис.1 позначена *Л*) є скляним балоном, в якому за низького тиску (10-15 мм рт.ст.) міститься інертний газ неон. У лампу введені плоскі металеві електроди – катод та анод, до них підводиться напруга ззовні.

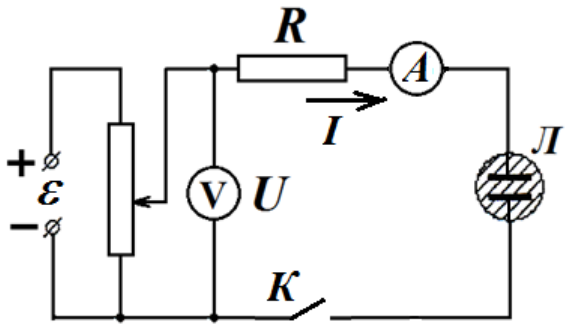

Рис. 1.

Оскільки в газі, що заповнює лампу, майже немає вільних носіїв заряду (електронів або позитивних іонів), струм через лампу при малій напрузі на електродах практично не проходить.

З підвищенням напруги ті вільні електрони, які виникли, наприклад, під дією космічного випромінювання, прискорюються полем і набувають все більшої енергії. Низький тиск у лампі створюють для того, щоб електрони, рухаючись прискорено, відчували менше зіткнень з атомами і встигали набувати великої енергії.

При певній напрузі на електродах, яка називається ***напругою запалювання*** $U_{зап}$, енергії електронів стає достатньо для іонізації ударом атомів неону. При цьому виникають нові електрони та позитивні іони. Ці іони рухаються до катода і вибивають із нього вторинні електрони, які потім прискорюються полем і знову викликають іонізацію. Число носіїв струму лавиноподібно зростає. Кількість вторинних електронів та іонів у лампі стає настільки великою, що опір лампи різко зменшується, а струм через неї зростає і стрибком досягає значення $I_{зап}$. Вольт – амперна характеристика неонової лампи наведена на рис. 2. При подальшому збільшенні напруги струм плавно збільшується за кривою *ab* (рис. 2).

Поряд із процесом іонізації атомів неону відбувається і зворотний процес – рекомбінація. При рекомбінації електрони та позитивні іони з'єднуються в нейтральні атоми, а енергія, яка при цьому вивільняється, виділяється у вигляді фотонів – газ у лампі світиться.

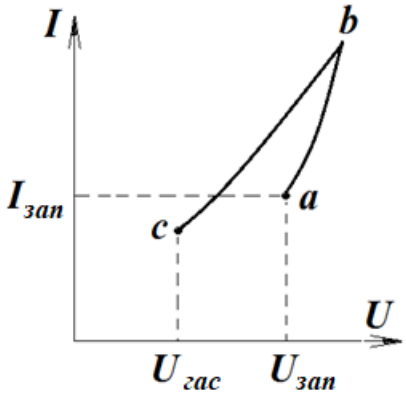

Рис. 2.

Після запалення неонова лампа може горіти вже і при нижчій напрузі.

Якщо зменшувати напругу на лампі, що горить, то зміна струму відбувається по іншій кривій (*bc* на рис. 2). При напрузі, що дорівнює напрузі запалювання $U_{зап}$, лампа ще не гасне. Продовжуючи зменшувати напругу, можна побачити, що лише при деякій напрузі (напрузі гасіння $U_{гас}$), яка менша, ніж $U_{зап}$, лампа «гасне», і струм стрибком різко падає.

При такій напрузі в лампі зникнуть вільні носії заряду - електрони та іони, опір лампи знову зросте до нескінченності, а струм через лампу впаде до нуля.

Релаксаційний генератор

Розглянемо дію релаксаційного генератора, основною частиною якого є неонова лампа. Дія релаксаційного генератора заснована на процесах заряджання та розрядження конденсатора.

При замиканні ключа *K* конденсатор *C*, паралельно до якого приєднується неонова лампа *Л*, заряджається від джерела струму через великий опір *R* (рис. 3). Якби в колі не було неонової лампи, то напруга на конденсаторі U_C збільшувалася б з плином часу згідно з пунктирною кривою на рис 4 і асимптотично прагнуло б до ЕРС джерела ε за законом

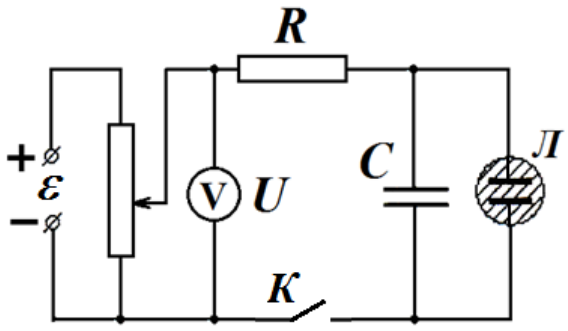

Рис. 3.

$$U_C = \varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right). \qquad (1)$$

Оскільки напруга на лампі дорівнює напрузі на конденсаторі, то напруга на лампі також зростатиме.

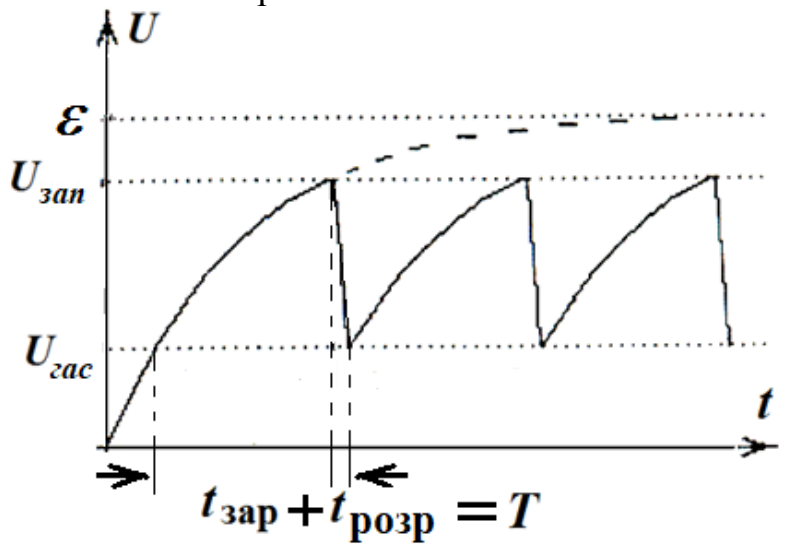

Рис. 4.

У момент, коли напруга на конденсаторі досягає значення $U_{зап}$, лампа запалюється, її електричний опір різко зменшується і через неї проходить струм. При цьому відбувається швидкий розряд конденсатора за законом спадаючої експоненти:

$$U_C = U_{заж} e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (2)$$

Коли різниця потенціалів на електродах лампи і, відповідно, на пластинах конденсатора впаде до значення $U_{гас}$, лампа згасне. її опір буде дуже великим і конденсатор знову почне заряджатися від джерела струму. Процес цей періодично повторюватиметься, лампа періодично спалахуватиме через певні проміжки часу.

Окремо доводиться, що період коливань приблизно дорівнює

$$T = t_{зар} + t_{разр} = RC \ln \frac{\varepsilon - U_{гаш}}{\varepsilon - U_{заж}} . \qquad (3)$$

Опис установки

Електрична схема установки зібрана у модулі ФПЕ-14 (рис 5). Вона складається з магазинів опорів (МО) та ємностей (МЄ), касети ФПЕ-12 з вмонтованими в неї елементами схеми, джерела живлення (ДЖ) електронного осцилографа (РО), звукового генератора (PQ), та цифрового амперметра (РА) .

При віджатій кнопці "режим" модуля ФПЕ-12 реалізується **схема отримання вольт-амперної характеристики** газорозрядної лампи (рис.1).

При натиснутій кнопці «режим» утворюється **схема генератора релаксаційних коливань** (див. рис. 3). Магазини ємностей (МЄ) і опорів (МО) виконують роль ємності *C* і опору *R* генератора.

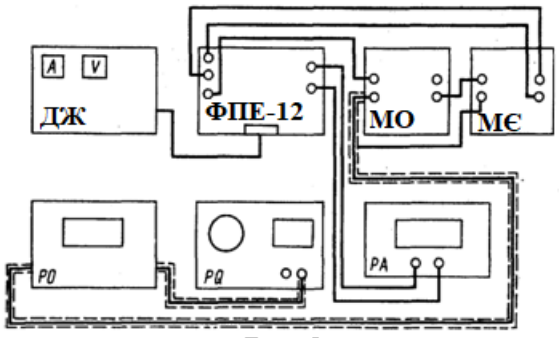

Рис. 5

Порядок виконання роботи

***Завдання 1**. Зняття вольт-амперної характеристики газорозрядної лампи.*

1. Підготувати пристрій до роботи. Встановити опір ***R* = 1 МОм** магазину опорів МО і ємність ***C* = 3 мкФ** магазину ємностей МЄ.

Кнопку "режим" модуля ФПЕ-12 віджати. Ручку регулювання напруги 120 В джерела живлення ДЖ встановити в крайнє ліве положення. Вимірювальний прилад РА підготувати до роботи в режимі, який забезпечує вимірювання сили струму до 10 мА.

2. Включити лабораторний стенд, джерело живлення ДЖ та вимірювальний прилад РА.

3. Ручкою регулювання напруги джерела живлення змінювати напругу від 40 до 120 В з кроком 5 В і вимірювати силу струму *I* прям. Записати в другий рядок таблиці 1 значення сили струму.

Таблиця 1.

U, В	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
I прям *mA*																	
I оберн *mA*																	

4. Зменшуючи напругу від 120 до 40 В, виміряти силу струму *I* оберн. Результати занести на третій рядок таблиці 1.

5.Визначити ***напругу запалення та гасіння*** лампи. Для цього вибрати з таблиці *1* інтервал напруги, в якому лампа запалилася (погасла). У вибраному інтервалі, поступово збільшуючи (зменшуючи) напругу з кроком 1-2 В, зафіксувати таку напругу, за якої струм у лампі стрибком збільшиться від нуля до кінцевої величини (або зменшиться до нуля). Це і буде напруга запалення (гасіння).

6. Вимкніть вимірювальний прилад.

7. Побудуйте графік залежності струму *I* від напруги *U*.

Завдання 2. *Вивчення роботи генератора релаксаційних коливань*

1. Підготувати пристрій до роботи. Натиснути кнопку «режим» модуля ФПЕ-12. Ручку регулювання вихідної напруги 120 на джерелі живлення встановити в крайнє ліве положення. Осцилограф підготувати до роботи у режимі вимірювання тривалості сигналу.

2. Включити лабораторний стенд, джерело живлення та осцилограф. Встановити ручкою регулювання напруги джерела живлення **ε = 110 В**, яка надалі підтримується незмінною. Посилення вздовж осі Y осцилографа встановити таким, щоб можна було спостерігати сигнал генератора релаксаційних коли-

вань. Включити генератор розгортки осцилографа і встановити таку частоту розгортки, щоб на екрані було видно одне-два релаксаційних коливання.

3. Виміряти період релаксаційних коливань з екрана осцилографа у режимі лінійної розгортки. Замалювати з екрану осцилографа вигляд кривих.

4. Визначити період при інших опорах *R* та ємностях *C* (див. Завдання 1, п.1).

5. Розрахувати період релаксаційних коливань за формулою (3) та порівняти з отриманим на досліді.

Контрольні питання

1.Від чого залежить електропровідність газів?
2.Поясніть вольт-амперну характеристику газонаповненої лампи.
3.Як визначити напругу запалення та гасіння?
4.Як працює генератор релаксаційних коливань?
5.Як змінюється напруга на конденсаторі генератора релаксаційних коливань?
6.Як визначається період релаксаційних коливань?
7.Как залежить період релаксаційних коливань від напруги на лампі від величини *RC*?

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 2001. – Т.2. с. 389 – 392.
2. Загальна фізика. Лабораторний практикум.:Навч. Посібник / В. М. Барановський, П. В. Бережний, І. Т. Горбачук та ін.:За аг.ред. І.Т.Горбачука.- К.: Вища шк. 1992 – 509 с.

Укладачі Гаркуша І.П.,Зайцев А.С.