

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Кафедра загальної фізики**

**ЗВІТ**

**про виконання лабораторної роботи № 15**

**Назва роботи** «Перевірка закону Ома для електричного кола змінного струму з  $R$  і  $C$ »

**Виконав:** Марущак А.С.

**студент групи ПЗ-15**

**інституту ІКНІ**

**Лектор:** доцент Рибак О.В

**Керівник лабораторних занять:**

Ільчук Г.А.

---

**Львів - 2022**

**Мета роботи:** перевірити закон Ома для кола змінного струму.

**Прилади та матеріали:** реостат, батарея конденсаторів, амперметр, вольтметр, частотомір, джерело змінної напруги.

### **Короткі теоретичні відомості:**

Змінним електричним струмом називається такий струм, величина і напрям якого змінюється за гармонічним законом. Такий струм можна отримати, якщо виток дроту рівномірно обертати в однорідному магнітному полі відносно осі, перпендикулярної до напрямку ліній магнітної індукції

В основі виникнення змінної ЕРС покладене явище електромагнітної індукції. Величина ЕРС, що виникає у рамці дорівнює:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \Phi_0 \omega \sin \omega t = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$$

де  $\mathcal{E}_0$  –амплітудне значення ЕРС З даної формули випливає, що ЕРС, яка виникає у рамці, що обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  в магнітному полі змінюється за синусоїдальним законом з циклічною частотою  $\omega = 2\pi f$  . Таким чином кутова швидкість обертання рамки є одночасно циклічною частотою коливання ЕРС і сили змінного струму.

Амперметр і вольтметр у колі змінного струму показують не миттєві і не максимальні значення струму і напруги, а ефективні. Діюче, або ефективне, значення величини змінного струму  $I$  дорівнює величині такого постійного струму, який, протікаючи по тому самому провіднику що і змінний струм виділяє в ньому за один і той же проміжок часу таку саму кількість теплоти.

Діючі значення струму і напруги визначаються за формулами:

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0,707 I_0$$

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0,707 U_0$$

Якщо на деякій ділянці електричного кола є конденсатор, то постійний струм по такій ділянці протікати не може, оскільки обкладки конденсатора розділені шаром діелектрика. Тому фактично електричне коло, до якого входить конденсатор, для постійного струму є розімкнуте.

Змінний струм здатний протікати по колу, до якого входить конденсатор. У цьому можна легко переконатися на простому досліді. Під'єднаємо послідовно з'єднані конденсатор і лампу до джерела змінної напруги і побачимо, що лампа засвітиться. Це означає, що змінний струм протікаючи по колу, до якого входить конденсатор, нагріває нитку розжарення лампи викликаючи її свічення. Протікання змінного струму через конденсатор пов'язане з його перезарядженням. Якщо в початковий момент часу конденсатор максимально заряджений і заряд на одній з його пластин має максимальне значення, то протягом першої чверті періоду коливання його величина зменшується до нуля. Протягом наступної чверті періоду відбувається накопичення заряду протилежного знаку, після чого процес повторюється у зворотному напрямку. В результаті перезарядження конденсатора струм в колі протягом першої половини періоду протікає в одному напрямку, а протягом другої - в протилежному. Встановимо як змінюється з плином часу сила струму в колі, до якого входить конденсатор, коли опором провідників і пластин конденсатора можна знехтувати.

Розглянемо коло, яке складається з резистора опором  $R$  і конденсатора ємністю  $C$ , з'єднаних послідовно, і джерела змінної напруги  $u = U_0 \sin(\omega t)$ . У колі виникає змінний струм тієї ж частоти  $\omega$ , амплітудне значення якого, а також зсув фаз між ним та напругою визначаються параметрами кола  $R$  і  $C$ .

Маємо, що

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

Цей вираз називають законом Ома для кола змінного струму, що містить  $R$  і  $C$ , який можна сформулювати таким чином: величина змінного струму прямо пропорційна напрузі, прикладеній до ділянки кола і обернено пропорційна її повному опору, де величина  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$  називається повним опором ділянки кола змінного струму, що містить активний опір і ємність.

### Контрольні запитання

#### 1. У чому відмінність між вільними і вимушеними електричними коливаннями?

При вільних коливаннях вони відбуваються лише за рахунок початкової енергії, наданої колу, яка зменшується, якщо опір кола не

нульовий. При вимушених коливаннях вони постійно підживлюються ЕРС, що присутня у колі

**2. За яких умов в електричному колі виникають вимушені електричні коливання?**

За умови наявності вимушуючої ЕРС.

**3. Що таке амплітудне і миттєве значення сили струму і напруги?**

Амплітудне значення сили струму і напруги – це максимальні значення сили струму і напруги, які можна зафіксувати в колі.

Миттєві значення сили струму і напруги – це їх значення в певний нескінченно малий проміжок часу.

**4. Як пов'язані між собою сила змінного струму і напруга в колі з активним опором?**

$$i(t) = \frac{u(t)}{R}$$

Зсув між фазами сили струму і напруги рівний нулеві.

**5. Як пов'язані між собою сила струму і напруга на конденсаторі у колі змінного струму?**

Встановимо як змінюється з плином часу сила струму в колі, до якого входить конденсатор, коли опором провідників і пластин конденсатора можна знехтувати.

Маємо, що

$$i(t) = \frac{u(t)}{X_c} = \frac{u(t)}{\frac{1}{\omega C}}$$

**6. Пояснити причину відставання по фазі на  $\frac{\pi}{2}$  спаду напруги на ємності від сили струму, який протікає через ємність.**

Протікання змінного струму через конденсатор пов'язане з його перезарядженням. Якщо в початковий момент часу конденсатор максимально заряджений і заряд на одній з його пластин має максимальне значення, то протягом першої чверті періоду коливання його величина зменшується до нуля. Протягом наступної чверті періоду відбувається накопичення заряду протилежного знаку, після чого процес повторюється у зворотному напрямку. В результаті перезарядження конденсатора струм в колі протягом першої половини періоду протікає в одному напрямку, а протягом другої - в протилежному.

**7. Вивести закон Ома для кола змінного струму, яке складається із послідовно з'єднаного активного опору і ємності.**

Змінний струм викликає спад напруги на резисторі  $R$ , амплітуда якої дорівнює  $U_{0R} = I_0 R$ , а величини  $u_R$  і  $i$  коливаються в однаковій фазі. Тому на осі струмів відкладаємо вектор  $U_{0R}$ , що відповідає в певному масштабі величині  $I_0 R$ . Коливання напруги на ємності відстають від

струму на  $\frac{\pi}{2}$ , тому вектор  $U_{0C}$  повернутий відносно струму на кут  $\frac{\pi}{2}$  за рухом стрілки годинника. Сумарний спад напруги в колі  $U_0$  дорівнює векторній сумі спадів напруг  $U_{0R}$  і  $U_{0C}$ . Тобто

$$U_0 = \sqrt{U_{0R}^2 + U_{0C}^2} = \sqrt{(I_0 R)^2 + \left(\frac{I_0}{\omega C}\right)^2} = I_0 Z,$$

звідки

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

**Задані величини:**

$$C_{\text{вим}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

**Робочі формули:**

$$U' = \sqrt{U_{R1}^2 + U_C^2}$$

$$C = \frac{I}{2\pi f U_c}$$

**Хід роботи**

1. Складаю електричне коло відповідно до схеми.
2. Замикаю коло і встановлюю з допомогою реостата силу струму в колі, яка вказана на робочому місці.
3. За допомогою вольтметра вимірюю:
  - а) спад напруги  $U_R$  на опорі  $R$ ;
  - б) спад напруги  $U_C$  на клеммах конденсатора  $C$ ;
  - в) спад напруги  $U'$  на ділянці  $AB$ , яка складається із послідовно з'єднаних активного опору  $R$  і конденсатора  $C$ .

Результати вимірювань записую в таблицю 1.

4. Вимірюю частоту змінного струму, використовуючи частотомір.
5. Використовуючи формулу, обчислюю  $U$  за отриманими результатами вимірювань  $U_R$  і  $U_C$ . Порівнюю обчислене значення  $U$  з вимірним. Результати записую в таблицю 1.
6. Використовуючи формулу, обчислюю ємність конденсатора  $C$  за отриманими результатами вимірювань  $f$  і  $U_C$ . Порівнюю обчислене значення ємності з даним в роботі. Результати записую в таблицю 2.

7. Змінюючи реостатом опір ділянки кола АВ, виконую 3 аналогічних вимірювання при різних значеннях сили струму (вказані на робочому місці) і перевіряю для кожного вимірювання виконання співвідношення.
8. Визначаю абсолютні похибки при вимірюванні величин U і C.

### Таблиця результатів

**Табл 1.**

№ п/п	$U'_{\text{вим}}, B$	$U_{R_1}, B$	$U_C, B$	$U', B$	$\Delta U', B$
1	240	120	200	233.2	6.8
2	240	140	190	236	4
3	240	160	180	240.8	0.8

**Табл 2.**

№ п/п	$I, A$	$f, \text{Гц}$	$C_{\text{вирах}}, \Phi$	$C_{\text{дан}}, \Phi$	$\Delta C, \Phi$
1	0.75	50	$11.94 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$0.06 \cdot 10^{-6}$
2	0.7	50	$11.73 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$0.27 \cdot 10^{-6}$
3	0.65	50	$11.49 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$0.51 \cdot 10^{-6}$

### Обчислення

**Табл. 1**

$$U'_1 = \sqrt{120^2 + 200^2} \approx 233.2 \text{ (В)}$$

$$U'_2 = \sqrt{140^2 + 190^2} \approx 236 \text{ (В)}$$

$$U'_3 = \sqrt{160^2 + 180^2} \approx 240.8 \text{ (В)}$$

**Табл. 2**

$$C_{\text{вирах}_1} = \frac{0.75}{2\pi \cdot 50 \cdot 200} = 11.94 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

$$C_{\text{вирах}_2} = \frac{0.7}{2\pi \cdot 50 \cdot 190} = 11.73 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

$$C_{\text{вирах}_3} = \frac{0.65}{2\pi \cdot 50 \cdot 180} = 11.49 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

**Аналіз результатів:**

Як бачимо, отримані величини похибок не є надто високими. І враховуючи, що наші робочі формули були виведені на основі формули закону Ома, можемо зробити висновок, що цей закон є вірним.

**Висновок:**

Виконавши цю лабораторну роботу, ми перевірили закон Ома для кола змінного струму. Отримали, що похибка між реальним і врахованими значеннями напруги та ємності є дуже малими. Похибки можливі через те, що ми знехтували опором дротів та пластин конденсатора, а також через інші технічні причини.