

УДК 378.147:621.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-5>

Андрій КЕВШИН

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3581-8852>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422272900

Володимир ГАЛЯН

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0066-7174>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422525700

Олексій НОВОСАД

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9433-7776>

SCOPUS AUTHOR ID: 55595635700

Назар КЕВШИН

студент навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9932-8447>

Андрій СЕМЕНЮК

студент навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-3433-9833>

Бібліографічний опис статті: Кевшин, А., Гальян, В., Новосад, О., Кевшин, Н., Семенюк, А. (2025). Особливості проведення лабораторних занять з курсу «Основи електроніки» при вивченні явища резонансів в електричних колах змінного струму. *Фізика та освітні технології*, 1, 39–46, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-5>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ЯВИЩ У ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ ЗМІННОГО СТРУМУ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується широким впровадженням у професійну педагогічну діяльність інформаційних технологій, які забезпечують вихід системи освіти на якісно новий рівень за рахунок ефективного використання електронних освітніх ресурсів. Зростання швидкості зміни наукомістких технологій у галузі електроніки виводить на перший план необхідність реалізації такого навчання електротехнічним дисциплінам, зміст якого полягає не так у передачі знань, а як у підготовці випускників університетів з переважною орієнтацією на розвиток високої професійної компетентності. Вивчення основ електроніки є надзвичайно важливим для майбутніх вчителів, особливо у сучасному світі, де технології швидко розвиваються і активно інтегруються в освітній процес. Майбутній вчитель, знайомий з основами електроніки, краще орієнтується у сучасному технічному середовищі. Це дозволяє йому розуміти принципи роботи електронних пристроїв, які використовую-

ються в освіті (наприклад, інтерактивних дошок, лабораторного обладнання, комп'ютерів), використовувати технології для підвищення ефективності навчання.

Електроніка є важливою складовою STEM-освіти. Майбутні вчителі, які володіють основами цієї дисципліни, можуть організовувати цікаві заняття з елементами робототехніки, програмування або конструювання електронних схем, мотивувати учнів до вивчення технічних наук. Навички роботи з електронікою сприяють розвитку логічного мислення і розуміння причинно-наслідкових зв'язків, здатності вирішувати технічні проблеми та застосовувати знання на практиці.

Сучасний вчитель повинен йти в ногу з часом і знати, як використовувати нові електронні інструменти та пристрої. Наприклад, використання Arduino чи Raspberry Pi для проведення інтегрованих уроків, навчання учнів створенню простих електронних проєктів. Вчителі, які володіють основами електроніки, більш цінні на ринку праці, оскільки можуть виконувати не лише освітню, але й технічну функцію. Вони здатні вести факультативи, гуртки або спецкурси, пов'язані з сучасними технологіями. Базові знання електроніки дозволяють викладати правила безпечного використання електроприладів, запобігати небезпеці та розвивати у дітей свідоме ставлення до роботи з технікою.

Ключові слова: резонанс струмів, резонанс напруг, активний опір, індуктивний та ємнісний опір, електричне коло.

Andriy KEVSHYN

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3581-8852>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422272900

Volodymyr HALYAN

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0066-7174>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422525700

Oleksii NOVOSAD

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9433-7776>

SCOPUS AUTHOR ID: 55595635700

Nazar KEVSHYN

Student of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9932-8447>

Andriy SEMENYUK

Student of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-3433-9833>

To cite this article: Kevshyn, A., Halyan, V., Novosad, O., Kevshyn, N., Semenyuk, A. (2025). Osoblyvosti provedennia laboratornykh zaniat z kursu «Osnovy elektroniky» pry vyvchenni yavlyshcha rezonansiv v elektrychnykh kolakh zminnoho strumu [Features of conducting laboratory lessons from the basics of electronics course when studying the phenomenon of resonances in ac electric circuits]. *Physics and Educational Technology*, 1, 39–46, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-5>

FEATURES OF CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON THE RESEARCH OF RESONANCE PHENOMENA IN ELECTRICAL CIRCUITS OF ALTERNATING CURRENT

The modern stage of education development is characterized by the wide introduction of information technologies into professional pedagogical activity, which ensure the education system reaches a qualitatively new level due to the effective use of electronic educational resources. The increasing speed of change in science-intensive technologies in the field of electronics brings to the fore the need to implement such training in electrical engineering disciplines, the content of which is not so much in the transfer of knowledge, but rather in the preparation of university graduates with a predominant focus on the development of high professional competence. Learning the basics of electronics is extremely important for future teachers, especially in today's world, where technology is rapidly developing and actively integrated into the educational process. A future teacher who is familiar with the basics of electronics is better oriented in the modern technical environment. This allows him to understand the principles of operation of electronic devices used in education (for example, interactive whiteboards, laboratory equipment, computers), to use technology to improve the effectiveness of education.

Electronics is an important component of STEM education. Future teachers who know the basics of this discipline can organize interesting classes with elements of robotics, programming or designing electronic circuits, motivate students to study technical sciences. The skills of working with electronics contribute to the development of logical thinking and understanding of cause and effect relationships, the ability to solve technical problems and apply knowledge in practice.

A modern teacher must keep up with the times and know how to use new electronic tools and devices. For example, using Arduino or Raspberry Pi for integrated lessons, teaching students to create simple electronic projects. Teachers who know the basics of electronics are more valuable in the labor market because they can perform not only an educational but also a technical function. They are able to conduct electives, groups or special courses related to modern technologies. Basic knowledge of electronics allows you to teach the rules of safe use of electrical appliances, prevent danger, and develop a conscious attitude to work with technology in children.

Key words: resonance of currents, resonance of voltages, active Lpir, inductive and capacitive resistance, electric circuit.

Актуальність проблеми. Сучасні діти надзвичайно рано стикаються з електричними явищами та електротехнічними пристроями: освітлювальними та нагрівальними пристроями, засобами для приготування їжі, з електрифікованими іграшками, які їх найбільше цікавлять. Тому вивчення основ електроніки є важливим елементом підготовки сучасних педагогів, адже це дає їм змогу бути інноваційними, технічно грамотними та ефективними у викладанні. Такі знання сприяють не лише професійному зростанню вчителя, але й розвитку сучасних учнів, які живуть у світі технологій.

Мета дослідження – на основі розроблених лабораторних робіт розглянути особливості вивчення явища резонансу струмів та напруг в електричних колах змінного струму.

Виклад основного матеріалу. Головною тенденцією розвитку промисловості в даний час є стрімке зростання кількості електричних та електронних систем, а також сфер їх використання. Усі без винятку галузі народного господарства використовують у процесі роботи електричну енергію, тому якісна підготовка з основ електроніки майбутніх працівників у процесі навчання в ВНЗ є невід’ємним елементом їхньої професійної компетентності, безпосередньо

визначальним конкурентоспроможність випускників на ринку праці.

Основи електротехнічної підготовки бакалаврів галузі знань 01 освіта / Педагогіка, спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки), за освітньою програмою Середня освіта. Природничі науки Волинського національного університету імені Лесі Українки закладаються у процесі вивчення освітнього компоненту «Основи електроніки». Цей курс має на меті ознайомити здобувачів освіти з будовою, ключовими фізичними принципами роботи та практичним застосуванням напівпровідникових приладів та електронних пристроїв, створених на їх основі. Студенти мають можливість вивчити елементи сучасної аналогової та цифрової електроніки, а також основні концепції та схеми, що забезпечують роботу цифрових радіо-, теле- та комп’ютерних систем, і ознайомитися з тенденцією їх розвитку.

Вивчення курсу «Основи електроніки» передбачено на другому році навчання (третьій семестр). Аудиторну частину дисципліни традиційно формують лекційні заняття та лабораторні роботи, решта часу (порядку 3/5 від загального обсягу годин на курс) виділяється на самостійну роботу студентів. Саме

найбільш важливим аспектом при вивченні даного освітнього компонента є виконання лабораторних робіт, на яких здобувачі освіти набувають навички роботи з електрообладнанням та контрольно-вимірювальними приладами, які є необхідними в майбутній професійній діяльності.

Вивчення резонансу струмів і напруг є винятковим результатом для студентів, оскільки це сприяє розумінню ними основ роботи електричних систем. Резонанс є фундаментальним явищем у багатьох електричних і електронних системах, включаючи генератори, фільтри, передавальні лінії та антени. Дане явище активно застосовується в радіотехнічних пристроях, основою яких є коливальні контури – електричні схеми, що включають котушку індуктивності та конденсатор. Якщо реактивні елементи з'єднані послідовно, контур називають послідовним, а у випадку паралельного з'єднання – паралельним (Кевшин, 2018).

Індуктивний та ємнісний опори в колі змінного струму можуть повністю компенсувати один одного, що призводить до резонансу в колі. У стані резонансу опір кола стає виключно активним, напруга і струм перебувають у фазі, а коефіцієнт потужності $\cos\varphi=1$. Резонанс можна досягти, змінюючи частоту джерела, індуктивність, ємність або їх поєднання. Кутова частота ω , за якої виникає резонанс, називається резонансною або власною кутовою частотою ω_0 (Кевшин, 2021).

Резонанс напруг виникає в послідовному RLC-контурі, коли частота ω джерела живлення дорівнює резонансній частоті ω_0 (рис. 1).

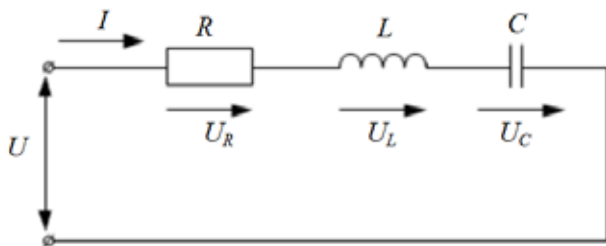


Рис. 1. Послідовне з'єднання активного та реактивних опорів

У цьому випадку індуктивний та ємнісний опори (X_L та X_C) рівні за величиною, але протилежні за знаком, тому їх сума, тобто реактивний опір, стає нульовою:

$$X = X_L - X_C = 0.$$

Оскільки $X_L = \omega L$, а $X_C = \frac{1}{\omega C}$, то:

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}.$$

Отже, резонансна частота буде рівна:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Напруги на котушці U_L і на конденсаторі U_C перебувають у протифазі та взаємно компенсуються (рис. 2).

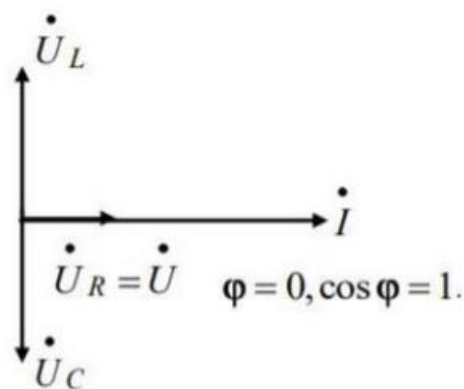


Рис. 2. Векторна діаграма при резонансі напруг

Повний опір контуру зводиться до активного опору R , що призводить до зростання струму в контурі та збільшення напруги на його елементах. Закон Ома для цього випадку набуває форми:

$$I = \frac{U}{R}$$

Якщо активний опір зменшується, струм може значно зрости, а зі збільшенням R струм зменшується, що послаблює ефект резонансу (рис. 3):

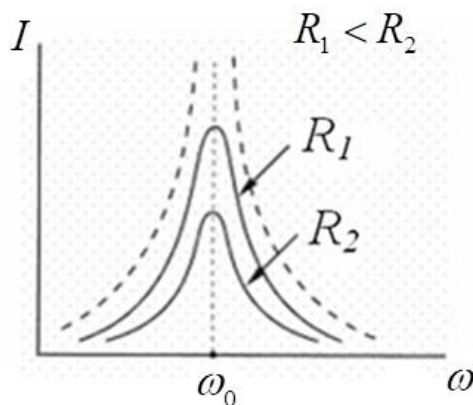


Рис. 3. Вигляд резонансних кривих при різних значеннях активного опору.

При резонансі напруги U_L і U_C можуть значно перевищувати напругу джерела живлення, що створює ризик пошкодження контуру (Співак, 2020).

Резонанс струмів спостерігається в паралельному RLC-колі, де котушка з резистором і конденсатор з'єднані паралельно (рис. 4).

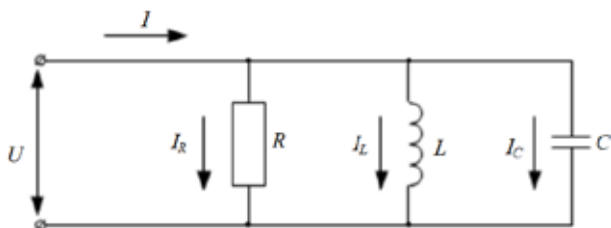


Рис. 4. Паралельне з'єднання активного та реактивних опорів.

У цьому випадку, під час резонансу ємнісна та індуктивна провідності стають рівними:

$$b_C = b_L.$$

Або:

$$\omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L},$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Як видно, формула для резонансної частоти аналогічна до тієї, що застосовується у випадку резонансу напруги.

Векторна діаграма при резонансі струмів зображена на рис. 5. При цьому коло веде себе як таке, що містить тільки активний опір, а обмін реактивною енергією відбувається тільки між котушкою індуктивності і конденсатором, а від генератора в коло поступає лише одна активна енергія, яка поглинається активним опором.

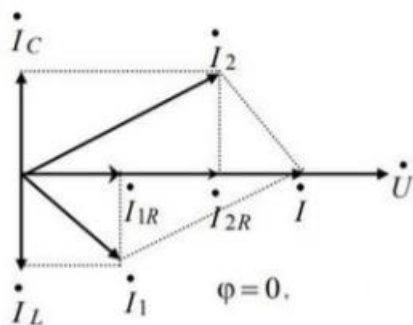


Рис. 5. Векторна діаграма при резонансі струмів

Зсув фаз між повним струмом і напругою в колі рівний нулю ($\varphi=0$), відповідно $\cos\varphi=1$. Струм у нерозгалуженій ділянці кола може бути значно меншим за струми, що протікають у розгалужених вітках, оскільки їхні реактивні складові знаходяться у протифазі.

Для проведення лабораторної роботи з дослідження явища резонансів в електричних колах змінного струму зручно використати панель «Лінійні електричні кола», що входить до стенду «Електротехніка. Основи електроніки УТЛЕ-01» (Кевшин, 2022). Дана панель містить набір котушок індуктивності, конденсаторів та активних опорів різних величин, що дозволяє проводити експерименти при різних значеннях параметрів електричного кола. Можна запропонувати наступну послідовність виконання лабораторної роботи для дослідження режиму резонансу струмів та напруг.

Порядок виконання роботи для дослідження режиму резонансу напруг.

1. Зібрати схему послідовного резонансного контуру, відповідно до рис. 6. Елементи кола вибирати з числа комплектуючих, що входять до стенду «Електротехніка. Основи електроніки УТЛЕ-01». Зовнішній вигляд схеми показано на рис. 7.

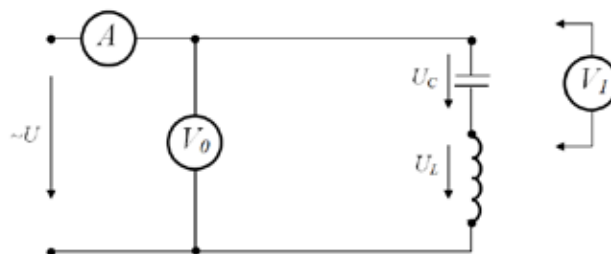


Рис. 6. Схема установки для дослідження резонансу напруг

2. Під'єднайте елементи кола до регульованого джерела синусоїдної напруги JDS6600. Встановіть напругу на виході джерела в межах 5...10 В.

3. Відповідно до вибраних значень L та C теоретично розрахувати резонансну частоту ω_0 .

4. Змінюючи частоту джерела, підберіть режим резонансу напруг по максимальному значенні сили струму у колі. Після цього зніміть ще по п'ять значень для $f=f_{\text{рез}} \pm k\Delta f$, де $k=1-5$, $\Delta f=100$ Гц. Зніміть покази приладів та занесіть відповідні значення у таблицю 1.

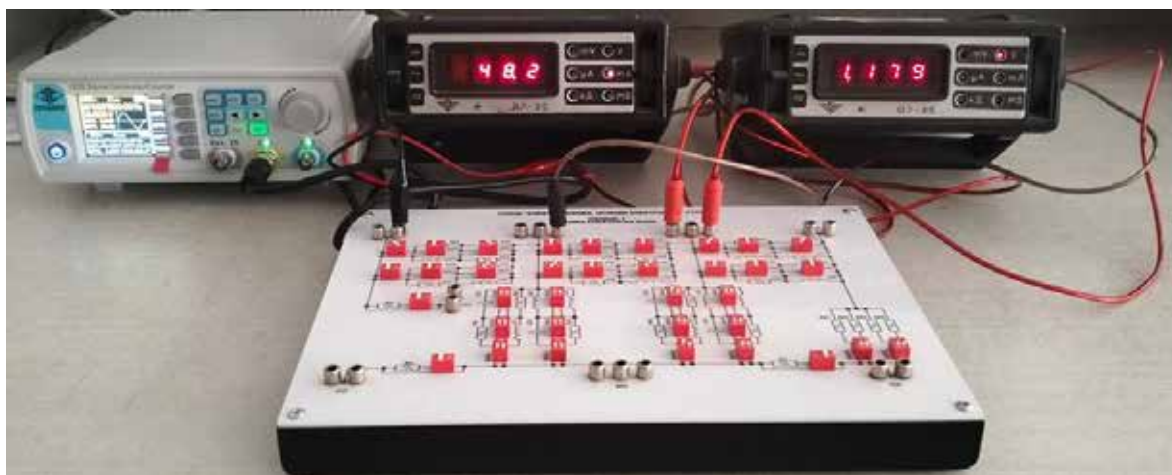


Рис. 7. Зовнішній вигляд установки для дослідження резонансу напруг

Для заповнення стовпців «Обчислено», використайте наступні формули:
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $X_L = \omega L = 2\pi fL$, $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$,
 $Z = \frac{U}{I}$, $\sin \phi = \frac{X_L - X_C}{Z}$, $R = Z \cos \phi$, $S = UI$,
 $P = S \cos \phi = I^2 R$, $Q = S \sin \phi$

5. Порівняйте одержану дослідним шляхом резонансну частоту $f_{\text{рез}}$ з розрахованим теоретичним значенням.

6. За даними таблиці 1 побудуйте графіки залежності $I(f)$, $X_L(f)$, $X_C(f)$, $Z(f)$, $S(f)$, $P(f)$, $Q(f)$.

7. З'єднати послідовно з L та C елементами активний опір R . Зніміть залежність $I(f)$ при постійній напрузі U для двох різних значень R . Побудуйте на одному графіку ці залежності.

Порядок виконання роботи для дослідження режиму резонансу струмів.

1. Зібрати схему послідовного резонансного контуру, відповідно до рис. 8. Елементи кола вибирати з числа комплектуючих, що входять до стенду «Електротехніка. Основи електроніки УТЛЕ-01». Зовнішній вигляд схеми показано на рис. 9.

2. Під'єднайте елементи кола до регульованого джерела синусоїдної напруги JDS6600. Встановіть напругу на виході джерела в межах 5...10 В.

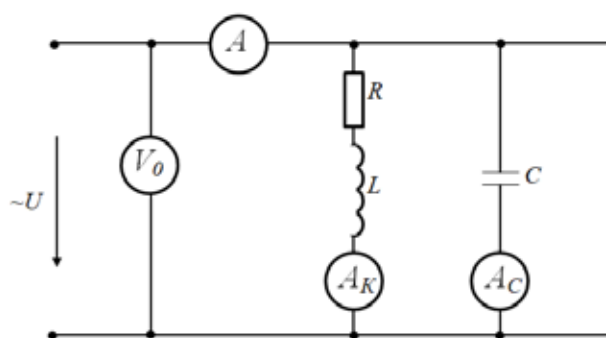


Рис. 8. Схема установки для дослідження резонансу струмів

3. Відповідно до вибраних значень L та C теоретично розрахувати резонансну частоту ω_0 .

4. Змінюючи частоту джерела, підберіть режим резонансу струмів по мінімальному значенні сили струму у колі. Після цього зніміть ще по п'ять значень для $f = f_{\text{рез}} \pm k\Delta f$, де $k=1-5$, $\Delta f = 100$ Гц. Зніміть покази приладів та занесіть відповідні значення у таблицю 2.

Для заповнення стовпців «Обчислено», використайте наступні формули: $B_C = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{\omega C}$,
 $Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{U}$, $B_L = \frac{X_L}{R^2 + X_L^2}$, $B = -B_L + B_C$,
 $G = \frac{R}{R^2 + X_L^2}$, $\phi = \arctg \frac{-B_L + B_C}{G}$.

Таблиця 1

Виміряно					Обчислено							
U , В	f , Гц	I , А	U_R , В	U_C , В	Z , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	j	S , ВА	P , Вт	Q , ВАр	



Рис. 9. Зовнішній вигляд установки для дослідження резонансу струмів.

Таблиця 2

Виміряно					Обчислено					
$U, \text{В}$	$f, \text{Гц}$	$I, \text{А}$	$I_K, \text{А}$	$I_C, \text{А}$	$Y, \text{Ом}^{-1}$	$B_L, \text{Ом}^{-1}$	$B_C, \text{Ом}^{-1}$	$B, \text{Ом}^{-1}$	$G, \text{Ом}^{-1}$	j

5. За даними таблиці 2 побудуйте в одній системі координат графіки залежності $I(f)$, $I_C(f)$, $I_K(f)$.

Висновки. У даній статті розглянуті особливості проведення лабораторних занять з курсу «Основи електроніки» при вивченні явища резонансів в електричних колах змінного струму. Такий вид аудиторної роботи здобувачів освіти є важливим етапом практичного освоєння теоретичних основ електроніки. Проведення лабораторних занять має свої

особливості, які забезпечують ефективне засвоєння матеріалу: формування практичних навичок вимірювання параметрів електричних кіл, розвиток умінь аналізувати та інтерпретувати результати експериментів, поглиблення знань про параметри резонансних кіл (добротність, частота резонансу). Результати проведених досліджень можуть знайти застосування під час викладання курсу «Основи електроніки» або інших технічних дисциплін у закладах вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кевшин А. Г., Галян В. В. Електроніка : конспект лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. 87 с.
2. Кевшин А. Г., Новосад О. В., Федосов С. А. Електротехніка : навч. посіб. Луцьк, 2021. 127 с.
3. Співак В.М., Гуржий А.М., Нельга А.Т., Ітякін О.С. Загальна електротехніка і основи електроніки: навчальний посібник. Київ : КПІ, 2020. 266 с.
4. Кевшин А., Галян В., Третяк А., Артюх Ю., Шафарчук В., Никифоров О., Куршель Д. Використання практичних та лабораторних занять під час вивчення складних лінійних електричних кіл постійного струму в курсі електротехніки. *Фізика та освітні технології*. 2022. № 1. С. 27–33.

REFERENCES:

1. Kevshyn, A. H., & Halian, V. V. (2018). *Elektronika: konspekt leksii* [Electronics: Lecture notes]. Lutsk: Vezha-Druk.
2. Kevshyn, A. H., Novosad, O. V., & Fedosov, S. A. (2021). *Elektrotekhnika: navchalnyi posibnyk* [Electrical engineering: Textbook]. Lutsk.

3. Spivak, V. M., Hurzhii, A. M., Nelha, A. T., & Itiakin, O. S. (2020). *Zahalna elektrotehnika i osnovy elektroniky: navchalnyi posibnyk* [General electrical engineering and basics of electronics: Textbook]. Kyiv: KPI.
4. Kevshyn, A., Halian, V., Tretiak, A., Artiukh, Yu., Shafarchuk, V., Nykyforov, O., & Kurshel, D. (2022). Vykorystannia praktychnykh ta laboratornykh zaniat pid chas vyvchennia skladnykh liniinykh elektrychnykh kil postiinoho strumu v kursi elektrotehniky [Use of practical and laboratory classes in the study of complex DC linear electrical circuits in the electrical engineering course]. *Fizyka ta osviti tekhnolohii – Physics and Educational Technologies*, (1), 27–33.