

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДО ВИВЧЕННЯ ЗМІННОГО СТРУМУ

Віктор Вовкотруб

Впровадження цифрових вимірювальних засобів до вивчення змінного струму забезпечує порівняно повне, ефективне і якісне експериментальне відтворення навчального матеріалу і його прикладної спрямованості.

Introduction of digital measuring facilities to the study of alternating current provides the complete, effective and high-quality experimental recreation of bases of educational material and his applied orientation is comparative.

Комплексний підхід до розв'язання завдань фізичної освіти в школах України та відповідності змісту і методів навчання шкільного курсу фізики дидактичним принципам та нормам й вимогам ергономіки визначає важливість і доцільність широкого впровадження сучасних цифрових вимірювань у навчальний фізичний експеримент. За цих обставин успішно реалізується ефективність і якість розв'язання ряду проблем у методиці навчання фізики: забезпечення читабельності експериментальних установок; відповідності змісту і методів виконання експериментальних завдань основній меті; позбавлення навчального фізичного експерименту громіздких другорядних завдань щодо визначення окремих фізичних величин через прямі їхні вимірювання; посилення практичної спрямованості експерименту і ряд інших [2].

При вивченні фізики в старшій школі учні опановують інформацію про електричну ємність, яку складають порівняно повна і завершена система питань.

Поняття ємності й одиниці її вимірювання виводяться на основі співвідношення $C = \frac{q}{\varphi}$

. Для ємності плоского конденсатора дається формула $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$, а для з'єднання конденсаторів: паралельного - $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$; послідовного - $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$. Також дається формула розрахунку енергії електричного поля

між пластинами конденсатора $W_e = \frac{CU^2}{2}$, або $W_e = \frac{q^2}{2C}$ та густини енергії однорідного

електричного поля $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$. Винятком є ознайомлення з процесами заряджання і розряджання конденсатора, проте з останньою інформацією учні знайомляться в процесі підготовки і виконання роботи фізичного практикуму «Дослідження розряджання конденсатора і вимірювання його електроємності» [4, с. 98-99].

За аналогією у старшій школі вивчається і поняття індуктивності. Варто відмітити доцільність введення її на основі співвідношення $L = \frac{\Phi}{I}$. Аналогічно до визначення ємності плоского конденсатора необхідно ввести формулу для розрахунку

індуктивності соленоїда $L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} S$. Знайомляться і з формулами розрахунку енергії

однорідного магнітного поля $W_m = \frac{LI^2}{2}$ та густини енергії однорідного магнітного

поля $w = \frac{1}{2\mu_0 \mu} B^2$. Таким чином вивчення індуктивності також складає порівняно завершену систему.

Такий обсяг інформації про ємність і індуктивність необхідний для формування порівняно цілісних уявлень про процеси, пов'язані зі змінним електричним струмом і змінним електромагнітним полем, забезпечуючи вирішення питань практичної спрямованості навчального матеріалу, а також розв'язання завдань політехнічної освіти в процесі навчання фізики.

Вагоме значення тут має і належне експериментальне відображення навчального матеріалу, враховуючи і відповідність дидактичним принципам навчання, зокрема, принципу науковості, невід'ємним чинником якого є виконання навчального

експерименту з обладнанням, виготовленим на сучасній елементній базі, бо зміст і методи виконання навчального експерименту мають бути спрямованими на формування практичних умінь, характерних перспективністю в подальшій діяльності.

Тенденціями удосконалення навчального фізичного експерименту є впровадження прямих вимірювань фізичних величин, в тому числі і цифрових вимірювальних приладів. Для виконання експериментальних завдань учнями запропонований шкільний мультиметр ММЦ-01. Він забезпечує вимірювання напруги і сили струму та активного опору. В порівнянні з поширеними побутовими моделями, наприклад, типу DT 832, ця навчальна модель є не досконалою при вимірюванні різних величин: клавішне перемикачання, відсутність блокування за невідповідності режиму використання тощо.

Останніми роками арсенал побутових мультиметрів помітно розширився через поповнення новими моделями, які окрім тих функцій, що виконують вже перелічені дві моделі, вони використовуються для вимірювання температури, ємності, індуктивності, а також частоти електромагнітних коливань. Так мультиметром типу DT890B⁺ окрім вимірювання напруги і сили постійного та змінного струму можна вимірювати і ємність до 20 мФ. Мультиметром типу ХВ-868 можна вимірювати і частоту змінного струму. Для вимірювання індуктивності варто мати мультиметр типу JT-168. В останньому закладені і функції, визначені для інших названих мультиметрів, проте межі вимірювання менші, особливо це суттєве для вимірювання ємності.

Впровадження мультиметрів для виконання навчальних експериментальних завдань має ряд специфічних особливостей. Так на відміну від правил використання аналогових вимірювальних приладів, які вимагають дотримання полярності ввімкнення і відповідних меж вимірювання, для мультиметрів з урахуванням їх багатофункціональності необхідно ще й виконати ввімкнення провідників у потрібні гнізда, встановити перемикач функцій в положення вимірювання потрібної фізичної величини з визначеною межею. У цілому вибір рішень при виконанні таких дій перевищує допустимі ергономічні норми – не більше трьох варіантів [1]. А приймаючи до уваги, що завдання в роботах фізичного практикуму складають вимірювання не однієї фізичної величини, то відповідно потребує розв'язання проблема обмеження кількості таких маніпуляцій з підготовкою кожного мультиметра до вимірювань. Включення до інструкцій для виконання лабораторних робіт відомостей і завдань щодо правил використання кожного мультиметра, виконання тренувальних завдань щодо формування навичок використання і, особливо, необхідність і тривалість ретельної перевірки вчителем чи лаборантом кожної експериментальної установки до ввімкнення струму потребує витрат більшої частини уроку і виконання переважної частини завдань, не визначених метою лабораторної роботи. За умов нехтування такими заходами і вимогами ці нові мультиметри псуються і стають не придатними до ремонту, аналогічно як і шкільні тестери типу АВО-63 та ін.

Для розв'язання такої проблеми нами запропоновано впровадження цифрових вимірювальних приладів в лабораторний експеримент через розробку лабораторних вимірювальних полігонів, зібраних окремими модулями на базі одного чи кількох мультиметрів. Варіант такого полігону для вимірювань в колах постійного струму нами раніше описаний [2]. В таких модулях кожний мультиметр встановлюється в один певний режим вимірювань. На панель керування виведені гнізда для ввімкнення джерела струму і споживача, а також вимикачі живлення до кожного мультиметра. Варто прийняти до уваги і ті обставини, що табло мультиметрів виготовлене на базі рідкокристалічних індикаторів і розташоване в горизонтальній площині. Для спостереження за показаннями табло експериментатор вимушений низько нахилитись над приладом, а якщо останній розташований ближче до віддаленого краю стола – то і

вставати. Відповідно в полігонах чи полях розташування мультиметрів має здійснюватись у сагітальній площині, зручній для спостереження без переміщень тулуба.

Проектуючи аналогічний модуль до лабораторних робіт для вивчення змінного струму, нами враховано багатофункціональність мультиметрів, а тому передбачено зручний і швидкий доступ вчителя і лабораторна до органів керування кожного мультиметра і налаштування їх для визначених функцій за змістом певного експериментального завдання. Для цього передбачено або знімання частини верхньої панелі полігону, під якою розташовані перемикач і гнізда, або зручне видалення мультиметра з корпусу. Після виконання комутації провідників у відповідні гнізда і перемикач у необхідний режим вимірювань названі елементи знову закривають, чи встановлюють мультиметр в полігон. Разом з тим варто врахувати, що в окремих типів мультиметрів вимикач живлення встановлений близько біля табло. Тому доцільно забезпечити доступність до нього для експериментатора. За відсутності біля табло мультиметрів таких вимикачів останні встановлюють на панелі полігону чи поля близько біля табло відповідного мультиметра. Таким чином не зменшено показник універсальності і комплексності використання мультиметрів, а обмеження роботи учнів окремими маніпуляціями, забезпечено норми ергономічних вимог і показників, а також змісту лабораторної роботи від завдань, не передбачених метою.

Роз'єми, що встановлюються на полігоні і з'єднані з вхідними гніздами мультиметрів, специфічні для кожного мультиметра, чи для виконання вимірювання певної фізичної величини: напруги, сили струму, ємності, індуктивності, частоти, часу, температури. Маркування виконуються відповідно до виконаних конструктивних форм: у першому варіанті на частині панелі, що знімається, встановлюється табличка з позначенням фізичної величини і межами вимірювань; в другому варіанті необхідні позначення розташовують біля відповідних роз'ємів. Таким чином кількість вибору варіантів вирішень в точках розгалуження обмежено лише двома варіантами, а відповідно до вимог ергономічних показників забезпечено правильність увімкнення приладу до електричного кола.

Відповідно до наведеним вище обставин до вивчення у курсі фізики питань змінного струму в старшій школі нами модернізовано програму і зміст низки експериментальних завдань. Зокрема, запропоновані доповнення, зміни змісту виконання варіантів лабораторних робіт на базі набірного поля «Школяр» [5].

До завдань лабораторної роботи «Вимірювання опору конденсатора в колі змінного струму» першочерговими запропоновано вимірювання мультиметром ємності двох конденсаторів: кожного окремо та з'єднаних послідовно і паралельно, а в вже потім - їх опору в колі змінного струму. Згодом порівнюють результати, визначені за експериментом і розраховані за формулою.

До лабораторної роботи «Вимірювання індуктивності котушки в колі змінного струму» окрім першочергового прямого вимірювання мультиметром індуктивності запропоновано ще й вимірювання активного опору кожної з двох котушок окремо та з'єднаних послідовно і паралельно. За відсутності необхідної кількості мультиметрів для вимірювання індуктивності радимо заздалегідь виконати такі вимірювання і виправити не правильні позначення на відповідних модулях. За результатами вимірювань і розрахунків роблять висновки, в яких характеризують причини розбіжностей між значеннями одних і тих величин, одержаних різними способами.

Після виконання розглянутих робіт в запропонованому нами варіанті відпадає необхідність у постановці лабораторної роботи «Дослідження електричних схем з індуктивним, ємнісним та активним елементами і визначення параметрів цих елементів». За виконання прямих вимірювань мультиметрами активного опору, ємності

та індуктивності розвантажується завдання лабораторної роботи «Вивчення закону Ома для кола змінного струму». Її завдання обмежується визначенням повного опору кола за результатами прямих вимірювань індуктивності, ємності та активного опору, а також за напругою і силою струму.

Наявність мультиметра для вимірювання частоти електромагнітних коливань в колі (наприклад, 868) розширює зміст роботи практикуму «Складання і випробування генератора прямокутних імпульсів». Нами описаний варіант такої роботи і саморобне обладнання для неї [1, с. 236-237]. Якщо в батарею конденсаторів вмістити конденсатори ємностей 1, 2, 5, 50, 100 і 500 мікрофард, то таким чином забезпечується генерування широкого діапазону електромагнітних коливань. Спалах світлодіода на виході генератора дозволяє візуально переконатись у функціонуванні мультивібратора на частотах в кілька герц. Значно вищі звукові частоти не лише фіксуються, а й вимірюються мультиметром. Лабораторна установка для такої роботи, зібрана на базі саморобних модулів: модуля логічних елементів «І», лабораторного модуля батареї конденсаторів, змінного резистора і мультиметра для вимірювання частоти коливань, наведена на рис. 1.

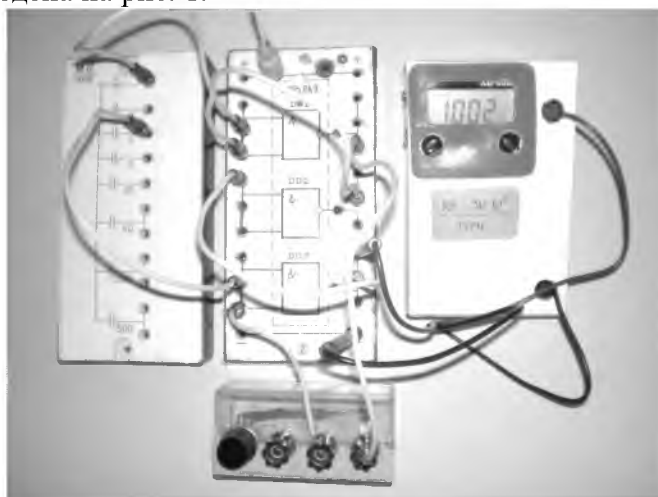


Рис. 1.

За умов наведення в теоретичних відомостях до лабораторної роботи формули для визначення частоти слідування імпульсів

$$\nu = \frac{1}{3RC},$$

зміст роботи доповнюється завданням перевірки формули, або розрахунками і складанням генератора для генерування імпульсів заданої частоти, для чого перелік обладнання мають складати і мультиметри для вимірювання активного опору резистора і ємності конденсатора.

У роботі фізичного практикуму «Вивчення резонансу в електричному коливальному контурі» з використанням мультиметрів для вимірювання частоти струму, індуктивності і ємності зібраний генератор використовується як джерело змінного електричного струму. Прямі вимірювання ємності конденсатора та індуктивності котушки, а також зміна і вимірювання частоти підведеного струму дозволяє окрім спостереження явищ резонансу струму і напруги перевірити кількісно співвідношення між резонансною частотою, ємністю конденсатора та індуктивністю котушки

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

Лабораторна установка, зібрана на основі набірних полів «Школяр», наведена на рис. 2.

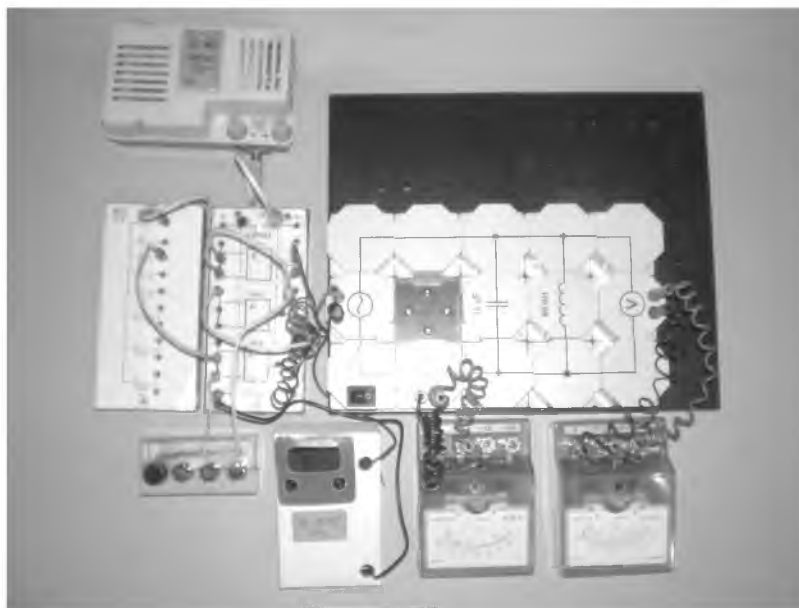


Рис. 2.

У класах фізико-математичного профілю можливе виконання експериментальних завдань щодо дослідження резонансу напруги з метою розрахунку та експериментальної перевірки співвідношення між напругою прикладеною до кола U_d , і напругою на котушці індуктивності і конденсаторі в колі U_p :

$$\frac{U_p}{U_d} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Вагоме значення відіграють прямі вимірювання в процесі виконання завдань прикладного спрямування, наприклад, розрахунку і складання реле часу [3], дослідження роботи індуктивного датчика [1, с. 252-257] тощо. Доукомплектування лабораторних набірних полів комплектами мультиметрів для вимірювання кожної фізичної величини забезпечить виконання більшості завдань фронтально, що досить актуально і суттєво для підготовки випускників школи до незалежного тестування з фізики. Разом забезпечується посилення практичної спрямованості і професійної зорієнтованості змісту робіт фізичного практикуму.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вовкотруб В.П. Ергономіка навчального експерименту: Для студентів, вчителів і викладачів фізики. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2005. – 310 с.
2. Вовкотруб В.П., Ментова Н.О., Подопрігора Н.В. Вступ до навчального фізичного експерименту. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 155 с.
3. Ментова Н.О. Експеримент при вивченні електроємності в школі /
4. Фізика та астрономія в школі.- 2007.- №5-6.- с.36-39
5. Практикум з фізики в середній школі: Дидакт. матеріал: Посібник для вчителя / Л.І.Анциферов, В.О.Буров, Ю.І.Дік та ін.; За ред.. В.О.Булова, Ю.І.Діка.. – К.: Рад. шк., 1990. – 176 с.
6. Прокопенко М.М. Опис лабораторних занять з набірним полем «Школяр». – Житомир, 2005. – 76 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Вовкотруб Віктор Павлович – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка.

Наукові інтереси: ергономіка навчального фізичного експерименту.