

Д.В. МОСЬПАН, О.О. ЮРКО  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ КОТУШКИ ІНДУКТИВНОСТІ ЗАСОБАМИ LABVIEW

У статті розглянуто актуальну проблему створення сучасного лабораторного практикуму з фізики в умовах дистанційного та змішаного навчання, коли відсутність доступу до реального експериментального обладнання потребує використання віртуальних засобів для моделювання фізичних процесів. Показано, що більшість існуючих симуляторів електричних і магнітних полів, зокрема *Ansys Electronics Desktop* та *Finite Element Method Magnetism (FEMM)*, орієнтовано на підготовлених користувачів, мають складний інтерфейс і вимагають більш поглибленої підготовки, що ускладнює їх використання на початкових етапах вивчення фізики. Для підвищення наочності навчального процесу та формування практичних компетентностей здобувачів освіти запропоновано використання програмного середовища *LabVIEW*, яке поєднує можливості графічного програмування, візуалізації результатів і створення інтерактивних віртуальних приладів.

У межах дослідження розроблено віртуальний прилад для моделювання магнітного поля витка зі струмом і котушки індуктивності, що ґрунтується на законі Біо – Савара – Лапласа. Реалізовано алгоритм дискретизації витка на елементи струму з подальшим обчисленням координатних складників вектора магнітної індукції у вибраній точці простору. Забезпечено автоматичне побудування ліній магнітного поля котушки з довільною кількістю витків, симетричне відображення результатів відносно осей координат, а також можливість інтерактивного дослідження напрямку вектора магнітної індукції за допомогою введення координат або вибору точки курсором миші у графічному полі.

Розроблений віртуальний прилад може використовуватися як демонстраційний матеріал на лекціях і практичних заняттях, а також як складова частина лабораторного практикуму з фізики в умовах дистанційного навчання. У подальшому планується інтеграція програми з триосьовим MEMS цифровим магнітометром для експериментального підтвердження теоретичних результатів і розширення функціональних можливостей системи.

**Ключові слова:** магнітне поле, котушка індуктивності, моделювання, віртуальний прилад, *LabVIEW*, магнітометр.

D.V. MOSPAN, O.O. YURKO  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

## MODELING AND VISUALIZATION OF THE MAGNETIC FIELD OF AN INDUCTIVE COIL USING LABVIEW

The article considers the urgent problem of developing a modern laboratory practicum in physics under conditions of distance and blended learning, when the lack of access to real experimental equipment requires the use of virtual tools for modeling physical processes. It is shown that most existing simulators of electric and magnetic fields, in particular *Ansys Electronics Desktop* and *Finite Element Method Magnetism (FEMM)*, are intended for trained users, have a complex interface, and require deeper preparation, which complicates their use at the initial stages of studying physics. In order to increase the clarity of the educational process and to form practical competencies of students, the use of the *LabVIEW* software environment is proposed, which combines the capabilities of graphical programming, visualization of results, and the creation of interactive virtual instruments.

Within the framework of the study, a virtual instrument was developed for modeling the magnetic field of a current-carrying loop and an inductive coil based on the Biot – Savart – Laplace law. An algorithm for discretizing the loop into current elements with subsequent calculation of the coordinate components of the magnetic induction vector at a selected point in space has been implemented. Automatic construction of magnetic field lines of a coil with an arbitrary number of turns, symmetrical reflection of results relative to the coordinate axes, as well as the possibility of interactive investigation of the magnetic induction vector direction by entering coordinates or selecting a point with the mouse cursor in the graphical field, have been provided.

The developed virtual instrument can be used as a demonstration tool during lectures and practical classes, as well as a component of a physics laboratory practicum under distance learning conditions. In the future, it is planned to integrate the program with a three-axis MEMS digital magnetometer to experimentally confirm the theoretical results and to expand the functional capabilities of the system.

**Key words:** magnetic field, inductive coil, modeling, virtual instrument, *LabVIEW*, magnetometer.

### Постановка проблеми

В умовах дистанційного навчання постає проблема розроблення лабораторного практикуму з проведення фізичного експерименту [1]. Для дослідження та моделювання електричних процесів та кіл існує багато симуляторів різного ступеня складності, але більшість із них має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і не потребує ретельного вивчення програми та значної кількості початкових налаштувань для симуляції процесів у простих електричних колах.

Програми для моделювання магнітних процесів та полів більш складні для опанування і для здобувачів освіти першого курсу (оскільки для більшості технічних спеціальностей освітня компонента «Фізика» викладається на першому курсі), це є проблематичним.

Тому виникає потреба у створенні програми для демонстрації та вивчення магнітних полів із доступним інтерфейсом та наочними розрахунками на основі використання класичних формул фізичних законів із розділу магнетизму. Як зазначалося раніше у [2], для візуалізації фізичних процесів у поєднанні з можливостями створення зручного інтерфейсу користувача зручно застосовувати програмне середовище Labview.

Окрім того, простота використання графічного програмування та концепції віртуальних приладів Labview дає змогу ставити ці завдання для здобувачів старших курсів. Таким чином, можливість самостійного дослідження фізичних законів шляхом візуалізації розрахунків сприяє кращому розумінню фізичних процесів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для моделювання електромагнітних молів існує доволі значна кількість програмних продуктів, наприклад Ansys Electronics Desktop та Finite Element Method Magnetics (FEMM). Дані програми розв'язують широке коло задач із розрахунку магнітних, електричних та теплових полів. Більшість програм використовує метод кінцевих елементів для моделювання фізичних полів, що не дає наочності застосування фізичних законів. Можливості для самостійного моделювання та візуалізації фізичних процесів були опубліковані авторами у серії статей [2–4]. Тож виникає необхідність у створенні відповідної програми з покроковими детальними описами послідовності дій для можливості здобувачами відтворення та розв'язання аналогічних завдань у програмному середовищі Labview.

### Мета дослідження

Метою роботи є створення віртуального приладу в програмному середовищі Labview [5–7] для дослідження та візуалізації магнітного поля витків зі струмом для використання як демонстраційного матеріалу та в лабораторному практикумі.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Створимо віртуальний прилад (ВП) для моделювання магнітного поля витка зі струмом та котушки індуктивності. Розглянемо виток зі струмом, що розташований у площині XOY радіусом  $R$ . Розіб'ємо виток на  $N$  дискретних елементів струму  $dl$ . Довжина такого елемента буде дорівнювати  $dl = R \cdot d\alpha$  довжині дуги з кутом  $d\alpha = 2\pi / N$ .

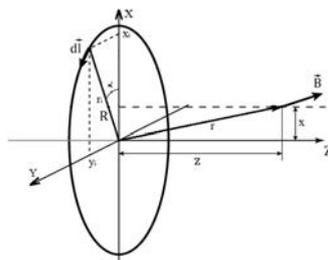


Рис. 1. Розташування витка зі струмом у просторі

Проекція вектора  $dl$  на осі координат:

$$dl_x = -dl \cdot \sin \alpha, \quad dl_y = dl \cdot \cos \alpha, \quad dl_z = 0, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – кут між радіус вектором  $\vec{r}_i$ , що з'єднує даний елемент струму з центром витка. Проекція цього вектора на осі координат:

$$x_i = r_i \cdot \cos \alpha, \quad y_i = r_i \cdot \sin \alpha, \quad z_i = 0. \quad (2)$$

Розглянемо точку А, що знаходиться в площині XOZ. Вона з'єднується радіус вектором  $\vec{r}_A$  з початком координат. Проекції вектора на осі:  $x_A, y_A = 0, z_A$ . Магнітне поле  $B_A$ , що утворюється в даній точці А витком зі струмом, можна розглядати як векторну суму всіх складників, що вносяться від окремих елементів струму витка  $\Delta B_i$ :

$$\begin{aligned} \vec{B}_A &= \sum_{i=1}^N \Delta \vec{B}_i = \sum_{i=1}^N (\vec{B}_{xi} + \vec{B}_{yi} + \vec{B}_{zi}), \\ \vec{B}_{xi} &= \sum_{i=1}^N \Delta B_{xi}, \quad \vec{B}_{yi} = \sum_{i=1}^N \Delta B_{yi}, \quad \vec{B}_{zi} = \sum_{i=1}^N \Delta B_{zi} \end{aligned} \quad (3)$$

– координатні складників векторної суми, що визначаються за законом Біо – Савара – Лапласа з векторного добутку радіус-векторів  $I \vec{dl} \times (\vec{r}) = I \vec{dl} \times (\vec{r}_A - \vec{r}_i)$ :

$$\Delta B_{xi} = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl_y (z_A - z_i) - dl_z (y_A - y_i)}{|r|^3}, \quad (4)$$

$$\Delta B_{yi} = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl_z (x_A - x_i) - dl_x (z_A - z_i)}{|r|^3}, \quad (5)$$

$$\Delta B_{zi} = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl_x (y_A - y_i) - dl_y (x_A - x_i)}{|r|^3}, \quad (6)$$

де  $|r|^3 = ((x_A - x_i)^2 + (y_A - y_i)^2 + (z_A - z_i)^2)^{3/2}$ .

Відповідні перетворення оформлено окремим віртуальним приладом (рис. 2), який розраховує складники індукції магнітного поля (позначені як виходи  $B_x, B_y, B_z$ ) у заданій точці простору А у площині XOZ, що вноситься витком зі струмом.

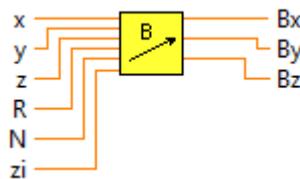


Рис. 2. Позначення ВП для розрахунку координатних складників поля

Вхідними параметрами приладу є: радіус витка зі струмом R, кількість N дискретних елементів струму на витку, координата центра витка  $z_i$  на осі OZ (за замовченням  $z_i = 0$ ) та координати точки А(x, y, z), у якій знаходиться магнітне поле.

Перебирання елементів струму за колом витка відбувається у циклі for із заданою кількістю ітерацій N. При цьому змінюється значення кута  $\alpha$ , радіус вектора  $\vec{r}_i$ , що з'єднує елемент струму із центром витка:

$$0 \leq i \cdot 2\pi / N \leq 2\pi (N - 1) / N.$$

Відповідні формули записано у Formula Node. Після відпрацювання циклу маємо три матриці з координатних компонентів магнітного поля (4, 5, 6) від кожного елемента струму витка. Суму складників за координатами (3) отримаємо елементом  $\Sigma$ .

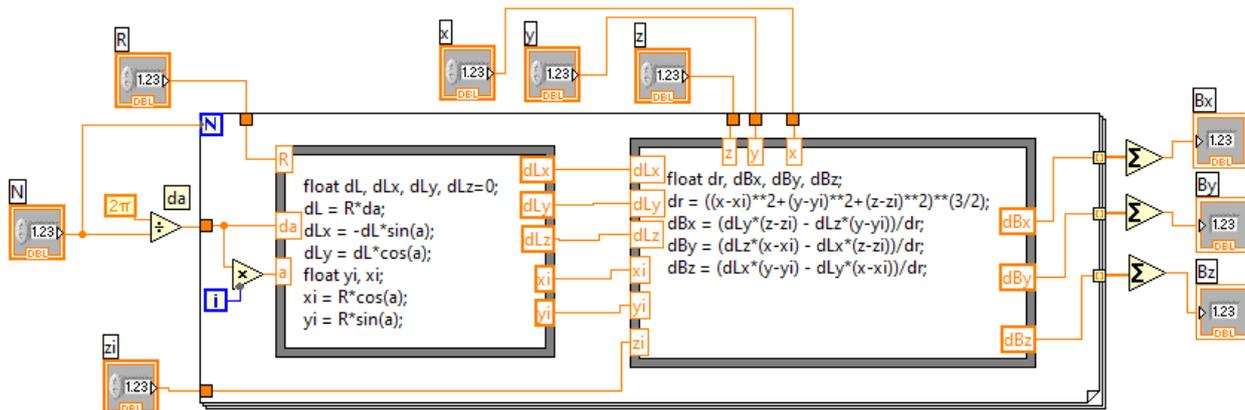


Рис. 3. Блок-діаграма ВП для розрахунку складників індукції магнітного поля від витка зі струмом у заданій точці простору

За наявності  $N_v$  витків котушки індуктивності їх зручно розташовувати симетрично до площини  $XOY$ . Тоді координати центра  $k$ -го витка котушки, що розташований на осі  $Z$ :

$$z_k = L / 2 - k \cdot dl, \tag{3}$$

де  $L = (N_v - 1) \cdot dl$  – довжина котушки,  $dl$  – крок витків (відстань між витками),  $k = 0 \dots (N_v - 1)$  – номер витка котушки.

Кожен виток котушки буде вносити свої складники поля задану точку  $A$ . Отже, усі попередні розрахунки необхідно повторити  $N_v$  разів (для кожного витка), змінюючи при цьому координати центра  $z_k$  (3). Відповідні операції виконуються у внутрішньому циклі For (рис. 4) з використанням створеного ВП (рис. 2). Після виконання циклу отримані матриці координатних компонентів від кожного витка додаються за допомогою елемента  $\Sigma$ .

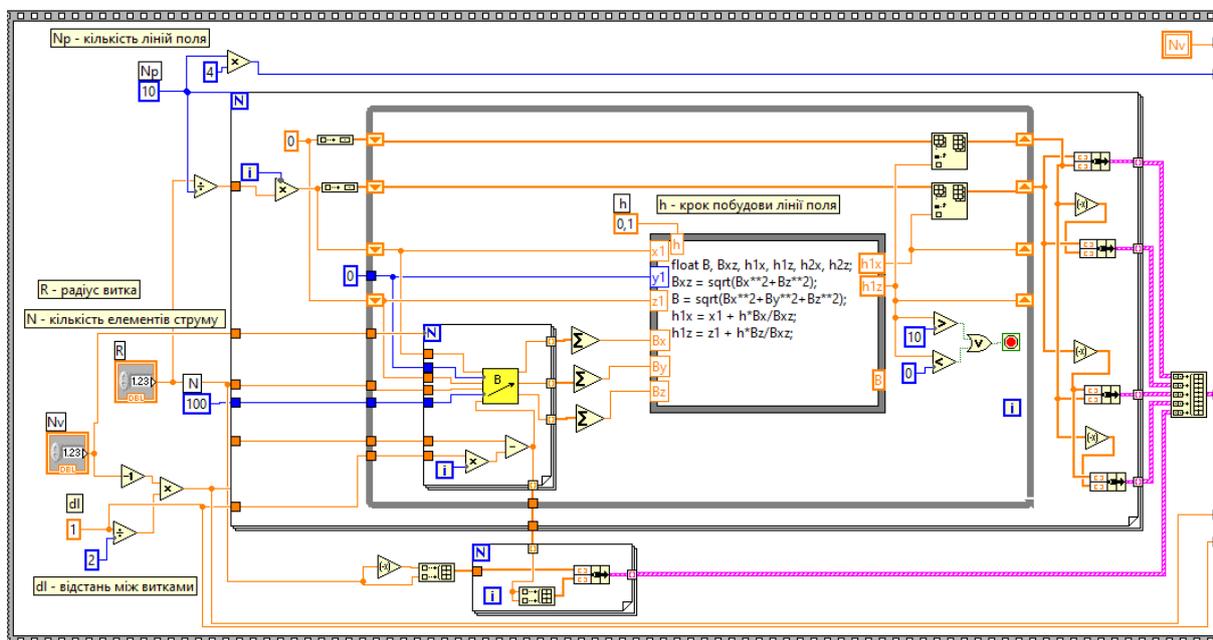


Рис. 4. Фрагмент блок-діаграми для побудови ліній магнітного поля котушки

Значення координатних компонентів використовуються для отримання напрямних синусів та косинусів, що потрібні для розрахунку наступних координат лінії магнітного поля. Так,

для даної точки  $(x_1, z_1)$  розраховується вектор  $B$ , і в його напрямку відкладається невеликий відрізок довжиною  $h$ , і отримується наступна точка лінії поля з координатами:

$$h_{1x} = x_1 + h \frac{B_x}{B_{xz}}, \quad h_{1z} = z_1 + h \frac{B_z}{B_{xz}},$$

де  $B = B_{xz} = \sqrt{B_x^2 + B_z^2}$  – довжина вектора індукції магнітного поля в площині  $XOZ$  ( $B_y = 0$ ).

Відповідні розрахунки координат лінії поля виконуються у Formula Node. Величина  $h = 0,1$  прийнята в умовних одиницях поля графіка. Дані операції розміщені всередині умовного циклу While, який забезпечує розрахунок координат однієї лінії поля у першій чверті площини  $XOZ$ . Умови завершення циклу такі: вихід координати  $z$  за межі поля графіка (прийнято  $z > 10$ ) та перехід  $z$  у четверту чверть  $XOZ$  ( $z < 0$ ). Координати лінії  $x$  та  $z$  для збереження заносяться до Shift Register на рамці циклу. Початкові координати точки лінії знаходяться на осі  $X$  всередині витків котушки і можуть мати значення від 0 до  $R$ :

$$z_0 = 0, \quad x_i = i \frac{R}{Np},$$

де  $Np$  – кількість ліній магнітного поля (відносно осі симетрії котушки),  $i = 0 \dots (Np - 1)$  – порядковий номер лінії поля.

Для можливості побудови  $Np$  ліній поля використовується зовнішній безумовний цикл For. Оскільки вісь котушки знаходиться на осі  $Z$  і вона дзеркально відображається відносно осі  $OX$ , то лінії поля мають симетричне відображення по чвертях, і для побудови достатньо змінити відповідні знаки координат із першої чверті. Це виконується за циклом While перед групуванням відповідних матриць координат у кластери для побудови графіків. Відповідно, маємо чотири кластера координат для чотирьох чвертей та кластер для відображення відрізків, що відповідають виткам котушки (формується у нижньому циклі For з рис. 4). На останньому етапі всі кластери об'єднуються в матрицю.

Усі описані вище дії згруповані в кадр Flat Sequence Structure. У наступному кадрі (рис. 5) за допомогою Property Node для графіка відбувається призначення білого кольору лініям поля та зеленого кольору і збільшеної товщини відріzkам витків котушки. У цьому ж кадрі виконуються побудови за допомогою XY Graph. Приклад отриманого зображення магнітного поля для котушки з 10 витками наведено на рис. 6.

Необхідність розбиття на кадри зумовлена виникненням помилки, що з'являється у разі, коли відбувається порушення послідовності дій, а саме: спроба зміни властивостей графіка через Property Node до того, як цей графік ще взагалі не сформований.

Для додаткового дослідження магнітного поля котушки передбачено можливість самостійно задати координати точки для розрахунку вектору магнітної індукції. При цьому на графіку магнітного поля котушки з'являється зображення відрізка, що виходить із заданої точки та показує напрямок вектору  $B$ . Організація обчислень аналогічна до рис. 4, але має спрощену структуру, оскільки проводяться розрахунки  $B$  лише для однієї точки, а не для лінії поля. Координати можна задавати для будь-якої чверті площини  $XOZ$ .

Також створено додатковий варіант дослідження: за переходу до вкладки «Обрати мишею» з'являється поле Picture, де можна водити курсором миші та переміщувати відповідний вектор  $B$  по полю графіка. Координати курсора миші зчитуються за допомогою Property Node поля Picture. При цьому пікселі поля Picture ( $106 \times 106$ ) перераховуються до координат поля графіка. Розмір поля графіка за віссю  $Y$  фіксований і має розмах  $\pm 10$ , а за віссю  $X$  може динамічно змінювати свій розмір залежно від кількості вибраних витків котушки. Отже, межові значення шкали за віссю  $X$  зчитуються за допомогою вузла Property Node: XScale.Minimum та XScale.Maximum. Відповідні перетворення наведено на рис. 5 у полі структури Case Structure у вікні «Обрати мишею».

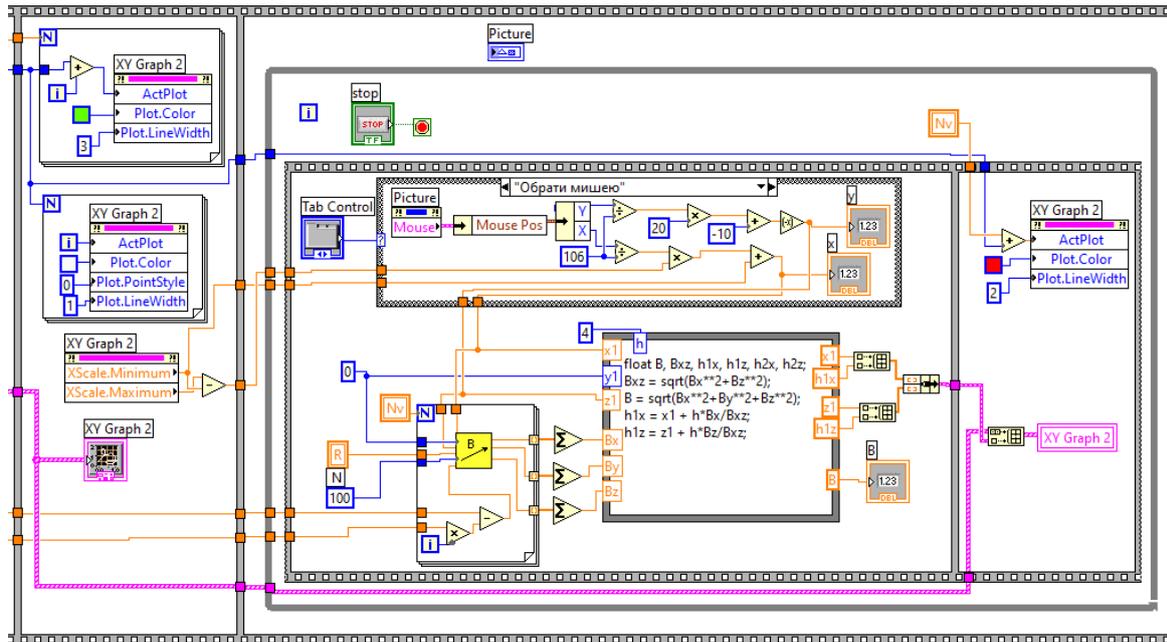


Рис. 5. Фрагмент блок-діаграми для завдання властивостей графіка та розрахунку магнітного поля котушки у вибраній точці простору

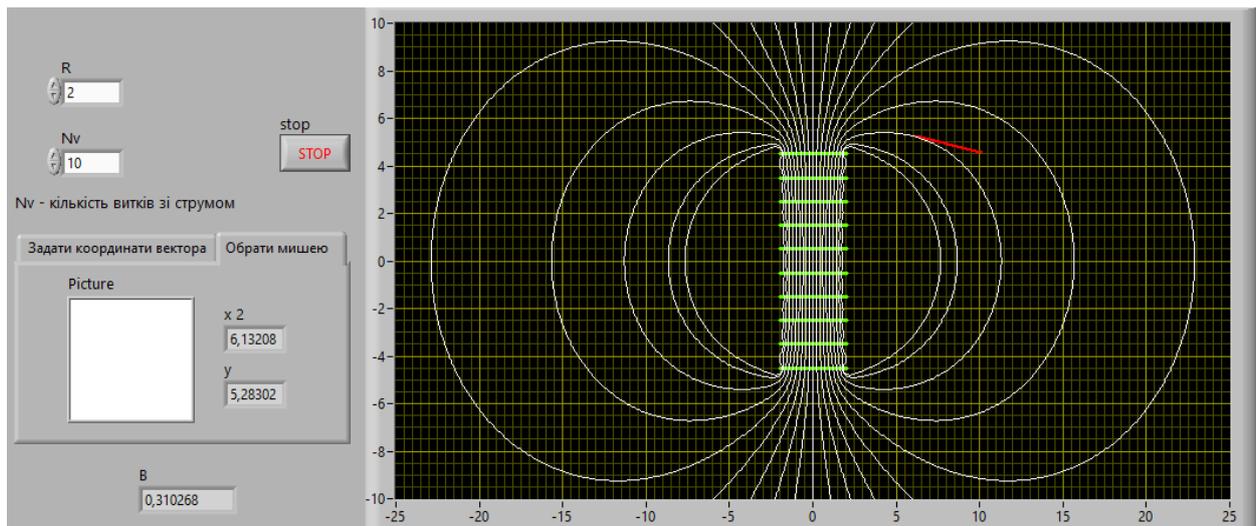


Рис. 6. Передня панель ВП для дослідження магнітного поля котушки індуктивності

### Висновки

У результаті проведеної роботи встановлено таке:

1. У програмі Labview створено окремий віртуальний прилад для розрахунку проєкцій вектора індукції магнітного поля витка зі струмом у довільній точці простору за заданими координатами. Реалізовано алгоритм наближеного розрахунку за розбиттям витка на дискретні елементи струму.

2. Створено віртуальний прилад для побудови ліній магнітного поля котушки з довільним числом витків. Додатково передбачена можливість отримати значення магнітного поля з візуалізацією напрямку вектора на графіку поля у довільній точці простору. При цьому є можливість вибрати бажану точку як курсором миші, так і введенням координат у відповідні поля на панелі користувача.

3. Планується інтеграція у створений ВП тривісського MEMS цифрового магнітометра [8–10] для можливості експериментального вимірювання магнітного поля реальної котушки і напрямку вектора магнітного поля для порівняння результатів з теоретичними розрахунками.

#### Список використаної літератури

1. Мосьпан Д.В., Юрко О.О., Перекрест А.Л., Кухаренко Д.В., Вадурін К.О. Комп'ютеризований практикум із моделювання фізичних процесів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2022. Вип. 6(137). С. 29–35. DOI: 10.32782/1995-0519.2022.6.3
2. Nevludov I., Sychova O., Novoselov S. Multithreaded Software Control Of Industrial Manipulator Movement. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems : Proceedings of the International Conference*, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, October 20–22, 2022. Kremenchuk, 2022. P. 319–325. DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005675
3. Мосьпан Д., Юрко О., Перекрест А., Кухаренко Д., Вадурін К., Повниця С. Візуальна фіксація руху об'єкта засобами Labview під час проведення фізичного експерименту. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2023. Вип. 4(141). С. 29–35. DOI: 10.32782/1995-0519.2023.4.12
4. 3-Axis Magnetic Sensor QMC5883L. URL: <http://wiki.sunfounder.cc/images/7/72/QMC5883L-Datasheet-1.0.pdf> (дата звернення: 09.10.2025).
5. Fomovskaya O. et al. Approximation of ECG Signals by Labview Software. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems : Proceedings of the International Conference*, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, September 23–25, 2021. Kremenchuk, 2021. P. 518–521. DOI: 10.1109/mees52427.2021.9598657
6. Юрко О., Мосьпан Д., Кухаренко Д., Вадурін К., Юдіна А., Зілінський Ю. Розроблення віртуального стенда для візуалізації напруженості електростатичних полів. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. 2023. Вип. 6(143). С. 131–136. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.6.16>
7. National Instruments. URL: <http://www.ni.com/> (дата звернення: 09.12.2024).
8. LabVIEW Programming Reference Manual: офіц. сайт. URL: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/menus/default/root-mnu.html> (дата звернення: 09.12.2024).
9. Chala O., Bronnikov A., Nevludov I. The Use Of Neural Networks For The Technological Objects Recognition Tasks In Computer-Integrated Manufacturing. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems : Proceedings of the International Conference*, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, October 20–22, 2022. Kremenchuk, 2022. P. 518–521. DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005750
10. LabVIEW User Manual. URL: <https://download.ni.com/support/manuals/320999b.pdf> (дата звернення: 09.12.2024).

#### References

1. Mospan, D.V., Yurko, O.O., Perekrest, A.L., Kukharenko, D.V., & Vadurin, K.O. (2022). Kompyuteryzovanyu praktykum z modelyuvannya fizychnykh protsesiv [Computerized workshop on simulation of physical processes]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho*, 6 (137), 29–35. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.6.3> [in Ukrainian].
2. Nevludov, I., Sychova, O., Novoselov, S. (2022). Multithreaded Software Control Of Industrial Manipulator Movement. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems. Proceedings of the International Conference*, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005675> [in English].

3. Mospan, D., Yurko, O., Perekrest, A., Kukharenko, D., Vadurin, K., & Povnytsia, S. (2023). Vizualna fiksatsiya rukhu ob'yekta zasobamy Labview pry provedenni fizychnoho eksperymentu [Visual fixation of object movement using Labview tools during a physical experiment]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho*, 4 (141), 29–35. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.12> [in Ukrainian].
4. 3-Axis Magnetic Sensor QMC5883L. Retrieved from <http://wiki.sunfounder.cc/images/7/72/QMC5883L-Datasheet-1.0.pdf> [in English].
5. Fomovskaya, O. et al. (2021). Approximation of ECG Signals by Labview Software. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*. Proceedings of the International Conference, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/mees52427.2021.9598657> [in English].
6. Yurko, O., Mos'pan, D., Kukharenko, D., Vadurin, K., Yudina, A., Zilins'kyi, Yu. (2023). Rozrobka virtual'noho stenda dlya vizualizatsiyi napruzhenosti elektrostatychnykh poliv [Development of a virtual stand for visualization of electrostatic field strength]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho*, 6 (143), 131–136. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.6.16> [in Ukrainian].
7. National Instruments. (2024). Ofitsiyniy sait [Official site]. Retrieved from <http://www.ni.com/> [in English].
8. LabVIEW Programming Reference Manual. Ofitsiyniy sait [Official site]. Retrieved from [https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/menus/default/ root-mnu.html](https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/menus/default/root-mnu.html) [in English].
9. Chala, O., Bronnikov, A., Nevliudov, I. (2022). The Use Of Neural Networks For The Technological Objects Recognition Tasks In Computer-Integrated Manufacturing. *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*. Proceedings of the International Conference, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005750> [in English].
10. LabVIEW User Manual. Retrieved from <https://download.ni.com/support/manuals/320999b.pdf> [in English].

Моспан Денис Владиславович – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. E-mail: [denis.mospan@gmail.com](mailto:denis.mospan@gmail.com), ORCID: 0000-0001-5473-7874.

Юрко Олексій Олексійович – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. E-mail: [yurkoalexe@gmail.com](mailto:yurkoalexe@gmail.com), ORCID: 0000-0002-8244-2376.

Mospan Denis Vladyslavovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. E-mail: [denis.mospan@gmail.com](mailto:denis.mospan@gmail.com), ORCID: 0000-0001-5473-7874.

Yurko Oleksiy Oleksiiovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. E-mail: [yurkoalexe@gmail.com](mailto:yurkoalexe@gmail.com), ORCID: 0000-0002-8244-2376.



Отримано: 31.10.2025  
Рекомендовано: 04.12.2025  
Опубліковано: 30.12.2025