

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Частина I

методичні рекомендації для виконання самостійних робіт здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2024

УДК 621.3

Т33

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 27.05.2024, протокол № 9.

Укладачі:

- Олександр Циганов – старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.
- Андрій Руденко – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- Василь Грубань – канд. тех. наук, доцент, зав. кафедрою кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
- Каріне Горбунова – канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрою методики професійного навчання, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний аграрний
університет, 2024

Зміст

ВСТУП.....	4
СР №1. Основні закони електричних кіл	6
СР №2. Метод контурних струмів	8
СР №3. Метод вузлових потенціалів	10
СР №4. Еквівалентний генератор (Тевенен, Нортон)	12
СР №5. Розгалужені кола постійного струму з декількома джерелами.....	14
СР №6. Потужність у колах постійного струму	16
СР №7. Електричні кола з нелінійними елементами (варіативно)	18

ВСТУП

Самостійна робота студентів є невід’ємною складовою освітнього процесу та важливим елементом формування професійних компетентностей майбутніх фахівців електротехнічного та енергетичного профілю. У межах дисципліни **«Теоретичні основи електротехніки»** самостійні роботи спрямовані на поглиблення теоретичних знань та розвиток умінь застосовувати фундаментальні закони електрики для аналізу та розрахунку електричних кіл різної складності.

Дисципліна є базовою для всіх подальших спеціальних курсів, таких як електричні машини, електропривод, системи автоматичного керування, вимірювальна техніка, перетворювальні пристрої та електроенергетичні системи. Тому особливо важливо, щоб студент не лише засвоїв теоретичний матеріал, а й навчився практично працювати з математичними моделями електричних кіл, методами їх розрахунку, аналізувати режими роботи та оцінювати енергетичні показники.

Запропоновані самостійні роботи охоплюють ключові розділи курсу, серед яких:

- застосування законів Кірхгофа, Ома, Джоуля–Ленца;
- метод контурних струмів;
- метод вузлових потенціалів;
- визначення еквівалентних генераторів за Тевененом і Нортоном;
- аналіз розгалужених та мішаних кіл постійного струму;
- розрахунок потужності в електричних колах;
- робота з нелінійними елементами.

Кожне завдання передбачає формування практичних умінь: уміння читати електричні схеми, правильно задавати напрямки струмів, формувати та розв’язувати систему рівнянь, виконувати перевірки правильності отриманих результатів та робити обґрунтовані висновки.

Виконання самостійних робіт сприятиме:

- розвитку логічного та технічного мислення;
- закріпленню математичного апарату електротехніки;
- формуванню навичок аналітичної оцінки електричних режимів;
- підготовці студентів до лабораторних робіт, тестів і підсумкового контролю.

Матеріали цього збірника можуть бути використані як під час аудиторної роботи, так і при дистанційному та індивідуальному навчанні. Студенту рекомендується виконувати завдання у строгій відповідності до методичних вказівок, дотримуючись вимог щодо оформлення розрахунків і звітів.

СР №1. Основні закони електричних кіл

Мета. Закріпити знання законів Кірхгофа, Ома, Джоуля–Ленца та навчитися застосовувати їх у розрахунках простих кіл постійного струму.

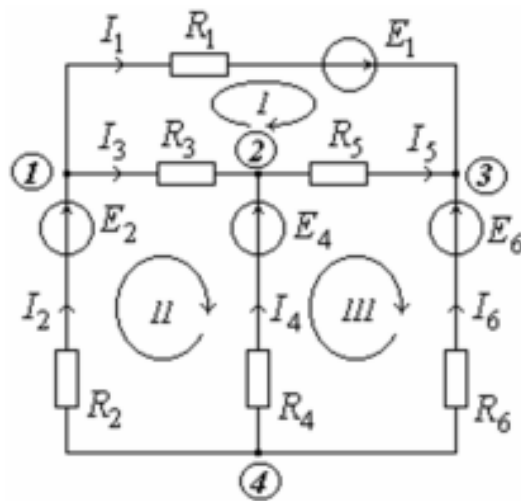


Рис. 1.1. Схема електричного кола з трьома контурами.

Завдання:

1. Скласти рівняння за першим законом Кірхгофа для довільної вузлової точки трипроменевого кола (пояснити вибір напрямів струмів).
2. Для заданої схеми (взяти варіант з методички: таблиця 1.1 або 1.2) розрахувати: струми віток; напруги на резисторах; потужність джерел та приймачів. Показати поетапні обчислення.
3. Виконати перевірку енергетичного балансу: $\sum P_{\text{ген}} = \sum P_{\text{спож}}$. Описати похибки (якщо є) і можливі причини.
4. Побудувати таблицю результатів та короткий аналіз чутливості (як зміниться результат при $\pm 10\%$ зміні одного з резисторів).

Додатково:

- - Якщо в задачі присутні джерела струму — відобразити їх у системі рівнянь та прокоментувати.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
 - 2) Вихідні дані за варіантом.
 - 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
 - 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.
 - 5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).
 - 6) Висновки щодо отриманих результатів.
- Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №2. Метод контурних струмів

Мета. Опанувати метод контурних струмів відповідно до рекомендацій п.1.4.1 методичних вказівок.

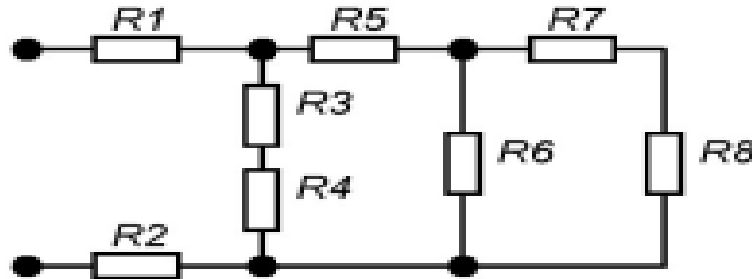


Рис. 2. Схема лінійного електричного кола для прикладу

Завдання:

1. Для схеми свого варіанта вибрати необхідні контури; уникати спільних пар віток як у методичці.
2. Скласти рівняння за другим законом Кірхгофа для незалежних контурів; пояснити вибір напрямів обходу.
3. Розв'язати систему рівнянь (вказати обраний метод: Крамер/матриця/ЕОМ) та визначити струми всіх віток.
4. Побудувати граф кола (як у прикладі 1.5): зобразити вузли, вітки та напрям контурних струмів.

Додатково:

- При наявності джерел струму відобразити їх як відомі контурні струми.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
- 2) Вихідні дані за варіантом.
- 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
- 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.

5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).

6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №3. Метод вузлових потенціалів

Мета. Навчитися застосовувати метод вузлових напруг згідно з п.1.4.2 методичних вказівок.

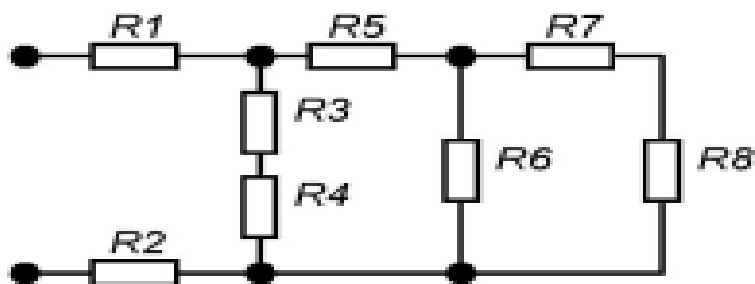


Рис. 3. Схема лінійного електричного кола для прикладу

Завдання:

1. Для своєї схеми вибрати опорний вузол та пояснити вибір.
2. Скласти рівняння струмів у вузлах (у матричній формі) та розв'язати їх; визначити потенціали вузлів.
3. Обчислити струми через елементи кола за законом Ома через знайдені потенціали.
4. Визначити напругу між двома вибраними вузлами та виконати перевірку за першим законом Кірхгофа.

Додатково:

- Зробити коментар щодо числової стійкості системи при застосуванні чисельних методів.

Вимоги до звіту:

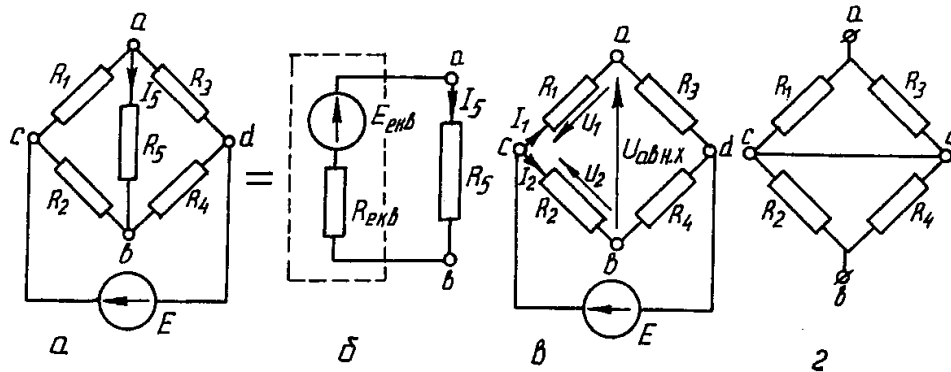
- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
- 2) Вихідні дані за варіантом.
- 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
- 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.
- 5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).

6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №4. Еквівалентний генератор (Тевенен, Нортон)

Мета. Закріпити навички визначення еквівалентних параметрів кола згідно з п.1.4.2 та 1.4.3 методичних вказівок.



Завдання:

1. Вибрати вітку ab , у якій потрібно визначити еквівалентний генератор.
2. Розімкнути вітку та визначити напругу холостого ходу $U_{абхх} = E_{екв}$.
3. При відключених джерелах ($E=0$) визначити вхідний опір $R_{екв}$ (за потреби — через режим КЗ з відомим опором).
4. Знайти струм короткого замикання I_k . Обчислити параметри схем Тевенена ($E_{eq}; R_{eq}$) та Нортон ($I_N; R_N$).
5. Побудувати еквівалентну схему і виконати перевірку тотожності ($E_{eq} / R_{eq} = I_k$ тощо).

Додатково:

- Пояснити, як поводитися з внутрішніми опорами джерел.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
- 2) Вихідні дані за варіантом.
- 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
- 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.
- 5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).

6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №5. Розгалужені кола постійного струму з декількома джерелами

Мета. Опанувати аналіз складних електричних кіл з мішаним збудженням та декількома джерелами ЕРС і струму.

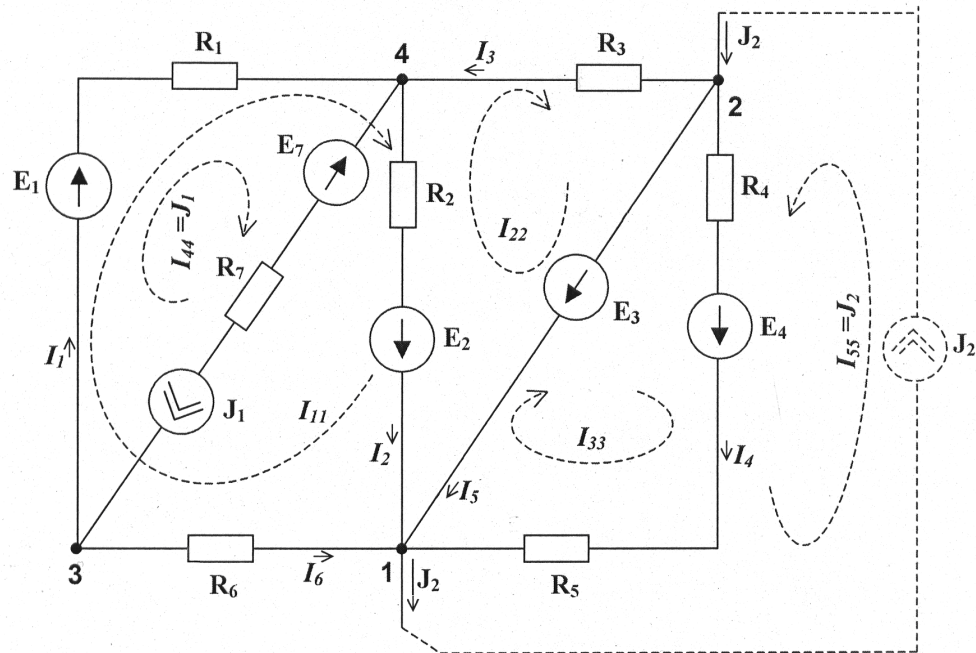


Рис. 5. Розрахункова схема.

Завдання:

1. За схемою свого варіанта скласти повну систему рівнянь (контурних або вузлових), враховуючи ідеальний вольтметр ($R \rightarrow \infty$).
2. Знайти невідомі струми та напруги; подати результати у таблицях та матричній формі.
3. Виконати енергетичну перевірку (баланс потужності) та пояснити розбіжності, якщо є.
4. За бажанням: побудувати векторну діаграму напруг для одного з контурів.

Додатково:

- Вказати, які змінні були обрані як невідомі та чому.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
- 2) Вихідні дані за варіантом.
- 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
- 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.
- 5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).
- 6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №6. Потужність у колах постійного струму

Мета . Закріпити поняття активної, реактивної та повної потужності в колах постійного струму.

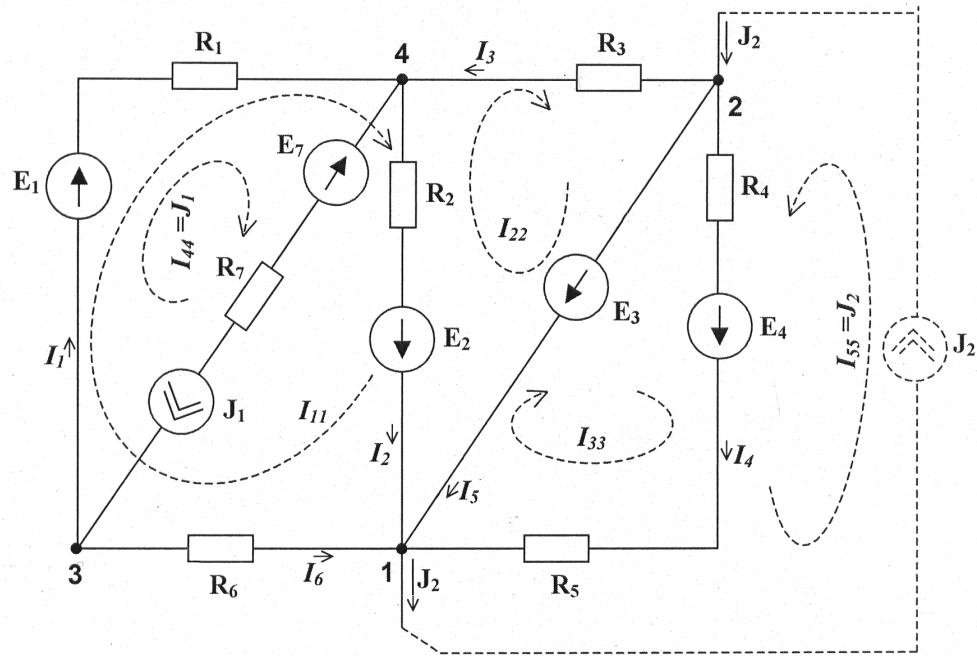


Рис. 6. Розрахункова схема.

Завдання:

1. Для своєї схеми визначити потужність кожного елементу ($P = U \cdot I$; $P = I^2 \cdot R$).
2. Обчислити сумарну потужність генераторів та споживачів; скласти баланс потужності.
3. Коротко пояснити умову «струм позитивний, якщо входить у позитивний полюс елемента» та показати на прикладі.

Додатково:

- В колах постійного струму реактивна потужність відсутня — вказати це в поясненнях.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).
- 2) Вихідні дані за варіантом.
- 3) Схема з напрямками струмів/контурів.
- 4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.
- 5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).
- 6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

СР №7. Електричні кола з нелінійними елементами (варіативно)

Мета. Надати навички роботи з нелінійними елементами (діод, лампа, варистор).

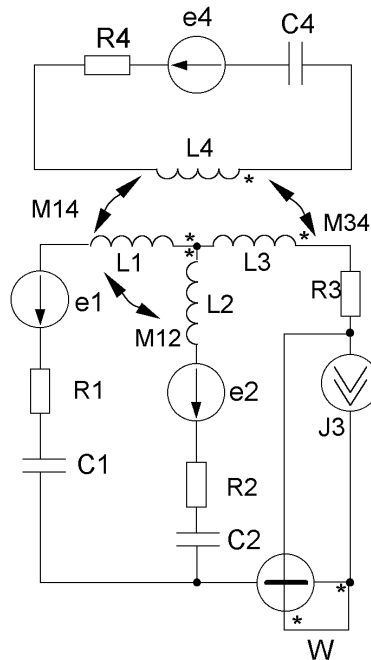


Рис. 7. Розрахункова схема

Завдання:

1. Вибрати один нелінійний елемент (діод/лампа/варистор) та привести його ВАХ (аналітично або емпірично).
2. За допомогою графічного методу визначити робочу точку в простому колі з джерелом і резистором.
3. Розрахувати струм і напругу на елементі при заданій ЕРС; подати графіки (ВАХ + пряма навантаження).

Додатково:

- Додати короткий опис методів вимірювання ВАХ у лабораторії.

Вимоги до звіту:

- 1) Титульний лист (назва дисципліни, назва роботи, прізвище, група, дата).

2) Вихідні дані за варіантом.

3) Схема з напрямками струмів/контурів.

4) Повні розрахунки з поясненнями; результати у таблицях.

5) Перевірки (баланс потужності, закони Кірхгофа).

6) Висновки щодо отриманих результатів.

Критерії оцінювання: правильність методики (50%), точність розрахунків (30%), оформлення звіту (20%).

Список літературних джерел

1. Рудик А. В., Филипчук Л. В., Кулик Н. І. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2023. 113 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057613.pdf>
2. Теоретичні основи електротехніки. Частина 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні системи і мережі», «Електричні станції» «Електричні машини і апарати», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Людмила Юріївна Спінул, Микола Петрович Бурик, Вадим Юрійович Лободзинський, Олег Олександрович Білецький. – Електронні текстові данні (1 файл: 3.51 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 166 с.
3. Хілов В. Теоретичні основи електротехніки. Київ : Каравела, 2021. 468 с.
4. Шегедин О., Маляр В. Теоретичні основи електротехніки : навчальний посібник. . Ч. 1. Львів : Новий Світ – 2000, 2020. 168 с.
5. Development of a Model of Cell Functioning to Measure the Interaction of Low-Energy EMF / M. Kundenko et al. 2022 *XXXII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*, Sozopol, Bulgaria, 7–11 September 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/mma55579.2022.9993093> .
6. Кунденко М. П., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Аналіз технології генерації НВЧ випромінення з визначенням адаптивного типу діодів для подальшого конструювання апаратів для знезараження. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2023. № 2. С. 24–37. URL: <http://ite.khpi.edu.ua/article/view/292410/285462>

7. Кунденко М. П., Піх Є. О. Розробка технологічної схеми НВЧ–установки для сушіння зерна. *Енергетика і автоматика*. 2021. № 2. С. 75–85. DOI: <https://doi.org/10.31548/energiya2021.05.075>

8. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні системи і мережі», «Електричні станції» «Електричні машини і апарати», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» / В. С. Бойко, Л. Ю. Спінул, М. П. Бурик, В. Ю. Лободзинський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,35 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 199 с.

Навчальне видання

ТЕОРІЯ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Методичні рекомендації

Укладач: **Циганов** Олександр Миколайович

Руденко Андрій Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,3.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.