

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

4171 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«Дослідження лінійних кіл постійного та змінного струму
із застосуванням законів Ома та Кірхгофа»

з дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»
для студентів напряму підготовки «Телекомунікації»

Суми
Видавництво СумДУ
2016

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи
«Дослідження лінійних кіл постійного та змінного струму із
застосуванням законів Ома та Кірхгофа» з дисципліни
«Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл» / укладачі:
О. М. Кобяков, О. А. Любивий. – Суми : Сумський
державний університет, 2016. – 17 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Загальні методичні вказівки

Лабораторні роботи з навчальної дисципліни «Теорія сигналів і розрахунку електричних кіл» сприяють поглибленню й закріпленню знань студентів, розвивають у них первинні навички досліджень.

Метою робіт є:

- експериментальна перевірка характеристик і параметрів напівпровідникових приладів, теорія яких вивчається на лекціях;
- набуття практичного інженерного досвіду.

Під час підготовки до лабораторних робіт студент повинен:

- вивчити лекційний матеріал згідно з контрольними запитаннями до даної лабораторної роботи;
- усвідомити мету й завдання експериментальних досліджень;
- продумати план і сподівані результати досліджень;
- накреслити в звіті з лабораторних робіт схему досліджень, таблиці, попередні розрахунки, тобто те, що не вимагає використання результатів експерименту.

Студент допускається до роботи лише в тому разі, якщо він виявив достатній рівень оволодіння теоретичним матеріалом під час колоквиуму, що проводиться на початку заняття.

Під час виконання лабораторної роботи студент повинен:

- обережно ставитися до лабораторних установок, вимірювальної апаратури, приладів, характеристики яких досліджуються;
- пильно виконувати вимоги техніки безпеки;
- вмикання джерел електроживлення здійснювати після того, як викладач (інженер лабораторії) перевірів правильність збирання схеми досліджень і дав дозвіл на подальше виконання роботи;
- експериментальні дослідження виконувати згідно з програмою, що міститься в описі даної лабораторної роботи;
- дослідні дані, одержані під час виконання роботи, порівнювати з даними теорії. В разі значного розходження теоретичних і дослідних даних повторити дослідження;

– заповнювати звіти у чистовику після перевірки викладачем результатів у чернетці.

Після закінчення лабораторної роботи студент повинен:

– вимкнути лабораторну установку, навести порядок на робочому місці й показати робоче місце інженерові лабораторії для перевірки його стану;

– здати викладачеві письмовий звіт із лабораторної роботи на перевірку.

Письмовий звіт із лабораторної роботи виконується в зошиті і має вміщувати в собі перелік елементів та приладів, що досліджуються; схеми досліджень, розрахункові формули й результати розрахунку, таблиці, графіки й аналіз результатів досліджень, висновки до роботи.

Звіт заповнюється акуратно ручкою. Графіки слід рисувати кольоровими олівцями (ручками), причому обов'язково відмічаються точки, за якими будували залежності, досліджувані величини та їх розмірності.

Робота вважається виконаною після її затвердження викладачем.

Правила техніки безпеки

1 Перед вмиканням лабораторної установки необхідно вивчити її конструкцію й особливості експлуатації, здійснити ретельний її огляд, перевірити правильність збирання схеми, надійність контактів в електричних колах і справність заземлення. Необхідно твердо знати розміщення елементів і контактів, на яких діє небезпечна для життя напруга.

Пам'ятайте, що напруга 24 В змінного струму та 50 В постійного струму небезпечні для життя людини.

2 Вмикання установки без дозволу викладача або інженера лабораторії суворо забороняється.

3 Перед вмиканням установки потрібно попередити товаришів по бригаді. У момент вмикання потенціометри 9 блоків живлення мають обов'язково бути в крайньому лівому положенні.

4 Під час вмикання установки й роботи на ній необхідно перебувати на діелектричних килимках.

5 Будь-які переключення, зміни сполучень елементів у схемах потрібно здійснювати лише при вимкнених джерелах живлення.

6 Під час роботи забороняється відключати розйоми, замінити запобіжники й здійснювати ремонт. Слідкувати, щоб у вихідному колі не було перевантажень, пов'язаних із різким збільшенням струму.

7 При виконанні настроювань необхідно користуватися інструментами з ізольованими ручками, а також, якщо можна, працювати однією рукою.

8 Не торкатися відкритими частинами тіла поверхонь реостатів і контактів, що проводять струм.

9 При ураженні будь-кого з оточуючих струмом необхідно вимкнути лабораторну установку або загальне електроживлення лабораторії, викликати лікаря й до його приходу робити потерпілому штучне дихання або масаж серця.

10 Додержуватися суворого порядку в лабораторії, виконувати всі правила техніки безпеки й вимагати того самого від товаришів. Пам'ятайте, що нехтування цими правилами може призвести до тяжких наслідків!

За псування лабораторного обладнання винні несуть матеріальну відповідальність.

Мета роботи – *набуття практичних навичок використання законів Ома, Кірхгофа і метода еквівалентних перетворень для розрахунку і аналізу кіл постійного і змінного струму.*

Підготовка до роботи

1 Вивчити лекційний матеріал про використання законів Ома та Кірхгофа при розрахунках електричних кіл

2 Ознайомитись з контрольними запитаннями до частин 1,2 лабораторної роботи.

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка, зовнішній вигляд якої показаний на рисунку 1, складається з комбінованого блока живлення, який містить у собі лівий блок живлення на 5 В і правий блок живлення на 50 В , стрілкових вимірювальних приладів 1, 2, 3, цифрового вольтметра 19 та комутаційної плати 18.

Робота лівого і правого блоків живлення і досліджуваної схеми контролюється вимірювальними приладами: вольтметрами 1, міліамперметрами 2, мікроамперметрами 3.

До входних гнізд вимірювальних приладів (рис. 1) підпаяні проводи:

- проводи 4 – до гнізд вольтметрів;
- проводи 5 – до гнізд міліамперметрів;
- проводи 6 – до гнізд мікроамперметрів.
- 7 – перемикач границі виміру вольтметрів 1;
- 8 – перемикачі границі виміру міліамперметрів 2.

Потрібні вихідні напруги лівого і правого блоків живлення виставляються ручками потенціометрів 9 і знімаються з гнізд 10. Гнізда 11 з підпаяними до них проводами і перемикачі 12 на передній панелі зв'язані з дискретними опорами, які виконують функції обмежувальних опорів у схемах досліджень статичних характеристик напівпровідникових приладів.

Гнізда 20 – гнізда змінної напруги 10 В .

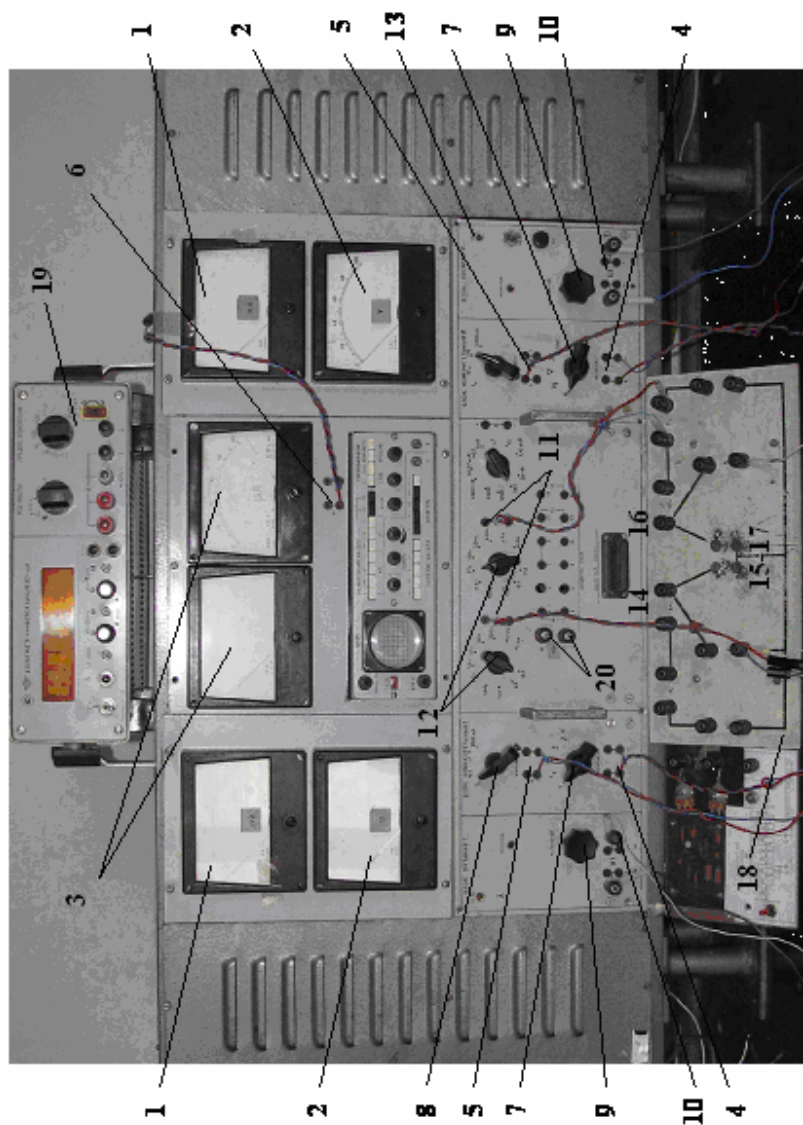


Рисунок 1

Тумблер 13 на передній панелі комбінованого блока служить для вимикання всієї установки.

Увага! Підпаявання електродів приладу, що досліджується, до контактів комутаційної плати виконують при вимкнутій установці.

Дана лабораторна робота виконується на робочій платі (рис. 2), де змонтовані досліджувані схеми.

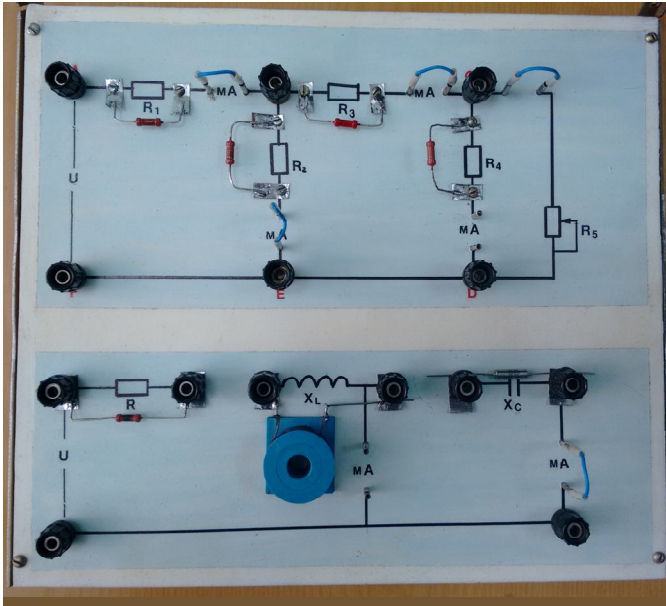


Рисунок 2

Для дослідження кола постійного струму використовують прилади 1, 2 правого блока живлення лабораторного стенда (рис. 1), для кола змінного струму – цифровий вольтметр 19 і додатковий цифровий міліамперметр.

Контактні перемички розмикають ділянки кола у потрібних місцях і дають можливість виміряти падіння напруги і струми на кожному елементі схеми.

Частина 1

Закони Ома та Кірхгофа в колах постійного струму

Теоретичні відомості

Закон Ома. Для ділянки кола без ЕРС, справедливі співвідношення

$$I = \frac{U}{r}; I = g \cdot U,$$

де I – струм ділянки кола з опором r ;

U – напруга на опорі r ;

g – провідність.

Для замкненого кола з n послідовно з'єднаних опорів та з m джерел ЕРС маємо:

$$I = \frac{\sum_{k=1}^m E_k}{\sum_{k=1}^n r_n + \sum_{k=1}^m r_0} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_m}{r_1 + r_2 + \dots + r_n + \sum_{k=1}^m r_0},$$

де E – ЕРС джерела напруги;

r – опір елементів кола;

$\sum_{k=1}^m r_0$ – сума внутрішніх опорів джерел ЕРС.

Перший закон Кірхгофа

Він формулюється наступним чином.

Алгебраїчна сума струмів у вузлі електричного кола дорівнює нулю:

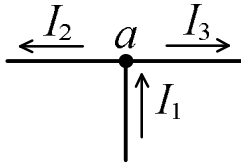
$$\sum_{k=1}^n I_k = 0,$$

де n – кількість гілок, об'єднаних у вузлі.

При цьому зі знаком «+» беруться струми, які надходять у вузол, а зі знаком «-», струми які витікають з вузла.

Наприклад, для нижчевказаного вузла:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0, \text{ або } I_1 = I_2 + I_3.$$



Другий закон Кірхгофа

Формулювання цього закону наступне.

Алгебраїчна сума ЕРС, які діють у замкненому контурі електричного кола, дорівнює алгебраїчній сумі спадів напруги на всіх опорах контура:

$$\sum_{k=1}^m E_k = \sum_{s=1}^n I_s \cdot r_s,$$

де m – кількість джерел ЕРС у контурі;

r – кількість опорів у контурі.

Для визначення знаків ЕРС і спадів напруги необхідно задати напрям обходу контуру (НОК):

– «+» при збігу напрямку ЕРС або спаду напруги з НОК;

– «-» коли напрям ЕРС або спад напруги не збігається з НОК.

Умова балансу потужностей формулюється наступним чином:

У замкненому електричному колі потужність, що віддається джерелом, має дорівнювати потужності, що розсіюється на активних опорах споживачів:

$$\sum_{i=1}^n E_i \cdot I_i = \sum_{k=1}^m I_k^2 r_k.$$

В даній рівності використані загальновідомі формули для потужності:

$$P = U \cdot I \text{ або } P = I^2 r$$

для n джерел ЕРС і m опорів.

Порядок виконання роботи

1 Застосувати схему 1 (рис. 2) для дослідження законів Ома та Кірхгофа в колах постійного струму.

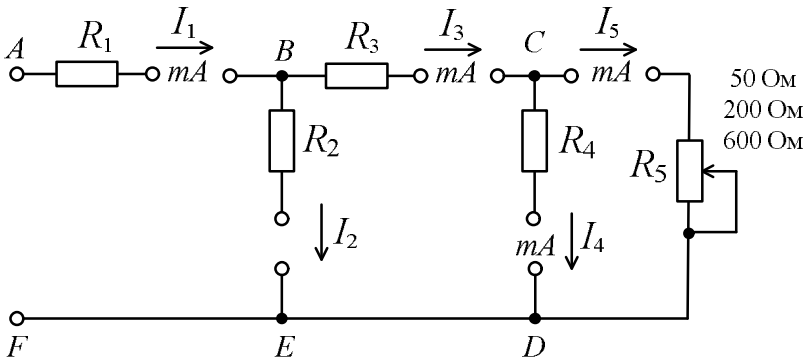


Рисунок 2

На вхід схеми подати постійну напругу 10–12 В потенціометром 9 з правого блока живлення лабораторного стенда.

Виміряти вольтметром 2 падіння напруги на всіх резисторах схеми, тобто $U_{AF}, U_{AB}, U_{BE}, U_{BC}, U_{CD}$. Результати вимірювань занести в таблицю 1.

Всі проміжки повинні бути замкнені комутаційними перемичками. Значення резистора R_5 задає викладач.

2 Використовуючи міліамперметр лабораторного стенда виміряти послідовно струми на тих самих ділянках схеми, знімаючи перемичку у потрібному місці. Результати занести до таблиці 1.

3 Обчислити значення опорів резисторів R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 (таблиця 1) і порівняти їх з заданими у схемі.

4 Методом еквівалентних перетворень розрахувати загальний опір схеми $R_{заг}^P$. Виміряти експериментально $R_{заг}^e$ в т.т. AF схеми за допомогою цифрового приладу 19 і порівняти з розрахунковим $R_{заг}^P$. Результати вимірювань занести до таблиці 1.

5 Методом еквівалентних перетворень розрахувати значення струмів I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 і занести в таблицю 2. Порівняти з експериментальними значеннями з таблиці 1.

6 Підтвердити справедливості законів Кірхгофа перевіркою рівнянь:

$$U = U_{AB} + U_{BF} \quad U_{BE} = U_{BC} + U_{CD}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad I_3 = I_4 + I_5$$

7. Для вказаного значення резистора R_5 розрахувати і скласти рівняння балансу потужності

$$E \cdot I_1 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5.$$

Таблиця 1

Виміри	U_{AF}	U_{AB}	I_1	U_{BF}	I_2	U_{BC}	I_3	U_{CD}	I_4	U_{CD}	I_5	$R_{заг}^e$
Обчислення		$R_1, \text{ Ом}$		$R_2, \text{ Ом}$		$R_3, \text{ Ом}$		$R_4, \text{ Ом}$		$R_5, \text{ Ом}$		$R_{заг}^p$

Таблиця 2

Розрахунок	$I_1 \text{ mA}$	$I_2 \text{ mA}$	$I_3 \text{ mA}$	$I_4 \text{ mA}$	$I_5 \text{ mA}$	P	R_5
							50 Ом

Перелік контрольних запитань

1. Закон Ома для ділянки електричного кола.
2. Закон Ома для повного кола.
3. Перший закон Кірхгофа для електричного кола.
4. Другий закон Кірхгофа для електричного кола.

Частина 2
Закони Ома в колах змінного струму
Теоретичні відомості

Якщо в коло змінного струму $i = I_m \sin \omega t$ послідовно ввімкнуті опори R , X_L і X_C , то на цих опорах матимемо відповідні спади напруг U_R , U_L і U_C , або через діючі значення у векторній формі:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C. \quad (2.1)$$

Рівняння (2.1) дає змогу побудувати векторні діаграми напруги при $X_L > X_C$ (рис. 2.1 а), при $X_L < X_C$ (рис. 2.2 б) і при $X_L = X_C$ (рис. 2.2 в).

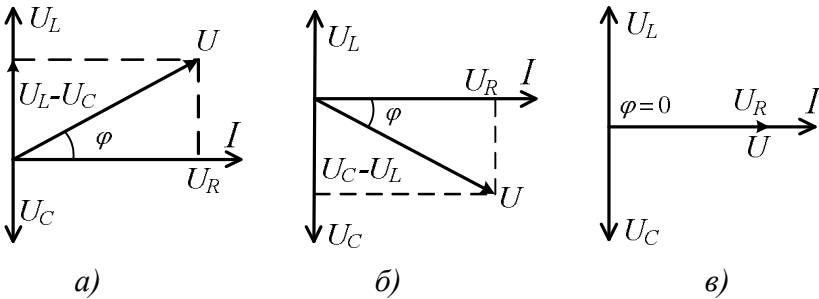


Рисунок 2.1

Для визначення результуючої напруги U (рис. 2.1 а), спочатку знаходять реактивну напругу $U_L - U_C$, яку геометрично додають до вектора напруги U_R . Із векторної діаграми отримуємо:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

звідки:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{Z} \quad - \text{ формула закону Ома для}$$

кола змінного струму, де

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad - \text{ повний опір кола.}$$

На векторній діаграмі маємо трикутник напруги, з якого можливо скласти такі співвідношення:

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{I_R}{I} = \frac{R}{Z};$$

$$\sin \varphi = \frac{U_L - U_C}{U} = \frac{IX_L - IX_C}{I \cdot Z} = \frac{X_L - X_C}{Z}.$$

Із трикутника напруг можна отримати трикутник опорів, якщо кожне діюче значення напруги поділити на діюче значення струму, а з останнього одержати важливі співвідношення:

– активний опір кола

$$R = Z \cos \varphi;$$

– реактивний опір кола

$$X_L - X_C = Z \sin \varphi,$$

де φ – кут зсуву фаз результуючої напруги відносно струму.

При $X_L > X_C$ кут $\varphi > 0$ – результуюча напруга випереджатиме струм.

При $X_L < X_C$ кут $\varphi < 0$ – результуюча напруга відставатиме від струму.

При $X_L = X_C$ кут $\varphi = 0$ – результуюча напруга збігатиметься зі струмом.

Сам кут φ змінюється від $+\frac{\pi}{2}$ до $-\frac{\pi}{2}$.

Із трикутника напруг отримуюмо трикутник потужностей, якщо помножити всі його сторони на величину діючого значення струму.

Одиницею активної потужності P є ВАТ (Вт).

Одиницею реактивної потужності Q є ВАр (вольтампер реактивний).

Порядок виконання роботи

Застосувати схему 2 (рис. 3) для дослідження законів Ома та Кірхгофа в колі змінного струму.

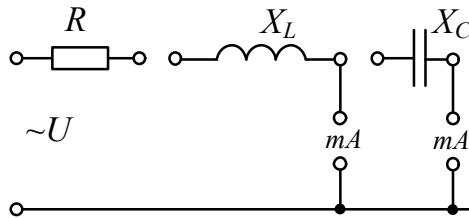


Рисунок 3

1 На вхід схеми подати за допомогою провідників змінну напругу 10В (однофазну, синусоїдну) від лабораторного стенда (блока живлення «Електроніка»).

2 Комутаційними перемичками реалізувати послідовне з'єднання активного, індуктивного та ємнісного опорів, те що задає викладач (відповідно RC , RL , RLC). (Нехай це буде RLC).

3 Провести вимірювання струму в колі і спади напруги на окремих ділянках U , U_R , U_L , U_C результати вимірювань занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

№ п/п	Опір кола	I , мА	U , В	U_R , В	U_L , В	U_C , В	R , Ом	L , мГн	C , мкФ
	RC								
	LC								
	RLC								

За результатами вимірювань розрахувати:

– активну потужність $P = S \cos \varphi = UI \cos \varphi$;

– реактивну потужність $Q_L - Q_C = S \sin \varphi = UI \sin \varphi$;

– повну потужність кола $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = UI$;

– коефіцієнт потужності $\cos \varphi$;

– повний опір кола $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$;

– реактивні опори кола: $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$;

– активний опір котушки R_k .

Побудувати векторні діаграми напруг для вибраного кола.

Дані обчислень занести до таблиці 2.2

Таблиця 2.2

№ п/п	P_1 Вт	Q_L ВАР	Q_C ВАР	Q ВАР	S ОМ	$\cos \varphi$ Ом	Z Ом	X_L Ом	X_C Ом	R_k

Контрольні запитання

1 Яка природа активного, індуктивного і ємнісного опорів?
Від чого залежить їх величина?

2 Чому дорівнює повний опір кола у схемі RLC?

3 Як побудувати трикутник опорів у схемах RL, RC, RLC?

4 Як знайти зсув фаз між струмом і напругою для кіл змінного струму за схемами RL, RC і RLC?

Зміст звіту

1 Тема роботи.

2 Схеми для дослідження електричних кіл.

3 Векторні діаграми досліджуваних схем.

4 Таблиці.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи
«Дослідження лінійних кіл постійного та змінного струму
із застосуванням законів Ома та Кірхгофа»
з дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»
для студентів напряму підготовки «Телекомунікації»

Відповідальний за випуск А. С. Опанасюк
Редактор Н. А. Гавриленко
Комп'ютерне верстання І. Є. Бражник

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 4.19. Обл.-вид. арк. 4.08.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського - Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.