

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання
контрольної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3»

за темою

**«РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ТА МАГНІТНОЇ
НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСТІЙНОГО СТУМУ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
усіх форм навчання зі спеціальності*

*141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання»,
«Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2022**

Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» за темою «Розрахунок нелінійного електричного кола та магнітної нелінійної системи постійного струму» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, О. Б. Єгоров. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 23 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Я. Б. Форкун,
канд. техн. наук, доц. О. Б. Єгоров

Рецензент

Д. В. Тугай, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою альтернативної електроенергетики та електротехніки, протокол № 10 від 22 лютого 2022 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПЕРША ЧАСТИНА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	
«РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО	
КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ».....	5
1.1 Мета роботи.....	5
1.2 Підготовка до роботи.....	5
1.3 Робоче завдання на першу частину контрольної роботи.....	5
1.4 Приклад розрахунку.....	8
Контрольні запитання.....	11
ДРУГА ЧАСТИНА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	
«РОЗРАХУНОК МАГНІТНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ	
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ».....	12
2.1 Мета роботи.....	12
2.2 Підготовка до роботи.....	12
2.3 Робоче завдання на другу частину контрольної роботи.....	12
2.4 Приклад розрахунку.....	15
Контрольні запитання.....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	20
ДОДАТКИ.....	21

ВСТУП

Підвищення якості підготовки молодих спеціалістів тісно пов'язане з розширенням та удосконаленням самостійної роботи студентів у період навчання. Студенти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» впродовж трьох семестрів вивчають відповідно першу, другу і третю частини дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», яка є базовою для цієї спеціальності. Для цієї дисципліни навчальними планами передбачено лекційні, лабораторні та практичні заняття, а також виконання розрахунково-графічних та контрольних робіт у кожному семестрі.

Під час вивчення третьої частини дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу за темою «Розрахунок нелінійного електричного кола та магнітної нелінійної системи постійного струму», а для студентів денної форми ця контрольна робота може бути використана у якості поточного контролю з першого змістового модуля «Нелінійні електричні та магнітні кола». Контрольна робота є дуже важливим видом роботи, оскільки вона дозволяє викладачу оцінити якість засвоєного матеріалу студентами. Для вдалого виконання контрольної роботи в цих методичних вказівках наведено приклади розрахунку подібних задач.

При виконанні контрольної роботи, особливо її графічної частини, доцільно залучати нові технічні засоби, обчислювальну техніку та сучасні програми (Mathcad Professional, MS Excel та ін.). Це забезпечить високу точність проведених розрахунків.

Варіант роботи визначається за номером студента у журналі викладача. Дані для розрахунку і номер схеми студенти обирають відповідно до варіанту з таблиці 1.1 (перша частина контрольної роботи) та таблиці 2.1 (друга частина контрольної роботи). Вольт-амперні характеристики нелінійних елементів (перша частина контрольної роботи) є однаковими для всіх варіантів, значення струмів та напруг для побудування яких розміщені в таблиці 1.2. Характеристики намагнічування сталі (друга частина контрольної роботи) розміщені в таблиці 2.2.

Пояснювальна записка кожної частини контрольної роботи повинна містити:

- титульний аркуш, приклади яких наведено в додатках А та Б;
- вихідну схему, вихідні дані та робоче завдання на наступному аркуші;
- розрахунок послідовно за пунктами відповідно до робочого завдання.

Електричні схеми необхідно виконувати відповідно до вимог державних стандартів із застосуванням креслярського знаряддя (рекомендується використання радіотехнічного трафарету); графіки та діаграми – на міліметровці. Загальне оформлення пояснювальної записки – згідно з ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки й техніки».

ПЕРША ЧАСТИНА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ «РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

1.1 Мета роботи

Метою виконання першої частини контрольної роботи є:

- вивчення методики дослідження нелінійного електричного кола постійного струму;
- оволодіння методами розрахунку електричних кіл, а саме, графоаналітичним методом;
- вивчення правил отримання результуючих характеристик.

1.2 Підготовка до роботи

Підготовка до роботи полягає в наступному:

- накреслити схему кола відповідно до свого варіанту (рис. 1.1–1.3);
- числові дані елементів схем узяти з таблиць 1.1 і 1.2 відповідно до номера студента за списком у журналі викладача.

1.3 Робоче завдання на першу частину контрольної роботи

Пункти робочого завдання:

- 1) визначитись з послідовністю складання вольт-амперних характеристик (далі – ВАХ) для свого варіанту;
- 2) побудувати ВАХ резистивних лінійних та нелінійних елементів (далі – НЕ) для ділянки кола, що містить паралельно з'єднані вітки (ділянка «bc»);
- 3) зробити необхідні перетворення, пов'язані з наявністю джерел електрорушійної сили (далі – ЕРС) та струму, та отримати результуючу ВАХ для паралельно з'єднаних віток;
- 4) отримати результуючу характеристику для всього кола (для варіанту рисунку 1.1 скласти результуючу ВАХ, отриману на попередньому етапі, з ВАХ першого нелінійного елемента, враховуючи наявність в цій вітці джерела ЕРС; для варіантів рисунків 1.2 та 1.3 отримати результуючу ВАХ ділянок кола «ab» та «bc» за правилами послідовного з'єднання елементів);
- 5) за допомогою додаткових побудов за вихідними даними знайти струми I, I_1, I_2, I_3 та напруги на ділянках кола «ab» та «bc»;
- 6) зробити перевірку за допомогою законів Кірхгофа.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	R_2 , Ом	E , В	J , А	U , В	Рисунок
1	1	3	2	15	1
2	2	3	1	20	2
3	1	2	1	10	3
4	2	4	2	20	1
5	3	3	2	10	2
6	2	2	1	15	3
7	1	3	1	10	1
8	3	4	2	20	2
9	2	2	1	15	3
10	1	3	3	15	1
11	2	2	3	20	2
12	3	5	2	10	3
13	2	4	3	10	1
14	4	2	2	15	2
15	3	3	1	20	3
16	1	5	2	20	1
17	3	2	3	15	2
18	2	4	1	10	3
19	1	1	3	15	1
20	4	5	2	10	2

Таблиця 1.2 – Дані для побудови ВАХ нелінійних опорів

Номер HE	Струм	U , В					
		0	2	4	6	8	10
$R_{не1}$	I , А	0	1,2	2	2,5	2,8	3,2
$R_{не2}$	I , А	0	0,8	1,5	2	2,2	2,3
$R_{не3}$	I , А	0	0,5	1	1,8	2,5	3,9

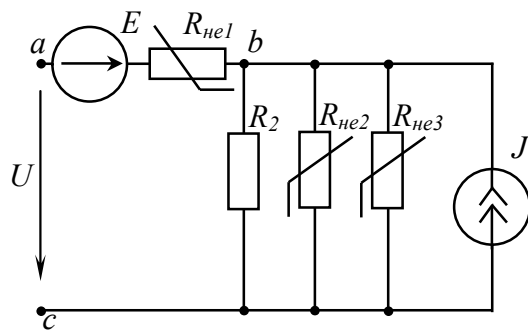


Рисунок 1.1 – Варіант 1

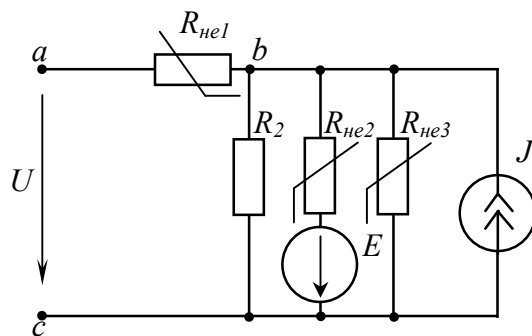


Рисунок 1.2 – Варіант 2

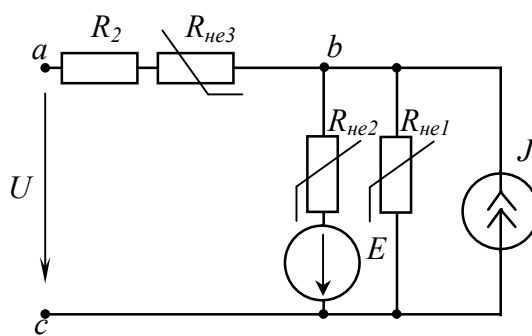


Рисунок 1.3 – Варіант 3

1.4 Приклад розрахунку

Вихідні дані

$$R_2 = 1 \text{ Ом}, E = 1 \text{ Ом}, J = 2 \text{ А}, U = 6 \text{ В}.$$

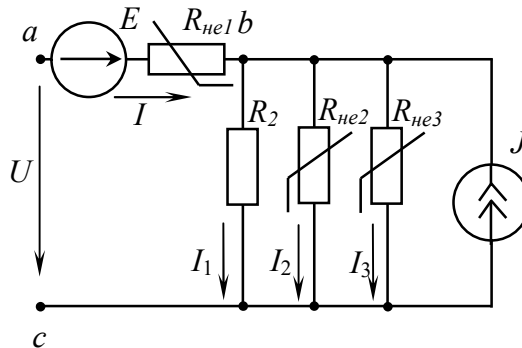


Рисунок 1.4 – Досліджувана схема

Таблиця 1.3 – Дані для побудови ВАХ нелінійних опорів

Номер НЕ	Струм	U, В					
		0	2	4	6	8	10
$R_{не1}$	$I, \text{ А}$	0	1,2	2	2,5	2,8	3,2
$R_{не2}$	$I, \text{ А}$	0	0,8	1,5	2	2,2	2,3
$R_{не3}$	$I, \text{ А}$	0	0,5	1	1,8	2,5	3,9

Порядок розрахунку

1. Досліджувана схема (рис. 1.4) має змішану форму з'єднання. Чотири паралельно з'єднані вітки містять:

- друга вітка містить лінійний елемент R_2 ;
- третя та четверта вітки містять відповідно нелінійні елементи $R_{не3}, R_{не2}$;
- п'ята вітка містить джерело струму.

Перша вітка (ділянка «ab»), яка послідовно підключена до паралельного з'єднання, містить джерело ЕРС та нелінійний елемент $R_{не1}$. ВАХ усіх елементів представлено на рисунку 1.5.

2. Будуємо ВАХ лінійного R_2 та нелінійних елементів $R_{не3}, R_{не2}$.

3. Користуючись правилами побудови результуючої характеристики при паралельному з'єднанні елементів отримуємо характеристику (рис. 1.6).

Далі зміщуємо отриманий графік на величину струму джерела струму вниз відносно початку координат, оскільки напрям джерела струму J не збігається з результуючим струмом на всіх елементах (рис. 1.7).

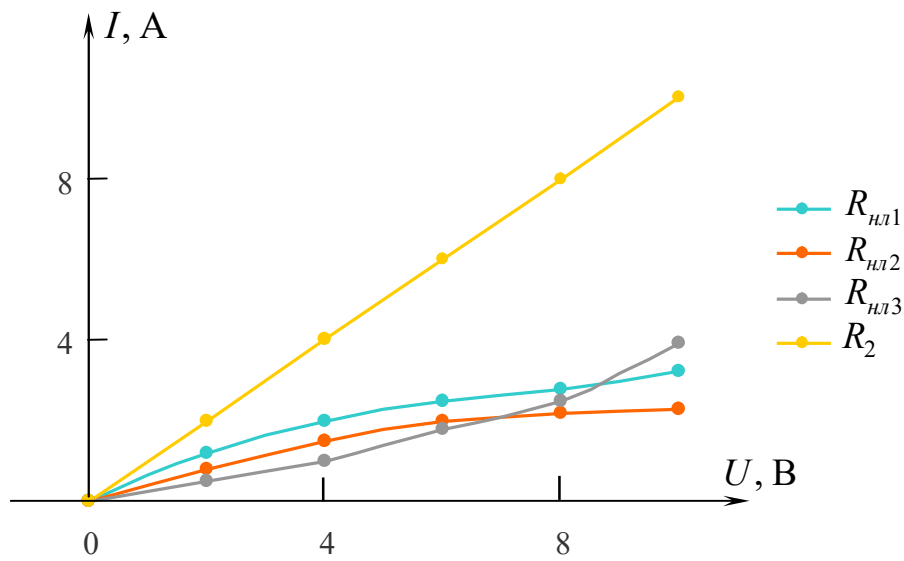


Рисунок 1.5 – ВАХ лінійного та нелінійних елементів

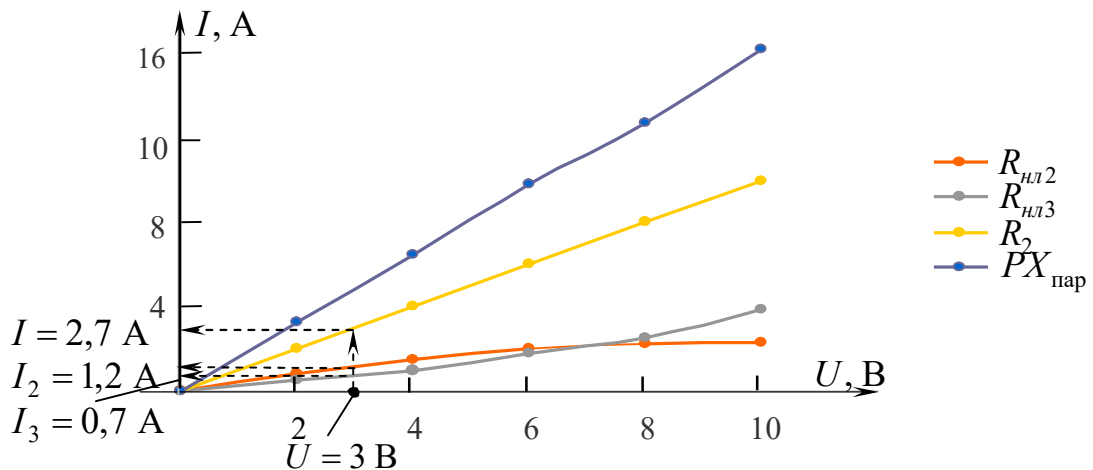


Рисунок 1.6 – Результуюча ВАХ при паралельному з'єднанні $R_{не3}, R_{не2}, R_2$

4. Будуємо ВАХ нелінійного елемента $R_{не1}$ і додаємо її до результуючої ВАХ отриманої в попередньому пункті (рис. 1.8). Далі враховуємо наявність в цій вітці джерела ЕРС (напрямок джерела ЕРС збігається з напрямком напруги на елементах) і зміщуємо криву (РХ послідовного з'єднання) вліво по осі напруги на величину ЕРС E (дані табл. 1) – рисунок 1.9.

5. Робимо додаткові побудови, а саме:

- на рисунку 1.9 будуємо перпендикуляр від точки $U_{ex} = 6$ В до характеристики « $PX_{посл} - E$ » та отримуємо $I = 2,7$ А;
- за значенням $I = 2,7$ А на рисунку 1.8 будуємо перпендикуляр від точки

$I = 2,7$ А до характеристики « $PX_{нар} - j$ » та отримуємо значення напруги на паралельних вітках – $U_{bc} = 3$ В;

– за значенням $U_{bc} = 3$ В на рисунку 1.6 отримуємо струми в паралельних вітках I_1, I_2, I_3 , а саме $I_1 = 2,8$ А; $I_2 = 1,2$ А; $I_3 = 0,7$ А.

6. Робимо перевірку за першим законом Кірхгофа:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 - j \Rightarrow I = 2,8 + 1,2 + 0,7 - 2 = 2,7 \text{ А.}$$

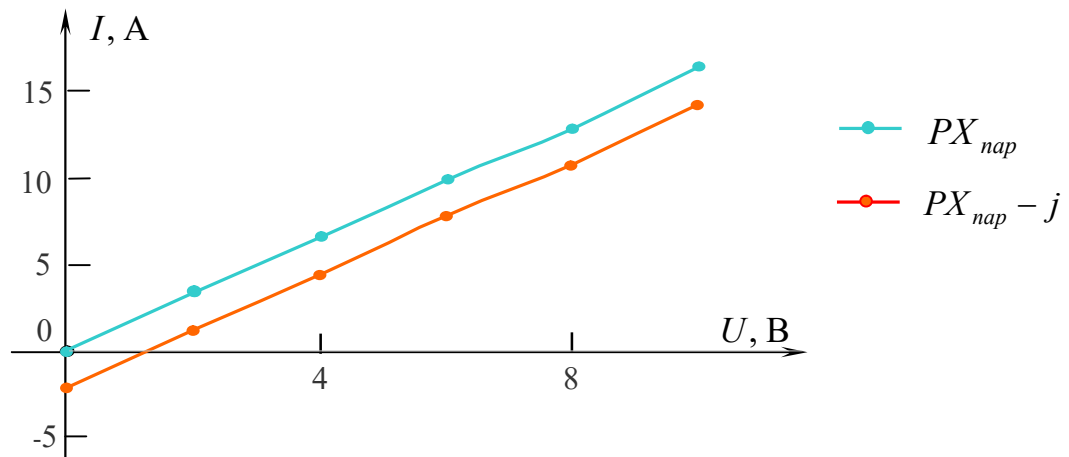


Рисунок 1.7 – Результуюча характеристика паралельного з’єднання елементів $R_{не3}, R_{не2}, R_2$ та результуюча характеристика з урахуванням зміщення на величину струму джерела струму $J = 2$ А

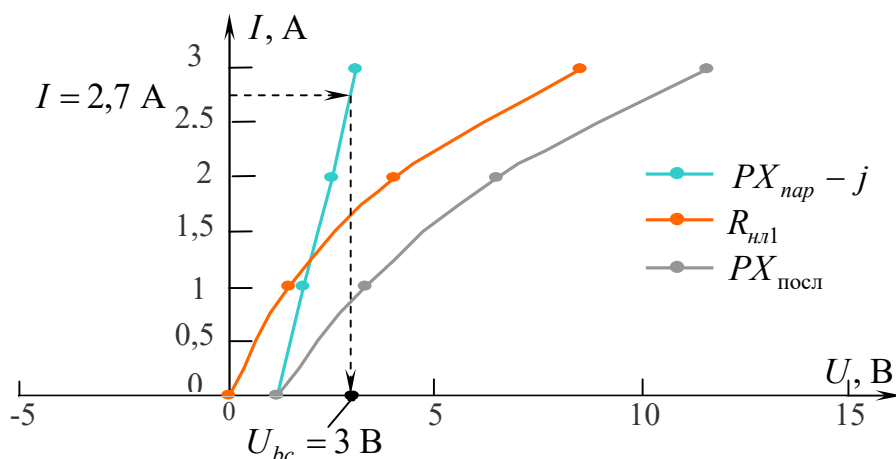


Рисунок 1.8 – Результуюча характеристика $PX_{посл}$ послідовного з’єднання $R_{нл1}$ та паралельного з’єднань $PX_{нар} - j$

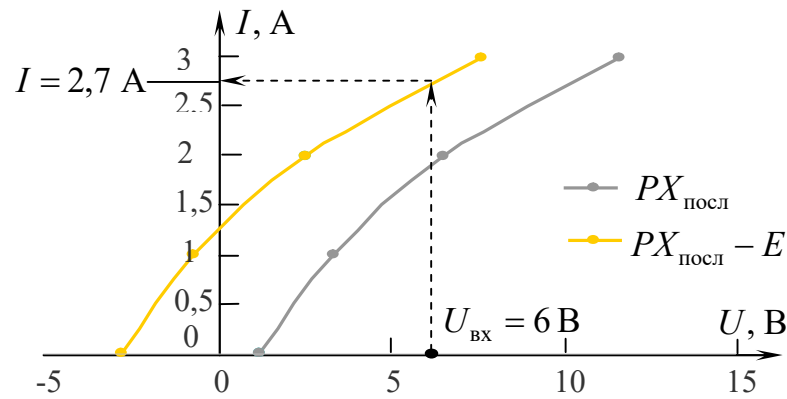


Рисунок 1.9 – Результуюча характеристика послідовного та паралельного з’єднань з урахуванням зміщення на величину джерела ЕРС E ($PX_{\text{посл}} - E$)

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму.
2. Поясніть застосування графоаналітичного методу розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму при послідовному, паралельному і змішаному з’єднанні елементів.
3. Поясніть порядок розрахунку нелінійного кола постійного струму з двома вузлами.
4. Наведіть визначення статичного й диференційного опорів нелінійного елемента.
5. Поясніть, як проводять заміну нелінійного елемента лінійним опором і джерелом ЕРС.
6. Наведіть приклади практичного застосування нелінійних елементів постійного струму в електротехніці.

ДРУГА ЧАСТИНА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

«РОЗРАХУНОК МАГНІТНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

2.1 Мета роботи

Метою виконання другої частини контрольної роботи є:

- вивчити методику розрахунку магнітних нелінійних систем постійного струму;
- навчитися складати схему заміщення магнітних нелінійних систем постійного струму;
- вивчити методику побудови залежностей магнітних нелінійних систем постійного струму;
- навчитися визначати значення характеристик магнітних нелінійних систем постійного струму за отриманими графіками.

2.2 Підготовка до роботи

Підготовка до роботи полягає в наступному:

- накреслити схему відповідно до свого варіанта (рис. 2.1–2.3);
- числові дані елементів схем узяти з таблиці 2.1 та 2.2 відповідно до номеру студента у журналі викладача.

2.3 Робоче завдання на другу частину контрольної роботи

Пункти робочого завдання:

- 1) скласти схему заміщення магнітної нелінійної системи постійного струму відповідного до варіанта завдання;
- 2) визначити значення та напрямок магніторушійної сили (далі – МРС) котушки F ;
- 3) визначити значення магнітної напруги $U_{мав}$ для кожної ділянки схеми в загальному вигляді;
- 4) скласти рівняння за законами Кірхгофа для магнітного кола;
- 5) визначити $U_{мав}$ для кожної ділянки системи (розрахунок зручно вести табличним методом);
- 5) за даними отриманими в попередньому пункті побудувати залежності для магнітного потоку;
- 6) побудувати результуючу характеристику для паралельно з'єднаної ланки та за допомогою додаткових побудов отримати значення магнітних потоків на всіх ділянках магнітної системи;
- 7) зробити перевірку за допомогою першого закону Кірхгофа.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Схема	Марка сталі	L_1 , см	L_2 , см	S_1, S_2 см ²	δ , мм	I_k , А	Витки
1	1	1211	20	15	6	2	5	90
2		1411	25	12	10	3	6	80
3		1512	18	10	9	2	7	70
4	2	1561	25	12	10	2	7	80
5		1211	18	10	7	2	8	70
6		1411	20	15	9	2	5	100
7	3	1211	18	10	8	2	7	70
8		1561	25	12	10	3	7	80
9		1211	20	15	8	2	5	100

Таблиця 2.2 – Характеристики намагнічування сталі

H , А/м	0	20	40	100	140	180	240	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 800	2 200	2 400	4 000	8 000	12 000	Марка сталі
B ,	0	0,03	0,11	0,53	0,73	0,9	1,1	1,23	1,32	1,38	1,42	1,45	1,48	1,54	1,57	1,59	1,64	1,75	1,83	1211
Тл	0	0,04	0,18	0,67	0,81	0,92	1,05	1,14	1,23	1,3	1,38	1,42	1,46	1,5	1,53	1,55	1,59	1,69	1,78	1411
	0	0,11	0,35	0,73	0,87	0,96	1,06	1,16	1,25	1,32	1,37	1,4	1,44	1,48	1,5	1,51	1,57	1,68	1,76	1512
	0	0,2	0,44	0,75	0,88	0,98	1,11	1,20	1,27	1,32	1,37	1,4	1,42	1,42	1,46	1,47	1,54	1,65	1,74	1561

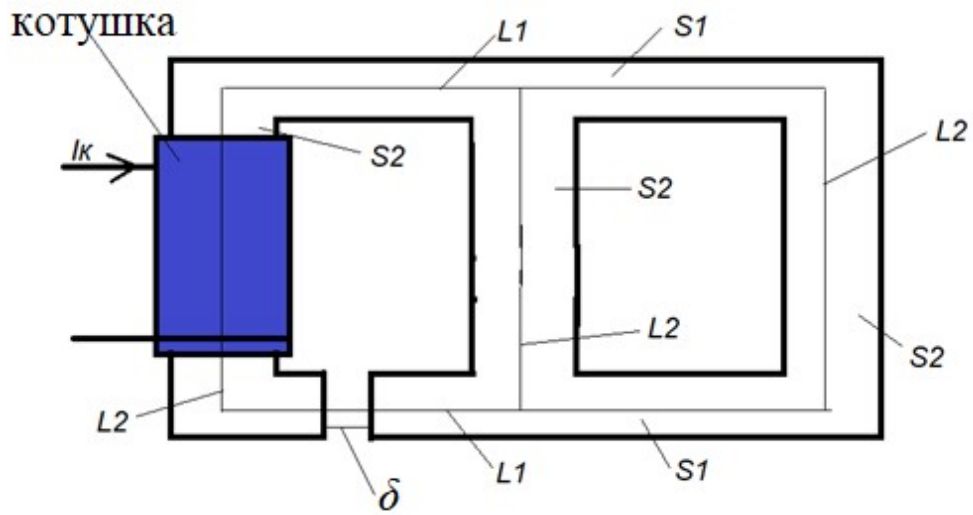


Рисунок 2.1 – Схема 1

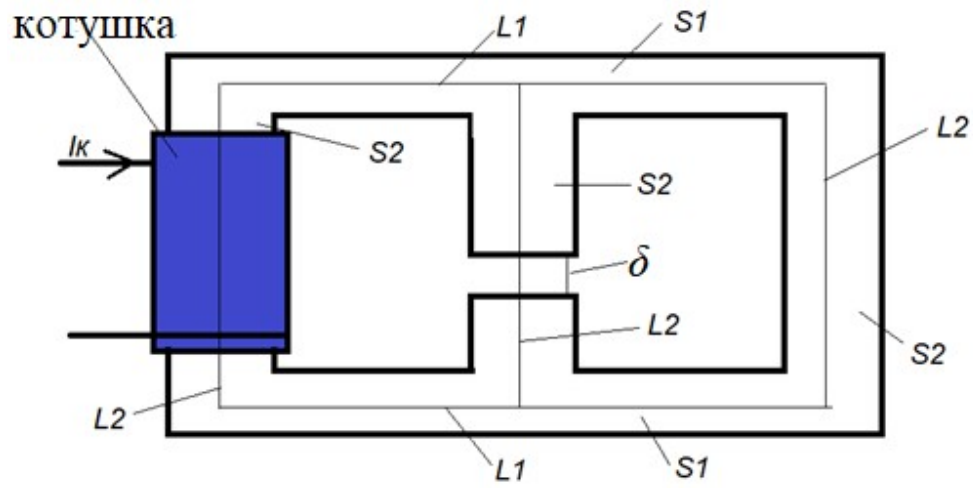


Рисунок 2.2 – Схема 2

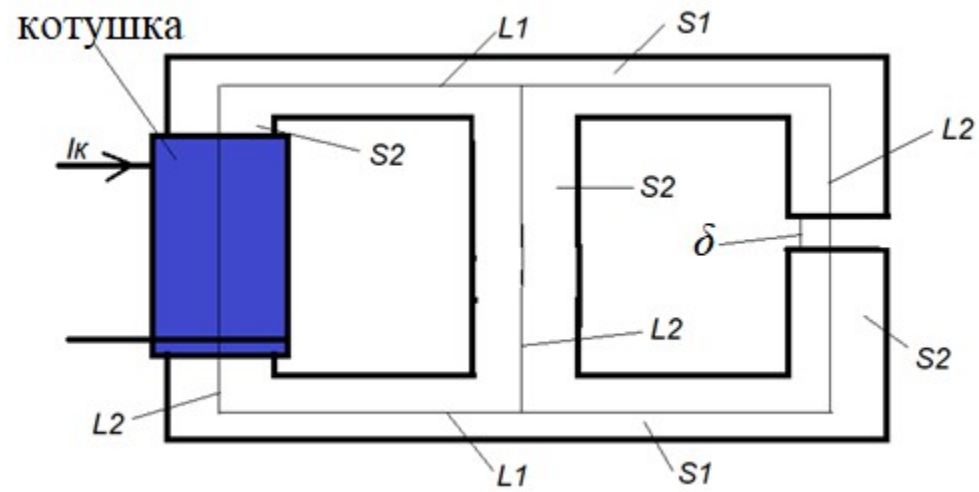


Рисунок 2.3 – Схема 3

2.4 Приклад розрахунку

Вихідні дані

$L_1 = 20 \text{ см}; L_2 = 15 \text{ см}; \delta = 2 \text{ мм}; S_1 = S_2 = 8 \text{ см}^2; I_k = 5 \text{ А}; w = 100 \text{ витків.}$

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнітна постійна. Марка сталі: 1211.

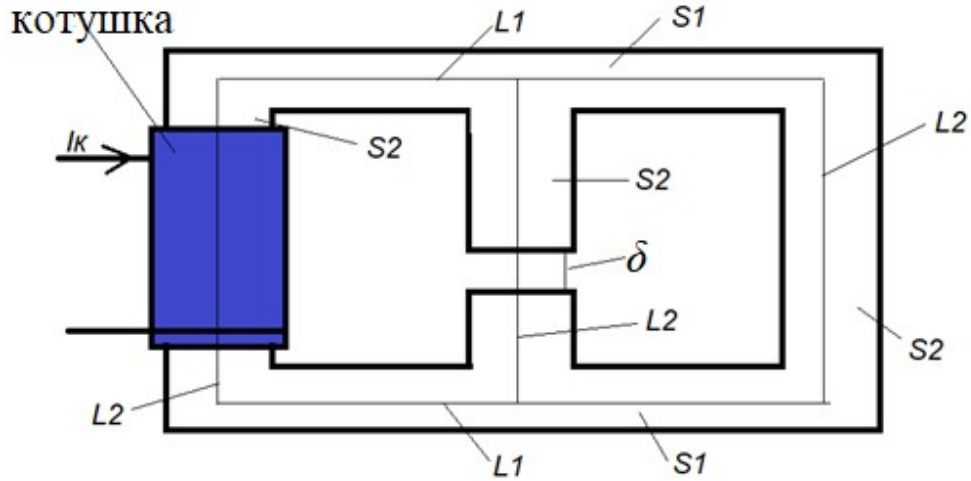


Рисунок 2.4 – Досліджувана схема

Таблиця 2.3 – Характеристика намагнічування сталі 1211

$H,$ А/м	0	20	40	100	140	180	240	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 800	2 200	2 400	4 000	8 000	12 000
$B,$ Тл	0	0,03	0,11	0,53	0,73	0,9	1,1	1,23	1,32	1,38	1,42	1,45	1,48	1,54	1,57	1,59	1,64	1,75	1,83

Порядок розрахунку

1. Складаємо схему заміщення магнітної нелінійної системи – рисунок 2.5.

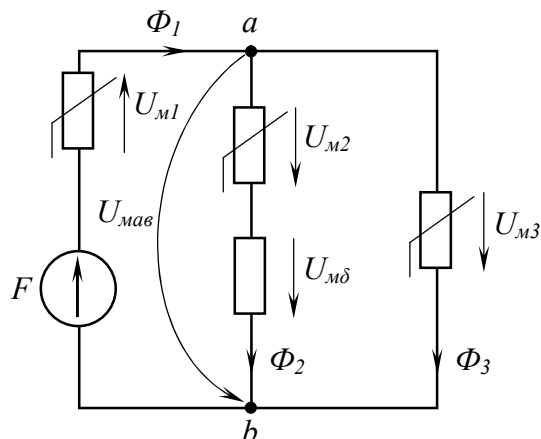


Рисунок 2.5 – Схема заміщення

2. Напрямок МРС котушки F визначаємо за правилом правої руки.

Величина F дорівнює: $F = I_k \cdot w = 5 \cdot 100 = 500$ А.

3. Визначаємо значення магнітної напруги $U_{мав}$ для кожної ділянки схеми в загальному вигляді:

$$U_{m1} = H_1 \cdot (L_1 + L_2), U_{m2} = H_2 \cdot (L_2 - \delta),$$

$$U_{m\delta} = H_\delta \cdot \delta = \frac{B_\delta}{\mu_0} \cdot \delta, U_{m3} = H_3 \cdot (L_1 + L_2).$$

4. Складаємо рівняння за законами Кірхгофа для магнітної системи:

$$\begin{cases} \Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3 \\ U_{мав1} + U_{m1} = F \\ U_{мав2} - U_{m2} - U_{m\delta} = 0 \\ U_{мав3} - U_{m3} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3 \\ U_{мав1} = F - U_{m1} \\ U_{мав2} = U_{m2} + U_{m\delta} \\ U_{мав3} = U_{m3} \end{cases}$$

5. Визначаємо $U_{мав}$ для кожної ділянки системи. Розрахунок ведемо табличним способом.

Таблиця 2.4 – Розрахунок першої ділянки

B_1 , Тл	H_1 , А/м	$\Phi_1 = B_1 \cdot S$, мВб	U_{m1} , А	$U_{мав1}$, А
0	0	0	0	500
0,4	90	0,32	31,5	468,5
0,8	160	0,64	56	444
1,2	380	0,96	133	367
1,6	2 600	1,28	910	-410
1,8	11 500	1,44	4 025	-3 525

Приклад розрахунку для другого рядка таблиці 2.4

За кривою намагнічування для сталі марки 1211 для $B_1 = 0,4$ Тл визначаємо значення напруженості магнітного поля $H_1 = 90$ А/м. Далі визначаємо магнітний потік на першій ділянці $\Phi_1 = B_1 \cdot S = 0,4 \cdot 8 = 0,32$ мВб, магнітну напругу на першій ділянці $U_{m1} = H_1 \cdot (L_1 + L_2) = 90 \cdot (0,2 + 0,15) = 31,5$ А та напругу $U_{мав1} = F - U_{m1} = 500 - 31,5 = 468,5$ А.

Таблиця 2.5 – Розрахунок другої ділянки

B_2 , Тл	H_2 , А/м	$\Phi_2=B_2 \cdot S$, мВб	U_{m2} , А	$U_{m\delta}$, А	$U_{мав2}$, А
0	0	0	0	0	0
0,4	90	0,32	13,32	636,9	650,2
0,8	160	0,64	23,68	1 273,9	1 297,6
1,2	380	0,96	56,24	1 910,8	1 967
1,6	2 600	1,28	384,8	2 547,8	3 317,4
1,8	11 500	1,44	1 702	2 866,2	4 568,2

Приклад розрахунку для другого рядка таблиці 2.5

За кривою намагнічування для сталі марки 1211 для $B_1 = 0,4$ Тл визначаємо значення напруженості магнітного поля $H_1 = 90$ А/м. Потім визначаємо магнітний потік на другій ділянці $\Phi_2 = B_2 \cdot S = 0,4 \cdot 8 = 0,32$ мВб, магнітну напругу на другій ділянці $U_{m2} = H_2 \cdot (L_2 - \delta) = 90 \cdot (0,15 - 0,002) = 13,32$ А та в повітряному зазорі $U_{m\delta} = H_\delta \cdot \delta = \frac{B_\delta}{\mu_0} \cdot \delta = \frac{0,4}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \cdot 0,002 = 636,9$ А. Остаточо визначаємо $U_{мав1} = U_{m2} + U_{m\delta} = 13,32 + 636,9 = 650,2$ А.

Таблиця 2.6 – Розрахунок третьої ділянки

B_3 , Тл	H_3 , А/м	$\Phi_3=B_3 \cdot S$, мВб	U_{m3} , А	$U_{мав3}$, А
0	0	0	0	0
0,4	90	0,32	31,5	31,5
0,8	160	0,64	56	56
1,2	380	0,96	133	133
1,6	2 600	1,28	910	910
1,8	11 500	1,44	4 025	4 025

Приклад розрахунку для другого рядка таблиці 2.6

За кривою намагнічування для сталі марки 1211 для $B_1 = 0,4$ Тл визначаємо значення напруженості магнітного поля $H_1 = 90$ А/м. Далі визначаємо магнітний потік на першій ділянці $\Phi_1 = B_1 \cdot S = 0,4 \cdot 8 = 0,32$ мВб, магнітну напругу на третій ділянці $U_{m3} = H_3 \cdot (L_1 + L_2) = 90 \cdot (0,2 + 0,15) = 31,5$ А та напругу $U_{мав3} = U_{m3} = 31,5$ А.

6. За даними таблиць 2.4, 2.5 і 2.6 будемо залежності $\Phi_1 = f(U_{мав1})$, $\Phi_2 = f(U_{мав2})$, $\Phi_3 = f(U_{мав3})$ – рисунок 2.6.

Оскільки на схемі заміщення маємо паралельно з'єднані елементи, то складаємо графіки Φ_2 і Φ_3 , враховуючи, що $U_{мав}$ однакове (правило додавання при паралельному з'єднанні). Побудувавши графік $\Phi_2 + \Phi_3$, отримуємо точку перетину з графіком Φ_1 . В цій точці виконується рівність за першим законом Кірхгофа. З цієї точки відкладаємо перпендикуляр на вісь $U_{мав}$, отримуємо три точки Φ_1, Φ_2, Φ_3 . З них проводимо перпендикуляри на вісь Φ та отримуємо значення наших потоків: $\Phi_1 = 1,1$ мВб, $\Phi_2 = 0,09$ мВб, $\Phi_3 = 1$ мВб.

7. Робимо перевірку за першим законом Кірхгофа:

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3 = 0,09 + 1 = 1,09 \text{ мВб}; 1,1 \text{ мВб} \approx 1,09 \text{ мВб}.$$

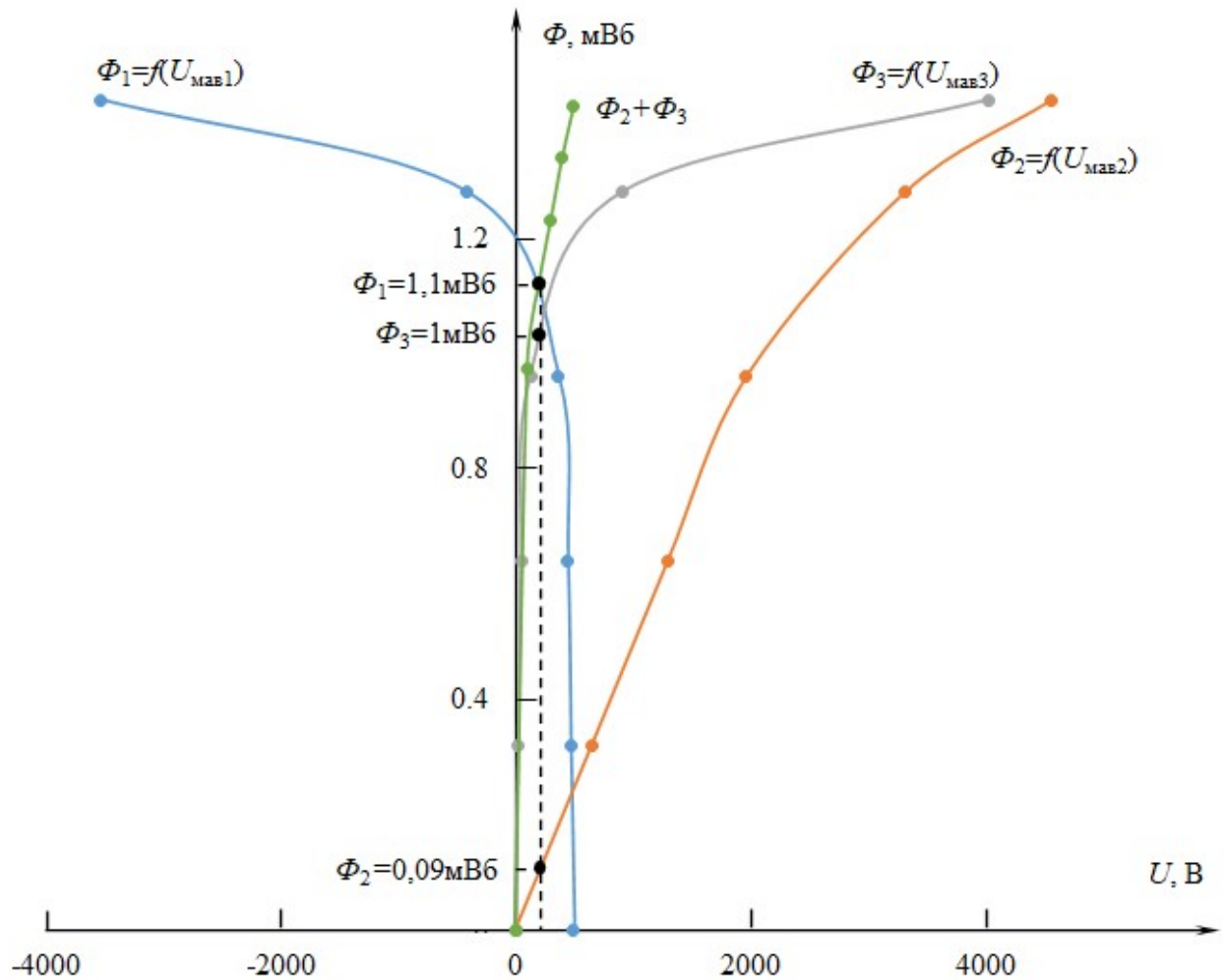


Рисунок 2.6 – Графоаналітичний розрахунок

Контрольні запитання

1. Наведіть основні поняття і закони магнітних кіл: закони повного струму, закони Кірхгофа, закон Ома.
2. Поясніть порядок розрахунку нерозгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
3. Поясніть порядок розрахунку розгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
4. Наведіть деякі загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі.
5. Поясніть, як здійснюють апроксимацію нелінійних ВАХ графоаналітичним методом трьох ординат, ступеневим поліномом та кусково-лінійну апроксимацію при розрахунку нелінійних кіл змінного струму.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Л. А. Бессонов. – М. : Гардарики, 2002 – 640 с.
2. Основы теории цепей : учебник для вузов / [Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1989– 528 с.
3. Теоретические основы электротехники. 4-е издание, дополненное для самостоятельного изучения курса / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. – СПб. : Питер, 2004 (т. 1 – 462 с., т. 2 – 575 с., т. 3 – 376 с.).
4. Шебес М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. – М. : Высшая школа, 1990 – 544 с.
5. М. П. Рибалко. Теоретичні основи електротехніки. Лінійні електричні кола : підручник / М. П. Рибалко, В. О. Єсауленко, В. І. Костенко. – Донецьк : Новий світ, 2003 – 513 с.
6. Перхач В. С. Теоретична електротехніка. Лінійні кола / В. С. Перхач. – Київ : Вища школа, 1992 – 439 с.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульного аркуша контрольної роботи (частина 1)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

КАФЕДРА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ
ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА
(частина 1)

«РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

Виконав:
студент гр. ХарЕСЕ19-1з

Руденко Д. В.

Варіант № 1

Перевірила:

доц. Форкун Я. Б.

Харків – 2022

ДОДАТОК Б

Зразок оформлення титульного аркуша контрольної роботи (частина 2)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

КАФЕДРА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ
ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

(частина 2)

«РОЗРАХУНОК МАГНІТНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

Виконав:
студент гр. ХарЕСЕ19-1з

Руденко Д. В.

Варіант № 1

Перевірила:

доц. Форкун Я. Б.

Харків – 2022

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання
контрольної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3»

за темою

**«РОЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ТА МАГНІТНОЇ
НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСТІЙНОГО СТУМУ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
усіх форм навчання зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання»,
«Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

Укладачі : **ФОРКУН Яна Борисівна,**
ЄГОРОВ Олексій Борисович

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Я. Б. Форкун*

План 2022, поз. 223М

Підп. до друку 06.07.2022. Формат 60 × 84/16.

Електронне видання. Ум. друк. арк. 1,3.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.