

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

Методичні вказівки
до самостійного вивчення
дисципліни

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ В
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

*(для студентів 4 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом
6.050701 – Електротехніка та електротехнології
та слухачів другої вищої освіти, за спеціальністю
7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання (за видами))*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Математичні методи і моделі в електроенергетиці» (для студентів 4 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти, зі спеціальності 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання (за видами)) / Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : І. Т. Карпалюк, А. О. Карюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 15 с.

Укладачі: к.т.н. І. Т. Карпалюк
А. О. Карюк

Рецензент: П. П. Рожков, к.т.н., доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Рекомендовано кафедрою Електропостачання міст, протокол № 2 від 17.10.2014 р.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
РОБОЧА ПРОГРАМА Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ КУРСУ	5
Змістовий модуль 1 Системи, системний підхід, системний аналіз. Отримання інформації.....	5
Тема 1 Системи, системний підхід, системний аналіз. Дані.....	5
Контрольні запитання:	5
Список джерел:	6
Тема 2 Робота з даними. Data Mining	6
Контрольні запитання:	6
Список джерел:	7
Змістовий модуль 2 Моделі і моделювання	7
Тема 3 Моделювання і поняття моделі. Необхідність моделювання	7
Контрольні запитання:	7
Список джерел:	8
Тема 4 Випадкові події, випадкові величини. Їх закони розподілу та числові характеристики.....	8
Контрольні запитання:	8
Список джерел:	9
Змістовий модуль 3 Моделювання при рішенні інженерних завдань	9
Тема 5 Математичні методи моделювання при обробці даних	9
Контрольні запитання:	9
Список джерел:	10
Тема 6 Інтерполяція. Апроксимація. Екстраполяція. Прогноз.....	10
Контрольні запитання:	10
Список джерел:	11
Змістовий модуль 4 Математичні моделі елементів електроенергетичних мереж.....	12
Тема 7 Лінія електропередачі.....	12
Контрольні запитання:	12
Список джерел:	12
Тема 8 Силовий трансформатор	13
Контрольні запитання:	13
Список джерел:	13
Тема 9 Електричне навантаження.....	13
Контрольні запитання:	14
Список джерел:	14

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Предметом вивчення навчальної дисципліни Математичні методи і моделі в електроенергетиці є основи системного підходу до моделювання в цілому побудування моделей електричних систем та мереж враховуючи їх ієрархічний устрій, побудова моделі споживача з метою прогнозування стану електричної мережі

Мета вивчення дисципліни: є формування знань відносно системного підходу до процесів аналізу даних та побудуванню моделей, вмінь щодо використання моделей в системах обліку та керування електроспоживанням.

Основними завданнями вивчення дисципліни є: навчити основним системним підходам до аналізу даних; навчити обирати типи моделей за критеріями адекватності і відповідності; навчити використовувати сучасне програмне забезпечення для побудови і вирахуванню моделей; навчити виконувати аналіз на проблемні місця в структурі мережі спираючись на облікові дані та прогнозувати аварійні та критичні ситуації.

Для студентів заочної та денної форм навчання передбачені наступні форми вивчення матеріалу з курсу: самостійна робота над літературою відповідно до викладеної нижче програми й методичних вказівок до неї; відповіді на запитання для самоперевірки; виконання розрахунково-графічної роботи; слухання лекцій з основних питань курсу в період установочної сесії чи протягом семестру і виконання практичних робіт.

При самостійному вивченні курсу необхідно попередньо ознайомитися з робочою програмою й методичними вказівками до кожної теми. Після вивчення теми треба відповісти на запитання для самоперевірки. Вивчення матеріалу слід закріпити вирішенням і розбором прикладів, що є в рекомендованій літературі.

Відповідно до навчального плану на вивчення курсу виділяється один семестр.

Знання студентів контролюються за результатами виконання практичних робіт й складання заліку.

РОБОЧА ПРОГРАМА Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ КУРСУ

Змістовий модуль 1 Системи, системний підхід, системний аналіз. Отримання інформації

Тема 1 Системи, системний підхід, системний аналіз. Дані

Система і елемент.
Головні властивості системи.
Системний підхід.
Системний аналіз.
Поняття даних.
Рівні інформації.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентові освоїти основні поняття й терміни. Слід приділити увагу класифікації і розмежуванню понять система і елемент. Необхідно знати класифікацію зав'язків елементів системи. Розібратися з поняттям системного підходу і системного аналізу. Розподіл інформації на рівні дозволяє відокремити такі поняття як дані і знання. Класифікація даних структурує оточуючу інформацію. Типи даних дозволяють їх фіксувати або записувати певним чином, що в свою чергу призводить до баз даних. Потрібно знати визначення бази даних, короткі характеристики баз даних.

Контрольні запитання:

1. Поняття система (розкрити поняття).
2. Елемент системи.
3. Функції системи.
4. Поняття зв'язку між елементами.
5. Стан системи.
6. Сформулюйте принципи системного підходу.
7. Що під собою має на увазі системний аналіз? Основні етапи системного аналізу.
8. Що таке параметризація системи ?
9. Що включає (з чого складається) дослідження отриманої (змодельованою) системи ?
10. Структура системи (розкрийте поняття). Рівні ієрархії системи.
11. Рівні інформації (перерахувати).
12. Дані, поняття даних. Атрибути даних, поняття об'єкту.
13. Що мають на увазі під гіпотезою ? Навести приклади.
14. Наведіть приклади типів наборів даних.

15. Що таке база даних? Які вимоги пред'являються до СУБД ?
16. Класифікація видів даних. За критерієм постійності: змінні; постійні; умовно-постійні. По виконуваних функціях: довідкові, оперативні, архівні. За часом: дані за період і точкові дані.
17. Які дані можна включати в метадані ?

Список джерел:

1. Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах. — СПб: Питер, 1997.
2. Чубукова И. А. — М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. — 382 с.

Тема 2 Робота з даними. Data Mining

Data Mining – інтелектуальний аналіз даних.

Задачі, що вирішують методами Data Mining.

Етапи вирішення задач методами Data Mining.

Класи систем Data Mining

Методичні вказівки. Ознайомитися з основними поняттями, термінами, визначеннями. Ознайомитися із задачами, вирішення яких відбувається за допомогою технологій Data Mining. Необхідно знати етапи рішення задач методами Data Mining. Як проводиться формування гіпотези, збір даних, підготовка даних до обробки, критерії вибору моделі, як проводиться підбір параметрів моделі. Ознайомитися із правилами побудови алгоритму навчання моделі, правила виявлення закономірностей.

Контрольні запитання:

1. Що таке Data Mining ?
2. Вимоги до переробки даних (перерахувати).
3. Що лежить в основі технології discovery - driven data mining?
4. Опишіть рівні знань що витягують з даних.
5. Які завдання вирішує discovery - driven data mining (перерахувати)?
6. Розкрийте поняття Information retrieval.
7. Що має на увазі text data mining?
8. Навіщо використовують web mining?
9. Походження Data Mining.
10. Які правила постановки завдання Data Mining?
11. Взаємозв'язок Data Mining і баз даних.
12. Статистична обробка і Data Mining.
13. Наведіть приклади статистичних пакетів для обробки даних.
14. Система CBR (case based reasoning). Особливості і недоліки.
15. У чому полягає суть методу дерева рішень (decision trees)?

16. У чому суть підходу "еволюційного програмування"?
17. Розкрийте принцип методу і сферу застосування "Генетичних алгоритмів".
18. У чому полягають алгоритми обмеженого перебору.
19. Опишіть сферу застосування і особливості методу візуалізації багатовимірних даних.

Список джерел:

1. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Юнюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика, 1989.
2. Knowledge Discovery Through Data Mining: What Is Knowledge Discovery? — Tandem Computers Inc., 1996.
3. Кречетов Н. Продукты для интеллектуального анализа данных. — Рынок программных средств, № 14–15, 1997, с. 32–39.
4. Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах. — СПб: Питер, 1997.
5. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс (+CD). — СПб: Изд. Питер, 2001. — 368 с.
6. Чубукова И. А. — М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. — 382 с.

Змістовий модуль 2 Моделі і моделювання

Тема 3 Моделювання і поняття моделі. Необхідність моделювання

Поняття модель, об'єкт.
 Властивості моделей, типи моделей.
 Моделювання і технологія моделювання.
 Проблеми моделювання.

Методичні вказівки. Ознайомитися з основними поняттями, термінами, визначеннями. Вивчення теми дозволяє студентові класифікувати такі поняття як модель і об'єкт. Ознайомитися із властивостями моделей, з'ясувати необхідність моделювання. Класифікація типів моделей дозволяє окреслити межі використання різних моделей. Ознайомитися із основними етапами процесу побудування моделі. З'ясувати загальні проблеми моделей.

Контрольні запитання:

1. Дайте визначення моделі.
2. Що є моделюванням?
3. У чому полягають цілі моделювання?
4. Перерахуйте загальні властивості будь-якої моделі.

5. У чому полягає проблема моделювання?
6. Покажіть необхідність моделювання (складність, експериментування).
7. Приведіть ряд типів моделей.
8. Які моделі зараховують до фізичних моделей?
9. Які моделі відносять до аналогових моделей?
10. Які моделі відносять до ідеальних (інтуїтивні, знакові, абстрактні)?
11. Які моделі можна відносити до математичних?
12. Перерахуйте основні етапи моделювання.
13. Які етапи виділяють при побудові і аналізі конкретних моделей?
14. Які способи опису інформаційних моделей виділяють?
15. Сформулюйте загальні проблеми моделювання.

Список джерел:

1. Чубукова И. А. — М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. — 382 с.
2. Самарский А.А. Гулин А.В. Численные методы 1989г.
3. Костомаров Д.П., Фаворский А.П. Вводные лекции по численным методам

Тема 4 Випадкові події, випадкові величини. Їх закони розподілу та числові характеристики

Випадкові події.

Випадкові величини.

Закони розподілу випадкових величин.

Методичні вказівки. Ознайомитися з основними поняттями, термінами, визначеннями. Вивчення теми дозволяє студентів освоїти основні поняття й терміни теорії ймовірності. Слід приділити увагу класифікації випадкових подій, випадкових величин (дискретні, неперервні). Ознайомитися із функціями розподілу випадкових величин. Ознайомитися із числовими характеристиками випадкових величин. Знати закони розподілу випадкових величин, їх особливості.

Контрольні запитання:

1. Поняття випадкової величини.
2. Яку величину називають дискретною, а яку безперервною і чому ?
3. Закон розподілу дискретної випадкової величини. Види завдання закону розподілу дискретної випадкової величини.
4. Інтегральна функція розподілу випадкової величини. Геометричний сенс.
5. Властивості інтегральної функції розподілу випадкової величини.
6. Диференціальна функція розподілу випадкової величини. Властивості.
7. Числові характеристики випадкової величини. Математичне очікування.

8. Дисперсія (визначення).
9. Середньоквадратичне відхилення.
10. Закон рівномірного розподілу вірогідності безперервної випадкової величини.
11. Нормальний закон розподілу вірогідності безперервної випадкової величини (крива Гауса).
12. Показовий закон розподілу вірогідності безперервної випадкової величини.
13. Біномний закон розподілу вірогідності дискретної випадкової величини.

Список джерел:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., «Высшая школа», 1977
2. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М., «Высшая школа», 1975
3. Румшиский Л.З. Элементы теории вероятностей, М., «Наука», 1976
4. Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике, М., «Наука», 1973
5. Гребеник В.Д., Рухляда В.С., Скрипко Е.Д. Программа, методические указания и контрольные задания по курсу «Теория вероятностей», ХИИКС, 1988

Змістовий модуль 3 Моделювання при рішенні інженерних завдань

Тема 5 Математичні методи моделювання при обробці даних

Класифікація моделей в інженерних задачах.

Змінні в математичних моделях.

Адекватність і ефективність.

Властивості об'єктів моделювання.

Мікро- і макро- рівень моделей.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентів освоїти основні поняття й терміни моделювання інженерних завдань. Ознайомитися із моделями опису матеріальних явищ. Змінні в моделях за властивостями. Слід звернути увагу на особливості технічних об'єктів, що мають різні внутрішні властивості. Ознайомитися із підходами погляду на моделі з рівня мікро і макро рівнів. Особливості моделювання на макро рівні, мето рівні, мікро рівні.

Контрольні запитання:

1. Яка властивість моделі є фундаментальною ?
2. Як класифікуються моделі ?

3. За якими ознаками розрізняють змінні в математичних моделях ?
4. Чим розрізняються прямі і зворотні завдання дослідження об'єкта при його моделюванні ?
5. Як підрозділяються дискретні змінні в математичних моделях ?
6. Поясніть властивість адекватності математичної моделі.
7. Назвіть попарно протилежні властивості об'єктів з точки зору моделювання.
8. Що є математичними моделями на мікро- рівні ?
9. Що є математичними моделями на макро-рівні ?
10. Що є математичними моделями на мета- рівні ?

Список джерел:

1. Березин, И.С. Методы вычислений/ И. С. Березин, Н. П. Жидков. Т. 1.--М.: Наука, 1966. 5.
2. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с. 26.
3. Корн Г., Корн Е. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984.

Тема 6 Інтерполяція. Апроксимація. Екстраполяція. Прогноз

Інтерполювання.

Побудова інтерполяційного многочлена.

Екстраполювання.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентові освоїти основні поняття й терміни проведення аналізу інтерполювання і побудови прогнозу екстраполювання. Слід приділити увагу правилам побудови інтерполяційного многочлена. Інтерполяція за Лагранжем, Ньютоном. Сплайн інтерполяція, типи сплайнів. Властивості інтерполяційних многочленів для побудови прогнозу. Апроксимація даних. Згладжування даних методом найменших квадратів. Необхідно знати методи екстраполювання їх класифікацію, оцінку точності прогнозу.

Контрольні запитання:

1. Яка функція називається табличною ?
2. Що таке вузлові точки ?
3. Які завдання відносяться до завдань інтерполяції ?
4. У чому полягає завдання екстраполювання ?
5. Яке завдання називають завданням прогнозу ?
6. Запишіть інтерполяційний многочлен Лагранжа. Покажіть хід рішення інтерполяційної задачі методом Лагранжа в Excel.

7. Запишіть інтерполяційний многочлен Ньютона. Покажіть хід рішення інтерполяційної задачі методом Ньютона в Excel.
8. Що таке сплайн? Який принцип лежить в основі сплайн-інтерполяції?
9. Типи сплайнів. Лінійний, квадратичний і кубічний сплайн.
10. У чому полягає завдання апроксимації дослідних даних?
11. Навіщо застосовують згладжування дослідних даних?
12. Метод найменших квадратів.
13. Яка апроксимація називається лінійною регресією? Яка апроксимація називається квадратичною регресією? Яка апроксимація називається кубічною регресією?
14. Приведіть алгоритм побудови функції апроксимації методом найменших квадратів в Excel. Поняття екстраполяції (прогноз).
15. Опишіть прості методи прогнозу екстраполяції. Які методи включають в складні методи прогнозу екстраполяції?
16. Формалізовані і інтуїтивні методи прогнозування.
17. Ділення формалізованих методів на методи екстраполяції і методи моделювання (опишіть).
18. Опишіть метод інформаційного моделювання (чи випереджаючого прогнозування).
19. Оцінка точності прогнозу, побудованого методом екстраполяції.
20. Побудова прогнозу методом ковзної середньої. Види ковзних середніх.
21. Опишіть просте ковзне середнє. Зважене ковзне середнє.
22. Ковзні на основі інших усереднюючих функцій (Проста ковзна медіана, Динамічні ковзні середні, Кумулятивне ковзне середнє, Кумулятивна сума).

Список джерел:

1. Березин, И.С. Методы вычислений/ И. С. Березин, Н. П. Жидков. Т. 1.--М.: Наука, 1966. 5.
2. Крылов, В. И. Начала теории вычислительных методов. Интерполирование и интегрирование / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный. Т. 1. -- Минск: Наука и техника, 1983.
3. Крылов, В. И. Вычислительные методы высшей математики/ В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный. Т. 1. – М: Наука, 1976
4. Мысовских, И. П. Лекции по методам вычислений/ И. П. Мысовских. – М.: Наука, 1993. Владимирова Л.П. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие. М.: Издательский Дом «Дашков и Ко», 2001
5. Слуцкий Л.Н. Курс МБА по прогнозированию в бизнесе. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.
6. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с. 26.
7. Корн Г., Корн Е. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984.

Змістовий модуль 4 Математичні моделі елементів електроенергетичних мереж

Тема 7 Лінія електропередачі

Конструктивне виконання і властивості ліній електропередачі.
Математична модель лінії з розподіленими параметрами.
Математична модель лінії у вигляді схем заміщення.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентові освоїти основні поняття й терміни моделювання ліній електропередачі. Слід приділити увагу властивостям ліній електропередачі за родом струму, напруги і частоти, за надійністю, за режимами роботи та ін. Необхідно знати математичну модель ідеальної лінії. Ознайомитися із моделями лінії електропередачі у вигляді схем заміщення. Проводити розрахунки ліній електропередачі для режимів: холостого ходу, передавання потужності менше натуральної, передавання потужності більше натуральної. Спрощенні моделі ліній електропередачі.

Контрольні запитання:

1. Назвіть основні електричні і магнітні властивості ЛЕП.
2. Поясніть фізичний сенс параметрів ВЛ.
3. Які рівняння називаються рівняннями довгої лінії?
4. Як можна вичислити напругу і струм в довільній точці на лінії?
5. Як виходять рівняння ідеальної лінії?
6. Які лінії називаються хвильовими (півхвильовими)?
7. Як знайти параметри П-образної схеми заміщення лінії?
8. У яких випадках можна користуватися спрощеними моделями ВЛ?

Список джерел:

1. Вайнштейн Р.А. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, Н.В. Коломиец, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 115 с.
2. Крюков А.В., Закарюкин В.П., Соколов В.Ю. Моделирование систем электроснабжения с мощными токо-проводами: монография / под ред. А.В. Крюкова. – Иркутск: Ир-ГУПС. – 2010. – 84 с.
3. Примененние вычислительных методов в энергетике: Обзор докладов VIII международной конференции/ Под ред. В.А. Веникова, Ю.Ф. Архипцева. М.: Энергоатомиздат, 1987. 176 с.
4. К.С. Демирчян, П.А. Бутырин. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. М. Высшая школа 1988 г. 335 с.

Тема 8 Силовий трансформатор

Конструктивне виконання і принцип дії силового трансформатора.
Електричні і магнітні властивості трансформатора.
Математичні моделі силового трансформатора.
Побудова зовнішньої характеристики трансформатора.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентові освоїти основні поняття й терміни моделювання силового трансформатора. Слід приділити увагу властивостям силового трансформатора за призначенням, за способом виконання, за режимами роботи та ін. Необхідно знати математичну модель ідеального трансформатора. Спрощенні моделі заміщення трансформатора. Ознайомитися із методами побудови зовнішньої характеристики трансформатора.

Контрольні запитання:

1. Поясніть фізичний сенс параметрів схеми заміщення трансформатора.
2. Запишіть рівняння трансформатора в диференціальній формі запису.
3. Який трансформатор називається ідеальним і досконалим?
4. Намалюйте Г-подібну схему заміщення трансформатора.
5. Як визначаються параметри П-образної схеми заміщення трансформатора?
6. Як побудувати зовнішню характеристику трансформатора?

Список джерел:

1. Вайнштейн Р.А. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, Н.В. Коломиец, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 115 с.
2. Применение вычислительных методов в энергетике: Обзор докладов VIII международной конференции/ Под ред. В.А. Веникова, Ю.Ф. Архипцева. М.: Энергоатомиздат, 1987. 176 с.
3. К.С. Демирчян, П.А. Бутырин. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. М.: Высшая школа 1988 г. 335 с.

Тема 9 Електричне навантаження

Статичні характеристики електричного навантаження.
Моделювання електричних навантажень.

Методичні вказівки. Вивчення теми дозволяє студентові освоїти основні поняття й терміни моделювання електричного навантаження. Слід приділити увагу властивостям різних видів електричного навантаження. Ознайомитися із різними моделями електричного навантаження. Спрощенні моделі.

Ознайомитися із методами побудови характеристик електричного навантаження.

Контрольні запитання:

1. Що таке статичні характеристики навантаження?
2. Що таке регулюючий ефект навантаження?
3. Які існують основні види електричних навантажень?
4. Які навантаження не споживають реактивної потужності?
5. Який регулюючий ефект мають печі опору і лампи розжарювання?
6. Як змінюється регулюючий ефект по реактивній потужності асинхронного двигуна при зниженні напруги?
7. Які математичні моделі використовуються для моделювання електричного навантаження в сталих режимах?
8. Що таке типові статичні характеристики?
9. Які схеми заміщення використовуються для моделювання навантаження?

Список джерел:

1. Лыкин А. В. Режимы электроэнергетических систем. Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем. Конспект лекций. Для студентов ФЭН, обучающихся по специальности 1002 «Электроэнергетические системы и сети». Изд. Новосиб. гос. техн. ун-та, Новосибирск, 2000. – 62 с.
2. Гамм А. З. Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем. – Новосибирск: ВО «Наука», 1993. – 133 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до самостійного вивчення
дисципліни

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

*(для студентів 4 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом 6.050701 – Електротехніка та електротехнології
та слухачів другої вищої освіти, за спеціальністю
7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання (за видами))*

Укладачі: **КАРПАЛЮК** Ігор Тимофійович
КАРІЮК Андрій Олександрович

Відповідальний за випуск *В. А. Маляренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2014, поз. 203М

Підп. до друку 26.05.2015
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 1,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 4705 від 28.03.2014 р.