

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

“Математичні задачі енергетики”

та контрольні завдання
для студентів спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
спеціалізації «Енергетичний менеджмент»
заочної форми навчання

2016

Програма, методичні вказівки з вивчення дисципліни "Математичні задачі енергетики" та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Енергетичний менеджмент» заочної форми навчання / Укл.: Д.О. Кулагін – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 17 с.

Укладач: Д.О. Кулагін, професор кафедри ЕПП, доц., к.т.н.

Рецензент: П.В. Махлін, доцент кафедри ЕПП, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск:

В.П. Метельський, професор кафедри ЕПП,
професор, к.т.н.

Затверджено
на засіданні НМК
«Електротехнічного
факультету»
Протокол №1 від 20.08.16

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових
підприємств”

Протокол № 1 від 19.08.16

ЗМІСТ

Особливості вивчення дисципліни студентами заочної форми навчання.....	4
Загальні вимоги до виконання практичних робіт.....	7
Практична робота № 1.....	8
Практична робота № 2.....	10
Практична робота № 3.....	12
Практична робота № 4.....	14
Практична робота № 5.....	15
Перелік посилань.....	17

Особливості вивчення дисципліни студентами заочної форми навчання

Індивідуальні завдання

Для студентів заочної форми навчання – 1 контрольна робота.

Методи навчання

Робочою програмою передбачені такі форми організації навчального процесу як лекції, практичні роботи, самостійна робота студентів, консультації та контрольні заходи.

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – уявного (практичного) розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

Методи контролю

Контроль успішності студентів денної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- двох рубіжних модульних контролів;
- заліку.

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- захисту контрольної роботи;
- заліку.

Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання успішності студентів здійснюється окремо за кожний модуль на відповідному рубіжному модульному контролі (РМК) за 100-бальною шкалою.

Під час контролю враховуються наступні види робіт:

- робота студента на лекціях оцінюється до 12 балів;
- виконання та захист практичних робіт оцінюється до 60 балів;
- аудиторна контрольна робота – до 28 балів.

Підсумкова оцінка студента з дисципліни складається за результатами двох РМК як середнє арифметичне відповідних сум балів із заокругленням до цілого на користь студента і подальшим переведенням в національну та ECTS шкали.

Студент, який незадоволений семестровою оцінкою за результатами РМК, має можливість покращити результат під час складання письмового заліку. На іспиті потрібно відповісти на п'ять питань, які оцінюються до 20 балів кожний. Питання відповідають змістовим модулям та практичним роботам.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для курсового (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Загальні вимоги до виконання практичних робіт.

Варіант завдання обирається за трьома останніми цифрами номера залікової книжки студента. В задачах практичної роботи даний номер позначається літерами:

a – третя з кінця цифра номера залікової книжки;

b – друга з кінця цифра номера залікової книжки (передостання цифра номера);

c – остання цифра номера залікової книжки.

Наприклад номер залікової книжки студента 02.06.60.014. Тоді $a=0$, $b=1$, $c=4$.

Кожна практична робота виконується тільки в рукописному вигляді з викладенням усіх проміжних розрахунків, які були необхідними для вирішення поставленої в роботі задачі.

Практична робота № 1.

Тема: «Рівняння усталеного режиму електроенергетичної системи»

Для заданих на рис. 1.1 схем електропостачання відповідно до вихідних даних свого варіанту, наданих в табл. 1.1, 1.2, виконати наступне:

- скласти два види схем заміщення (перша схема, на якій електростанції представити джерелами напруги, а трансформатори, лінії та навантаження – опорами; друга схема, на якій електростанції та навантаження представити у вигляді струмів завдання, а лінії та трансформатори – опорами);
- у відповідності із заданим балансуєчим вузлом скласти рівняння за законами Кірхгофа;
- скласти граф для схеми електропостачання;
- скласти всі можливі варіанти дерев для свого графа, визначити кількість та позначити на схемах вітки дерев та хорди;
- скласти першу та другу матрицю інценденцій;
- скласти узагальнене рівняння стану електроенергетичної системи, не вирішуючи його.

Таблиця 1.1 – Номер балансуєчого вузла

b=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер балансуєчого вузла	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Таблиця 1.2 – Номер схеми

c=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер схеми	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4

При вирішенні задачі скористатися прикладом, наведеним в [1, глава 1].

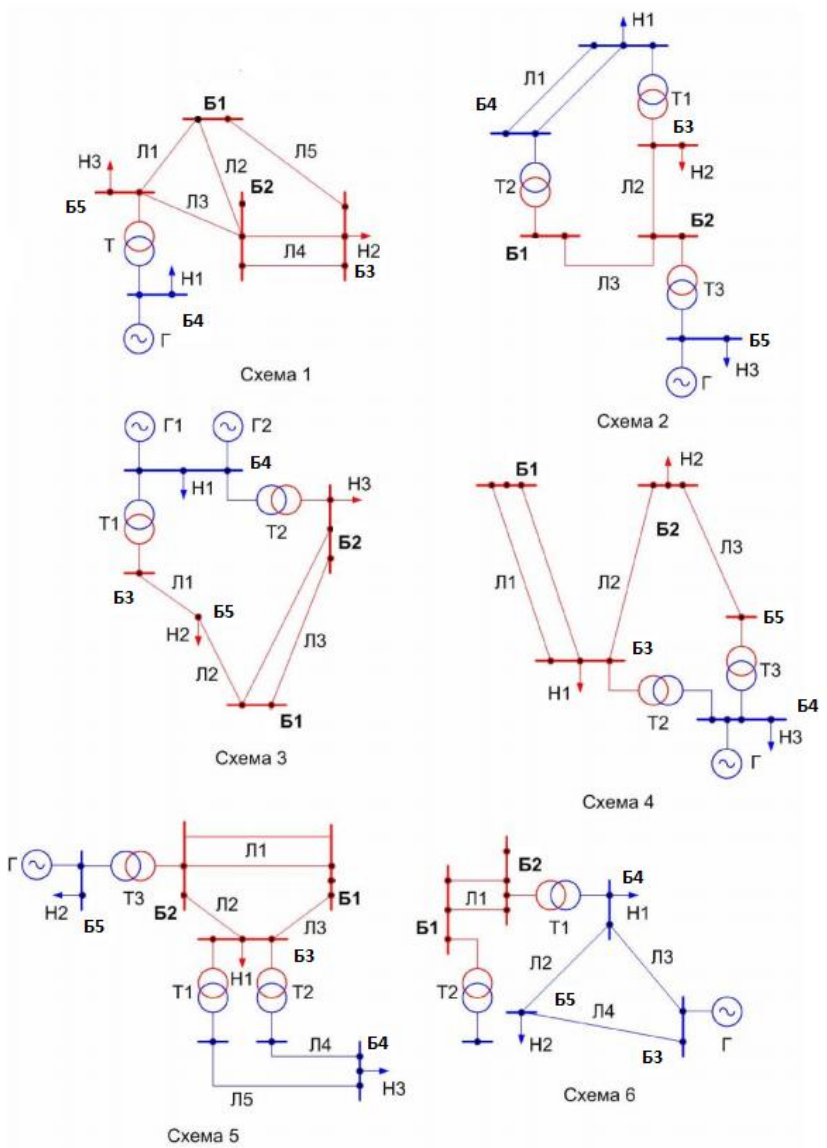


Рисунок 1.1 – Схеми електропостачання

Практична робота № 2.

Тема: «Використання основних понять теорії ймовірності при аналізі режимів роботи електроенергетичної системи»

Енергосистема має n агрегатів (табл. 2.1), потужністю P (табл. 2.2) кожний. Максимальне навантаження енергосистеми повністю відповідає кількості встановлених генеруючих агрегатів та їх потужності.

Таблиця 2.1 – Кількість генеруючих агрегатів в енергосистемі

$b =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	8	9	10	11	12	10	9	8	11	13

Таблиця 2.2 – Потужність одного генеруючого агрегату в енергосистемі

$c =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P, \text{МВт}$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200

Ймовірність аварійного стану агрегатів однакова і наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Ймовірність аварійного стану генеруючих агрегатів в енергосистемі

$c =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q	0,02	0,03	0,04	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,02	0,04

Необхідно визначити оптимальну кількість додаткових агрегатів, якщо розрахункові витрати на кожний новий агрегат складають 950000 умовних одиниць (у.о.) за рік, а збиток від недовідпуску електроенергії складає 0,65 у.о./кВт·год.

Для простоти графік навантаження прийняти ступінчастим з кроком, який дорівнює потужності одного генеруючого агрегату в енергосистемі. Ймовірність навантаження системи номінальною потужністю прийняти рівною 0,04, а ймовірності навантаження іншими ступенями з кроком, який дорівнює потужності одного генеруючого агрегату в енергосистемі, у сторону зменшення приймати рівними на 0,02 більше, ніж на попередній ступені. При цьому

кількість ступенів обирається виходячи з розрахунку ймовірності втрати певної кількості агрегатів із загальної кількості (за формулою біноміального розподілу).

При вирішенні задачі скористатися прикладом 3.11, наведеним в [1, глава 3].

Практична робота № 3.

Тема: «Аналіз та прогнозування випадкових процесів в електроенергетичних системах»

Нехай в електроенергетичній системі протягом 5 діб спостерігались потужності попиту, за характерні години доби, які задано в табл. 3.1 – 3.5.

Таблиця 3.1 – Величини потужностей попиту (задано в ГВт), протягом 4 години відповідних діб

b =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 доба	5	6	4	8	5	6	6	8	6	9
2 доба	7	8	5	7	4	7	5	9	6	8
3 доба	5	5	5	6	5	8	6	8	5	8
4 доба	4	6	6	6	4	8	6	8	4	7
5 доба	6	4	4	7	4	6	7	7	6	6

Таблиця 3.2 – Величини потужностей попиту (задано в ГВт), протягом 10 години відповідних діб

c =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 доба	13	14	12	11	10	15	12	15	12	14
2 доба	11	11	11	10	11	14	13	16	13	15
3 доба	12	15	14	11	13	15	11	17	15	16
4 доба	10	15	13	12	11	14	11	16	11	16
5 доба	13	14	12	13	10	13	12	15	12	14

Таблиця 3.3 – Величини потужностей попиту (задано в ГВт), протягом 16 години відповідних діб

b =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 доба	9	10	9	12	9	11	8	9	12	11
2 доба	8	11	10	11	10	12	9	10	10	11
3 доба	9	11	10	12	9	11	9	10	10	10
4 доба	10	12	11	12	8	10	10	9	11	12
5 доба	8	10	10	10	9	12	8	11	12	10

Таблиця 3.4 – Величини потужностей попиту (задано в ГВт), протягом 19 години відповідних діб

b =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 доба	18	16	18	20	19	20	23	22	24	21
2 доба	19	15	18	21	19	21	22	21	24	21
3 доба	20	16	21	22	18	22	22	23	25	20
4 доба	19	17	20	21	19	20	23	22	25	19
5 доба	20	16	19	20	20	19	24	22	25	20

Таблиця 3.5 – Величини потужностей попиту (задано в ГВт), протягом 24 години відповідних діб

a =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 доба	9	11	8	9	12	9	10	9	12	9
2 доба	10	12	9	10	10	8	11	10	11	10
3 доба	9	11	9	10	10	9	11	10	12	9
4 доба	8	10	10	9	11	10	12	11	12	8
5 доба	9	12	8	11	12	8	10	10	10	9

Розглядаючи попит, як випадковий процес, визначити величини математичних сподівань, дисперсії, стандартних відхилень та кореляційних коефіцієнтів для вказаних перерізів процесу та на основі цих даних спрогнозувати попит у 19 годин, якщо попит о 10 годині склав 12 ГВт.

При вирішенні задачі скористатися прикладом 3.18, наведеним в [1, глава 3].

Практична робота № 4.

Тема: «Використання критеріїв стійкості для аналізу роботи електроенергетичної системи»

Для електроенергетичної системи з відомим характеристичним рівнянням виду $D(p)=\alpha_0 \cdot p^5+\alpha_1 \cdot p^4+\alpha_2 \cdot p^3+\alpha_3 \cdot p^2+\alpha_4 \cdot p+\alpha_5$, де відповідні коефіцієнти характеристичного рівняння задані в таблицях 4.1–4.3 перевірити стійкість електроенергетичної системи наступними методами:

1. За допомогою критерію Рауса, визначивши також кількість коренів рівняння в правій півплощині.
2. За допомогою критерію Гурвиця.
3. За допомогою критерію Михайлова (в першому та другому формулюванні).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти характеристичного рівняння

a=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α_5	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
α_4	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти характеристичного рівняння

b=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α_3	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4
α_2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти характеристичного рівняння

c=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α_1	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5
α_0	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1

При вирішенні задачі скористатися прикладами, наведеними в [1, глава 5].

Практична робота № 5.

Тема: «Дослідження процесів оптимального транспортування електроенергії від джерел живлення до споживачів»

В електроенергетичній системі є два вузла з джерелами живлення та три вузла зі споживачами електричної енергії. Потужності джерел електричної енергії $P_{дж}$ наведено в табл. 5.1, а потужності споживачів електричної енергії $P_{сп}$ – в табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Потужності джерел електричної енергії, МВт

a=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{дж1}$	110	100	130	120	105	115	125	135	140	145
$P_{дж2}$	90	100	70	80	95	185	75	65	60	35

Таблиця 5.2 – Потужності джерел електричної енергії, МВт

b=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{сп1}$	70	75	65	55	95	85	60	85	60	75
$P_{сп2}$	80	65	70	50	75	70	40	45	65	60
$P_{сп3}$	50	60	65	95	30	45	100	70	75	65

Питомі витрати z_{ij} (де i – номер вузла з джерелом живлення, j – номер вузла зі споживачем електричної енергії) на транспортування потужності між вузлами джерел живлення та споживачів електричної енергії наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Питомі витрати на транспортування потужності між вузлами джерел живлення та споживачів електричної енергії, у.о./МВт

c=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_{11}	1,1	1,2	1,15	1,4	1,35	1,05	1,25	1	1,2	1,4
z_{12}	1,2	1,1	1,1	1,25	1,2	1,15	1,05	1,1	1,15	1,05
z_{13}	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,1	1,15	1,2	1,05	1
z_{21}	1,5	1,35	1,35	1,2	1,25	1,2	1,3	1,35	1,25	1,1
z_{22}	1,4	1,15	1,4	1,1	1,3	1,3	1,35	1,4	1,3	1,2
z_{23}	1,25	1,3	1,25	1,35	1,4	1,25	1,4	1,05	1,35	1,25

Взаємне розташування споживачів електричної енергії (B_1, B_2, B_3) та джерел живлення (A_1, A_2) показано на рис. 5.1. Лініями відповідно показано можливі до спорудження лінії електропередач, питомі витрати на транспортування потужності між вузлами джерел живлення та споживачів електричної енергії по яких наведено в табл. 5.3.

На рис. 5.1 величину потужності в МВт, яка передається відповідною лінією електропередачі позначено x_{ij} (де i – номер вузла з джерелом живлення, j – номер вузла зі споживачем електричної енергії)

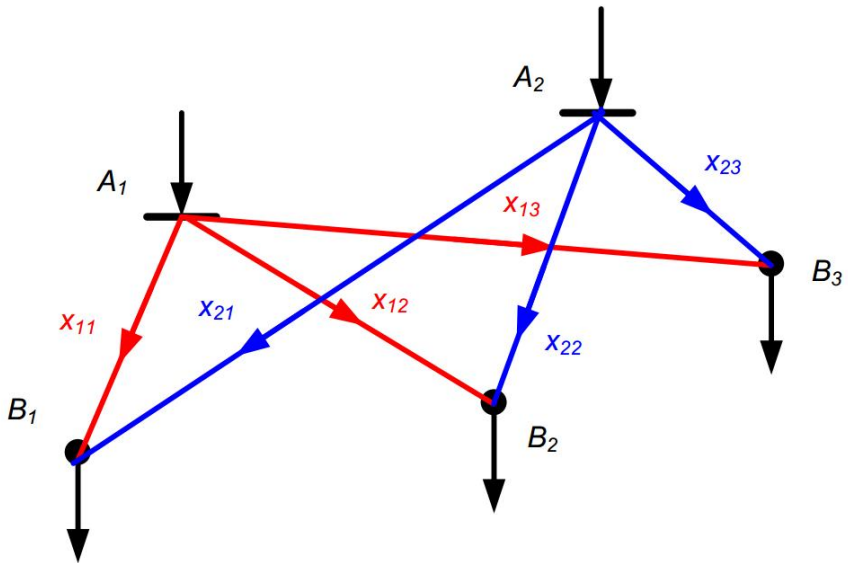


Рисунок 5.1 – Взаємне розташування споживачів електричної енергії та джерел живлення

В даній задачі потрібно скласти математичну модель для вирішення транспортної задачі з оптимального транспортування електроенергії від джерел до споживачів.

При вирішенні задачі скористатися методами вирішення транспортної задачі, наведеними в [4].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики / Под ред. В.А.Веникова. – М. : Выс. шк., 1981. – 288 с.
2. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник / Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Львів: Вид. «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
3. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. – Львів, Вища школа, 1989. – 464 с.
4. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики / В.Н. Костин. – СПб., 2003. – 120 с.