

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра \_\_\_\_\_ **електричних станцій** \_\_\_\_\_  
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії НТУ «ХПІ» **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
(назва комісії)

\_\_\_\_\_ *Лазуренко О.П.* \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Технології акумулювання і маневрування в енергосистемі»**  
\_\_\_\_\_ (назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ ***другий (магістерський)*** \_\_\_\_\_  
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань \_\_\_\_\_ ***14 Електрична інженерія*** \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність ***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка***  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_ ***141-01 Електричні станції*** \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ ***професійна підготовка*** \_\_\_\_\_  
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання \_\_\_\_\_ ***заочна*** \_\_\_\_\_  
(денна / заочна)

Харків – 2021 рік

## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни Технології акумулювання і маневрування в енергосистемі

(назва дисципліни)

Розробники:

асистент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

А.В. Івахнов

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Електричні станції

(назва кафедри)

Протокол від « » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Електричних станцій

(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ (підпис)

О.П. Лазуренко

(ініціали та прізвище)

## ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Назва випускової кафедри *Електричні станції*

Завідувач кафедри *Електричних станцій*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
*О.П. Лазуренко*  
(ініціали та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

## МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни: формування уявлення про фізичні процеси, що протікають в електричних системах при зміні режимів їх роботи; формування уміння математичного описання і аналізу цих процесів; формування навиків використання обчислювальної техніки для моделювання та детального дослідження струмів короткого замикання.

Компетентності:

Шифр	Зміст
ФК 3	Здатність використовувати базові знання з загальної фізики, вищої математики, теоретичних основ електротехніки та електротехнічних матеріалів для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 6	Здатність використовувати знання з основ електромеханіки: теорії електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 8	Здатність використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання та аналізу режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і проектування електроенергетичних та електромеханічних систем.
ФК 12	Здатність до вивчення та аналізу науково-технічної інформації в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 13	Здатність виконувати експериментальні (модельні) дослідження режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання.
ФКс 16	Отримання та використання професійних знань та розуміння, пов'язаних з процесами передачі, розподілу електроенергії і електропостачання з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів і якості електроенергії.

Результати навчання:

Шифр	Зміст
ПРН 12	Знати та використовувати методи фундаментальних наук для розв'язання загально-інженерних та професійних завдань
ПРН 16	Визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електроенергетичних, електротехнічних електромеханічних комплексів та систем
ПРН-18	Оцінювати параметри роботи електротехнічного, електроенергетичного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем та розробляти заходи щодо підвищення їх енергоефективності та надійності
ПРН-20	Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексів і систем
ПРН-21	Збирати та аналізувати інформацію про ненормальні режими та аварійні ситуації в електричній галузі для унеможливлення їх повторення в майбутньому
ПРН-22	Володіти методами синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних установок та систем із заданими показниками
ПРН-24	Оцінювати надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Дисципліни підготовки рівня бакалавр	

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>9</b>	<b>120 / 4</b>	<b>16</b>	<b>104</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>РЕ</b>	<b>-</b>		<b>+</b>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає **17 %**:

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1.	Л1	4	Маневрування в електроенергетичній мережі	Б 1,4,9-12 Д 16
2.	Л2	4	Технології акумулявання, їх різновиди. Свинцеві та лужні акумулятори. Літєві акумулятори	Б 2,3,5,8 Д 15,18,19
3.	Пр1	2	Доповідь індивідуального завдання. Обговорення висновків в групу	
4.	Лр1	1	Вивчення будови свинцевих і лужних акумуляторів. Встановлення акумулятора в режим заряду для відновлення його ємності	Методичні вказівки
5.	Лр2	1	Дослідження Літєвих акумуляторів	Методичні вказівки
6.		2	Консультація з викладачем	-
7.	СР	104	Самостійна робота	Б, Д
8.		2	Екзамен	
Разом		16		



## САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	16
2	Підготовка до практичних занять	8
3	Виконання індивідуального завдання:	80
	Разом	104

# ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

## РЕФЕРАТ

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	<p>Реферат на задану тему. Студент повинний поглиблено розібратися за темою реферату:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Дослідити актуальність питання;</li><li>2) Навести основні принципи роботи пристроїв зазначених в темі;</li><li>3) Навести приклади застосування вже існуючих (за наявності) пристроїв зазначених в темі;</li><li>4) Зробити самостійний висновок доцільності застосування пристроїв зазначених в темі, з наведенням переваг та недоліків;</li><li>5) В кінці оформити, за використаними в роботі цитуваннями, згідно ВАК список використаних джерел інформації</li></ol> <p>Робота представляється у виді пояснювальної записки на 10-30 сторінках:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Титульний аркуш;</li><li>2) Зміст;</li><li>3) Перелік умовних позначень та скорочень;</li><li>4) Вступ;</li><li>5) Основна частина;</li><li>6) Висновки;</li><li>7) Список джерел інформації.</li></ol>	10

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Курс зорієнтовано на формування у студентів уявлення про технології акумулювання та маневрування в енергосистемі України та інших держав, формування умінь описати і провести аналіз цих технологій та пристроїв, прищеплення студентам навиків моделювання та використання обчислювальної техніки при дослідженні і розрахунках технологій акумулювання та маневрування.

Використовуються *проблемний метод* та *репродуктивний* методи навчання з опорою на активні методи навчання. Передбачаються формулювання проблеми викладачем і поетапне її вирішення.

Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів над курсом протягом навчального семестру. Вони повинні проробляти матеріал прослуханих лекцій, опанувати спеціалізоване програмне забезпечення, готуватися до практичних занять для вирішення задач, виконувати індивідуальні завдання.

Більша частина завдань до практичних занять передбачає наявність індивідуального завдання. Використовується *інструктивно-практичний* та *проблемний методи* викладання.

Самостійна робота студента передбачає *спонукальний* метод навчання. Вона включає вивчення лекційного матеріалу, підготовку до практичних занять, виконання індивідуального завдання, вивчення додаткового матеріалу. Для підготовки до практичних занять слід використовувати матеріали лекцій та рекомендовану літературу, довідкову інформацію для користувача прикладних програмних засобів, наукові публікації за напрямом індивідуального завдання.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі модульних контрольних робіт та виконання індивідуального завдання, фінальної екзаменаційної роботи.

Усі лекції дисципліни завершуються питаннями для повторення, на які слід відповісти. Практичні заняття передбачають вирішення задач. Контроль здійснюється під час опитування на лекціях, проведення практичних занять, захисту індивідуального завдання, поточного контролю змістовних модулів. При оцінці враховується знання теоретичного матеріалу, обсяг вивчення додаткової літератури, повнота відповідей на контрольні запитання та коректність виконання індивідуального практичного завдання.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом модульних контрольних робіт;
- з індивідуальних завдань – шляхом оцінювання індивідуального завдання, його захисту та участі в практичних заняттях.

Підсумковий контроль – екзамен (з оцінкою за 100-бальною шкалою) в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, встановлені навчальним планом та графіком навчального процесу.

Пріоритетним є рейтингове оцінювання за результатами поточного контролю і успішністю виконання індивідуального завдання.

Перелік запитань для підготовки до іспиту:

- Поняття балансу в електроенергетичній системі, навести всі складові.
- Поняття маневрування в електроенергетичній системі, навести маневрові характеристики різних типів електростанцій.
- Маневрові спроможності ТЕС і АЕС, навести схожі та відмінні риси.
- Маневрові спроможності ГЕС і ГТУ навести схожі та відмінні риси.
- Особливості ГТУ.
- Види технологій акумуляування.
- Механічні накопичувачі електроенергії.
- Електрохімічні накопичувачі електроенергії.
- Електромагнітні накопичувачі електроенергії.
- Принципи гібридного поєднання накопичувачів електроенергії.
- Застосування накопичувачів електроенергії в енергосистемі.
- Причини порушення балансу в електроенергетичній системі.

### **Критерії оцінки якості знань студентів:**

**Відмінно** оцінюють студена, який глибоко та надійно засвоїв програмний матеріал, вичерпне, послідовно, грамотне та логічне злагоджено його виклав, у відповіді пов'язав теорію з практикою, показав знайомство з монографічною літературою, програмним забезпеченням та правильно обґрунтував рішення задачі (кількість отриманих балів 90-100).

**Добре** оцінюють студена, який твердо знає програмний матеріал, грамотне та по суті його викладає, не припускає суттєві неточності у відповіді на

запитання, правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних питань і задач: В (кількість отриманих балів 82-89), С (кількість отриманих балів 75-81).

**Задовільно** оцінюють студена, який знає тільки основний матеріал, но не засвоїв його деталей, у відповіді припускає неточності, недостатньо правильно формулює основні закони і правила, має ускладнення під час виконання практичних завдань: D (кількість отриманих балів 64-74), E (кількість отриманих балів 60-63).

**Незадовільно** оцінюють студена, який не знає значної частини програмного матеріалу, припускає суттєві помилки, із ускладненнями виконує практичні завдання FX (кількість отриманих балів 35-59), незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни F (кількість отриманих балів 0-34).

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності студента

Самостійна робота	Індивідуальне завдання	Іспит	Сума
T1 -T2			
20	30	50	100

Індивідуальне завдання

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
15	-	15	30

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
82 – 89	B	добре
75 – 81	C	
64 – 74	D	задовільно
60 – 63	E	
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. МВ до виконання л/р з дисципліни «Технології акумулювання та маневрування в енергосистемі» для студентів денної форми навчання спец. 008, 601, 615. Івахнов А.В., Булгаков О.В., Федорчук С.О., Лазуренко О.П. – 2021

Складові навчально-методичного забезпечення  
навчальної дисципліни розташовані на сайті:

<http://sites.kpi.kharkov.ua/es/ManualsU#GuidsEl>

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова література

1. Advanced Power Generation Systems - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/power-generation-systems/dincer/978-0-12-383860-5> (accessed: 27.08.2021).
2. Electrochemical Energy Conversion and Storage Systems for Future Susta [Electronic resource]. URL: [https://www.routledge.com/Electrochemical-Energy-Conversion-and-Storage-Systems-for-Future-Sustainabi/Ratha/p/book/9781771888851?utm\\_source=cjaffiliates&utm\\_medium=affiliates&cjevent=3fee33a2072511ec](https://www.routledge.com/Electrochemical-Energy-Conversion-and-Storage-Systems-for-Future-Sustainabi/Ratha/p/book/9781771888851?utm_source=cjaffiliates&utm_medium=affiliates&cjevent=3fee33a2072511ec) (accessed: 27.08.2021).
3. Energy Storage for Power System Planning and Operation | Wiley [Electronic resource] // Wiley.com. URL: <https://www.wiley.com/en-al/Energy+Storage+for+Power+System+Planning+and+Operation-p-9781119189> (accessed: 27.08.2021).
4. Fundamentals of Thermal and Nuclear Power Generation - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/fundamentals-of-thermal-and-nuclear-power-generation/koizumi/978-0-12-8> (accessed: 27.08.2021).
5. Handbook of Energy Storage - Demand, Technologies, Integration | Michael Sterner | Springer [Electronic resource]. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783662555033> (accessed: 27.08.2021).
6. Mechanical Energy Storage for Renewable and Sustainable Energy Resources | SpringerLink [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-33788-9> (accessed: 27.08.2021).
7. Mechanical Energy Storage Technologies - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/mechanical-energy-storage-technologies/arabkoohsar/978-0-12-820023-0> (accessed: 27.08.2021).
8. Novel Electrochemical Energy Storage Devices: Materials, Architectures, and Future Trends | Wiley [Electronic resource]. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Novel+Electrochemical+Energy+Storage+Devices%3A+Materials%2C+Architectures%2C+and+Future+Trends-p-9783527821068> (accessed: 27.08.2021).
9. Sallam A.A., Malik O.P. Power Grids with Renewable Energy: Storage, integration and digitalization. IET D
10. Renewable energy conversion systems - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/renewable-energy-conversion-systems/kamran/978-0-12-823538-6> (accessed: 27.08.2021).
11. Renewable-Energy-Driven Future - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/renewable-energy-driven-future/ren/978-0-12-820539-6> (accessed: 27.08.2021).
12. Smart Energy Grid Engineering - 1st Edition [Electronic resource]. URL: <https://www.elsevier.com/books/smart-energy-grid-engineering/gabbar/978-0-12-805343-0> (accessed: 27.08.2021).
13. Thermal, Mechanical, and Hybrid Chemical Energy Storage Systems - 1st Edition [Electronic resource]. URL: [https://www.elsevier.com/books/thermal-mechanical-and-hybrid-chemical-energy-storage-systems/brun/978-](https://www.elsevier.com/books/thermal-mechanical-and-hybrid-chemical-energy-storage-systems/brun/978-0-12-805343-0) (accessed: 27.08.2021).



## Допоміжна література

14. Федорчук С.О. et al. Моделювання розподілених енергетичних систем на базі відновлюваних джерел енергії // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку - REIMS'17. 2017.
15. Івахнов А.В., Лазуренко О.П., Федорчук С.О. Моделювання системи накопичення електроенергії як високоманевреної потужності з застосуванням в різних вузлах енергосистеми // Modelling of energy storage systems as highly-maneuvering power by using it in various nodes of power grid. ФОП Панов А. М., 2018. № 195.
16. Івахнов А.В., Лазуренко А.П. Підвищення резервів балансуючих потужностей енергосистеми за рахунок застосування електричних акумуляторів. Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт,” 2017. Vol. Частина 2.
17. Лазуренко А.П., Кругол Н.М., Ивахнов А.В. Повышение резервов балансирующих мощностей энергосистемы Украины за счет применения электрических аккумуляторов. Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт,” 2017.
18. Івахнов А.В., Федорчук С.О., Лазуренко О.П. Системи акумуляування електроенергії, аналіз можливостей та їх поєднання для застосування в енергосистемі // Power storage systems, opportunities analysis and their combinations for use in the power system. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут,” 2018. № №10(1286).
19. Fedorchuk S. et al. Optimization of Storage Systems According to the Criterion of Minimizing the Cost of Electricity for Balancing Renewable Energy Sources // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2020. P. 519–525.

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <http://scilab.org>
2. <http://mathworks.com>