

до наказу від _____ 2023 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.



“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ННІ ЕАіЕ
Каплун В. В.
“ ” _____ 2023р.

“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри електропостачання
ім. проф. В. М. Синькова
Протокол № 12 від “14” червня 2023р.
Завідувач кафедри
Гай О.В.

”РОЗГЛЯНУТО ”
Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електричних машин
і експлуатації електрообладнання
Гарант ОП
Савченко В.В.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ННІ _____ енергетики, автоматики і енергозбереження _____
Розробник: к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович _____

Київ – 2023 р.

до наказу від _____ 2023 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ ЕАіЕ

Каплун В. В.

“ ____ ” _____ 2023р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання

ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Гай О.В.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри електричних машин

і експлуатації електрообладнання

Гарант ОП

Савченко В.В.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження _____.

Розробник: к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович _____.

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

“ Управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж”

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	<i>Магістр</i>	
Спеціальність	<i>141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
Освітня програма	<i>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	_____105_____	
Кількість кредитів ECTS	_____2_____	
Кількість змістових модулів	_____2_____	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	_____2023-2024_____	
Семестр	_____2_____	
Лекційні заняття	_____10_____ год.	
Практичні, семінарські заняття	_____20_____ год.	
Лабораторні заняття	_____0_____ год.	
Самостійна робота	_____75_____ год.	
Індивідуальні завдання	_____ год.	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	_____2_____ год. _____4_____ год.	

2. Мета, завдання та компетенції навчальної дисципліни

Основна мета навчальної дисципліни “ УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ” полягає в формуванні у здобувачів компетентностей в області теорії надійності електричних мереж щодо синтезу надійності, а саме вибору раціональних рішень при плануванні, проектуванні, спорудженні й експлуатації регіональних електричних мереж, а також при виготовленні та використанні устаткування, що забезпечує необхідний рівень надійності, вироблення необхідних вмінь та навичок щодо управління надійністю роботи регіональних електричних мереж з точки зору їх відповідності сучасним вимогам та законодавчим нормам.

В електроенергетиці розрізняють два класи задач, розв'язуваних з урахуванням надійності: задачі аналізу (оцінні) і задачі синтезу (оптимізаційні). До задач аналізу відноситься кількісна оцінка показників надійності елементів і систем, надійності електропостачання (ЕП) споживачів при відомих параметрах, режимах, конфігурації систем електропостачання (СЕП). **Задачі синтезу надійності** полягають у виборі раціональних рішень при плануванні, проектуванні, спорудженні й експлуатації електроенергетичних систем (ЕЕС), а також при виготовленні устаткування, що забезпечує необхідний рівень надійності. У результаті вивчення курсу магістр повинний: *мати представлення:*

про взаємозв'язок навчальної дисципліни з іншими спеціальними дисциплінами;

про роль досліджень в області проектування та надійності ЕС у сучасній електроенергетиці;

знати:

порядок підготовки вихідних документів, інформації та стадії проведення проектних робіт;

показники надійності і показники ризику, методи їхнього розрахунку, шляхи і засоби підвищення надійності елементів ЕЕС;

нормативну базу проектування систем електропостачання;

уміти:

- аналізувати схеми електричних мереж;

- аналізувати режими роботи систем електропостачання з точки зору їх відповідності вимогам щодо надійності і економічності роботи та якості передаваної електроенергії;

- обґрунтовувати заходи з підвищення надійності роботи систем електропостачання, зниження втрат електричної енергії в мережах та забезпечення нормованих показників якості електричної енергії для споживачів

- аналізувати види відмов;

-аналізувати кількісну характеристику властивостей, що визначають надійність електроенергетичного об'єкта;

проводити розрахунок показників надійності;

приймати раціональні рішення для підвищення надійності об'єктів

ЕЕС.

Перелік дисциплін, що повинні передувати вивченню даної дисципліни: : вища математика (розділи - обчислення функцій однієї та багатьох незалежних змінних, теорія імовірності, методи оптимізації); теоретичні основи електротехніки; контрольно-вимірювальних приладів з основами метрології (розділ - принципи роботи електровимірювальних приладів), електричних машин (розділ - режими роботи електричних машин); математичні задачі енергетики; техніка високих напруг; електрична частина станцій і підстанцій; основи проектування механічної частини ЛЕП.

Перелік дисциплін, вивченню яких передуює дана дисципліна: електричні системи та мережі; перехідні процеси в електроенергетиці; системи електропостачання об'єктів; релейний захист та автоматизація в СЕП.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК3. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

СК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науковотехнічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. СК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. СК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

програмні результати навчання (ПРН):

ПРН1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем. ПРН2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. ПРН3. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах. ПРН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Змістовний модуль1. Основні принципи та методи оптимізації в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 1.

Методи розв'язання математичних моделей в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 2.

Об'єкти та критерії оптимізації в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 3

Основні завдання експериментальної оптимізації в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж..

Тема лекційного заняття 4

Активні методи пошуку екстремума в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Змістовний модуль2. Принципи розв'язання оптимізаційних в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 1.

Загальні принципи побудови математичних моделей типового електрообладнання в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 2.

Методи моделювання режимів та параметрів в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 3.

Особливості розв'язування оптимізаційних задач методами лінійного програмування в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Тема лекційного заняття 4.

Особливості та основні методи розв'язування багатокритеріальних задач і задач стохастичного програмування в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин												
	Денна форма							Заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					у тому числі					
			л	лаб	п р.	ін .	с.р.	усьо го	л	п	лаб .	ін. .	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Змістовний модуль1. Основні принципи та методи оптимізації в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж..													
Тема1. Методи розв'язання математичних моделей в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	1-2	21	4	4	-		13	-	-	-	-	-	-

Тема 2. Об'єкти та критерії оптимізації в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	3-4	25	6	5	-	14	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Основні завдання експериментальної оптимізації. Активні методи пошуку екстремума в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	5-6	24	5	6	-	13	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1.		70	15	15	-	40	-	-	-	-	-	-
Змістовний модуль 2. Принципи розв'язання оптимізаційних в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.												
Тема 1. Загальні принципи побудови математичних моделей типового електрообладнання в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	7-8	18	3	5	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Методи моделювання режимів та параметрів в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	9-11	17	4	3	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Особливості розв'язування оптимізаційних задач методами лінійного програмування в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.	12-13	17	4	3	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Особливості та основні методи розв'язування	14-18	18	4	4	-	10	-	-	-	-	-	-

багатокритеріальних задач і задач стохастичного програмування в задачах управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж.													
Разом за змістовним модулем 2.		70	15	15	-		40	-	-	-	-	-	-
Усього годин		105	10	20	-		75	-	-	-	-	-	-

4. Теми семінарських занять

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення нормативної документації проектування електричних мереж.	2
2	Аналіз планів-схем електричних мереж з метою прогнозування їх подальшого розвитку.	2
3	Аналіз планів-схем електричних мереж та обґрунтування заходів забезпечення надійності електропостачання.	2
4	Розрахунок показників надійності елементів систем електропостачання базуючись на статистичній обробці інформації	4
5	Розрахунок оптимальної кількості та місць розташування засобів автоматичного секціонування розподільних електричних мереж.	4
6	Надійність складних структур	4
7	Методи розрахунку SAIDI-SAIFI	4
8	Вплив показників надійності SAIDI на ефективність роботи електричної мережі	4
9	Розрахунок показників надійності складних систем	2
10	Марковські процеси	2
	Разом	20

6. Теми лабораторних занять

Самостійна робота

Завдання 1 ПРИЧИНИ І ХАРАКТЕР УШКОДЖЕНЬ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
Повітряні лінії електропередачі

Кабельні лінії електропередачі
Силові трансформатори
Електричні двигуни
Комутаційні електричні апарати
Релейний захист і автоматика

Завдання 2 МОДЕЛІ ВІДМОВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Види відмов
Класифікація відмов
Типи відмов

Завдання 3 КІЛЬКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Зміна інтенсивності відмов в часі
Розрахункові формули для експоненціального закону надійності

Індивідуальні завдання

Завдання 1 ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ОБ'ЄКТІВ

Завдання 2 ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ВХОДЯТЬ В НИХ

Теорема складання вірогідності
Теорема множення вірогідності
Надійність систем з послідовним з'єднанням елементів
Надійність систем з паралельним з'єднанням елементів
Види резервування
Надійність систем при постійному загальному резервуванні
Надійність систем при постійному роздільному резервуванні
Надійність систем із змішаним з'єднанням елементів
Наближений метод перетворення трикутника у зірку і назад
Наближений метод виключення елементів

Завдання 3 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛОГИКО-ІМОВІРНІСНИМ МЕТОДОМ

Алгебра логіки
Логічні функції працездатності і непрацездатності
Вірогідність працездатного і непрацездатного стану СЭС

Завдання 4 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Облік умисних відключень
Умисні відключення при послідовному з'єднанні елементів
Умисні відключення при паралельному з'єднанні елементів

Вплив організації обслуговування на надійність схем

Вплив надійності комутаційної апаратури і пристроїв □ релейного захисту і автоматики на надійність схем

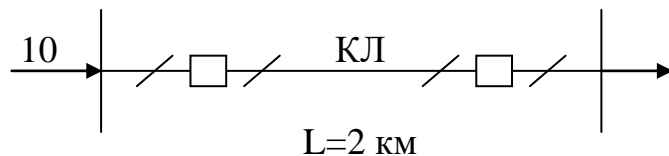
Розрахунок показників надійності схем електропостачання

Розрахунок показників надійності електроустановок

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Проблема надійності в електроенергетиці. Задачі надійності.
2. Моделі надійності устаткування при постійному резервуванні й обмеженому відновленні.

1. Визначити показники надійності системи без урахування надійності роз'єднувачів.



2. Надійність:

1 властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку

2 властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

3 властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту

4 властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту

3. Ремонтпридатність

1 властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту

2 властивість об'єкта бути здатним виконувати потрібні функції в заданих умовах у будь-який час чи протягом заданого інтервалу часу за умови забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами.

3 стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта.

4 сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією

4. Відмова:

- 1 подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта коли зберігається його працездатність.
 - 2 подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану.
 - 3 ознака чи сукупність ознак порушення працездатного стану об'єкта, встановлені у нормативній та конструкторській документації.
 - 4 використання об'єкта, які привели до відмови.
5. Термін служби
- 1 можливий початковий період наробітку об'єкта, протягом якого спостерігається стала тенденція до зменшення параметра потоку відмов, що зумовлено наявністю, поступовим виявленням та усуненням прихованих дефектів
 - 2 інтервал часу, протягом якого виконується вручну чи автоматично операція технічного обслуговування та (чи) ремонту об'єкта, включно з тривалістю затримок через незабезпеченість матеріальними ресурсами
 - 3 інтервал часу, протягом якого об'єкт перебуває в непрацездатному стані через відмову
 - 4 календарна тривалість експлуатації об'єкта від початку чи її поновлення після ремонту до переходу в граничний стан
6. Період приробу:
- 1 інтервал часу, протягом якого виконується вручну чи автоматично операція технічного обслуговування та (чи) ремонту об'єкта, включно з тривалістю затримок через незабезпеченість матеріальними ресурсами
 - 2 можливий початковий період наробітку об'єкта, протягом якого спостерігається стала тенденція до зменшення параметра потоку відмов, що зумовлено наявністю, поступовим виявленням та усуненням прихованих дефектів
 - 3 період терміну служби відновлювального об'єкта з приблизно сталим параметром потоку відмов
 - 4 поступове незворотне змінювання властивостей об'єкта, спричинене хімічними та (або) фізичними процесами, що самочинно протікають в матеріалах
- 7 Показники надійності
- 1 кількісна характеристика однієї чи декількох із тих властивостей, які в сукупності складають надійність об'єкта
 - 2
 - 3 показник надійності, значення якого визначають шляхом розрахунку.
 - 4 показник надійності, точкову чи інтервальну оцінку якого визначають за даними випробувань.
- показник надійності, точкову чи інтервальну оцінку якого визначають за наслідками експлуатації.
8. Розрахунковий показник надійності
- 1 показник надійності, значення якого визначають шляхом розрахунку.
 - 2 показник надійності, який розраховано на основі спостережних оцінних чи екстрапольованих показників надійності для частин об'єкту у заданих умовах експлуатації з врахуванням особливостей конструкції об'єкта
 - 3 імовірність того, що протягом заданого наробітку відмова об'єкта не виникне.

9. Середній наробіток до відмови:.

1 умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла

2 відношення сумарного наробітку відновлюваного об'єкта до математичного сподівання числа його відмов протягом цього наробітку.

3 математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови.

10. Параметр потоку відмов

1 математичне сподівання часу відновлення працездатного стану об'єкта після відмови

2 відношення математичного сподівання кількості відмов відновлювального об'єкта за досить малий його наробіток до значення цього наробітку

3 імовірність того, що час відновлення працездатного стану об'єкта не перевищить заданого значення

8. Методи навчання

Дисципліною передбачено проведення лекційних, лабораторних та практичних занять, виконання курсової роботи. Методи, що використовуються під час проведення занять: словесні (лекції, дискусії, пояснення), наочні (ілюстрації, демонстрації), практичні методи (досліди, практичні роботи, розв'язання задач), навчальна робота під керівництвом викладача – самостійна робота в аудиторіях, самостійна робота студентів без контролю викладача – самостійна робота в бібліотеках та вдома.

9. Форми контролю

Контроль знань відбувається шляхом виконання модульних контрольних робіт, виконання курсової роботи та написання екзаменаційного тесту.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{нр}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{др}$	Рейтинг штрафний $R_{штр}$	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни КдиС(до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи RHP(до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{HP}} + R_{\text{AT}}$

11. Методичне забезпечення

12. Рекомендована література

– основна;

1. Kozyrskiy V., Gai O., Sinyavsky O., Savchenko, V., & Makarevich S. (2019). Optimization of Sectionalization Parameters of Distributive Electric Networks. Handbook of Research on Smart Computing for Renewable Energy and Agro-Engineering. (pp. 78–105). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1216-6.ch004>
2. Гай О. В., Козирський В.В., Петров П.В. Підхід щодо розміщення реклоузерів в розподільних мережах. Енергетика і автоматика, 2020, №4.
3. Bollen, Mhj Math. “Literature search for reliability data of components in electric distribution networks.” Technische Universiteit Eindhoven, 1993. – 161p.4. Mazza G., Michaca R. The first international enquiry on circuit-breaker failures and in service // Electra. 1981, N 79, P.21-91.
5. Оптимизация количества и мест установки вакуумных реклоузеров в распределительных сетях сельских регионов К.: Гнозис, 2012. – 248с.: ил. 204.
6. Choonhapran P., Balzer G. Study of stresses of circuit-breakers: combined statistical method, in: 9th Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems KTH, Stockholm, Sweden, 11-15 June, 2006.
7. G. Mazza, R. Michaca, The first international enquiry on circuit breaker failures & defects in service, ELECTRA 79 (1985), P.21-91.
8. R. Michaca, C.R. Heising, G. Koppl, Summary of Cigré Working Group 13-06 studies on the test and control methods intended to assure the reliability of high voltage circuit breakers, ELECTRA 102 (1985), P.133-175.
9. A. Bargigia, C.R. Heising, A.L.J. Janssen, J. Maaskola, R. Michaca, Interim report on the second international enquiry of the reliability of high voltage single pressure SF6 circuit breakers, CIGRÉ, No. 23-107, Paris, 27 August-1 September, 1990.
10. A. Bargigia, W. Degen, C.R. Heising, M. Ishikawa, A.L.J. Janssen, J.E. Maaskola, R. Michaca, M. Tudrej, High voltage circuit breaker reliability data for use in system reliability studies-interim report, Cigré 13-06 Working Group, CIGRÉ, No. 2-01, Montreal, Canada, 16-18 September, 1991.
11. Cigré WG 13-06, Final report on high voltage circuit breaker reliability data for use in

- substation and system studies, CIGRÉ, No. 13-201, Paris, 28 August-3 September, 1994.
12. Cigré WG 13.06, Final report of the second international enquiry on high voltage circuitbreaker failures and defects in service, CIGRÉ, Technical Brochure, No. 83, Paris, 1994.
13. Failure Rate Analysis of Power Circuit Breaker in High Voltage Substation. T. Suwanasri, M. T. Hlaing and C. Suwanasri / GMSARN International Journal 8 (2014).
- допоміжна.
14. ABB Switchgear Manual, Cornelsen Verlag, Berlin 10th, 10th revised edition, 2004, 903p.
15. Standardowa Specyfikacja Funkcjonalna Stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć PSE – SF.STACJE/2015
16. Standard techniczny nr 4/2014 - konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej
110 kV. TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). Kraków, październik 2020 r.
17. Załącznik nr 1 do Standardu technicznego nr 4/2014 - konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej 110 kV TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). «Katalog standardowych konfiguracji pól rozdzielnic 110 kV» Kraków, październik 2020 r.
18. Electric Power Substations Engineering, Second Edition. Edited by John D. McDonald. 2006 by Taylor & Francis Group, LLC
19. Reliability Analysis of Breaker Arrangements in High Voltage Stations: A Fault Tree Approach. Thesis for the Degree of Master of Science. Zongyu Liu Department of Energy and Environment Division of Electric Power Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Göteborg, Sweden, 2008.
20. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О., Ключко В.П. Обґрунтування переліку схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з використанням елегазових вимикачів і КРУЕ // Енергетика та електрифікація. – 2012. – №2. – С.36-44.
21. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О. Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з елегазовими вимикачами і КРУЕ за економічними критеріями // Енергетика та електрифікація. – 2012. – №6. – С.13-21.
22. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О. Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок напругою 330-750 кВ системних підстанцій з елегазовими вимикачами і КРУЕ // Енергетика та електрифікація. – 2012. – №11. – С.33-36.
23. Буйний Р.О., Діхтярук І.В., Зорін В.В. Автоматичне секціонування розподільних електричних мереж напругою 6–10 кВ із застосуванням роз'єднувачів нового покоління // Технічна електродинаміка. – 2014. – №3. – С.70-75.
24. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-70:2012 Правила проектування підстанцій комплектними розподільними установками елегазовими (КРУЕ) напругою 110 кВ і вище.

13. Інформаційні ресурси

1. Альтернативні джерела енергії. THG ENERGY. [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://tng-energy.at.ua/publ/sonce/sonjachni_batareji/jak_ce_pracjue/3-1-0-17

2. Основні стандарти та нормативні документи, рекомендовані до застосування в Україні. Електронний журнал енергосервисной компании "Экологические Системы", № 6, 2012. – [електронний ресурс]. – Режим доступу до серверу: http://esco.co.ua/journal/2012_6/art247.htm
3. Фотоэлектронные приборы. Фотоэлектрический преобразователь. [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://voprosi-otveti.ucoz.ru/publ/ehlektronnaja_tekhnika/ehlektronnaja_tekhnika_cha_st2/2-1-0-9
4. Сонячні енергетичні установки – питання та відповіді [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/windpowerful/clients>
5. Автономное электроснабжение. [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.apxu.ru/article/nontradit/autonom/auto.htm>
6. Фотоэлектрические системы. [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cadetaround.com/stati/174-fotoyelektricheskie-sistemy.html>
7. Резервное электроснабжение. Нужны ли аккумуляторы в системе электроснабжения? [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solarhome.ru/ru/rezerve/batteryless.htm>