

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В АПК**

методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

2025

УДК 620.9:631.15

E95

Рекомендовано до друку методичною радою Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 24.02.2025, протокол № 6.

Укладачі:

Віталій Мардзявко – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Олексій Садовий – канд. тех. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Андрій Ставинський – д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний  
аграрний університет, 2025

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ХІД ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАВДАННЯ.....	6
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Сучасний стан енергетики і енергозбереження.....	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Енергоефективність як засіб енергозбереження в АПК.....	11
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Енергозбереження електроенергетичних систем.....	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Відновлювані і нетрадиційні джерела енергії. Системи електропостачання споживачів АПК з використанням ВНДЕ.....	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Технологічні втрати енергії в електричних мережах.....	19
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. Заходи щодо зниження втрат потужності та енергії.....	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7. Структура технологічної витрати електроенергії у трансформаторних підстанціях та заходи щодо його зниження.....	26
ПРАКТИЧНА РОБОТА №8. Оптимізація режиму роботи підстанцій з двохобмоточними та трьохобмотувальними трансформаторами.....	31
ПРАКТИЧНА РОБОТА №9. Тенденції розвитку і підходи до енергоефективності в електроприводі.....	36
ПРАКТИЧНА РОБОТА №10. Вибір раціональних режимів роботи й експлуатації технологічних установок і електропривода.....	40
ПРАКТИЧНА РОБОТА №11. Вибір раціонального типу електропривода.....	45

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12. Енергозберігаючі системи регульованого електропривода змінного струму.....	49
ПРАКТИЧНА РОБОТА №13. Підвищення енергетичних показників і зменшення впливу на мережу електроприводів з вентиляними перетворювачами.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	60

## ВСТУП

Енергозбереження є одним із ключових напрямів забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу (АПК). В умовах зростання потреби в енергоресурсах та їх обмеженої доступності ефективне використання енергії стає необхідністю для забезпечення конкурентоспроможності підприємств галузі.

Практичні роботи з дисципліни «Енергозбереження в АПК» спрямовані на формування у студентів навичок аналізу енергоефективності технологічних процесів, оцінки споживання енергії та розробки рішень для зниження витрат енергоносіїв. Методичні рекомендації містять комплекс інструкцій, завдань та методів, які дозволяють засвоїти теоретичні знання та застосувати їх на практиці.

Особливу увагу приділено:

- методам визначення енерговитрат на виробництво продукції АПК;
- оцінці впливу сучасних енергозберігаючих технологій;
- впровадженню відновлюваних джерел енергії;
- використанню програмного забезпечення для моделювання енергоефективних рішень.

Рекомендації будуть корисними для студентів, які прагнуть вдосконалити свої знання у сфері енергозбереження. Їх основна мета – сприяти підготовці фахівців, здатних вирішувати завдання раціонального використання енергоресурсів та впроваджувати інноваційні енергозберігаючі технології у практичну діяльність.

Дотримання викладених у даних методичних рекомендацій дозволить підвищити якість навчання та забезпечити підготовку компетентних спеціалістів у сфері енергозбереження в АПК.

## **1. ХІД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ**

### **1. Ознайомлення з теоретичним матеріалом.**

Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основними поняттями, що вивчаються на відповідній лекції, а також з літературою та матеріалами, які є доступними в межах курсу. Рекомендується перечитати підручники, статті та ресурси, що стосуються теми завдання. Вивчити основні властивості цих матеріалів та їх застосування. Переглянути діаграми, таблиці та схеми, що ілюструють відповідні процеси та параметрів.

**2. Ознайомитися зі змістом завдання.** Першим етапом виконання завдання є ознайомлення з змістом завдання, підібрати потрібну літературу, визначити усі параметри виконання завдання.

**3. Виконання теоретичного завдання.** Студент самостійно виконує пошук і аналіз, та дає повні відповіді, на відповідні з темою, питання та при необхідності отримує допомогу викладача.

При виконанні завдання, студент самостійно повинен виконати пошук і аналіз наукової інформації, що стосується теми завдання. Якщо дозволяє час, шукайте наукові статті або технічні звіти, в яких розглядаються новітні магнітні матеріали, особливо для використання в енергетичних технологіях або високоточній електроніці. Використовуйте наукові бази даних (Google Scholar, Scopus, IEEE Xplore) для пошуку актуальних досліджень.

**4. Завдання на творчість.** У частині творчих завдань важливо не лише вивчити поточні тенденції, але й спробувати оцінити потенціал нових технологій. Рекомендується звернути увагу на новітні розробки.

**5. Додаткові питання для глибшого розуміння.** На основі виконаного завдання підготуйте відповіді на контрольні питання. Це допоможе закріпити отримані знання та ефективно підготуватися до екзамену або тестування.

**6. Написання звіту.** Після того, як зібрано всю необхідну інформацію, підготуйте короткий звіт. У ньому потрібно відобразити ключові етапи виконання завдання, результати аналізу.

Звіт має бути структурованим: титульний лист, основна частина (теоретичне завдання, завдання на творчість, додаткові питання), висновки. Звіт по роботі, який вміщує всі фактичні дані (схеми, таблиці, графіки) та аналіз результатів дослідження. Звід оформлюється відповідно до «організації самостійної роботи».

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №1**

**Тема:** Сучасний стан енергетики і енергозбереження.

**Мета роботи:** аналіз та розробка стратегії енергозбереження для агропромислового комплексу України.

### **1. Теоретичне завдання**

**Завдання 1.1. Виконати ознайомлення з поточним станом енергетики України.**

1.1.1. Використовуючи доступні джерела (звітність Міністерства енергетики України, міжнародні звіти), проаналізуйте стан енергетичних ресурсів України.

1.1.2. Оцініть структуру електростанцій в Україні (термальні, атомні, гідроелектростанції, ВДЕ).

1.1.3. Проаналізуйте частку відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни.

**Завдання 1.2. Оцінка енергозабезпечення агропромислового комплексу України.**

1.2.1. Досліджуйте дані про споживання енергії в АПК (наприклад, енергетичні витрати в сільському господарстві, харчовій промисловості, переробних підприємствах).

1.2.2. Оцініть, які енергетичні ресурси використовуються в АПК та чи є альтернативи для зменшення витрат енергії (сонячна енергія, біоенергія, вітрові турбіни, тощо).

1.2.3. Оцініть енергоефективність основних сільськогосподарських процесів та технологій (зрошення, обробка ґрунтів, тепличне господарство, сушіння продуктів).



## **2. Завдання на творчість**

### **Задання 2.1. Створення системи енергозбереження в АПК.**

2.1.1. Визначте можливі напрями для підвищення енергозбереження на рівні підприємства АПК (модернізація обладнання, впровадження енергоефективних технологій, використання альтернативних джерел енергії).

2.1.2. Складіть загальний план з впровадження енергозбереження на конкретному підприємстві АПК. Врахуйте:

-технічні засоби (енергоефективне обладнання, автоматизація процесів, системи рекуперації тепла).

-організаційні заходи (моніторинг енергоспоживання, навчання персоналу, енергоменеджмент).

-економічний ефект від реалізації запропонованих заходів.

### **Задання 2.2. Основні напрями енергозбереження в АПК.**

2.2.1. Визначте основні напрями енергозбереження в АПК на рівні національної економіки.

2.2.2. Оцініть важливість розвитку відновлюваних джерел енергії для АПК (сонячні панелі, біогазові установки, вітрові турбіни).

## **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Складіть презентацію (до 10 слайдів), в якій представьте:

- огляд сучасного стану енергетики та енергозабезпечення АПК України.

- пропозиції щодо підвищення енергоефективності на рівні окремого підприємства.

- план впровадження основних напрямів енергозбереження та альтернативних джерел енергії.

3.4. Завдання завершиться написанням звіту, в якому потрібно викласти детальний аналіз поточної ситуації та розроблену стратегію енергозбереження для конкретного підприємства чи регіону АПК.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

**Тема:** Енергоефективність як засіб енергозбереження в АПК.

**Мета роботи:** аналіз та розробка стратегії енергозбереження для агропромислового комплексу України.

### 1. Теоретичне завдання

#### **Задання 1.1. Визначення поняття «Енергоефективність».**

1.1.1. Охарактеризуйте поняття «енергоефективність» у контексті агропромислового комплексу України. Зробіть порівняння енергоефективності в АПК з іншими галузями економіки.

1.2.1. Використовуючи приклади з АПК, поясніть, як енергоефективність може вплинути на зменшення витрат енергії, підвищення продуктивності та зниження витрат на виробництво.

#### **Задання 1.2. Проблеми підвищення енергоефективності виробництва електричної та теплової енергії.**

1.2.1. Проаналізуйте основні проблеми, з якими стикаються підприємства АПК при впровадженні заходів з підвищення енергоефективності в електричному та тепловому енергопостачанні.

1.2.2. Оцініть можливості для використання когенераційних установок та інших інноваційних технологій для підвищення ефективності використання енергії в АПК.

#### **Задання 1.3. Тенденції зміни рівня енергоефективності виробництва енергії.**

1.3.1. Використовуючи доступні статистичні дані, проаналізуйте зміни рівня енергоефективності в Україні за останні 10 років у порівнянні з іншими країнами.

1.3.2. Розгляньте, як зміни у політиці, розвитку технологій та підходах до управління енергоспоживанням можуть вплинути на підвищення енергоефективності виробництва електричної та теплової енергії в АПК.

## **2. Завдання на творчість**

### **Задання 2.1. Енергоефективність як досягнення енергобезпеки.**

2.1.1. Оцініть зв'язок між енергоефективністю та енергетичною безпекою на прикладі агропромислового комплексу України. Як підвищення енергоефективності може вплинути на зменшення залежності від імпорتنих енергоносіїв?

2.1.2. Створіть концепцію покращення енергетичної безпеки через підвищення енергоефективності на підприємствах АПК, з урахуванням сучасних світових тенденцій і ресурсів.

## **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Складіть презентацію (до 12 слайдів), в якій представьте:

- визначення та важливість енергоефективності для АПК.
- проблеми та можливості підвищення енергоефективності у виробництві електричної та теплової енергії.
- огляд світового досвіду і стратегічних орієнтирів політики енергоефективності.
- рекомендації для підвищення енергоефективності в Україні на основі аналізу сучасних тенденцій.

3.4. Завдання завершиться написанням звіту, в якому ви детально опишете аналіз енергоефективності в АПК України, зокрема в контексті її ролі для

енергетичної безпеки країни та пропозицій щодо покращення енергоефективності.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №3**

**Тема:** Енергозбереження електроенергетичних систем.

**Мета роботи:** оцінка та розробка заходів для покращення енергозбереження на підприємстві та в цивільних спорудах.

### **1. Теоретичне завдання**

**Завдання 1.1. Енергетичний баланс підприємства. Модернізація системи підприємства.**

1.1.1. Створіть енергетичний баланс для підприємства (можна вибрати будь-яке реальне чи уявне підприємство). Баланс має включати:

1.1.2. Визначення джерел енергоспоживання (електрична енергія, газ, тепло, вода тощо).

1.1.3. Розподіл енергоспоживання за основними напрямками (освітлення, виробництво, обігрів, кондиціонування).

1.1.4. Аналіз ефективності існуючої енергосистеми та визначення потенційних місць для модернізації (наприклад, заміна застарілого обладнання, оптимізація тепlopостачання).

1.1.5. Пропозиції щодо модернізації енергосистеми для підвищення енергоефективності на основі результатів енергетичного балансу.

### **2. Завдання на творчість**

**Завдання 2.1. Енергозбереження в цивільних спорудах.**

2.1.1. Проаналізуйте стан енергозбереження в типовій цивільній будівлі (наприклад, офісній, адміністративній чи житловій). Зробіть оцінку енергоспоживання за такими напрямками:

-визначення типових енерговитрат в цивільній будівлі (опалення, охолодження, освітлення, електроприлади).

- оцінка енергоефективності конструкцій будівлі (ізоляція стін, вікон, дахів).
- розробка заходів для підвищення енергоефективності в будівлі (наприклад, утеплення стін, використання енергозберігаючих ламп, застосування сонячних колекторів або теплообмінників).
- рекомендації щодо використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення енергозбереження в цивільних спорудах.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте презентацію (до 12 слайдів) для подання результатів вашого аналізу та рекомендацій, яка повинна містити:

- визначення основних напрямків покращення енергозбереження на підприємстві та в цивільних спорудах.

- пропозиції щодо покращення енергозбереження для конкретного підприємства.

- оцінку енергетичного балансу підприємства та рекомендації щодо модернізації системи.

- рекомендації для енергозбереження в цивільних спорудах.

- опис запропонованих заходів по зниженню енергоспоживання та підвищенню енергоефективності.

3.4. Завдання завершиться підготовкою детального звіту та презентації, що включатиме конкретні рекомендації для покращення енергозбереження та енергоефективності на підприємствах і в цивільних будівлях.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

**Тема:** Відновлювані і нетрадиційні джерела енергії. Системи електропостачання споживачів АПК з використанням ВНЕ.

**Мета роботи:** розробка системи електропостачання для споживача АПК з використанням відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії.

### 1. Теоретичне завдання

#### Завдання 1.1. Аналіз потреб енергоспоживання АПК.

1.1.1. Оцініть енергетичні потреби типової аграрної або сільськогосподарської компанії, що займається виробництвом продуктів (наприклад, тваринництво, рослинництво, переробка сільськогосподарської продукції).

1.1.2. Розрахуйте загальний обсяг споживаної електричної енергії на основі специфікацій підприємства (освітлення, системи вентиляції, зрошення, обігрів, механізми для обробки продукції).

#### Завдання 1.2. Вибір відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії для АПК.

1.2.1. Розгляньте кілька варіантів використання відновлюваних джерел енергії (сонячна енергія, вітрова енергія, біоенергія) для задоволення енергетичних потреб АПК.

1.2.2. Оцініть доцільність їх застосування з урахуванням кліматичних умов, доступних ресурсів та специфіки підприємства:

- для кожного з джерел визначте доступні технології (сонячні панелі, вітрові турбіни, біогазові установки).

- використовуйте місцеві умови (рівень сонячної радіації, швидкість вітру, доступ до біомаси) для розрахунку потенціалу кожного джерела енергії.



- пропишіть схему інтеграції кожного з джерел енергії в загальну енергетичну систему підприємства.

## **2. Завдання на творчість**

### **Задання 2.1. Проектування системи електропостачання на основі ВНДЕ.**

2.1.1. Розробіть проект електропостачання для обраного підприємства АПК, що включає використання ВНДЕ (наприклад, сонячних панелей та вітрових турбін).

2.1.2. Визначте необхідну потужність для кожного джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни).

2.1.3. Спроектуйте систему електропостачання з інтеграцією вітрових і сонячних установок в загальну мережу підприємства.

2.1.4. Оцініть економічну доцільність використання ВНДЕ на основі інвестицій, експлуатаційних витрат та строків окупності.

2.1.5. Пропишіть систему зберігання енергії (акумулятори, гібридні установки) для забезпечення стабільного постачання вночі чи при низькій інтенсивності вітру.

### **Задання 2.2. Оцінка ефективності та енергетичної незалежності.**

2.2.1. Проаналізуйте ефективність запропонованої системи електропостачання з точки зору енергетичної незалежності підприємства.

2.2.2. Розрахуйте частку відновлюваних джерел енергії в загальному обсязі енергоспоживання.

2.2.3. Оцініть, скільки електроенергії підприємство може виробляти самостійно за допомогою ВНДЕ та як це впливає на зниження витрат на енергію.

2.2.4. Прогнозуйте потенційне зменшення викидів вуглекислого газу завдяки використанню ВНДЕ.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт та презентацію, де ви повинні:

- описати обрані відновлювані джерела енергії.
- навести технічні параметри розрахованої енергетичної системи (потужність, ефективність, інвестиції).

- оцінити економічні вигоди від впровадження ВНДЕ.

- оцінити потенціал енергетичної незалежності та зменшення екологічного сліду.

- використовуйте реальні дані для аналізу і розрахунків (наприклад, середні рівні сонячної радіації та швидкості вітру для конкретних регіонів).

- оцініть можливості застосування нетрадиційних джерел енергії в різних умовах, порівнюючи їх ефективність у різних регіонах.

3.4. Завдання завершиться розробкою практичного звіту та презентації, які будуть використовуватися для оцінки потенціалу ВНДЕ у споживачів АПК.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимоги захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

**Тема:** Технологічні втрати енергії в електричних мережах.

**Мета роботи:** оцінка та мінімізація технологічних втрат енергії в електричних мережах.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1. Визначення технологічних втрат потужності в елементах електричної мережі.**

1.1.1. Втрата потужності в елементах електричної мережі. Елемент із зосередженим опором. Для заданого елемента мережі (проводом довжиною 100 км і опором 0,25 Ом/км) обчисліть втрату потужності, якщо через нього протікає струм 1000 А.

Використовуйте формулу втрати потужності:

$$P = I^2 R ,$$

1.1.2. Однорідна лінія електропередач. Розрахуйте втрати потужності на однорідній лінії електропередачі з опором 0.1 Ом/км і довжиною 150 км. Струм на лінії складає 500 А. Знайдіть загальну втрату потужності на лінії.

Формула для розрахунку втрат потужності:

$$P = I^2 R_{total} ,$$

де  $R_{total} = R \cdot L$  .

**Завдання 1.2. Визначення втрат потужності на лініях з компенсацією**

1.2.1. Оцініть ефективність компенсації втрат потужності в лінії електропередачі, якщо на її кінці встановлений конденсатор, який компенсує реактивну потужність. Визначте, як компенсація впливає на загальні втрати потужності.

Вхідна реактивна потужність  $Q_{\text{input}} = 100$  кВАр, потужність, компенсована конденсатором, дорівнює 80 кВАр.

**Задання 1.3. Облік ємнісних струмів у втраті потужності. Облік ємнісних струмів щодо втрат потужності на лініях електропередач.**

1.3.1. Для лінії електропередачі довжиною 200 км та напругою 110 кВ обчисліть ємнісні струми, що спричиняють втрати потужності. Врахуйте, що ємність лінії становить 0.01 мкФ/км.

Формула для обчислення ємнісного струму:

$$I_c = V \cdot C \cdot \omega,$$

де  $V$  - напруга,  $C$  - ємність,  $\omega$  - кутова частота (для змінного струму 50 Гц).

**Задання 1.4. Втрата потужності на корону.**

1.4.1. Для високовольтної лінії (110 кВ) з проводами діаметром 2 см розрахуйте втрати потужності, що виникають через корону. Для цього використайте стандартні формули для втрат на корону в залежності від напруги та геометрії проводів.

## 2. Завдання на творчість

**Задання 2.1. Розрахунок технологічних втрат енергії для реальної лінії електропередачі.**

2.1.1. Використовуючи отримані дані з попередніх частин, розрахуйте загальні технологічні втрати енергії на лінії електропередачі. Потрібно врахувати:

- втрати через зосереджений опір;
- втрати на корону;
- втрати, пов'язані з ємнісними струмами;
- зробіть відповідні обчислення, враховуючи тип та довжину лінії, номінальну потужність і напругу.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- розрахунки в таблицях або діаграмах.

- презентацію результатів у вигляді звіту з поясненням кожного кроку розрахунку.

3.4. Завдання завершиться розробкою практичного звіту та презентації, які будуть використовуватися для аналізу технологічних втрат енергії в електричних мережах, а також знайти способи їх зменшення в реальних умовах.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимоги захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Як зростання струму впливає на втрату потужності?
2. Як зменшення опору проводу може знизити втрати?
3. Як зміна довжини лінії або її опору впливає на втрати потужності?
4. Який вплив компенсації на втрати потужності?
5. Як зменшення реактивних потужностей покращує ефективність роботи лінії?
6. Як зміна ємності лінії впливає на величину ємнісних струмів?
7. Які заходи можуть бути прийняті для зменшення ємнісних втрат?
8. Як зменшення діаметра проводів або підвищення напруги впливає на втрати потужності на корону?
9. Які методи можна застосувати для зменшення коронних втрат?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

**Тема:** Заходи щодо зниження втрат потужності та енергії.

**Мета роботи:** ознайомлення з методами зниження втрат потужності та енергії в електричних мережах, а також дати можливість застосувати теоретичні знання до практичних розрахунків та ситуацій.

### 1. Теоретичне завдання

#### Завдання 1.1. Підвищення рівня робочої напруги.

1.1.1. Розрахувати, як підвищення рівня робочої напруги в електричній мережі може зменшити втрати потужності.

- дано: лінія електропередачі з довжиною 150 км, опір 0.2 Ом/км, струм 800 А при номінальній напрузі 110 кВ.

- обчислити потужність, що втрачається на лінії.

1.1.2. Визначити, яким чином підвищення напруги до 220 кВ дозволить зменшити втрати потужності на тій самій лінії, враховуючи, що втрати пропорційні квадрату струму.

Формула для втрат потужності при підвищеній напрузі:

$$P = I^2 R ,$$

де  $I = P/U$  - струм, що протікає по лінії,  $U$  - напруга на лінії.

#### Завдання 1.2. Встановлення пристроїв поздовжньо-поперечного регулювання потоків потужності в мережах.

12.1. Оцініть ефективність встановлення пристроїв поздовжньо-поперечного регулювання (ППРП) для зменшення втрат потужності в мережах.

- дано: Мережа з кількома секціями шин. Струм, що проходить через лінію, не є рівномірним, а за допомогою ППРП потрібно зменшити втрати на певних ділянках мережі.

- потрібно:

1) оцінити можливість використання ППРП для зміни потоку потужності між секціями шин.

2) провести розрахунок змінного струму на різних ділянках мережі до і після встановлення ППРП.

3) порівняти втрати потужності до і після оптимізації потоків потужності.

### **Задання 1.3. Компенсація реактивної потужності.**

13.1. Розрахувати вплив компенсації реактивної потужності на зменшення втрат потужності в електричних мережах.

- дано: Лінія електропередачі з опором 0.1 Ом, що передає активну потужність 100 МВт при факторі потужності  $\cos\phi=0.8$ .

- потрібно:

1) розрахувати реактивну потужність, що споживається мережею.

2) з'ясувати, як компенсація реактивної потужності за допомогою конденсаторів знижує втрати потужності.

3) обчислити економію енергії та зменшення втрат після компенсації.

Формула для обчислення реактивної потужності:

$$Q = P \cdot \tan(\arccos(\cos \phi)),$$

де  $P$  - активна потужність,  $\cos\phi$  - коефіцієнт потужності.

## **2. Завдання на творчість**

### **Задання 2.1. Комплексне застосування заходів з енергозбереження.**

2.1.1. Скласти план зниження втрат потужності на підприємстві, де використовується мережа з кількома трансформаторними підстанціями, лініями електропередачі та електричними навантаженнями. Для кожного елемента мережі:

- Визначити заходи щодо підвищення енергоефективності, зокрема за рахунок підвищення рівня робочої напруги.

- Пропонувати можливі варіанти встановлення ППРП для оптимізації потоків потужності.

- Розглянути варіанти компенсації реактивної потужності для зниження загальних втрат енергії.

2.1.2. Порівняйте втрати потужності в мережі при різних рівнях робочої напруги (наприклад, 110 кВ, 220 кВ, 500 кВ). Поясніть, як підвищення напруги дозволяє знизити втрати потужності та які фактори необхідно враховувати при виборі оптимальної напруги.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- письмові розрахунки та пояснення до кожного пункту завдання.

- технічні звіти, де буде визначено застосування кожного заходу.

- презентація результатів у вигляді звіту з рекомендаціями щодо підвищення ефективності роботи мережі.

3.4. Завдання завершиться розробкою практичного звіту та презентації, які будуть використовуватися для обґрунтування вибору заходів та чіткість їх застосування для зниження технологічних втрат.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.



#### 4. Контрольні питання

1. Як підвищення напруги на лінії впливає на струм і відповідно на втрати потужності?
2. Яким чином підвищення напруги допомагає знизити технологічні втрати в мережі?
3. Як ППРП допомагає збалансувати навантаження між різними секціями мережі?
4. Які є переваги використання ППРП для зниження втрат?
5. Як компенсація реактивної потужності покращує енергоефективність електричних мереж?
6. Як впливає на систему компенсація реактивної потужності в режимі пікового навантаження?
7. Як поєднання цих заходів може допомогти знизити загальні технологічні втрати в мережах?
8. Які заходи є найбільш ефективними для зниження втрат на різних етапах (відстань від джерела енергії до кінцевого споживача)?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Тема: Структура технологічної витрати електроенергії у трансформаторних підстанціях та заходи щодо його зниження'

**Мета роботи:** ознайомлення із структурою технологічної витрати електроенергії на трансформаторних підстанціях та методами зниження цих витрат.

### 1. Теоретичне завдання

#### **Завдання 1.1. Структура технологічної витрати електроенергії.**

1.1.1. Проаналізуйте структуру технологічної витрати електроенергії на трансформаторних підстанціях і виявте основні елементи, що впливають на ці витрати.

- дано: трансформаторна підстанція з трьома трансформаторами, кожен з яких має різну потужність і різні навантаження.

- потрібно:

1) описати основні складові технологічних витрат електроенергії на підстанції (втрати на трансформаторах, втрати в комутаційних пристроях, втрати через реактивну потужність тощо).

2) визначити, як кожна з цих складових впливає на загальну витрату енергії на підстанції.

#### **Завдання 1.2. Заходи щодо зниження технологічної витрати електроенергії.**

1.2.1. Оцініть можливі заходи для зниження технологічних витрат енергії на трансформаторних підстанціях.

- дано: Підстанція, що працює на кількох трансформаторах із середнім навантаженням 80%.

- потрібно:

1) описати основні заходи для зниження витрат енергії на трансформаторній підстанції (наприклад, оптимізація роботи трансформаторів, покращення системи охолодження, компенсація реактивної потужності).

2) провести короткий аналіз впливу кожного з цих заходів на загальні витрати енергії.

### **Задання 1.3. Методи розрахунку технологічної витрати електроенергії та потужності у трансформаторах.**

1.3.1. Розрахуйте технологічні витрати електроенергії на підстанції для трансформатора з обмотками середнього і високого напруги.

- дано: трансформатор потужністю 2500 кВт, коефіцієнт корисної дії 98%, навантаження 80%.

- потрібно:

1) розрахувати активні та реактивні втрати потужності в трансформаторі.

2) обчислити загальні технологічні витрати електроенергії.

- формули:

-активні втрати потужності:

$$P_{\text{акт}} = P_{\text{ном}} \cdot (1 - \eta),$$

-реактивні втрати потужності:

$$P_{\text{реакт}} = P_{\text{ном}} \cdot \tan(\arccos(\cos \varphi)),$$

### **Задання 1.4. Визначення втрат електроенергії у дво-обмотувальному трансформаторі.**

1.4.1. Розрахуйте втрати електроенергії у дво-обмотувальному трансформаторі потужністю 1500 кВт, опір обмоток 0.2 Ом, струм 500 А.

- потрібно:

1) обчислити втрати потужності в обмотках трансформатора за формулою:

$$P_{\text{втр}} = I^2 R,$$

2) оцінити загальні втрати електроенергії у трансформаторі з урахуванням опору обмоток.

**Задання 1.5. Визначення втрат електроенергії у трьох-обмотувальному трансформаторі.**

1.5.1. Розрахуйте втрати електроенергії у трьох-обмотувальному трансформаторі. Трансформатор з трьома обмотками потужністю 3000 кВт, опір кожної обмотки 0.15 Ом, струм на кожній обмотці 600 А.

- потрібно:

1) обчислити втрати потужності в кожній з обмоток за формулою для кожної обмотки:

$$P_{втр} = I^2 R ,$$

2) оцінити загальні втрати енергії в трансформаторі з урахуванням всіх трьох обмоток.

## 2. Завдання на творчість

**Задання 2.1.** Створіть діаграму або таблицю для структури технологічних витрат електроенергії на трансформаторних підстанціях, включаючи основні елементи (трансформатори, комутаційні апарати, освітлення, системи охолодження). Поясніть, які елементи є найбільшими споживачами енергії.

**Задання 2.2.** Проведіть дослідження існуючих методів зниження технологічної витрати енергії на трансформаторних підстанціях. Розробіть план впровадження таких заходів для конкретної підстанції (наприклад, модернізація трансформаторів або встановлення енергоефективних пристроїв).

**Задання 2.3.** Використовуючи отримані знання, студент повинен скласти звіт, в якому буде розраховано технологічні витрати енергії на трансформаторній підстанції з різними типами трансформаторів, а також запропоновано конкретні заходи щодо їх зниження.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- письмові розрахунки для кожної частини завдання.
- звіт з рекомендаціями щодо оптимізації технологічних витрат електроенергії на підстанції.
- презентація результатів з графіками та таблицями, що показують ефективність запропонованих заходів.

3.4. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.5. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Яким чином різні фактори (тип трансформатора, навантаження, коефіцієнт потужності) впливають на структуру технологічних витрат енергії?

2. Як взаємодія цих складових може бути оптимізована для зменшення витрат енергії?

3. Які методи забезпечать найефективніше зниження витрат електроенергії на трансформаторній підстанції?

4. Як правильно оптимізувати навантаження між трансформаторами, щоб зменшити технологічні втрати?

5. Як відсоток навантаження та коефіцієнт корисної дії трансформатора впливають на загальні технологічні витрати енергії?

6. Яким чином можна зменшити втрати потужності в трансформаторі?

7. Як зміна струму та опору обмоток впливає на загальні втрати енергії в трансформаторі?

8. Які методи зменшення опору обмоток можуть бути використані для зменшення втрат?

9. Які особливості впливають на втрати енергії в трансформаторі з трьома обмотками порівняно з дво-обмотувальними трансформаторами?

10. Як можна оптимізувати конструкцію та обмотки трансформатора для зменшення втрат потужності?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

**Тема:** Оптимізація режиму роботи підстанцій з двохобмоточними та трьохобмотувальними трансформаторами.

**Мета роботи:** ознайомлення з критеріями оптимізації режиму роботи трансформаторних підстанцій, розподілом навантаження між секціями шин і лініями, а також із впливом компенсації реактивної потужності на енергоефективність підстанцій.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1. Критерії визначення оптимального режиму роботи підстанції.**

1.1.1. Оцініть оптимальні критерії для роботи підстанції з двома трансформаторами. Дано: Підстанція, що містить два трансформатори з однаковою номінальною потужністю, працює в умовах непостійного навантаження.

- потрібно:

1) визначити, які фактори є основними для оптимального режиму роботи підстанції (коефіцієнт навантаження, ефективність охолодження, рівень втрат потужності тощо);

2) розрахувати, як зміна навантаження впливає на оптимальний режим роботи двох трансформаторів;

1.1.2. Проаналізуйте схему розподілу ліній, що відходять між секціями шин вторинної напруги на підстанції з двома трансформаторами. Дано: Підстанція, що має дві секції шин вторинної напруги, кожна з яких живиться від одного з трансформаторів.

- потрібно:

1) розробити схему розподілу ліній між секціями шин, враховуючи навантаження на кожну секцію.

2) оцінити вплив неправильно організованого розподілу на ефективність роботи підстанції.

1.1.3. Оцініть методи оптимізації роботи підстанції для зменшення втрат потужності та покращення енергоефективності. Дано: Підстанція з трьома трансформаторами, працює в умовах змінного навантаження.

- потрібно:

1) описати методи оптимізації роботи підстанції для зменшення втрат потужності (включаючи налаштування коефіцієнтів навантаження та використання резервних потужностей).

2) оцінити, як зменшення втрат потужності підвищує загальну енергоефективність підстанції.

## **Задання 1.2. Статистичні показники роботи підстанцій.**

1.2.1. Проаналізуйте статистичні показники роботи підстанції, щоб оцінити ефективність її роботи. Дано: Дані про навантаження, кількість циклів роботи трансформаторів та втрати потужності на підстанції протягом року.

- потрібно:

1) обчислити середнє навантаження трансформаторів і визначити вплив цих показників на загальні витрати енергії.

2) провести аналіз витрат енергії на підстанції з різними статистичними параметрами.

1.2.2. Оцініть ефективність розподілу ліній, що відходять від трансформаторів на підстанції для зниження втрат потужності. Дано: Підстанція з двома трансформаторами, один з яких має більше навантаження, ніж інший.

- потрібно:

1) розробити схему для ефективного розподілу ліній, що відходять, щоб знизити втрати потужності.



2) оцінити, як змінюється ефективність роботи підстанції після оптимізації розподілу ліній.

### **Задання 1.3. Оптимізація роботи підстанції з трансформаторами однакової та різної потужності.**

1.3.1. Оцініть, як оптимізувати роботу підстанції з трансформаторами однакової та різної потужності. Дано: Підстанція з двома трансформаторами різної потужності (наприклад, 1000 кВт і 500 кВт).

- потрібно:

1) описати методи оптимізації роботи підстанції з різними трансформаторами.

2) розробити стратегію для ефективного використання трансформаторів з різною потужністю для забезпечення енергоефективності підстанції.

## **2. Завдання на творчість**

### **Задання 2.1. Вплив компенсації реактивної потужності.**

2.1.1. Проаналізуйте вплив компенсації реактивної потужності на роботу підстанції. Дано: Підстанція з трансформаторами різної потужності, що працює з великими втратами реактивної потужності.

- потрібно:

1) оцінити, як компенсація реактивної потужності зменшує втрати і підвищує ефективність роботи підстанції.

2) описати, які методи компенсації реактивної потужності можна використовувати на підстанціях.

2.1.2. Порівняйте кілька варіантів оптимізації роботи підстанції з двообмотувальними та трьохобмотувальними трансформаторами. Оцініть ефективність кожного з варіантів та їх економічні вигоди.

2.1.3. Оцініть, як компенсація реактивної потужності впливає на оптимізацію роботи підстанцій. Розрахуйте економію енергії та зниження витрат на експлуатацію після впровадження таких заходів.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- письмові розрахунки та схеми.
- звіт з рекомендаціями щодо оптимізації режиму роботи підстанції.
- презентація результатів з графіками та таблицями, що відображають вплив оптимізації на зниження втрат енергії.

3.4. Потрібно виконати аналіз та оптимізацію роботи підстанції з двома трансформаторами різної потужності, розробити схему розподілу ліній, оцінити вплив компенсації реактивної потужності та перевитрати потужності. Також необхідно надати рекомендації щодо покращення ефективності підстанції.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Як оптимізувати режим роботи трансформаторів для зменшення втрат потужності?

2. Який фактор найбільше впливає на ефективність роботи підстанції при змінному навантаженні?

3. Яким чином зміна навантаження на одну з секцій може вплинути на загальну роботу підстанції?

4. Як досягти збалансованого навантаження між секціями шин?
5. Яким чином можна оптимізувати роботу підстанції для підтримки постійної енергоефективності?
6. Як використовувати резервні трансформатори для зниження витрат енергії?
7. Як можна зменшити вплив високих пікових навантажень на загальні витрати енергії?
8. Які показники є найбільш важливими для довгострокової енергоефективності підстанції?
9. Як наявність нерівномірного навантаження на лінії може вплинути на загальну ефективність роботи підстанції?
10. Які методи можна використати для досягнення рівномірного навантаження?
11. Як різні потужності трансформаторів впливають на ефективність роботи підстанції?
12. Які стратегії можна застосувати для рівномірного розподілу навантаження на трансформатори різної потужності?
13. Як можна уникнути перевитрати потужності на трансформаторах?
14. Яким чином перевитрата навантаження впливає на довгострокову ефективність роботи підстанції?
15. Як компенсація реактивної потужності знижує навантаження на трансформатори та підвищує енергоефективність?
16. Які типи пристроїв можуть використовуватися для компенсації реактивної потужності на підстанціях?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

**Тема:** Тенденції розвитку і підходи до енергоефективності в електроприводі.

**Мета роботи:** ознайомлення з основними тенденціями розвитку енергозбереження в електроприводах, багаторівневою структурою сучасних електроприводів, а також з використанням силових напівпровідникових елементів і способами реалізації енергозбереження в промислових електроприводах.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1. Основні поняття і тенденції розвитку енергозбереження в електроприводах.**

1.1.1. Визначити основні поняття та тенденції розвитку енергозбереження в електроприводах. Дано: задача полягає в дослідженні поточних тенденцій у сфері енергозбереження для промислових електроприводів.

- потрібно:

1) описати основні поняття, що стосуються енергозбереження в електроприводах.

2) зробити огляд основних тенденцій у розвитку енергозбереження в електроприводах (включаючи перехід до більш ефективних технологій, використання частотних перетворювачів, інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії тощо).

**Завдання 1.2. Багаторівнева структура сучасного електропривода.**

1.2.1. Охарактеризувати багаторівневу структуру сучасного електропривода. Дано: в сучасних електроприводах використовується багаторівнева структура для покращення енергоефективності.

- потрібно:

- 1) описати принцип роботи багаторівневих електроприводів.
- 2) пояснити, чому багаторівнева структура є важливою для підвищення енергоефективності та зменшення втрат енергії.

**Задання 1.3. Стан і перспективи розвитку силових напівпровідникових елементів регульованого електропривода.**

1.3.1. Проаналізувати стан і перспективи розвитку силових напівпровідникових елементів у регульованих електроприводах. Дано: Силові напівпровідникові елементи відіграють ключову роль у розвитку регульованих електроприводів.

- потрібно:

1) описати роль силових напівпровідникових елементів у сучасних регульованих електроприводах.

2) оцінити перспективи розвитку нових матеріалів і технологій для силових напівпровідникових елементів, що використовуються в електроприводах.

## **2. Завдання на творчість**

**Задання 2.1. Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електропривода.**

2.1.1. Визначити шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електропривода. Дано: Підвищення енергоефективності є ключовим завданням для промислових електроприводів.

- потрібно:

1) розглянути основні способи реалізації енергозбереження в промислових електроприводах (наприклад, використання частотних перетворювачів, вдосконалення конструкцій двигунів, перехід на безщіткові технології тощо).

2) оцінити вплив енергозбереження на економічну ефективність промислових підприємств.

2.1.2. Розробіть діаграму багаторівневої структури сучасного електропривода та опишіть роль кожного рівня в загальній схемі. Додайте приклади використання багаторівневих електроприводів у різних галузях промисловості.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- опис основних концепцій енергозбереження в електроприводах;
- розрахунки ефективності використання частотно-регульованих електроприводів у промислових умовах;
- аналіз перспектив розвитку силових елементів для електроприводів.

3.4. Необхідно проаналізувати сучасні тенденції в розвитку енергозбереження в електроприводах, порівняти переваги багаторівневих електроприводів і описати їхні ключові характеристики. Також потрібно оцінити роль силових напівпровідникових елементів у підвищенні енергоефективності та запропонувати шляхи реалізації енергозбереження на прикладі конкретного промислового електропривода.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Які основні фактори визначають енергоефективність сучасних електроприводів?
2. Як енергозбереження в електроприводах може впливати на зменшення виробничих витрат?
3. Як багаторівнева структура впливає на зменшення рівня гармонік у вихідному сигналі?
4. Які переваги багаторівневих перетворювачів струму для промислових застосувань?
5. Як нові напівпровідникові матеріали можуть покращити енергоефективність електроприводів?
6. Які основні тенденції у розвитку силових елементів для електроприводів можна очікувати в найближчі роки?
7. Як частотно-регульовані електроприводи можуть допомогти знизити енергоспоживання на промислових підприємствах?
8. Які ще заходи, окрім оптимізації частотних перетворювачів, можна застосувати для досягнення енергозбереження в електроприводах?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №10

**Тема:** Вибір раціональних режимів роботи й експлуатації технологічних установок і електропривода.

**Мета роботи:** ознайомлення з принципами вибору оптимальних режимів роботи технологічних установок та електроприводів, а також з підходами до зниження енергоспоживання та компенсації реактивної потужності.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1. Економія електроенергії технологічними установками і механізмами.**

1.1.1. Провести аналіз можливостей економії електроенергії на підприємстві через оптимізацію роботи технологічних установок і механізмів. Дано: студенти обирають технічні характеристики кількох промислових механізмів (наприклад, насосів, вентиляторів, компресорів) і характеристик їх енергоспоживання.

- потрібно:

1) розрахувати можливі втрати енергії в існуючих технологічних установках.

2) оцінити можливості економії енергії шляхом модернізації чи застосування нових технологій (наприклад, використання частотно-регульованих приводів для насосів).

**Завдання 1.2. Вибір раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електропривода залежно від технологічних умов роботи машин і механізмів.**

1.2.1. Оцінити і вибрати оптимальний режим регулювання швидкості електропривода в залежності від технологічних умов роботи. Дано: студенти



знаходять опис роботи конкретної технологічної установки (наприклад, транспортер, насос, вентилятор), а також вимоги до швидкості роботи.

- потрібно:

1) визначити, який спосіб регулювання швидкості (аналоговий, цифровий, частотно-регульований) є найбільш ефективним для конкретної установки.

2) вибрати діапазон швидкостей для оптимізації енерговитрат з урахуванням технологічних вимог.

**Задання 1.3. Вибір раціонального способу регулювання швидкості залежно від характеру зміни навантаження.**

1.3.1. Оцінити можливості для вибору раціонального способу регулювання швидкості в залежності від характеру змінного навантаження на електропривод. Дано: студенти повинні проаналізувати роботу електропривода в умовах змінного навантаження (наприклад, насос або вентилятор з змінною пропускнуою здатністю).

- потрібно:

1) оцінити різні способи регулювання швидкості в залежності від змінності навантаження (від традиційного регулювання за допомогою реостатів до частотного регулювання).

2) провести розрахунки щодо економії енергії при застосуванні різних способів регулювання швидкості.

## **2. Завдання на творчість**

**Задання 2.1. Зниження напруги на затискачах електродвигуна.**

2.1.1. Розрахувати можливість зниження напруги на затискачах електродвигуна для зниження енергоспоживання. Дано: студенти обирають технічні характеристики електродвигуна, що працює в умовах змінного навантаження.

- потрібно:

1) оцінити вплив зниження напруги на затискачах на енерговитрати двигуна.

2) зробити розрахунки, щоб визначити, чи є зниження напруги економічно доцільним.

## **Задання 2.2. Використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності.**

2.2.1. Розробіть таблицю для вибору раціональних режимів роботи електропривода залежно від типу технологічної установки (наприклад, насос, вентилятор, конвейер). Оцініть, як змінюється енергоспоживання при виборі різних способів регулювання швидкості (наприклад, зміна частоти або напруги).

2.2.2. Розробіть схему використання синхронної машини в якості компенсатора реактивної потужності в промисловій установці. Поясніть, як це допомагає знизити втрати енергії і підвищити ефективність електричних систем.

## **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- опис методів економії електроенергії та вибору раціональних режимів для технологічних установок.

- розрахунки енергозбереження для різних методів регулювання швидкості електропривода.

- оцінка доцільності використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності.

3.4. Провести аналіз вибору раціональних режимів роботи для певних технологічних установок та електроприводів, описати методи зниження

енергоспоживання, а також оцінити економічну доцільність використання синхронних машин для компенсації реактивної потужності.

3.5. Студенти повинні підготувати презентацію з результатами аналізу та розрахунків, включаючи графіки і діаграми, що показують ефективність вибору методів зниження енергоспоживання для конкретних установок і систем.

3.6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.7. Зробити висновок про виконану роботу.

#### **4. Контрольні питання**

1. Які фактори впливають на енергоспоживання в технологічних установках?

2. Як використання частотних перетворювачів дозволяє знижувати споживання енергії?

3. Як вибір способу регулювання швидкості залежить від характеру роботи технологічної установки?

4. Чому для деяких установок доцільно використовувати частотно-регульовані електроприводи?

5. Як зміна навантаження впливає на вибір методу регулювання швидкості?

6. Які фактори визначають вибір між реостатним і частотно-регульованим способом регулювання?

7. Як зниження напруги може вплинути на ефективність роботи електродвигуна?

8. Які наслідки можуть бути при зниженні напруги на затискачах для роботи електричного обладнання?

9. Як використання синхронної машини допомагає знизити витрати енергії в електричних мережах?

10. Які переваги використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності для промислових підприємств?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №11**

**Тема:** Вибір раціонального типу електропривода.

**Мета роботи:** ознайомлення з методами вибору найбільш ефективного типу електропривода для конкретних умов експлуатації з урахуванням енергозбереження та розвитку сучасних технологій у цій галузі.

### **1. Теоретичне завдання**

#### **Завдання 1.1. Аналіз умов експлуатації електропривода.**

1.1.1. Провести аналіз умов експлуатації для різних типів електроприводів.

Дано: студенти обирають технічні характеристики декількох електроприводів, що працюють в різних технологічних процесах (наприклад, в насосах, вентиляторних системах, конвеєрних лініях).

- потрібно:

1) проаналізувати умови експлуатації для кожного з електроприводів (температурний режим, варіативність навантаження, тривалість роботи тощо).

2) визначити, які типи електроприводів найбільше підходять для кожного із заданих умов (асинхронні, синхронні, постійного струму).

#### **Завдання 1.2. Вибір системи електропривода.**

1.2.1. Провести порівняльний аналіз різних типів систем електропривода в залежності від вимог до точності та економії енергії.

1.2.2. Вибрати оптимальний тип системи керування (наприклад, частотно-регульоване регулювання для насосів з змінною пропускну здатністю).

### **2. Завдання на творчість**

**Завдання 2.1. Енергозберігаючі аспекти застосування частотно регульованого електропривода.**

2.1.1. Розрахувати енергозбереження, яке можна досягти за допомогою частотно-регульованого електропривода в конкретному технологічному процесі. Дано: студент знаходить та описує характеристики електродвигуна та опис процесу (наприклад, насос для подачі води в систему опалення з постійним і змінним режимом роботи).

- потрібно:

1) порахувати потенціал економії енергії, використовуючи частотно-регульований привід, порівняно з традиційними способами регулювання (наприклад, через зміни напруги).

2) провести розрахунки енергозбереження в умовах змінного навантаження і стабільної роботи.

## **Задання 2.2. Тенденції розвитку сучасного електропривода.**

2.2.1. Оцініть поточні тенденції в розвитку електроприводів, включаючи новітні технології, такі як безщіткові двигуни, інтегровані системи управління або адаптивне регулювання швидкості. Описати переваги та недоліки нових підходів в контексті енергозбереження.

- потрібно:

1) оцінити перспективи впровадження сучасних технологій електроприводів у промисловість.

2) розробити рекомендації щодо впровадження новітніх типів електроприводів на підприємствах, враховуючи тенденції розвитку в галузі енергозбереження та підвищення ефективності.

2.2.2. Провести порівняльний аналіз різних типів електроприводів для заданих умов експлуатації, врахувати енергозберігаючі аспекти частотно-регульованих приводів і запропонувати оптимальну систему для конкретної установки.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- порівняння різних типів електроприводів за параметрами енергоефективності та умовами експлуатації.

- розрахунок економії енергії при застосуванні частотно-регульованого приводу.

- оцінка перспективних тенденцій розвитку сучасних електроприводів.

3.4. Підготувати презентацію з результатами аналізу, включаючи графіки, таблиці порівнянь та рекомендації щодо впровадження обраного типу електропривода.

3.5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Які ключові фактори потрібно враховувати при виборі електропривода для специфічних умов експлуатації?

2. Як умови навантаження впливають на вибір типу електропривода?

3. Які основні фактори визначають вибір між різними типами систем електропривода?

4. В чому переваги та недоліки частотно-регульованих електроприводів у порівнянні з традиційними системами?

5. Які основні технології мають найбільший потенціал для зниження енергоспоживання в електроприводах?

6. Як інтелектуальні системи управління можуть поліпшити енергоефективність в майбутньому?

7. Які переваги дає частотно-регульований електропривод з точки зору економії енергії?

8. Як частотно-регульовані електроприводи допомагають знижувати експлуатаційні витрати?



## ПРАКТИЧНА РОБОТА №12

**Тема:** Енергозберігаючі системи регульованого електропривода змінного струму.

**Мета роботи:** зрозуміти принципи роботи енергозберігаючих систем на основі регульованих електроприводів змінного струму, а також аналізувати можливості підвищення енергетичних показників електроприводів через різні методи управління і застосування сучасних технологій.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1. Аналіз частотно-регульованих електроприводів з асинхронними двигунами.**

1.1.1. Провести розрахунок ефективності частотно-регульованого електроприводу (ЧРП) на базі асинхронного двигуна для системи, що використовує змінне навантаження (наприклад, насосну установку або вентилятор). Дано: студенти обирають технічні характеристики асинхронного двигуна, а також шукають інформацію про характер навантаження, яке змінюється протягом доби.

- потрібно:

1) розрахувати можливу економію енергії при використанні частотно-регульованого електроприводу в порівнянні з традиційним способом регулювання швидкості (зміна напруги або частоти).

2) оцінити можливі переваги у випадку використання ЧРП в умовах змінного навантаження.

**Завдання 1.2. Асинхронний електропривід з реалізацією енергії ковзання.**

Оцінити ефективність використання асинхронного електроприводу з реалізацією енергії ковзання для певного виробничого процесу. Дано: студенти

оберають приклад з використанням асинхронного двигуна, який дозволяє частково відновлювати енергію ковзання під час гальмування або зниження навантаження.

- потрібно:

1) визначити, яка частина енергії ковзання може бути повернута до системи.

2) оцінити економічну вигоду від використання такої системи в порівнянні з традиційним асинхронним електроприводом без цієї технології.

## **2. Завдання на творчість**

### **Завдання 2.1. Асинхронний електропривід з фазовим керуванням.**

2.1.1. Порівняти асинхронний електропривід з фазовим керуванням і частотно-регульований електропривід з точки зору енергоефективності. Дано: студенти обирають технічні характеристики двох електроприводів (один з фазовим керуванням, другий - частотно-регульований), а також інформацію про тип технологічного процесу.

- потрібно:

1) порахувати енергоспоживання для кожного типу електроприводу при однакових умовах роботи.

2) оцінити, який тип приводу є більш енергоефективним для заданих умов.

### **Завдання 2.2. Електропривод з векторним керуванням.**

2.2.1. Оцінити вплив використання електроприводів з векторним керуванням на енергетичні показники підприємства. Дано: студенти обирають дані про електропривод, що використовує векторне керування для управління асинхронним двигуном в складних умовах (наприклад, в екструзійній машині або у насосній станції з великою варіативністю навантаження).

- потрібно:

1) прорахувати потенціал зниження енергоспоживання за рахунок векторного керування.

2) оцінити економічний ефект від переходу на векторне керування.

### **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- аналіз та порівняння в таблицях або діаграмах.

- презентацію результатів у вигляді звіту з поясненням кожного кроку розрахунку.

3.4. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

### **4. Контрольні питання**

1. Як частотно-регульовані електроприводи сприяють зниженню споживання енергії при змінних навантаженнях?

2. Які основні фактори впливають на економію енергії при застосуванні ЧРП?

3. Як система відновлення енергії ковзання може підвищити ефективність асинхронного електроприводу?

4. Які обмеження існують для використання енергії ковзання в реальних умовах?

5. Які переваги та недоліки фазового керування у порівнянні з частотно-регульованими системами?

6. В яких випадках використання фазового керування є доцільним?

7. Які ключові переваги вентильних індукторних двигунів у порівнянні з традиційними асинхронними або синхронними двигунами?

8. Які технічні обмеження можуть виникати при використанні таких систем?

9. Як векторне керування може допомогти підвищити енергоефективність електроприводів?

10. Які додаткові переваги дає векторне керування у порівнянні з традиційними методами управління?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №13

**Тема:** Підвищення енергетичних показників і зменшення впливу на мережу електроприводів з вентиляними перетворювачами.

**Мета роботи:** зрозуміти принципи підвищення енергетичних показників і зменшення впливу на мережу електроприводів з вентиляними перетворювачами.

### 1. Теоретичне завдання

**Завдання 1.1.** Проаналізувати вплив на енергетичні показники і мережу різних методів зниження рівнів гармонік і компенсації реактивної потужності в електроприводах з вентиляними перетворювачами. Дано: студенти обирають та знаходять опис енергетичної ситуації на підприємстві з використанням вентиляних перетворювачів, де виникають гармонічні спотворення і високі рівні реактивної потужності.

- потрібно:

- 1) оцінити ефективність використання активних фільтрів і статичних тиристорних компенсаторів для покращення енергетичних показників.
- 2) провести порівняльний аналіз впливу різних технологій на зниження рівня гармонік і компенсацію реактивної потужності в електричних мережах.

### 2. Завдання на творчість

**Завдання 2.1. Використання статичних тиристорних компенсаторів.**

2.1.1. Оцініть можливість використання статичних тиристорних компенсаторів для поліпшення енергетичних показників в електроприводі вентиляційної системи. Прорахуйте економічну вигоду від застосування таких компенсаторів у порівнянні з традиційними методами компенсації реактивної потужності.

**Завдання 2.2. Зниження рівнів гармонік засобами мережі живлення.**

2.2.1. Розробіть стратегію зниження рівнів гармонік у електричній мережі на основі вдосконалення фільтрації та оптимізації роботи мережі живлення, що забезпечує енергопостачання для кількох виробничих ліній. Оцініть вплив цих змін на енергоефективність роботи системи.

### **Завдання 2.3. Спеціальні способи керування і схемні рішення вентильних перетворювачів.**

2.3.1. Розробіть схему спеціального способу керування для вентильного перетворювача, який використовується в умовах з високим рівнем варіативності навантаження. Оцініть, як цей підхід дозволяє підвищити енергоефективність та зменшити вплив на електричну мережу.

## **3. Вказівки щодо оформлення звіту**

3.1. Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основним теоретичним матеріалом, що вивчається на відповідній лекції.

3.2. Ознайомитися та проаналізувати завдання практичної роботи.

3.3. Підготуйте звіт, де ви повинні виконати:

- порівняльний аналіз енергозберігаючих електроприводів на базі змінного струму (частотно-регульованих, асинхронних, вентильних перетворювачів).

- розрахунки енергозбереження для заданих процесів.

- оцінку економічних переваг та рекомендацій щодо вибору найбільш ефективної системи для конкретного виробничого процесу.

3.4. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

3.6. Зробити висновок про виконану роботу.

## **4. Контрольні питання**

1. Як використання активних фільтрів і статичних компенсаторів може покращити якість енергії та зменшити навантаження на мережу?

2. Які є альтернативи для зниження рівня гармонік у мережі при роботі з вентильними перетворювачами?
3. У чому полягають особливості керування вентильними перетворювачами для зниження рівня гармонік?
4. Як роздільне і спільне керування вентильними перетворювачами впливають на рівень гармонік?
5. Яка роль нелінійного узгодження кутів керування у зменшенні зрівняльних струмів?
6. Які переваги має використання спеціальних схем для компенсації вищих гармонік магнітного потоку трансформаторів випрямлячів?

## **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

**з дисципліни «Енергозбереження в АПК» для підготовки до практичних занять здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

1. Практична робота пишеться кожним студентом власноруч (одним коляром пасти) та починається з номеру практичної роботи та її найменування. Листи заповнюються лише з однієї сторони.

2. Робота оформлюється на листах А4: полем ліворуч – 2,5 см; полем праворуч – 1 см; полем внизу/верху – 2 см.

3. Кожна сторінка повинна бути пронумерована та підписана відповідним шифром (див. додаток 1.)

3. Звіт з практичної роботи повинен мати: титульний лист, теоретичну частину, розрахункову частину, відповіді на контрольні питання, висновки.

4. Титульний аркуш є першою сторінкою практичної роботи і містить основні дані про звіт роботи та її автора. Титульний аркуш заповнюється за строго визначеною формою (див. додаток 2) та повинна містити:

- найменування вищого навчального закладу, факультету та кафедри;
- назву практичної роботи;
- допуски до виконання та захисту;
- відведена графу для оцінки студента;
- прізвище, ім'я автора;
- шифр групи в якій навчається автор;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я викладача;
- рік виконання.



Слід пам'ятати, що титульний лист не підлягає нумерації, однак включається до загальної нумерації сторінок практичної роботи.

5. Основна частина практичної роботи повинна виконуватися з урахуванням загальних вимоги до оформлення звіту та оформлюватися у рамці з відповідним шифром (див. додаток 1).

6. захист практичної роботи відбувається у наступні послідовності:

1) оформлення звіту практичної роботи (титульний лист та теоретична частина), після чого студент отримує допуск до виконання роботи;

2) виконання або розрахунок завдання практичної роботи, після перевірки якої студент готується та відповідає письмово на контрольні питання. Отримується можливість до захисту практичної роботи;

3) захист практичної роботи відбувається усно, за питаннями по темі практичної роботи та відповідного лекційного матеріалу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетичний менеджмент та енергоефективність : підручник / І. О. Самойленко та ін. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 348 с. URI: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/44582>.
2. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика та ін. ; за заг. ред. А. С. Мандрики. Суми : Сумський державний університет, 2021. 330 с. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/87302/3/Mandryka\\_enerhoefektyvni\\_tekhnolohii.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/87302/3/Mandryka_enerhoefektyvni_tekhnolohii.pdf).
3. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Частина 1 : навч. посіб. / О. П. Голик та ін. ; М-во освіти і науки України ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2020. 192 с. URI: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/9295>
4. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навч. посібник. Київ : Кондор, 2022. 408 с.
5. Краснянський М. Ю. Енергозбереження : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2023. 136 с.
6. Олійник Ю. В. Енергозбереження : курс лекцій. Київ : Черніг. промислово-екон. коледж, 2019. 133 с.
7. Основи безпечної експлуатації електроустановок: підручник / С. В. Панченко та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2021. 149 с.

## Допоміжна література

1. Diegtiar O. Energy security policy of ukraine: strategic challenges and international cooperation. Public Management and Policy. 2024. No. 2. P. 56–63. URL: <https://doi.org/10.70651/3041-2498/2024.2.07>
2. Глобалізація та політика національної безпеки : підручник / Т. В. Сокольська та ін. Київ : ЦУЛ, 2021. 408 с.
3. Дисципліна Енергозбереження засобами електропривода. URL: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/eze.php>.
4. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналіт. доповідь / О. М. Суходоля та ін. ; за заг.

- ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2020. 178 с. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-12/sukhodolia\\_energy\\_security\\_sayt-1.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-12/sukhodolia_energy_security_sayt-1.pdf).
5. Енергобезпека і енергоефективність. URL: [http://netinka.ucoz.net/index/ehnergobezopasnost\\_i\\_ehnergoehffektivnost/0-80](http://netinka.ucoz.net/index/ehnergobezopasnost_i_ehnergoehffektivnost/0-80).
  6. Енергобезпека та енергоефективність : метод. реком. для виконання практ. робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форми здобуття вищої освіти / уклад. В. І. Гавриш. Миколаїв : МНАУ, 2022. 76 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11579>.
  7. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : колективна монографія / за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП «Астроя», 2019. 603 с.
  8. Що таке енергетична безпека і чому це надважливо для України? USAID Energy Security Project. URL: <https://energysecurityua.org/ua/u-fokusi/shcho-take-enerhetychna-bezpeka-i-chomu-tse-nadvazhlyvo-dlia-ukrainy/>

**ДОДАТОК**

Додаток 1

141. Ен 1/1. 11. ПР01. ЕЗ в АПК

Лист  
60

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**ЗВІТ**

до практичної роботи №1  
з дисципліни “Енергозбереження в АПК ”  
на тему: “ Сучасний стан енергетики і енергозбереження ”

Допуск до виконання \_\_\_\_\_

Допуск до захисту \_\_\_\_\_

Захист \_\_\_\_\_

Виконав студент групи: Ен 1/1 \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олексій ХАРІТОНОВ  
(імя, прізвище)

Керівник: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Віталій МАРДЗЯВКО  
(імя, прізвище)

2025

Навчальне видання

## **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В АПК**

Методичні рекомендації

Укладач: **Мардзявко** Віталій Анатолійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 3,9.

Тираж 20 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.