

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

“ Енергозбереження ”

для студентів спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка (усіх форм навчання),
спеціалізація: Електротехнічні системи електроспоживання

2021

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Енергозбереження” для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (усіх форм навчання), спеціалізація: Електротехнічні системи електроспоживання / Укл.: А. П. Заболотний, Д. В. Федоша, – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 33 с.

Укладачі:

А. П. Заболотний, доцент, к.т.н.
Д. В. Федоша, доцент, к.т.н.

Рецензент:

В.В.Попов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

О. А. Шрам, зав.кафедрою, доцент,
к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри
електропостачання промислових
підприємств
протокол № 7 від 27.04.2021р.

Рекомендовано до видання на
засіданні НМК
електротехнічного факультету
протокол № 1 від 19.08.2021

ЗМІСТ

1 Загальні методичні вказівки	4
2 Робоча програма і методичні вказівки щодо вивчення тем дисципліни	5
2.1 Світові запаси і споживання енергії	5
2.2 Паливно-енергетичний потенціал України і її енергетичні проблеми	5
2.3 Поняття і управління енергозбереженням	5
2.4 Стратегія проблеми енергозбереження	6
2.5 Енергоефективність систем тепlopостачання	7
2.6 Енергоефективність систем електропостачання	8
2.7 Утилізація енергії	9
2.8 Енергоефективність - основа сучасних технологій	9
2.9 Використання поновлюваних джерел енергії	10
3 Вибір економічного режиму роботи трансформатора	11
4 Розрахунок економії електроенергії від використання компесуючих пристроїв.	15
5 Завдання на контрольні роботи	18
Завдання 1	18
Завдання 2	25
6 Рекомендована література	30
Додаток А Питання до контролю № 1	32
Додаток Б Питання до контролю № 2	33

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Метою вивчення дисципліни "Енергозбереження" є забезпечення необхідних професійних знань в галузі ефективності економії енергоресурсів в виробничих процесах.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати: стан і основні напрямки розвитку енергетики України; термінологію в області електроспоживання та енергозбереження; види економічних ефектів і методи визначення ефективності нововведень по економії електроенергії; методи аналізу; види електробалансу і методи його розрахунку; методи дослідження ефективності використання електроенергії; нормування витрат електроенергії і розрахунок витрат; методи розрахунку економії електроенергії з урахуванням енергозберігаючих в системах електропостачання;

вміти: обґрунтовувати положення з економії електроенергії в системах електропостачання; розраховувати витрати електроенергії і оцінювати економічну ефективність від проведення заходів, щодо економії електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств та інших об'єктів.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Світові запаси і споживання енергії

Основні поняття і визначення запасів енергії. Світові запаси енергоресурсів і їх характеристика. Рівень світового споживання енергоносіїв

Контрольні запитання

1. Основні поняття і визначення запасів енергії.
2. Світові запаси енергоресурсів і їх характеристика.
3. Рівень світового споживання енергоносіїв

2.2 Паливно-енергетичний потенціал України і її енергетичні проблеми

Енергоресурсна база і пов'язані з нею проблеми. Стан паливно-енергетичного комплексу України. Можливості використання нетрадиційних і поновлювальних джерел енергії. Перспективи енергетичної галузі України.

Контрольні запитання

1. Енергоресурсна база і пов'язані з нею проблеми.
2. Стан паливно-енергетичного комплексу України.
3. Можливості використання нетрадиційних і поновлювальних джерел енергії.
4. Перспективи енергетичної галузі України.

2.3 Поняття і управління енергозбереженням

Основні поняття і визначення. Історичні аспекти енергозбереження. Державне управління енергозбереженням. Суть державного управління енергозбереженням. Структура і система елементів державного управління енергозбереженням. Програми і

системи підвищення енергоефективності. Комплексна державна програма енергозбереження. Регіональні програми енергозбереження. Системи комплексного підвищення енергоефективності в галузях промисловості.

Контрольні запитання

1. Основні поняття і визначення.
2. Історичні аспекти енергозбереження.
3. Державне управління енергозбереженням. Суть державного управління енергозбереженням.
4. Структура і система елементів державного управління енергозбереженням.
5. Програми і системи підвищення енергоефективності.
6. Комплексна державна програма енергозбереження.
7. Регіональні програми енергозбереження.
8. Системи комплексного підвищення енергоефективності в галузях промисловості.

2.4 Стратегія проблеми енергозбереження

Енергетична складова національної безпеки України. Визначення пріоритетних напрямів енергозбереження. Шляхи рішення проблем енергозбереження. Перешкоди на шляху до енергоефективності. Потенціал енергозбереження України.

Контрольні запитання

1. Енергетична складова національної безпеки України.
2. Визначення пріоритетних напрямів енергозбереження.
3. Шляхи рішення проблем енергозбереження.
4. Перешкоди на шляху до енергоефективності.
5. Потенціал енергозбереження України.

2.5 Енергоефективність систем теплопостачання

Поняття теплоти, цілі і способи її отримання. Особливості процесів горіння. Ефективність енергетичного устаткування котельних. Котли і їх класифікація. Пристрої для спалювання палива. Особливості розрахунку ефективності котлів і міри по її поліпшенню. Про альтернативні системи опалювання і гарячого водопостачання. Втрати в теплових мережах і засоби їх зменшення. Підвищення ефективності систем паропостачання.

Особливості пара і можливості його використання в якості теплоносія. Чинники, що впливають на ефективність паропостачання. Технічні можливості підвищення ефективності паропостачання. Системи споживання теплової енергії, теплообмінники.

Контрольні запитання

1. Поняття теплоти, цілі і способи її отримання.
2. Особливості процесів горіння.
3. Ефективність енергетичного устаткування котельних. Котли і їх класифікація.
4. Пристрої для спалювання палива.
5. Особливості розрахунку ефективності котлів і міри по її поліпшенню.
6. Про альтернативні системи опалювання і гарячого водопостачання.
7. Втрати в теплових мережах і засоби їх зменшення. Підвищення ефективності систем паропостачання.
8. Особливості пара і можливості його використання в якості теплоносія.
9. Чинники, що впливають на ефективність паропостачання.
10. Технічні можливості підвищення ефективності паропостачання.
11. Системи споживання теплової енергії, теплообмінники.

2.6 Енергоефективність систем електропостачання

Електрична енергія і традиційні способи її отримання. Загальні поняття. Особливості теплових електростанцій і їх ефективність. Основні відомості про гідро- і приливні електростанції. Основні уявлення про атомну енергетику. Проблеми узгодження об'ємів генерації і споживання електроенергії. Стан і перспективи нетрадиційної електроенергетики.

Розвиток і ефективність МГД-перетворювачів. Про майбутнє термоядерної енергетики. Основні відомості і перспективи паливно-осередкових технологій.

Ефективність споживання електроенергії. Склад і характеристика основних споживачів електроенергії. Ефективність силового загальнопромислового електроприводу. Енергозбереження при використанні електричного освітлення.

Контрольні запитання

1. Електрична енергія і традиційні способи її отримання. Загальні поняття.
2. Особливості теплових електростанцій і їх ефективність.
3. Основні відомості про гідро- і приливні електростанції.
4. Основні уявлення про атомну енергетику.
5. Проблеми узгодження об'ємів генерації і споживання електроенергії.
6. Стан і перспективи нетрадиційної електроенергетики.
7. Розвиток і ефективність МГД-перетворювачів.
8. Про майбутнє термоядерної енергетики.
9. Основні відомості і перспективи паливно-осередкових технологій.
10. Ефективність споживання електроенергії.
11. Склад і характеристика основних споживачів електроенергії. Ефективність силового загальнопромислового електроприводу.
12. Енергозбереження при використанні електричного освітлення.

2.7 Утилізація енергії

Можливості підвищення енергоефективності за рахунок утилізації теплової енергії. Установки для утилізації тепла. Рекуператори. Регенератори. Теплоутилізатори газ-рідина. Системи комбінованого виробництва теплової і електричної енергії. Переваги когенерації. Існуючі технології когенерації. Рекомендації для вибору систем когенерації. Утилізація гідроенергетичних ресурсів промислових водотоків.

Оцінка можливостей і об'ємів гідроутилізації. Установки для гідроутилізації.

Контрольні запитання

1. Можливості підвищення енергоефективності за рахунок утилізації теплової енергії.
2. Установки для утилізації тепла. Рекуператори. Регенератори. Теплоутилізатори газ-рідина.
3. Системи комбінованого виробництва теплової і електричної енергії.
4. Переваги когенерації. Існуючі технології когенерації. Рекомендації для вибору систем когенерації.
5. Утилізація гідроенергетичних ресурсів промислових водотоків.
6. Оцінка можливостей і об'ємів гідроутилізації. Установки для гідроутилізації.

2.8 Енергоефективність – основа сучасних технологій

Поняття технологічної енергоефективності і її особливості. Енергоефективність гідромеханічних процесів розділення. Гравітаційне розділення. Фільтрування. Енергоефективність теплових процесів розділення. Сушка. Випарювання. Ректифікація. Кристалізація.

Енергоефективність масообмінних процесів розділення. Абсорбція.

Контрольні запитання

1. Поняття технологічної енергоефективності і її особливості.
2. Енергоефективність гідромеханічних процесів розділення.
3. Гравітаційне розділення.
4. Фільтрування.
5. Енергоефективність теплових процесів розділення. Сушка. Випарювання. Ректифікація. Кристалізація.
6. Енергоефективність масообмінних процесів розділення.
7. Абсорбція.

2.9 Використання поновлюваних джерел енергії

Поняття поновлюваних джерел енергії і технології їх використання. Сонячна тепло- і електроенергетика. Вітроенергетика: основні поняття і конструкції установок. Геотермальна енергетика.

Використання енергії навколишнього середовища. Теплові насоси. Біоенергетичні технології. Використання енергії водного середовища.

Контрольні запитання

1. Поняття поновлюваних джерел енергії і технології їх використання.
2. Сонячна тепло- і електроенергетика.
3. Вітроенергетика: основні поняття і конструкції установок.
4. Геотермальна енергетика.
5. Використання енергії навколишнього середовища.
6. Теплові насоси.
7. Біоенергетичні технології.
8. Використання енергії водного середовища.

3 ВИБІР ЕКОНОМІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

Втрати активної потужності у трансформаторах розділяються на втрати холостого ходу (які не залежать від величини навантаження трансформатора) і втрати в обмотках трансформатора (які залежать від величини навантаження). Втрати активної потужності визначаються за формулою:

$$\Delta P_T = n_T \cdot \Delta P'_X + \frac{1}{n_T} \cdot \frac{S_H^2}{S_{номТ}^2} \cdot \Delta P'_K$$

де $\Delta P'_X$ і $\Delta P'_K$ - зведені втрати XX і КЗ трансформатора;

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + \alpha \cdot \frac{I_X \cdot S_{ном}}{100}$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + \alpha \cdot \frac{U_K \cdot S_{ном}}{100}$$

α - еквівалент реактивної потужності, кВт/кВАр

Оптимальний режим роботи трансформаторів характеризується найменшою відносною втратою потужності $\frac{\Delta P_T}{S_H} = \min$.

$$\text{Отже, } \frac{d(\Delta P_T)}{dS_H} = 0$$

для одного трансформатора:

$$-\frac{\Delta P'_X}{S_H^2} + \frac{\Delta P'_K}{S_{номТ}^2} = 0$$

Звідки:

$$k_{зГонт} = \frac{S_H}{S_{номТ}} = \sqrt{\frac{\Delta P'_K}{\Delta P'_X}}$$

Для двохтрансформаторної ПС гранична потужність навантаження, яка відповідає умові однакових втрат при включенні двох і одного трансформатора визначається за формулою:

$$S_{ГР} = S_{номТ} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta P'_X}{\Delta P'_K}}$$

Практичне завдання

3.1. Визначити оптимальний коефіцієнт завантаження і втрат активної потужності у трансформаторі для умов: тип трансформатора ТМЗ-1000/10; $\Delta P_K=1,9$ кВт; $\Delta P_X=10,8$ кВт; $I_X=1,2$ %; $U_K=5.5$ %; $\alpha=0.01$ кВт/кВАр

Рішення

1. Визначаємо зведені втрати трансформатора.

$$\Delta P'_X = 1.9 + 0.01 \cdot \frac{1.2 \cdot 1000}{100} = 2.02 \text{ кВт}$$

$$\Delta P'_K = 10.8 + 0.01 \cdot \frac{5.5 \cdot 1000}{100} = 11.35 \text{ кВт}$$

2. Оптимальний коефіцієнт завантаження

$$k_{зГонт} = \sqrt{\frac{2.02}{11.35}} = 0.42$$

$$\Delta P_T = 2.02 + 0.42^2 \cdot 11.35 = 4.04 \text{ кВт}$$

3.2. Визначити економію електроенергії при застосуванні економічного режиму роботи трансформаторів для двохтрансформаторною ПС за даними:

Графік навантаження: 14 МВА-4 год; 6 МВА-8 год; 10 МВА-8 год; 4 МВА- 4 год.

Трансформатор ТДН 16000/110 $\Delta P_k=18$ кВт; $\Delta P_x=85$ кВт; $I_x=0,7$ %; $U_k=10.5$ %; $\alpha=0.01$ кВт/кВАр

Рішення

1. Визначаємо зведені втрати трансформатора.

$$\Delta P'_x = 18 + 0.01 \cdot \frac{0.7 \cdot 1000}{100} = 19.12 \text{ кВт}$$

$$\Delta P'_k = 85 + 0.01 \cdot \frac{10.5 \cdot 1000}{100} = 101.8 \text{ кВт}$$

2. Визначаємо граничну потужність доцільності відключення одного трансформатора.

$$S_{GP} = S_{номТ} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta P'_x}{\Delta P'_k}} = 16 \cdot \sqrt{2 \frac{19.12}{101.8}} = 9.8 \text{ МВА}$$

3. Визначаємо втрати електроенергії при двох включених трансформаторах.

$$\Delta W_T^1 = 2 \cdot 19.12 \cdot 24 + 2 \cdot \left(\frac{14^2 \cdot 4 + 6^2 \cdot 8 + 10^2 \cdot 8 + 4^2 \cdot 4}{16^2} \right) \cdot 101.8 = 1302.7$$

кВт·год

4. Визначаємо втрати електроенергії для економічного режиму роботи трансформаторів.

$$\Delta W_T^{\Pi} = (2 \cdot (4 + 8) + 1 \cdot (8 + 4)) \cdot 19.12 + \frac{1}{2} \cdot \frac{(14 \cdot 4 + 10 \cdot 8) + 6 \cdot 8 + 4 \cdot 4}{16} \cdot 101.8 = 1143.2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\delta \Delta W = \frac{1302.7 - 1143.2}{1302.7} \cdot 100 = 12.2\%$$

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІД ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Економія електроенергії від використання компесуючих пристроїв (КП) визначається як різниця між втратами електроенергії для варіантів без використання і з використанням КП, які визначаються за формулами:

$$\Delta W^I = \sum \Delta W_T^I + \sum \Delta W_{\text{л}}^I$$

де $\sum \Delta W_T$ – сумарні втрати електроенергії у трансформаторах для I варіанта (без використання КП)

$\sum \Delta W_{\text{л}}$ – сумарні втрати електроенергії у лініях для варіанта I

$$\Delta W^{\text{II}} = \sum \Delta W_T^{\text{II}} + \sum \Delta W_{\text{л}}^{\text{II}} + \Delta W_{\text{КП}}$$

де ΔW_T^{II} , $\Delta W_{\text{л}}^{\text{II}}$ – сумарні втрати електроенергії у трансформаторах і лініях для варіанта II (з використанням КП);

$\Delta W_{\text{КП}}$ – втрати електроенергії у КП;

$$\Delta W_{Ti} = n_T \cdot \Delta P_X \cdot 8760 + \frac{1}{n_T} \cdot \frac{S_{\text{розр}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_X \cdot \tau_m$$

де $S_{\text{розр}}^2$ – розрахункова потужність, яка визначається без урахування КП (I варіант) і з урахуванням КП (II варіант);

τ_m – число годин використання максимального навантаження

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760;$$

$$\Delta W_{\text{лі}} = \frac{S_{\text{розр}}^2}{U_{\text{л}}^2} \cdot R_{\text{лі}} \cdot \tau_m;$$

Втрати електроенергій у КП визначається за формулою:

$$\Delta W_{КП} = \Delta P_{ОКП} \cdot Q_{КП} \cdot \tau_{\text{м}}$$

де $\Delta P_{ОКП}$ - питомі втрати активної потужності у КП;

$$\Delta P_{ОКП} = 0,003 \text{ кВт/кВАр для КП у мережі 10кВ}$$

$$\Delta P_{ОКП} = 0,0045 \text{ кВт/кВАр для КП у мережі 0,4кВ}$$

Практичне завдання 4.1

Визначити економію електроенергії для мережі силового трансформатора ТДН 16000/110 і КЛ-10кВ (сумарна довжина $l_{\Sigma}=1.2$ км, $R_{\Sigma}=2,5$ Ом), сумарне навантаження $P_{\Sigma}=10,7$ МВт, $\cos\phi=0,8$, $T_{\text{м}}=5000$ год., від застосування КП.

Рішення.

1. Визначаємо економічно доцільну реактивну потужність, яка передається з енергосистеми.

$$Q_{e1} = P_{\Sigma} \cdot \tan \phi_{\text{ном}} = 10,7 \cdot 0,3 = 3,21 \text{ МВАр};$$

$$S = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{e1}^2} = \sqrt{10,7^2 + 3,21^2} = 11,17 \text{ МВА}$$

2. Визначаємо втрати реактивної потужності у трансформаторі.

$$\Delta Q_T = \frac{I_X \cdot S_{\text{ном}}}{100} + \frac{S_{\text{розр}}^2 \cdot U_K \cdot S_{\text{ном}}}{S_{\text{номТ}} \cdot 100} = \frac{0,7 \cdot 16000}{100} + \frac{11,17^2}{16^2} \cdot \frac{10,5 \cdot 16000}{100} = 93,09 \text{ кВАр}$$

3. Визначаємо потужність пристроїв компенсації реактивної потужності

$$Q = P_{\Sigma} \cdot \tan \phi + \Delta Q_T - Q_{e1} = 10,7 \cdot 0,75 + 0,93 - 3,21 = 5,75 \text{ МВАр}$$

Приймаємо 2 УКЛ-10,5-1800УЗ і 2 УКЛ-10,5-13500УЗ

$$Q_{\text{КП}}=6,3 \text{ МВАр}$$

4. Розрахункова потужність.

I варіант

$$S = \sqrt{P_{\text{розр}}^2 + (Q_{\text{розр}} + \Delta Q_T)^2} = \sqrt{10,7^2 + (8,03 + 0,931)^2} = 13,95$$

МВА

II варіант

$$S = \sqrt{P_{\text{розр}}^2 + (Q_{\text{розр}} + \Delta Q_T - Q_{\text{КП}})^2} = \sqrt{10,7^2 + (8,03 + 0,931 - 6,3)^2} = 13,95 \text{ МВА}$$

5. Втрати електроенергії.

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{5000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3411 \text{ год}$$

$$\Delta W_T^I = \left(18 \cdot 8760 + \frac{13,95^2}{10^2} \cdot 85 \cdot 3411 \right) \cdot 10^{-3} = 378.1 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_T^{II} = \left(18 \cdot 8760 + \frac{11,02^2}{10^2} \cdot 85 \cdot 3411 \right) \cdot 10^{-3} = 295.2 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_l^I = \frac{S_p^2}{U_l^2} \cdot R_l \cdot \tau_m = \frac{13,95^2}{10^2} \cdot 12,5 \cdot 3411 \cdot 10 = 83 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_l^{II} = \frac{S_p^2}{U_l^2} \cdot R_l \cdot \tau_m = \frac{11,02^2}{10^2} \cdot 12,5 \cdot 3411 \cdot 10 = 52 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_{\text{КП}}^{II} = 0,003 \cdot 6,3 \cdot 3411 = 64.5 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

6. Економія електроенергії

$$\delta W = 378.1 + 83 - 295.2 - 52 - 64.5 = 49.4 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

5 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

З курсу " енергозбереження " учбовим планом передбачено виконання двох контрольних робіт протягом семестру.

Зміст контрольних робіт - дати розгорнуті відповіді на контрольні запитання з курсу та рішення задач. Кожна робота складається з відповідей з 2 запитань з курсу, та рішення 2 задач.

Завдання на контрольні роботи кожному студенту, а також методичні вказівки до їх виконання наведені нижче.

Більш подробиці методичні вказівки до виконання контрольних робіт оголошує викладач на установчій сесії та консультаціях, передбачених учбовим графіком.

Завдання 1

Задача 1.1 Розрахунок втрат активної потужності та річних втрат електроенергії в кабельних лініях.

Електропостачання цеху здійснюється по кабельній лінії напругою 10 кВ. Цех працює у три зміни. Коефіцієнт завантаження змін, переданий по кабелях струм у період максимуму навантаження ($I_{\max}$) при $\cos \varphi_{\max}$, а також передана по лінії протягом року активна і реактивна енергії наведені в таблиці 1.1.

Розрахувати:

- втрати активної потужності і річні втрати активної електроенергії в кабельній лінії по максимально навантаженій зміні;
- те ж, але з урахуванням режиму електроспоживання цеху;
- розглянути доцільність спорудження розвантажувальних ліній з метою зниження втрат активної потужності;
- визначити вплив температури нагрівання провідника на втрати потужності;
- розрахувати ефективність організаційно-технічних заходів (ОТЗ) ;
- зробити висновки за результатами розрахунку.

Таблиця 1.1.

№ варіа нта	Параметри мережі		Параметри навантаження				Завантаження змін		
	Довжи- на, м	Марка та переріз, мм ²	I _{max} ,	cos φ _{max}	Річне споживання електроенергії		1 змiна	2 змiна	3 змiна
					W _{га} , кВт · ч	W _{гр} , кВАр · ч			
1.	180	ААБ-2(3х120)	380	0,85	30*10 ⁶	20*10 ⁶	0,9	0,65	0,4
2.	300	ААБ-2(3х185)	275	0,82	25*10 ⁶	17*10 ⁶	0,9	0,7	0,2
3.	280	ААШВ-2(3х70)	270	0,83	20*10 ⁶	16,5*10 ⁶	1	0,8	0,3
4.	200	ААШВ-(3х95)	190	0,81	20*10 ⁶	13,5*10 ⁶	1	0,65	0,2
5.	190	ААБ-(3х95)	200	0,85	21*10 ⁶	16,5*10 ⁶	1	0,7	0,3
6.	200	ААБ-(3х50)	110	0,82	11,5*10 ⁶	10*10 ⁶	0,9	0,6	0,3
7.	350	ААБ-2(3х95)	345	0,8	30,5*10 ⁶	19,5*10 ⁶	1	0,7	0,4
8.	320	ААШВ-(3х240)	315	0,83	20*10 ⁶	18,5*10 ⁶	0,9	0,72	0,2
9.	250	ААШВ-2(3х50)	130	0,8	10,5*10 ⁶	9*10 ⁶	1	0,8	0,2
10.	190	ААБ-(3х185)	285	0,82	27*10 ⁶	16,5*10 ⁶	0,9	0,6	0,3

Продовження таблиці 1.1.

№ варіанта	Параметри мережі		Параметри навантаження				Завантаження змін		
	Довжи- на, м	Марка та переріз, мм ²	I _{max} ,	cos φ _{max}	Річне споживання електроенергії		1 змiна	2 змiна	3 змiна
					W _{га} , кВт · ч	W _{гр} , кВАр · ч			
11.	400	ААБ-2(3х120)	350	0,83	31,5*10 ⁶	20*10 ⁶	0,9	0,7	0,1
12.	350	ААБ-2(3х185)	275	0,81	25,5*10 ⁶	17,5*10 ⁶	0,9	0,72	0,2
13.	280	ААШВ-2(3х70)	270	0,85	24,5*10 ⁶	17*10 ⁶	1	0,85	0,3
14.	220	ААШВ-(3х95)	200	0,81	20*10 ⁶	14*10 ⁶	1	0,9	0,25
15.	180	ААБ-(3х95)	190	0,82	21*10 ⁶	16,5*10 ⁶	1	0,72	0,35
16.	220	ААБ-(3х50)	110	0,83	11,5*10 ⁶	10*10 ⁶	0,9	0,5	0,2
17.	380	ААБ-2(3х95)	320	0,85	31*10 ⁶	19,5*10 ⁶	1	0,8	0,5
18.	300	ААШВ-(3х240)	300	0,82	30,5*10 ⁶	18,5*10 ⁶	1	0,72	0,5
19.	250	ААШВ-2(3х50)	130	0,83	11*10 ⁶	9,5*10 ⁶	1	0,8	0,3
20.	220	ААБ-(3х185)	285	0,85	27,5*10 ⁶	17*10 ⁶	1	0,65	0,25

Продовження таблиці 1.1.

№ варіан- та	Параметри мережі		Параметри навантаження				Завантаження змін		
	Довжи- на, м	Марка та переріз, мм ²	I _{max} ,	cos φ _{max}	Річне споживання електроенергії		1 зміна	2 зміна	3 зміна
					W _{ра} , кВт · ч	W _{гр} , кВАр · ч			
21.	400	ААБ-2(3х120)	350	0,82	31*10 ⁶	21*10 ⁶	0,9	0,7	0,4
22.	350	ААБ-2(3х185)	275	0,81	26,5*10 ⁶	17*10 ⁶	1	0,7	0,3
23.	280	ААШВ-2(3х70)	270	0,85	24*10 ⁶	17*10 ⁶	1	0,8	0,2
24.	220	ААШВ-(3х95)	195	0,81	20*10 ⁶	13,5*10 ⁶	1	0,7	0,2
25.	180	ААБ-(3х95)	200	0,82	21,5*10 ⁶	16*10 ⁶	1	0,7	0,2
26.	220	ААБ-(3х50)	110	0,83	11,5*10 ⁶	9,8*10 ⁶	0,9	0,6	0,1
27.	350	ААБ-2(3х95)	320	0,82	31*10 ⁶	19*10 ⁶	1	0,75	0,3
28.	300	ААШВ-(3х240)	300	0,84	30*10 ⁶	18,5*10 ⁶	1	0,8	0,3
29.	220	ААШВ-2(3х50)	130	0,82	11*10 ⁶	9,5*10 ⁶	1	0,8	0,2
30.	220	ААБ-(3х185)	275	0,82	27,5*10 ⁶	17*10 ⁶	0,9	0,7	0,1

Задача 1.2 Визначити зменшення втрат активної потужності від проведення заходів з компенсації реактивної потужності.

Використовуючи дані і результати розрахунку задачі 1.1 необхідно:

- розрахувати потужність низьковольтних пристроїв, що компенсують ($Q_{\text{нкв}}$) з урахуванням вимог енергопостачальної організації до величини переданої реактивної потужності з мережі енергосистеми в мережу споживача, регламентованої $\text{tg } \varphi = 0,3$;
- визначити режим роботи КП з урахуванням завантаження змін;
- розрахувати втрати активної потужності і річні втрати електроенергії з урахуванням режиму електроспоживання цеху і регулювання потужності КП;
- розрахувати ефективність організаційно-технічних заходів (ОТЗ);
- зробити висновки.

Методичні вказівки

Розрахунок річних навантажувальних втрат активної електроенергії виконати методом числа годин найбільших втрат τ_{max} , використовуючи формулу

$$\Delta W_{\text{нг}} = \Delta P_{\text{max}} \cdot \tau_{\text{max}},$$

де ΔP_{max} - втрати активної потужності в режимі максимального навантаження лінії.

Значення τ_{max} визначається як:

$$\tau_{\text{max}} = f(T_{\text{max}})$$

де T_{max} - число годин використання максимального навантаження.

Значення T_{max} визначити по річному споживанню активної і ре-

активної електроенергії.

Тому що режим електроспоживання цеху характеризується перемінним графіком навантаження, то розрахунок річних навантажувальних втрат електроенергії по максимальному навантаженню за максимально навантажену зміну дає завищені значення. У п. 2 задачі 1.1 необхідно розрахувати річні втрати активної електроенергії з урахуванням завантаження змін і визначити відсоток завищення втрат електроенергії.

У розрахунках звичайно приймають опір провідника (R) постійним. У дійсності опір провідника залежить від температури

$$R = r_0 \cdot l \cdot [1 + a (\theta - \theta_0)]$$

де r_0 - питомий опір одного км. проводу, Ом/км;

l - довжина провідника в км.;

a - температурний коефіцієнт;

θ_0 - температура провідника, при якій визначене його r_0 ;

θ - температура навколишнього середовища, приймається середньою для кожного місяця по регіонах (СНП 2.01.01.-82).

Відповідно ДЕРЖСТАНДАРТ 839 можна приймати в розрахунках наступні значення:

$a = 0,004$ для А та АС;

$a = 0,0039$ для Си;

$\theta_0 = 20^\circ \text{C}$.

Визначити вплив зміни θ від -20 до $+40^\circ \text{C}$ на опір кабелю і ΔP_n .

Результати розрахунку представити у вигляді таблиці або кривих залежності $R = f(\theta)$ і $\Delta P = f(R)$.

Компенсація реактивної потужності за допомогою батарей статичних конденсаторів (БСК) є одним з основних технічних заходів щодо економії електроенергії в системах електропостачання.

Необхідна потужність компенсуючих пристроїв ($Q_{\text{кп}}$), як правило, визначається для максимально навантаженої зміни:

$$Q_{\text{кп}}^{\text{max}} = Q_{\text{max}} - \text{tg} \varphi_{\theta} \cdot P_{\text{max}},$$

де $\operatorname{tg} \varphi$, - що задається енергосистемою значення коефіцієнта реактивної потужності в години її максимального навантаження;

$P_{\max}$ - розрахунковий максимум активного навантаження за максимально навантажену зміну;

$Q_{\max}$ - розрахунковий максимум реактивного навантаження за ту ж зміну.

У задачі 1.2 на конкретних розрахунках показати вплив компенсації реактивної потужності на навантажувальні втрати активної потужності (ΔP_n) і річні втрати електроенергії ($\Delta W_{\Sigma n}$) у кабельній лінії. Розрахунки виконати з урахуванням режиму роботи БСК і при відсутності регулювання, коли БСК будуть генерувати в мережу реактивну потужність.

Нормативним документом, що регламентує визначення ефективності ОТЗ по енергозбереженню, є державний стандарт 2155-93 "Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності по енергозбереженню".

У загальному випадку при рішенні завдань необхідно визначити величину економії грошових коштів в грн., від впровадження кожного з ОТЗ окремо.

$$\Delta C = C_1 - C_2$$

де C_1 , C_2 – вартісний вираз річних втрат електричної енергії до і після впровадження ОТЗ.

Тариф електричної енергії задається викладачем.

Завдання 2

Задача 2.1 Розрахунок втрат активної потужності і річних втрат активної електроенергії в трансформаторах; вибір оптимального режиму роботи трансформаторів.

На цеховій підстанції встановлені два трансформатори напругою 10/0,4 кВ. Тип і технічні параметри трансформаторів, розрахункове навантаження за максимально навантаженою зміну і режим роботи цеха наведені в таблиці 2.2.

Необхідно:

- визначити режим роботи трансформаторів по змінах;
- визначити приведені номінальні втрати потужності холостого ходу ($\Delta P'_x$) і короткого замикання ($\Delta P'_k$) у трансформаторах;
- розрахувати річні втрати активної електроенергії в трансформаторах по максимально навантаженої зміні;
- те ж, але з урахуванням режиму роботи трансформаторів по змінах;
- оцінити завищення W_{ar} по п.3;
- вибрати оптимальний режим роботи трансформаторів у незавантажені зміни і розрахувати економію електроенергії;
- розрахувати ефективність організаційно-технічних заходів (ОТЗ);
- зробити висновки.

Таблиця 2.2.

№ варіан та	Тип та технічні параметри трансформаторів					Розрахункове навантаження на шині РУ – 0,4 кВ	Завантаження змін, %		
	Тип	Втрати, Вт		U _к , %	I _х , %		1 змін	2 змін	3 змін
		P _х	P _к						
1	ТСЗ-2х400/10	1300	5400	5,5	1,8	425+j450	90	70	20
2	ТСЗ-2х250/10	1000	3800	5,5	3,5	270+j275	95	60	10
3	ТСЗ-2х630/10	2000	7300	5,5	1,5	600+j485	100	70	30
4	ТСЗ-2х160/10	700	2700	5,5	4,0	185+j195	90	55	20
5	ТСЗ/2х1000/10	2100	12200	5,6	1,28	850+j760	100	70	40
6	ТМ-2х400/10	1050	5500	4,5	2,1	470+j400	95	70	25
7	ТМ-2х1000/10	2450	11000	5,5	1,4	900+j800	100	65	30
8	ТМ-2х630/10	1560	7600	5,5	2,0	600+j500	90	70	20
9	ТМ-2х160/10	540	2650	4,5	2,4	180+j200	90	50	20
10	ТМ-2х1600/10	3300	16500	5,5	1,3	1800+j1700	95	60	20

Продовження таблиці 2.2.

№ варіан- та	Тип та технічні параметри трансформаторів					Розрахункове навантаження на шині РУ – 0,4 кВ	Завантаження змін, %		
	Тип	Втрати, Вт		U _к , %	I _х , %		1 змiна	2 змiна	3 змiна
		P _х	P _к						
11	ТСЗ-2х400/10	1300	5400	5,5	1,8	410+j450	90	70	20
12	ТСЗ-2х250/10	1000	3800	5,5	3,5	270+j280	100	60	10
13	ТСЗ-2х630/10	2000	7300	5,5	1,5	550+j470	100	70	30
14	ТСЗ-2х160/10	700	2700	5,5	4,0	190+j195	100	55	20
15	ТСЗ/2х1000/10	2100	12200	5,6	1,28	850+j770	90	80	30
16	ТМ-2х400/10	1050	5500	4,5	2,1	460+j410	100	70	20
17	ТМ-2х1000/10	2450	11000	5,5	1,4	900+j810	90	70	30
18	ТМ-2х630/10	1560	7600	5,5	2,0	560+j510	100	70	30
19	ТМ-2х160/10	540	2650	4,5	2,4	185+j200	95	50	20
20	ТМ-2х1600/10	3300	16500	5,5	1,3	1800+j1700	90	65	20

Продовження таблиці 2.2.

№ варіан- та	Тип та технічні параметри трансформаторів					Розрахункове навантаження на шині РУ – 0,4 кВ	Завантаження змін, %		
	Тип	Втрати, Вт		U _к , %	I _х , %		1 змiна	2 змiна	3 змiна
		P _х	P _к						
21	ТСЗ-2х400/10	1300	5400	5,5	1,8	430+j455	100	70	20
22	ТСЗ-2х250/10	1000	3800	5,5	3,5	270+j280	100	60	10
23	ТСЗ-2х630/10	2000	7300	5,5	1,5	600+j490	100	80	30
24	ТСЗ-2х160/10	700	2700	5,5	4,0	190+j195	100	55	20
25	ТСЗ/2х1000/10	2100	12200	5,6	1,28	900+j790	100	70	40
26	ТМ-2х400/10	1050	5500	4,5	2,1	480+j410	100	75	25
27	ТМ-2х1000/10	2450	11000	5,5	1,4	950+j810	100	70	30
28	ТМ-2х630/10	1560	7600	5,5	2,0	580+j510	100	65	35
29	ТМ-2х160/10	540	2650	4,5	2,4	185+j210	100	50	20
30	ТМ-2х1600/10	3300	16500	5,5	1,3	1800+j1750	100	70	20

Задача 2.2 Використовуючи технічні дані і результати розрахунку задачі 2.1 визначити:

- необхідну потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв ($Q_{\text{нкл}}$) прийнявши оптимальне значення коефіцієнта реактивної потужності $\text{tg}\varphi_s \leq 0,3$;
- вибрати режим роботи БСК по змінах;
- розрахувати режим роботи трансформаторів з урахуванням потужності компенсуючих пристроїв і режиму завантаження змін;
- визначити втрати активної потужності і річні втрати електроенергії в трансформаторах з урахуванням потужності КП і режиму завантаження змін;
- вибрати оптимальний режим роботи трансформаторів у не завантажені зміни і розрахувати економію електроенергії;
- розрахувати ефективність організаційно-технічних заходів (ОТЗ).
- зробити висновки;

Методичні вказівки

Методика розрахунку режиму роботи трансформаторів, розрахунок приведених втрат потужності в трансформаторах приведені в [1,2,3,4].

При розрахунку річних втрат активної електроенергії виконати методом числа годин найбільших втрат τ_{max} . При розрахунку величини τ_{max} для цілодобової роботи цеху прийняти $T_{\text{max}} = 4500$ годин в році.

6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 А.Д. Васильев, Г.Я. Якимов, А.Я. Коваль. Циркониевая керамика и ее перспективы в Украине. /Огнеупоры и техническая керамика, № 10, 2000. – С. 2-5.
- 2 Від виробництва до ефективного споживання енергії: Посібник для вчителів / О.І. Соловей, А.В. Праховник, Є. М. Іншеков та інші. – К.: Київ. Нот. ф-ка, 1999. – 400 с.; іл. – (Енергозбереження, кн. 2)
- 3 Денисенко Г.И. Возобновляемые источники энергии. – Киев: КПИ, 1979.
- 4 Дикий М.О. Поновлювані джерела енергії. – Київ: Вища школа, 1993. – 416 с.
- 5 ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. – Чинний від 01.01.95. – К.: Держстандарт України. – 20 с.
- 6 Дудник А.Н., Майстренко А.Ю., Онищенко С.В. и др. Развитие энергетических установок с использованием технологий топливных элементов за рубежом // Энергетика и электрификация. – 1996. - №3. – с. 51 – 54.
- 7 Енергозбереження – досвід, проблеми, перспективи / Ковалко М.П.; відпов. ред. Шидловський А.К.; Держкоменергозбереження України. – Київ: Інститут електродинаміки НАНУ, 1997. – 152 с.
- 8 Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; відп. ред. Шидловський А.К. – Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.
- 9 Закон України “Про енергозбереження” // Постанова Верховної Ради України № 75/94-ВР від 1 липня 1994 р.
- 10 Ильинский Н.Ф., Рожанковский Ю.В., Горнов А.О. Энергосбережение в электроприводе. – М.: Высш. шк., 1989. – 127 с.
- 11 Каганович Б.М., Филиппов С.П., Анциферов Е.Г. Эффективность энергетических технологий. – Новосибирск: Наука, 1989. – 256 с.
- 12 Комплексна державна програма енергозбереження України. – К.: Держкоменергозбереження України, 1996. – 234 с.
- 13 Липсиц И.В., Коссод В.В. Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа. Учебно-справочное пособие. М.: Издательство БЕК, 1996. – 304 с.

- 14 Меркушов В.Т. Энергозбереження як складова частина енергетичної безпеки України // Енергоінформ – 1998. – №1.
- 15 О.Д. Васильєв, А.Р. Щокін. Керамічні паливні комірки: досягнення та перспективи в Україні. – Київ: Енергоінформ. – Аналічно-рекламне видання, 2002, № 26(157).
- 16 Положення про Державний комітет України з енергозбереження (Указ Президента України від 6 жовтня 1995 р. № 918/95).
- 17 Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. // В.А. Григорьев, В.И. Зорин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 584 с.
- 18 Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. – К.: ЕС – Energy Centre, 1995. - 199 с.
- 19 Синяк Ю.В. Стратегия российского нефтегазового комплекса на мировом энергетическом рынке в среднесрочной перспективе. Семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса», М.: РАН, 1999. – 56 с.
- 20 Щокін А.Р., Васильєв О.Д. Паливні комірки для сфери енергозбереження. Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективность - 2002», тезиси докладов. / “Навчальна книга”, 2002. – С. 152-157.
- 21 Украина: энергетика и экономика. – Киев: ЕС – Energy Centre, 1995. – 128 с.
- 22 Украина: эффективность малой энергетики. - Киев: ЕС – Energy Centre, 1996. – 280 с.
- 23 Энергетический менеджмент / А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. – Киев: ИЭЭ НТУУ “КПИ”, 2001. – 472 с.
- 24 Энергоэффективность в химической промышленности. – К.: ЕС – March Consulting Group, 1999. – 170 с.
- 25 Державний стандарт 2155-93 "Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності по енергозбереженню".

Наведений попереду перелік рекомендованої літератури є орієнтовним. При виконанні контрольних робіт можливо використовувати іншу науково-технічну та нормативну інформацію.

Додаток А
Питання до контролю № 1

1. Світові запаси і споживання енергії.
2. Паливно-енергетичний потенціал України і її енергетичні проблеми.
3. Державне управління енергозбереженням
4. Програми і системи підвищення енергоефективності
5. Енергетична складова національної безпеки України
6. Визначення пріоритетних напрямів енергозбереження
7. Шляхи рішення проблем енергозбереження
8. Потенціал енергозбереження України
9. Поняття теплоти, цілі і способи її отримання
10. Особливості процесів горіння
11. Пристрої для спалювання палива
12. Котли і їх класифікація
13. Альтернативні системи опалювання і гарячого водопостачання
14. Втрати в теплових мережах і способи їх зменшення
15. Підвищення ефективності систем паропостачання
16. Особливості пара і можливості його використання як теплоносія
17. Технічні можливості підвищення ефективності паропостачання
18. Системи споживання теплової енергії, теплообмінники
19. Електрична енергія і традиційні способи її отримання
20. Проблеми узгодження об'ємів генерації і споживання електроенергії
21. Стан і перспективи нетрадиційної електроенергетики

Додаток Б
Питання до контролю № 2

1. Склад і характеристика основних споживачів електроенергії
2. Ефективність силового загальнопромислового електроприводу
3. Енергозбереження при використанні електричного освітлення
4. Можливості підвищення енергоефективності за рахунок утилізації теплової енергії
5. Установки для утилізації тепла - Рекуператори
6. Установки для утилізації тепла - Регенератори
7. Теплоутилізатори газ-рідина
8. Системи комбінованого виробництва теплової і електричної енергії
9. Існуючі технології когенерації
10. Утилізація гідроенергетичних ресурсів промислових водотоків
11. Поняття технологічної енергоефективності і її особливості
12. Енергоефективність гідромеханічних процесів розділення
13. Енергоефективність теплових процесів розділення
14. Енергоефективність масообмінних процесів розділення
15. Поняття поновлювальних джерел енергії і технології їх використання
16. Сонячна тепло- і електроенергетика
17. Вітроенергетика: основні поняття і конструкції установок
18. Геотермальна енергетика
19. Використання енергії навколишнього середовища. Теплові насоси
20. Біоенергетичні технології
21. Використання енергії водного середовища.