



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт**

**для здобувачів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти, спеціальності
141 «Енергетика, електротехніка та електромеханіка»**

**Харків
2024**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, цифрових та комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

для здобувачів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності
141 «Енергетика, електротехніка та електромеханіка»

Затверджено рішенням
Науково-методичної
ради факультету енергетики, цифрових та
комп'ютерних технологій
Протокол № 3
від 26.12.2024р.

Харків
2024

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол № 5 від 20.12.2024

Рецензенти:

О. О. Мірошник, доктор техн. наук, проф. Державного біотехнологічного університету.

О. А. Савченко, кандидат. техн. наук, доцент. Державного біотехнологічного університету.

Д-43 Енергетичний аудит: метод. вказівки до виконання практ. робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання за спеціальністю 141 «Енергетика, електротехніка та електромеханіка»; Держ. біотехнол. ун-т ; уклад.: С. М. Дудніков / - Х. [б.в], 2024. – 36 с.

Методичні вказівки включають 14 практичних робіт та список літератури до них . Матеріал розкриває сутність технічних засобів, їх властивості, особливості, умови, за яких можуть бути створені кращі зразки. Майбутні фахівці повинні володіти основами методології розробки нових виробів і систем Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 141 «Енергетика, електротехніка та електромеханіка»

УДК 658:620.9

Відповідальний за випуск: С.М. Дудніков, кандидат економічних наук, доцент

© . Дудніков С. М., 2024

© ДБТУ, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП

Практичне заняття №1. Визначення економічної ефективності застосування теплової ізоляції паропроводу.	5
Практичне заняття №2. Розрахунок заміщення природного газу деревними відходами.....	7
Практичне заняття №3. Визначення вартості втрат палива при пошкодженні трубопроводу і витіканні пари в навколишнє середовище.	13
Практичне заняття №4. Розрахунок «глибокого» охолодження продуктів згоряння в котельній установці з природньою тягою.	20
Практичне заняття № 5. Визначення потужності конденсаторної батареї для зменшення втрат напруги в лінії.....	29
Практичне заняття № 6. Визначення необхідної кількості конденсаторів, номінальної напругу і встановленої потужності батареї конденсаторів з метою зменшення втрат напруги в кожну фазу лінії.....	32
Практичне заняття № 7. Розрахунок економії електроенергії в діючих освітлювальних установках приміщень.....	32
Практичне заняття № 8. Визначення втрат активної потужності у трансформаторі.....	32
Практичне заняття № 9. Визначення залежності коефіцієнта форми графіка навантаження k_f від числа годин використання максимального навантаження T_m . ..	32
Практичне заняття № 10. Техніко-економічне обґрунтування щодо застосування для силової промислової установки електродвигуна.	32
Практичне заняття № 11. Визначення можливих з фінансової точки зору та найбільш доцільних проектів.....	32
Практичне заняття № 12. Побудування графіків залежностей техніко-економічних показників дугової сталеплавильної печі від струму вторинної обмотки та визначення зони економічної роботи печі.....	32
Практичне заняття № 13. Розрахунок річних збитків підприємства за рахунок понаднормативної витрати мережної води.....	32
Практичне заняття № 14. Розрахунок терміну окупності інвестицій з урахуванням ставки дисконту.....	32
Список використаних джерел.....	35

Вступ

Формування комплексної системи використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), яка відповідає програмі підйому економіки України та переходу її до нового якісного стану в умовах ринкової економіки, важлива проблема, яка стоїть перед фахівцями різних сфер діяльності та яку складно здійснити без проведення якісного енергоаудиту.

Проведення якісного енергоаудиту вимагає знань щодо способів підвищення енергоефективності та енергозбереження на різного роду виробництвах, розподілу і споживання енергії в усіх сферах господарської діяльності, способів реалізації енергетичного менеджменту, цілей і організації енергетичного аудиту.

Актуальність практичних занять з курсу «Енергетичний аудит» обумовлена необхідністю набуття практичних навиків з вирішення питань щодо підвищення енергетичної ефективності використання енергоресурсів на всіх стадіях виробництва, транспортування та споживання енергоносіїв з метою зниження залежності країни від імпорту паливно-енергетичних ресурсів і, таким чином, підвищення рівня енергоефективності та енергозбереження, що є заходами з енергетичної безпеки країни.

Метою проведення практичних занять є формування системи знань та набуття навиків, необхідних для проведення енергетичного аудиту енергетичних підприємств та систем на всіх стадіях виробництва, транспортування та споживання енергоносіїв. Набуті знання сприятимуть підготовці сучасних фахівців-менеджерів, які повинні глибоко володіти практичними навиками щодо проведення енергетичного аудиту, вміти застосовувати їх на практиці, а саме:

- аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів;
- аналітичного огляду енергетичної діяльності підприємства;
- розробки основних рекомендацій і заходів щодо підвищення ефективності споживання всіх видів енергії на підприємстві;
- оформлення результатів енергетичного обстеження підприємства.

Методичні вказівки підготовлено у відповідності до навчальної програми дисципліни «Енергетичний аудит» для практичних занять.

Практичне заняття №1.
Визначення економічної ефективності застосування теплової ізоляції паропроводу.

Навчальна мета:

Засвоєння студентами методики визначення економічної ефективності застосування теплової ізоляції паропроводу.

Завдання:

Визначити економічну ефективність застосування теплової ізоляції паропроводу. Розрахункова схема ізольованого паропроводу наведена на рисунку 1.

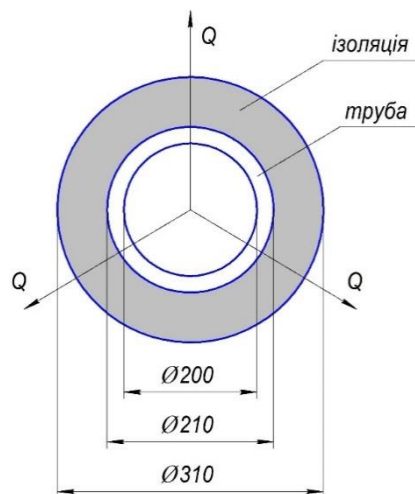


Рис.1. Розрахункова схема ізольованого паропроводу

Вхідні данні:

внутрішній діаметр паропроводу
зовнішній діаметр паропроводу
товщина ізоляції (шлаковати)
діаметр паропроводу в ізоляції
довжина паропроводу
коефіцієнт тепловіддачі від пари стінці
коефіцієнт тепловіддачі від поверхні
паропроводу навколишньому повітрю
тиск пари в паропроводі
температура перегрітої пари

$d_1 = 200 \text{ мм};$
 $d_2 = 210 \text{ мм};$
 $\delta_{із} = 50 \text{ мм};$
 $d_3 = 310 \text{ мм};$
 $l = 100 \text{ м};$
 $\alpha_1 = 80 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C});$
 $\alpha_2 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C});$
 $P_{II} = 10 \cdot 10^5 \text{ Па (10 атм);}$
 $T_{IIЕ} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}.$

Фізичні параметри теплоносія та матеріалів: ентальпія перегрітої пари $I_{пг} = 3264,0$ кДж/кг; теплопровідність сталі $\lambda_{cm} = 50$ Вт/(м·°С); теплопровідність шлаковати $\lambda_{із} = 0,07$ Вт/(м·°С); теплота згорання палива (природного газу) $Q_H^{пг} = 35$ кДж/м³; коефіцієнт корисної дії котельного агрегату $\eta = 0,9$.

Визначити:

- 1) зменшення втрат теплоти за рахунок ізоляції;
- 2) річну економію теплоти;
- 3) річну економію палива (природного газу)

Розв'язування:

Поверхня теплообміну паропроводу без ізоляції:

$$F_1 = \pi \cdot d_2 \cdot l = 3,14 \cdot 0,21 \cdot 100 = 66,0 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі (без ізоляції):

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{80} + \frac{0,005}{50} + \frac{1}{8}} = 7,3 \text{ Вт/(м}^2\text{°С)},$$

де $\delta_{cm} = \frac{d_2 - d_1}{2}$ - товщина стінки, мм.

Втрати теплоти паропроводом без ізоляції:

$$Q_1 = k_1 \cdot F_1 \cdot (t_{пг} - t_B) = 7,3 \cdot 66 \cdot (400 - 10) = 187900 \text{ Вт},$$

де $t_B = 10^\circ\text{С}$ – температура навколишнього повітря.

Поверхня теплообміну паропроводу з ізоляцією:

$$F_2 = \pi \cdot d_3 \cdot l = 3,14 \cdot 0,31 \cdot 100 = 97,34 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі (з ізоляцією):

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{80} + \frac{0,005}{50} + \frac{0,05}{0,07} + \frac{1}{8}} = 1,17 \text{ Вт/(м}^2\text{°С)}.$$

Втрати теплоти паропроводом з ізоляцією:

$$Q_2 = k_2 \cdot F_2 \cdot (t_{пг} - t_B) = 1,17 \cdot 97,34 \cdot (400 - 10) = 44400 \text{ Вт}.$$

Зменшення втрат теплоти за рахунок ізоляції становить:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{187900}{44400} = 4,2 \text{ рази}$$

Для даного випадку економія теплоти складе:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 187900 - 44400 = 143500 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплоти складе:

$$\Delta Q_{\text{річ}} = 3600 \cdot \Delta Q \cdot 24 \cdot 360 = 3600 \cdot 143500 \cdot 24 \cdot 360 = 4,46 \cdot 10^{12} \text{ Дж/рік} = 4,46 \cdot 10^9 \text{ кДж/рік.}$$

Річна економія палива (природного газу) складе:

$$B_{\text{п}} = \frac{\Delta Q_{\text{річ}}}{Q_i^r \cdot \eta} = \frac{4,46 \cdot 10^9}{35000 \cdot 0,9} = 141587,3 \text{ м}^3/\text{рік},$$

де $\eta = 0,9$ - коефіцієнт корисної дії котельного агрегату.

Практичне заняття №2.

Розрахунок заміщення природного газу деревними відходами.

Навчальна мета:

Засвоєння студентами методики розрахунку заміщення природного газу деревними відходами.

Завдання

Оцінити вплив вологості деревних відходів за умови заміщенні ними природного газу як палива. З цією метою:

1) визначити кількість деревних відходів з вологістю $W_1 = 60\%$, $W_2 = 50\%$, $W_3 = 40\%$, яку необхідно спалити для заміни 1 м³ природного газу;

2) побудувати та проаналізувати залежність між необхідною витратою деревних відходів для заміщення 1 м³ природного газу та вологістю вказаних деревних відходів.

Вихідні дані:

- нижня теплота згоряння природного газу $Q_{i_g}^r = 34360 \text{ кДж/м}^3$;
- нижня теплота згоряння сухих деревних відходів $Q_{i_c}^r = 18680 \text{ кДж/кг}$;
- теплота пароутворення $r = 2500 \text{ кДж/кг}$;

- ККД вироблення пари: на газі $\eta_1 = 0,92$ і на деревних відходах $\eta_2 = 0,8$.

Розв'язування:

Нижня теплота згоряння сухих деревних відходів:

- з вологістю $W_1 = 60\%$

$$Q_i^r = \frac{1}{100} \cdot [Q_{iC}^r \cdot (100 - W_1) - r \cdot W_1] = \frac{1}{100} \cdot [18680 \cdot (100 - 60) - 2500 \cdot 60] = 5972 \text{ кДж/кг};$$

- з вологістю $W_2 = 50\%$

$$Q_i^r = \frac{1}{100} \cdot [Q_{iC}^r \cdot (100 - W_2) - r \cdot W_2] = \frac{1}{100} \cdot [18680 \cdot (100 - 50) - 2500 \cdot 50] = 8090 \text{ кДж/кг};$$

- з вологістю $W_3 = 40\%$

$$Q_i^r = \frac{1}{100} \cdot [Q_{iC}^r \cdot (100 - W_3) - r \cdot W_3] = \frac{1}{100} \cdot [18680 \cdot (100 - 40) - 2500 \cdot 40] = 10208 \text{ кДж/кг}.$$

Витрата деревних відходів для заміщення 1 м³ природного газу:

- з вологістю $W_1 = 60\%$

$$B_{\text{пл}} = \frac{Q_{iГ}^r \cdot \eta_1}{Q_i^r \cdot \eta_2} = \frac{34360 \cdot 0,92}{5972 \cdot 0,8} = 6,6 \text{ кг дерев./м}^3 \text{ газу};$$

- з вологістю $W_2 = 50\%$

$$B_{\text{пл}} = \frac{Q_{iГ}^r \cdot \eta_1}{Q_i^r \cdot \eta_2} = \frac{34360 \cdot 0,92}{8090 \cdot 0,8} = 4,88 \text{ кг дерев./м}^3 \text{ газу};$$

- з вологістю $W_3 = 40\%$

$$B_{\text{пл}} = \frac{Q_{iГ}^r \cdot \eta_1}{Q_i^r \cdot \eta_2} = \frac{34360 \cdot 0,92}{10208 \cdot 0,8} = 3,87 \text{ кг дерев./м}^3 \text{ газу}.$$

Практичне заняття №3.

Визначення вартості втрат палива при пошкодженні трубопроводу і обсягів витіканні пари в навколишнє середовище.

Навчальна мета:

Засвоєння студентами методики розрахунку вартості втрат палива при пошкодженні трубопроводу і обсягів витіканні пари в навколишнє середовище.

Завдання

Визначити втрати теплоти та палива, якщо у паропроводі є тріщина розміром 2×10 мм, через яку витікає перегріта пара. Паропровід знаходиться під тиском 0,6 МПа (6 атм).

Вихідні дані:

- відношення тисків зовнішнього середовища до тиску в паропроводі, для перегрітої пари - $\nu_{KP} = 0,546$;
- питомий об'єм пари - $\nu'' = 0,3214$;
- теплота пароутворення - $r = 2086,0$ кДж/год;
- теплота згоряння природного газу, $Q_i^r = 35615$ кДж/м³;
- ККД спалення природного газу для створення пари $\eta = 0,92$;
- вартість 1 м³ природного газу, $k = 12$ грн./(м³ газу)

Розв'язування:

Критична швидкість витікання перегрітої пари з щілини:

$$W_{KP} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \nu_{KP} \cdot P \cdot 10^4 \cdot \nu''} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,546 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 0,3214} = 456 \text{ м/с},$$

де $\nu'' = 0,3214$ - питомий об'єм пари, м³/кг; ν_{KP} - відношення тисків зовнішнього середовища до тиску в паропроводі, для перегрітої пари $\nu_{KP} = 0,546$.

Площа щілини:

$$f = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Витрата пари крізь тріщину:

$$D_{\Pi} = \frac{3600 \cdot f \cdot W_{KP}}{\nu''} = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 456}{0,3214} = 101 \text{ кг/год.}$$

Витрата теплоти крізь тріщину:

$$Q = D_{II} \cdot r = 101 \cdot 2086,0 = 210686,0 \text{ кДж/год},$$

де r - теплота пароутворення, $r = 2086,0$ кДж/год.

Витрата газоподібного палива:

$$B_{II} = \frac{Q}{Q_i' \cdot \eta} = \frac{210686,0}{35615 \cdot 0,92} = 6,4 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $Q_i' = 35615$ - теплота згоряння природного газу, кДж/м³; $\eta = 0,92$ - ККД.

Вартість палива за рік:

$$S_{II} = B_{II} \cdot 24 \cdot 360 \cdot k = 6,4 \cdot 24 \cdot 360 \cdot 12 = 663552 \text{ грн/рік},$$

де k - вартість 1 м³ природного газу, 12 грн/(м³ газу).

Практичне заняття №4.

Розрахунок «глибокого» охолодження продуктів згоряння в котельній установці з природньою тягою.

Навчальна мета:

засвоєння студентами методики розрахунку охолодження продуктів згоряння в котельній установці з природньою тягою.

Завдання

Розрахувати економію природного газу у результаті "глибокого" охолодження продуктів згорання (вихідних газів) в котельній установці за умови при цьому зниження температури відхідних газів від t_1 до t_2 , якщо продукти згоряння видаляються під дією природної тяги (рис.1).

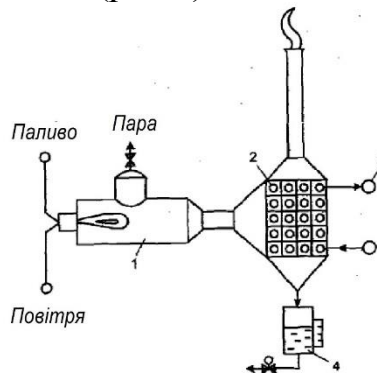


Рис.1. Схема котельної установки для глибокого охолодження продуктів згоряння при природній тязі:

1 – котельна установка; 2 – теплофікаційний економайзер; 3 – теплофікаційна вода; 4 – конденсат

Вихідні дані:

- витрата продуктів згоряння $V_{\text{п}} = 2000 \text{ м}^3/\text{год}$;
- температура відхідних газів без економайзера $t_1 = 120^\circ\text{C}$;
- температура відхідних газів після теплофікаційного економайзера $t_3 = 45^\circ\text{C}$;
- вологовміст продуктів згоряння $d_1 = 110 \text{ г/кг}$;
- густина продуктів згоряння при нормальних умовах, $\rho_0 = 1,3 - 1,34 \text{ кг/м}^3$;
- теплоємність триатомних газів, $c = 1,76 \text{ кДж/кг}$;
- i'' - ентальпія пари, яка міститься в продуктах згоряння $i'' = 2493 \text{ кДж/кг}$;
- нижча теплота згоряння природного газу, $Q_i^r = 35358 \text{ кДж/м}^3$;
- ККД котельного агрегату - $\eta_{\text{ка}} = 0,89$; вартість 1 м^3 природного газу, $S_1 = 12 \text{ грн/м}^3$ газу.

Побудова процесів на Id-діаграмі (рис.2):

1. На Id-діаграму наноситься точка 1, що відповідає температурі газів $t_1 = 120^\circ\text{C}$ і вологовмісту $d_1 = 110 \text{ г/кг}$.
2. Проводиться лінія процесу 1-2 до перетину з кривою $\varphi = 100\%$ (точка 2).
3. Проводиться лінія 2-3 по $\varphi = 100\%$ до перетину з ізотермою $t_3 = 45^\circ\text{C}$ (точка 3).

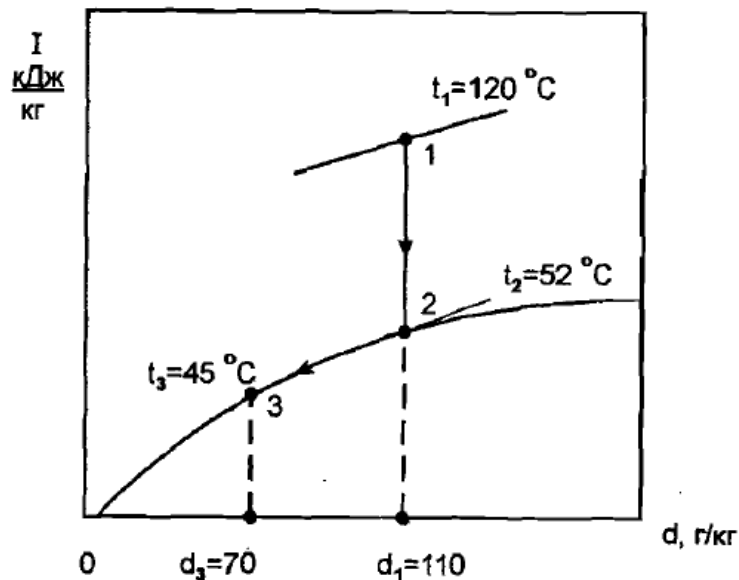


Рис.2. Процес зміни стану продуктів згоряння на Id-діаграмі в котельній установці:

1-2 – охолодження продуктів згоряння; 2-3 – конденсація водяної пари з одночасним охолодженням

Розв'язування:

Густина продуктів згоряння при температурі 120°C:

$$\rho_r = \rho_0 \cdot \frac{273}{273 + t} = 1,3 \cdot \frac{273}{273 + 120} = 0,903,$$

де ρ_0 - густина продуктів згоряння при нормальних умовах, $\rho_0 = 1,3 - 1,34$ кг/м³.

Масовий розхід продуктів згоряння:

$$L_r = V_r \cdot \rho_r = 2000 \cdot 0,903 = 1806,1 \text{ кг/год.}$$

Ентальпія вологих продуктів згоряння при температурі $t_1 = 120^\circ\text{C}$ і вологовмісту $d_1 = 110$ г/кг

$$I_1 = c \cdot t_1 + i'' \cdot d_1 \cdot 10^{-3} = 1,76 \cdot 120 + 2493 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 485 \text{ кДж/кг},$$

де c - теплоємність трьохатомних газів, $c = 1,76$ кДж/кг; i'' - ентальпія пари, що міститься в продуктах згоряння, $i'' = 2493$ кДж/кг; d_1 - вологовміст продуктів згоряння (в точці 1), $d_1 = 110$ г/кг.

Ентальпія вологих продуктів згоряння в точці 2:

$$I_2 = c \cdot t_2 + i'' \cdot d_2 \cdot 10^{-3} = 1,76 \cdot 52 + 2493 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 365,7 \text{ кДж/кг},$$

де t_2 - температура продуктів згоряння в точці 2.

Ентальпія вологих продуктів згоряння в точці 3:

$$I_3 = c \cdot t_3 + i'' \cdot d_3 \cdot 10^{-3} = 1,76 \cdot 45 + 2493 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 253,71 \text{ кДж/кг.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при охолодженні продуктів згоряння від $t_1 = 120^\circ\text{C}$ до $t_2 = 52^\circ\text{C}$:

$$Q_{\text{охол}} = L_r \cdot (I_1 - I_2) = 1806,1 \cdot (485 - 365,7) = 216732 \text{ кДж/год.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при конденсації водяної пари від $d_2 = 110$ г/кг до $d_3 = 70$ г/кг з одночасним охолодженням продуктів згоряння від $t_2 = 52^\circ\text{C}$ до $t_3 = 45^\circ\text{C}$:

$$Q_k = L_r \cdot (I_2 - I_3) = 1806,1 \cdot (365,7 - 253,71) = 202265 \text{ кДж/год.}$$

Сумарна кількість теплоти, що виділяється при охолодженні та конденсації водяної парипродуктів згоряння:

$$\sum Q = Q_{\text{охол}} + Q_k = 216732 + 202265 = 418997 \text{ кДж/год.}$$

Економія природного газу за годину:

$$B_{\text{п}} = \frac{\sum Q}{Q_i^r \cdot \eta_{\text{ка}}} = \frac{418997}{34358 \cdot 0,89} = 13,7 \text{ м}^3/\text{год},$$

де Q_i^r - нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м³; $\eta_{\text{ка}}$ - ККД котельного агрегату.

Річна економія природного газу:

$$B_p = B_{\text{п}} \cdot 23 \cdot 300 = 13,7 \cdot 23 \cdot 300 = 94530 \text{ м}^3/\text{рік},$$

де 23 - кількість годин роботи котельної установки на добу; 300 - кількість днів роботи котельної установки на рік.

Вартість зекономленого палива:

$$S_{\text{п}} = B_{\text{п}} \cdot S_1 = 94530 \cdot 12 = 1134360 \text{ грн/рік},$$

де S_1 - вартість 1 м³ природного газу, $S_1 = 12 \text{ грн}/(\text{м}^3 \text{ газу})$.

Практичне заняття №5.

Визначення потужності конденсаторної батареї для зменшення втрат напруги в лінії.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо визначення потужності конденсаторної батареї для зменшення втрат напруги в лінії.

Завдання:

Визначити потужність конденсаторної батареї, яку необхідно встановити на підстанції паралельно до навантаження, щоб зменшити втрати напруги до рівня $5\% \cdot U_{\text{ном}}$.

Вихідні дані:

Підстанція, яка розміщена на відстані 5 км від головної понижуючої підстанції, живиться по повітряній лінії 10 кВ. Ця лінія виконана з використанням

дротів АС50/8 (погонні активний та реактивний опори дроту відповідно $r_0=0.603$ Ом/км і $x_0=0,388$ Ом/км) на дерев'яних типових опорах. Потужність, що передається лінією, дорівнює $1200+j \cdot 1050$ кВ·А.

Розв'язування:

1. Визначаємо втрати напруги в лінії без встановлення батареї конденсаторів:

$$\Delta U = \frac{(1200 \cdot 0.603 + 1050 \cdot 0.388) \cdot 5}{10} = 565.5 \text{ В}$$

2. Визначаємо допустимі втрати напруги:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{5}{100} U_{\text{ном}} = 0.05 \cdot 10000 = 500 \text{ В}$$

3. Після встановлення батареї конденсаторів втрата напруги повинна складати 500 В. Отже, потужність батареї конденсаторів визначаємо з формули:

$$\Delta U' = \frac{P_r + (Q - Q_{\text{бк}}) \cdot x_{\text{лін}}}{U};$$

звідки маємо

$$Q_{\text{бк}} = \frac{U \cdot (\Delta U - \Delta U_{\text{доп}})}{x_{\text{лін}}} = \frac{(565.5 - 500) \cdot 10}{5 \cdot 0.388} = 337.6 \text{ квар}$$

Відповідно для вирішення поставленого завдання вибирається потужність батареї 400 квар.

Практичне заняття № 6.

Визначення необхідної кількості конденсаторів, номінальної напруги і встановленої потужності батареї конденсаторів з метою зменшення втрат напруги в кожен фазу лінії.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо визначення необхідної кількості конденсаторів, номінальної напруги і встановленої потужності батареї конденсаторів з метою зменшення втрат напруги в кожен фазу лінії.

Завдання:

Визначити необхідну кількість конденсаторів, номінальну напругу і встановлену потужність батареї конденсаторів. Розрахунок виконати без врахування втрат потужності в лінії.

Вихідні дані:

Районна понижуюча підстанція зв'язана з центром електропостачання одноланцюговою лінією напругою 110 кВ, яка має довжину біля 80 км ($Z_{\text{ліні}} = 21 + j \cdot 34$ Ом). Розрахункове найбільше навантаження (МВ·А) підстанції $S = 22 + j \cdot 20$. Згідно умов роботи споживачів втрати напруги в лінії при вказаному навантаженні повинні не перевищувати 6%. З метою зменшення втрат напруги в кожен фазу лінії планують послідовно включити однофазні стандартні конденсатори (КС2А-0,66-40) з потужністю 40 квар та напругою 0,66 кВ (рис.1).

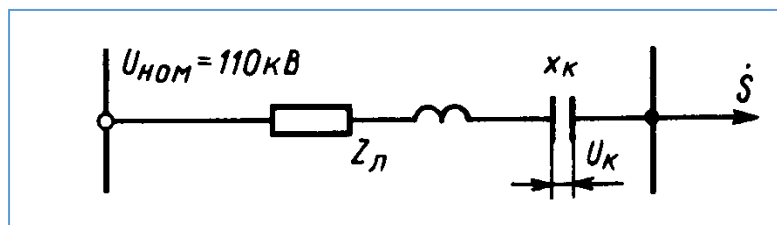


Рис.1 – Схема для визначення потужності батареї конденсаторів.

Розв'язування:

1. Втрати напруги в лінії без конденсаторів:

$$\Delta U = \frac{22 \cdot 21 + 20 \cdot 34}{110} = \frac{1142}{110} = 10.4 \text{ кВ}$$

2. Визначаємо допустимі за умовою задачі втрати напруги:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{6}{100} 110 = 6.6 \text{ кВ}$$

3. Знаходимо опір конденсаторів, що зменшують втрати напруги в лінії до 6.6 кВ з рівняння:

$$6.6 = \frac{22 \cdot 21 + 20 \cdot (34 - x_k)}{110}, \text{ звідки } x_k = 24.1 \text{ Ом.}$$

4. Струм в лінії за умов заданого розрахункового навантаження складає:

$$I_{lin} = \frac{\sqrt{22^2 + 20^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 157 \text{ A}$$

5. Тоді номінальний струм конденсаторів КС2А-0,66-40 складає:

$$I_{k.nom} = \frac{40000}{660} = 60.6 \text{ A},$$

число конденсаторів, які включені паралельно в одну фазу лінії, має бути більшим за відношення $m = 157/60.6 = 2.59$. Тому приймаємо число паралельно включених конденсаторів 3 (округлене до більшого 2.59).

6. Опір конденсаторів КС2А-0,66-40 розраховуємо як:

$$x_{k.nom} = 660/60.6 = 10.9 \text{ Ом}.$$

7. Число конденсаторів n , що включаються послідовно, визначаємо оскільки відомий опір кожного конденсатора та число їх паралельних гілок, з рівняння $\frac{10.9 \cdot n}{3} = 24.1$, звідки $n = \frac{21.4 \cdot 3}{10.9} = 6.63$. Тому вибираємо найближче більше число 7.

8. Загальне число конденсаторів в трьох фазах лінії $3 \cdot 3 \cdot 7 = 63$.

9. Встановлена потужність батареї конденсаторів складає:

$$Q_{bk.nom} = 63 \cdot 40 \cdot 10^3 = 2.25 \text{ MВВ}$$

10. Номінальна напруга батареї конденсаторів:

$$U_{bk.nom} = 0.66 \cdot 7 = 4.62 \text{ кВ}$$

11. Номінальний струм батареї

$$I_{bk.nom} = 60.3 \cdot 3 = 181.8 \text{ A}$$

12. Враховуючи прийняте число конденсаторів дійсний опір батареї складатиме величину $(10.9 \cdot 7)/3 = 25.4$ Ом, за цих умов втрати напруги в лінії складають:

$$\Delta U = \frac{22 \cdot 21 + 20 \cdot (34 - 25.4)}{110} = \frac{634}{110} = 5.77 \text{ кВ},$$

що є меншим за допустиме значення 6.6 кВ.

Практичне заняття № 7.

Розрахунок економії електроенергії в діючих освітлювальних установках приміщень.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо розрахунку економії електроенергії в діючих освітлювальних установках приміщень.

Завдання:

Розрахувати економію електроенергії з використанням нових світильників.

Вихідні дані:

Адміністративна будівля 1986 року спорудження має:

- систему освітлення фінансового відділу, яка оснащена світильниками типу ЛПО 02 2x40 з ККД $\eta=52\%$. У світильниках застосовано:
 - лампи типу ЛБ 40 зі світловіддачею $C_0 = 75$ лм/Вт;
 - потужністю кожної лампи $P_{\text{л}} = 40$ Вт;
 - пуско-регулююча апаратура (ПРА) з коефіцієнтом втрат $K_{\text{пра}} = 1,2$;
 - кількість світильників $n = 15$ шт.
- розміри приміщення 5x15x3 метри;
- нормована освітленість $E_{\text{н}}=300$ лк;
- виміряна освітленість $E_{\text{в}}=275$ лк;
- кількість годин роботи штучного освітлення в рік $T_{\text{р}}=1300$ годин;
- номінальна напруга мережі $U_{\text{н}}=220$ В, а під час вимірювань вона змінювалась від $U_1=230$ В до $U_2=190$ В;
- коефіцієнт використання установленної електричної потужності $k_{\text{в}} = 0,92$.

За результатами енергоаудиту було рекомендовано замінити світильники на нові з електронною пускорегулюючою апаратурою (ЕПРА) з коефіцієнтом втрат $K_{\text{пра}}^{\text{н}} = 1,1$ та ККД $\eta^{\text{н}}=75\%$, обладнані люмінесцентними лампами TL-D36/84 зі світловіддачею $C_{\text{н}} = 93$ лм/Вт.

Розв'язування:

Визначається встановлена потужність освітлювальної установки в приміщенні фінвідділу:

$$P = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot n = 40 \cdot 1.2 \cdot (15 \cdot 2) = 1440 \text{ Вт}$$

1. Річне енергоспоживання в даному приміщенні складає:

$$W_p = P \cdot T_p \cdot k_B = 1440 \cdot 1300 \cdot 0.92 = 1772 \text{ кВт·год/рік}$$

2. Визначимо економію електроенергії зумовлену переходом на люмінісцентні лампи зниженої потужності типу TL-D36/84:

$$\Delta W_1 = W_p \cdot (1 - k_{\text{еук.світ}}) = 1772 \cdot (1 - 75/93) = 337 \text{ кВт·год/рік}$$

3. Визначимо економію електроенергії внаслідок встановлення електронної ПРА:

$$W_2 = W_p \cdot (1 - K_{\text{пра}}^{\text{н}} / K_{\text{пра}}) = 1772 \cdot [1 - 1.1/1.2] = 148 \text{ кВт·год/рік}$$

4. Визначимо економію електроенергії внаслідок встановлення нових світильників з більш високим ККД $\eta^{\text{н}}=75\%$, але з аналогічним світлорозподілом:

$$\Delta W_3 = W_p \cdot (1 - k_{\text{світ.розп}}) = 1772 \cdot (1 - 52/75) = 543 \text{ кВт·год/рік}$$

5. Визначимо фактичне середнє значення освітленості за умови відхилення напруги живлення в мережі від номінальної величини:

- середнє фактичне значення напруги за час вимірювання складає

$$U_{\text{ср}} = (U_1 + U_2) / 2 = (230 - 190) / 2 = 210 \text{ В}$$

- фактичне середнє значення освітленості за час вимірювання складає:

$$E_{\phi} = E_{\text{в}} \cdot U_{\text{н}} / (U_{\text{н}} + k \cdot (U_{\text{н}} - U_{\text{ср}})) = 275 \cdot 220 / (220 + 2 \cdot (220 - 210)) = 252 \text{ лк}$$

6. Загальний потенціал річної економії електроенергії в освітлювальній установці фінвідділу складе:

$$W_p = (E_{\phi} / E_{\text{н}}) \cdot \sum \Delta W_i = 252 / 300 \cdot (337 + 148 + 534) = 0.84 \cdot 1019 = 856 \text{ кВт·год/рік}$$

Практичне заняття № 8.

Визначення втрат активної потужності у трансформаторі.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо визначення втрат активної потужності у трансформаторі.

Завдання:

Визначити як зміняться втрати активної потужності у трансформаторі.

Вихідні дані:

Визначити як зміняться втрати активної потужності у трансформаторі з даними: номінальна потужність $S_{\text{ном}}$, втрати холостого ходу ΔP_{xx} і втрати короткого замикання $\Delta P_{\text{к}}$, при передаванні потужності навантаження $S_{\text{н}}$ при зміні напруги на стороні ВН на величину $\Delta U\%$ в порівнянні з $U_{\text{ном}}$.

Розв'язування:

Втрати активної потужності у трансформаторі складаються з втрат у обмотках $\Delta P_{\text{н}}$ (навантажувальні втрати) і втрат активної потужності у магнітопроводі (втрати холостого ходу ΔP_{xx}).

$$\Delta P_{\text{т}} = \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{н}}$$

При $U = U_{\text{ном}}$:

$$\Delta P_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{к}}$$

При $U = U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}$:

$$\frac{U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}}{U_{\text{ном}}^2}$$

$$\Delta P'_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{к}} \cdot$$

Різниця втрат:

$$\frac{U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}}{U_{\text{ном}}}$$

$$\delta \Delta P_{\text{xx}} = \Delta P'_{\text{xx}} - \Delta P_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{к}} \cdot$$

При $U = U_{\text{ном}}$:

$$\Delta P_{\text{H}} = \frac{S_{\text{H}}^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R_{\text{T}},$$

$$\text{де } R_{\text{T}} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_{\text{к}}$$

Таким чином при $U = U_{\text{ном}}$:

$$\Delta P_{\text{H}} = \frac{S_{\text{H}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_{\text{к}}$$

При $U = U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}$:

$$\Delta P'_{\text{H}} = \frac{S_{\text{H}}^2}{\left(U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{\left(U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}\right)^2} \cdot \frac{S_{\text{H}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_{\text{к}}$$

Різниця навантажувальних втрат:

$$\delta \Delta P_{\text{H}} = \Delta P'_{\text{H}} - \Delta P_{\text{H}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^2}{\left(U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}\right)^2} - 1 \right) \cdot \frac{S_{\text{H}}^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_{\text{к}}$$

Сумарна різниця втрат активної потужності:

$$\delta \Delta P = \delta \Delta P_{xx} + \delta \Delta P_H,$$

$$\frac{U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100}}{U_{\text{ном}}}$$

$$(2 - 1) + \left(\frac{U_{\text{ном}}^2}{\left(U_{\text{ном}} + \frac{\Delta U}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot \frac{S_H^2}{S_{\text{номТ}}^2} \cdot \Delta P_K$$

$$\delta \Delta P = \Delta P_K \cdot$$

Практичне заняття № 9.

Визначення залежності коефіцієнта форми графіка навантаження k_f від числа годин використання максимального навантаження T_M .

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо визначення залежності коефіцієнта форми графіка навантаження k_f від числа годин використання максимального навантаження T_M .

Завдання:

Визначити залежність коефіцієнта форми графіка навантаження k_f від числа годин використання максимального навантаження T_M .

Вихідні дані:

Число годин максимальних втрат представлено у вигляді

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760.$$

Розв'язування:

Величина річного споживання активної електроенергії може бути визначена за формулами:

$$W_a = P_M \cdot T_M = \sqrt{3} \cdot I_M \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot T_M,$$

$$W_a = P_{cp} \cdot 8760 = \sqrt{3} \cdot I_{cp} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot 8760,$$

де P_M, P_{cp} – максимальна і середня активні потужності відповідно, кВт;

T_M – число годин використання максимальної потужності, год/рік;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності;

U – напруга елемента мережі, В.

Таким чином:

$$\frac{I_M}{I_{cp}} = \frac{8760}{T_M}$$

Втрати активної енергії за рік можуть визначатися за методом максимальної і середньої потужності:

$$\Delta W_a = 3 \cdot I_M^2 \cdot R_{екв} \cdot \tau_M,$$

$$\Delta W_a = 3 \cdot I_{cp}^2 \cdot k_\phi^2 \cdot R_{екв} \cdot 8760$$

де k_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження;

$R_{екв}$ – еквівалентний активний опір мережі, Ом;

τ_M – число годин максимальних втрат, год/рік.

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \cdot 8760,$$

$$\frac{I_M^2}{k_\phi^2 \cdot I_{cp}^2} = \frac{8760}{8760 \cdot \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2} = \frac{1}{\left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2},$$

$$\frac{I_M^2}{I_{cp}^2} = \frac{k_\phi^2}{\left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2} = \frac{8760^2}{T_M^2},$$

Отже:

$$k_{\phi} = \frac{8760}{T_m} \cdot \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right) = \frac{1086,2}{T_m} + 0,876$$

Практичне заняття № 10.

Техніко-економічне обґрунтування щодо застосування електродвигуна для силової промислової установки.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо техніко-економічного обґрунтування застосування електродвигуна для силової промислової установки.

Завдання:

Виконати техніко-економічне обґрунтування застосування електродвигуна для силової промислової установки

Вихідні дані:

Варіант 1.

Потужність електродвигуна - 11 кВт;

ккд $\eta_1 = 0,88$;

вартість $B_1 = 2800$ грн.

Варіант 2.

Енергоефективний електродвигун потужністю 11 кВт;

ккд $\eta_2 = 0,93$;

вартість $B_1 = 5200$ грн.

Пропонується обрати електродвигун для силової промислової установки з потрібною потужністю на валу 8,9 кВт. Час роботи установки за рік складає 4150 годин. Тариф за активну потужність складає $T_{\text{ап}} = 1,05$ грн/кВт·год.

Розв'язування:

Електрична потужність, що споживається електродвигуном у складі силової промислової установки:

$$P_{\text{ел}} = P_{\text{мех}} / \eta,$$

Для першого варіанту:

$$P_{\text{ел1}} = P_{\text{мех}} / \eta_1 = 8,9 / 0,88 = 10,11 \text{ кВт},$$

Для першого варіанту:

$$P_{\text{ел2}} = P_{\text{мех}} / \eta_2 = 8,9 / 0,93 = 9,57 \text{ кВт},$$

За рік споживається активної енергії електродвигуном:

$$W = P_{\text{ел}} \cdot T_{\text{рік}},$$

Для першого варіанту:

$$W_1 = P_{\text{ел1}} \cdot T_{\text{рік}} = 10,11 \cdot 4150 = 41956,5 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Для першого варіанту:

$$W_2 = P_{\text{ел2}} \cdot T_{\text{рік}} = 9,57 \cdot 4150 = 39715,5 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Річний економічний ефект від застосування енергоефективного електродвигуна складе:

$$E = (W_1 - W_2) \cdot T_{\text{ап}} = (41956,5 - 39715,5) \cdot 1,05 = 2353,05 \text{ грн.}$$

Мінімальний термін, за який застосування енергоефективного електродвигуна за 2 варіантом буде більш вигідним, ніж електродвигуна за 1 варіантом:

$$T_{\text{ок}} = (B_1 - B_2) / E = (5200 - 2800) / 2353,05 = 1,02 \text{ року}$$

Зважаючи на те, що термін окупності невеликий, застосування енергоефективного двигуна в даному випадку є більш доцільним.

Практичне заняття № 11.

Визначення можливих з фінансової точки зору та найбільш доцільних проектів.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо визначення можливих з фінансової точки зору та найбільш доцільних проектів.

Завдання:

Виконати фінансову оцінку доцільності впровадження проекту енерговикористання «Установка конденсаторної батареї для підвищення коефіцієнту потужності». При цьому необхідно розрахувати такі критерії ефективності проекту:

- простий термін окупності капітальних вкладень;
- чисту приведену вартість проекту;
- динамічний (дисконтований) термін окупності капітальних вкладень;
- внутрішню норму рентабельності.

Вихідні дані:

Капітальні витрати на придбання, установку і налагодження обладнання - 30000 грн..

Щорічні експлуатаційні витрати – 17000 грн..

Щорічні амортизаційні відрахування 1500 грн..

Щорічні вигоди (економія) від впровадження проекту складається з таких складових:

- економія за оплату спожитої електроенергії – 10000 грн.;
- економія за оплату низького рівня $\cos \varphi$ – 15000 грн.;
- інші вигоди – 3000 грн.

Термін експлуатації обладнання 15 років. Ставка дисконту дорівнює 15%.

Розв'язування:

Таблиця 1

Грошові потоки для проекту

Рік	Капітальні витрати, грн.	Щорічні експлуатаційні витрати, грн.	Щорічні амортиз відрах, грн.	Економія (вигоди) від впровадження проекту, грн.	Грошовий потік, грн.	Кумул. грошовий потік, грн.	Коеф-т дисконту	Дисконт грошовий потік, грн.	Кумул дисконт грошовий потік, грн.
0	30000	0	0	0	-30000	-30000	1	-30000	-30000
1	0	17000	1500	28000	9500	-20500	0,870	8265	-21735
2	0	17000	1500	28000	9500	-11000	0,756	7182	-14553
3	0	17000	1500	28000	9500	-1500	0,658	6251	-8302
4	0	17000	1500	28000	9500	8000	0,572	5434	-2868
5	0	17000	1500	28000	9500	17500	0,497	4721,5	1853,5
6	0	17000	1500	28000	9500	27000	0,432	4104	5957,5

7	0	17000	1500	28000	9500	36500	0,376	3572	9529,5
8	0	17000	1500	28000	9500	46000	0,327	3106,5	12636
9	0	17000	1500	28000	9500	55500	0,284	2698	15334
10	0	17000	1500	28000	9500	65000	0,247	2346,5	17680,5
11	0	17000	1500	28000	9500	74500	0,215	2042,5	19723
12	0	17000	1500	28000	9500	84000	0,187	1776,5	21499,5
13	0	17000	1500	28000	9500	93500	0,163	1548,5	23048
14	0	17000	1500	28000	9500	103000	0,141	1339,5	24387,5
15	0	17000	1500	28000	9500	112500	0,123	1168,5	25556

Простий термін окупності:

$$\dot{O}_{i\hat{e}}^{(i\hat{\delta})} = 3\tilde{a} \rightarrow 2\tilde{a} \tilde{a} \tilde{n}.$$

Чиста приведена вартість проекту: ЧПВ = 25556 грн.

Динамічний термін окупності:

$$\dot{O}_{i\hat{e}}^{(\hat{a}\hat{e}\hat{i})} = 4\tilde{a} \rightarrow 7\tilde{a} \tilde{a} \tilde{n}.$$

Розраховуємо внутрішню норму рентабельності. Для цього приймаємо ставку дисконту 40% і розраховуємо чисту приведену вартість (табл. 2).

Таблиця 2

Розрахункові значення, при яких чиста приведена вартість буде негативна

Рік	Грошовий потік, грн.	Коеф-т дисконту	Дисконт грошовий потік, грн.
0	-30000	1	-30000
1	9500	0,714	6783
2	9500	0,510	4845
3	9500	0,364	3458
4	9500	0,260	2470
5	9500	0,186	1767
6	9500	0,133	1263,5
7	9500	0,095	902,5

8	9500	0,068	646
9	9500	0,048	456
10	9500	0,035	332,5
11	9500	0,025	237,5
12	9500	0,018	171
13	9500	0,013	123,5
14	9500	0,009	85,5
15	9500	0,006	57

Чиста приведена вартість проекту при ставці дисконту 40%: ЧПВ₂ = -6402 грн.

Розрахунок ВНР (IRR):

$$IRR = 15 + \frac{25556 \cdot (40 - 15)}{(25556 + 6402)} \approx 35\% .$$

Висновок: проект є фінансово доцільним для впровадження.

Практичне заняття № 12.

Розрахунок простого терміну окупності та доцільності застосування модуля для рекуперації електроенергії при роботі електропривода підйомно - транспортного механізму.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо розрахунків простого терміну окупності та доцільності застосування модуля для рекуперації електроенергії при роботі електропривода підйомно - транспортного механізму.

Завдання:

Розрахувати простий термін окупності та доцільність застосування модуля для рекуперації електроенергії при роботі електропривода підйомно - транспортного механізму.

Вихідні дані:

Середня активна потужність електропривода в режимі споживання електроенергії - 16 кВт, в генераторному режимі – 11 кВт. Час роботи електропривода за рік – $T = 4100$ годин. Відносна тривалість генераторного режиму – $d = 0,3$. Ккд перетворення модуля в режимі генерації електроенергії - 80%. Вартість покупки та підключення модуля рекуперації складає 16 тисяч гривень, а вартість електричної енергії – $T_{\text{ап}} = 1,05$ грн/кВт·год.

Розв'язування:

Потужність, що генерується в енергосистему:

$$P_{\text{рекуп}} = P_{\text{ген}} \eta_{\text{рек}} = 11 \text{ кВт} \cdot 80\% / 100\% = 8,8 \text{ кВт}$$

Електроенергія, що генерується електроприводом в електроенергетичну систему за рік:

$$W_{\text{рекуп}} = P_{\text{рекуп}} \cdot T_{\text{рік}} \cdot d = 8,8 \text{ кВт} \cdot 4100 \text{ год} \cdot 0,3 = 10560 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість зекономленої електроенергії

$$B_{\text{рек}} = W_{\text{рекуп}} \cdot T_{\text{ап}} = 10560 \cdot 1,05 = 11008 \text{ грн}$$

Простий термін окупності застосування модуля рекуперації:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{мод}} / B_{\text{рек}} = 16000 / 11008 = 1,45 \text{ року}$$

Зважаючи на те, що термін окупності невеликий, застосування модуля рекуперації є інвестиційно привабливим.

Практичне заняття № 13.

Розрахунок річних збитків підприємства за рахунок понаднормативної витрати мережної води.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо розрахунків річних збитків підприємства за рахунок понаднормативної витрати мережної води.

Завдання:

Розрахувати річні збитки підприємства за рахунок понаднормативної витрати мережної води та знайти чисту приведену вартість та простий термін окупності з врахуванням придбання течепошукача.

Вихідні дані:

Підприємство теплових мереж на протязі року має понаднормативну витрату мережної води за рахунок витоків. Норма витрати згідно «Правил постачання теплової енергії» складає $H_v = 2,5 \text{ л/1 м}^3$ об'єму системи на добу. Фактична витрата склала: $H_{\phi} = 5,0 \text{ л}$. Об'єм води, яка циркулює у мережі на протязі доби становить $V_v = 13000 \text{ м}^3$.

Вихідні данні:

- вартість природного газу – $C_{п.г.} = 1360 \text{ грн/1000 м}^3$;
- питома витрата палива у котельній - $B_{п.} = 156 \text{ кг.у.п/Гкал}$;
- теплотворна спроможність природного газу $Q_{п.г.} = 33492 \text{ кДж/м.куб}$
- вартість води $C_v = 5 \text{ грн/м}^3$;
- вартість електроенергії $C_{е.е} = 0,7 \text{ грн/кВт.год}$;
- час роботи системи опалення – 180 діб, 4320 годин;
- температура теплоносія у системі – 130°C . (температурний графік 130/70)
- температура холодної підживленої води - 10°C
- температура у приміщенні згідно з нормативами 22°C

Примітка:

1) співвідношення теплотворної спроможності природного газу до умовного палива 1,16 :1.

2) натиск у системі підживлення 2,5 МПа, ККД насоса підживлення, 0,85, ККД двигуна 0,95. ККД передачі 1,0. Насос підживлення працює постійно 4320 год на рік.

3) Система працює тільки на опалення. Гарячого водопостачання немає. Середня температура наружного повітря (-1°C). Врахувати зміну температури теплоносія згідно температури наружного повітря. Мінімальна температура холодного періоду (-22°C).

З метою своєчасного знаходження витоків рекомендовано придбати течешукач вартістю 130 тис. грн. Експлуатаційні витрати складають 25 тис.грн.. Це дозволить скоротити збитки від витоків на 70%. Ставка дисконту 15%.

Розв'язування:

1. Збитки підприємства

1.1. за рахунок додаткової втрати води

$$Z_{\text{двв}} = 13000 \times (5,0 - 2,5) \times 180 = 6142500 \text{ літрів, або } 6142,5 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

В грошовому виразі

$$Z_{\text{двв(г)}} = 6142,5 \times 5 = \mathbf{30712,5 \text{ грн.}}$$

1.2.Збитки підприємства за рахунок додаткової витрати теплоти

Кількість необхідної теплоти

$$Q_{\text{д}} = 6142,5 \times 4,187 \times 10^3 \times (130-10) \times [(22 - (-1))/22 - (-22)] = 1613260,600 \text{ кДж, або } 385,3 \text{ Гкал}$$

Додаткові витрати палива

$$385,3 \times (156 \cdot 29309/33496) = 52593,76 \text{ м}^3, \text{ в грошовому виразі } \mathbf{71527,51 \text{ грн.}}$$

1.3.Збитки за рахунок додаткової витрати електричної енергії на підкачку води в систему підживлення.

$$\text{Часова витрата води } 6142,5/4320=1,4217 \text{ м.куб/год}$$

Потужність електродвигуна

$$N = 1,1 \cdot (1,422/3,6) \cdot 250/(102 \times 0,85 \times 0,95) = 1,318 \text{ кВт}$$

Витрати в грошовому виразі

$$\text{В } 1,308 \cdot 4320 \cdot 0,7 = \mathbf{3988,126 \text{ грн.}}$$

$$\text{Загальні збитки } 30712,5 + 71527,51 + 3988,126 = 106228,136 \text{ грн./рік)}$$

За рахунок скорочення витоків на 70%, щорічна економія складе:

$$E_p = 106228,136 \cdot 0,7 = 74360 \text{ грн/рік}$$

Простий термін окупності $130000/74360=1,748$ року

Дінамічний термін окупності наступить наприкінці 4 року

<i>Рік</i>	<i>витрати</i>	<i>Вигоди</i>	<i>Потік коштів</i>	<i>Ставка дисконту</i>	сьогоднішня вартість коштів
0	-130000	0	-130000	1	-130000
1	-25000	74360	49360	0,870	42943,2
2	-25000	74360	49360	0,756	37316,16
3	-25000	74360	49360	0,658	32478,88
4	-25000	74360	49360	0,572	28233,92

Практичне заняття № 14.

Розрахунок терміну окупності інвестицій з урахуванням ставки дисконту.

Навчальна мета:

Набуття студентами практичних навиків щодо розрахунку терміну окупності інвестицій з урахуванням ставки дисконту.

Завдання:

Розрахувати термін окупності інвестицій при умові ставки дисконту 24%, а також чисту приведену вартість (ЧПВ) через п'ять років експлуатації.

Вихідні дані:

Виробництво споживає 800000 кВт.год на рік теплової енергії, за ціною 280 грн/Гкал.

Приєднане середнє часове навантаження розподіляється у такому співвідношенні:

опалення – 6,5 кВт;

вентиляція -8,0 кВт.

Вентилятор споживає 80 тис.кВт.год на рік і має постійне число обертів.

Вартість електроенергії 0,7 грн/кВт.год. Після обстеження енергоаудитори внесли пропозицію встановити давач наявності CO₂ (Д_{CO}), який дозволить дозувати необхідну кратність циркулюючого повітря, та скоротити його споживання на 45%.

Результати розрахунків показали, що за рахунок зменшення зміни об'єму повітря при встановлені Д_{CO} споживання електроенергії скоротиться.

Додаткові витрати електроенергії: за рахунок встановлення Д_{CO} 1 кВт.на год; обслуговування Д_{CO} - 800 грн/рік.

Капітальні витрати на встановлення обладнання – 180000 грн. Вентилятор працює 8000 годин на рік.

Розв'язування:

1. Економія за рахунок зниження витрат теплоти.

Доля теплоти, яка йде на опалення

$$Q_{оп} = 6,2 / (6,2 + 8,0) \times 100 = 43,66\%, \text{ або } 349295,774 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Доля теплоти, яка йде на вентиляцію

$$Q_{в} = 100 - 43,66 = 56,34\%, \text{ або } 450720 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Так, як 1 Гкал = 1,163 МВт, то вартість 1 кВт. теплової енергії складає

$$C_e = 280 \times 10^{-3} \times 1 / 1,163 = 0,241379 \text{ грн.}$$

Таким чином витрати на нагрів повітря у вентсистемі склали

$$B_n = 0,241379 \times 450720 = 108790,2864 \text{ грн.}$$

Зниження кількості повітря на 45% відповідно знизить споживання теплоти на вентиляцію та оплату.

Економія складе $450720 \times 0,45 = 202824$ кВт кВт·год теплової енергії за рік а у грошовому виразі складають:

$$E_p = 202824 \times 0,241279 = 48937,17 \text{ грн.}$$

2. Витрати на оплату електроенергії склали

$$B_o = 80000 \times 0,7 = 56000 \text{ грн.}$$

3. За рахунок зниження на 45% обсягу повітря, відповідно знизиться необхідна потужність приводу вентилятора, згідно з підказкою $P_0 = kV_0^3$, приймемо $V_0 = 1$, тоді:

$$V_1 = (1 - 0,45) V_0 = 0,55V_0;$$

$$P_0/P_1 = kV_0^3/kV_1^3;$$

$$P_1 = P_0(0,55)^3 = 0,166375P_0.$$

Якщо споживання електроенергії без D_{CO} складала 80000 кВт.год, то із використанням D_{CO} , спожиті обсяги електроенергії складуть

$$W_d = 0,166375 \times 80000 = 13310 \text{ кВт.год},$$

А економія коштів за рахунок зменшення споживання електроенергії складе:

$$E_z = (80000 - 13310) \times 0,7 = 46683 \text{ грн}$$

У той же час за рахунок витрат електроенергії на ЧРП (1 кВт) на протязі 8000 годин додаткова сплата складе

$$C_d = 8000 \times 1 \times 0,7 = 5600 \text{ грн.}$$

Фактична економія складе

$$E_f = 46683 - 5600 = 41083 \text{ грн.}$$

Таким чином, щорічна економія на поточних витратах складе:

$$E_p = 48937,17 + 41083 - 800 = 89220,17 \text{ грн.}$$

Розрахуємо термін окупності та чисту приведену вартість з урахуванням ставки дисконту.

Рік	витрати	вигоди	Потік коштів	Ставка дисконту	Сьогоденна вартість коштів
0	180000	0	180000	1	180000
1	6400	89220	82820	0,806	66752,92
2	6400	89220	82820	0,654	54164,28
3	6400	89220	82820	0,5247	43455,654
4	6400	89220	82820	0,423	35032,86

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
2. Калинин В.П. Энергетический менеджмент. Графические методы обработки информации: Учебное пособие / Калинин В.П., Розен В.П. и др... К.: Кондор. – 2007. – 104 с: ил. – 80.
3. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 392 с.
4. Гончар М. И., Дудников С. Н. Подход к оценке эффективности построения комбинированных систем энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей / М. И. Гончар, С. Н. Дудников // Вісник ХДТУСГ "Проблеми енергозапеспечення та енергозбереження в АПК України". - Харків: ХДТУСГ, 2001. - Вип. 6. - С. 497- 503.
5. Баадер В. Биогаз: теория и практика / Баадер В., Доне Е., Брендерфер А. – М.: Колос, 1982. - 148 с., № библи. Короленко К2 $\frac{82}{4714}$;
6. Дудніков С.М. Оцінка заходів щодо ефективного використання альтернативних джерел енергії споживачами АПК/ С. М. Дудников // Матеріали ІХ Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика ХХІ століття» АР Крим, смт. Миколаївка, 15-19 вересня 2008 р. – С. 63 – 66.
7. Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору: ДСТУ 3886–99. - К.: Держспоживстандарт України, 2000. - 55 с.
8. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню : ДСТУ 2155-93.

Навчальне видання

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

Укладачі
ДУДНІКОВ Сергій Миколайович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. _.
Наклад ___ пр.
ДБТУ
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44