

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ АПК**

Методичні вказівки
щодо виконання лабораторно-практичних робіт

СУМИ 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ АПК

**Методичні вказівки щодо виконання
лабораторно-практичних робіт**

для здобувачів вищої освіти 4 та 2 с.т. курсів спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
першого рівня вищої освіти
ступеня вищої освіти «Бакалавр»

СУМИ 2022

Укладачі: Яковлєв В. Ф., к.т.н., професор; Савойський О. Ю., ст. викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем; Лисенко В. В., зав. навчально-методичним кабінетом кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Основи проектування енергетичних об'єктів АПК. Методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних робіт для здобувачів вищої освіти 4 та 2 с.т. курсів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» першого рівня вищої освіти, ступеня вищої освіти «Бакалавр». – Суми, 2022. – 44 с.

Методичні вказівки спрямовані на надання методичної допомоги здобувачам вищої освіти щодо виконання лабораторно-практичних робіт з курсу навчальної дисципліни «Основи проектування енергетичних об'єктів АПК». Містять загальні методичні рекомендації, практичні завдання та питання для самоконтролю знань.

Рецензенти:

Сіренко В. Ф., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Соларьов О. О., к.т.н., доцент кафедри тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій.

Відповідальний за випуск: Чепіжний А. В., к.т.н., ст. викладач, завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою ІТФ СНАУ.

Протокол № 6 від „25“ травня 2022 року.

ЗМІСТ

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1.	6
ВИБІР ПРОВІДНИКІВ ВНУТРІШНЬОЇ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ	
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2	13
ВИБІР АПАРАТУРИ КОМУТАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ	
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3	18
ВИБІР ЗАПОБІЖНИКІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4	22
ПЕРЕВІРКА ЗАХИСНИХ АПАРАТІВ НА ЧУТЛИВІСТЬ ТА КОМУТАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ	
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5	29

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1.

Вибір провідників внутрішньої цехової силової мережі

Мета заняття: *придбати практичні навички по вибору провідників внутрішньої цехової силової мережі*

Програма заняття:

1. Видати індивідуальне завдання кожному студенту. Завдання по варіантам наведено у таблиці 1.1.
2. Навести приклад виконання завдання
3. Студентам виконати розрахунок перерізу проводів, вибрати їх марку згідно завдання
4. Отримані дані розрахунків нанести на схему внутрішньої цехової силової мережі по заданій формі (рис. 1.2).

Теоретичні положення.

При проектуванні внутрішньої цехової силової мережі необхідно враховувати наступне:

- характеристику середовища приміщення (температура, вологість, хімічний склад середовища);
- матеріал проводу;
- спосіб прокладки;
- кількість проводів;

Переріз проводів для силової мережі обирається по довготривалому допустимому струму навантаження з перевіркою по допустимому падінню напруги та механічній міцності. Основна умова:

$$I_{\text{тр доп}} \geq I_{\text{розр}} \quad (1.1)$$

де: $I_{\text{тр. доп.}}$ та $I_{\text{розр.}}$ - відповідно довготривалий допустимий і розрахунковий струми, А.

В якості розрахункових струмів відгалужень до окремих споживачів приймають їх номінальні струми, які визначаються за формулами [1]:

- для однофазних споживачів:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{U_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (1.2)$$

- для трифазних споживачів:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (1.3)$$

- для трьохфазних асинхронних електродвигунів:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (1.4)$$

де P_H – номінальна потужність двигуна, кВт;

U_H – номінальна напруга, В;

η_H – номінальний ККД;

$\cos \varphi_H$ – номінальний коефіцієнт потужності.

Переріз провідників внутрішніх освітлювальних мереж у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств згідно ПУЭ:2007 та (НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) розраховують по допустимій втраті напруги, а потім перевіряють по нагріву. Згідно названих документів, для внутрішніх освітлювальних мереж, при номінальній на-прузі на вводі, допустима втрата напруги дорівнює 2,5%. Крім того, площі поперечного перерізу провідників повинні забезпечувати механічну міцність і бути узгоджені з уставками захисних апаратів.

При виборі проводів і кабелів по допустимій втраті напруги повинно бути витримана умова:

$$\Delta U_{\% \text{розр}} \leq \Delta U_{\% \text{дон}}, \quad (1.5)$$

де $\Delta U_{\% \text{розр}}$, $\Delta U_{\% \text{дон}}$ – відповідно, розрахункова і допустима втрати напруги, %.

Розрахункові втрати напруги $\Delta U_{\%розр}$ визначають при умові, що навантаження по фазам розподілені рівномірно і на усіх ділянках прокладено однаковий провід:

а) для лінії:

$$\Delta U_{\%розр} = \frac{\sum P_i l_i}{c S_i} = \frac{\sum M_i}{c S_i}; \quad (1.6)$$

б) для однієї ділянки:

$$\Delta U_{\%розр} = \frac{P_i l_i}{c S_i} = \frac{M_i}{c S_i}, \quad (1.7)$$

де P_i – потужність на i -ої розрахункової ділянці, кВт;

l_i - довжина i -ої розрахункової ділянки, м;

M_i – електричний момент i -ої розрахункової ділянки, кВт·м;

c - постійний коефіцієнт для даного провідника, який залежить від напруги мережі, кількості фаз та матеріалу провідника [4];

S_i - переріз провідника i -ої розрахункової ділянки, мм².

Розрахунковий переріз проводу освітлювальної мережі визначається за формулою:

$$S = \frac{\sum M}{C \Delta U_{дон}}, \quad (1.8)$$

Отримане у результаті розрахунку значення перерізу провідника округляють до найближчого найбільшого стандартного значення та визначають фактичну втрату напруги для обраного провідника за формулами (1.6-1.7).

Розрахунковий струм групової або магістральної мережі розраховується по формулі [1]:

$$I_p = K_0 \cdot \sum I_H, \quad (1.9)$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності роботи електрообладнання;

$\sum I_H$ – сума номінальних або розрахункових струмів електрообладнання, А.

Приклад. Розрахувати переріз та вибрати марку проводу для внутрішньої цехової силової мережі, схема якої наведена на рисунку 1.1.

Від силового розподільчої шафи А2 живиться шафа А1 та освітлювальний щит А3. Струм освітлювальної установки становить 9,2 А. Від шафи управління до струмоприймачів М1 і М2 прокладено дві чотирьох провідні мережі. Потужність двигунів наведено на схемі.

Рішення. Провода для силової електричної мережі обирають по тривало допустимому струму нагріву по умові (1.1) [1, 2, 4]:

Для здійснення живлення струмоприймачів М1 і М2 обрані алюмінієві одножильні проводи марки АПВ. До кожного двигуна прокладено по чотири проводи. Спосіб прокладки в трубах.

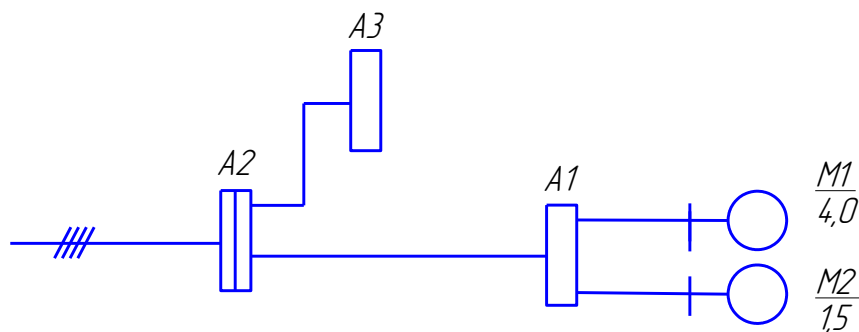


Рисунок 1.1 - Схема внутрішньої цехової силової електричної мережі

Визначаємо розрахунковий струм мережі, яка живить електродвигун (групові ділянки) М1 [1, 2]:

$$I_{\text{розр}M1} = \frac{4,0}{1,73 \times 0,38 \times 0,82 \times 0,81} = 9,16 \text{ А}$$

Спосіб прокладки обраний в трубах, прокладених по стіні. Кількість проводів - 4. Марка проводу - АПВ. Найближчий перетин провідника [3]: $S = 2,5 \text{ мм}^2$; $I_{\text{тр.доп}} = 19 \text{ А}$, тому вибираємо провід марки АПВ - 2,5; $I_{\text{тр.доп}} = 19 \text{ А}$. Так, як $I_{\text{тр.доп}} \text{ АПВ - 2,5} = 19 \text{ А} \geq I_{\text{розр.}} = 9,16 \text{ А}$, то провід обраний вірно.

Аналогічно проводиться розрахунок для силової мережі, що живить електродвигун приводу нахилоного транспортера М2.

$$I_{\text{розр}M2} = \frac{1,5}{1,73 \times 0,38 \times 0,80 \times 0,79} = 3,61 \text{ А}$$

Спосіб прокладки обраний в трубах, прокладених по стіні. Кількість проводів - 4. Марка проводу - АПВ. Найближчий перетин провідника [3]: $S = 2,5 \text{ мм}^2$; $I_{\text{тр.доп}} = 19 \text{ А}$, тому вибираємо провід марки АПВ - 2,5; $I_{\text{тр.доп}} = 19 \text{ А}$. Так, як $I_{\text{тр.доп}} \text{ АПВ - 2,5} = 19 \text{ А} \geq I_{\text{розр.}} = 9,16 \text{ А}$, то провід обраний вірно.

Визначаємо розрахунковий струм $I_{\text{м.розр.}}$ магістральної ділянки між шафами А2 і А1. Робочий розрахунковий струм магістральної ділянки $I_{\text{розр}A1-A2}$ визначається за формулою [1, 2, 4]:

$$I_{\text{розр} A1-A2} = 1,0 \cdot (9,16 + 3,61) = 12,8 \text{ А}$$

Визначаємо розрахунковий струм вводу $I_{\text{розр.В}}$ від шафи А2 до ТП:

$$I_{\text{розр В}} = 0,9 (12,8 + 9,2) = 19,8 \text{ А}$$

Спосіб прокладки обраний в трубах, прокладених по стіні. Кількість проводів - 4. Марка проводу - АПВ. Найближчий перетин провідника [3]: $S = 4 \text{ мм}^2$; $I_{\text{тр.доп}} = 23 \text{ А}$, тому вибираємо провід марки АПВ - 4. Так, як $I_{\text{тр.доп}} \text{ АПВ - 4} = 23 \text{ А} \geq I_{\text{розр.}} = 19,8 \text{ А}$, то провід обраний вірно.

Результати розрахунків заносимо на схему силової розподільчої мережі (рисунок 1.2).

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. По якій умові обираються переріз та марка проводів?
2. По яким умовам перевіряються обрані проводи?
3. Яким чином розраховується струм групової мережі?
4. Яким чином розраховується струм магістральної мережі?
5. Яка умова повинна виконуватися виборі перерізу проводів магістральної мережі по відношенню до групової?

Завдання

до практичного заняття № 1

«Проектування внутрішньої цехової силової мережі»

Розрахувати переріз та вибрати марку проводу для внутрішньої цехової силової мережі, схема якої наведена на рисунку 1.1. Потужності приймачів наведено у таблиці 1.1, згідно варіанту.

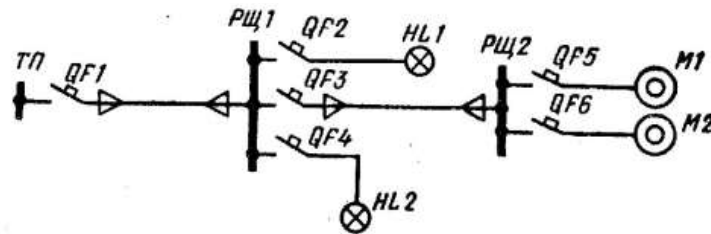


Рисунок 1.1 - Схема силової електричної мережі

Таблиця 1.1 - Завдання по варіантам

Варіант	Потужності струмоприймачів, кВт							
	М1			М2			HL1	HL2
	Р,кВт	Cos φ	η	Р,кВт	Cos φ	η	Р,кВт	Р,кВт
1	0,75	0,73	0,72	4,0	0,84	0,84	3,5	4,3
2	1,1	0,81	0,75	5,5	0,85	0,85	5,6	4,8
3	1,5	0,83	0,77	7,5	0,86	0,87	7,1	5,8
4	2,2	0,83	0,80	11,0	0,87	0,87	1,3	1,9
5	3,0	0,83	0,82	15,0	0,88	0,89	4,4	3,0
6	4,0	0,84	0,84	0,75	0,73	0,72	2,5	7,7
7	5,5	0,85	0,85	1,1	0,81	0,75	2,7	6,7
8	7,5	0,86	0,87	1,5	0,83	0,77	3,3	9,9
9	11,0	0,87	0,87	2,2	0,83	0,80	1,0	6,6
10	15,0	0,88	0,89	3,0	0,83	0,82	1,5	8,1
11	3,0	0,83	0,82	1,5	0,83	0,77	2,0	3,1
12	4,0	0,84	0,84	2,2	0,83	0,80	4,2	5,2
13	5,5	0,85	0,85	3,0	0,83	0,82	9,9	6,2
14	7,5	0,86	0,87	4,0	0,84	0,84	6,6	3,5
15	11,0	0,87	0,87	5,5	0,85	0,85	8,1	5,6
16	15,0	0,88	0,89	7,5	0,86	0,87	3,1	7,1
17	0,75	0,73	0,72	11,0	0,87	0,87	5,2	1,3
18	1,1	0,81	0,75	15,0	0,88	0,89	6,2	4,4
19	1,5	0,83	0,77	0,75	0,73	0,72	7,1	2,7
20	2,2	0,83	0,80	1,1	0,81	0,75	4,8	3,3
21	3,0	0,83	0,82	7,5	0,86	0,87	5,8	1,0
22	4,0	0,84	0,84	11,0	0,87	0,87	1,9	1,5
23	5,5	0,85	0,85	15,0	0,88	0,89	3,0	2,0
24	0,75	0,73	0,72	2,2	0,83	0,80	7,7	4,2
25	1,1	0,81	0,75	3,0	0,83	0,82	6,7	9,9

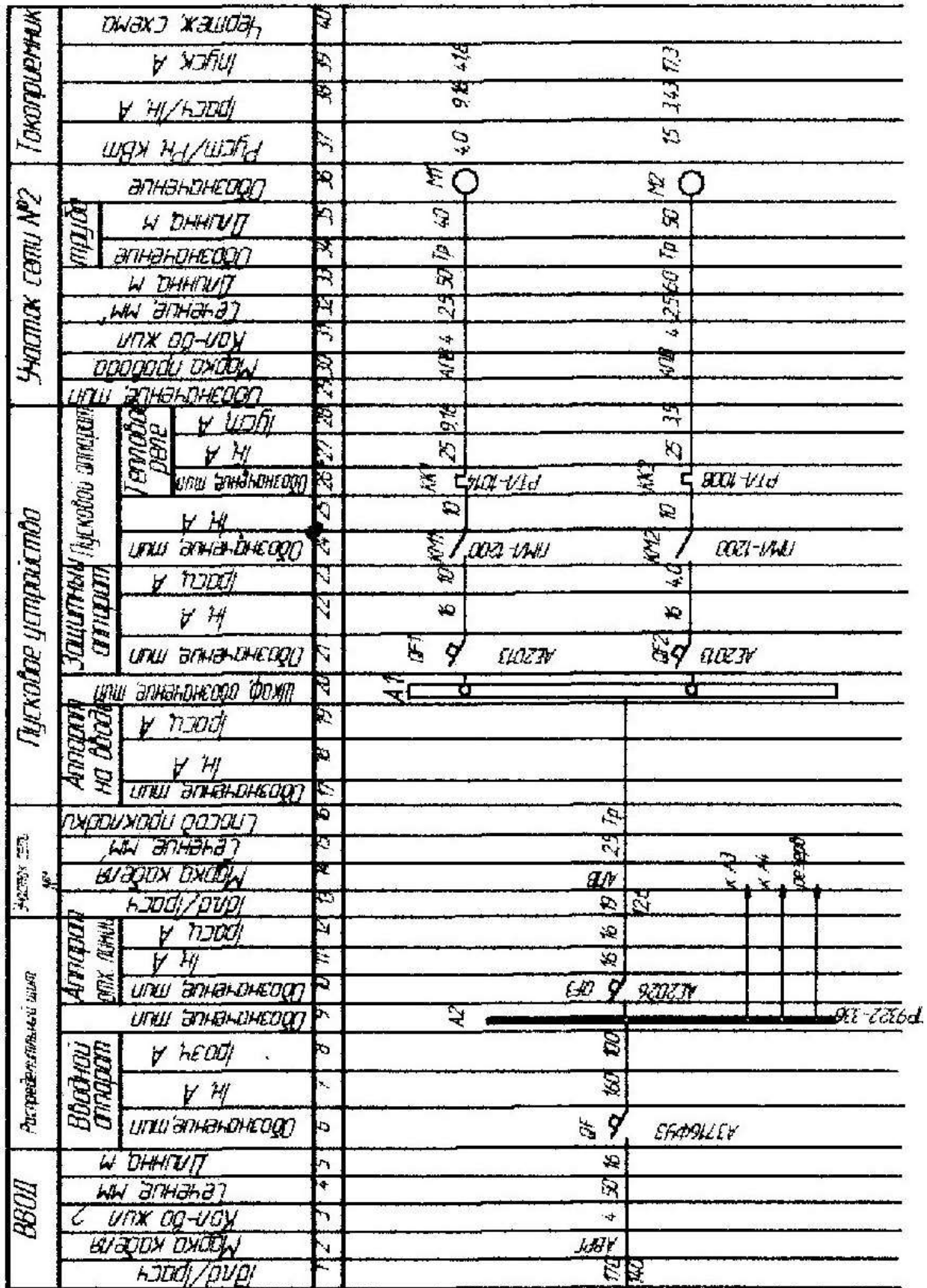


Рис. 1.2. - Схема силовой розподільчої мережі

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Вибір апаратури комутації та захисту

Мета заняття: *Придбати практичні навички по вибору комутаційної та захисної апаратури*

Програма заняття:

1. Видати індивідуальне завдання кожному студенту. Завдання по варіанта наведено у таблиці 2.1
2. Навести приклад виконання завдання
3. Студентам виконати відповідні розрахунки та вибрати необхідну апаратуру комутації та захисту згідно завдання
4. Отримані дані розрахунків нанести на схему внутрішньої цехової силової мережі по заданій формі

Теоретичні положення.

У розробленій схемі в якості захисних апаратів електродвигунів від струмів короткого замикання використані автоматичні вимикачі з електромагнітними розчеплювачами, а від перевантаження двигуни захищені тепловими реле магнітних пускатів.

Автоматичні вимикачі можуть бути одно-, дво- та трьохполюсні. Крім того вони можуть мати допоміжні контакти, розчіплювачі (електромагнітні, теплові, комбіновані, незалежні – для дистанційного управління вимикачем у схемах релейного захисту та автоматики).

Автоматичні вимикачі вибирають по умовам [1,2,3]:

- 1) по **номінальній напрузі** автоматичного вимикача

$$U_{н. ав.} \geq U_c \quad (2.1)$$

де: U_c - напруга мережі, В ;

- 2) по **номінальному струму** $I_{н.ав.}$:

$$I_{н.ав} \geq I_{розр.} \quad (2.2)$$

- 3) по **кількості полюсів**;
- 4) по **виду розчіплювача**;
- 5) по **струму розчіплювача** $I_{н.розч. ав.}$:

$$I_{н.розч. ав} \geq I_{розр.} \quad (2.3)$$

- 6) по **струму спрацювання** електромагнітного розчіплювача $I_{ср.ем.розч.}$

$$I_{ср.ем.розч.} > 1,5 I_{п.дв.}; \quad (2.4)$$

$$I_{п.дв} = I_{н.дв} \cdot K_i$$

де: $I_{п.дв}$, $I_{н.дв}$ - пусковий і номінальний струм двигуна А;

для захисту електричної мережі з кількома електродвигунами

$$I_{ПУСК.РОЗР.} = (1,5 \dots 1,8) \cdot [\Sigma I_H + (I_{п.нб} - I_{н.нб})], \quad (2.5)$$

де ΣI_H - сума номінальних струмів всіх одночасно працюючих електродвигунів, А;

$(I_{п.нб} - I_{н.нб})$ - різниця між значеннями пускового та номінального струмів електродвигуна, в якого ці струми найбільші;

- 7) по наявності допоміжних контактів;
- 8) по кліматичному виконанню;
- 9) по категорії розміщення;

Вибір магнітних пускачів

Магнітні пускачі вибирають по умовам [1,2,3]:

- 1) по номінальній напрузи пускача $U_{н.п.}$:

$$U_{н.п.} \geq U_c \quad (2.6)$$

- 2) по номінальному струму $I_{н.п.}$:

$$I_{н.п.} > I_{расч.} \quad (2.7)$$

- 3) по наявності теплових реле;
- 4) по величині номінального струму теплового реле $I_{н.тр.}$.

$$I_{н.тр.} \geq I_{расч.} \quad (2.8)$$

- 5) по струму неспрацювання теплового реле $I_{н.нтр.}$;

$$I_{н.нтр.} \geq I_{расч.} \quad (2.9)$$

- 6) по наявності реверсу;
- 7) по наявності допоміжних контактів;
- 8) по наявності кнопок «ПУСК» і «СТОП»;
- 9) по кліматичному виконанню для помірного клімату;
- 10) по категорії розміщення;
- 11) по ступеню захисту.

Приклад. Вибрати автоматичні вимикачі та магнітні пускачі для мережі, схема якої наведено на рисунку 2.1.

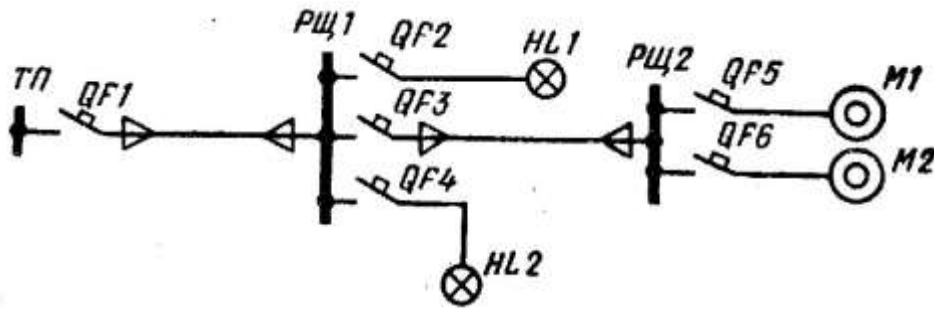


Рисунок 2.1 - Схема силової електричної мережі

Від силового розподільчої шафи **РЩ1** живиться шафа **РЩ2** та освітлювальні мережі **НЛ1** та **НЛ2**. Шафа **РЩ1** отримує живлення від **ТП**. Перерізи проводів, їх марки та струми навантаження групових, магістральних ділянок та вводу розраховані на попередньому занятті: $U_c = 380 \text{ В}$; $U_{c \text{ НЛ}} = 220 \text{ В}$; $I_{\text{расч.М1}} = 9,16 \text{ А}$; $I_{\text{расч.М2}} = 3,61 \text{ А}$; $I_{\text{пМ1}} = 45,8 \text{ А}$; $I_{\text{пМ2}} = 18,6 \text{ А}$; $I_{\text{расч А1-А2}} = 49,4 \text{ А}$; $I_{\text{расч в}} = 42,3 \text{ А}$; **АПВ - 2,5**; $I_{\text{дл. доп}} = 19 \text{ А}$ та **АПВ - 16**; $I_{\text{дл. доп}} = 55 \text{ А}$.

Рішення. Автоматичний вимикач **QF1** вибираємо по умовам (2.1 – 2.4)

теоретичних положень та по [1,2,3]:

- 1) по *номінальній напрузі* автоматичного вимикача

$$U_{\text{н. ав}} = 380 \text{ В};$$

де: U_c - напруга мережі, В ; $U_c = 380 \text{ В}$;

- 2) по *номінальному струму* $I_{\text{н.ав.}}$:

$$I_{\text{н.ав}} = 16 \text{ А};$$

$$I_{\text{розр.}} = 9,16 \text{ А}$$

- 3) по *кількості полюсів* - трьохполюсний;
 4) по *виду розчеплювача* - електромагнітний;
 5) по *струму розчеплювача* $I_{\text{н.розч. ав.}}$:

$$I_{\text{н.розч. ав}} = 10 \text{ А};$$

- 6) по *струму спрацювання електромагнітного розчеплювача* $I_{\text{ср.ем.розч.}}$

$$I_{\text{ср.ем.розч}} = 1,25 \cdot 45,8 = 57,25 \text{ А};$$

$$I_{\text{п.дв}} = I_{\text{н.дв.}} \cdot K_i$$

де: $I_{\text{п.дв}}$, $I_{\text{н.дв.}}$ - пусковий і номінальний струм двигуна А;

$$I_{\text{ср.ем.розч.}} = 68,7 \text{ А};$$

- 7) по наявності допоміжних контактів - без допоміжних контактів;
- 8) по кліматичному виконанню - У ;
- 9) по категорії розміщення - 3;

По [3] вибираємо автоматичний вимикач **АЕ 2023-10УЗ** з наступними даними:
 $U_{\text{н.ав.}} = 380 \text{ В}; I_{\text{н.ав.}} = 16 \text{ А};$ трьохполюсний с електромагнітним розчеплювачем;
 $I_{\text{н.розч.ав.}} = 10 \text{ А}; I_{\text{ср.ем.розч.}} = 120 \text{ А}$ ($I_{\text{ср.ем.розч.}} = 12 I_{\text{н.розч.ав.}}$) без допоміжних контактів;
 по кліматичному виконанню - для помірного клімату - У; по категорії розміщення - 3;

Магнітні пускачі вибираємо по умовам [1,2,3] :

- 1) по *номінальній напрузі* пускача $U_{\text{н.п.}}$:

$$U_{\text{с}} = 380 \text{ В}$$

- 2) по *номінальному струму* $I_{\text{н.п.}}$:

$$I_{\text{розр.}} = 9,16 \text{ А}$$

- 3) по наявності теплових реле - з тепловим реле;
- 4) по величині номінального струму теплового реле $I_{\text{н.тр.}}$.
- 5) по струму неспрацювання теплового реле $I_{\text{н.нтр.}}$;
- 6) по наявності реверсу - не реверсивний;
- 7) по наявності допоміжних контактів - один замикаючий;
- 8) по наявності кнопок «ПУСК» і «СТОП» - без кнопок;
- 9) по кліматичному виконанню для помірного клімату - / У, УХЛ /;
- 10) по категорії розміщення /3/;
- 11) по ступеню захисту - ІРОО.

По [3] вибираємо магнітний пускач серії **ПМЛ - 1200УЗ; $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; I_{\text{нп}} = 10 \text{ А};$** з тепловим реле **РТЛ-1014-04;** нереверсивний; с одним замикаючим контактом у допоміжному колі без кнопок «ПУСК» і «СТОП»; по кліматичному виконанню та категорії розміщення **УЗ;** ступень захисту - **ІРОО.**

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

6. По якій умові обираються автоматичні вимикачі?
7. По яким умовам обираються магнітні пускачі?
8. По яким умовам обирається струм спрацювання електромагнітного розчеплювача?
9. Яким чином розраховується струм відсічки електромагнітного розчеплювача?
10. Яким чином визначається необхідна кількість допоміжних контактів магнітного пускача?
11. В залежності від якого фактору визначається кількість головних контактів автоматичного вимикача?
12. Яка умова повинна виконуватися при виборі теплового реле магнітного пускача?

Перелік рекомендованої літератури

1 – с. 151 – 156; 2 – 41- 43; 3 – 115 - 138;

1. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П., Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. - М.: Колос, 1998-223с.

2. Яковлєв В.Ф. Основи проектування електротехнічних систем об'єктів АПК. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни для студентів очної та дистанційної форм навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Суми, 2020 – 58 с.

3. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін. за ред. В.С. Олійника - 3-є вид., перераб. і доп. - К. Урожай, 1989-246с.

Завдання

до самостійної роботи по практичному заняттю № 2 «Вибір апаратури комутації та захисту»

Вибрати автоматичні вимикачі та магнітні пускачі для мережі, схема якої наведено на рисунку 2.1.

Від силового розподільчої шафи **РЩ1** живиться шафа **РЩ2** та освітлювальні мережі **НЛ1** та **НЛ2**. Шафа **РЩ1** отримує живлення від **ТП**. Перерізи проводів, їх марки та струми навантаження групових, магістральних ділянок та вводу розраховані на попередньому занятті. Вихідні дані попереднього розрахунку навести у вигляді таблиці 2.1.

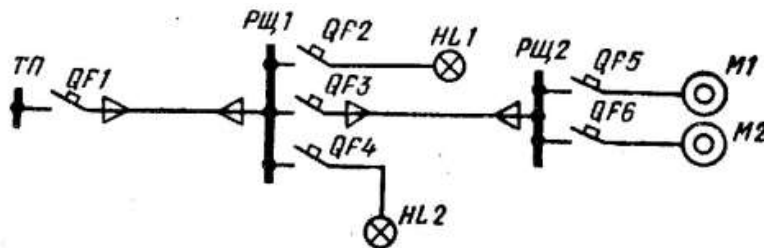


Рисунок 2.1 - Схема силової електричної мережі

Таблиця 2.1 – Вихідні дані (беруться із результатів розрахунків попереднього завдання)

Вихідні дані	Найменування ділянки	Електроприймач	Позначення параметра	Одиниця виміру	Кількісні показники	Марка та переріз проводу	$I_{\text{дл. доп. А}}$
	Групові ділянки	М1	U_c	В	380	-	-
			$I_{p.M1}$	А	9,16	АПВ – 2,5	19
			I_{nM1}	А	45,8	-	-
		М2	U_c	В	380	-	-
			$I_{p.M2}$	А	3,61	АПВ – 2,5	19
			I_{nM2}	А	18,6	-	-
		НЛ1	U_c	В	220	-	-
			$I_{p.NL1}$	А	3,1	АПВ – 2,5	19
	Магістральна ділянка та ввід	НЛ2	U_c	В	220	-	-
			$I_{p.NL1}$	А	2,3	АПВ – 2,5	19
		РЩ1 – РЩ2	I_{pA1-A2}	А	49,4	АПВ - 16	55
		РЩ1 - ТП	I_{pB}	А	42,3	АПВ - 16	55

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Вибір запобіжників для захисту електроприймачів

Мета заняття: *Придбати практичні навички по вибору запобіжників для захисту електроприймачів*

Програма заняття:

1. Видати індивідуальне завдання кожному студенту. Завдання по варіанта наведено у таблиці 3.1.
2. Навести приклад виконання завдання
3. Студентам виконати відповідні розрахунки та вибрати необхідну апаратуру комутації та захисту згідно завдання
4. Отримані дані розрахунків нанести на схему внутрішньої цехової силової мережі по заданій формі

Теоретичні положення.

Плавкі вставки запобіжників обираються по наступним умовам:

- 1) по **номінальній напрузі** запобіжника:

$$U_{н. ав.} \geq U_c \quad (3.1)$$

де: U_c - напруга мережі, В ;

- 2) по **номінальному струму** $I_{н.з}$ запобіжника:

$$I_{н.з} \geq I_{розр.} \quad (3.2)$$

- 3) по **номинальному струму плавкої вставки** $I_{н.пв.}$:

$$I_{н.пв} \geq I_{розр.} \quad (3.3)$$

Розрахунковий струм, ділянки або електроприймача, що захищається визначається за формулою [1,2] :

- для лінії з одним електродвигуном:

$$I_{розр.} = I_{пуск дв} / \alpha \quad (3.4)$$

де $I_{пуск дв}$ - пусковий струм електродвигуна, А;

α - коефіцієнт, який залежить від умов роботи електродвигуна:

$\alpha = 2,5$ – при нечастих пусках; $\alpha = 1,6 - 2,0$ – при важких умовах пуску.

- для мереж, які живлять декілька груп електроприймачів (електродвигунів), струм плавкої вставки вибирають виходячи з трьох умов:

$$а) I_{в.розр.} \geq K_0 \sum I_{розр.i} \quad (3.5)$$

$$б) I_{в.розр.} \geq K_0 \sum I_{розр.i} + I_{пуск дв. найб} / \alpha \quad (3.6)$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності (при $n \leq 3$ $K_0 = 1$; при $n \geq 3$ $K_0 < 1$)

в) умова селективності зводиться до того, щоб номінальний струм плавкої вставки кожного послідовного запобіжника (від споживача до джерела живлення) був на одну-дві ступені більше $I_{н.пв}$ попереднього запобіжника.

На підставі отриманих значень струмів плавких вставок запобіжників можна визначити допустимі струми по нагріву для вибору перерізів проводів. Якщо мережа захищена від коротких замикань та перевантажень, то допустимий струм визначають, як $I_{доп.} \geq 1,25 I_{н.пв}$, а при захисті тільки від коротких замикань, наприклад кабелів або проводів у промислових приміщеннях, $I_{доп.} \geq 0,33 I_{н.пв}$ але ж завжди так, щоб $I_{доп.} \geq I_{розр.}$.

Приклад. Вибрати запобіжники для захисту електроприймачів, які позначені на схемі рисунку 3.1.

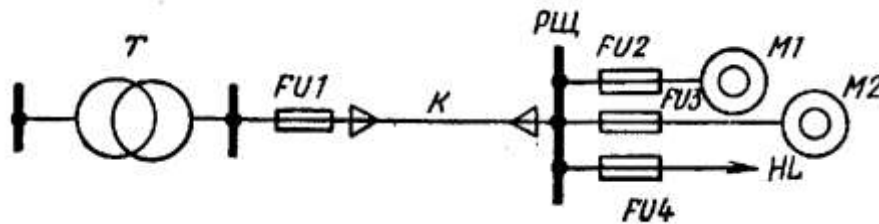


Рисунок 3.1 - Схема силової електричної мережі

Від силового розподільчої шафи **РЩ** живляться електродвигуни **М1** та **М2**, освітлювальна мережа **НЛ**. Шафа **РЩ** отримує живлення від підстанції **Т**. Перерізи проводів, їх марки та струми навантаження групових і магістральної ділянок мають наступні дані: $U_c = 380$ В; $I_{розр.М1} = 9,16$ А; $I_{пМ1} = 45,8$ А; $I_{розр.М2} = 3,61$ А; $I_{пМ2} = 18,6$ А; $I_{розр.НЛ} = 3,43$ А;

Рішення. Запобіжник **FU2 – FU4** вибираємо за умовами:

1) по **номінальній напрузи** запобіжника (формула (3.1):

$$U_{н. ав.} = 380 \text{ В}$$

2) по **номінальному струму** $I_{н.з}$ запобіжника (формула (3.2):

$$\text{для: } М1 - I_{н.з} \geq 9,16 \text{ А; } М2 - I_{н.з} \geq 3,61 \text{ А; } НЛ - I_{н.з} \geq 3,43 \text{ А}$$

3) по **номинальному струму плавкої вставки** $I_{н.пв}$ (формули (3.3 – 3.4):

$$I_{розр.М1} = 45,8 : 2,5 = 18,32 \text{ А}$$

$$I_{розр.М2} = 18,6 : 2,5 = 7,44 \text{ А}$$

$$I_{н.пвм1} \geq 18,32 \text{ А}; \quad I_{н.пвм2} \geq 7,44 \text{ А};$$

для **НЛ**: $I_{н.пв} \geq I_{розр.} \quad I_{н.пв} \geq 3,43 \text{ А};$

По [3] вибираємо запобіжники типу ПРС, відповідно:

для **М1: ПРС** – 25 з наступними параметрами: $I_{н.зм1} = 25 \text{ А}$ ($25 > 9,16$); $I_{н.пвм1} = 20 \text{ А}$ ($20 > 18,32$);

для **М2: ПРС** – 25 з наступними параметрами: $I_{н.зм2} = 25 \text{ А}$ ($25 > 3,61$); $I_{н.пвм2} = 10 \text{ А}$ ($10 > 7,44$);

для **НЛ: ПРС** – 25 з наступними параметрами: $I_{н.з НЛ} = 25 \text{ А}$ ($25 > 3,43$); $I_{н.пв НЛ} = 4 \text{ А}$ ($4 > 3,43$);

Запобіжник **FU1** вибираємо за умовами:

1) по *номінальній напрузи* запобіжника (формула (3.1):

$$U_{н. ав.} = 380 \text{ В}$$

2) по *номінальному струму* $I_{н.з}$ запобіжника (формула (3.6):

$$I_{в.розр. РЩ -ТП} \geq K_0 \sum I_{розр.і} + I_{пуск дв найб} / \alpha$$

$$I_{розр РЩ -ТП} = 1,0(3,61 + 3,43) + 45,8 : 2,5 = 25,36 \text{ А}$$

3) по *номинальному струму плавкої вставки* $I_{н.пв.}$ (формула (3.3):

$$I_{н.пв} \geq I_{розр РЩ -ТП}$$

$$I_{н.пв РЩ -ТП} \geq 25,36 \text{ А};$$

По [3] вибираємо запобіжники типу ПРС: **ПРС** – 63 з наступними параметрами: $I_{н.з РЩ -ТП} = 63 \text{ А}$ ($63 > 25,36$); $I_{н.пв РЩ -ТП} = 40 \text{ А}$ ($40 > 25,36$).

Результати розрахунків заносимо на схему силової розподільчої мережі (рисунок 1.2).

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. По якій умові обираються номінальний струм запобіжника?
2. По якій умові обираються номінальний струм плавкої вставки запобіжника?
3. По яким умовам перевіряються обрані проводи?
4. Яким чином розраховується струм магістральної мережі з декількома споживачами?
5. Яка умова повинна виконуватися при виборі запобіжника магістральної мережі по відношенню до групової?

Перелік рекомендованої літератури

1 – с. 143 – 147; 2 – 41- 43; 3 – 129-132;

1. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П., Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. - М.: Колос, 1998-223с.

2. Яковлєв В.Ф. Основи проектування електротехнічних систем об'єктів АПК. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни для студентів очної та дистанційної форм навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Суми, 2020 – 58 с.

3. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін. за ред. В.С. Олійника - 3-є вид., перераб. і доп. - К. Урожай, 1989-246с.

Завдання

до самостійної роботи для практичного заняття № 3

«Вибір запобіжників для захисту електроприймачів»

Вибрати запобіжники для захисту електроприймачів, які позначені на схемі рисунку 3.1.

Від силового розподільчої шафи **РЩ** живляться електродвигуни **М1** та **М2**, освітлювальна мережа **НЛ**. Шафа **РЩ** отримує живлення від підстанції **Т**. Напруга мережі **U= 380 В**. Навантаження приймачів наведено у таблиці 3.1, згідно варіанту.

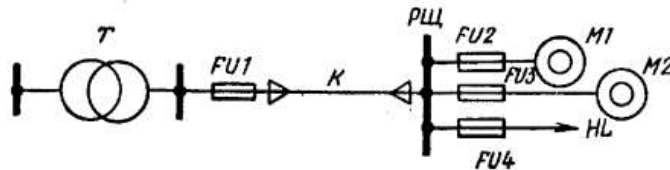


Рисунок 3.1 - Схема силової електричної мережі

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунків

Варіант	Вихідні дані				
	М1		М2		НЛ
	$I_{\text{расч.М1}}, \text{ А}$	$I_{\text{пМ1}}, \text{ А}$	$I_{\text{расч.М2}}, \text{ А}$	$I_{\text{пМ2}}, \text{ А}$	$I_{\text{расч. НЛ}}, \text{ А}$
1	9,1	41,3	3,5	18,2	3,2
2	4,5	28,6	8,7	39,3	5,2
3	15,2	60,4	6,3	34,7	4,1
4	7,3	36,1	3,2	16,7	3,9
5	5,9	31,0	7,0	34,9	4,6
6	8,7	39,3	7,3	36,1	3,7
7	7,0	34,9	4,5	28,6	4,9
8	3,5	18,2	15,2	60,4	2,5
9	6,0	33,0	7,3	36,1	2,9
10	3,2	16,7	4,5	28,6	4,3
11	6,3	34,1	9,1	41,3	3,9
12	3,4	19,4	4,5	28,6	4,6
13	7,5	36,9	15,2	60,4	3,7
14	8,1	42,0	3,5	18,2	3,2
15	5,6	29,8	6,0	33,0	5,2
16	4,2	27,9	3,2	16,7	4,1
17	3,2	16,7	6,3	34,1	4,6
18	7,0	34,9	3,4	19,4	3,7
19	7,3	36,1	7,5	36,9	4,9
20	4,5	28,6	8,1	42,0	2,5
21	4,5	28,6	7,3	36,1	2,9
22	15,2	60,4	5,9	31,0	3,2
23	3,5	18,2	8,7	39,3	5,2
24	6,0	33,0	7,0	34,9	4,1
25	4,5	28,6	7,0	34,9	3,9

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Перевірки захисних апаратів на чутливість та комутаційну здатність

Мета заняття: *Придбати практичні навички перевірки захисних апаратів на спрацювання при струмах короткого замикання та комутаційну здатність*

Програма заняття:

1. Видати індивідуальне завдання кожному студенту. Завдання по варіанта наведено у таблиці 4.1.
2. Навести приклад виконання завдання.
3. Студентам виконати розрахунок струмів короткого замикання.
4. Отримані дані розрахунків звести у таблицю.

Теоретичні положення.

Перевірку автоматичних вимикачів на чутливість та комутаційну здатність проводять у наступному порядку.

На чутливість автоматичні вимикачі перевіряються по умові [1,2]:

$$I_k^{(1)} \geq K_3 K_P I_{отс.} \quad (4.1)$$

де: $I_k^{(1)}$ - струм однофазного короткого замикання петлі «фазний провід - нульовий провід», А;

$I_{отс.}$ - струм відсічки електромагнітного розчеплювача, А;

K_3 - коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,1$;

K_P - коефіцієнт розбросу струму спрацювання відсічки; $K_P = 1,4$ [1,2,3]

1. Визначають струм однофазного короткого замикання в мережі до найбільш віддаленого електроприймача [1,2]:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{26}{S_H} + Z_{\Pi}} \quad (4.2)$$

де: U_{ϕ} - фазна напруга, В;

S_H - номінальна потужність трансформатора, кВт;

Z_{Π} - опір петлі «фазний провід - нульовий провід», Ом.

2. Опір петлі «фазний провід - нульовий провід» Z_{Π} визначають по формулі [1,2]:

$$Z_{\Pi 1} = R_{\phi 1} + R_{H1} \quad (4.3)$$

де: R_{ϕ} , R_H - відповідно, активні опори фазного і нульового проводів, Ом;

$$R_{\phi} = R_n = \rho \frac{l}{S} \quad (4.4)$$

де: ρ – питомий опір алюмінійового проводу, Ом мм /км;

l - довжина провідника, км.;

S - переріз провідника, мм

3. Загальний опір петлі дорівнює:

$$R_{\phi n} = R_{\phi} + R_n \quad (4.5)$$

4. Якщо мережа виконано проводами, які прокладені у трубах, то Z_n визначається за виразом [1,2] :

$$Z_n = \sqrt{\left(R_{\phi\Sigma} + \frac{R_{H\Sigma} R_T}{R_{H\Sigma} + R_T} \right)^2 + (X_T'')^2} \quad (4.6)$$

де: $R_{\phi\Sigma}$, $R_{H\Sigma}$, R_T - суммарний активний опір фазного, нульового проводів і опір труби, відповідно, Ом.;

X_T'' - внутрішній індуктивний опір труби, Ом.;

5. Визначають струм відсічки автоматичного вимикача:

$$I_{отс} = k I_{н.емп} \quad (4.7)$$

де $I_{н.емп}$ – номінальний струм електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача, А;

k - кратність відсічки (береться із паспортних або довідкових даних вимикача).

6. Перевіряють виконання умови (4.1)

7. На комутаційну здатність автомати перевіряють згідно умови [1,2]:

$$I_{пр.откл.} > I_k^{(3)} \quad (4.8)$$

де: $I_{пр.откл.}$, $I_k^{(3)}$ - предельно відключаємий апаратом струм трифазного короткого замикання, відповідно, А .

8. Струм трифазного короткого замикання визначають по формулі [1,2]:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \sqrt{(\Sigma R_K)^2 + (\Sigma X_K)^2}} \quad (4.9)$$

де: $U_{\text{л}}$ - лінійна напруга, В;

$\Sigma R_{\text{к}}, \Sigma X_{\text{к}}$ – відповідно, суми опорів кола трифазного короткого замикання, Ом.

$$\begin{aligned} R_{\text{к}} &= R_{\text{т}} + R_{\text{ф}} \\ X_{\text{к}} &= X_{\text{т}} + X_{\text{ф}} \end{aligned} \quad (4.10)$$

де: $R_{\text{т}}, X_{\text{т}}$ - відповідно, активна і реактивна складові повного опору трансформатора $Z_{\text{т}}$ при трифазном коротком замиканні, Ом;

$R_{\text{ф}}, X_{\text{ф}}$ - відповідно, активний і реактивний опір проводів до точки короткого замикання, Ом

9. Визначають значення активної і реактивної складових повного опору трансформатора $Z_{\text{т}}$ при трифазном коротком замиканні [1,2]:

$$Z_{\text{т}} = \frac{U_{\text{к}}\% \cdot U_{\text{л}}^2}{100 S_{\text{н}}} \quad (4.11)$$

де: $U_{\text{к}}\%$ - напруга короткого замикання трансформатора, %;

$U_{\text{л}}$ - лінійна напруга, В;

$S_{\text{н}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВт;

$$R_{\text{т}} = \frac{\Delta P_{\text{м}} \cdot U_{\text{л}}^2}{S_{\text{н}}^2} ; \quad X_{\text{т}} = \sqrt{Z_{\text{т}}^2 - R_{\text{т}}^2} \quad (4.12)$$

де: $\Delta P_{\text{м}}$ - втрати короткого замикання трансформатора, Вт;

$$X_{\text{ф}} = X'' l_1 \quad (4.13)$$

де: X'' - індуктивний опір проводу, Ом/км; $X'' = 0,0157$ Ом/км [3];

l_1 - довжина проводів до точки короткого замикання, км.

10. Визначають ударний струм $i_{\text{уд}}$ за виразом [1,2]:

$$i_{\text{уд}} = k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к}}^{(3)} \quad (4.14)$$

де: $k_{\text{уд}}$ - ударний коефіцієнт; $k_{\text{уд}} = 1$ [3]

11. Визначають предельно відключаємий апаратом струм трифазного короткого замикання $I_{\text{пр.откл}}$ (береться із паспортних або довідкових даних вимикача)

12. Перевіряють автоматичний вимикач по умові (4.8)

Приклад. Провести перевірку автоматичних вимикачів **QF – QF3** (див. схему рисунку 4.1). Вихідні дані для розрахунку: типа автомату АЕ2013; $K_3 = 1,1$; $K_p = 1,4$; $k = 12$; $U_{\text{ф}} = 220$ В; $S_{\text{н}} = 100$ кВА; $\rho = 31,4$ Ом мм/км; $l = 42$ м; $S = 25$ мм²; $X''_{\text{т}} = 0,341$ Ом; $U_{\text{к}}\% = 4,5$ %; $\Delta P_{\text{м}} = 1970$ Вт; $X''_{\text{пр}} = 0,0157$ Ом/км; $k_{\text{уд}} = 1$; $I_{\text{пр.откл.}} = 2,5$ кА.

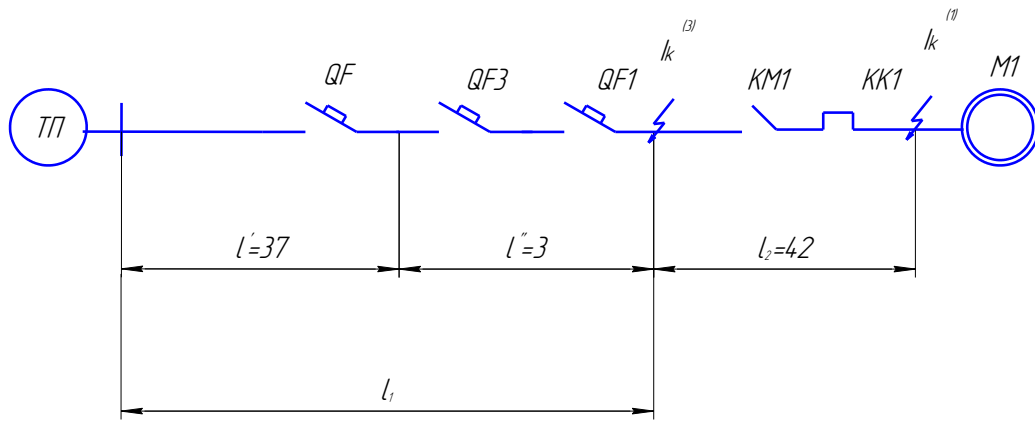


Рисунок 4.2 – Схема силової мережі

Рішення.

1. На чутливість автоматичні вимикачі перевіряються по умові (4.1):

1.1 Визначаємо значення $K_3 \cdot K_p \cdot I_{отс}$:

$$K_3 \cdot K_p \cdot I_{отс} = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 12 \cdot 10 = 184,8 \text{ А}$$

1.2. Так як на ділянці від ТП до силового розподільчого щита прокладено чотирьохжильним кабелем з алюмінієвими жилами Z_n визначаємо по формулам (4.3 – 4.4):

$$R_{\phi 1} = R_{n1} = 31,4 \cdot \frac{0,04}{25} = 0,05 \text{ Ом}$$

1.3. На ділянці **QF3 - М1** мережа виконано чотирма проводами АПВ, які прокладено у трубах, тому Z_n визначаємо за виразом (4.6):

$$Z_n = \sqrt{\left(R_{\phi \Sigma} + \frac{R_{H\Sigma} R_T}{R_{H\Sigma} + R_T} \right)^2 + (X_T'')^2}$$

$$R_T = 7,6 \cdot 0,042 = 0,82 \text{ Ом};$$

$$X_T = 0,341 \cdot 0,042 = 0,014 \text{ Ом}$$

$$R_{\phi} = R_n = \frac{31,4 \cdot 0,042}{2,5} = 0,53 \text{ Ом}$$

1.4. Загальний опір петлі дорівнює:

$$R_{\phi} = R_{\phi 1} + R_{\phi} = R_n$$

$$R_{\phi} = R_n = 0,05 + 0,53 = 0,58 \text{ Ом}$$

$$Z_n = \sqrt{\left(0,58 + \frac{0,58 \cdot 0,82}{0,58 + 0,82}\right)^2 + (0,014)^2} = 0,786 \text{ Ом}$$

1.5 Визначаємо струм однофазного короткого замикання в мережі до найбільш віддаленого електроприймача (4.2):

$$I_k^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{26}{S_H} + Z_n}$$

$$I_k^{(1)} = \frac{220}{\frac{26}{100} + 0,786} = 210,3 \text{ А.}$$

Так як $I_k^{(1)} = 210,3 > K_z K_p I_{отс.} = 184,8$, то автоматичний вимикач відключить мережу при однофазному короткому замиканню на затискачах двигуна **М1**.

2. На комутаційну здатність автомати перевіряють згідно умови (4.8):

2.1. Визначаємо значення активної і реактивної складових повного опору трансформатора Z_T при трифазном коротком замиканні (формули (4.11 – 4.13):

$$Z_T = \frac{U_K \% \cdot U_n^2}{100 S_H}$$

$$R_T = \frac{\Delta P_m \cdot U_n^2}{S_H^2} ; \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

де: ΔP_m - втрати короткого замикання трансформатора, Вт;

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 100 \cdot 10^3} = 0,072 \text{ Ом};$$

$$R_T = \frac{1970 \cdot 400^2}{(100 \cdot 10^3)^2} = 0,032 \text{ Ом};$$

$$X_T = \sqrt{(0,072)^2 - (0,032)^2} = 0,065 \text{ Ом.}$$

$$R_\phi = \frac{3,14 \cdot 0,04 \cdot 2}{25} = 0,1 \text{ Ом.}$$

2.2. Струм трифазного короткого замикання визначають по формулі (4.9 – 4.10):

$$I_k^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum R_K)^2 + (\sum X_K)^2}}$$

$\Sigma R_K, \Sigma X_K$ – відповідно, суми опорів кола трифазного короткого замикання, Ом.

$$\begin{aligned} R_K &= R_T + R_\Phi \\ X_K &= X_T + X_\Phi \\ X_\Phi &= X''l_1 \\ X_\Phi &= 0,075 \cdot 0,04 = 0,001 \text{ Ом}; \\ R_K &= 0,032 + 0,1 = 0,132 \text{ Ом}; \\ X_K &= 0,065 + 0,001 = 0,066 \text{ Ом}. \\ I_k^{(3)} &= \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,132^2 + 0,066^2}} = 1,568 \text{ кА} \end{aligned}$$

2.3. Визначають ударний струм $i_{уд}$ за виразом (4.14):

$$i_{уд} = k_{уд} \cdot I_K^{(3)}$$

де: $k_{уд}$ - ударний коефіцієнт ; $k_{уд} = 1$ [1]

$$i_{уд} = 1,568 \text{ кА}$$

2.4. Визначаємо предельно відключаємий апаратом струм трифазного короткого замикання $I_{пр.откл}$ (береться із паспортних або довідкових даних вимикача)

$$I_{пр.откл} = 2,5 \text{ кА}$$

2.5. Перевіряємо автоматичний вимикач по умові (4.8)

Так як для **QF1**типа **AE2013** $I_{пр.откл} = 2,5 \text{ кА}$, т.т $I_{пр.откл} = 2,5 \text{ кА} > i_{уд} = 1,568 \text{ кА}$, то даний автоматичний вимикач проходить по комутаційній здатності.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

6. По якій умові перевіряється автоматичний вимикач на чутливість?
7. По якій умові перевіряється автоматичний вимикач на комутаційну здатність?
8. Яким чином розраховується струм однофазного короткого замикання в мережі?
9. Яким чином розраховується струм трифазного короткого замикання в мережі?
10. Яким чином розраховуються значення активної і реактивної складових повного опору трансформатора Z_T при трифазном коротком замиканні?

Перелік рекомендованої літератури

1 – с. 151 – 156; 2 – с.44-49; 3 – 115 - 128;

1. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П., Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. - М.: Колос, 1998-223с.

2. Яковлев В.Ф. Основы проектування електротехнічних систем об'єктів АПК. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни для студентів очної та дистанційної форм навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Суми, 2020 – 58 с.

3. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін. за ред. В.С. Олійника - 3-е вид., перераб. і доп. - К. Урожай, 1989-246с.

Завдання

до самостійної роботи для практичного заняття № 4

«Перевірки захисних апаратів на чутливість та комутаційну здатність»

Провести перевірку автоматичних вимикачів QF – QF3 (див. схему рисунку 4.1). Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 4.1 згідно варіанту. При розрахунках прийняти: $K_3 = 1,1$; $K_p = 1,4$; $U_\phi = 220$ В; $\rho_{Al} = 31,4$ Ом мм/км; $\rho_{Cu} = 17,8$ Ом мм/км; $X''_T = 0,341$ Ом; $X''_{np} = 0,0157$ Ом/км; $k_{y0} = 1$; $I_{ном. дв.} = 7$ А.

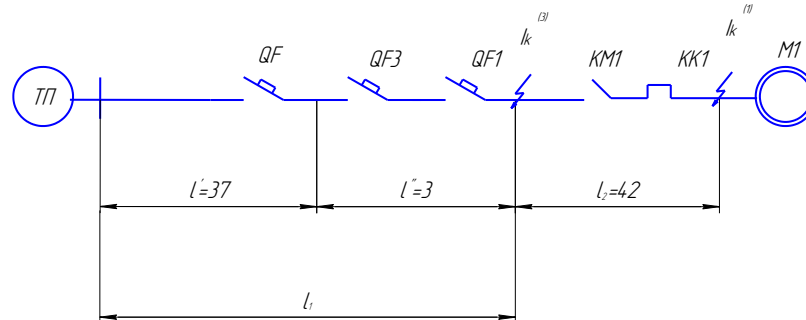


Рисунок 4.1 - Схема силової електричної мережі

Таблиця 4~ 28 ~.1 – Вихідні дані для розрахунків

Варіант	Вихідні дані								
	Тип автомату	Кратність відсічки, k	Інр. А	Потужність трансформатора S_{tr} , кВА	Довжина l , м	Переріз Проводу S , мм ²	Напруга к.з. тр-ра U_k %	Втрати в міді тр-ра ΔP_m , Вт	Предельно вимикаючий струм $I_{пр.откл.}$, кА
1	AE2013	12	8,0	160	60	16	4,7	1860	2,7
2	AE2026	12	8,0	100	50	25	4,3	1960	2,3
3	AE2023	12	8,0	250	65	25	4,9	2100	3,1
4	BA51-25	10	8,0	100	50	10	5,1	2150	3,8
5	BA51-25	10	8,0	160	80	16	5,3	2250	3,0
6	BA51-25	10	8,0	250	70	10	4,7	1950	3,2
7	BA51-31	7	16,0	250	50	16	4,1	1850	4,5
8	BA51-31	3	16,0	100	60	25	4,6	1970	5,0
9	AE2023	12	10,0	63	55	10	4,3	1860	2,0
10	AE2043	12	12,5	160	45	16	5,2	2100	2,5
11	AE2023	12	8,0	250	65	25	4,9	2100	3,1
12	BA51-25	10	8,0	100	50	10	5,1	2150	3,8
13	BA51-25	10	8,0	160	80	16	5,3	2250	3,0
14	AE2013	12	8,0	160	60	16	4,7	1860	2,7
15	AE2026	12	8,0	100	50	25	4,3	1960	2,3
16	AE2043	12	12,5	160	70	10	4,7	1950	3,2
17	BA51-25	10	8,0	250	70	10	4,7	1950	3,2
18	BA51-31	7	16,0	250	50	16	4,1	1850	4,5
19	BA51-31	14	8,0	100	55	25	4,3	2100	3,1
20	BA51-31	10	8,0	160	45	10	5,2	2150	3,8
21	BA51-31	3	16,0	100	60	25	4,6	1970	5,0
22	AE2023	12	10,0	160	65	25	4,5	1860	0,95
23	AE2043	12	12,5	100	50	10	4,9	1970	0,80
24	AE2023	12	10,0	63	55	10	4,3	1860	2,0
25	BA51-33	14	80,0	250	40	16	4,6	1970	5,0

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Техніко-економічних показників ефективності капітальних вкладень

Мета заняття: *Навчити студентів умінню виконувати розрахунки техніко-економічних показників ефективності капітальних вкладень*

Програма заняття:

1. Видати індивідуальне завдання кожному студенту
2. Навести приклад виконання завдання
3. Студентам виконати розрахунок ефективності капітальних вкладень.

Теоретичні положення.

5.1. Ефективність капітальних вкладень по об'єктах розраховується, як:

$$E = \frac{Ц - С}{К}, \quad (5.1)$$

де $Ц$ – вартість продукції підприємства, річна вартість, тис. грн.;

$С$ – річна собівартість, тис. грн.;

$К$ – капітальні вкладення, тис. грн.

При порівнянні ефективності декількох варіантів всі економічні показники повинні визначатися за однаковими джерелами у цінах одного рівня.

Виконання техніко-економічних розрахунків необхідно для визначення абсолютної ефективності капітальних вкладень у нове будівництво, розширення та реконструкцію ліній електропередач та споживчих підстанцій; вибору перспективи розвитку району електричних мереж та варіантів схем електропостачання окремих споживачів; обґрунтування кредитів; захисту навколишнього середовища.

Розрахунок ефективності капітальних вкладень закінчується порівнянням одержаного показника з відповідним нормативом загальної абсолютної ефективності. Економічно доцільними вважаються капітальні вкладення, показник ефективності яких перевищує нормативний.

Нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень для сільського господарства в цілому встановлюється на рівні - 0,12; для рослинництва – 0,20; тваринництва – 0,08, а по вкладенням у сільськогосподарську техніку – 0,15 [9.4, 9.5].

Показником абсолютної ефективності капітальних вкладень є **строк їх окупності**:

$$T = \frac{К}{\Delta\Pi} \quad (5.2)$$

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку, тис. грн.

Показником порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень є мінімум приведених витрат.

5.2. Приведені витрати – це сума річних виробничих витрат (собівартість) і капітальних вкладень приведених до річної розмірності за нормативом коефіцієнта ефективності.

Критерієм оптимальності проектів являється мінімум витрат на їх реалізацію. За наявності декількох варіантів найефективніший з них визначається найменшим значенням приведених витрат:

$$Z_i = C_i + E_n K_i \rightarrow \min. \quad (5.3)$$

де Z_i – приведені витрати по кожному варіанту, тис. грн.;
 C_i – витрати виробництва (собівартість) i -го варіанта, тис. грн.;
 E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.
 K_i – капітальні вкладення i -го варіанта, тис. грн.;

Капітальні вкладення за роками розрахункового періоду приймаються на основі кошторису та фінансових розрахунків в діючих цінах. На стадіях, що відбуваються перед проектуванням, або при відсутності кошторису та фінансових розрахунків рекомендується визначати розміри капітальних вкладень за збільшеними показниками вартості елементів електричних мереж.

Економічний результат капітальних вкладень в електричні мережі складається з прибутку, який одержується від транспортування електроенергії, а також від зниження втрат, які обумовлені скороченням витрат, підвищенням надійності електропостачання споживачів, зменшенням експлуатаційних витрат.

З метою обґрунтування ефективного варіанту інноваційних заходів використовують показники порівняльної економічної ефективності, які враховують лише змінювані складові частини порівнюваних варіантів: приведені витрати - Z_i , коефіцієнт ефективності додаткових інвестицій - E , дисконтований чистий прибуток - $\Pi_{дс}$; рентабельність за прибутками R_d ; рентабельність інвестицій (проста норма прибутку) R_i ; термін окупності інвестицій - $T_{ок}$.

5.3 Визначення капітальних вкладень. Капітальні вкладення – це кошти, які використовуються на придбання і будівництво нових, а також реконструкцію діючих основних фондів. Капітальні вкладення в електричні мережі при живленні від енергосистеми та реконструкції споживчих підстанцій визначаються за формулою (5.1):

$$K = \Sigma K_n - \Sigma K_{л\delta m} + \Sigma K_{\delta}, \quad (5.4)$$

де K_n – вартість нових виробничих фондів, тис. грн.;
 $K_{л\delta m}$ – ліквідна вартість демонтованого устаткування, тис. грн.;
 K_{δ} – вартість демонтажу, тис. грн.

5.4 Визначення прибутків. Прибуток як економічна категорія є грошовим вираженням вартості реалізованого чистого доходу, основною формою грошових накопичень суб'єктів господарювання.

Балансовий прибуток – загальна сума прибутку підприємства від усіх видів діяльності за звітний період.

Балансовий прибуток $\Pi_б$ за рік визначається за формулою:

$$\Pi_б = D_i - B_e - B_w - A_p, \quad (5.6)$$

де D_i – надходження за транспортування електроенергії, тис. грн.;
 B_e – витрати на експлуатацію мережі, тис. грн.;
 B_w – вартість втрат електроенергії; тис. грн.;
 A_p – амортизаційні відрахування на реновацію; тис. грн.

5.5 Поточний річний чистий прибуток Π_t дорівнює балансовому прибутку за відрахуванням податку з прибутку та оплати відсотка на кредит:

$$P_p = P_{\phi} - P_{ПДВ} - B_{кр}, \quad (5.7)$$

де $P_{ПДВ}$ - податок на прибуток; тис. грн.;

$B_{кр}$ - оплата відсотків за кредит, тис. грн.

Чистий прибуток – прибуток підприємства, який залишається після сплати податку на прибуток. Ставка податку на прибуток становить 25%.

Грошовий потік згідно Положень (стандарту) бухгалтерського обліку (П (С)БО) 4 „Звіт про рух грошових коштів” – це надходження та вибуття грошових коштів та їх еквіваленти.

5.6. Чистий грошовий потік Π дорівнює сумі усіх доходів та витрат за рік, без урахування амортизаційних відрахувань:

$$\Pi = P_p + A_p + K_l - K_p, \quad (5.8)$$

де K_p – капітальні вкладення за рік, тис. грн.;

K_l – ліквідна вартість, тис. грн.

Одним з основних показників ефективності капітальних вкладень є **дисконтований чистий прибуток (інтегральний ефект) $\Pi_{ДС}$** .

Дисконтування – це приведення майбутньої вартості до теперішньої вартості. Метод дисконтування доходів базується на перетворенні майбутніх доходів від експлуатації об'єкта чи майнового комплексу в нинішню його вартість.

Чистий прибуток дорівнює сумі дисконтованих грошових потоків за розрахунковий період:

$$\Pi_{ДС} = \sum_{i=1}^T \frac{\Pi}{(1 + E)^n}, \quad (5.9)$$

де E – норма дисконту;

n - плануємий термін окупності капітальних вкладень, років.

Норма дисконту, як правило, дорівнюється до процентної ставки Національного банку України за довгостроковими вкладами, $E = 8\%$.

5.7. Загальний чистий прибуток визначає суму, на яку може розраховувати інвестор за період будівництва та експлуатації об'єкту. Величина $\Pi_{ДС}$ використовується у якості критерію як загальної, так й порівняльної ефективності інвестицій.

Інвестиції – це довгострокове вкладення на придбання основних фондів і оборотних засобів в процесі господарської діяльності.

Інвестиціями є всі види майнових та інтелектуальних цінностей, що вкладаються в об'єкти підприємницької та іншої видів діяльності, в результаті яких створюється прибуток або досягається соціальний ефект.

Критерієм загальної ефективності інвестицій є позитивне значення $\Pi_{ДС} > 0$.

При зіставленні альтернативних варіантів інвестиційних проектів критерієм порівняльної ефективності є умова максимальності значення $\Pi_{ДС} \rightarrow \max$.

Показник $\Pi_{ДС}$ може застосовуватись для любых варіантів проектних рішень.

5.8 Визначення поточних виробничих витрат

Виробничі витрати – це вартість ресурсів, використаних в технологічному процесі, при виробництві продукції, які складають виробничу собівартість.

Поточні виробничі витрати визначаються $B_{вр.}$ за формулою:

$$B_{вр.} = A_p. + B_o. + B_w. , \quad (5.10)$$

де $A_p.$ - амортизаційні відрахування, тис. грн.;
 $B_o.$ - вартість обслуговування, тис. грн.;
 $B_w.$ - щорічні витрати на покриття втрат електроенергії, тис. грн.

Амортизація – це списання протягом певного часу згідно з вимогами оподаткування та бухгалтерського обліку початкової балансової вартості основних фондів з метою відшкодування витрат на їх придбання.

Під терміном "амортизація" основних фондів і нематеріальних активів слід розуміти поступове віднесення втрат на їх придбання, виготовлення або поліпшення, на зменшення скоригованого прибутку платника податку у межах норм амортизаційних відрахувань, установлених цією статтею.

Згідно закону України "Про оподаткування прибутку підприємств", амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A_p. = \frac{a_{p1}}{100} \cdot K_{пл} + \frac{a_{p2}}{100} \cdot K_{тп} \quad (5.11)$$

де a_{p1} - норма амортизації на податковий рік, $a_{p1} = 5\%$ для ПЛ 10 та 35 кВ;
 a_{p2} - норма амортизації на податковий рік для трансформаторних підстанцій, $a_{p2} = 15,0\%$.
 $K_{пл,тп}$ - розмір капітальних вкладень відповідного обладнання, тис. грн.

Норми амортизації визначаються згідно чинного законодавства, якщо фонди придбані після 1.01.2004 року, то норми амортизації складають на податковий квартал для першої групи обладнання 2 %; другої групи – 10 %; третьої групи – 6%; четвертої групи – 15 %.

До першої групи відносяться: будівлі, споруди, їх структурні компоненти та передавальні пристрої, вартість поліпшення землі.

До другої групи відносяться: автомобільний транспорт та вузли (запчастини) до нього.

До третьої групи відносяться будь-які інші основні фонди, не включені до груп 1, 2, 4.

До четвертої групи відносяться: електронні обчислювальні машини, інші машини для автоматичного оброблення інформації, зв'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, інші інформаційні системи, комп'ютерні програми.

Вартість обслуговування визначається за річними експлуатаційними витратами (таблиця 5.1) за формулою:

$$B_o = \kappa_n \sum_{i=1}^m N , \quad (5.12)$$

де κ_n - норми витрат і-го обладнання, %;
 N - вартість основних фондів за видами обладнання, тис. грн.

Вартість втрат електроенергії для мережі з завданням навантаженням споживачів визначається за формулою

$$B_w = 10 \cdot \Delta W \cdot \Pi_i \quad (5.13)$$

де ΔW - кількість втрат електроенергії, млн. кВт·год;

Π_i - вартість (тариф) однієї кВт·год. електроенергії, коп./кВт·год.

Кількість втрат електроенергії в проводах повітряних ліній електроенергії визначаються згідно методики.

Таблиця 5.1 – Річні експлуатаційні витрати

Напруга мережі, кВ	Витрати, % від вартості основних фондів
--------------------	---

	Повітряні лінії	Підстанції споживчі
10	3,9	4,3
35 – 110	1,2	2,4
220 - 750	0,9	2,4

Втрати активної та реактивної енергії визначаються за формулами:

$$\Delta W_P = \frac{W_P^2 + W_Q^2}{U_n^2 \cdot T_p} r_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (5.14)$$

$$\Delta W_Q = \frac{W_P^2 + W_Q^2}{U_n^2 \cdot T_p} x_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (5.15)$$

де W_P, W_Q - кількість активної та реактивної електроенергії, млн.кВт.·год.;

U_n - номінальна напруга лінії електропередачі, кВ;

r_0, x_0 - питомий активний та індуктивний опір проводів лінії, Ом/км;

l - розрахункова довжина повітряних ліній, км;

T_p - кількість годин роботи лінії, год. / рік;

Якщо розрахункові лічильники встановлені на стороні низької напруги трансформаторів, до значення, врахованого лічильниками, додаються розрахункові втрати в трансформаторах.

Втрати активної та реактивної електроенергії у двообмоточному трансформаторі визначаються за формулою:

$$\Delta W_P = \kappa_z^2 \cdot \Delta P_K \cdot \tau + \Delta P_x \cdot T_p \quad (5.16)$$

$$\Delta W_Q = \kappa_z^2 \cdot \Delta Q_K \cdot \tau + \Delta Q_x \cdot T_p \quad (5.17)$$

де κ_z - коефіцієнт завантаження;

ΔP_K - втрати активної потужності в міді обмоток трансформатора при номінальному навантаженні, кВт;

ΔP_{xx} - втрати активної потужності в сталі трансформатора, кВт;

ΔQ_K - втрати реактивної потужності трансформатора при короткому замиканні, квар;

ΔQ_x - втрати реактивної потужності трансформатора при холостому ході, квар;

T_p - час роботи трансформатора, год.;

τ - час максимальних втрат, год/рік.

Коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

$$\kappa_z = \frac{S_\phi}{S_n} = \frac{W_P}{S_n \cdot \tau \cdot \cos \varphi} \quad (5.18)$$

де S_ϕ - середнє фактичне навантаження трансформатора по даним фактичного споживання активної та реактивної електроенергії за розрахунковий період, кВА.

Для інженерних розрахунків допускається прийняття спрощеної методики обчислення втрат електроенергії в повітряних лініях 6-35 кВ.

Втрати електроенергії в лінії визначаються за формулою

$$\Delta W_p = W_p \cdot \% \Delta P \quad (5.19)$$

де $\% \Delta P$ - відсоток втрат потужності, %.

Відсоток втрат потужності в лінії визначається від значення економічної потужності для даної лінії і визначається за формулою:

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P_{ек.}} \cdot 100\% \quad (5.20)$$

де ΔP - втрати потужності в лінії, кВт;
 $P_{ек.}$ - економічна потужність лінії, кВт.

Таблиця 5.2 – Питомі втрати потужності на 1 км повітряної лінії, кВт/км

Переріз проводу, мм ²	Марка проводу		
	A	AC	ACU
16	1,82	1,91	-
25	2,88	3,13	-
35	4,05	4,05	-
50	5,72	5,72	-
70	8,0	8,0	-
95	10,8	10,8	-
120	14,1	14,1	14,1
150	17,15	17,15	17,5
185	21,1	-	21,1
240	27,2	-	27,2

Рентабельність підприємства показує ступінь прибутковості його діяльності і розраховується як відношення прибутку до собівартості реалізованої продукції, і показується у відсотках.

Норма рентабельності (норма прибутку) – це відношення прибутку підприємства до суми середньорічної вартості основних і оборотних засобів, і показується у відсотках.

Таблиці 5.3 - Економічна потужність ліній електропередач марок А, АС, АСУ, МВт

Переріз проводу, мм ²	Номинальна напруга мережі живлення, кВ		
	6	10	35
16	0,18	0,3	-
25	0,285	0,475	-
35	0,4	0,66	2,2
50	0,57	0,95	3,2
70	0,8	1,3	4,4
95	1,08	1,8	6,0
120	1,37	2,28	7,6
150	1,7	2,85	9,5
185	-	-	11,7

Рентабельність інвестицій R_I (проста норма прибутку) – це відношення поточного річного прибутку (без урахування амортизаційних урахувань та з додатком ліквідної або залишкової вартості) до капітальних вкладень, в результаті яких цей прибуток отримано:

$$R_I = \frac{\Pi_p - A_p + K_{лм}}{K} \quad (5.21)$$

Рентабельність інвестицій характеризує частку капітальних вкладень, яка повертається щорічно у вигляді прибутку.

5.9 Визначення терміну окупності капітальних вкладень

Одиницею калькулювання продукції електростанції є 1000 кВт/год. енергії. Собівартість 1000 кВт/год. енергії визначається шляхом ділення суми виробничих витрат за звітний рік на кількість виробленої енергії (послуг). При цьому із загальної кількості виробленої енергії кожного виду вираховується кількість енергії, яка використана протягом року на власні потреби.

Підприємства, які не мають електростанцій, можуть отримувати електроенергію зі сторони по електричним мережам з понижуючих електропідстанцій і трансформаторних пунктів. У цих випадках собівартість електроенергії визначається шляхом додавання до вартості цієї енергії за встановленими тарифами таких витрат підприємства:

- вартості матеріалів і запасних частин для утримання електромережі, обладнання підстанцій і трансформаторних пунктів;
- витрат на оплату праці чергових майстрів, електромонтерів, слюсарів та інших робітників, зайнятих обслуговуванням електромереж, обладнання підстанцій і трансформаторних пунктів;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизаційних відрахувань на погашення вартості основних засобів, які безпосередньо беруть участь у розподіленні електроенергії.

Вартість передачі і розподілу однієї кВт·год. електроенергії визначаються за формулою:

$$C = \frac{B_{\text{вр.}}}{W_{\text{мр.}}} \quad (5.22)$$

де $W_{\text{мр}}$ – фактична передача (транзит) електроенергії, млн. кВт·год.;

Собівартість – економічний показник, складається із витрат на одиницю продукції. Загальна величина витрат складається із матеріальних витрат і оплати праці. Чим менша сума витрат на одиницю продукції, тим вища її рентабельність і прибутковість. Перелік і склад статей, калькулювання виробничої собівартості встановлюється підприємством згідно з чинним законодавством.

Для визначення прибутку від надходження за послуги від передачі (транзиту) електроенергії, а також вартості втрат у мережі, рекомендується використовувати діючі на момент виконання розрахунку тарифи на електроенергію та їх складові.

Прибутки від транспортування електроенергії визначаються за формулою:

$$\Pi_{i+1} = \frac{(C_i - C_i) \cdot W_{\text{мр.}}}{1 + d} \quad (5.23)$$

де C – собівартість однієї кВт·год. електроенергії, коп/кВт·год.;

d – ставка податку на додану вартість, $d=20\%$ (ПДВ).

Термін окупності капітальних вкладень розраховується за формулою 5.2, а також може визначатися як величина, яка дорівнює зворотній величині рентабельності інвестицій:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{R_I} \quad (5.24)$$

Приріст прибутку (у формулі 5.2) розраховується як різниця прибутків за попередній період (Π_i) і розрахунковий (Π_{i+1}).

$$\Delta\Pi = \Pi_{i+1} - \Pi_i \quad (5.25)$$

де Π_i – прибуток, тис. грн..

Прийняті технічні рішення на модернізацію та реконструкцію об'єктів систем електропостачання повинні підтверджуватись техніко-економічними показниками ефективності капітальних вкладень.

5.10 Приклад розрахунку

Приклад 5.1 Виконати розрахунки техніко-економічних показників ефективності капітальних вкладень на реконструкцію району електропостачання.

Рішення. Розрахунки ефективності капітальних вкладень виконуємо шляхом порівняння розрахованих показників проектного і базового (існуючого) варіантів системи електропостачання району споживачів. План розвитку мереж 10 кВ району електропостачання II зони і розрахункова схема ПЛ-10 кВ представлені на рисунках 6.7 і 5.25.

5.1.1 Вартість капітальних вкладень розраховуємо на основі кошторису та фінансових розрахунків в діючих цінах. Обладнання, яке вибрано у розділі 5, наведено в таблицях 5.1...5.38. і рисунку 5.25.

Визначаємо вартість обладнання 1 км повітряних ліній 10 кВ. Загальна довжина ПЛ 10 кВ складає 37,9 км (дивись рисунок 3.9). Вартість одного кілометра 25 тис. грн. Загальна вартість повітряних ліній буде дорівнювати

$$K_{ПЛ10} = K_{1 \text{ км}} \cdot L_{10 \text{ кВ}} = 37,9 \cdot 25,0 = 946,5 \text{ тис. грн.}$$

Вартість виконання електромонтажних робіт приймаємо 25% від вартості обладнання, відповідно $K_{ЕМР} = 946,5 \cdot 0,25 = 236,6 \text{ тис. грн.}$

Ліквідну вартість обладнання базового варіанту, яке знаходиться в експлуатації (19 років), визначаємо за виразом (5.5):

$$K_{\text{лдм}} = 1314,7 \left(1 - \frac{5}{100} \cdot 19\right) = 65,8 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків для іншого обладнання доцільно виконувати у вигляді таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Основні капіталовкладення на монтаж електрообладнання, тис. грн.

Найменування елементів, обладнання	Одиниці	Кількість	Проектний варіант			Базовий варіант	
			Вартість одиниці обладнання грн.	Всього обладнання	монтажу	Капітальні вкладення	Ліквідна вартість обладнання
1	2	3	4	5	6	7	8
ВРП 35 кВ:	шт.	1	64,3	64,3	16,1	70,7	4,0
Роз'єднувачі РДЗ.2-35/1000 УХЛ1	шт.	3	1,70	5,1	1,3	5,6	0,3
Трансформатори напруги ЗНОМП-35-У1	шт.	1	4,90	4,9	1,2	5,4	0,3
Відокремлювач ОД-35/630 У1	шт.	1	3,40	3,4	0,9	3,7	0,2
Короткозамикач КРН-35У1	шт.	1	3,60	3,6	0,9	4,0	0,2
Трансформатори струму ТФЗМ	шт.	3	3,80	11,4	2,9	12,5	0,7
Трансформатори струму ТВТ-35-Р	шт.	3	3,75	11,3	2,8	12,4	0,7
Розрядники РВС-35	шт.	3	0,68	2,0	0,5	2,2	0,1
Вимикачі ВТ-35/800-12,5У1	шт.	1	22,6	22,6	5,7	24,9	1,4
Трансформатор силовий ТМН-2500	шт.	1	96,2	96,2	24,1	105,8	6,0
Комірки 10 кВ КРЗ-10	шт.	5	1,7	8,5	2,1	9,4	0,5
Вимикачі вакуумні ВВ-10У-20/630 У3	шт.	5	11,3	56,5	14,1	62,2	3,5
Трансформатор власних потреб ТМ-25	шт.	1	2,4	2,4	0,6	2,6	0,2

Трансформатор напруги ЗНМИ-10-У2	шт.	1	2,10	2,1	0,5	2,3	0,1
Запобіжники ПКТ-10-12,5У1	шт.	2	0,04	0,1	0,0	0,1	0,0
Розрядники РВО-10	шт.	4	0,23	0,9	0,2	1,0	0,1
Трансформатори струму ТПЛ-10	шт.	20	0,42	8,4	2,1	9,2	0,5
Заземляючі ножі	шт.	5	0,36	1,8	0,5	2,0	0,1
Амперметр Э378	шт.	8	0,52	4,2	1,0	0,0	0,3
Вольтметр Э378	шт.	1	0,52	0,5	0,1	4,6	0,0
Ватметр Д30	шт.	1	0,08	0,1	0,0	0,6	0,0
Варметр Д341	шт.	1	0,08	0,1	0,0	0,1	0,0
Лічильник активної енергії САУЗ	шт.	7	0,33	2,3	0,6	0,1	0,1
Лічильник реактивної енергії СРУЗ	шт.	6	0,36	2,2	0,5	2,5	0,1
ТП 10/0,4 кВ:							
S _н = 63 кВА	шт.	1	3,2	3,2	0,8	3,5	0,2
S _н = 100 кВА	шт.	7	3,8	26,6	6,7	29,4	1,7
S _н = 160 кВА	шт.	14	4,1	57,4	14,4	49,6	2,8
S _н = 250 кВА	шт.	5	4,6	23,0	5,8	15,2	0,9
S _н = 400 кВА	шт.	6	6,5	39,0	9,8	14,3	0,8
Вартість капіталовкладень РТП, ТП				399,7	99,9	387,5	19,4
ПЛ 10 кВ	км	37,9	25,0	946,5	236,6	927,2	46,4
Всього				1346,2	336,5	1314,7	65,8

Вартість робіт, які пов'язані з демонтажем обладнання, визначаємо за фактичними витратами підприємства і приймаємо 57% від ліквідної вартості.

$$K_d = 0,57 \cdot 65,8 = 37,5 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо величину капітальних вкладень на реконструкцію електричної мережі за виразом (5.4) $K = \Sigma K_n - \Sigma K_{\text{л.д.м.}} + \Sigma K_d$, і даними, які отримані в таблиці 5.4.

Вартість нових капітальних вкладень складається із суми вартості обладнання і вартості на проведення електромонтажних робіт.

$$K = (1346,2 + 336,5) - 65,8 + 37,5 = 1654,4 \text{ тис. грн.}$$

5.2.1 Визначаємо поточні виробничі витрати за виразом (5.10) $B_{\text{в.р.}} = A_p + B_o + B_w$. Амортизаційні відрахування визначаємо шляхом помноження початкової вартості обладнання (таблиці 5.4) на встановлену норму амортизації (формула 5.11).

$$A_p = \frac{8}{100} \cdot (946,5 + 236,6) + \frac{24}{100} \cdot (399,7 + 99,9) = 214,5 \text{ тис. грн.}$$

Вартість обслуговування визначаємо за річними експлуатаційними витратами і нормами витрат на обслуговування обладнання (таблиця 5.1) за виразом (5.12).

$$B_o = 0,039 \cdot (946,5 + 236,6) + 0,043 \cdot (399,7 + 99,9) = 62,62 \text{ тис. грн.}$$

Втрати активної та реактивної енергії в повітряних лініях 10 кВ визначаємо за формулами (5.14 і 5.15)

Виконуємо розрахунки втрат на ділянці лінії РТП₀₂-1, яка виконана проводом марки А95 (таблиця 4.19).

$$\Delta W_p = \frac{2791525^2 + 1674915^2}{10^2 \cdot 8760} \cdot 0,308 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} = 4285,1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$\Delta W_p = \frac{2791525^2 + 1674915^2}{10^2 \cdot 8760} \cdot 0,332 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} = 4619,0 \text{ квар} \cdot \text{год.}$$

Розрахунки втрат електричної енергії на інших ділянках ПЛ 10 кВ виконуємо у табличній формі.

Втрати активної та реактивної електроенергії у трансформаторах визначаємо за формулами (5.16 і 5.17). Технічні дані силового трансформатора ТМН-2500-35/10 кВ наведені в таблиці 5.34. Втрати активної потужності в трансформаторі

$$\Delta W_p = \left(\frac{2250}{2500} \right) \cdot 26 \cdot 2000 + 5,1 \cdot 8760 = 87199 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$\Delta W_Q = \left(\frac{2250}{2500} \right) \cdot 162,5 \cdot 2000 + 27,5 \cdot 8760 = 42523 \text{ квар} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 5.5 – Розрахунок втрат електричної енергії в ПЛ-10 кВ

Найменування параметрів	Дані			
	Ф-3	Ф-1	Ф-2	Ф-4
Вихідні дані для розрахунку:				
Довжина лінії, км, L	1,15	-	-	1,2
	2,63	2,3	0,8	1,3
	8,49	3,41	10,15	7,99
Марка проводу	A95	-	-	A95
	AC70	AC70	AC70	AC70
	AC35	AC35	AC35	AC35
Питомий активний опір лінії, R , Ом/км	0,308	-	-	0,308
	0,42	0,42	0,42	0,42
	0,773	0,773	0,773	0,773
Питомий реактивний опір лінії, X , Ом/км	0,332	0,332	0,332	0,332
	0,341	0,341	0,341	0,341
	0,366	0,366	0,366	0,366
Споживання активної енергії за рік, млн. кВт·год., W_p	2,79	0,46	0,27	0,35
Споживання реактивної енергії за рік, млн.квар·год., Q_w	1,67	0,27	0,16	0,21
Кількість годин роботи лінії за рік, T_n год,	8760	8760	8760	8760
Номінальна напруга лінії, U_n , кВ	10	10	10	10
Розрахункові дані:				
Опір лінії активний, Ом				
$R_{e1} = r_{o1} \cdot L_1$	0,35	-	-	0,40
$R_{e2} = r_{o2} \cdot L_2$	1,10	0,97	0,34	0,55
$R_{e3} = r_{o3} \cdot L_3$	6,56	2,64	7,85	6,18
$R_e = R_{e1} + R_{e2} + R_{e3}$	8,02	3,60	8,18	6,72
Опір лінії реактивний, Ом				
$X_{e1} = x_{o1} \cdot L_1$	0,38	0,00	0,00	0,40
$X_{e2} = x_{o2} \cdot L_2$	0,90	0,78	0,27	0,44
$X_{e3} = x_{o3} \cdot L_3$	3,11	1,25	3,71	2,92
$X_e = X_{e1} + X_{e2} + X_{e3}$	4,39	2,03	3,99	3,77

Втрати активної енергії, ΔW_P , тис. кВт·год.	97,0	1,0	0,65	0,75
Втрати реактивної енергії, ΔW_Q , квар·год.	53,0	0,56	0,32	0,42

Результати розрахунків показуємо в таблиці 5.6

Вартість втрат електричної енергії визначаємо за формулою (5.13)

$$B_W = 10 \cdot [(97 + 0,1 + 0,65 + 0,75 + 87,2) \cdot 15,6 + (53,1 + 0,56 + 0,31 + 0,42 + 506,7) \cdot 4] / 1000 = 51,54 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 5.6 - Розрахунок втрат електричної енергії в трансформаторі

Найменування параметрів	Дані
1. Паспортні дані трансформатора:	
1.1 Тип трансформатора	ТМН-2500-35/10
1.2 Номінальна потужність, S_n , кВА	2500
1.3 Втрати холостого ходу, P_x , кВт	5,1
1.4 Втрати короткого замикання, P_k , кВт	26,0
1.5 Струм холостого ходу трансформатора, i_x , %	1,1
1.5 Напруга короткого замикання, u_k , %	6,5
2. Вихідні дані для розрахунку:	
2.1. Кількість годин роботи трансформатора в рік, T_p , год.	8760
2.2. Час максимальних втрат, τ , год./рік	2000
2.3. Споживання активної енергії за рік, W_P , кВт·год	3 877 118
2.4. Споживання реактивної енергії за рік, W_Q , квар·год	2 326 271
3. Розрахункові дані:	
3.1 Втрати реактивної потужності трансформатора, при холостому ході $Q_x = S_n \cdot (i_x / 100)$, вар	27,5
при короткому замиканні $Q_k = S_n \cdot (u_k / 100)$	162,5
3.2 Середньозважений коефіцієнт потужності	
$\cos \varphi = \cos(\arctg(W_Q/W_P))$	0,86
3.3 Коефіцієнт завантаження $k_z = W_P / (S_n \cdot \tau \cdot \cos \varphi)$	0,90
3.4 Втрати активної енергії в трансформаторі	
$\Delta W_P = k_z^2 \cdot P_k \cdot \tau + P_x \cdot T_n$	87199
3.5 Втрати реактивної енергії в трансформаторі, квар·год.	
$\Delta W_Q = k_z^2 \cdot Q_k \cdot \tau + Q_x \cdot T_n$	506667

Визначаємо поточні виробничі витрати

$$B_{вр} = 214,5 + 62,62 + 51,54 = 333,71 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо приведені витрати варіанту, який проектується за виразом

$$Z_i = C_i + E_n K_i$$

$$Z = 333,71 + 0,12 \cdot 1654,4 = 532,24 \text{ тис. грн.}$$

5.1.3 Визначаємо термін окупності капітальних вкладень. Собівартість передачі і розподілу 1 кВт·год. електричної енергії в умовах експлуатації визначаємо шляхом ділення сумарних річних витрат на кількість корисно відпущеної електроенергії за виразом (5.22)

$$C = \frac{333710}{3877118} = 0,086 \frac{\text{коп.}}{\text{кВт} \cdot \text{год.}}$$

Визначаємо прибуток від транспортування електроенергії за виразом (5.23)

$$\Pi = \frac{(15,6 - 0,086)}{1,2 \cdot 100} \cdot 3877118 = 501,24 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховуємо за виразом (5.24)

$$T = \frac{1654,4}{504,24} = 3,28 \text{ року}$$

Ефективність капітальних вкладень визначаємо за виразом (5.25)

$$E = \frac{504246,7}{1654400} = 0,30$$

Результати розрахунків техніко-економічних показників ефективності капітальних вкладень на реконструкцію району електропостачання показуємо в формі таблиці 5.7 з порівнюванням даних існуючого варіанту системи електропостачання.

Таблиця 5.7 – Показники техніко-економічних розрахунків

Показники	Варіанти		
	Проект	База	Різниця
Капітальні вкладення, тис. грн.	1654,4	1314,7	339,7
Приведені витрати, тис. грн.	532,24	565,64	-33,4
Виробничі витрати, тис. грн.	333,71	356,5	-22,7
Кількість електроенергії, млн. кВт·год.	3,877	3,3,64	+0,23
Собівартість електроенергії, коп./кВт·год.	0,086	0,098	-0,012
Прибуток, тис. грн.	504,24	369,27	+135,0
Ефективність витрат	0,30	0,02	+0,14
Термін окупності, року	3,28	-	-

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- Надайте визначення поняттю «Чистий грошовий потік».
- Надайте визначення поточному річному чистому прибутку.
- Яким чином визначаються поточні виробничі витрати?
- Надайте визначення поточному загальному чистому прибутку
- Яким чином розраховується ефективність капітальних вкладень?
- Яким чином розраховуються приведені витрати ?
- Від яких складових залежить термін окупності капітальних вкладень?
- Які складові враховують при визначенні виробничих витрат?
- Яким чином розраховується собівартість відпущеної або переданої електричної енергії?

Перелік рекомендованої літератури

1 – с. 172 – 177; 3 – 85 - 98; 4 – с. 462 – 480;

1. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П., Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. - М.: Колос, 1998-223с.

2. Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации технологических процессов / Ф.Я.Изаков, В.Р.Казадаев, А.Х.Ройтман, Б.В.Шманов – М.: Агропромиздат, 1988 – 183 с.

3. Поярков К.М. Практикум по проектированию комплексной электрификации - М.: - Агропромиздат, 1987-192с.

4. Єрмолаєв С.О., Яковлєв В.Ф., Мунтян В.О., Козирський В.В., Радько І.П., Куценко Ю.М. Проектування систем електропостачання в АПК./ Навчальний посібник: Мелітополь.: Люкс, 2009 – 567с.

Навчально-методична література

Підручники, посібники

1. Проектирование комплексной электрификации. / Под ред.. Л.Г.Прищепы. М.:Колос, 1983. -271 с.
2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/ А.С.Клюев, Б.В.Глазов и др.; Под ред.. А.С.Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990,-464 с.
3. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації : навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.
4. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І.І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К. : НМЦ мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с.
5. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Загальні питання проектування / В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, С.О. Квітка, Ю.О. Богатирьов ; за загальною редакцією професора В.Ф. Яковлева. – Мелітополь, 2010. – 117 с.
6. Проектування систем електропостачання в АПК : навч. посібник / С. О. Єрмолаєв, В. Ф. Яковлев, В. О. Мунтян [та ін.]. – Мелітополь : Люкс, 2009. – 568 с.
7. Електричне освітлення та опромінення: навчальний посібник для студентів вищ. Навч. Закл. /Р.В. Кушлик, В.Ф.Яковлев, Ю.М.Куценко, М.Л.Лисиченко, П.М.Кунденко, Ю.М.Федюшко – Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. – 332 с.
8. Водяников В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК. – М.: Колос, 2008. – 263 с.

Інші джерела

14. Дистанційний курс з дисципліни «Основи проектування енергетичних об'єктів АПК» в середовищі Moodle / [Электронный ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://cdn.snau.edu.ua/moodle/course/view.php?id=2090>.

ДЛЯ НОТАТОК

[illegible]

Яковлєв Валерій Федорович

Савойський Олександр Юрійович

Лисенко Віта Василівна

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ АПК

**Методичні вказівки щодо виконання
лабораторно-практичних занять**

для здобувачів вищої освіти 4 та 2 с.т. курсів спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
першого рівня вищої освіти
ступеня вищої освіти «Бакалавр»

Суми, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва 160.

Підписано до друку: _____ 2022 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж _____ примірників

Замовлення

Ум. друк. арк. 1.6
