



Міністерство освіти і науки України
Национальний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики
та обчислювальної техніки

Кафедра автоматизації, електротехнічних
та комп'ютерно-інтегрованих технологій

04-03-184

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуальних завдань з навчальної дисципліни


«Електричні системи та мережі»

(розділ «Розрахунок розімкнених електричних мереж»)
для студентів спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Рекомендовано науково-методичною
комісією зі спеціальності
141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
Протокол № 8 від 24 січня 2017 р.

Рівне – 2017

 Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з навчальної дисципліни «Електричні системи та мережі» (розділ «Розрахунок розімкнених електричних мереж») для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Давиденко В.А. - Рівне: НУВГП, 2017.– 24 с.

Укладач: Давиденко В.А., канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: Древецький В.В., доктор техн. наук, професор, зав. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій



	Стор.
ВСТУП	4
1 ЗАВДАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ	5
2 МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	9
1.1 Особливості розрахунку місцевих розімкнених мереж	9
1.2 Розрахунок лінії з одним навантаженням	9
1.3 Розрахунок лінії з декількома навантаженнями	10
1.4 Вибір перерізу проводів повітряних ЛЕП	11
3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ	13
Перелік літератури	16
Додаток А Характеристики повітряних ліній	17
Додаток Б Експлуатаційні характеристики електричних мереж	21





ВСТУП

Метою вивчення дисципліни є отримання студентами уявлення про електричні мережі та системи, засвоєння основних методів розрахунку параметрів ustalених режимів мереж, ознайомлення з вимогами до параметрів, шляхи вирішення задач проектування та експлуатації електричних мереж.

Предметом вивчення курсу є будова, принцип дії та режими роботи електричних систем і мереж.

Основні завдання курсу полягають у формуванні системи знань про методологічні основи аналізу режимів і проектування електричних мереж, закріплення теоретичних знань та вироблення навичок їх застосування під час проектування електричних мереж електропостачання, а також у практичній інженерній діяльності; розвиток у студентів практичних навичок застосування схем заміщення та розрахунку їх параметрів, виконання розрахунків та аналізу ustalених режимів електричної мережі, вибору перерізу проводів та жил кабелів для проектування розвитку електричної мережі.

Однією з основних задач самостійної роботи студентів під час виконання індивідуальних завдань є закріплення теоретичних знань та навичок, отриманих під час вивчення матеріалу навчальної дисципліни. Крім того, самостійне вирішення практичних задач дозволяє краще зрозуміти та уявити фізичні процеси, що відбуваються в електричних мережах під час передачі та розподілу електроенергії.

Виконання індивідуальної роботи студентами – важливий метод засвоєння і закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань та практичних навичок, отриманих під час вивчення матеріалу.



1 ЗАВДАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Виконати розрахунок розгалуженої місцевої мережі напругою 110 кВ. Мережа проектується одноколовими повітряними лініями електропередачі з сталевалюмінієвими проводами, розміщеними по горизонталі. Відстань між проводами – 4,5 м. В процесі будівництва не передбачається перетину ПЛ з судноплавними річками та інженерними спорудами.

Схема мережі зображена на рисунку (таблиця 1.2). Довжини ліній задані в таблиці 1.3. Навантаження споживачів у вузлах мережі – в таблиці 1.4. Час використання максимального навантаження споживачів – в таблиці 1.5.

Номер схеми та інші вихідні дані вибрати згідно шифру завдання.

Шифр завдання згідно заданого викладачем варіанту – наведено в таблиці 1.1.

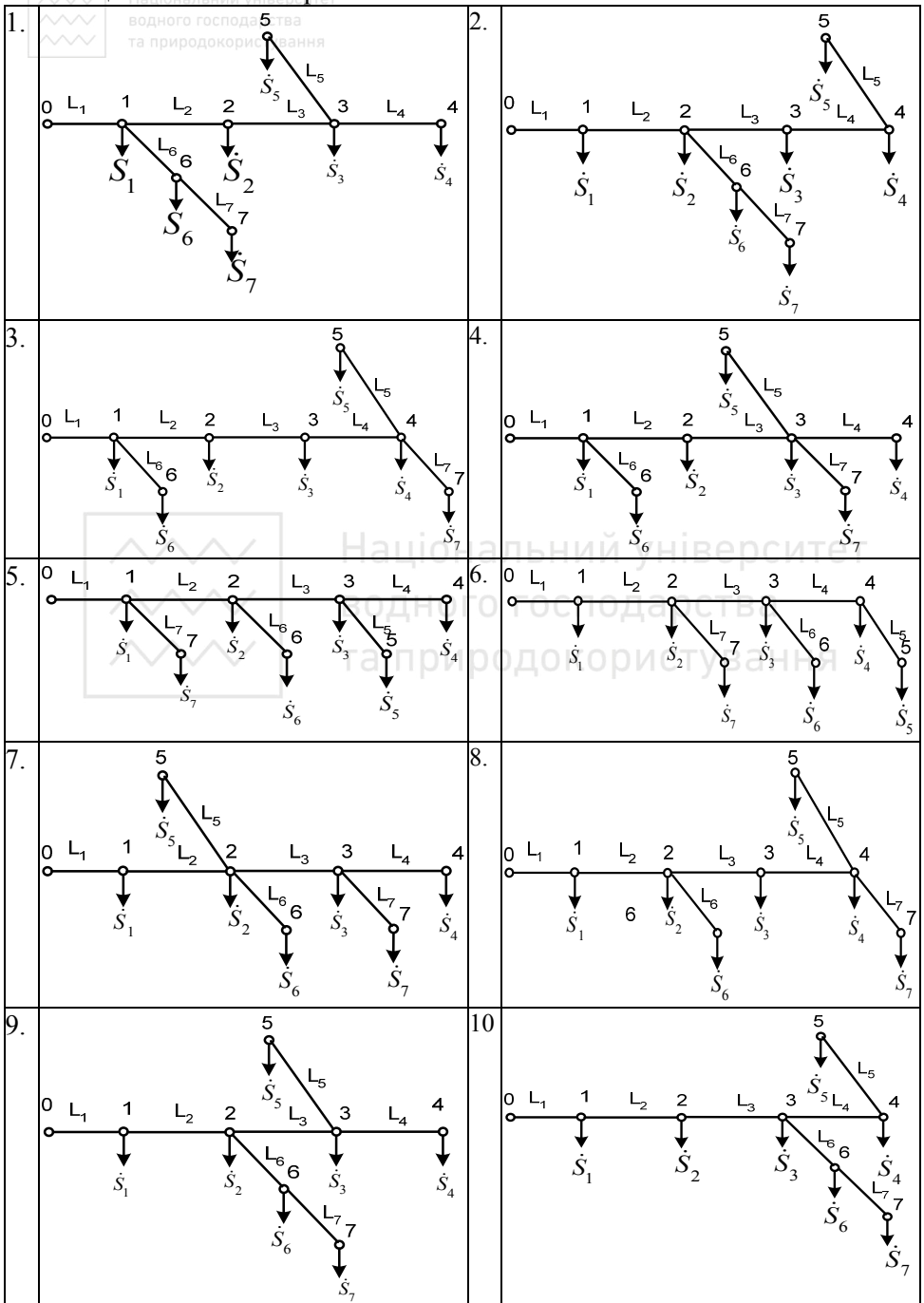
Алгоритм виконання.

1. Розрахувати поточкорозподіл на ділянках мережі.
2. Визначити розрахунковий струм на ділянках мережі.
3. Визначити час використання максимального навантаження для ділянок (за потреби).
4. Вибрати за таблицями значення економічної густини струму.
5. Розрахувати значення економічного перерізу для ділянок мережі.
6. Вибрати стандартний переріз мережі з урахуванням рекомендацій ПУЕ (2014 р.).
7. Для найбільш завантаженої ділянки з урахуванням вибраного перерізу скласти схему заміщення ЛЕП та обчислити її параметри.
8. Для вибраних значень перерізів ПЛ інших ділянок значення питомих опорів визначити за довідниковими таблицями та обрахувати значення опорів.
9. За довідниками для вибраних значень перерізів визначити тривало допустимі струми ліній.
10. Виконати перевірку вибраних ліній за втратою напруги.

Таблиця 1.1 – Шифр завдання

Варіант	Номер схеми	Варіант даних		
		за таблицею 3	за таблицею 4	за таблицею 5
1.	1	1	1	10
2.	2	2	2	9
3.	3	3	3	8
4.	4	4	4	7
5.	5	5	5	6
6.	6	6	6	5
7.	7	7	7	4
8.	8	8	8	3
9.	9	9	9	2
10.	10	10	10	1
11.	1	2	10	9
12.	2	3	9	8
13.	3	4	8	7
14.	4	5	7	6
15.	5	6	6	5
16.	6	7	5	4
17.	7	8	4	3
18.	8	9	3	2
19.	9	10	2	1
20.	10	1	1	10
21.	1	3	2	8
22.	2	4	3	7
23.	3	5	4	6
24.	4	6	5	5
25.	5	7	6	4
26.	6	8	7	3
27.	7	9	8	2
28.	8	10	9	1
29.	9	1	10	10
30.	10	2	4	9
31.	1	4	5	7
32.	2	5	6	6
33.	3	6	7	5
34.	4	7	8	4
35.	5	8	9	3
36.	6	9	10	2
37.	7	10	1	1
38.	8	1	2	10
39.	9	2	3	9
40.	10	3	9	8

Таблиця 1.2 – Схема мережі



Таблиця 1.3 – Довжина ліній

Варіант	L ₁ , км	L ₂ , км	L ₃ , км	L ₄ , км	L ₅ , км	L ₆ , км	L ₇ , км
1.	10	11	15	14	11	10	10
2.	15	12	10	16	12	18	9
3.	9	18	15	11	13	16	8
4.	10	16	10	10	14	14	7
5.	15	14	15	12	15	12	6
6.	10	12	10	11	16	10	11
7.	15	12	15	14	7	12	12
8.	9	10	10	12	8	14	13
9.	18	8	15	14	9	16	14
10.	15	10	10	15	8	11	15

Таблиця 1.4 – Навантаження вузлів

Варіант	\dot{S}_1 , кВА	\dot{S}_2 , кВА	\dot{S}_3 , кВА	\dot{S}_4 , кВА	\dot{S}_5 , кВА	\dot{S}_6 , кВА	\dot{S}_7 , кВА
1.	300+j200	200+j50	100+j50	200+j100	100+j150	50+j100	200+j120
2.	500+j400	600+j250	300+j200	200+j150	400+j220	300+j150	100+j120
3.	700+j400	600+j300	400+j150	200+j150	100+j50	300+j200	100+j50
4.	500+j450	600+j400	400+j200	200+j180	200+j100	200+j120	250+j50
5.	700+j600	400+j250	300+j150	400+j250	500+j150	200+j250	150+j50
6.	600+j400	800+j400	300+j250	500+j220	400+j300	100+j120	200+j120
7.	600+j300	400+j150	200+j150	300+j150	400+j250	500+j150	200+j120
8.	400+j150	200+j150	100+j50	300+j200	100+j50	500+j450	600+j400
9.	600+j300	400+j150	200+j150	100+j50	300+j200	200+j180	200+j100
10.	800+j400	300+j250	500+j220	300+j250	300+j200	200+j150	400+j220

Таблиця 1.5 – Час використання максимального навантаження споживачів

Варіант	T _{макс.1} , ГОД	T _{макс.2} , ГОД	T _{макс.3} , ГОД	T _{макс.4} , ГОД	T _{макс.5} , ГОД	T _{макс.6} , ГОД	T _{макс.7} , ГОД
1.	3000	2500	3000	3500	4000	5000	2500
2.	2500	3000	3500	4000	5000	2500	5500
3.	5500	3500	2500	3000	4000	3500	4500
4.	2500	3000	4000	3500	4500	5500	3500
5.	3500	4500	5500	3500	2500	3000	4000
6.	3500	2500	3000	4000	3500	4500	3000
7.	5500	3500	2500	3000	4000	3500	4500
8.	2500	3000	4000	5500	3500	5500	3500
9.	2500	3000	4000	3500	4500	2500	3000
10.	2500	3000	3500	4000	5000	5500	3500

2 МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Особливості розрахунку місцевих розімкнених мереж

В практичних розрахунках місцевих мереж - розподільчих мереж напругою до 35 кВ - обмежуються спрощеними методами. Вважають, що лінія має не розподілені, а зосереджені параметри (опори та провідності). Розрахунок виконують в такій послідовності:

- 1) навантаження виражають у вигляді потужностей в комплексному вигляді;
- 2) визначають навантаження на ділянках мережі;
- 3) визначають робочі струми на кожній ділянці:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3}U_{ном}}; \quad (2.1)$$

- 4) визначають площу перерізу провідника для кожної ділянки мережі;
- 5) вибирають стандартний переріз та виконують його перевірку на нагрів струм нормального режиму;
- 6) визначають активний та реактивний опори ділянок мережі;
- 7) визначають втрати напруги у найбільш віддалених від джерела живлення точках. Якщо значення втрат напруги перевищують допустиме значення, збільшують переріз та повторюють розрахунок.

2.2 Розрахунок лінії з одним навантаженням

Джерелом живлення місцевих мереж є або шини генераторної напруги електричних станцій, або шини вторинної напруги (6, 10, 35кВ) районних підстанцій. Розрахунок виконують для однієї фази.

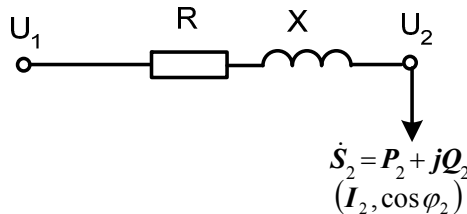


Рис.2.1

Коефіцієнт потужності, що передається через лінію:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2}. \quad (2.2)$$

Розрахунок мереж на втрату напруги зводиться до визначення подовжньої складової втрати напруги. Сенс має фазна втрата напруги, але для зручності розрахунків використовується лінійна:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \Delta U_{\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2}{U_2} (R \cdot \cos \varphi_2 + X \cdot \sin \varphi_2) \quad (2.3)$$

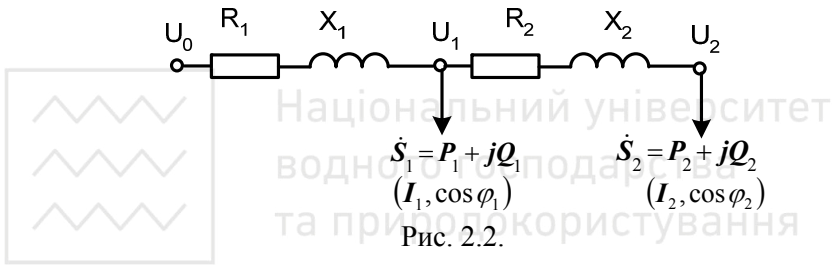
або

$$\Delta U = \frac{P_2 \cdot R + Q_2 \cdot X}{U_2} \quad (2.4)$$

Втрата напруги в відсотках:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_2} \cdot 100 \quad (2.5)$$

2.3 Розрахунок лінії з кількома навантаженнями



Для загального випадку n навантажень маємо:

- фазна втрата напруги:

$$\Delta U_{\phi} = \sum_{i=1}^n (I_{ai} \cdot R_i + I_{pi} \cdot X_i) \quad (2.6)$$

- лінійна втрата напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^n (I_{ai} \cdot R_i + I_{pi} \cdot X_i) \quad (2.7)$$

Якщо навантаження задані потужностями, то приймаючи напруги наприкінці ділянок рівною номінальній, отримаємо:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i)}{U_{ном}} \quad (2.8)$$

Значення потужностей P_i та Q_i для кожної ділянки мережі обчислюють, починаючи від найбільш віддаленої точки, і до джерела живлення.

У нерозгалуженій мережі найбільша втрата напруги – це втрата напруги від джерела живлення до кінцевої точки мережі.

Якщо відомо погонні активні і реактивні опори, то :

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i)}{U_{ном}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot l_i \cdot r_0 + Q_i \cdot l_i \cdot x_0)}{U_{ном}} =$$

$$= \frac{r_0 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i + x_0 \cdot \sum_{i=1}^n Q_i \cdot l_i}{U_{ном}} \quad (2.9)$$

Для мережі тільки з активним навантаженням, наприклад, для освітлювальної мережі:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot R_i}{U_{ном}} \quad (2.10)$$

Якщо переріз проводів по всій лінії однаковий

$$\Delta U = \frac{r_0 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{U_{ном}} = \frac{\rho \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{F \cdot U_{ном}} \quad (2.11)$$

2.4 Вибір перерізу проводів повітряних ЛЕП

Вибір перерізу проводів повітряних ліній по струму тривалого режиму виконують за економічною густиною струму:

$$F_e = \frac{I_{max}}{j_e}, \quad (2.12)$$

де F_e - переріз кабелю, мм²; I_{max} - розрахунковий струм в нормальному режимі найбільших навантажень, що проходить по лінії, $I_{max} = I_{роб. утяж.}$; j_e - економічна густина струму, яка визначається згідно довідникових даних залежно від матеріалу проводу числа годин використання максимуму навантаження T_{max} .

У нормальних режимах роботи густина струмів неізолюваних проводів ПЛІ 6-220 кВ не повинна перевищувати значень, наведених у табл. Б.1.

Якщо час використання максимального навантаження для різних споживачів, що отримують живлення від мережі, різний, то для максимально завантаженої ділянки:



$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\max_i}}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2.13)$$

Якщо споживачі приєднано до лінії на невеликих відстанях один від одного, доцільним є вибір однакового перерізу для всіх ділянок мережі.

Економічний переріз вибирають за струмом найбільш навантаженої ділянки. При цьому, на величину економічної густини струму вводять поправковий коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження:

$$k_n = \sqrt{\frac{I_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n}}, \quad (2.14)$$

де I_1, I_2, \dots, I_n – струми на окремих ділянках мережі; l_1, l_2, \dots, l_n – довжини ділянок; L – загальна довжина лінії.

Еквівалентна економічна густина струму:

$$j_e^e = j_e \cdot k_n \quad (2.15)$$

Знайдене значення F_e округлюють до найближчого стандартного.

Шкала стандартних перетинів проводів повітряних ліній і жил кабельних ліній електропередачі становить наступний ряд:

6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, ... мм²

Вибраний переріз перевіряють за технічними умовами:

- допустимому нагріву струмом навантаження в нормальному та після аварійному режимах;

$$I_p \leq I_{don}; \quad (2.18)$$

$$I_{n/ав.} \leq I_{don}, \quad (2.19)$$

I_p – розрахунковий струм нормального режиму; $I_{n/ав.макс.}$ – максимальний струм в післяаварійний режимі, його знаходять відповідними розрахунками; I_{don} – допустиме струмове навантаження, визначають з урахуванням довідникових значень, способу виконання та умов середовища, в якому прокладено лінію.

Допустимі тривалі струми неізолюваних проводів і шин визначено для температури повітря +25 °С, вітер відсутній.

Якщо дійсні умови відрізняються, то використовують відповідні коригувальні коефіцієнти, які вибирають за таблицями [6].

- умовою допустимої втрати напруги:

$$\Delta U_{i-j} = \frac{P_{i-j} \cdot R_{i-j} + Q_{i-j} \cdot X_{i-j}}{U_{ном}^2} \cdot 100\%, \quad (2.20)$$

де ΔU_{ij} - втрата напруги в % від номінального на ділянці $i-j$ мережі в нормальному режимі.



3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахувати ЛЕП розгалуженої розподільчої мережі напругою 35 кВ, схему якої зображено на рис. 3.1. Навантаження на схемі наведено в кВт та кВАр, довжини ліній – в км. Час використання максимального навантаження для споживачів 2 і 3 $T''=3200$ год., а для споживача 1 $T'''=7500$ год. Лінія проектується одноколвою з сталевалюмінієвими проводами, розміщеними по вершинах рівностороннього трикутника зі стороною $D=1500$ мм.

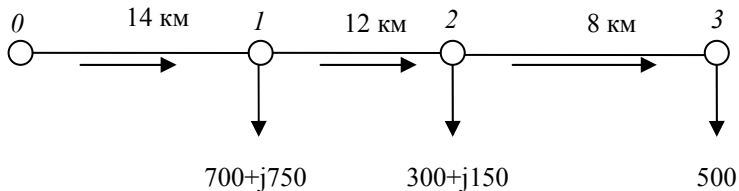


Рис 3.1. Схема мережі

Розв'язок:

Визначимо навантаження на ділянках:

Ділянка	2-3	1-2	0-1
Навантаження, МВА	500	800+j150	1500+j900

Розрахунковий струм ПЛІ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

Визначимо розрахункові струми ділянок мережі:

$$I_{p2-3} = \frac{\sqrt{P_{p2-3}^2 + Q_{p2-3}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{500^2 + 0^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 8,25 \text{ А};$$

$$I_{p1-2} = \frac{\sqrt{P_{p1-2}^2 + Q_{p1-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{800^2 + 150^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 13,44 \text{ А};$$

$$I_{p0-1} = \frac{\sqrt{P_{p0-1}^2 + Q_{p0-1}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{1500^2 + 990^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} = 28,9 \text{ А};$$

При $T''=3200$ год. економічна густина струму $j_e=1,1$ А/мм² (таблиця Б.1). Отже, для ділянок 2-3 та 1-2 економічні перерізи такі:

$$F_{e2-3} = \frac{I_{p2-3}}{j_e} = \frac{8,25}{1,1} = 7,5 \text{ мм}^2;$$

$$F_{e1-2} = \frac{I_{p1-2}}{j_e} = \frac{13,44}{1,1} = 12,22 \text{ мм}^2.$$

Згідно ПУЕ за умовами механічної міцності у 2 районі за ожеледдю мінімально допустимий переріз проводів складає 35/6,2 мм² (таблиця Б.2).

Примітка: район за ожеледдю вибирається згідно ПУЕ [6] з урахуванням місцевості, для якої проектується мережа.

Приймаємо для ділянки 2–3 та ділянки 1-2 провід АС-35/6,2.

Для ділянки 0–1 визначимо час використання максимального навантаження:

$$T_{0-1} = \frac{P_1 \cdot T'' + P_2 \cdot T' + P_3 \cdot T'}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{700 \cdot 7500 + 300 \cdot 3200 + 500 \cdot 3200}{700 + 300 + 500} = 5206,6 \text{ год.}$$

Економічна густина струму для ділянки 0–1 $j_e=1$ А/мм² (таблиця Б.1), а економічний переріз проводу:

$$F_{e1-2} = \frac{I_{p1-2}}{j_e} = \frac{28,9}{1} = 28,9 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо провід АС-35/6,2.

Вибраний переріз перевіряємо по допустимому нагріву струмом навантаження в нормальному режимі;

$$I_p \leq I_{\text{дон.}}$$

Тривало допустиме навантаження проводів вибраного перерізу (таблиця. А.2):

$$I_{\text{дон}} = 175 \text{ А,}$$

що значно перевищує значення розрахункових струмів ділянок.

Згідно довідникових даних питомі опори проводів:

- активний (таблиця А.1): $r_0 = 0,790$ Ом/км;

- реактивний (таблиця А.5): $x_0 = 0,385$ Ом/км (з урахуванням, що середньо геометрична відстань у випадку розміщення проводів у вершинах рівностороннього трикутника $D_{cp} = D = 1500$ мм).

Опори ліній ділянок мережі:

$$R = r_0 \cdot l; \quad X = x_0 \cdot l$$

$$R_{0-1} = 0,79 \cdot 14 = 11,06 \text{ Ом}; \quad X_{0-1} = 0,385 \cdot 14 = 5,39 \text{ Ом};$$

$$R_{1-2} = 0,79 \cdot 12 = 9,48 \text{ Ом}; \quad X_{1-2} = 0,385 \cdot 12 = 4,62 \text{ Ом};$$

$$R_{2-3} = 0,79 \cdot 8 = 6,32 \text{ Ом}; \quad X_{2-3} = 0,385 \cdot 8 = 3,08 \text{ Ом};$$

Втрати напруги у найбільш віддаленого споживача (до точки 3):

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i)}{U_{\text{ном}}}$$

$$\Delta U_{0-3} = \frac{1500 \cdot 11,06 + 900 \cdot 5,39 + 800 \cdot 9,48 + 150 \cdot 4,62 + 500 \cdot 6,32 + 0 \cdot 3,08}{35} = 939,4 \text{ В}$$

$$\Delta U_{0-3, \%} = \frac{\Delta U_{0-3}}{U_{ном}} \cdot 100 = \frac{939,4}{35000} \cdot 100 = 2,68\% < 5\%$$

Спроектована мережа задовольняє необхідні умови.

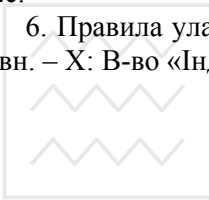


Національний університет
водного господарства
та природокористування



Перелік літератури

1. Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж: навч. посібник / В. А. Лушкін, І. Г. Абраменко, І. В. Барбашов та ін.; за ред. І. Г. Абраменка; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 193 с.
2. Сулейманов В.Н., Кацадзе Т.Л. Электрические сети и системы. – К.: НТУУ КПИ, 2007. – 506с.
3. Зорин В.В., Тисленко В.В. Системы электроснабжения общего назначения. – Чернигов: ЧГТУ, 2005. – 341 с.
4. Герасименко, А. А. Электроэнергетические системы и сети. Версия 1.0 [Электронный ресурс] / А. А. Герасименко, Е. С. Кинев, Т. М. Чупак. – Электрон. дан. (7 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Электроэнергетические системы и сети : УМКД № 261-2007 / рук. творч. коллектива Е. С. Кинев).
5. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі. – К.: Знання, 2007. – 292с.
6. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. – Х: В-во «Індустрія», 2014 - 796 с.






Характеристики повітряних ліній

Таблиця А.1 - Розрахункові дані сталелегатурних проводів марок АС, АСКС, АСКП, АСК

Номинальний переріз (алюміній / сталь), мм ²	Переріз, мм ²		Діаметр, мм		Електричний опір постійному струму при 20°С, Ом / км, не більше
	алюмінію	сталі	дроту	сталевого сердечника	
10/1,8	10,6	1,77	4,5	1,5	2,766
16/2,7	16,1	2,69	5,6	1,9	1,809
25/4,2	24,9	6,15	6,9	2,9	1,176
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,790
50/8,0	48,2	8,04	9,6	3,2	0,603
70/11	68,0	11,3	11,4	3,8	0,429
70/72	68,4	72,2	15,4	11,0	0,428
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,306
95/141	91,2	141,0	19,8	15,4	0,321
120/19	118,0	18,8	15,2	5,6	0,249
120/27	114,0	26,6	15,4	6,6	0,253
150/19	148,0	18,8	16,8	5,6	0,199
150/24	149,0	24,2	17,1	6,3	0,198
185/24	187,0	24,2	18,9	6,3	0,157
185/29	181,0	29,0	18,8	6,9	0,162
185/43	185,0	43,1	19,6	8,4	0,158
185/128	187,0	128,0	23,1	14,7	0,158
240/32	244,0	31,7	21,6	7,2	0,121
240/39	236,0	38,6	21,6	8,0	0,124
240/56	241,0	56,3	22,4	9,6	0,122
300/39	301,0	38,6	24,0	8,0	0,098
300/48	295,0	47,8	24,1	8,9	0,099
300/66	288,5	65,8	24,5	10,5	0,102
300/67	288,5	67,3	24,5	10,5	0,103
300/204	298,0	204,0	29,2	18,6	0,099
330/30	335,0	29,1	24,8	6,9	0,088
330/43	332,0	43,1	25,2	8,4	0,089
400/22	394,0	22,0	26,6	6,0	0,075
400/51	394,0	51,1	27,5	9,2	0,075
400/64	390,0	63,5	27,7	10,2	0,075
400/93	406,0	93,2	29,1	12,5	0,072
450/56	434,0	56,3	28,8	9,6	0,068
500/27	481,0	26,6	29,4	6,6	0,061
500/64	490,0	63,5	30,6	10,2	0,060
500/204	496,0	204,0	34,5	18,6	0,060
500/336	490,0	336,0	37,5	23,9	0,060
500/71	549,0	71,2	32,4	10,8	0,054

Таблиця А.2. Допустимі тривалі струми для неізольованих проводів

 Номінальний переріз, мм ²	водного господарства та прилеглих територій Струм, А, для проводів марок						
	АС, АСКС, АСК, АСКП			М	А і АКП	М	А і АКП
	Переріз (алю- міній/сталь), мм ²	зовні приміщень	усередині приміщень	зовні приміщень		усередині приміщень	
10	10/1,8	84	53	95	-	60	-
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	50/8	210	165	275	215	219	165
70	70/11	265	210	337	265	268	210
95	95/16	330	260	422	320	341	255
120	120/19	390	313	485	375	395	300
	120/27	375	-	-	-	-	-
150	150/19	450	365	570	440	465	355
	150/24	450	365	-	-	-	-
	150/34	450	-	-	-	-	-
185	185/24	520	430	650	500	540	410
	185/29	510	425	-	-	-	-
	185/43	515	-	-	-	-	-
240	240/32	605	505	760	590	685	490
	240/39	610	505	-	-	-	-
	240/56	610	-	-	-	-	-
300	300/39	710	600	880	680	740	570
	300/48	690	585	-	-	-	-
	300/66	680	-	-	-	-	-
	330	330/27	730	-	-	-	-
400	400/22	830	713	1050	815	895	690
	400/51	825	705	-	-	-	-
	400/64	860	-	-	-	-	-
500	500/27	960	830	-	980	-	820
	500/64	945	815	-	-	-	-
600	600/72	1050	920	-	1100	-	955
700	700/86	1180	1040	-	-	-	-

Таблиця А.3 – Характеристики алюмінієвих проводів

Марка проводу	Тривало допустиме навантаження, А	Питомий активний опір при 20 ⁰ С, Ом/км	Розрахунковий діаметр проводу, мм
А-25	135	1,27	6,4
А-35	170	0,91	7,5
А-50	215	0,63	9,0
А-70	265	0,45	10,7
А-95	320	0,33	12,4
А-120	375	0,27	14,0
А-150	440	0,21	15,8
А-185	500	0,17	17,5
А-240	690	0,131	20,0
А-300	780	0,105	22,4
А-400	815	0,078	25,8

Таблиця А.4 – Характеристики мідних проводів

Марка проводу	Тривало допустиме навантаження, А	Питомий активний опір при 20 ⁰ С, Ом/км	Розрахунковий діаметр проводу, мм
М-25	180	0,74	6,3
М-35	220	0,54	7,5
М-50	270	0,39	8,9
М-70	340	0,28	10,7
М-95	415	0,20	12,5
М-120	485	0,158	14,0
М-150	570	0,123	15,8
М-185	640	0,103	17,4
М-240	760	0,078	19,9
М-300	880	0,0625	22,1
М-400	1050	0,0470	25,6

Таблиця А.5 – Реактивний опір алюмінієвих і сталевалюмінієвих проводів

Марка	При середньгеометричній відстані між проводами, мм									
	800	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
А-35	0,352	0,366	0,391	0,41	–	–	–	–	–	–
А-50	0,341	0,355	0,38	0,398	0,413	0,423	0,433	0,422	–	–
А-70	0,331	0,345	0,37	0,388	0,402	0,413	0,423	0,431	–	–
А-95	0,319	0,333	0,358	0,377	0,393	0,402	0,413	0,421	–	–
А-120	0,313	0,327	0,352	0,371	0,385	0,396	0,405	0,414	–	–
А-150	0,305	0,315	0,344	0,363	0,376	0,388	0,398	0,406	0,416	0,422
А-185	0,298	0,311	0,339	0,355	0,37	0,382	0,391	0,399	0,409	0,416
А-240	–	0,304	0,329	0,347	0,361	0,372	0,382	0,391	0,401	0,406
А-300	–	0,297	0,322	0,34	0,354	0,366	0,376	0,381	0,394	0,401
А-400	–	0,289	0,315	0,331	0,344	0,356	0,366	0,374	0,386	0,391
А-500	–	0,281	0,305	0,324	0,337	0,348	0,389	0,366	0,377	0,383
АС-16	0,374	0,389	0,411	0,43	0,442	–	–	–	–	–
АС-25	0,362	0,376	0,398	0,407	0,417	0,431	–	–	–	–
АС-35	0,346	0,362	0,385	0,403	0,412	0,429	0,438	0,446	–	–
АС-50	0,338	0,353	0,374	0,392	0,406	0,418	0,427	0,435	–	–
АС-70	0,327	0,341	0,364	0,382	0,396	0,408	0,417	0,425	0,433	0,44
АС-95	0,317	0,331	0,353	0,371	0,385	0,397	0,406	0,414	0,422	0,429
АС-120	0,309	0,323	0,347	0,365	0,379	0,391	0,4	0,408	0,416	0,423
АС-150	–	–	–	0,358	0,372	0,384	0,398	0,401	0,409	0,416
АС-185	–	–	–	–	0,365	0,377	0,386	0,394	0,402	0,409
АС-240	–	–	–	–	–	0,369	0,378	0,386	0,394	0,401
АС-300	–	–	–	–	–	0,358	0,368	0,379	0,385	0,395

Таблиця А.6 – Розрахункові дані ПЛЛ 220...500 кВ зі сталевалюмінієвими проводами (на 1 км)

Номинальний переріз проводу, мм ²	Кількість проводів в фазі	r_0 , Ом при +20 °С	220 кВ		330 кВ		500 кВ	
			x_0 , Ом	b_0 , Ом	x_0 , Ом	b_0 , Ом	x_0 , Ом	b_0 , Ом
240/32	1	0,121	0,435	2,600	–	–	–	–
240/39	2	0,062	–	–	0,331	3,380	–	–
300/39	1	0,097	0,429	2,640	–	–	–	–
300/39	2	0,049	–	–	0,328	3,410	–	–
300/66	3	0,034	–	–	–	–	0,310	3,970
330/43	3	0,030	–	–	–	–	0,308	3,600
400/51	1	0,075	0,420	2,700	–	–	–	–
400/51	2	0,037	–	–	0,323	3,460	–	–
400/51	3	0,025	–	–	–	–	0,306	3,620
500/64	1	0,060	0,413	2,740	–	–	–	–
500/64	2	0,030	–	–	0,320	3,500	–	–
500/64	3	0,020	–	–	–	–	0,304	3,640



Експлуатаційні характеристики електричних мереж

Таблиця Б.1 - Значення густини струму в неізольованих проводах ПЛ від 6 до 220 кВ, A/mm^2

Проводи	При тривалості використання максимального навантаження, год.		
	1000 – 3000	3001 – 5000	Понад 5000
мідні	2,5	2,5-1,9	1,9-1,5
алюмінієві	1,3	1,1-0,8	0,8-0,6

Таблиця Б.2 - Мінімально допустимі перерізи проводів за умовами механічної міцності

Характеристика ПЛ	Переріз проводів, мм ²			
	алюмінієвих і з нетермо-обробленого алюмінієвого сплаву	з термо-обробленого алюмінієвого сплаву	сталеалюмінієвих	сталевих
ПЛ без перетинів у районах за ожеледдю:				
- до 2	70	50	35/6,2	35
- у 3-4	95	50	50/8	35
- у 5 і вище	-	70	70/11	35
Перетини ПЛ із судноплавними річками та інженерними спорудами в районах за ожеледдю:				
- до 2	70	50	50/8	35
- у 3-4	95	70	50/8	50
- у 5 і вище	-	70	70/11	50
ПЛ до 20 кВ, які споруджують на двоколових і багатоколових опорах	-	70	70/11	-
Примітка 1. У прогонах перетинів з автомобільними дорогами, тролейбусними і трамвайними лініями, залізницями незагального користування допускається використовувати проводи таких самих перерізів, як на ПЛ без перетинів.				
Примітка 2. У районах, де вимагається використовувати проводи з антикорозійним захистом, мінімально припустимі перерізи проводів приймають такими самими, як і перерізи відповідних марок без антикорозійного захисту.				

Таблиця Б.3 - Допустимі значення температури нагріву неізолюваних проводів і пофарбованих шин

Конструктивні особливості, матеріал	Допустима температура нагріву, °С		Максимальна допустима температура нагріву, °С
	тривала ¹	короткочасна у разі перевантаження	у разі струму КЗ
Шини: - алюмінієві - мідні - сталеві, що мають безпосередній контакт з апаратами - сталеві, що не мають безпосереднього контакту з апаратами	70	90	200
	70	90	300
	70	90	300
	70	90	400
Проводи неізолювані мідні за натягу, Н/мм ² : - менше 20 - 20 і більше	70/90	90	250
	70/90	90	200
Проводи неізолювані алюмінієві за натягу, Н/мм ² : - менше 10 - 10 і більше	70/90	90	200
	70/90	90	160
Алюмінієва частина сталю-алюмінієвих проводів	70/90	90	200
Високотемпературні проводи	150	180	260
Примітка. У знаменнику - згідно з ГОСТ 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия».			

Таблиця Б.4 - Кориговальні коефіцієнти на струми для неізолюваних проводів і шин залежно від температури повітря

Спосіб прокладання	Нормована температура жил, °С	Кориговальні коефіцієнти на струми за розрахункової температури середовища, °С											
		- 5 і нижче	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
У повітрі	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67