

## АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСЦЕВИХ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ

Матесенко Ю.П., к.т.н., доцент, Січкарук В.М., магістрант  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

**Вступ.** Основне призначення систем електропостачання (СЕП) - надійне живлення споживачів електроенергією необхідної якості. Про надійність живлення споживачів можна судити, вивчивши вимоги споживачів, що вимагаються до надійності електропостачання. Для цього необхідно проаналізувати характер функціонування самих споживачів і наслідки, які викликають порушення їх електропостачання [1].

До першої категорії належать споживачі, порушення електропостачання яких може спричинити:

- небезпеку для життя людей;
- значний збиток для економіки держави;
- масовий брак продукції на виробничих підприємствах;
- розлад складних технологічних процесів.

До другої категорії належать споживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з масовим недовипускненням продукції, простоями робочої сили на виробничих підприємствах, простоями механізмів і транспорту, порушенням нормальної життєдіяльності мешканців міст і сіл.. Решта споживачів належать до третьої категорії. Споживачі першої категорії мають забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення і перерва їх електропостачання може бути допущена лише на час автоматичного введення резервного живлення. [2].

**Мета роботи.** Аналіз та шляхи підвищення надійності систем електропостачання місцевого споживача ТЕЦ.

**Матеріали та результати досліджень.** Розглянуто схему електричних з'єднань станції, яка видає всю потужність з шин генераторної напруги (рис. 1). Схема містить дві системи збірних шин ЗШ, до якої через вимикачі В і шинні роз'єднувачі Рш підключені генератори Г1 і Г2 і відходять кабельні лінії КЛ. На відхідних лініях встановлено лінійні роз'єднувачі Рл з заземлюючими ножами Рз, призначеними для відділення та заземлення лінії при її плановому відключенні. Мінімально необхідна кількість апаратів і пристроїв схеми збільшує надійність і економічність. Надійність схеми збільшується і за рахунок того, що всі операції відключення і включення елементів установки виробляються лише силовими вимикачами. Це значно зменшує число помилкових дій з роз'єднувачами і знижує число аварій з вини персоналу. Роз'єднувачі тут служать лише для від'єднання відключеного вимикача на час його ремонту або ревізії. Ділення схеми на дві секції секційним вимикачем НД робить її більш гнучкою порівняно з попередньою схемою і забезпечує безперебійність живлення споживачів. В цьому випадку при ревізії, огляді, очищенні ізоляторів або ремонті шин однієї із секцій втрачається потужність лише частини станції. При аварії на одній із секцій або при відмові в роботі

релейного захисту ліній, що відходять спочатку відключається секційний вимикач, релейний захист якого має меншу витримку часу, ніж захист генераторів; потім - генератори пошкодженої секції. Це призводить до локалізації аварії однієї секції і до збереження нормальної роботи іншої. При наявності резервного джерела вивід вимикача в ревізію не викликає недовідпуску електричної енергії, оскільки споживачі, які нормально живляться від відключеної лінії, можуть на час ревізії отримати живлення від іншого джерела. При достатній генеруючій потужності, живленні відповідальних споживачів по двох лініях, підключеним до різних секцій, і достатньому резерві по мережі розглянута схема задовольняє всім вимогам, що пред'являються до головної схеми електричних з'єднань станцій середньої потужності.

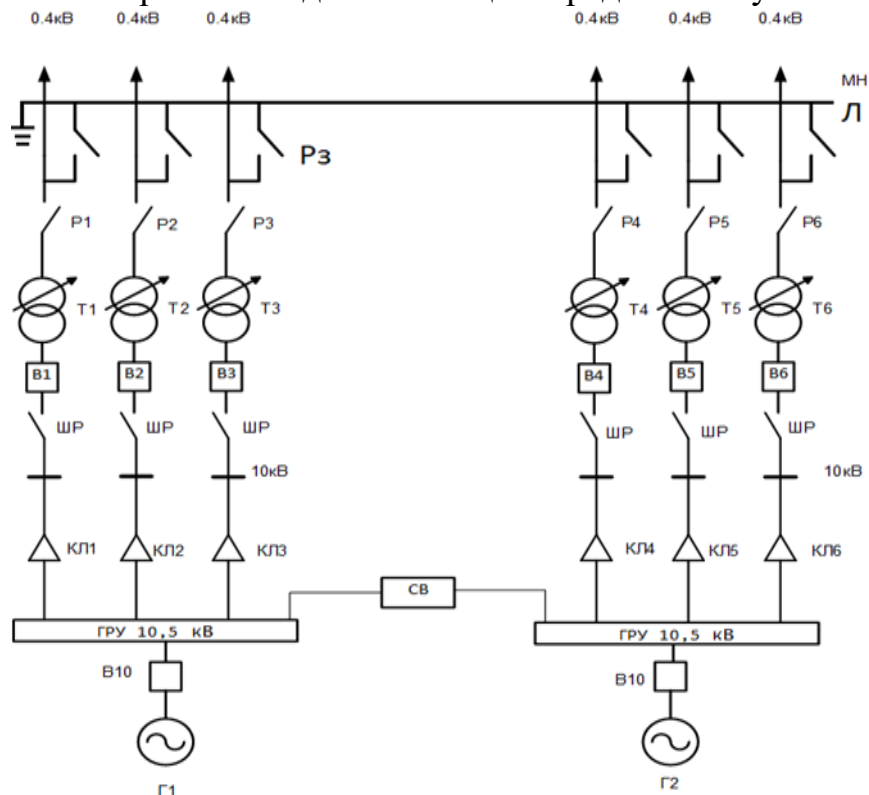


Рисунок 1 – Структурна схема електричної станції двосекційної системи.

Вихідні дані схеми живлення споживачів місцевого навантаження:

Кількість секцій РУ 10 кВ – 2 секції;

Кількість генераторів що приєднані до шин 10 кВ – 2 генератори;

Кількість ліній що відходять від шин 10 кВ – 6 ліній.

Умовні позначення елементів схеми, параметр потоку відмов та середній час відновлення елементів наведені в табл. 1.

Перевіримо чи виконується умова для показників надійності цієї системи:

$$\Sigma \tau_i := (\tau_{Г-2} + \tau_{В10} \cdot 8 + \tau_{Ш10} \cdot 8 + \tau_{ШР10} \cdot 6 + \tau_{Р04} \cdot 12 + \tau_{Т10} \cdot 6) = 934 \text{ год.}$$

$$\omega_{\max} := 0.5 \frac{1}{\text{год}} \quad T_{\min} := \frac{8760}{\omega_{\max}} = 1.752 \times 10^4 \text{ год.}$$

Умова дотримується, тому надійність мінімальних перерізів відповідає надійності досліджуваної схеми (рис. 2).

Таблиця 1 – Умовні позначення елементів схеми та параметри їх надійності.

№	Елемент схеми, його умовне позначення	Параметр потоку відмов, $\omega$ , 1/рік	Середній час відновлення $\tau$ , год.
1	Генератор, 60 МВт. (Г)	0,5	120
2	Вимикачі РУ 10кВ (В-10)	0,015	15
3	Шини РУ 10 кВ, (Ш-10)	0,03	5
4	Трансформатори (Т-10)	0,3	80
5	Роз'єднувачі РУ 10 кВ (ШР)	0,02	5
6	Роз'єднувачі РУ 0.4 кВ (Р04)	0,05	2
7	Кабельні лінії 10 кВ (КЛ-10)	0,0815	48

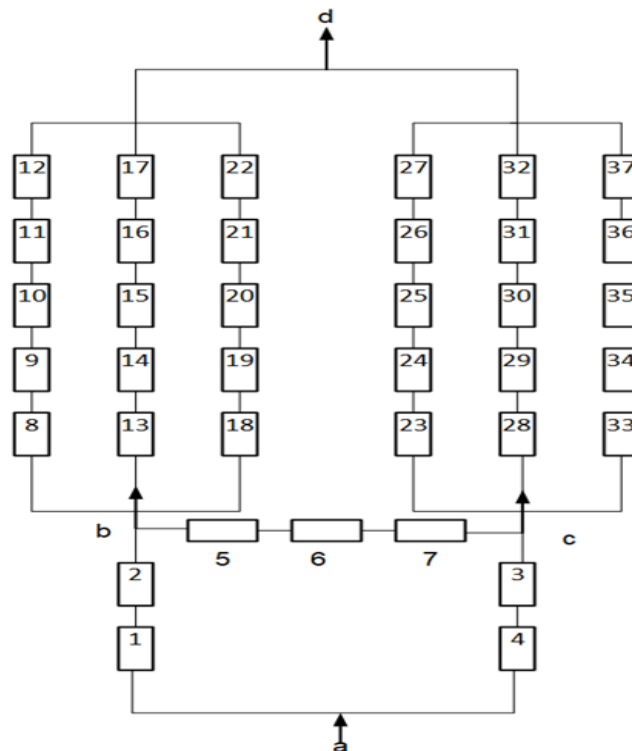


Рисунок 2 – Схема заміщення досліджуваної схеми електричної підстанції.

Проводимо еквівалентне перетворення ділянок схеми заміщення для послідовних з'єднань елементів:

Елементи 1 і 2 в еквівалентний елемент 27:

$$\omega_{27} := \omega_{Г} + \omega_{В10} = 0.5 + 0.015 = 0.515 \quad \frac{1}{\text{год}}$$

$$\tau_{27} := \frac{1}{\omega_{27}} \cdot (\omega_{Г} \cdot \tau_{Г} + \omega_{В10} \cdot \tau_{В10}) = \frac{1}{0.515} \cdot (0.5 \cdot 120 + 0.015 \cdot 15) = 116.942 \quad \text{год.}$$

Для наступних елементів проводимо такі ж перетворення ділянок схеми заміщення для послідовних з'єднань елементів. На 3 етапі перейменуємо еквівалентні перетворення ділянок схеми заміщення 27 на 37, 28 на 38. Далі застосовуємо метод мінімальних перерізів (табл. 2):

Складено масив дерев: a, ab, ac, abc, abd, acd, abcd.

Пошук мінімальних перерізів виконаємо у вигляді таблиці 3.

Таблиця 2 – Вершини та ребра спрощеної схеми.

Вершини	Ребра зв'язані з вершинами		
a	37	38	
b	37	31	32
b	38	31	33
d	32	33	

Таблиця 3 – Таблиця мінімальних перерізів.

Дерева	a	ab	ac	abc	abd	acd	abcd
Ребра	37, 38	37, 38	37, 38	37, 38	37, 38	37, 38	37, 38
		31, 32, 37	38, 31, 33	37, 31, 32	37, 31, 32	38, 31, 32	37, 31, 33
				38, 31, 33	32, 33	32, 33	38, 31, 33
							32, 33
Перерізи	37, 38, 39	31, 32, 38	31, 33, 37	32, 33	31, 33, 38	31, 32, 37	

Зайві перерізи: 31, 33, 38, 31, 32, 37.

Виконаємо перетворення: Елементи 37, 38 в еквівалентний елемент 41:

$$\omega_{41} := \omega_{37} \cdot \tau_{37} \cdot (\omega_{38} \cdot \tau_{38}) \cdot (\tau_{37}^{-1} + \tau_{38}^{-1}) \cdot 8760^{1-2} = 7.081 \times 10^{-3} \quad \frac{1}{\text{год}}$$

$$\tau_{41} := (\tau_{37}^{-1} + \tau_{38}^{-1})^{-1} = 58.471 \quad \text{год.}$$

Для наступних елементів проводимо аналогічні перетворення.

Визначаємо результуючі показники надійності структури як послідовних елементів 41, 42, 43, 44:

Результуючі показники надійності структури:

$$\omega_c := \omega_{41} + \omega_{42} + \omega_{43} + \omega_{44} = 7.081 \times 10^{-3} \quad \frac{1}{\text{год}}$$

$$\tau_c := \frac{1}{\omega_c} \cdot (\omega_{41} \cdot \tau_{41} + \omega_{42} \cdot \tau_{42} + \omega_{43} \cdot \tau_{43} + \omega_{44} \cdot \tau_{44}) = 58.471 \quad \text{год.}$$

Математичне очікування недопуску електроенергії зі сторони шин МН:

$$MW_{\text{н}} := 0.8 \cdot 8760 \cdot 60 \cdot \omega_c \cdot \tau_c = 0.8 \cdot 8.76 \times 10^3 \cdot 60 \cdot 7.081 \times 10^{-3} \cdot 58.471 = 1.741 \times 10^5 \quad \frac{\text{МВт}}{\text{год}}$$

**Висновки.** Визначено показники надійності електропостачання місцевих споживачів. Для вибору оптимального варіанта системи електропостачання необхідно вирішити три взаємозв'язані технічні і економічні задачі: визначення надійності варіантів системи електропостачання; визначення капітальних затрат і річних експлуатаційних витрат, що відповідають кожному з запропонованих варіантів системи електропостачання; оцінка затрат споживачів від перерв в електропостачанні в залежності від надійності живлення (категорії).

#### Перелік посилань

1. Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г. Надежность систем электроснабжения 1984р – 192 с.
2. Казанський С.В., Матеєнко Ю.П., Сердюк Б.М.. Надійність електроенергетичних систем, Київ, НТУУ «КПІ», 2011р – 216 с.