

ДОСЛІДЖЕННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЕС

Матеєнко Ю.П., к.т.н., доцент, Турчин П.І., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлювальних джерел енергії

Вступ. Механізми власних потреб АЕС пред'являють набагато вищі вимоги до надійності електропостачання, ніж відповідальні механізми власних потреб звичайних ТЕС. Перерва в живленні деяких електроспоживачів АЕС може привести до небезпеки для життя, шкідливого впливу на навколишнє середовище і пошкодження основного обладнання. Для цієї групи потрібно три незалежних джерела живлення, один з яких - аварійний - нормально не працює і автоматично підключається при плановому або аварійному відключенні одного з двох основних джерел.

Мета роботи. Моделювання математичної моделі надійності системи електропостачання власних потреб енергоблоку АЕС

Матеріали і результати досліджень. Метод, в якому структурна модель ЕЕС або ЕЕУ описується засобами математичної логіки, а кількісна оцінка надійності за допомогою теорії вірогідності, називається логіко-імовірносним (ЛІМ). До числа завдань, що вирішуються ЛІМ, потрібно віднести: визначення пропускну здатності різних перемичок в системах розподілу електроенергії і її виробітку; обґрунтований вибір комутаційних апаратів, вибір раціонального варіанта схеми розподілу електроенергії та ін. Одним з розділів математичної логіки є алгебра логіки, за допомогою апарата якої вдається описати множину можливих станів системи. Логічні зв'язки між елементами системи може бути виражена знаками кон'юнкції і диз'юнкції. Логіко-імовірносний метод розрахунку надійності з використанням дерева відмов є дедуктивним методом і застосовується в тих випадках коли кількість різних видів відмов системи невелика [1].

Позначимо через X множину станів об'єкта, що не відповідає умовам працездатності, а через Z -множину зовнішніх умов, що призвели до відмови об'єкту. Умова відмови функціонування як складної події, що є сумою події відмови працездатності x і події z запишеться як диз'юнкція $y = x \vee z$. Запис умов має вигляд

$$Y = \bigcup_{k=1}^N S_k \quad S_k = \bigcap_{i \in I_k} y_i \bigcap_{j \in J_k} y_j$$

де, S_k – мінімальна сукупність подій, що призводить до відмови, y_i і y_j – непрацездатний стан, або подія відмови, i або j елемента (в тому числі персоналу і елементів системи управління), I_k – множина відмов, що може призвести до k -ї відмови системи; J_k -множина станів системи, при яких можлива відмова системи k -го виду. Формулювання подій і станів y_i, y_j - і умов здійснюється фахівцями на основі технічного проекту системи за допомогою

аналізу її поведінки і записи результатів кон'юнкції і диз'юнкції. Зручно цей запис суміщати з умовними знаками логічних операцій \wedge або \vee у вигляді діаграм що називаються деревами відмов.

Висловлювання про відмову системи формулюється як визначення стану або події, пов'язаної з невиконанням заданих функцій при певних обставинах. На діаграмі це визначення поміщається вгорі аркуша і обводиться рамкою. Побудова дерева відмов починається з формулювання кінцевого висловлювання про відмову системи.

Кінцеве висловлювання визначається висловлюваннями 2-го рівня. Після запису висловлювань другого рівня вирішується які висловлювання є простими, а які складними. Для складних висловлювань 2-го рівня визначаються висловлювання 3-го рівня і їх логічні зв'язки (І, АБО) в тому ж порядку, що й для висловлювань 2-го і кінцевого рівнів. Процес запису висловлювань і логічних зв'язків продовжується до тих пір, поки на всіх рівнях не залишаться одні прості висловлювання, які розкривають зміст вище розміщених висловлювань, що відносяться до подій, станів та відмовам спрацювання. Логічні умови реалізації події або стану кінцевого рівня в формі функції відмови записуються за допомогою знаків логічного множення і додавання, а також кодів первинних подій. Формування ФО починається з найнижчого рівня, де всі висловлювання прості. При диз'юнкції простих висловлювань a, b, c проміжне складне висловлювання записується:

$$A = a + b + c = a \vee b \vee c$$

При кон'юнкції простих висловлювань a, b, c проміжне складне висловлювання записується:

$$B = abc = a \wedge b \wedge c$$

На наступному, більш високому рівні записують кон'юнкції і диз'юнкції як простих, так і складних висловлювань: $AB, A + B, Acd, A + c + d, Bc + d$, і т.д. Підстановка для складних виразів для можливі комбінації простих висловлювань на даному рівні дерева. Кожна з комбінацій, що входить в функцію відмови являє собою мінімальний переріз відмови системи і кон'юнкцією, порядок якої дорівнює числу членів.

Вірогідність відмови елемента:

$$P = \frac{\omega * T_B}{8760},$$

де ω - частота відмов, T_B - час відновлення

$$P_B = \sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^m \prod_1^2 P_j + \sum_{y=1}^k \prod_1^3 P_y$$

де n - кількість послідовних елементів, m - кількість елементів з одним резервуванням, k - кількість елементів з подвійним резервуванням.

Переходячи від логічних функцій виразів для розрахунку частоти і тривалості необхідно лише замінити знаки логічного множення \wedge на знак множення \times , знак логічним додавання \vee на. знаки сумування $+$ [2].

На рисунку 1 зображено схему власних потреб АЕС.

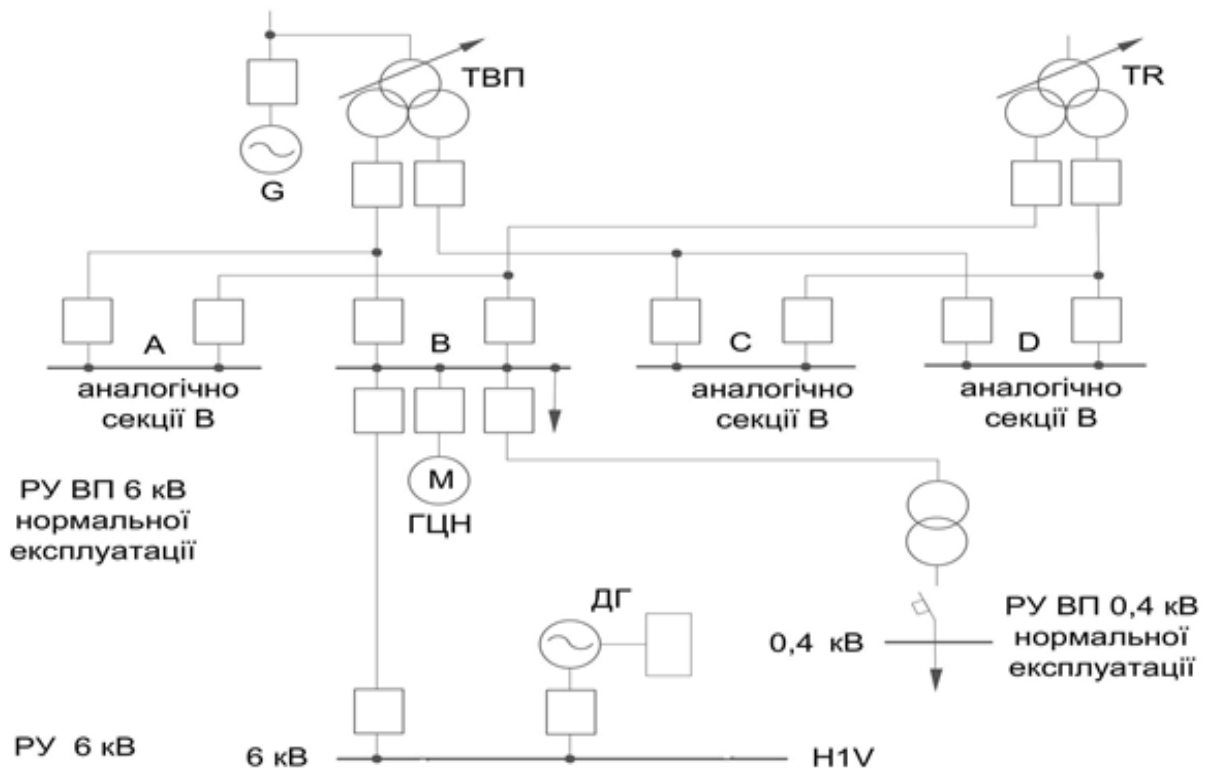


Рисунок 1 – Схема власних потреб АЕС

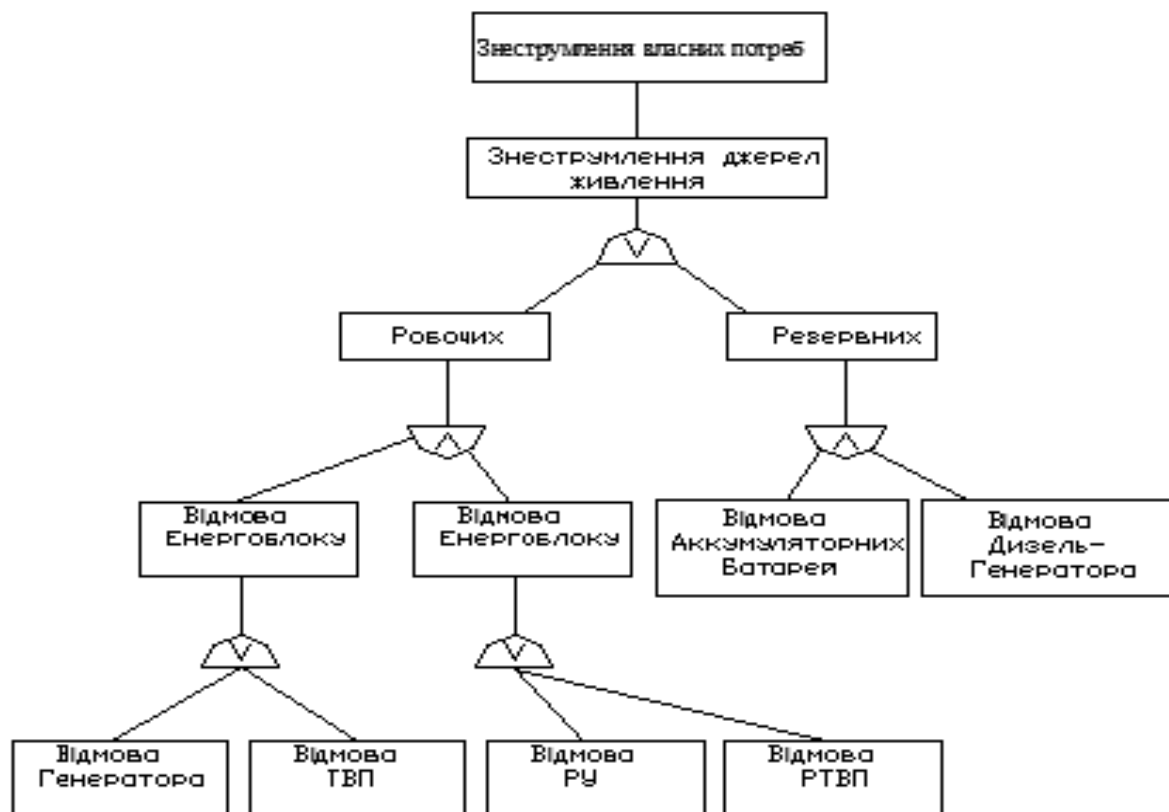


Рисунок 2 – Дерево відмов власних потреб

На рисунку 2 зображено дерево відмов власних потреб, де ТВП – це трансформатор власних потреб, РУ – розподільча установка, РТВП – резервний трансформатор власних потреб. Показники надійності обладнання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники надійності обладнання

Обладнання	ω , 1/рік	T_B , год
Генератор	0,59	83
Блочний трансформатор	0,053	45
Трансформатор власних потреб	0,014	70
Трансформатори власних потреб 6/0,4 кВ	0,012	70
Генераторний вимикач	0,01	26
Вимикач 6 кВ	0,022	11
Акумуляторна батарея	0,01	3
Дизель-генераторна станція	0,55	70
Шини 6 кВ	0,3	5
Шини 0,4 кВ	0,45	5
Вимикач РУ 330 кВ	0,03	60
Шини 110 кВ	0,016	5
Шини 330 кВ	0,013	5

Визначаємо тривалість відмови генератора на час відновлення:

$$(\omega t)_Г = \omega_{20} T_{B20} + \omega_{21} T_{B21} + \omega_{22} T_{B22} = 0,59 \cdot 83 + 0,01 \cdot 26 + \\ + 0,053 \cdot 45 = 51,615 \text{ год/рік}$$

Вірогідність відмови генератора:

$$P_Г = \frac{(\omega t)_Г}{8760} = \frac{51,615}{8760} = 5,9 \cdot 10^{-3}$$

Аналогічно, згідно формулі (1) визначаємо вірогідність відмови робочих та резервних трансформаторів власних потреб, акумуляторних батарей (АБ) та дизель-генератора (ДГ):

$$P_{ТВП} = \frac{(\omega_5 T_{B5} + \omega_3 T_{B3} + \omega_7 T_{B7} + a\omega_1 T_{B1} + \omega_2 T_{B2} + (\omega_{12} + \omega_{13}) T_{П})}{8760} = \\ = \frac{(0,014 \cdot 70 + 0,01 \cdot 26 + (0,022 \cdot 11)^2 + 0,012 \cdot 0,59 \cdot 83 + 0,053 \cdot 45)}{8760} \\ + \frac{(0,06 \cdot 60)}{8760} = 1,71 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{РТ} = \frac{(\omega_6 T_{B6} + (\omega_7 T_{B7})^2 + \omega_{14} T_{B14} + \omega_{15} T_{B15} + \omega_{16} T_{16})}{8760} =$$

$$= \frac{0,014 \cdot 70 + (0,022 \cdot 11)^2 + 0,02 \cdot 20 + 0,016 \cdot 5 + 0,022 \cdot 11}{8760} = 2 \cdot 10^{-4}$$

Вірогідність відмови акумуляторних батарей:

$$P_{AB} = \frac{(\omega t)_{AB}}{8760} = \frac{0,01 \cdot 3}{8760} = 3,4 \cdot 10^{-6}$$

Вірогідність відмови дизель-генераторної станції:

$$P_{DG} = \frac{(\omega t)_{DG}}{8760} = \frac{0,55 \cdot 70}{8760} = 4,39 \cdot 10^{-3}$$

Розраховуємо імовірність знеструмлення власних потреб:

$$P = P_{Г} + P_{ТВП} + P_{РТ} + P_{AB} + P_{DG} = 5,9 \cdot 10^{-3} + 2,92 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-8} + \\ + 3,4 \cdot 10^{-8} + 4,39 \cdot 10^{-3} = 1,02 \cdot 10^{-2}$$

Висновки. Обґрунтовано доцільність використання дерева відмов для дослідження надійності електроживлення власних потреб АЕС. Запропоновані основні вирази для оцінки надійності системи електропостачання. В ході дослідження було розраховано вірогідність знеструмлення власних потреб АЕС внаслідок відмови джерел живлення. Підвищити надійність електропостачання можна використовуючи мобільну дизель-генераторну станцію (МДГС). МДГС підключається до секції безперебійного живлення при повному знеструмленні власних потреб та забезпечує живлення найбільш відповідальних споживачів протягом тривалого часу до відновлення основних джерел живлення.

Перелік посилань

1. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 237 с.
2. Гук Ю. Б. Расчет надежности схем электроснабжения : монография / Ю. Б. Гук, М. М. Синенко, В. А. Тремясов. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 198 с.