

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

**Матесенко Ю.П., к.т.н., доцент, Кунцевич Н.В., магістрант**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Проблема надійності електричних станцій, підстанцій - одна з першочергових проблем енергетики. В окремих енергетичних системах число аварій протягом року досягає декількох десятків, а річний обсяг електричної енергії, яку не отримав споживач в результаті аварій - декількох мільйонів кіловат-годин. Сумарна потужність генераторів, що одночасно простоюють в аварійному ремонті, становить мільйони кіловат. При такій високій аварійності в енергосистемах оцінка надійності окремих видів устаткування і установок, пошук шляхів підвищення надійності як в ході експлуатації, так і при проектуванні стають першочерговими завданнями. З іншого боку, оцінивши збиток, нанесений споживачам перервою електропостачання, збитки, пов'язані з аварійним ремонтом, а також витрати на підвищення надійності, можна порушувати питання про оптимальний рівень надійності електроенергетичного встаткування, установок і систем. З освоєнням нової енергетичної техніки проблема надійності стає однією з самих головних [1].

**Мета роботи.** Розглянути методи розрахунку надійності електричних станцій.

**Матеріали і результати досліджень.** Проблема надійності електричних систем відноситься до завдань визначення та оптимізації їх показників на етапах планування, проектування, спорудження та експлуатації. Надійність - властивість об'єкта або технічного пристрою виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування. Об'єкт - предмет цільового призначення, що розглядається в період проектування, виробництва, експлуатації, вивчення, дослідження і випробування на надійність (об'єктами можуть бути системи і їх елементи, зокрема спорудження, установки, технічні вироби, пристрою, машини, апарати, прилади та їх частини, агрегати і окремі деталі. У техніці надійність має точне значення. Вона може бути визначена, розрахована, оцінена, виміряна, випробувана, розподілена між окремими частинами системи, об'єкта, апаратури) [2].

Методи оцінювання надійності структурних схем електричних станцій засновані на теорії ймовірності. Кількість недовідпущеної електроенергії являється критерієм надійності методів розрахунку.

Для оцінки надійності структурних схем була обрана схема електростанції з розподільними пристроями вищого напруги (ВН) 330 кВ і середньої напруги (СН) 110 кВ, з'єднаними автотрансформаторами (рис. 1).

В якості досліджуваних методів було обрані наступні методи:

1. Мінімальних перерізів.
2. Імовірнісний.
3. Дерева відмов.
4. Марковських випадкових процесів.

В ймовірнісному методі складаються паралельні і послідовні елементи схеми, що дозволяє оцінити надійність схеми за рахунок перетворення всієї схеми в один еквівалентний елемент. В методі мінімальних перерізів знаходяться мінімальні перерізи, тобто мінімальна кількість елементів, відмова яких призведе до відмови всієї схеми. Це дозволяє дати кількісну оцінку надійності без повного еквівалентування схеми. Метод дерева відмов застосовується в тих випадках, коли число різних видів відмов системи є невеликим. Цей метод заснований на систематичному аналізі подій, які можуть викликати відмову системи. Деревом відмов називають логічне дерево, в якому гілки представляють собою події, що призводять до відмови системи, підсистеми або елементів. Застосування дерева відмов для опису причин відмови системи полегшує перехід від загального визначення відмови системи до місцевих визначень відмов і режимів роботи її елементів, зрозумілим фахівцям - розробникам як самої системи, так і елементів[3].

Математичний апарат марковських випадкових процесів можна використовувати для розрахунку показників надійності установки з відновленням. Даний метод допускає, що один елемент установки або сама установка без резервування можуть перебувати в двох станах:  $E_1$  - працездатне,  $E_0$  - непрацездатний. Якщо  $\lambda$  - інтенсивність відмов, а  $\mu$  - інтенсивність відновлення, і  $\mu = 1 / \tau$ , то граф переходів зі стану в стан з позначенням ймовірностей переходів за час  $\Delta t$  матиме вигляд, представлений на рис. 1.

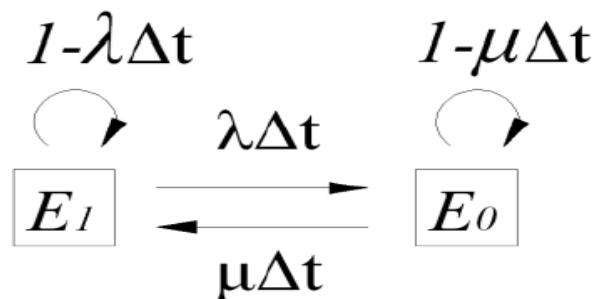


Рисунок 1 – Модель надійності об'єкта з відновленням

Позначимо через  $P_1(t)$  ймовірність того, що в момент  $t$  установка знаходиться в стані  $E_1$ , а через  $P_0(t)$  - ймовірність того, що в момент  $t$  знаходиться в стані  $E_0$ . У такому випадку диференціальні рівняння щодо ймовірностей переходів:

$$P'(t) = -\lambda P_1(t) + \mu P_0(t);$$

$$P'_0(t) = \lambda P_1(t) - \mu P_0(t).$$

При початкових умовах  $P_1(0) = 1$ ,  $P_0(0) = 0$  і умови, що стану  $E_1$  і  $E_0$  є повною групою подій, тобто  $P_1(t) + P_0(t) = 1$ , рішення диференціальних рівнянь має вигляд:

$$P_1(t) = (\mu\lambda + \mu) (1 + (\lambda\mu) \exp(-(\mu + \lambda)t));$$

$$P_0(t) = (\lambda\lambda + \mu) (1 - \exp(-(\mu + \lambda)t)).$$

Таким чином, метод марковських випадкових процесів дозволяє дати оцінку по надійності протягом певного періоду часу.

Для оцінки надійності структурних схем розглянемо схему електростанції з розподільними пристроями високої напруги (ВН) 330 кВ і середньої напруги (СН) 110 кВ, з'єднаними автотрансформаторами (рис. 2).

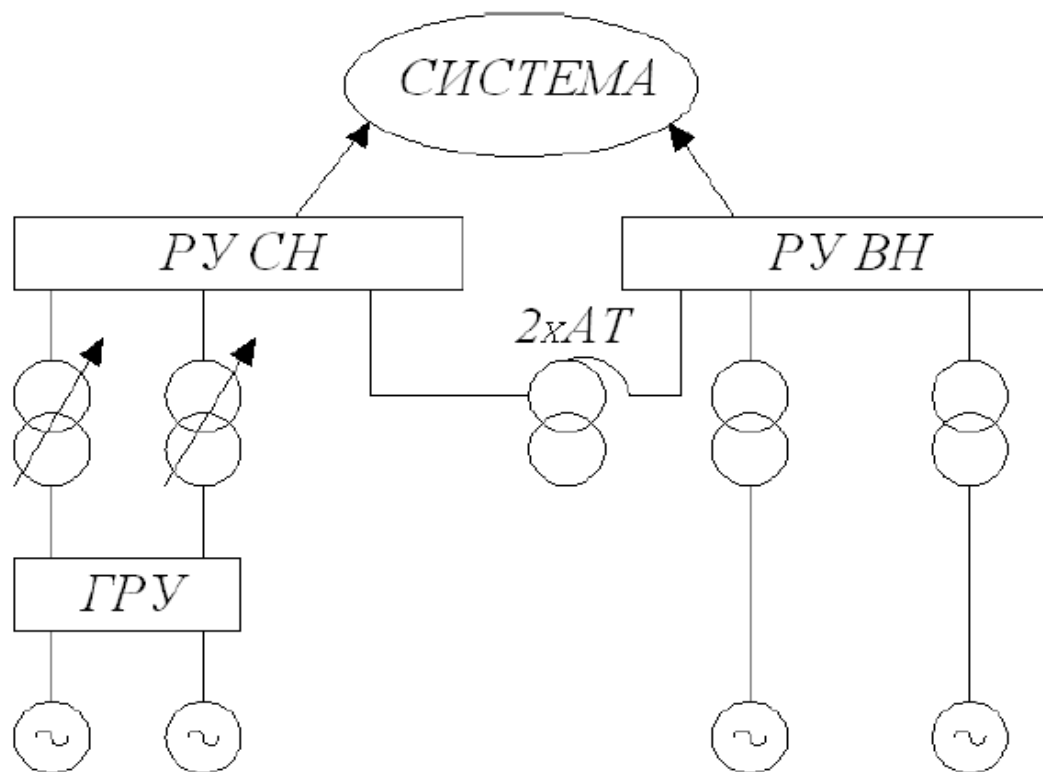


Рисунок 2 – Структурна схема електростанції

Потужність електричної станції - 320 МВт (2x60, 2x100). В якості критеріїв вибору структурної схеми є найменші ймовірність відмови всієї схеми і кількість недовідпущеної електроенергії з шин ВН. Результати розрахунків представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку надійності структурної схеми

Метод	Ймовірність відмови	Недовідпуск електроенергії	
Ймовірнісний	$1,583 \cdot 10^{-9}$	$1,109 \cdot 10^{-3}$	
Мінімальних перетинів	$1,603 \cdot 10^{-9}$	$1,123 \cdot 10^{-3}$	
Дерева відмов	$3,222 \cdot 10^{-8}$	0,023	
Марковських випадкових процесів (за місяць, який розглядається)	0	0	
	1	$1,597 \cdot 10^{-5}$	11,19
	2	$2,219 \cdot 10^{-4}$	155,53
	3	$9,616 \cdot 10^{-4}$	673,86
	4	$2,594 \cdot 10^{-3}$	1818
	5	$5,408 \cdot 10^{-3}$	3790

Як видно з табл. 1, метод мінімальних перерізів і ймовірнісний метод дали дуже схожі результати, через схожий підхід до вирішення. У цих методах використовується еквівалентування схеми, тільки в ймовірнісному - повне, а в методі мінімальних перетинів - часткове. Дані методи вимагають багато розрахунків, але при цьому відносно прості і можуть бути легко реалізовані на ЕОМ.

У методі дерева відмов результати відрізняються від двох попередніх, через те, що даний метод включає в себе всі можливі варіанти відмов елементів, які можуть призвести до відмови схеми. Також цей метод не вимагає багато обчислень і є досить наочним, що дозволяє відстежити по гілках дерева, які саме елементи впливають на ту чи іншу аварію. Однак даний метод не підходить для схем з великою кількістю елементів.

Методом марковських випадкових процесів, можна дати оцінку надійності структурної схеми електричної станції на будь-якому часовому проміжку. Таким чином, можна простежити динаміку зміни не тільки окремих елементів або ланцюжка елементів, але і кількість недовідпущеної електроенергії.

Надійність схеми видачі потужності  $N$  визначається як відношення різниці між повним контрактним (договірними) відпуском  $E_{\text{полн}}$  і обсягом недовідпущеної потужності з шин  $E_{\text{нед}}$  внаслідок аварій і відмов:

$$N = \frac{E_{\text{полн}} - E_{\text{нед}}}{E_{\text{полн}}} * 100\%$$

Загальний збиток від недовідпущеної електроенергії  $Y_N$  складається з декількох складових:

$$Y_N = Y_{\text{ЕС}} + Y_{\text{ЕП}} + Y_{\text{СП}}$$

де  $U_{ЕС}$  - збиток електростанції;  $U_{ЕП}$  - збиток передавальної системи;  $U_{СП}$  - збиток споживачів електроенергії.

**Висновки.** При порівнянні методів оцінки надійності структурних схем електростанцій видно, що всі розглянуті методи дають прийнятні результати.

При виборі методу потрібно відштовхуватися від бажаної точності розрахунків, при цьому оптимальним поєднанням точності і ефективності є метод марковських випадкових процесів.

При порівняльному визначенні надійності структурних схем електростанцій в умовах функціонування ринку електричної енергії необхідний комплексний аналіз витрат і збитків всіх учасників ринку, пов'язаних з виробництвом, передачею та розподілом електричної енергії [4].

#### **Перелік посилань**

1. Щенявская О.Э. Расчет и анализ показателей надежности в электроэнергетических системах. Магистерская дипломная работа/Щенявская О.Э. – Винница,: ВНТУ.2015 – 142 с.
2. Савоський Н.Е. Надежность электрических систем./Савоський Н.Е. – Издательство Пензенского государственного университета, 2004. – 101 с.
3. Гук Ю.Б., Синенко М.М., Тремясов В.А. Анализ надежности электроэнергетических установок/.-Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд., 1988. -224 с.
4. Расчет надежности структурных схем электрических станций в условиях функционирования рынка электрической энергии/Ю.П. Матеенко, С.В. Казанский, А.С. Лунин, 2015 – 6 с.