

# ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МАРКОВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

Матеєнко Ю.П., к.т.н., доц., Афанасьєв М.Ю., магістрант  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій

**Вступ.** Від побудови структурної схеми електричної станції залежить її працездатність, одна з важливіших властивостей надійності, у відповідний момент часу. Тому необхідно оцінювати ймовірність працездатності електричної станції у даний момент часу та загалом.

**Мета роботи.** Розробити математичну модель загальної оцінки надійності електричної станції, використовуючи марковські процеси.

**Матеріали і результати досліджень.** 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. Ці втрати можна компенсувати іншими генеруючими вузлами або мінімізувати на стадії проектування, підвищуючи надійність устаткування.

Випадковий процес називається марковським процесом, якщо для кожного моменту часу ймовірність будь-якого стану системи у майбутньому залежить тільки від стану у теперішньому та не залежить від того, як система прийшла у цей стан.

Для загальної оцінки надійності електричної станції розглянемо структурну схему електричної станції блочного типу на рис. 1. Оцінюючи надійність даної системи розглянемо функціонування одного енергоблоку, як окремої підсистеми.

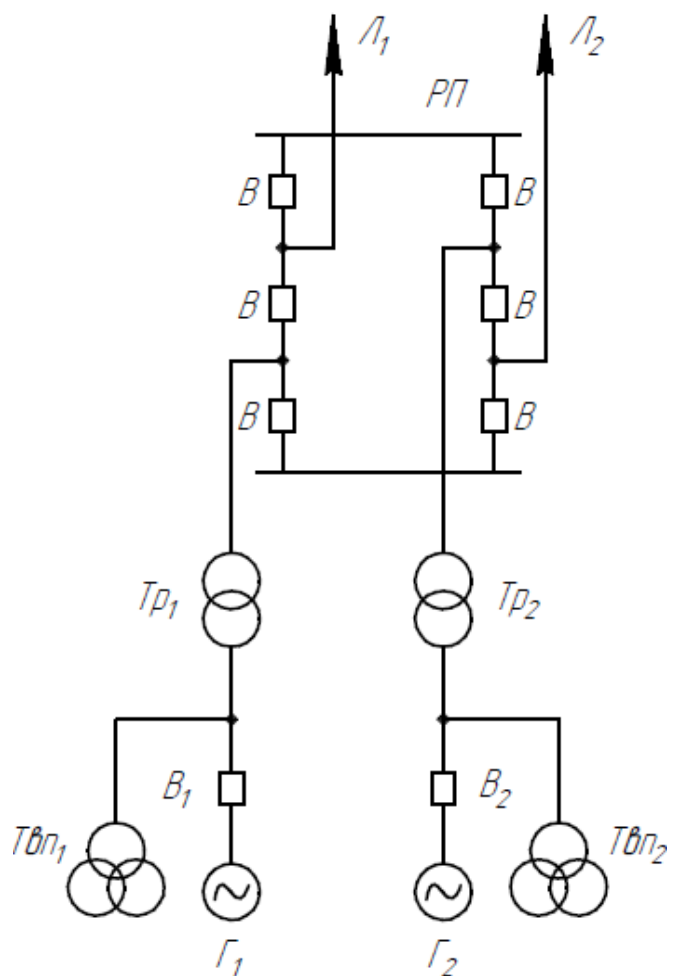


Рисунок 1 – Структурна схема електричної станції

Структурна схема енергоблоку буде складатись з наступних елементів (рис. 2): 1 – трансформатор власних потреб; 2 – котлоагрегат; 3 – генератор; 4 – трансформатор блочний; 5 – вимикач генераторний; 6 – вимикачі РП.

В даному випадку роботу відповідальних робочих машин власних потреб енергоблоку відображає роботоспроможність котлоагрегату у цілому.

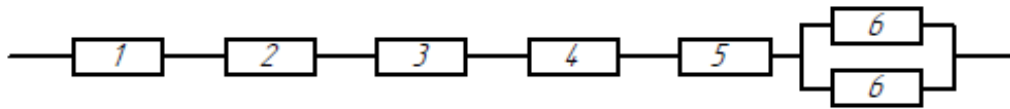


Рисунок 2 – Структурна схема енергоблоку

Граф досяжних станів для даної системи буде мати вигляд (рис. 3).

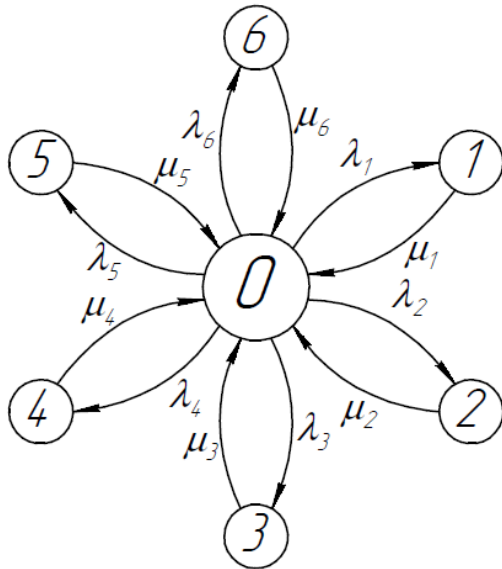


Рисунок 3 – Граф досяжних станів

- 0 – все у робочому стані;
- 1 – відмова трансформатора Твп<sub>1</sub>;
- 2 – відмова котлоагрегату;
- 3 – відмова генератора;
- 4 – відмова трансформатора Тр<sub>1</sub>;
- 5 – відмова генераторного вимикача В<sub>1</sub>;
- 6 – відмова відповідних вимикачів РП.

Де  $\lambda$  – інтенсивність відмови та  $\mu$  – інтенсивність відновлення елементів структурної схеми.

Марковські процеси описуються за допомогою системи диференціальних рівнянь Колмагорова.

Стосовно графу можна записати таку систему диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)P_0 + \mu_1P_1 + \mu_2P_2 + \mu_3P_3 + \mu_4P_4 + \mu_5P_5 + \mu_6P_6 \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda_1P_0 - \mu_1P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_2P_0 - \mu_2P_2 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_3P_0 - \mu_3P_3 \\ \frac{dP_4}{dt} = \lambda_4P_0 - \mu_4P_4 \\ \frac{dP_5}{dt} = \lambda_5P_0 - \mu_5P_5 \\ \frac{dP_6}{dt} = \lambda_6P_0 - \mu_6P_6 \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1 \end{array} \right. \quad (1)$$

Якщо  $\tau \rightarrow 0$ , то  $P_0 = 1$ , якщо  $\tau \rightarrow \infty$ , отримаємо наступну систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)P_0 + \mu_1P_1 + \mu_2P_2 + \mu_3P_3 + \mu_4P_4 + \mu_5P_5 + \mu_6P_6 \\ 0 = \lambda_1P_0 - \mu_1P_1 \\ 0 = \lambda_2P_0 - \mu_2P_2 \\ 0 = \lambda_3P_0 - \mu_3P_3 \\ 0 = \lambda_4P_0 - \mu_4P_4 \\ 0 = \lambda_5P_0 - \mu_5P_5 \\ 0 = \lambda_6P_0 - \mu_6P_6 \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1 \end{array} \right. \quad (2)$$

Дані інтенсивності відмов та відновлення:

$$\begin{array}{ll} \lambda_1 = 1.04 * 10^{-6} \text{ 1/год} & \mu_1 = 1.429 * 10^{-2} \text{ 1/год} \\ \lambda_2 = 2 * 10^{-4} \text{ 1/год} & \mu_2 = 1 * 10^{-2} \text{ 1/год} \\ \lambda_3 = 1 * 10^{-4} \text{ 1/год} & \mu_3 = 1.25 * 10^{-2} \text{ 1/год} \\ \lambda_4 = 0.3 * 10^{-6} \text{ 1/год} & \mu_4 = 2.5 * 10^{-2} \text{ 1/год} \\ \lambda_5 = 1.04 * 10^{-6} \text{ 1/год} & \mu_5 = 1.053 * 10^{-2} \text{ 1/год} \\ \lambda_{\epsilon 1} = 0.3 * 10^{-6} \text{ 1/год} & \mu_{\epsilon 1} = 2.5 * 10^{-2} \text{ 1/год} \end{array}$$

Оскільки 6-ті елемент структурної схеми з'єднані паралельно, тобто відмова двох вимикачів виведе зі строю енергоблок, а робота може бути при справному одному, тоді

$$\lambda_{\epsilon} = \lambda_{\epsilon 1} * \lambda_{\epsilon 1} = 9 * 10^{-14} \text{ 1/год та } \mu_{\epsilon} = \mu_{\epsilon 1}.$$

Підставивши дані у систему рівнянь (2) та розрахувавши цю систему, отримаємо значення ймовірності стану  $P_0 = 0,973 = K_{\text{генб}}$ . Отримали коефіцієнт готовності одного енергоблоку, коефіцієнт готовності для електричної станції в цілому знайдемо наступним чином:

$$K_{\text{гст}} = K_{\text{генб}} * K_{\text{генб}} = 0,973 * 0,973 = 0,946 \quad (3)$$

**Висновки.** Коефіцієнт готовності  $K_r$  дає змогу загально оцінити надійність електричної станції. Ця оцінка може бути використана для вибору раціональних рішень під час планування, проектування, спорудження та подальшої експлуатації електричної станції. Розрахований коефіцієнт готовності є достатньо високим, але треба чітко розуміти для якого режиму він розраховується. В даному випадку він розрахований для роботи обох енергоблоків одночасно, але можуть бути інші задачі на стадії проектування.

#### Перелік посилань

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навч. посіб./ С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К. НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с.
2. Ю.Б. Гук, В.М. Кобжув, А.К. Черновец. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электроснабжения собственных нужд АЭС. М: Энергоатомиздат, 1991.
3. Журахівський А. В. Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник / А. В. Журахівський, Б. М. Кінаш, О. Р. Пастух.. – Львів: Львівської політехніки, 2012. – 280 с.