

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Мірошник Ю.В., магістрант, **Казанський С.В.,** к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Останніми роками в електроенергетичних системах (ЕЕС) України значно збільшилась кількість відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Швидко збільшується і встановлена потужність зазначених джерел розподіленої генерації, що призводить до необхідності додаткового оцінювання балансової надійності ЕЕС, оскільки збільшується ймовірність переходу ЕЕС із стану концентрованих в неконцентровані [1]. Тому забезпечення їх надійної роботи є важливим і актуальним завданням.

Мета роботи – дослідити особливості визначення балансової надійності ЕЕС зі значною кількістю ВДЕ.

Матеріали досліджень. Розглянемо послідовність розрахунку показників балансової надійності генерувальної частини ЕЕС, в якій працюють два вітроагрегати по 200 кВт і ще два вітроагрегати по 300 кВт. Показники надійності (параметр потоку та інтенсивність відмов) вітроагрегатів становлять:

$$Z'_B = \frac{Z'_g \cdot 8760}{(8760 - T'_П - Z'_g T'_B)} = \frac{5,36 \cdot 8760}{(8760 - 1004 - 5,36 \cdot 39)} = 6 \text{ рік}^{-1};$$

$$\lambda_B = \frac{1}{T_B} \cdot 8760 = \frac{1}{39} \cdot 8760 = 225 \text{ рік}^{-1};$$

$$q = \frac{Z'_B \cdot T_B}{8760} = \frac{10 \cdot 39}{8760} = 0,03; \quad p = 1 - q = 0,97.$$

Сукупність елементарних (а) та об'єднаних (б) станів системи генерування наведено на рис. 1.

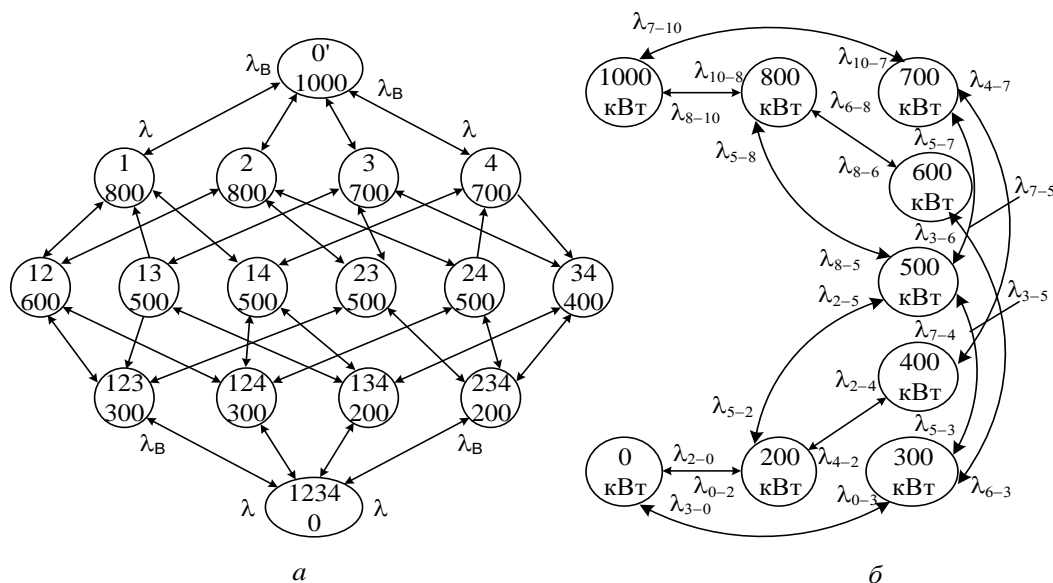


Рисунок 1 – Сукупність елементарних (а) та об'єднаних (б) станів системи генерування

В кружках, якими позначено стани, вказують агрегати, що відмовили, і робочу потужність системи генерування.

Імовірності об'єднаних станів системи генерування потужності:

$$p_{1000} = p_0 = 0,89;$$

$$p_{800} = p_1 + p_2 = 0,05;$$

$$p_{700} = p_3 + p_4 = 0,05;$$

$$p_{600} = p_{12} = 7,25 \cdot 10^{-4};$$

$$p_{500} = p_{13} + p_{14} + p_{23} + p_{24} = 2,90 \cdot 10^{-3};$$

$$p_{400} = p_{34} = 7,25 \cdot 10^{-4};$$

$$p_{300} = p_{123} + p_{124} = 4,13 \cdot 10^{-5};$$

$$p_{200} = p_{134} + p_{234} = 4,13 \cdot 10^{-5};$$

$$p_0 = p_{1234} = 5,89 \cdot 10^{-7}.$$

Визначимо показники балансової надійності, а саме: параметр потоку виникнення об'єднаних станів системи генерування та їх тривалість [2]:

$$Z_{1000} = p_{1000} \cdot (\lambda_{10-8} + \lambda_{10-7}) = 0,89 \cdot 12 = 10,68 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{1000} = \frac{p_{1000}}{Z_{1000}} = \frac{0,89}{10,68} = 0,083 \text{ років} = 730 \text{ год};$$

$$Z_{800} = p_{800} \cdot (\lambda_{8-6} + \lambda_{8-5} + \lambda_{8-10}) = 0,05 \cdot (6 + 12 + 225) = 12,15 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{800} = \frac{p_{800}}{Z_{800}} = \frac{0,05}{12,15} = 0,0041 \text{ років} = 36,05 \text{ год};$$

$$Z_{700} = p_{700} \cdot (\lambda_{7-5} + \lambda_{7-10} + \lambda_{7-4}) = 0,05 \cdot (12 + 225 + 6) = 12,15 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{700} = \frac{p_{700}}{Z_{700}} = \frac{0,05}{12,15} = 0,0041 \text{ років} = 36,05 \text{ год};$$

$$Z_{600} = p_{600} \cdot (\lambda_{6-3} + \lambda_{6-8}) = 7,25 \cdot 10^{-4} \cdot (12 + 550) = 0,41 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{600} = \frac{p_{600}}{Z_{600}} = \frac{7,25 \cdot 10^{-4}}{0,41} = 0,0018 \text{ років} = 15,50 \text{ год};$$

$$Z_{500} = p_{500} \cdot (\lambda_{5-8} + \lambda_{5-3} + \lambda_{5-7} + \lambda_{5-2}) = 2,90 \cdot 10^{-3} \cdot (225 + 6 + 225 + 6) = 1,34 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{500} = \frac{p_{500}}{Z_{500}} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{1,34} = 0,0022 \text{ років} = 18,96 \text{ год};$$

$$Z_{200} = p_{200} \cdot (\lambda_{2-0} + \lambda_{2-5} + \lambda_{2-4}) = 4,13 \cdot 10^{-5} \cdot (6 + 225 + 550) = 0,03 \text{ рік}^{-1};$$

$$T_{200} = \frac{p_{200}}{Z_{200}} = \frac{4,13 \cdot 10^{-5}}{0,03} = 0,0013 \text{ років} = 11,31 \text{ год}.$$

Розрахуємо ймовірність p_n непокриття навантаження та очікувану за рік кількість діб n_n непокритого навантаження ЕЕС. Річний графік нагромаджених значень навантаження наведено на рис. 2.

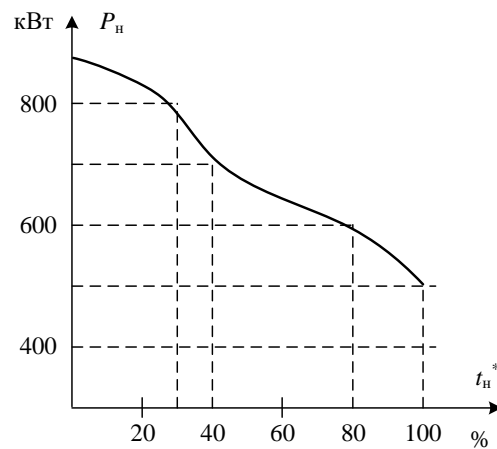


Рисунок 2 – Річний графік нагромаджених значень навантаження

$$\begin{aligned}
 p_n &= \frac{(p_{800} t_{n800}^* + p_{700} t_{n700}^* + \dots + p_{200} t_{n200}^* + p_0 t_{n0}^*)}{100} = \\
 &= 0,05 \cdot 0,3 + 0,05 \cdot 0,4 + 7,25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 + \\
 &+ 2,90 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 + 7,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 + 4,13 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 + \\
 &+ 4,13 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 + 5,89 \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 = 0,051;
 \end{aligned}$$

$$n_n = 365 \cdot p_n = 27 \text{ діб.}$$

Висновки. Динамічне зростання встановленої потужності ВДЕ в Україні призводить до зростання ймовірності порушення балансової надійності ЕЕС. Тому з метою забезпечення надійності електропостачання споживачів ЕЕС зі значною часткою ВДЕ, особливо в умовах функціонування нової моделі ринку електричної енергії [3] необхідно виконати додаткові розрахунки балансової надійності, на основі яких здійснити певні заходи із забезпечення надійності.

Перелік послань

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навчальний посібник [Текст] / С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – ISBN 978-966-622-453-1.
2. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А.В. Журахівський, С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, О.Р. Пастух. – Київ.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 456 с. – ISBN 978-966-622-862-1.
3. Казанський С.В. Моделі організації ринків електричної енергії / Електропанорама. – № 3. – 2008.