

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ПОКРИВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ЗАДАНОГО ГРАФІКА НАВАНТАЖЕННЯ

Матвієнко М.М., магістрант, Матєєнко Ю.П., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Проведений аналіз надійності покриття електростанцією (ЕС) заданого графіку навантаження вказує на рівень дефіциту потужності на електростанціях, що характеризує роботу самої ЕС в залежності від рівню дефіциту навантаження. Надійність покриття електростанцією заданого графіку навантаження доцільно оцінювати для того, щоб характеризувати роботу ЕС як енергетичного об'єкта і як елемента електроенергетичної системи (ЕЕС) [1]. З метою оцінки реальності плану виконання електроенергії на ЕС та надання мінімального ризику виникання та розвитку системних аварій необхідне проведення аналізу покриття графіку навантаження електростанцією.

Метою роботи є оцінка та проведення аналізу покриття електростанцією заданого графіку навантаження на основі вихідних даних електростанції.

Матеріали і результати досліджень. Для виконання аналізу надійності покриття заданого графіку навантаження представлено наступні вихідні дані електростанції та її заданий добовий графік навантаження на рис.1: $n = 4$ – загальна кількість працездатних блоків станції; $P_{\text{ном}} = 100$ МВт – одинична потужність блоку; $q = 0,05$ – ймовірність неробочого стану блоку.

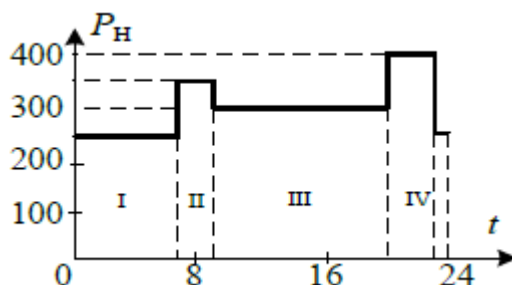


Рисунок 1 – Заданий добовий графік навантаження електростанції

Основним показником надійності покриття графіку є абсолютний P_{∂} або відносний $P_{\partial}/P_{\text{н max}}$ дефіцит потужності ЕС усереднений на проміжку часу тривалості графіку. Для ЕС він вказує на реальність виконання плану виробництва електроенергії і виявляє імовірних порушників балансу потужності на ЕЕС. Мінімальний ризик буде у випадку, якщо для всіх потужних електростанцій ЕЕС показник $P_{\partial}/P_{\text{н max}}$ відносного дефіциту потужності буде однаковий.

Електричні станції повинні забезпечити надійне покриття заданих графіків навантаження, чого досягають не лише надійною роботою самої станції, а й високим ступенем надійності схеми видачі потужності. Основна функція цієї схеми – передавання необхідної потужності від електричної станції до опорних вузлів електроенергетичної системи у різних експлуатаційних режимах, такі як нормальні, ремонтні та післяаварійні.

Дефіцит навантаження може спричинити серйозні порушення електропостачання через відключення генеруючого устаткування, аварійність ліній електропередачі, тобто порушення покриття графіку навантаження [2].

Надійність блоків 500 і 800 МВт значно нижча ніж інших. Ймовірними причинами зниженої надійності можна назвати: низькі запаси механічної й електричної міцності; роботу з високими параметрами електричної і теплової енергії; конструктивну складність забезпечувальних систем.

На рисунку 1 подано добовий графік навантаження ЕС, для якого проведемо аналіз покриття навантаження.

Величину дефіциту $P_{\partial\mu}$ на будь-якому графіку навантаження визначають за формулою:

$$P_{\partial} = \sum_{\mu=1}^M P_{\partial\mu} t_{\mu} / 24 \quad (1)$$

де t_{μ} – тривалість у годинах μ -го ступеня графіка навантаження.

Відносний дефіцит потужності електростанції розраховується для деякого періоду часу (доба, рік, проміжні періоди часу), визначеного графіком навантаження. Оцінювати відносний дефіцит потужності можна в момент оперативного керування режимами електроенергетичної системи.

Оскільки кожен енергоблок може перебувати в одному з двох протилежних станів, ймовірність робочого стану блоку становить:

$$P_n^m = C_n^m p^m q^{n-m} = n! / (m!(n-m)!) p^m q^{n-m} \quad (2)$$

де C_n^m – число комбінацій з n по m .

З формули 2 отримуємо формулу для обчислення значень $P_{\partial}^{kP_0}$:

$$P_{\partial}^{kP_0} = p_n^m = C_n^m p^m q^{n-m} \text{ для } m = (P_{н\mu} - \kappa P_0) / P_{ном} \quad (3)$$

де m – кількість працюючих агрегатів; $P_{н\mu}$ – значення потужності навантаження для μ -го ступеня добового графіка.

Прийmemo розрахунковий ступінь потужності як $0,5 \cdot P_{ном}$, що дорівнює 50 МВт. Використовуючи вищезазначені формули отримаємо дефіцит потужності для кожного ступеню графіка навантаження.

Для I-го ступеню графіка $P_{н1} = 250$ МВт:

для $k = 1$, $m = (250 - 1 \cdot 50) / 100 = 2$, $p_{\partial}^{1P_0} = p_4^2 = C_4^2 p^2 q^2 = 0.0135$;

для $k = 2$, $m = (250 - 2 \cdot 50) / 100 = 1.5$ – не розглядається;

для $k = 3$, $m = (250 - 3 \cdot 50) / 100 = 1$, $p_{\partial}^{3P_0} = p_4^1 = C_4^1 p^1 q^3 = 0.0005$;

$$\text{Тоді } P_{\partial I} = 1P_0 \cdot p_4^2 + 3P_0 p_4^1 = 1P_0 \cdot 0.0135 + 3P_0 \cdot 0.0005 = 0.0154P_0$$

Далі аналогічно розраховуються дефіцити потужності для інших ступенів графіку навантаження:

$$P_{\partial II} = 1P_0 p_4^3 + 3P_0 p_4^2 + 5P_0 p_4^1 = 1P_0 \cdot 0.1715 + 3P_0 \cdot 0.0135 + 5P_0 \cdot 0.0005 = 0.2146 \cdot P_0;$$

$$P_{\partial III} = 2P_0 p_4^2 + 4P_0 p_4^1 = 2P_0 \cdot 0.0135 + 4P_0 \cdot 0.0005 = 0.0291 \cdot P_0;$$

$$P_{\partial IV} = 2P_0 p_4^3 + 4P_0 p_4^2 + 6P_0 p_4^1 = 2P_0 \cdot 0.1715 + 4P_0 \cdot 0.0135 + 6P_0 \cdot 0.0005 = 0.4002 \cdot P_0$$

Обчислюємо середньодобовий дефіцит потужності

$$P_{\partial} = (P_{\partial I} t_I + P_{\partial II} t_{II} + P_{\partial III} t_{III} + P_{\partial IV} t_{IV}) / 24 = 0.08638P_0 = 4.3189 \text{ MBtm}$$

Відносна величина дефіциту потужності (середньодобового) становить 1,0797 %.

Метод оцінки надійності також повинен враховувати вплив схеми видачі потужності. Для цього схему проектують таким чином, щоб забезпечити видачу потужності від ЕС під час роботи всіх ЛЕП, які відходять від електростанції, а також в момент планових чи аварійних вимкнень однієї з ЛЕП. У разі одночасного вимкнення 2-ох ЛЕП допускається обмеження у видачі потужності до рівня, при якому не обов'язково зупиняти деякі енергоблоки. Вимкнення ж трьох ліній є малоімовірним і тому не враховується.

Висновок. Представлений метод проведення аналізу надійності покривання електростанцією заданого графіку навантаження розраховує та вказує на дефіцит потужності для ЕС та ЕЕС, та має застосовуватись при будівництві графіку навантаження певної електростанції. Даний метод точно вказує на недоліки при побудові графіку навантаження, та при розрахунку допомагає скорегувати його для уникнення порушень електропостачання та аварійність ліній електропередачі. Тому саме за допомогою розглянутого методу визначається надійність покриття заданого графіку навантаження, що значно допомагає при побудові графіку навантаження на певний період часу та допомагає уникнути аварійних відключень або дефіциту електроенергії в системі.

Перелік посилань

1. Журахівський А.В., Казанський С.В., Матеєнко Ю.П., Пастух О.Р., Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017 – 456 с.;
2. Казанський С.В., Матеєнко Ю.П., Сердюк Б.М., Надійність електроенергетичних систем – Київ.: НТУУ «КПІ», 2011 – 216 с.