

Олена Рубаненко, к.т.н., доц.

АНАЛІЗ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ГЕНЕРУВАННЯ НЕГАРАНТОВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ПРИ КЕРУВАННІ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

За даними Міжнародного агентства з відновлювальної енергетики IRENA зазначено швидкі темпи нарощування встановленої потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1], в тому числі і негарантованих. В нормативному документі СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 «Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище» під електростанцією негарантованої потужності розуміють електростанцію, яка використовує нестабільний природний енергоресурс, в результаті чого вона має обмежену можливість або зовсім не має можливості регулювати свою потужність у відповідності із заданим добовим графіком. В вимогах до вітрових та сонячних електростанцій при їхній роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України зазначено, що вітрові електричні станції (ВЕС) та сонячні електричні станції (СЕС) прийнято вважати електростанціями негарантованої потужності за певних погодних умов (існує можливість припинення видавання їх активної потужності в мережу: для ВЕС при швидкості вітру < 3-5 м/с, а для СЕС при сонячній радіації < 200 Вт·м²).

Тому **актуальною** є задача дослідження нестабільності генерування ВДЕ в залежності від зміни метеорологічних факторів.

Постановка задачі. Проаналізувати вплив метеорологічних факторів на генерування різних типів ВДЕ, та виявити найбільш впливові.

Для **розв'язання задачі** використано коефіцієнт кореляції Спірмена. Для виміру ступеня зв'язку між ранжуваннями $X^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})^T$ і $X^{(j)} = (x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, \dots, x_n^{(j)})^T$ використано ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена:

$$\hat{r}_{kj}^{(s)} = 1 - \frac{6}{n^3 - n} \sum_{i=1}^n (x_i^{(k)} - x_i^{(j)})^2, \quad (1)$$

Для співпадаючих ранжувань при $x_i^{(k)} = x_i^{(j)}$ для всіх $i=1, 2, \dots, n$ буде $\hat{r}_{kj}^{(s)} = 1$ а для протилежних $x_i^{(k)} = n - x_i^{(j)} + 1$ при $i=1, 2, \dots, n$ буде $\hat{r}_{kj}^{(s)} = -1$. В усіх інших випадках $|\hat{r}_{kj}^{(s)}| < 1$. Вибір критерію кореляції здійснено після оцінки даних на нормальність. Результати розрахунку рангових коефіцієнтів кореляції Спірмена для фотовольтаїчної електричної станції «Цекинівська-2» 4-5 черга (Вінницька область, Ямпільській район) [2] та вітрової електричної станції («Сокол») (Mazowieckie wojewodztwo, Польща) наведені в табл. 1. Перевірка даних на нормальність та розрахунок рангових коефіцієнтів кореляції Спірмена здійснювалось в LabView.

Висновки. Встановлено впливні метеорологічні фактори на генерування СЕС: інсоляція, відносна вологість, температура, прозорість неба; і ВЕС: швидкість вітру, інсоляція, температура, вологість, що дасть змогу враховувати їх при формуванні законів керування в системах енергопостачання та генерації.

Література

- IRENA (2019), Renewable capacity statistics.
- O. Rubanenko and V. Yanovych, "Analysis of instability generation of Photovoltaic power station," in 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 2020, pp. 128-133.

Табл. 1 – Рангові коефіцієнти кореляції Спірмена генерування ВЕС і СЕС

| Метеорологічний фактор | $\hat{r}_{СЕС}$ | $\hat{r}_{ВЕС}$ |
|--|-----------------|-----------------|
| Рівень опадів | -0.37 | 0.08 |
| Питома вологість на висоті 2 м | 0.56 | -0.19 |
| Відносна вологість на висоті 2 м | -0.76 | Іт.д. |
| Поверхневий тиск | 0.099 | -0.11 |
| Середня температура на висоті 2 м | 0.71 | 0.18 |
| Температура поверхні Землі | 0.72 | -0.25 |
| Точка роси на висоті 2 м | 0.56 | -0.23 |
| Температура вологої колби на висоті 2 м | 0.56 | -0.23 |
| Максимальна температура на висоті 2 м | 0.75 | -0.25 |
| Мінімальна температура на висоті 2 м | 0.63 | -0.24 |
| Значення температури на висоті 2 м | 0.71 | -0.25 |
| Середня швидкість вітру на висоті 50 м | 0.04 | 0.03 |
| Середня швидкість вітру на висоті 10 м | -0.03 | 0.35 |
| Мінімальна швидкість вітру на висоті 50 м | -0.19 | 0.62 |
| Мінімальна швидкість вітру на висоті 10 м | -0.20 | 0.58 |
| Максимальна швидкість вітру на висоті 50 м | -0.16 | 0.67 |
| Максимальна швидкість вітру на висоті 10 м | -0.17 | 0.67 |
| Швидкість вітру на висоті 50 м | -0.19 | 0.72 |
| Швидкість вітру на висоті 10 м | -0.23 | 0.7 |
| Індекс прозорості (від 0 до 1) | 0.78 | 0.13 |
| Інсоляція на горизонтальній поверхні | 0.90 | -0.26 |
| Тепловий інфрачервоний радіаційний потік | 0.42 | -0.23 |