

СТОХАСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Пекур П.П., к.т.н., ст. викл., Степасюк В.Ю., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Раціональне вирішення складних проблем проектування і експлуатації електричних мереж неможливе без правильного визначення та врахування електричних навантажень (ЕН). Величина ЕН визначає параметри всіх елементів електричної мережі і її техніко-економічні показники. Похибки у визначенні ЕН виникають через похибки паспортних і експериментальних даних, вплив метеорологічних факторів (температура, швидкість вітру і т.п.), нехтування фізичними властивостями енергетичних об'єктів, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема сучасних вітроелектричних установок (ВЕУ). Підключення великих вітроелектричних станцій до існуючих електричних мереж потребує обґрунтованості розрахункових навантажень з урахуванням їх змін. Це можливо лише шляхом широкого впровадження в практику імовірнісних методів.

Постановка задачі. Експериментальні та розрахункові дослідження енергетичних характеристик ВЕУ за стохастичного моделювання динаміки повітряного потоку показують значні зміни потужності установки. При початкових робочих швидкостях вітру генераторний режим роботи електричної машини ВЕУ чергується з її роботою в режимі двигуна. По мірі збільшення середньої швидкості вітру пориви вітру, що можуть у 1,5...2 рази перевищувати середнє значення, все частіше викликають перевантаження генератора. Передбачити заздалегідь режим роботи ВЕУ принципово неможливо через те, що ми не можемо абсолютно точно знати параметри стану атмосфери в приземному шарі, а від цих параметрів залежить потужність установки. Проте використання теорії випадкових процесів дозволяє відомі імовірнісні характеристики швидкості вітру перерахувати в імовірнісні характеристики параметрів на виході ВЕУ, зокрема її потужності.

Матеріали досліджень. Енергетичні характеристики ВЕУ є неперервними, неоднозначними і немонотонними функціями. Тобто, одному значенню потужності $P_{гv}$ може відповідати декілька значень швидкості вітру (v_{p2}, v_{p3}, v_{p4} на рис. 1). Кількість значень v_{pi} визначається кількістю монотонних ділянок функції $P_{г} = f(v)$, які перетинає пряма $P_{гv} = \text{const}$.

За такого перетворення вираз для безпосереднього визначення функції розподілу потужності $F(p_{г}|m_v)$ по функції розподілу швидкості вітру $F(v|m_v)$ залежить від способу регулювання потужності ВЕУ. Характер кривої $P_{г} = f(v)$ при регулюванні потужності шляхом зриву потоку на лопатях наведено на рис.1.

Якщо функція $P_{г} = f(v)$ має характер наведений на рис. 1, то в залежності від величини $p_{гv}$

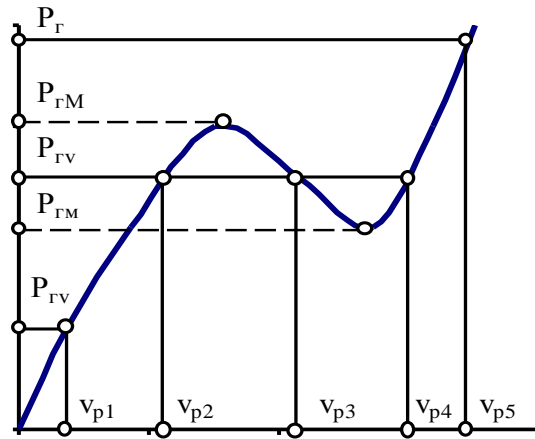


Рисунок 1 – Неоднозначність залежності потужності вітроелектричної установки від швидкості вітру

$$F(p_{GV} | m_v) = W(P_r \leq p_{GV}) = \begin{cases} W(V \leq v_{p1}) = F(v_{p1} | m_v) & \text{при } p_{GV} < p_{GM}, \\ W(V \leq v_{p2}) + W(v_{p3} \leq V < v_{p4}) = \\ = F(v_{p2} | m_v) + F(v_{p4} | m_v) - F(v_{p3} | m_v) & \text{при } p_{GM} < p_{GV} < p_{GM}, \\ W(V < v_{p5}) = F(v_{p5} | m_v) & \text{при } p_{GV} \geq p_{GM}. \end{cases}$$

де $W(\dots)$ – імовірність, вказаної в дужках нерівності.

За будь-якого іншого характеру залежності $P_r = f(v)$ можна міркувати аналогічно.

За зразок на рис. 2 наведені імовірнісні характеристики потужності ВЕУ-220.

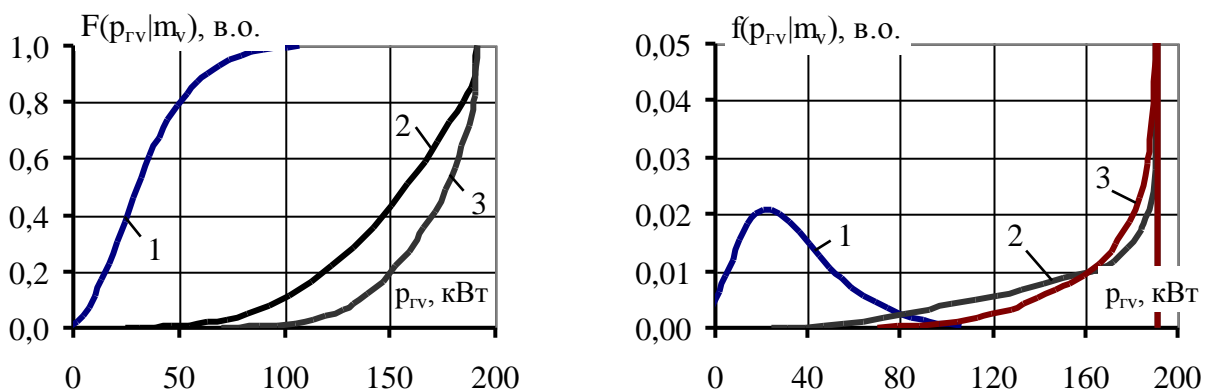


Рисунок 2 – Функція розподілу $F(p_{GV} | m_v)$ та щільність імовірності $f(p_{GV} | m_v)$ потужності ВЕУ-220 (1 – $m_v = 6$ м/с; 2 – $m_v = 11$ м/с; 3 – $m_v = 17$ м/с)

Висновок. Знання імовірнісних характеристик потужності ВЕУ дозволяє визначити її числові характеристики (математичне сподівання, дисперсію, коефіцієнти асиметрії та ексцесу), а вони, в свою чергу, дозволяють передбачати вплив потужності ВЕУ на навантаження електричних мереж.