

перспективним напрямом, а необхідним кроком до забезпечення енергетичної безпеки, економічної стабільності та сталого розвитку. У поєднанні з державною підтримкою та свідомим підходом громадян ця тенденція здатна суттєво змінити майбутнє енергоспоживання в країні [4].

Література

1. Драч О. М., Савченко В. М. **Енергозбереження в будівлях**. — Київ: Ліра-К, 2020. — 288 с.
2. Нікітченко О. М. **Сучасні технології в системах опалення, вентиляції та кондиціювання**: навч. посіб. — Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. — 224 с.
3. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. **Рекомендації щодо впровадження ВДЕ у приватному секторі** [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://saee.gov.ua>
4. European Commission. **Clean Energy for All Europeans**. — Brussels: EU Publications, 2019. — 220 p.
5. IEA (International Energy Agency). **Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028** [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>

УДК 621.31

В.Р. Білевич; А.М.Яковчук; В.П.Коваль, к.т.н. доц

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ЛОПАТЕЙ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВІТРОТУРБИНИ

V.R. Bilevych; A.M.Iakovchuk; V.P. Koval, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

THE EFFECT OF BLADE NUMBER ON WIND TURBINE ENERGY EFFICIENCY

При запуску вітрової турбіни лопаті спочатку обертаються дуже повільно, а потім починають прискорюватися. Це відбувається завдяки аеродинамічній конструкції лопатей. Лопаті вітрової турбіни мають форму, схожу на крило літака, причому одна сторона (задня) набагато більш вигнута, ніж інша (передня). Біля крила повітря найшвидше протікає над верхньою частиною, що знижує тиск і створює підйомну силу, необхідну для польоту літака. Лопаті турбіни також працюють за рахунок перепаду тиску, що виникає внаслідок зміни швидкості повітря. Коли вітер починає дути і проходить над лопаттю, повітря за лопаттю починає рухатися з більшою швидкістю, ніж повітря перед лопаттю. Фактично, найбільша швидкість досягається на заокругленому передньому краї, що створює кишеню повітря з низьким тиском. Це буквально тягне лопать вперед, і ми отримуємо початок обертання.

Коли лопаті обертаються, вони створюють власний зустрічний вітер. Швидкість цього додаткового вітру допомагає знизити тиск на задній стороні лопаті і сприяє ще більшій підйомній силі. Це змушує лопать обертатися швидше і створювати додатковий зустрічний вітер. В результаті лопаті турбіни обертаються все швидше, поки не досягнуть максимальної швидкості.

Чим більше лопатей на вітровій турбіні, тим вищий крутний момент і тим нижча швидкість обертання. Але турбіни, що використовуються для вироблення електроенергії, повинні працювати на високих швидкостях і насправді не потребують великого крутного моменту. Отже, чим менше лопатей, тим краще система підходить для вироблення енергії.

Теоретично, турбіна з однією лопаттю є найбільш аеродинамічно ефективною конфігурацією. Однак вона не дуже практична через проблеми зі стабільністю. Турбіни з

двома лопатями є наступною за ефективністю конструкцією, але вони схильні до коливань, схожих на гіроскопічну прецесію.

Оскільки вітрогенератор завжди повинен бути спрямований проти вітру, лопаті повинні змінювати свій напрямок у вертикальній площині при зміні напрямку вітру. Це явище називається ризиканням. У дволопатевої системі, коли лопаті знаходяться у вертикальному положенні (тобто на одній лінії з вежею та віссю обертання), опір ризиканню дуже малий. Але коли два лопаті знаходяться в горизонтальному положенні, вони простягаються на більшу відстань від осі обертання і тому відчують максимальний опір ризиканню. В результаті рух ризикання починається і зупиняється двічі за оберт, що призводить до навантаження на турбіну через вібрацію лопатей.

З іншого боку, турбіна з трьома лопатями має дуже мало вібрацій. Це відбувається тому, що коли одна лопать знаходиться в горизонтальному положенні, її опір силі ризикання врівноважується двома іншими лопатями. Таким чином, трилопатева турбіна представляє найкраще поєднання високої швидкості обертання і мінімального навантаження.

УДК 621.311

Д.М. Білик, М.І. Матвієшин, С.М. Бабюк, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

НАДІЙНІСТЬ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

D. Bilyk, M. Matviieshyn, S. Babiuk, Ph.D.

RELIABILITY OF DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS

Надійність розподільчих електричних мереж є ключовим фактором у Більшість електропередавальних мереж України припадає на розподільчі лінії з класами напруги 0,38-110 кВ. Основну частину цих мереж складають сільські системи, споживачами яких є аграрні підприємства, малі населені пункти, котеджні та садівничі господарства, розташовані за межами урбаністичних зон. Дані мережі формують основну частину інфраструктури електромережевого комплексу, є найбільш затратними в експлуатації та обслуговуванні, і мають найвищу концентрацію персоналу та проблемних зон [1].

Розвиток розподільчих мереж відбувався в період масштабної електрифікації господарства у 1950-60-х роках минулого століття [1]. Наразі більшість таких систем вичерпала свій експлуатаційний ресурс через фізичне зношення та моральне старіння, оскільки споруджувалися вони одночасно і нині синхронно потребують оновлення. Термін амортизації (25 років) вже давно минув [1]. Згідно з джерелами [2], хронічна нестача капітальних інвестицій упродовж останніх двох десятиліть зумовила значне фізичне (до 70%) та технологічне (до 50%) старіння магістральних і розподільчих мереж відповідно. Це негативно позначається на аварійності мереж та експлуатаційних параметрах [2].

Надійність функціонування розподільчих мереж є визначальною в поточних умовах, адже це здатність електроенергетичної системи (ЕЕС) виконувати свої функції за специфічних режимів експлуатації. Основні індикатори надійності включають:

Інтенсивність аварійних відмов електропостачання (річна кількість незапланованих інцидентів);

Середню тривалість порушень у постачанні;

Допустимі обмеження електропостачання за аварійними та технологічними сценаріями [3].

Повітряні розподільчі лінії (ПЛ), включаючи провідникові елементи, ізоляцію та опори, є найбільш уразливими компонентами розподільчої інфраструктури. Вихід з ладу будь-якого компонента може спричинити системні порушення [1]. Аналіз аварійності ПЛ 10-110 кВ свідчить, що до 70% відмов припадає на мережі 10 кВ [4].