

## БАЗОВІ КРИТЕРІЇ ДЛЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ ВІТРОГЕНЕРУЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ

Пода М.В., магістрант, Васьковський Ю.М., д.т.н., проф.

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки*

**Вступ.** На сьогоднішній день актуальною є проблема ефективної генерації екологічно чистої енергії на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Створення і широке впровадження комбінованих електростанцій, які використовують різні види ВДЕ і, перш за все енергію вітру і сонячну енергію, дозволить забезпечити надійне енергоживлення розсереджених споживачів малої і середньої потужності, які споживають електричну потужність в діапазоні 1,5 ... 3000 кВт. Хоча Україна не розташована на територіях з великими запасами енергії вітру, які існують, наприклад, в країнах Скандинавії, Коста-Рики, Японії, США, тощо, але й в Україні розробляються організаційні, науково-технічні та практичні заходи щодо серійного виробництва вітроелектричних установок (ВЕУ) на українських підприємствах [4].

З урахуванням набутого за останні десятиріччя досвіду по створенню ВЕУ залишається актуальною проблема подальшого узагальнення результатів розробок окремих варіантів ВЕУ на базі єдиних методологічних принципів і критеріїв. Це в значній мірі стосується електричних вітрогенераторів (ЕВГ), які формують головне ядро ВЕУ. Оптимальний вибір варіантів ЕВГ з урахуванням запропонованих умов експлуатації ВЕУ потребує адекватного обґрунтування не тільки конкретних конструктивних і технічних рішень, але й базових принципів щодо вибору їх структури та параметрів.

**Мета роботи.** Запропонувати базові критерії, які забезпечують підвищення рівня конструювання нових енергоефективних ЕВГ.

**Матеріали та результати досліджень.** Досліджуються основні критерії вибору ЕВГ для ВЕУ на основі генераторів різної структури – лінійних, циліндричних та торцевих. На вибір типу та подальше конструювання ЕВГ впливають багато факторів: висота розташування, тип монтажу, тип осі симетрії, потужність, надійність, геометрична форма, напруга заряду акумуляторної батареї (АКБ), частота вихідної напруги генератора, тиск зовнішньої середовища, габаритні показники та вага тощо. До найбільш суттєвих можна віднести перші п'ять, причому залежно від висоти розташування та типу монтажу, наступні три матимуть різний пріоритет.

➤ *Висота розташування.* З урахуванням усіх можливих способів виконання ВЕУ можна розділити по висоті [2] розташування на:

- Рівень поривчастого вітру – менше, ніж 50м над поверхнею землі. Вплив нерівностей поверхні землі, густина забудови, тепловіддача землі, тертя повітряних потоків об землю спотворюють аеровластивості зони. Структура вітру визначається в основному природою поверхні та зміною температури з висотою. Рівнинні та горні вітри зустрічаються на цьому рівні. Велика залежність від пори року.

- Рівень помірного вітру – в діапазоні 50 ... 100м над поверхнею місця розташування комплексу. Ефект тертя об поверхню землі впливає на структуру вітру. До цього рівня простирається дія морських бризів. Ефект Коріоліса та зміна густини через розігрів земної поверхні мають значну силу на цьому рівні.

- Рівень потокового вітру – більше ніж 100м над поверхнею землі. На цьому рівні не проявляється в'язкість повітря, оскільки воно не контактує із твердими тілами. Рух повітря визначається тільки градієнтом тиску та ефектом Коріоліса.

Зазначимо, що швидкість вітру змінюється із зміною пори року. Також швидкість вітру збільшується з висотою за степеневою залежністю або за логарифмічною залежністю [5]:  $V_1 = V_0 \cdot \left(\frac{h_1}{h_0}\right)^k$ ,  $V_1 = V_0 \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{h_1}{h_z}\right)}{\ln\left(\frac{h_0}{h_z}\right)}\right)$ , де  $V_1$  – швидкість вітру на необхідній висоті;  $V_0$  – швидкість вітру на висоті, де зроблений базовий вимір швидкості;  $h_1$  – необхідна висота швидкості вітру;  $h_0$  – висота базового виміру швидкості;  $k$  – коефіцієнт нерівності поверхні ( $k = 0,2-0,25$  для розташування біля міст);  $h_z$  – висота елементів нерівності.

Більша кількість автономних ВЕУ розташовані на рівні поривчастого вітру, тому їх швидкість є нестабільною. На рівнях помірного та потокового вітру розташовуються переважно промислові ВЕУ електростанцій великої потужності. Оскільки дані гідрометцентру призначені для висоти 10м, то рекомендовано на висоті встановлення ВЕУ емпірично визначити швидкості вітру. На основі цього критерію визначається діапазон частот обертання, полюсність ЕВГ.

➤ *Тип монтажу.* На сьогоднішній день найбільш використовуваний тип баштового монтажу (башта, на якій розташована вітротурбіна та допоміжне обладнання), але значного поширення набуває тип канатного монтажу (дирежаблеподібна/літакоподібна конструкція, до якої прикріплена вітротурбіна та трос, що утримує генеруючу конструкцію у повітрі; допоміжне обладнання знаходиться на землі). При кожному з видів монтажу слід враховувати тиск, температуру та опади навколишнього середовища, де розміщується генератор. Особливою характеристикою ЕВГ для канатного монтажу за цим критерієм є його вага.

➤ *Вид осі симетрії.* Критерій у більшості випадків призначений для вибору вітряка та безредукторного з'єднання генератора та вітряка. Але також його можливо застосовувати при виборі геометричної форми генератора – циліндрична, лінійна або торцева. Тому цей критерій повинен допомогти обрати вітряк для конкретного випадку та геометричну форму ЕВГ.

➤ *Потужність.* Чи не найголовніший критерій, оскільки з нього починається кожне технічне завдання по проектуванню ЕВГ. Для отримання заданої потужності ЕВГ необхідно розрахувати енергоспоживання, розрахувати середній ККД генератора за місяць та за рік, привести необхідний час розряду та заряду АКБ та вивести діапазон зміни потужності при діючих силах вітру. Наприклад [3], споживана потужність на сім'ю із 4-х осіб за годину становить

~2кВт без урахування потужних енергоспоживачів (електрообігріву). Необхідно забезпечити мінімальну вихідну потужність ЕВГ за формулою:

$$P_{1min} = \frac{n_{АКБ} \cdot P_{АКБ}}{\eta_{п.л.}},$$

де  $n_{АКБ}$  – кількість АКБ;  $P_{АКБ}$  – енергоємність одної АКБ;  $\eta_{п.л.}$  – КПД проміжних ланок. Для перевірки відповідності мінімальної потужності генератора часу повного штильового розряду (мінімальний час, за який розрахована споживана енергія буде жити споживача від АКБ при відсутності вітру, а й відповідно генерації електричної енергії).

$$P_{розр. АКБ} = \frac{n_{АКБ} \cdot P_{АКБ}}{P_{сер.спож.} \cdot t_{розр.ш.} \cdot k} \geq 1,05,$$

де  $P_{сер.спож.}$  – середньоспоживана енергія за годину;  $t_{розр.ш.}$  – час повного штильового розряду;  $k$  – коефіцієнт запасу ( $k=1,05-1,15$ ). За необхідності можна прийняти  $P_{1min} = P_{1н}$ .

➤ *Надійність.* Цей критерій стосується не тільки обслуговування, гарантійного строку та строку служби генератору, але й є одним з основних привабливих пунктів для споживача ВЕУ. Саме від цього параметру залежить які процеси будуть відбуватись у генераторі при умовах, які не відповідають номінальним.

Чим на вищому рівні вітру відбувається перетворення енергії, тим більшу надійність мусить мати ЕВГ.

**Висновки.** Запропоновано базові критерії при виборі та проектуванні ЕВГ для автономних або промислових ВЕУ. Запропоновані критерії дозволяють полегшити та пришвидшити проектування не тільки на початкових етапах, але й конструювання всього комплексу в цілому.

#### Перелік посилань

1. Швец Е. Я. Потенциал нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Украине [Електронний ресурс] / Е. Я. Швец – Режим доступу до ресурсу: [http://www.rusnauka.com/CCN/Tecnic/5\\_shvec..doc.htm](http://www.rusnauka.com/CCN/Tecnic/5_shvec..doc.htm)
2. Ветер, условия образования у Земли и на высотах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://geolike.ru/page/gl\\_2506.htm](http://geolike.ru/page/gl_2506.htm).
3. Казаков О. Собственная электроэнергия в своем помест / О. Казаков.. – (ecotown.khv.ru).
4. Кудря С. О. Вітроенергетика / Степан Олександрович Кудря // Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії / Степан Олександрович Кудря. – Київ: НТУУ "КПІ" ВПІ ВПК "Політехніка", 2012. – С. 63, 65, 68.
5. Д. де Рензо. Обобщенная оценка ветроэнергетически ресурсов США / Д. де Рензо // Ветроэнергетика / Д. де Рензо. – Москва: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1982. – С. 63.