

Синєглазов В. М., д.т.н., Зеленков О.А., к.т.н., Соченко П.С., к.т.н.(НАУ, Україна)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ МАЛОПОТУЖНИХ ВІТРІВ

В статті обґрунтовується доцільність застосування малопотужних вітроенергетичних установок, розташованих на дахах висотних будинків у великих містах.

В житті сучасної людини все більш гострішою стають проблеми енергетики та екології, ефективним рішенням яких являється застосування нетрадиційних джерел електроенергії, зокрема безпосереднього використання енергії сонячного світла та вітру.

Відомо, що в Німеччині за рахунок енергії вітру забезпечують 10% електроенергії країни, в Данії – 40 %. Така висока ефективність обумовлена зручним географічним розташуванням цих країн, де майже завжди існує потужний вітер в одному і тому ж напрямку з півночі на південь.

Як стверджують самі німці, такий спосіб використання енергії вітру має ряд суттєвих недоліків, зокрема:

- потужні вітроенергетичні станції займають великі площі сільськогосподарських полів;
- ці станції не можуть бути розташовані безпосередньо у містах і знаходяться, як правило, на великих відстанях від міст;
- потужні вітроенергетичні установки від'ємно впливають на екологію сільської місцевості, відлякуючи пернатих, при цьому порушується екологічна рівновага між пернатими та комахами.

Нарешті останній суттєвий недолік полягає в тому, що потужні вітрові установки не можуть бути використанні в тих місцевостях, де вітри мають змінний напрямок дії з малою потужністю.

В зв'язку з цим пропонується альтернативний варіант рішення проблеми використання енергії вітру шляхом застосування малопотужних вітроенергетичних установок. Цей метод значно усуває основний недолік усіх вітроенергетичних систем – непостійність їх роботи за часом, оскільки малопотужні вітри існують більш тривалий час, ніж вітри великої потужності.

Наприклад, якщо задатися умовною, коли сумарна потужність n малопотужних установок з потужностями P_i дорівнює потужності P однієї установки великої потужності, тобто

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

то протягом визначного інтервалу $t_{вм}$ часу n малопотужних установок дадуть електроенергії більше, ніж одна установка великої потужності, оскільки малопотужні установки будуть працювати більш тривалий час $t_{мні}$ ніж час $t_{вм}$ роботи установки великої потужності. З врахуванням приведених умов рівність (1) перетворюється в нерівність

$$P \cdot t_{ат} < \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_{інт} \quad (2)$$

Приведені вище міркування показують, що малопотужні установки легко та більш ефективно здатні використовувати вітер за часом. Це можна проілюструвати графічно. Із рис. 1 видно, що малопотужні установки здатні працювати більш тривалий час, ніж установки великої потужності.

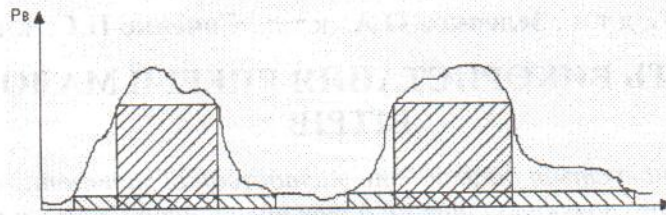


Рис. 1 Графік дії потужних P_v та малопотужних P_m вітрів на інтервалі часу t .

Потужність вітру має випадковий характер і ймовірність появи вітру різної потужності визначається законом Пуасона [2]. При цьому моменти появи вітру визначається експоненціальним розподіленням ймовірностей [2]. Відповідно діаграмі (рис 1) інтенсивності m_1 , m_2 , появи та зникнення вітру, малої потужності, будуть значно меншими в порівнянні з інтенсивностями m_3 , m_4 появи та зникнення вітру великої потужності, оскільки тривалість слабого вітру буде більш стабільною в порівнянні з вітром великої потужності.

Ймовірність P_{nc} появи слабого вітру може бути визначена за формулою:

$$P_{nc} = 1 - e^{-m_1 t} \quad (3)$$

Ймовірність P_{zc} зникнення слабого вітру можна визначити за формулою:

$$P_{zc} = e^{-m_2 t} \quad (4)$$

Ймовірність P_{ic} існування слабого вітру визначається як добуток ймовірностей P_{nc} та P_{zc} і тому визначається формулою:

$$P_{ic} = (1 - e^{-m_1 t}) \cdot e^{-m_2 t} \quad (5)$$

Аналогічно можна визначити і ймовірність P_{iv} існування великого вітру відповідно формулі:

$$P_{iv} = (1 - e^{-m_3 t}) \cdot e^{-m_4 t} \quad (6)$$

Відношення ймовірностей P_{ic} та P_{iv} , визначаються за формулами (5), (6) буде визначати коефіцієнт $k(t)$ відповідної тривалості вітру, який визначається по формулі:

$$K(t) = \frac{(1 - e^{-m_1 t}) e^{-m_2 t}}{(1 - e^{-m_3 t}) e^{-m_4 t}} \quad (7)$$

Для того, щоб зібрати вітер, розсіяний в просторі, доцільно застосовувати конусовидні труби (рис. 2), які можна повертати в горизонтальній площині за визначеною програмою більшим отвором на зустріч більш потужному вітру.

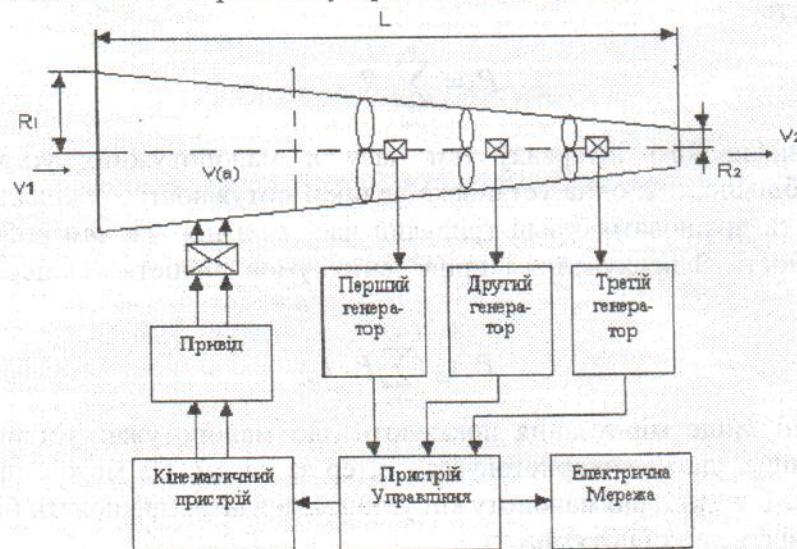


Рис. 2 Структурно-функціональна схема малопотужної вітроенергетичної установки

На рис. 2 зображена конусовідна вентиляційна труба довжиною L , радіус R_1 вхідного отвору якої перевищує радіус R_2 вихідного отвору на величину коефіцієнта $W = \frac{R_1}{R_2}$ звужуємості труби. В середині труби розташовані декілька n вентиляторів, які кінематично з'єднані з генераторами Γ електричної енергії. Отримана електроенергія з генераторів складається та перетворюється в конверторі з забезпеченням відповідного значення величині напруги та частоти і передається до електричної мережі.

Напруга з генераторів на пристрій управління, який кінематично з'єднаний з поворотним пристроєм, за допомогою якого вентиляційна труба може бути повернена в бік найбільш потужного вітру. Напрямок потужного вітру може бути визначений в пристрої управління по максимуму отриманої в конверторі напруги. Найбільш потужний вітер в даний момент часу зі швидкістю V_1 входить в трубу і виходить з неї зі швидкістю V_2 . Відповідно закону Бернуллі швидкість V_2 буде перевищувати швидкість V_1 в стільки разів, у скільки перевищує значення S_1 площини вхідного отвору відносно площини S_2 вихідного отвору:

$$V_2 = V_1 \frac{S_1}{S_2} \quad (8).$$

Оскільки труба кругла і відношення між радіусами R_1 та R_2 дорівнює W , то можна записати:

$$V_2 = V_1 \cdot W^2 \quad (9).$$

Відомо, що кінетична енергія E_k рухомого тіла визначається за формулою

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2} \quad (10).$$

де m – маса рухомого тіла; V – швидкість рухання.

Величину маси m рухомого повітря можна визначити формулою:

$$m = \rho \cdot S \cdot V \quad (11),$$

де ρ – густина повітря; S – площа, через яку проходить повітря; V – швидкість вітру.

З врахуванням (12) формулу (11) можна записати:

$$E_k = \frac{\rho \cdot S}{2} \cdot V^3 \quad (12).$$

Величина кінетичної енергії E_k за одиницю часу по суті визначає потужність, яка залежить від двох величин: площі S , через яку проходить вітер та його швидкості V .

Аналіз формули (13) показує, що з метою підвищення потужності E_k більш ефективною мірою являється збільшення швидкості V вітру, ніж габаритних значень площини S , оскільки потужність E_k в залежності від збільшення швидкості V збільшується в кубічній залежності, а при збільшенні радіуса R отвору труби – тільки в квадратичній.

Таким чином, з врахуванням формули (10) вираз (13) для визначення величини потужності E_k вих на виході вентиляційної труби (рис.4) можна записати:

$$E_{k \text{ вих}} = \frac{\pi \cdot \rho \cdot R_1^2}{2} \cdot V_1^3 \cdot W^4 \quad (13).$$

Якщо на вході вентиляційної труби швидкість вітру $V_1=0.5\text{м/сек}$, то його потужність на виході досягає $P_{\text{вих}}=2.5\text{кВт-сек}$. Якщо перевести цю величину в кВт-год, то отримуємо $P_{\text{вих}}=8000\text{кВт-год}$. Якщо коефіцієнт перетворення енергії вітру в електроенергію буде усього тільки 10%, то можна отримати 800 кВт-год електроенергії. Якщо вважати, що тривалість дії вітру на вході вентиляційної труби не перевищує 30%, тобто вітер існує тільки 8 год на добу, або 80 год на місяць, то за місяць можна отримати 64000 кВт-год електроенергії. Якщо продавати цю електроенергію з ціною по 10 коп. за 1кВт-год, то в місяць можна отримати 6400 гривень прибутку. Звичайно добра частина цього прибутку піде на амортизацію обладнання, на пільги, але щось залишиться і власнику цієї вітроенергетичної установки.

Чи не здається Вам, шановний читачу, що гра з малопотужними вітроенергетичними установками коштує «свічок»?

Таким чином, із усього сказаного можна зробити наступні висновки:

1. Малогабаритна конусовідна вентиляційна труба здатна концентрувати розсіяну в просторі енергію вітру;
2. Малогабаритна конусовідна вентиляційна труба здатна легко реагувати на змінний напрямок слабого вітру, якщо її повертати в горизонтальній площині;
3. Використання енергії малопотужного вітру являється більш ефективним в порівнянні з використанням енергії потужних вітрів, оскільки вітри з малою потужністю на протязі визначеного інтервалу часу існують більш тривалий час в порівнянні з вітрами великої потужності;
4. При застосуванні *n* малопотужних вітроенергетичних установок так, щоб сумарна їх потужність дорівнювала потужності однієї великої вітроенергетичної установки, можна отримати значно більше корисної енергії вітру, оскільки малопотужні вітрові установки будуть працювати більш тривалий час на протязі доби, місяця, року, ніж одна установка великої потужності;
5. Малопотужні і малогабаритні вітрові установки, які не будуть перевищувати розміру сучасних телевізійних антен, можна з успіхом розташовувати на дахах висотних будинків у великих містах і безпосередньо отримувати енергію малопотужного розсіяного вітру, перетворювати її в електроенергію та подавати в електричну мережу;
6. Пропонуємий спосіб забезпечення електроенергією великих міст здатний на декілька десятків процентів забезпечити електроенергією великі міста країни за рахунок вітру, а це в свою чергу забезпечить вагомими економічними та екологічними ефектами.

Список літератури

1. Кухлинг Х. Справочник по физике. – М.: Мир, 1982.
2. Абезгауз Г. Г., Тронь А. П., Копенкан Ю. Н. Справочник по вероятностным расчётам – М.; Воениздат, 1970. – 530 с.
3. Зеленков О. А., Соченко П. С., Сидоренко К. М., Панок О.В. Вітроенергетична установка. Патент України № 59964 А 0015.09.2003р. №9.