

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Ігнатов Л.І., магістрант, Денисюк П.Л., к.т.н., доц.
НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій

Вступ. Проектування вітрової електричної станції (ВЕС) вимагає вирішення ряду складних технічних та економічних проблем.

Мета роботи заключається в розробці рекомендацій до відпрацювання алгоритму проектування промислової ВЕС електроенергетичної системи (ЕЕС), який включає в себе наступні основні базові етапи:

- вибір майданчика будівництва (географічне розташування).
- аналіз екологічної складової вибраного майданчика;
- визначення технічної придатності використання запропонованого майданчика для будівництва ВЕС;
- орієнтовна оцінка потужності вітрового потоку в зоні будівництва ВЕС;
- визначення основних економічних показників майбутньої ВЕС.

Результати досліджень. Первинний підбір майданчиків проводиться, як правило, на підставі техніко-економічного аналізу кількох можливих місць розміщення майбутньої ВЕС.

Основними критеріями такого попереднього відбору мають бути:

- технічні характеристики вітрових потоків;
- віддаленість та зв'язок ВЕС з ЕЕС;
- цінова і тарифна ситуація в регіоні;
- плани інших компаній щодо будівництву інших потужностей генерації.

З точки зору технічних або екологічних причин не всі можливі майданчики підходять для розміщення ВЕС, до яких можна віднести:

- обмеження пов'язані з управлінням повітряним рухом або військовими;
- близькість аеропортів та аеродромів;
- режим землекористування на вибраній території;
- археологічні та архітектурні аспекти;
- допустимий рівень шуму в місцях проживання людей.

При оцінці придатності майданчика всі екологічні аспекти впровадження ВЕС на даній території повинні бути вирішені.

Технічна придатність використання майданчика характеризується такими основними факторами як:

- швидкість і характеристики вітру на різних висотах;
- кліматичні особливості майданчика.

Однією з технічних характеристик використання майданчика являється енергія вітрового потоку вітру в площині колеса турбіни [4], яка визначає механічний момент на валу електричного генератора:

$$m_T = f(v) = \frac{\xi \pi R^2 \rho v(t)^3}{\omega},$$

де: ζ – коефіцієнт використання енергії вітру, який визначається конструкцією вітроколеса; R – радіус вітроколеса турбіни; $v(t)$ – миттєве значення швидкості вітру для моменту часу t ; $v(t) = v_{сер} + v_{II}(t)$ – швидкість вітру [3], яка складається з двох складових: постійної (середнє значення) і пульсуюча відносно неї; $v_{сер}$ – математичне очікування швидкості вітру; $v_{II}(t)$ – пульсації швидкості вітру відносно $v_{сер}$.

Аналіз зарубіжних джерел показав наступні умови підключення до зовнішньої мережі ВЕС показані в таблиці 1.

Таблиця 1

№ п/п	Потужність ВЕС, МВт	Напруга, кВ	Тип приєднання
1	8-10	10	трансформатор
2	15-18	20	трансформатор
3	30-38	40	трансформатор
4	30-60	110	лінія

Розміри майданчика під майбутню ВЕС визначаються потужністю електричної станції. На сьогоднішній день найбільші ВЕС мають понад 700МВт і займають сотні гектарів землі. Ведеться розробка проектів і підготовка до будівництва ВЕС потужністю більше 1000 МВт. Слід враховувати, що зростання потужності ВЕС, викликає складність проектування і будівництва, а разом з цим ризику, а, отже, і вартість фінансування. Перспективними вважаються проекти потужністю в інтервалі 100 - 300 МВт.

Не мало важним являється доступ до майданчика і можливість транспортування вантажу та обслуговування вітроагрегатів надалі.

Власність на землю також визначає перспективу вибору майданчика під ВЕС.

Вітрові електростанції розрізняються за розміром (по потужності), тому місце розташування і масштаб проектів можуть суттєво змінювати економіку кожної площадки. Оцінка всіх витрат на реалізацію проекту залежить від багатьох обставин, але, зазвичай, може оцінюватися в районі (1100-1300)€ за 1кВт установленної потужності. Економіка проекту в цілому залежить від 4-х основних факторів: ресурс вітру, технологія виробництва електроенергії, капітальні витрати, наявність ринку енергії вітру.

В Таблиці 2, на прикладі Данії, показана еволюція базових параметрів вітроагрегатів. В таблиці показані тільки орієнтовні ціни без урахування обставин конкретної угоди, а саме: кількості турбін, терміну поставки, структури платежу, відсутності або використанні контракту на подальше обслуговування та інше.

Аналіз характеристик ВЕС Німеччини, Данії, Іспанії і Великобританії показує структуру загальних витрат за проектом, які розподіляються приблизно так, як зазначено в Таблиці 3. Ці дані підтверджують висновок про

багатофакторну залежність вартості проекту і необхідність ретельно організованого підготовчого періоду. Універсальних вітроагрегатів не існує. Одні турбіни використовуються для сильних вітрів, інші - для середніх і слабких. Одні більше підходять під переважно поривчастий вітер, інші воліють відносно постійного вітру. Одні турбіни підготовлені для роботи в умовах можливого обмерзання, інші - ні. Одні турбіни повинні бути встановлені на вежах не нижче 80м., а для інших буде достатньо і 70м. Одні обладнані асинхронним, інші - синхронним генератором і т.д. і т.п.

Таблиця 2 – Еволюція зміни базових параметрів вітроагрегатів з часом

Параметри	1981	1985	1989	1991	1993	1995	1997	2001	2004	2006	2008
Діам. ротора, м	10	17	27	32	36	40	50	68	77	90	124
Потужність, кВт	25	100	150	225	300	500	600	1000	2000	3200	5000
Ціна за 1 кВт*, €	2600	1650	1050	970	950	820	800	930	810	1000	1200

* ціна ex-works, включаючи інші витрати.

Для обґрунтування вибору вітроагрегатів, що більше підходять до проекту, необхідно завершити, як мінімум, річний цикл вимірювань вітропотенціалу і провести відповідні розрахунки.

Таблиця 3 – Структура витрат (в %) для турбін середнього розміру

Елемент витрат	Частка в загальній структурі витрат	Частка в інших витратах проекту
Турбіна (ex-works)	68-84	-
Техприєднання ВЕС	2-10	35-45
Основи і фундаменти	1-9	20-25
Електромонтажні роботи	1-9	10-15
Земля	1-5	5-10
Будівництво під'їзних доріг	1-5	5-10
Консультації	1-3	5-10

Перелік посилань

1. [vetern5.ru/upload/Kak_podgotovit_VES\(2\).doc](http://vetern5.ru/upload/Kak_podgotovit_VES(2).doc).PHPSESSID
2. Фатеев Е.М. Питання вітроенергетики. Збірник статей. Видавництво АН СРСР, 1959
3. Пекур П.П. Стохастичне моделювання динаміки повітряного потоку в приземному шарі атмосфери за довільної функції розподілу швидкості вітру/ П.П.Пекур// Відновлювана енергетика. 2005.-№3-4. -С. 29-33