

## ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОРИСТАННЯ НАФТОГАЗОВИХ РЕСУРСІВ

*О.В. Побізун, Б.М. Лижичка, Н.В. Фоменко*

<sup>1</sup> *ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 721203  
e-mail: fer@nimg.edu.ua*

<sup>2</sup> *ПВНЗ "Галицька академія", 76006, м. Івано-Франківськ, вул. Вовчинецька, 227,  
тел. (0342) 723021, e-mail: ime@ime.if.ua*

*Розглядається конструкція та принцип роботи вітрових двигунів постійного та змінного струмів, а також характеристика їх можливого використання для потреб сільського господарства.*

Ключові слова: вітродвигун, енергія вітру, вітроенергетична станція, вітроенергетична установка.

*Рассматривается конструкция и принцип работы ветровых двигателей постоянного и переменного токов, а также характеристика их возможного использования для потребностей сельского хозяйства.*

Ключевые слова: ветродвигатель, энергия ветра, ветроэнергетическая станция, ветроэнергетическая установка.

*In the given article the construction is considered and principle of work of wind engines of permanent and variable currents and also description of their possible use for the necessities of agriculture.*

Keywords: windengines, energy of wind, windenergy station, windenergy device.

### Актуальність

Актуальністю даної проблеми є те, що сучасна енергетика базується, в основному, на викопних джерелах: кам'яному вугіллі, торфі, нафті і газі, а також ядерному паливі. Проте запаси цих джерел є обмеженими, а темпи споживання їх постійно зростають. Тому науковці повинні шукати такі джерела енергії, які б не вичерпувалися з часом.

На даний час вчені докладають великих зусиль для здійснення керованих термоядерних реакцій з дейтерієм (ізопоп водню), запасів якого може вистачити на мільйони років. Але труднощі з використанням цієї речовини для енергопостачання такі великі, що найближчими роками виключається будь-яка ймовірність скористатися ним. Тому людство змушене звертатися до невичерпних джерел енергії - води, вітру, сонця, приливів і відливів, в яких зосереджені величезні запаси енергії [1].

### Аналіз попередніх досліджень

Сучасні вітродвигуни конструюють і споруджують на основі наукових досягнень в області аеродинаміки. Ефективність їх в 2-3 рази вища за вітряні млини дореволюційної Росії та використовуються не тільки для подрібнення зерна, але і для водопостачання і отримання електроенергії.

Енергія вітру впродовж тривалого часу розглядається як екологічно чисте невичерпне джерело енергії. Загроза нестачі невідновлюваних джерел енергії і зростання залежності від палива, що імпортується, що розповсюдилася в 1973 р., призвели до відродження досліджень, спрямованих на розширення можливості пере-

творення вітру в придатний для використання вид енергії.

### Постановка проблеми

Проте, перш ніж енергія вітру зможе принести значну користь, слід розв'язати багато проблем, пов'язаних з охороною навколишнього середовища. Слід також визнати, що найбільші перешкоди для використання вітроенергетичних установок створює їх висока вартість. Ці перешкоди будуть меншими, якщо за критерієм вартості енергії, що виробляється, вітроенергетичні установки зможуть конкурувати з установками, які використовують інші джерела енергії. Найскладнішою проблемою, що має першочергове значення, залишається розробка економічних вітроенергетичних установок, здатних надійно працювати в автоматичному режимі протягом багатьох років і забезпечувати безперебійну експлуатацію при періодичному обслуговуванні. Але багато чого в цьому напрямку вже досягнуто.

Вітрові установки, які перетворюють енергію вітру в механічну енергію обертання вала, поділяються на пристрої з горизонтальною та вертикальною віссю обертання. Вітроприймаючі пристрої з горизонтальною віссю обертання можуть використовувати для перетворення енергії вітру піднімальну силу або силу опору. Пристрої, що використовують піднімальну силу, можуть розвинути у декілька разів більшу потужність, ніж пристрої, що використовують силу опору повітря. Останні, крім того, не можуть обертатися з швидкістю, що перевищує швидкість вітру. Внаслідок цього вітроколеса, на які діє піднімальна сила, можуть бути більш швидкохідними і мають краще співвідношення

потужності і маси при меншій вартості одиниці встановленої потужності [1, 2].

Вітроколесо може бути виконане з різним числом лопаток: починаючи від однолопаткових пристроїв з контрвантажами до багатолопаткових (з кількістю лопаток до 50 і більше). Для зменшення навантаження біля основи, лопаткам часто надають форму, що звужується до периферії. Вітроколеса з горизонтальною віссю обертання виконують іноді фіксованими за напрямком, тобто вони не можуть обернутися відносно вертикальної осі, перпендикулярної напрямку потоку повітря. Такий тип пристроїв застосовується тільки за наявності одного, пануючого напрямку вітру. В більшості ж випадків система, на якій закріплене вітроколесо, виконується поворотною і орієнтується по напрямку вітру.

Для обмеження частоти обертання вітроколеса при великій швидкості вітру застосовується ряд способів, у тому числі установка лопаток у положення флюгера, використання клапанів, а також пристрою для виведення вітроколеса з-під дії вітру.

Енергія вітру може використовуватися для обертання синхронного генератора змінного струму. Отримана електрична енергія безпосередньо подається в мережу енергосистеми через підвищуючий трансформатор. В інших випадках енергія вітру використовується для виробництва електричної енергії у вигляді постійного струму [1].

Оскільки в більшості регіонів вітер дме з перервами, то для безперервного отримання енергії від автономно працюючої установки необхідно акумулювати її на тривалі періоди – 10 днів і більше. Вартість необхідного акумулюючого пристрою може бути знижена у разі комбінованого використання енергії вітру з іншими джерелами енергії. Наприклад, в більшості регіонів вітер часто дме в той час, коли не світить сонце, і навпаки, тому комбіновані системи з геліоустановками для перетворення енергії вітру і сонця, наприклад фотоелектричними або термічними, вимагають акумулюючі пристрої меншої ємності, ніж системи, які використовують тільки один з цих типів приймачів енергії.

Умови, бажані для місця установки ВЕУ, наступні: велика середньорічна швидкість вітру; відсутність високих перешкод з підвітряної сторони на відстані, яке визначається висотою перешкоди; плоска вершина; плоскі рівнини або острови озер чи морів; відкриті рівнини або бережжя; гірська ущелина, яка утворює тунель.

Використання енергії вітру пов'язане з певними труднощами, обумовленими непостійністю швидкості і напрямку вітру, а також малою концентрацією повітряного потоку на одиницю площі. Густина повітря невелика, і тому діаметр лопаток робочого колеса вітрогенератора повинен бути великим – він повинен перевищувати в сотні разів діаметр колеса гідротурбіни такої ж потужності, оскільки густина атмо-

сферного повітря приблизно в 800 разів менша від густини води.

Оскільки для певної місцевості середня швидкість вітру відносно постійна, то потужність вітроустановок можна підвищити, збільшивши площу перетину, через яку проходить вітровий потік. Економічний ефект від використання енергії вітру визначається, здебільшого, її кількісними і якісними показниками [3].

Отримання електроенергії від вітросилових установок є надзвичайно цікавою, але разом з тим технічно складним завданням. Основною проблемою є непостійність енергії вітру. Крім того, електричний струм для практичного використання повинен володіти постійною напругою; при зміні напруги і частоти струму, внаслідок деякого коливання числа обертів вітрогенератора, потрібні спеціальні механізми, які б регулювали число обертів генератора.

Вітроенергетичні станції (ВЕС) поділяють на станції постійного струму і станції змінного струму. ВЕС постійного струму є в більшості випадків вітроенергетичними агрегатами потужністю від 100 Вт до 1-3 кВт, що використовуються для заряджання акумуляторних батарей і живлення освітлювальної мережі (освітлення ізольованих приміщень, тваринницьких ферм, тракторних бригад, живлення радіовузлів і ін.), розташованих в безпосередній близькості від ВЕС. Більш потужні ВЕС постійного струму зустрічаються значно рідше. Це пояснюється рядом причин: неможливістю трансформації напруги для передавання електроенергії на великій відстані; економічною недоцільністю застосовувати в даний час електрохімічні батареї на ВЕС потужністю вище 3-5 кВт; неможливістю практично здійснити паралельну роботу з невітровими електростанціями і системами, що виробляють, як правило, трифазний струм тощо.

### Виклад основних результатів

ВЕС змінного струму не мають вказаних вище недоліків і, крім того, дають змогу використовувати звичайні асинхронні двигуни, які відрізняються, як відомо, простотою і меншою вартістю. Їх будують загальною потужністю 10 кВт і вище, вони працюють за трьома основними схемами:

- ізольована робота ВЕС з тепловим резервним двигуном для роботи в періоди, коли відсутній вітер;
- спільна робота ВЕС з невітровою станцією;
- паралельна робота ВЕС з енергосистемою.

Ефективність роботи ВЕС виражається економією пального на тепловій станції і економією води на гідроелектричній станції. Останнє є дуже важливим в літній і зимовий періоди, коли природний притік води значно зменшується.

При роботі ВЕС з резервним двигуном для безперебійного забезпечення споживача електроенергією можна використовувати невітровий двигун, потужність якого складає до 50% по-

тужності вітродвигуна. Споживачі, робота яких допускає перерви в енергопостачанні (подрібнення зерна, водопостачання, підготовка сухих кормів, нагрівання води тощо), отримують енергію тільки від ВЕС за наявності вітру [4].

Велике значення для роботи вітрових установок мають акумуляторні батареї, які використовуються для забезпечення енергією споживачів у період, коли вітер відсутній. Акумуляторна батарея для ВЕС використовується двох типів: кислотна або лужна.

В кислотних батареях встановлюють пластини з свинцю, а електролітом слугує сірчана кислота, розбавлена дистильованою водою.

Лужні батареї мають залізно-нікелеві пластини, а електролітом у них є водний розчин їдкого калію або їдкого натрію. Елемент акумуляторної батареї складається з посудини з електролітом і двох опущених у нього пластин. Напруга елемента зазвичай складає 2 В. Батарею набирають з декількох елементів.

Основною величиною, що характеризує батарею, є її ємність, тобто кількість ампергодин електроенергії, яку батарея може віддати споживачу при нормальному розрядному струмі. Ємність акумуляторної батареї, яка заряджається від вітродвигуна, залежить від розподілу штильових періодів у даному районі.

ВЕС постійного струму, що працюють для заряджання акумуляторних батарей, дають змогу найбільш просто перетворювати пульсуючу енергію вітру в електроенергію, придатну для практичного використання. Вітрові агрегати постійного струму потужністю до 1 кВт складаються з вітродвигуна, генератора, акумуляторної батареї, реле зворотного струму і щитка з приладами.

У домашніх умовах для виготовлення ВЕУ найпростіше використовувати електричну систему автомобіля або трактора. Залежно від її потужності визначаються експлуатаційні можливості всієї ВЕУ. Тому слід використовувати електровузли достатньо потужної автомашини, автобуса або трактора. Тільки потрібно врахувати, що запозичати такі вузли слід у комплекті: генератор, реле-регулятор, акумулятор. Наприклад, для генератора Г 250-Г 1 підійдуть реле-регулятор РР362 і акумулятор 6СТ75. Якщо ВЕУ комплектується автогенератором на 24 В, то краще його брати марки Г-228 (потужністю 1000Вт). В цих генераторів в комплекті більші надійне реле напруги (в порівнянні з інтегральними регуляторами напруги марки Я-120).

Одержувана з автогенератора постійна напруга 12 В не зовсім зручна для освітлення, адже доводиться розраховувати на специфіку цоколів автоламп і відповідних патронів. Для переходу від постійного струму до змінного виготовляють перетворювач напруги. У разі потреби змінний струм легко перетворити на постійний через мостовий випрямляч. Перетворювач потужністю 100Вт забезпечує роботу 2 лампочок розжарювання або денного світла по 40 Вт на 220В. Схема перетворювача дуже проста. Він не потребує налаштування, надійний в роботі і має великий ККД – понад 80% [5].

Генератори великих вітродвигунів обертаються зі швидкістю близько 30 обертів за секунду. Це близько до частоти синхронізації телебачення. Тому великі вітродвигуни можуть заважати прийманню телепередач на відстані до 1,6 км. У разі використання крил пропелера зі скловолокна, що виявилися дешевшими від металевих, відстань перешкод зменшується приблизно вдвічі.

Безперервне і цілодобове електропостачання від ВЕУ неможливе, оскільки залежить від наявності вітру і його швидкості. Для забезпечення безперервності електроживлення застосовують акумуляторні батареї або резервні бензинові двигуни для приведення в дію генератора [6].

Загальна потужність вітрових установок залежить від швидкості вітру в даному регіоні. Так, наприклад, автономні установки кіловатного класу, призначені для енергопостачання порівняно дрібних споживачів, можуть застосовуватися й у районах з меншими середньорічними швидкостями вітру.

У країнах, що розвиваються, інтерес до ВЕУ пов'язаний, в основному, з автономними установками малої потужності, що можуть використовуватися в селах, що не входять до систем централізованого електропостачання (табл. 1). Такі установки вже сьогодні конкурентноспроможні з дизелями, що працюють на привозному паливі. Однак у деяких випадках мінливість швидкості вітру змушує або встановлювати паралельно з ВЕУ акумуляторну батарею, або резервувати її установкою на органічному паливі. Природно, це підвищує вартість установки і її експлуатації, тому поширення таких установок наразі невелике.

Таблиця 1 – Найбільші вітроенергетичні установки світу

Країна	Назва установки	Діаметр робочого колеса, м	Потужність, МВт
США	WTS-4	78	4
Канада	Eole	64	4
Німеччина	Growian	100	3
Великобританія	LSI	60	3
Швеція	WTS-3	78	3
Данія	Elsam	60	2

Розрахункова швидкість вітру для великих ВЕУ звичайно приймається на рівні 11-15 м/с. Взагалі, як правило, чим більша потужність агрегату, тим на більшу швидкість вітру він розраховується. Однак у зв'язку з мінливістю швидкості вітру велику частину часу ВЕУ виробляє меншу потужність. Вважається, що якщо середньорічна швидкість вітру в даному місці не є меншою 5-7 м/с, а еквівалентне число годин у році, коли виробляється номінальна потужність, не менша 2000, то таке місце спри-

ятливе для установалення великої ВЕУ і, навіть, вітрової ферми.

Найбільшого поширення серед установок, що приєднуються до мережі, одержали вітроенергетичні установки (ВЕУ) з одиничною потужністю від 100 до 500 кВт.

### Висновки

Усвідомлюючи реальні тенденції подальшого розвитку українського суспільства, яке на даний час є енергозалежним від інших країн світу, в майбутньому можна передбачити велику підтримку керівництва нашої держави щодо розвитку на рівні наукових установ та впровадження енергетичних установок, робота яких базується саме на відновлювальних джерелах енергії (вітру, води, сонця і т.д), а також енергозощаджуючих технологій.

### Література

- 1 Ветроэнергетика [Текст]; под ред. Д. Реизо; пер. с англ.; под ред. Я. И. Шефтера. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.
- 2 Ветродвигатели [Текст]; под ред. Е.М. Фатеева. – М.: Машгиз, 1962. – 248 с.
- 3 Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве [Текст] / А.И.Кирюшатов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 96 с.
- 4 Самойлов В.И. Ветер – помощник [Текст] // САМ. – 1995. – № 3. – С. 9-11.
- 5 Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей [Текст] : справочник / А.В.Акимов и др.; под ред. Ю.П.Чижкова. – М.: Транспорт, 1993. – 223 с.
- 6 Резник А.М. Электрооборудование автомобилей [Текст] : учебник / А.М.Резник. – М.: Транспорт, 1990. – 256 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
20.10.10*

*Рекомендована до друку професором  
О.М. Адаменком*