

Prospects of Use of Low-speed Wind-power Installations of Small and Supersmall Power

Vitaliy Korendiy

Chair of Mechanics and Automation of Machine Building,
Lviv Polytechnic National University, UKRAINE, Lviv,
Profesorska Street 1,
E-mail: vitaliy_korendiy@mail.ru

Consumption of energy and its cost annually increase in the whole world, and our country is not an exception. The traditional power resources of the planet are gradually exhausted and a greater alarm is caused by worsening of the ecological state of environment as a result of their use. The experts estimated that the reserves of oil on the Earth will be sufficient only till 2030-2050, natural gas – till 2060-2080. That is why in the nearest 25-30 years the world community is obliged to carry out power revolution. In the conditions of permanent price increase on traditional energy sources a requirement of the economy of energy grew sharply and the necessity of introduction of new energy technologies became urgent for all spheres of life of society. That is why the interest to the untraditional, environmentally clean, inexhaustible (renewable) energy (wind, sun, waves, biomass etc.) grows constantly.

During the last few years the works of the search of alternative energy sources in Ukraine has been developed. These sources must meet three basic requirements: they must be comparatively cheap; be available in sufficient amounts; satisfy ecological requirements, accepted throughout the world. Low-speed wind-power installations of small and supersmall power, satisfy these three requirements. The specific of air flows of Ukraine is their small specific power, that does not allow us to use great experience of world practice of building of wind power installations. That's why the development of cheap wind turbines of small single power, which work at weak average annual winds, is actual. Duration of work of such wind-power installations in different parts of Ukraine and in different months can make from 65 to 80 % of time.

One of the specific features of structural changes in the economy of Ukraine today, which will prevail in the nearest years, is providing comparatively cheap and high-quality electric power of shallow commodity producer or farms, the necessities of which, as a rule, do not exceed 4-6 kW, by introduction of slow wind-power installations of small and supersmall power. It is proven in the article, that the economy of money for building of new and modernization of existent lines of high-voltage transmission, economy of materials and energy expenses for mining industries, assistance to power independence of separate districts and, finally, improvement of general ecological situation in the state through reduction of powers of thermal electric power stations and increase of ecological safety at shutdown of usage of the atomic stations, talks about indisputability and advantage of the use of untraditional and renewable energy sources, and, in particular, wind energy in Ukraine.

Перспективи використання тихохідних вітроенергетичних установок малої та надмалої потужності

Віталій Корендій

Кафедра механіки та автоматизації машинобудування,
Національний університет "Львівська політехніка",
УКРАЇНА, м. Львів, вул. Професорська, 1,
E-mail: vitaliy_korendiy@mail.ru

У доповіді доводиться важливість розвитку альтернативних джерел енергії для зростання економіки України, подається техніко-економічне та екологічне обґрунтування доцільності використання енергії повітряних мас як найвигіднішого альтернативного джерела електроенергії, описано перспективи використання тихохідних ВЕУ надмалої потужності.

Ключові слова – тихохідна вітроенергетична установка малої та надмалої потужності, нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, «інтелектуальний побут», номінальна потужність, автономний споживач.

I. Вступ

Споживання енергії, а разом з ним і її вартість щороку збільшуються у всьому світі, і наша країна тут не виняток. Традиційні енергетичні ресурси планети поступово виснажуються та все більшу тривогу викликає погіршення екологічного стану навколишнього середовища внаслідок їх використання. За оцінками експертів запасів нафти на Землі вистачить лише до 2030–2050 рр, природного газу – до 2060–2080 рр. [1]. Тому в найближчі 25–30 років світовому співтовариству необхідно здійснити енергетичну революцію. В умовах постійного підвищення цін на енергоносії різко зросла потреба у заощадженні енергії і стала нагальною необхідність впровадження енергоощадних технологій в усіх сферах життя суспільства. От чому постійно зростає інтерес до нетрадиційних, екологічно чистих, невичерпних (відновлюваних) джерел енергії – вітру, сонця, хвиль, земних надр, біомаси тощо.

Основою економічної стабільності будь-якої держави є стан її паливно-енергетичного комплексу. Напружена ситуація в Україні з постачанням паливних енергетичних ресурсів спонукає до більш широкого впровадження енергетичних установок, що працюють на відновлюваних джерелах енергії. Зараз це один із найважливіших принципів національної енергетичної політики, оскільки процес приєднання до Європейської Співдружності передбачає поступову відмову від використання атомної енергетики. Відповідно з планами інтеграції в Євросоюз Україна розробила стратегію розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), згідно якої частка ВДЕ в загальному енергопостачанні країни поступово зростатиме від 3% до 15,5% у 2030 році [4].

Для вирішення енергетичної проблеми необхідно раціонально використовувати наявні природні енергоносії (проводити енерго- та ресурсозберігаючу політику) та застосовувати нові нетрадиційні та відновлювані

джерела енергії. Привабливість, саме, другого напрямку зумовлюється, крім великих запасів ВДЕ, ще і цілим рядом інших причин: невичерпність запасів через постійну відновлюваність, відносна простота перетворення та екологічна чистота. Особливу актуальність цей напрямок набуває в Україні, оскільки сьогодні держава забезпечена тільки на 10% власною нафтою і на 18% власним природним газом. Таким чином потрібно створювати принципово нову систему енергопостачання, яка дасть змогу нашій державі отримати повну енергетичну незалежність та покращити рівень життя людей [2].

Аналіз теоретичних і практичних основ застосування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії у світі доводить його вигідність. При цьому вітрова енергія є одним з найбільш перспективних видів відновлюваної енергії. Середньорічний приріст світової вітроенергетики становить у середньому 26–27 % і є найвищим у порівнянні з іншими джерелами енергії [2]. Як відомо, домогтися абсолютної відсутності шкідливого впливу від будь-якого втручання людини в природу в принципі неможливо, проте БЕУ приносять меншу шкоду навколишньому середовищу, ніж всі інші джерела енергії, і за сукупністю всіх факторів впливу вітростанції можна віднести до найменш шкідливих об'єктів виробництва електроенергії [3].

Вітроенергетика останнім часом очолила енергосектор Євросоюзу. При цьому найбільшого поширення набули вітрові установки середньої і малої потужності. Будівництво великих вітрових агрегатів (мегаватного класу) економічно невигідне. Відомо, що 43% всіх нових систем виробництва електрики, побудованих в ЄС минулого року, були вітроенергосистемами, і цей показник значно перевищує показники по всіх інших технологіях, включаючи газову, вугільну і ядерну енергосистеми [2]. На локальному, а в деяких випадках і на регіональному рівні, вітроенергетика вже сьогодні є конкурентом традиційній енергетиці. В майбутньому вона, як і інші види відновлюваних джерел енергії, буде успішно витісняти традиційну енергетику. Що ж стосується нашої держави, то в Україні можна виділити п'ять найбільш перспективних районів для розвитку вітроенергетики: Карпатський, Кримський, Причорноморський, Приазовський та Донбаський. Решта території має здебільшого добрі умови для розвитку так званої малої вітроенергетики (будівництво невеликих комбінованих вітро-дизельних, гідро-вітрових та вітро-сонячних електростанцій або встановлення окремих автономних вітроенергетичних установок) [1].

Вказані перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних видів енергії передбачають покращення експлуатаційних параметрів вже існуючих видів установок і створення нових, технічно досконаліших, з кращими економічними та екологічними характеристиками.

II. Виклад основного матеріалу

Протягом останніх років в Україні розгорнулися роботи по пошуку альтернативних джерел енергії, котрі повинні відповідати трьом основним умовам: ці

джерела повинні бути відносно дешевими; бути в наявності в достатніх кількостях; задовольняти екологічні вимоги, прийняті у цілому світі. Тихохідні вітроенергетичні установки малої потужності, як ми доведемо нижче, задовольняють ці три умови.

Специфікою повітряних потоків України є їхня мала питома потужність, що не дозволяє широко використовувати досвід світової практики будівництва вітроенергетичних установок (БЕУ). Саме через це є актуальною розробка дешевих вітряків малої одиничної потужності, які працюють при слабких середньорічних вітрах. Тривалість роботи таких вітрогенераторів в різних частинах України і в різні місяці може складати від 65 до 80 % часу [1].

Можна відмітити певну закономірність в можливості використання енергії вітру на території України. У січні, наприклад, максимум часу можливого використання енергії повітряних мас спостерігається в приморській зоні, південному степу і в Донбасі, де тривалість роботи вітрогенератора може досягати, а можливо і перевершувати 24 дні. Ці території, а також гірські райони Карпат і Криму характеризуються вищими швидкостями вітру в порівнянні з іншими районами України. Введення в експлуатацію ВЕС на всіх цих територіях зможе забезпечити близько 30% потреби України в електроенергії. Сумарна потужність цих електростанцій становитиме більше 70 МВт [2].

Найменша вітрова активність припадає на центральну і північно-західну частину України. У цих районах внаслідок невеликої тривалості вітрів, які можуть використовуватися вітроелектростанціями, вітрогенератори можуть дати споживачеві близько 50000 кВт-год електроенергії за рік. Таким чином, з 1 км² площі, на якій споруджено вітроелектростанцію, можна щорічно отримати в середньому 800000 кВт-год електроенергії за рік. Оцінений технічний потенціал потужності вітроенергетики в цілому по Україні становить 16000 МВт, що може виробити до 30 ТВт-год/рік. Енергетична стратегія України 2006 року планує, що вітрова енергетика генеруватиме 2 ТВт-год/рік у 2030 році, що замінить використання 0,7 млн. т вугільного палива за рік [1].

Відомо, що будівництво електростанцій можливе лише за наявності в регіоні відповідних енергетичних ресурсів та значних площ для будівництва цих станцій. Наприклад, для станції мегаватного класу при використанні атомної енергії необхідно 1–4 км², сонячної – 20–50 км², віetroвої – 50–150 км², з використанням біомаси – 4000–6000 км².

За даними статистики [1] для автономних БЕУ питома вартість номінальної потужності дорівнює 1,4 тис. доларів за 1 кВт без врахування вартості акумулюючих та резервуючих пристроїв. Найменшу питому вартість на даному етапі розвитку мають БЕУ з діаметром ВК 15–30 м (0,8–0,9 тис. доларів за 1 кВт). Питома вартість БЕУ з діаметром ВК 5–10 м – 1,8 тис. доларів за 1 кВт. Найбільша питома вартість БЕУ з діаметром ВК до 5 м – 3–5 тис. доларів за 1 кВт номінальної потужності. Коливання вартості 1 кВт номінальної потужності БЕУ залежить від багатьох чинників, таких як виготовлення, транспортування,

монтаж, обслуговування ВЕУ. В зв'язку з цим актуальною стає задача пошуку оптимального співвідношення між потужністю і вартістю ВЕУ. Ще одним з основних показників ефективності використання ВЕУ є ціна 1 кВт·год виробленої нею енергії (наприклад, у Данії вона коливається в межах 0,3-0,7 \$ за 1 кВт·год) [2]. Вона визначається оцінкою вітрового потенціалу місцевості, де будується ВЕС, та вибором розрахункових параметрів ВЕУ (економічно оптимального типорозміру вітроколеса) для заданого потенціалу повітряних мас.

Для України характерні невеликі середньорічні швидкості потоків повітря за виключенням деяких незначних за площею районів. Тобто переважна більшість повітряних потоків – малопотужні. Як наслідок, для того, щоб отримати значні об'єми електроенергії за рік з однієї ВЕУ, необхідно, щоб вона мала вітроколесо значного діаметру, що не завжди просто реалізувати. Одночасно привабливою є ідея використання ВЕУ в районах із середніми швидкостями вітру близько 5 м/с, коли постає потреба у малих потужностях (до 10 кВт) та незначних річних об'ємах енергії. Вітроколесо в цьому випадку – невелике, а тому не виникає ускладнень технічного характеру при конструюванні, виготовленні, транспортуванні до місця установки, монтажі та експлуатації ВЕУ. Саме тому однією із специфічних особливостей структурних змін в господарстві України сьогодні, яка буде домінуючою і в найближчі роки, є забезпечення відносно дешевою і якісною електроенергією дрібного товаровиробника, фермерських господарств тощо, потреби яких, як правило, не перевищують 4-6 кВт, шляхом впровадження тихохідних ВЕУ малої та надмалої потужності. На відміну від швидкохідних, тихохідні ВЕУ мають можливість самозапуску. Їх можна використовувати безпосередньо як джерело механічної енергії без перетворювачів кутової швидкості. Оскільки при малих швидкостях обертання аеродинамічні явища не суттєво впливають на ККД вітроколеса, то профіль поперечного перерізу лопаті може бути спрощеним, тобто мати лінійчасту поверхню, що робить лопать технологічнішою при виготовленні, а тому й дешевішою [1]. Найбільшого поширення серед тихохідних вітроустановок набули багатолопатеві ВК, оскільки вони працюють значно ефективніше, ніж інші види. Багатолопатеве вітроколесо здатне працювати навіть за швидкості вітру 2-8 м/с, практично не створює акустичних шумів, тобто поблизу нього можуть перебувати без шкоди для здоров'я люди і тварини. Ці вітродвигуни забезпечують водночас досить високий коефіцієнт використання енергії вітру (до 0,35).

На даний час в Україні гостру нестачу енергії відчувають фермери, садівники, вахтовики, геологи, тваринники. Варто зазначити, що за даними МНС, 80% високовольтних ліній електропередачі в країні гранично зношено. Сільські електромережі практично непридатні для використання, їх обслуговування практично ліквідоване, перерви в електропостачанні збільшилися, тарифи непомірно зросли, інвестиції відсутні [3]. Близько 30% фермерських господарств і

20% садово-городніх ділянок взагалі не підключені до електричних мереж [2]. Будівництво нових ліній електропередач для постачання віддалених ізольованих споживачів ведеться надто повільно через брак коштів, а дизельні генератори часто функціонують неефективно, вимагають регулярного і кваліфікованого обслуговування, а ціна на паливно-мастильні матеріали зростає. Тим часом середнє використання електроенергії в місяць сільськими жителями, до яких, принаймні в літній період, можна віднести і власників дачних ділянок, складає 115 кВт·год [2]. Ця цифра складається з вимог забезпечення так званого "інтелектуального побуту": освітлення, радіо, телебачення, побутовий холодильник, електробритва, кип'ятильник, дрібні електроінструменти, комп'ютер, городний насос, праска та побутова техніка, що працює від вбудованих акумуляторів, які необхідно періодично заряджати (ліхтарики, мобільні телефони тощо).

Найбільше використання сьогодні одержали ВЕУ з горизонтальною віссю обертання ВК. Вони поділяються на швидкохідні (кутова швидкість обертання вітроколеса більша, ніж 120 об/хв), середньої швидкохідності (50-100 об/хв) та тихохідні (30-40 об/хв). Залежно від сфери використання ВЕУ компонується різними перетворювачами механічної енергії вітроколеса. Наявність тих чи інших перетворювачів механічної енергії вітроколеса суттєво впливає як на конструкцію всієї ВЕУ, так і на ефективність її подальшого використання. Тому прийнято класифікувати ВЕУ за призначенням (відповідно до типу перетворювача механічної енергії вітроколеса) [1]: а) ВЕУ для виробництва електроенергії та передачі її в загальну електромережу. Для цього переважно використовують ВЕУ великої і середньої потужності; б) ВЕУ для виробництва електроенергії, що надходить для потреб автономного споживача. Для цього використовують ВЕУ надмалої та малої потужності; в) ВЕУ для піднімання, акумулювання та транспортування рідин і газів; г) ВЕУ для обігрівання житлових та виробничих приміщень; ґ) ВЕУ для електролізу речовин; д) ВЕУ для безпосереднього механічного приводу машин та механізмів.

Крім наведених класифікацій ВЕУ поділяють ще за потужністю, вводячи поняття ВЕУ великої, середньої, малої та надмалої потужності. З розвитком вітроенергетики цифрові значення потужностей перелічених груп змінювалися, тому сьогодні не існує загальноприйнятих усталених меж такої класифікації. Саме тому ввели додаткову ознаку – за формою використання виробленої енергії ВЕУ поділяються на автономні або системні. До системних ВЕУ відносять ВЕУ великої (понад 1 МВт) та середньої потужності (100 – 1000 кВт). До автономних ВЕУ відносять ВЕУ малої потужності (10–100 кВт) і надмалої потужності (менше 10 кВт) [1].

Саме на останній унікальний клас вітряків звернув увагу німецький учений і практик Хайнц Шульц. Він і запровадив термін "Kleine Windkraftanlage" [2], тобто "малі вітроенергетичні установки". "Існує думка, – писав Х. Шульц, – що в областях із середньорічними швидкостями вітру менше 4 м/с використання енергії

вітру не вигідне. Проте це твердження не поширюється на малі вітросилові установки для зарядки акумуляторів і багатоплатеві (тихохідні) установки, що легко розганяються, для водопідйому". Малі вітроенергетичні установки прості і дешеві в монтажі, експлуатації і ремонті, екологічні, не вимагають при роботі практично ніякого обслуговування, періодичного налаштування тощо. Пара вітрогенератор-генератор може використовуватися без редуктора, що ще більше спрощує і здешевлює конструкцію вітряків, підвищує її надійність. Таким комплексним набором найважливіших властивостей не володіє жоден клас нетрадиційних енергетичних установок. Причому енергопостачання вони можуть забезпечити в регіонах із середньою швидкістю вітру всього 2-5 м/с [2]. Фактично, власник автономної тихохідної вітроенергетичної установки надмалої потужності набуває цілковитої незалежності як від традиційних джерел енергії, так і від природних явищ.

Але як бути, якщо споживачеві потрібна більша потужність, ніж 5-10 кВт? Немає ніякої необхідності створювати нові потужні вітряки величезних розмірів. Перехід в енергетичну область середньої потужності досить просто здійснити шляхом створення енергетичних комплексів (ЕК), що складаються з декількох вітроустановок надмалої потужності (до 5-10 одиниць). Підсумовування потужностей здійснюється на єдиному акумуляторі. Хоча такий комплекс не розміститься на шести сотках, площу все ж таки він займе відносно невелику. Номінальна потужність ЕК може бути доведена до 10-15 кВт, пікова потужність – до 20-25 кВт, вироблення електроенергії – до 1800 кВт·год /місяць, натомість вартість виготовлення знижується в 3-4 рази, порівняно з виготовленням однієї установки значно більших розмірів [2]. Подібний комплекс здатний цілком забезпечити енергією не тільки велике фермерське господарство або заміський будинок, але й невелике селище. Завдяки своїм унікальним експлуатаційним властивостям і технічним характеристикам тихохідні ВЕУ малої та надмалої потужності здатні не лише забезпечити "інтелектуальний побут" сільського чи дачного будинку. Їм практично немає альтернативи у вирішенні задачі забезпечення енергією різноманітних автономних станцій: навігаційних, радіорелейних, метеорологічних, обслуговуючих нафтогазопроводи та ін.

Висновок

З економічної точки зору розвиток малої вітроенергетики вже сьогодні вигідний в Україні. При цьому невеликі автономні тихохідні установки надмалої потужності окупують себе на всій території нашої держави. До найбільш потенційних споживачів такої

енергії можна віднести різноманітні автономні об'єкти (ферми, цехи, житлові та комунальні приміщення, житлові будинки, окремі території для вирощування та виробництва сільськогосподарської продукції, а також невеликі населені пункти). Покращення експлуатаційних характеристик вже існуючих видів і створення нових, технічно досконаліших установок, дозволить знизити собівартість виробленої енергії на ВЕУ з існуючих 0,3-0,7 \$ за 1 кВт·год до 0,05-0,1 \$ за 1 кВт·год, тобто до собівартості виробленої електроенергії на теплових електростанціях. При цьому значно знизиться негативний вплив енергетичного сектору на екологію навколишнього середовища. В середньому по Україні використання ВЕУ могло б забезпечити понад 95 % загальних потреб у електроенергії (з них близько 80 % саме тихохідні ВЕУ малої та надмалої потужності), що в свою чергу дозволило б заощадити понад 60 млн. тон у. п.

В доповіді доведено, що заощадження коштів для будівництва нових і модернізації існуючих ЛЕП, економія матеріальних і енергозатрат на гірничодобувні галузі, сприяння енергетичній незалежності окремих районів і навіть регіонів та, нарешті, покращення загальної екологічної ситуації в державі через скорочення потужностей теплових електростанцій і підвищення екологічної безпеки при зменшенні потужностей атомних станцій, говорить про незаперечність та вигідність використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, і, зокрема, вітрової енергії в Україні.

Література

- [1] Кузьо І.В., Корендій В.М. Обґрунтування розвитку вітроенергетичних установок малої та надмалої потужності // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 679. – С. 61-68.
- [2] Будзяк В.М. Еколого-економічні проблеми нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за фахом Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. – Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, Київ, 2000. – 14 с.
- [3] Краснянський М.Е. Утилизация и рекуперация отходов: учебн. пособие. Донецк: Изд-во "Друк-Инфо", 2004. – 120 с.
- [4] Мхітарян Н.М., Кудря С.О., Щокін А.Р. Деякі аспекти подальшого розвитку об'єктів альтернативної енергетики. // Відновлювана енергетика. – 2007. – № 2. – С. 9-12.