

6. Ковальчук А. І. Електромеханічна система безконтактної контрроторної вітроелектроустановки з вертикальною віссю обертання: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи» / А. І. Ковальчук. – Львів, 2015. – 20 с. .
7. Рожкова Л. Г. Концентратори вихрових потоків вертикально-осьових вітроустановок для підвищення коефіцієнта використання енергії вітру / Л. Г. Рожкова, С. П. Кулініч // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 5. – № 59. – С. 20-23.
8. Akello P. O. Performance analysis of a direct drive permanent magnet generator for small wind energy applications / P. O. Akello, F. X. Ochieng, J. N. Kamau // Journal of Sustainable Research in Engineering. – 2014. – Vol. 1. – No. 3 – P. 1-9.
9. Abdullah M. A. A review of maximum power point tracking algorithms for wind energy systems / M. A. Abdullah, A. H. M. Yatim, C. W. Tan, R. Saidur // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16. – P. 3220-3227.
10. Goude A. Aerodynamic and electrical evaluation of a VAWT farm control system with passive rectifiers and mutual DC-bus / A. Goude, F. Bülow // Renewable Energy. – 2013. – No. 60. – P. 284-292.

27. Ю. В. Сіренко, О. М. Калнагуз, Сумський національний аграрний університет **ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АВТОНОМНИХ МАЛИХ ВЕУ**

У багатьох країнах світу, особливо в розвинених, темпи розвитку відновлюваної енергетики постійно зростають [1, с.3]. Чільне місце в цьому процесі займає вітроенергетика, що представлена вітроустановками великої потужності, які часто об'єднують у цілі вітропарки [2, с.10]. Поряд з цим останнім часом щораз більшого поширення набувають малопотужні (до 10 кВт) вітроенергоустановки (ВЕУ), які, зазвичай, працюють в автономному режимі [3, с.58]. Їх застосовують окремі споживачі для електрозабезпечення у випадках відсутності централізованих електромереж, або за наявності останніх для додаткового електроживлення з метою зниження електроспоживання від мережі, підвищення енергоефективності та забезпечення безперебійності електропостачання тощо [4, с.10].

Малопотужні ВЕУ встановлюють безпосередньо біля споживачів, де вітер переважно характеризують невисокі середні швидкості, часті пориви, зміна напрямків і висока турбулентність. На відміну від потужних ВЕУ, які споруджують у місцях з високим вітровим ресурсом, малопотужні автономні ВЕУ встановлюють окремі споживачі, зазвичай, на присадибних ділянках безпосередньо біля місць споживання генерованої енергії. Окремим підтипом малих ВЕУ є будинкові, які встановлюють на дахах будинків, у тому числі й у містах. У науковій літературі цей напрям вітроенергетики отримав назву *urban wind turbine* [5, с.1044]. На теренах України, як і в більшості країн світу, міські території характеризують переважно невисокі середньорічні швидкості вітру. У місцях, де ВЕУ на присадибних ділянках розміщені порівняно невисоко, дерева та навколишні забудови призводять до частих змін напрямку та сили вітру, що зумовлює його турбулентний характер і вимагає кардинально інших підходів до побудови ефективних конструкцій ВЕУ.

Питома (на одиницю потужності) вартість малопотужних ВЕУ з ВВО значно вища, ніж потужних ВЕУ. Тому задля скорочення терміну окупності в малопотужних ВЕУ особливу увагу приділяють забезпеченню їхньої максимальної енергетичної ефективності в усіх режимах роботи, особливо за низьких швидкостей вітру, при яких ці ВЕУ працюють переважну більшість часу.

Особливості розташування та специфічні характеристики вітру зумовлюють суттєву відмінність конструкцій малопотужних ВЕУ від уже традиційних великої потужності, зокрема застосування ВЕУ з вертикальною віссю обертання (ВВО). Ці ВЕУ ефективно працюють з поривчастими вітрами, постійно сприймають вітер різних напрямків і стартують за малої швидкості вітру завдяки прямому, безредукторному, приводу тихохідного багатополусного синхронного генератора з постійними магнітами (СГПМ) [6, с.1930].

Серед мікропотужних ВЕУ (до 0,5 кВт) трапляється ще багато ВЕУ з горизонтальною віссю обертання (ГВО), які завдяки малим розмірам легко закріплювати, наприклад, на електричних опорах чи рекламних щитах, забезпечуючи електроенергією локальне освітлення [7, с.330]. Такі мікроВЕУ легко самоналаштовуються на напрям вітру завдяки хвостовому стабілізатору та практично не створюють шумів [8, с.66].

Для малих ВЕУ з ГВО потужністю понад 2 кВт для налаштування на напрям вітру необхідна вже система електроприводу гондоли зі своєю системою керування (yaw control). В умовах швидкозмінного за напрямком вітру такі ВЕУ втрачатимуть значну частину енергії вітру, а також генерованої електроенергії на перелаштування [9, с.8]. Окрім цього, ВЕУ з ГВО через змінну по довжині лопаті лінійну швидкість руху створюють значні, шкідливі для живих організмів шуми, а також розпочинають роботу лише за середніх швидкостей вітру. На відміну від ВЕУ з ГВО, які будують за традиційною схемою та відрізняють, в основному, за кількістю лопатей, ВЕУ з ВВО [10, с.56] мають різноманітні конструкції рисунку 1.



Рис. 1. Види вітроенергоустановок з ВВО.

Не зважаючи на нижчі аеродинамічні показники, у вказаних вище умовах ВЕУ з ВВО (VAWT) мають низку переваг над ВЕУ з ГВО, основними з яких є такі [11, с.48]:

- сприймання вітру з будь-якого напрямку, що виключає потребу в механізмах і пристроях орієнтації на вітер;
- краща робота на вітрах невеликої швидкості та високої турбулентності;
- низька стартова швидкість вітру;
- можливість розміщення електричного генератора за межами ВР, у тому числі й безпосередньо на площадці встановлення ВЕУ, що зменшує навантаження на щоглу та дає змогу збільшити розміри генератора, застосувавши при цьому безредукторну трансмісію (прямий привід) між ВР і генератором;
- нижчі аеродинамічні вимоги до конструкції ВР, що спрощує його виготовлення та знижує вартість;
- практична відсутність шумів під час роботи.

Через стохастичну природу генерування та споживання електроенергії в автономних ВЕУ для забезпечення неперервності електроживлення та кращого використання генерованої електроенергії застосовують нагромаджувачі, найчастіше електрохімічні акумуляторні батареї (АБ). Проте їхня висока вартість і порівняно низький термін служби значно підвищують сукупну вартість системи автономного електроживлення на базі ВЕУ. Для економії коштів, знижують ємність встановлених АБ, внаслідок чого зростає частина генерованої електроенергії, яку не можливо безпосередньо спожити чи нагромадити. Таку електроенергію або втрачають, зменшуючи генеровану ВЕУ потужність, або корисно використовують, навантажуючи додатково генератор термоелектричними нагрівачами (ТЕН), які вміщують у бойлер задля підігрівання води для опалення та гарячого водопостачання. ВЕУ, яка продукує електричну та теплову енергію, можна назвати електротепловою.

У відомих електротеплових ВЕУ генерування теплоти здійснюється з уже згенерованої електричної енергії. Потужність потоку теплоти при цьому обмежує допустима потужність електричного генератора. Новим альтернативним вирішенням є застосування у ВЕУ з ВВО, крім традиційного СГПМ, додаткового теплового генератора, який перетворюватиме механічну енергію ВР безпосередньо в теплову, міняючи проміжну електричну ланку. У такій когенераційній ВЕУ спеціальний тепловий генератор значно простіший і має суттєво вищі показники питомої потужності, порівняно з електричним, а звідси – невисоку вартість. Таке вирішення має низку переваг, пов'язаних з розширенням функціональних можливостей когенераційної ВЕУ, підвищенням її енергетичної ефективності та зниженням сукупної вартості завдяки можливості відмови від застосування АБ. Для ефективної роботи когенераційної ВЕУ необхідним є розроблення спеціальної системи керування потоками енергії, яка виконуватиме функції моніторингу відбору енергії від вітру, генерування та споживання електричної й теплової енергії, а також багаторівневе оптимальне керування цими процесами.

Список літератури.

1. Renewables 2014 Global Status Report – REN 21. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf.
2. Harrison R. Large Wind Turbines: Design and Economics / R. Harrison, E. Hau, H. Snel // Chichester: Wiley, 2000.
3. Tjiu W. Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations / W. Tjiu Willy, T. Marnoto, S. Mat, H.-R. Mohd, S. Kamaruzzaman // Renewable Energy. – 2015. – Vol. 75. – P. 50-67.
4. Климко В. І. Вітросонячні системи електроживлення малопотужних споживачів: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи» / В. І. Климко. – Львів, 2016. – 20 с.
5. Ayhan D. A technical review of building-mounted wind power systems and a sample simulation model / D. Ayhan, S. Saglam // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16. – P. 1040-1049.
6. Bhutta M. Vertical axis wind turbine – a review of various configurations and design techniques / M. Bhutta, N. Hayat, A. Farooq, Z. Ali, S. Jamil, Z. Hussain // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – No. 16. – P. 1926-1939.
7. Титко Р. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України) / Р. Титко, В. Калініченко. – Варшава: OWG, 2010. – 532 с.
8. Кузьо І. В. Обґрунтування розвитку вітроенергетичних установок малої та надмалої потужності / І. В. Кузьо, В. М. Корендій // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – № 679. – Львів: «Львівська політехніка», 2010. – С. 61–68.
9. Легошин Д. В. Енергетична ефективність автономної вітроелектроустановки зі стабілізацією частоти обертання ротора за умов косого обдування: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.08 «Перетворювання відновлюваних видів енергії» / Д. В. Легошин. – Київ, 2012. – 19 с.
10. Tjiu W. Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations / W. Tjiu Willy, T. Marnoto, S. Mat, H.-R. Mohd, S. Kamaruzzaman // Renewable Energy. – 2015. – Vol. 75. – P. 50-67.

11. Patel K. A review about the straight-bladed vertical axis wind turbine (SB-vawt) and its performance / K. Patel, Y. Sarthi, A. Tirkey, P. K. Sen // Int. Journal for Innovative Research in Science and Technology. – 2014. – Vol. 1. – No. 6. – P. 46-51.

28. О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко, Сумський національний аграрний університет
КІНЕМАТИКА РУХУ СКЛАДНОГО АГРЕГАТУ

Технологічне поєднання циклічно повторюваних робочих і холостих ходів під час виконання агрегатами операції являє собою спосіб руху. Способи руху МТА розрізняють за такими ознаками: напрямом робочих ходів (вкругову, гоновий, діагональний); організацією території (загінний, беззагінний); напрямів поворотів (правоповоротний, лівоповоротний, комбінований); схемою обробки робочої ділянки (однозагінний, двозагінний, багатозагінний); способом виконання поворотів (безпетльових, петльовий, із заднім ходом, реверсний тощо) [1].

Під здатністю великовагового транспорту розуміють здатність здійснювати поворот при русі тягача строго по осевій лінії дороги. Пізніше він був використаний для оцінки впливу різних конструктивних параметрів напівпричепів і систем керування обертанням їх коліс на поворотну здатність великовантажної транспортної одиниці. Математична модель показує рух реального об'єкта, але не завжди є певною мірою його ідеалізації. Одним із суттєвих недоліків існуючих математичних моделей кінематики обертання будівельної техніки є відсутність приладів для визначення величини зсуву траєкторії руху напівпричепа відносно траєкторії руху тягача безпосередньо в процес вирішення проблеми. Метою даного дослідження є усунення цього недоліку [2, с.156].

Перспективним енерготехнічним засобом для регульованого землеробства є ширококутний трактор (автомобілі). Їх рух може бути побудований за кінематичним або силовим принципом повороту. На кінематичному повороті схеми застосовуються шляхом повороту керованих коліс (передніх, задніх або одночасно передніх і задніх) відносно рами автомобіля. Найбільшого розповсюдження в ширококутних тракторах (машинах) отримали поворотні схеми з усіма керованими колесами. У статті викладено теоретичні основи динаміки паралельно-прольотного паралельного руху трактора (автомобілів) у горизонтальній площині за кінематичного способу його керування (поворотом коліс). Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях теоретичної механіки, теорії тракторів, статистичної динаміки та теорії автоматичного керування лінійними динамічними системами при відтворенні ними статистично випадкового керування та збурювальних вхідних впливів. Амплітудно-фазочастотні характеристики базуються на аналізі оцінки ступеня впливу схеми та параметрів досліджуваного широкопробійного трактора (автомобілів) на його керованість та стійкість руху. Фізичним об'єктом теоретичних досліджень був дослідний зразок широкополого трактора (автомобілів) нової конструкції. Математичні моделі руху широкопробійного трактора (автомобілів) представлені в диференційній та операторній формі запису. На основі математичних моделей побудовано розрахункові амплітудно-фазочастотні характеристики розвитку системи динамічного керування, які представлені середнім кутом повороту передніх коліс ширококутного трактора (автомобілів). Побудовані математичні моделі, амплітудна та фазо-частотна характеристики дозволяють оцінити вплив керуючого параметра широкополісного трактора (автомобілів), а також його конструктивних та інших параметрів на керованість і стійкість руху [3, с.72].

У роботі [4, с.183] визначені кінематичні зв'язки математичної моделі плоскопаралельного руху багатоеlementного машинно-тракторного агрегату на прикладі комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату та трактора класичної компоновки. Використання багатоеlementних комбінованих машинотракторних агрегатів у сільському господарстві призводить до підвищення врожайності та зниження витрат на виробництво продукції рослинництва. Тому обґрунтований вибір машинно-тракторного агрегату, дослідженнями нелінійної динаміки, найбільш ефективна його модель, яка враховує умови роботи та стан поля, є актуальним науково-прикладним завданням [4, с.183].

Трактори при виконанні сільськогосподарських і транспортних робіт рухаються по прямолінійній або криволінійній траєкторії, кривизна якої безперервно змінюється. Машино-тракторний агрегат (МТА) під час роботи проходить шлях довжиною багато десятків кілометрів.