

Штангові розкидачі (пневматичні або механічні), порівняно з дисковими, характеризуються більш високою рівномірністю внесення добрив за шириною захвату, але вони є більш дорогими і складними в обслуговуванні.

Розкидачі мінеральних добрив виготовляють у начіпному та причіпному варіантах, порівняльну оцінку яких наведено в таблиці 1 [4].

Сучасний досвід останніх років засвідчує, що для внесення добрив у виробничих умовах почали більш широко використовувати культиватори-підживлювачі, причому вони пристосовані до внесення не тільки твердих, а і рідких мінеральних добрив. Наразі існує стійкий попит на такі культиватори, що обумовлює представлення їх широкого спектру на ринку України:

- КНРФ 5.6-06 від ТОВ АГРОПРОМИСЛОВА КОМПАНІЯ «ФАВОРИТ»;
- КПП-5,6 «Поділля Vermont 560» від заводу «Красилівмаш»;
- КП-5,6 «Козак Пацюк» від ВАТ «Галещина машзавод»;
- ALTAIR-5,6-04 від ПАТ «Ельворті»;
- КРН-5,6 від компанії «АгроЛан»;
- КПП-5,6 від ТОВ "Бердянський завод сільгосптехніки";
- культиватори-підживлювачі серії АК від ПП «ВК ТЕХНОПОЛЬ»;
- КУ-6,2А і ПЖУ-5000 від ПрАТ «Богуславська сільгосптехніка».

Усі культиватори-підживлювачі різняться за конструкцією і технічними характеристиками, але вони мають і низку спільних переваг:

- дозволяють суміщати міжрядні обробітки з внесенням добрив, пестицидів, рістрегулюючих препаратів, стимуляторів росту тощо;
- ефективні у боротьбі з бур'янами;
- сприяють вирівнюванню ґрунтової поверхні;
- запобігають витратам вологи з підповерхневого шару ґрунту;
- дозволяють суттєво знизити виробничі та енергетичні витрати;
- високонадійні і невибагливі в експлуатації [5].

Таким чином, від неякісного застосування добрив, нерівномірного їх розподілу по поверхні поля або неналежної заробки на певну глибину можна недобирати до 15% врожаю вирощуваних сільськогосподарських культур. Для вирішення цієї проблеми сучасний ринок України пропонує широкий спектр ефективних, високоточних і надійних технічних засобів, до використання яких потрібно підходити з урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов та наявних ресурсів.

Літературні джерела:

1. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. Наукові горизонти. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.
2. Дідур В., В'юник О., Комар А. Аналіз способів внесення добрив. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2023. Вип. 12. Т. 1. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-2.
3. Несмачна М. Вітчизняні розкидачі мінеральних добрив. Що є на ринку? Traktorist.ua. 2021. URL: <https://traktorist.ua/articles/vitchiznyani-rozkidachi-mineralnih-dobriv-shcho-ie-na-rinku>.
4. Смолінський С., Смолінська А., Марченко В. Техніка для точного дозування і розподілу мінеральних добрив. Agroexpert (Україна). 2017. № 4. URL: <https://agroexpert.ua/tekhnika-dlia-tochnoho-dozuvannia-i-rozpodilu-mineralnykh-dobryv/>.
5. Войновський В. Культиватори-підживлювачі. Огляд ринку. Техніка і технології АПК. 2021. № 1 (118) С. 29–33.

26. Ю. В. Сіренко, О. М. Калнагуз, Сумський національний аграрний університет

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМИ МАЛИМИ ВЕУ

За провідними науковими електротехнічними журналами можна класифікувати вітроенергоустановки (ВЕУ) з вертикальною віссю обертання (ВВО) за такими ознаками:

- за швидкохідністю, що зумовлено переважаючою дією диференційованої сили лобового тиску чи підйомної сили – тихохідні (вітроротор (ВР) Sistan з пластинчастими лопатями, Савоніуса

з лопатями S-подібної форми, чашкоподібними чи турбінними, зephyr ротор) [1, с.2], швидкохідні (ВР Дар'є з яйцеподібними, прямими чи гелікоподібними лопатями, Н-ротор) [2, с.5], середньої швидкохідності (ВР Дар'є з чотирма та більше прямими лопатями, комбіновані ВР з роторами Савоніуса і Дар'є) [3, с.208];

- за можливістю керування аеродинамічними характеристиками ВР – пасивні (некеровані з незмінними аеродинамічними характеристиками), самоналагоджувальні (із змінними, залежними від кутової швидкості ВР аеродинамічними характеристиками) [4, с.65] й активні (з поворотними лопатями [5, с.42], зі зміною профілю лопатей);

- за кількістю ВР – однороторні, двороторні (контроторні з роторами, що обертаються в різних напрямках) і багатороторні [6, с.20];

- за впливом на набігаючий на ВР вітровий потік – з вільним омиванням ВР і з концентрацією вітропотуку (стаціонарні та поворотні до вітру [7, с.23] концентратори);

- за видом механічної трансмісії – з мультиплікатором і з прямим приводом генератора ;

- за типом електричного генератора (асинхронний короткозамкнений, асинхронний з фазним ротором, синхронний з електромагнітним збудженням, СГПМ, асинхронно-синхронний та ін.) [8, с.7];

- за способом регулювання електричного навантаження генератора – для кожного з типів генератора декілька варіантів;

- за характером роботи – автономні та підключені до централізованої електричної мережі;

- за способом регулювання робочої точки – з пасивним регулюванням, з активним аеродинамічним регулюванням, з активним електричним регулюванням, з комбінованим регулюванням;

- за способом оптимального керування неповного навантаження ВЕУ – давачеві (з анемометром) і бездавачеві з автоматичним регулюванням різними методами;

- за способом обмеження максимальних значень кутової швидкості ВР і потужності ВЕУ – аеромеханічне обмеження, зменшення або збільшення швидкохідності ВР електричним навантаженням задля зменшення відбору потужності, додаткове електричне навантаження з можливістю генерування теплової енергії, комбіноване обмеження.

Відповідно до запропонованої класифікації можливі різні комбінації з вказаних у кожній з ознак варіантів. Доцільність застосування того чи іншого типу вітроустановки оцінюємо за таким показником, як термін окупності. Цей інтегральний економічний показник, який сприяє поширенню малої вітроенергетики, містить два інші, які безпосередньо на нього впливають – максимальну енергетичну ефективність і мінімальну вартість. Оптимальне поєднання цих показників, варто покласти в основу концепції побудови малопотужних ВЕУ з ВВО, яка дасть змогу обґрунтувати перспективні конструкції ВЕУ.

Система автоматичного керування (САК) – одна з основних систем, від якості роботи якої безпосередньо залежать енергетична ефективність, надійність і термін служби ВЕУ. Завдання автоматичного керування роботою ВЕУ пов'язані із забезпеченням основних режимів її роботи [9, с. 3223]:

- прийняття рішення про запуск ВР (у випадку його самостійного старту – про початок генерування електроенергії) за швидкості вітру $V_{в.min}$;

- максимізація вихідної електричної потужності в зоні 2 (рис.1) – діапазоні неповного навантаження за швидкостей вітру $V_{в.min} \dots V_{в.н}$;

- обмеження вихідної електричної потужності в зоні 3 (рис.1) – діапазоні номінального навантаження за швидкостей вітру $V_{в.н} \dots V_{в.max}$;

- зупинка ВР в зоні 4 (рис.1) – за швидкостей вітру, що перевищують значення $V_{в.max}$.

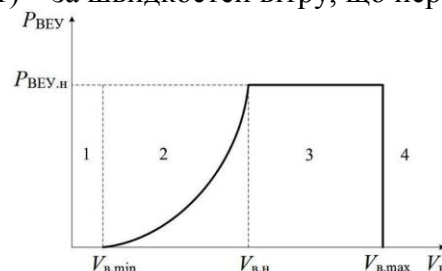


Рис.1. Залежність потужності ВЕУ від швидкості вітру.

Окрім цих основних завдань, САК може виконувати й низку додаткових: зниження механічних навантажень на конструктивні елементи ВР, керування нагромадженням і споживанням генерованої електроенергії, забезпечення параметрів якості електроенергії в мережі (так зване кондиціонування електричної енергії) тощо.

Звідси – надзвичайно високі вимоги до якості роботи САК і величезна кількість досліджень, спрямованих на її забезпечення. З оглядових наукових публікацій [9, с. 3224] і монографій САК класифікують по-різному зі значною кількістю класифікаційних ознак:

- за типом керування – пасивне, активне, активно-пасивне;
- за наявністю датчиків швидкості вітру – датчеві та бездатчеві;
- за наявністю інформації про робочі характеристики складових елементів ВЕУ – ВР (характеристика $CP(\lambda)$, точка максимуму потужності $CP_{max}(\lambda_{opt})$, оптимальна швидкохідність λ_{opt}), генератора (залежність ККД від потужності та кутової швидкості), ВЕУ (крива потужності $P_{VEU}(V_w)$), без потреби будь-якої інформації;

- за принципом автоматичного регулювання – за збуренням, за відхиленням, комбіноване, інтелектуальне;

- за математичним описом і відповідними методами керування – лінеаризовані, нелінійні.

Більшість САК оптимального керування роботою ВЕУ в зоні 2 розроблено для ВЕУ великих потужностей. Як об'єкт керування такі ВЕУ складніші від малопотужних, оскільки мають додаткові ступені вільності, пов'язані з керуванням кутом атаки лопатей, положенням вітроколеса відносно вітру, складною багатоступінчастою механічною передачею, пружністю довгих лопатей тощо. Відповідно й складність та вартість САК є високими. Для малопотужних ВЕУ з ВВО, особливо прямопривідних з пасивним Н-ротором, з технічної та економічної точки зору доцільно максимально спростити САК.

Найпростішими САК є пасивні. У них керування відбувається автоматично шляхом зростання навантаження СГПМ при збільшенні швидкості вітру. Для цього необхідно оптимізувати параметри ВР, генератора та навантаження як однієї системи. Звісно, через різні закони зміни координат ВР і СГПМ добитися високих енергетичних показників у пасивній системі керування не вдається. Дещо кращі показники характеризують ВЕУ з пасивним керуванням, у якій СГПМ має дві чи три обмотки якоря, навантажені через дроселі паралельно на спільний діодний міст з АБ [10, с. 290]. Активні САК регулюють електричне навантаження СГПМ за допомогою силових напівпровідникових перетворювачів і можуть забезпечувати високі показники в усіх режимах роботи ВЕУ.

Задовільних регулювальних характеристик ВЕУ можна досягнути, комбінуючи пасивне й активне керування, при цьому суттєво знизиться потужність і вартість силового перетворювача.

Найлегше побудувати САК оптимального навантаження генератора ВЕУ, якщо відомі робочі характеристики ВР. Три основні структури таких САК: керування за оптимальною швидкохідністю ВР (TSR-control), керування за оптимальним моментом ВР (Optimal Torque Control – OTC) і керування за оптимальною потужністю ВР (Optimal Power Control – OPC).

Список літератури.

1. Modifications of VAWTs – Types of Vawts. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.google.com/search?newwindow=1&biw=1280&bih=685&tbm=isch&sa=1&q=mdifications+of+VAWT&oq=modifications+of+VAWT&gs_l=img.
2. Chiarelli M. A new configuration of vertical axis wind turbine: an overview on efficiency and dynamic behavior / M. Chiarelli, A. Massai, D. Atzeni, F. Bianco /Journal of Energy Challenges and Mechanics. – 2015. – Vol. 45. – No. 1. – P. 1-6.
3. Rassoulinejad-Mousavi S. M. Experimental study of a combined three bucket H-rotor with savonius wind turbine / S. M. Rassoulinejad-Mousavi, M. Jamil, M. Layeghi // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 28. – No. 2. – P. 205-211.
4. Sineglazov V. M. Substantiation of adaptive self-adjusting system of autonomous wind energy turbine / V. M. Sineglazov, V. V. Kozyrskyy, M. I. Trehub, O. S. Vasilenko // Electronics and Control Systems. – 2015. – №2(44). – P. 62-68.
5. Yamada T. Overspeed control of a variable-pitch vertical-axis wind turbine by means of tail vanes / T. Yamada, T. Kiwata, T. Kita, M. Hirai, N. Komatsu, T. Kono // Journal of Environmentand Engineering. – 2012. – Vol. 7. – No. 1. – P. 39-52.

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-Европейський журнал передових технологій. – 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 переважно 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].