

Лябагова Т.В., аспірантка кафедри електротехніки

Іванов О.Б., кандидат технічних наук, професор

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОУСТАНОВКИ

Вітроенергетика є однією з найбільш швидкозростаючих технологій виробництва електроенергії, яка розвивається у більшості країн світу [1]. Встановлені потужності вітрових турбін у світі з кожним роком зростають, середній темп зростання складає близько 15% [2].

Однією з вимог до вітроелектростанцій є необхідність підтримувати максимальну потужність і регулювати її в залежності від швидкості та характеру вітрового потоку.

Для підвищення енергоефективності вітрової установки в широкому діапазоні зміни швидкості вітру і можливості контролю потужності перевагу слід надавати вітровим установкам з регулюванням швидкості обертання на базі асинхронного генератора подвійного живлення.

В асинхронному генераторі подвійного потужність перетворювача становить близько 25% від загальної потужності системи [3]. При використанні даного типу генератора стала робота забезпечується, якщо ковзання має значення близьке до критичного, як правило використовується діапазон  $\pm 33\%$  [4]. Генерування електричної енергії на базі асинхронного генератора подвійного живлення дозволяє забезпечити регулювання потужності у діапазоні зміни швидкості вітру, зокрема, роботу вітроустановки у режимі максимальної потужності.

За зміни швидкості вітру у діапазоні, що притаманний місцевості, де розташовано вітроустановку, змінюються умови, за яких генерується максимальна потужність. Основними параметрами, від яких залежить вихідна потужність вітроустановки є швидкість вітру, швидкість обертання лопатей, кут їх нахилу та радіус ротора турбіни. Відповідність швидкостей обертання вітрової турбіни та генератора при забезпеченні потрібного режиму роботи вітроустановки у заданому діапазоні зміни швидкості вітру забезпечується вибором параметрів асинхронної машини та передавального числа редуктора з урахуванням динамічних процесів при зміні швидкості обертання.

Обрання числа полюсів магнітного поля асинхронного генератора подвійного живлення установки, у якій реалізується режим максимальної потужності, залежить від діапазону значень швидкості вітру  $V$ ; характеристики максимальної потужності турбіни  $P$ , яка залежить від її радіусу  $R$ ; допустимих меж регулювання швидкості обертання та передавального числа редуктора, яке впливає на перехідні процеси при зміні швидкості. Швидкість обертання вітрової турбіни може бути перераховано на швидкість обертання ротора генератора  $\omega$ . Побудову характеристики максимальної потужності вітроустановки виконано на підставі математичної моделі, з використанням методики регресійного аналізу.

На графіку (рис.1) наведено характеристики максимальної потужності вітрової турбіни у функції швидкості ротора генератора при передавальному числі редуктора рівному 100 для трьох значень радіусу вітроколеса у діапазоні швидкості вітру  $V = 5 \dots 13$  м/с й зазначено синхронну швидкість при числі пар полюсів рівному одному, двом і трьом при частоті силової мережі 50 Гц, а також межі регулювання швидкості для цих випадків. Якщо швидкість вітру перевищує максимальне значення вказаного діапазону, швидкість обертання турбіни обмежується шляхом повороту лопатей для запобігання їх пошкодження

Як впливає з наведених залежностей, в умовах, за яких проведено моделювання характеристик вітрогенераторної установки, режим максимальної потужності може бути реалізовано у заданому діапазоні швидкості вітру для турбін радіусу від  $R_1$  до  $R_4$  при застосуванні шестиполісного генератора. Номінальна потужність генератора залежить від радіуса вітроколеса. Зокрема, необхідний генератори номінальної потужності 180, 400, 2800, 6100 кВт при радіусі вітроколеса  $R_1 = 25$  м,  $R_2 = 35$  м,  $R_3 = 45$  м відповідно. Такий же режим може бути отримано при чотириполісному генераторі при відповідній потужності 250, 2000, 3600 та 8800кВт. Для двополісної машини режим максимальної потужності можна здійснити у вітроустановках відносно невеликої потужності. Так при радіусі  $R_1$  номінальна потужність вітрогенератора становить близько 1000 кВт, подальше її збільшення можливе при перевищенні допустимої швидкості вітру і швидкості обертання вітроколеса.

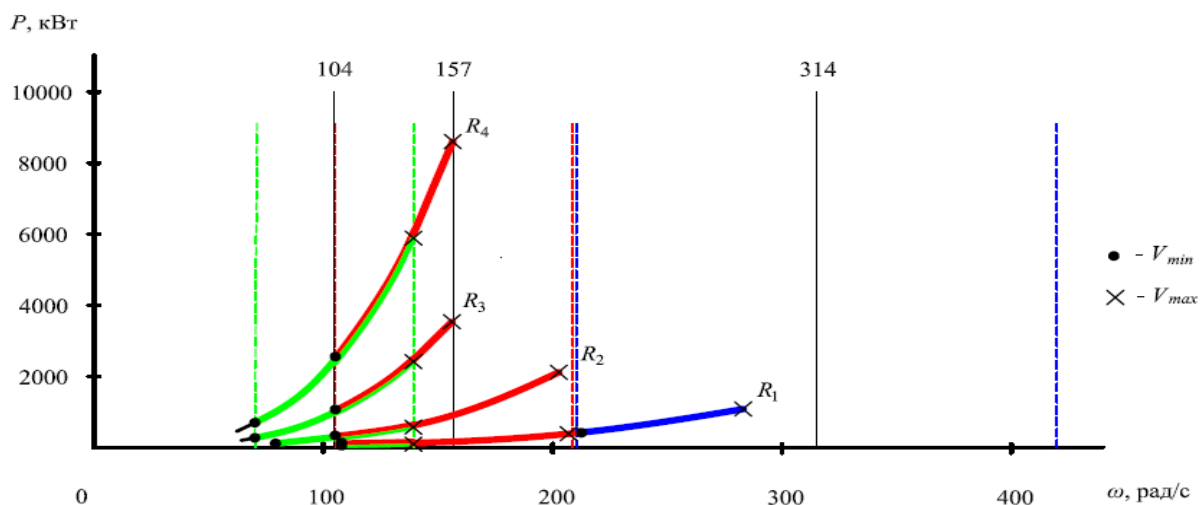


Рисунок 1 - Графік залежності  $P(V, \omega, R)$

Викладений спосіб, заснований на пропонованій методиці побудови й використання залежності  $P(V, \omega, R)$ , надає можливість вибору синхронної швидкості генератора, радіусу вітроколеса при заданому передавальному числі редуктора для здійснення режиму максимальної потужності вітроустановки потрібної потужності.

#### Перелік посилань

1. Bourlis D. A Complete control scheme for variable speed stall regulated wind turbines. Fundamental and Advanced Topics in Wind Power. July 5th, 2011. DOI: 10.5772/17569
2. Statistics Time Series. International Renewable Energy Agency. Retrieved February 23, 2022, from <https://www.irena.org/>
3. Polinder H. Overview of and trends in wind turbine generator systems // 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2011. P. 1–8. DOI: 10.1109/PES.2011.6039342.
4. Müller, S.; Deicke, M.; de Doncker, Rik W. Doubly fed induction generator systems for wind turbines. In: IEEE (2002) industry applications magazine. Page(s)/Article-Nr.: 26-33.