

УДК 621.31

Лябагова Т.В., аспірантка спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**Науковий керівник: Іванов О.Б., кандидат технічних наук, професор***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОУСТАНОВКИ

Використання енергії з викопних джерел призводить до значного забруднення атмосфери та кліматичних змін, підкреслюючи потребу в переході на альтернативні джерела енергії, особливо з огляду на зростаючий світовий попит на електроенергію. Вітроенергетика, що демонструє швидке зростання та має великий потенціал з середнім темпом збільшення встановленої потужності на 15% щорічно [1], підкреслюючи її значний потенціал у вирішенні зазначених екологічних викликів [2].

Розширення потужностей вітроенергетичних установок ставить завдання оптимізації їх роботи та інтеграції в загальну енергетичну систему з метою забезпечення стабільності. Впровадження асинхронних генераторів подвійного живлення дозволяє гнучко регулювати активну та реактивну потужність, оптимально використовуючи вітрові ресурси та знижуючи механічні навантаження на компоненти системи, що сприяє підвищенню стабільності мережі та якості генерованої електроенергії.

Ефективність вітрогенераторів визначається їхньою здатністю максимально стабільно перетворювати енергію вітру в електричну енергію для подачі в мережу, залежно від швидкості вітру і обертання турбіни. Вітроенергетичні установки із системою регулювання кута повороту лопатей дозволяють досягти максимальної потужності, але зі збільшенням потужності зростають вартість та технічні складнощі, особливо через втрати у перетворювачі та проблеми з фільтрацією гармонік.

Вітроустановки з асинхронними генераторами подвійного живлення є більш ефективними, оскільки забезпечують краще електромеханічне перетворення енергії з меншими витратами. Вони дозволяють використовувати перетворювачі меншої потужності за нижчою вартістю, збільшуючи коефіцієнт корисної дії та надійність установки.

У генераторах подвійного живлення, коли швидкість ротора виходить за критичні межі відносно синхронної швидкості, можливі коливання ротора через зміну характеристики асинхронного моменту. Тому для вітроустановок із такими генераторами рекомендовано триматися діапазону регулювання швидкості не більше ніж $\pm 33\%$ від синхронної швидкості. Робота вітрогенераторів у статичних умовах характеризується залежністю потужності від швидкості обертання ротора при різних швидкостях вітру, що вимагає відповідного підбору параметрів вітрогенератора для ефективного регулювання потужності.

За допомогою залежностей між потужністю вітрогенератора P_g , швидкістю обертання її ротора ω , швидкостями вітру V , а також радіусом вітроколеса R , були побудовані характеристики [3, 4] для різних радіусів ротора (рис. 1). Зі зміною швидкості вітру механічна характеристика вітротурбіни змінюється, і установка переходить з одного режиму у інший. З огляду на обмеження діапазону регулювання швидкості, підтримання оптимальної потужності можливе за допомогою вибору асинхронних машин з різною синхронною швидкістю, в залежності від номінальної потужності, розміру лопатей та швидкості вітру у вибраному регіоні. Таким чином, вибір числа полюсів генератора, розмірів вітротурбіни та передатного числа редуктора визначає діапазон регулювання швидкості вітроустановки для максимальної ефективності.

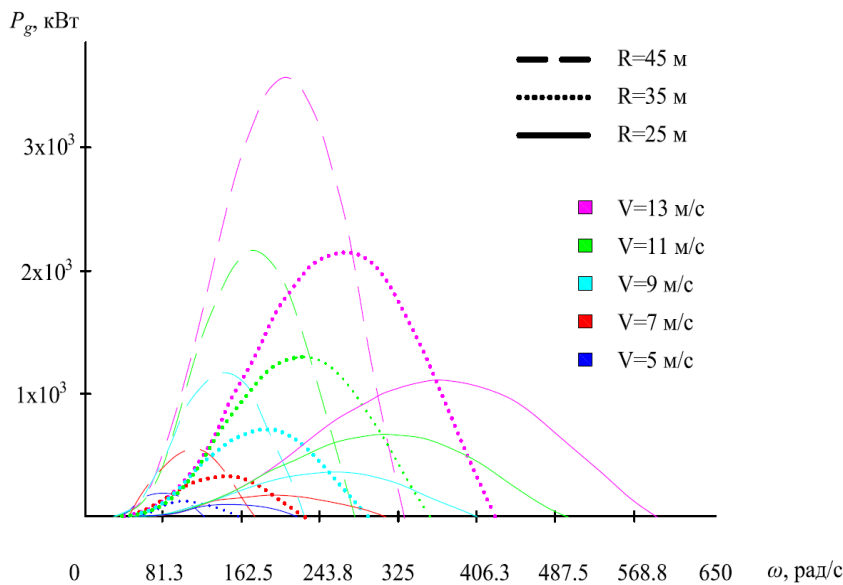


Рисунок 1 - Сімейство характеристик $P_g(\omega, V, R)$

При підборі числа полюсів генератора важливо врахувати, що при певному радіусі вітроколеса максимальна потужність, відповідна номінальній, досягається в заданому діапазоні швидкостей вітру. Оптимальне співвідношення числа полюсів і радіусу вітроколеса дозволить отримати максимальну потужність і ефективне регулювання. Якщо максимальна потужність досягається при нижчій швидкості обертання ротора, то можливо виконувати управління потужністю при збільшенні швидкості вітру, зменшуючи таким чином механічне навантаження. Вибір передатного числа редуктора, який залежить від швидкості обертання ротора та вітру, впливає на динаміку регулювання швидкості турбіни і часто приймає значення близько 100, але може коригуватися з урахуванням аналізу динамічних процесів. Зростання швидкості вітру веде до збільшення максимальної потужності вітроустановки і швидкості обертання турбіни, при якій вона досягається. Параметри генератора подвійного живлення, включаючи кількість полюсів і синхронну швидкість обертання, визначаються на основі аналізу наведених залежностей. Цей аналіз допоможе встановити оптимальні діапазони регулювання для швидкостей та ковзання генератора подвійного живлення.

Список використаних джерел:

1. Global Wind Energy Council. (2023). Global Wind Report 2023 [Електронний ресурс]. GWEC. – Режим доступу: <https://gwec.net/globalwindreport2023/>. – Назва з екрана.
2. Center for Climate and Energy Solutions. Renewable Energy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.c2es.org/content/renewable-energy/>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 03.2024.
3. Dessalegn, B., Gebeyehu, D., & Tumara, B. (2022). Wind energy conversion technologies and engineering approaches to enhancing wind power generation: A review. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11263>.
4. Khan, A., Aragon, D. A., Seyyedmohammadian, M., Mekhilef, S., & Stojcevski, A. (2024). Inertia emulation control of PMSG-based wind turbines for enhanced grid stability in low inertia power systems. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 105 (2024) 107760. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.107760>.