

# МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ БАГАТОМАШИННОЇ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ АСИНХРОННИХ МАШИН

Дядинок І.В., магістрант, Денисюк П.Л., к.т.н., доц.  
НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій

**Актуальність теми.** Нині альтернативна енергетика з використанням нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) стає одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом з інформаційними та нанотехнологіями вона є важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу. Одним з напрямків нетрадиційної енергетики, що розвивається досить активно, є вітроенергетика [1]. Так, згідно статистичних даних, середньорічний приріст електричної енергії за рахунок світової вітроенергетики становить в середньому 26 – 27 % і є найбільшим у порівнянні з іншими джерелами енергії.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є дослідження режимів роботи вітрових електростанцій на основі асинхронних генераторів. На даний момент великою проблемою для розвитку ВЕС є те, що вітер має пульсуючий характер [2], а також на кожен окрему вітроустановку дме різний вітер. Результатом цього є те, що і потужність на виході кожної ВЕУ теж різна. Задачею даної роботи було дослідження режимів роботи окремої ВЕС при впливі на окремі ВЕУ різного вітру.

**Об'єкт дослідження** – вітроелектростанція на основі асинхронного генератора.

## **Результати досліджень.**

Для вирішення поставленої задачі в роботі використано середовище Matlab Simulink.

Враховуючи складності з визначенням параметрів вітроколеса, регулятора швидкості та характеристик вітру в роботі пропонується модель механічного моменту вітротурбіни на валу синхронної машини в вигляді функції з лінійною апроксимацією зміни вітру на відрізок з можливістю встановлення довільного інтервалу тривалості пориву вітру.

$$m_T = f(v) = \frac{\xi \pi R^2 \rho \frac{v(t)^3}{2}}{\omega}$$

де:  $\xi$  – коефіцієнт використання енергії вітру, який визначається конструкцією вітроколеса;

$R$  – радіус вітроколеса турбіни;

$v(t)$  – миттєве значення швидкості вітру для моменту часу  $t$ ;

$v(t) = M_v + v_{II}(t)$  – швидкість вітру [2], яка складається з двох складових: постійної (середнє значення) і пульсуючої відносно її:

$M_v$  – математичне очікування швидкості вітру;

$v_{II}(t)$  – пульсації швидкості вітру відносно  $M_v$ .

В середовищі Matlab Simulink модель асинхронної машин описана системою диференційних рівнянь:

$$\begin{aligned}
 u_{qs} &= R_s i_{qs} + \frac{d\varphi_{qs}}{dt} + \omega \varphi_{ds}; \\
 u_{ds} &= R_s i_{ds} + \frac{d\varphi_{ds}}{dt} + \omega \varphi_{qs}; \\
 u'_{qr} &= R'_r i'_{qr} + \frac{d\varphi'_{qr}}{dt} + (\omega - \omega_r) \varphi'_{dr}; \\
 u'_{dr} &= R'_r i'_{dr} + \frac{d\varphi'_{dr}}{dt} + (\omega - \omega_r) \varphi'_{qr}; \\
 m_e &= 1,5(\varphi_{ds} i_{qs} - \varphi_{qs} i_{ds}); \\
 T_j \frac{ds}{dt} &= m_e - m_T; \\
 \varphi_{qs} &= L_s i_{qs} + L_m i'_{qr}; \\
 \varphi_{qr} &= L'_r i'_{qr} + L_m i_{qs}; \\
 \varphi_{dr} &= L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds}; \\
 L_s &= L_{1s} + L_m; \\
 L'_r &= L_{1r} + L_m,
 \end{aligned}$$

де:  $L_{1s}, R_s$  – індукція витoku та опір статора

$L'_r$  – повна перехідна індуктивність ротора;

$L_s$  – повна ідуктивність статора;

$L_m$  – взаємна індуктивність намагнічування;

$\omega$  – кутова швидкість ротора генератора;

$u_{qs}, i_{qs}$  – напруга та струм статора по осі  $q$ ;

$u_{ds}, i_{ds}$  – напруга та струм статора по осі  $d$ ;

$\varphi_{qs}, \varphi_{ds}$  – магнітні потоки статора по осі  $d$  та  $q$ ;

$m_e$  – електромагнітний момент асинхронної машини.

Модель розрахунку режиму шестимашинної ВЕС показана на Рис.1.

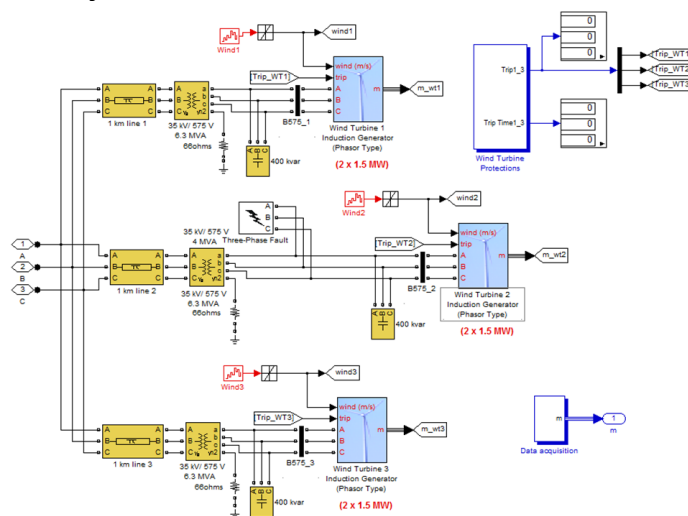


Рисунок 1 – Модель ЕЕС для аналізу впливу пульсуєчого характеру вітрового потоку на турбіну ВЕС

В роботі досліджувався режим ЕЕС з 6 асинхронних генераторів одиничною потужністю  $P_{нГ} = 1.5\text{МВт}$ . Номінальна напруга генератора  $U_{нГ} = 575\text{В}$ , номінальна потужність трансформатора  $S_{нТ} = 6,3\text{МВА}$ , коефіцієнт трансформації трансформатора 35кВ/575В. Характер повітряного потоку ВЕУ характеризується пульсуючим характером ( Показано на Рис. 2).

Результати розрахунку показані на Рис. 2 та Рис. 3.

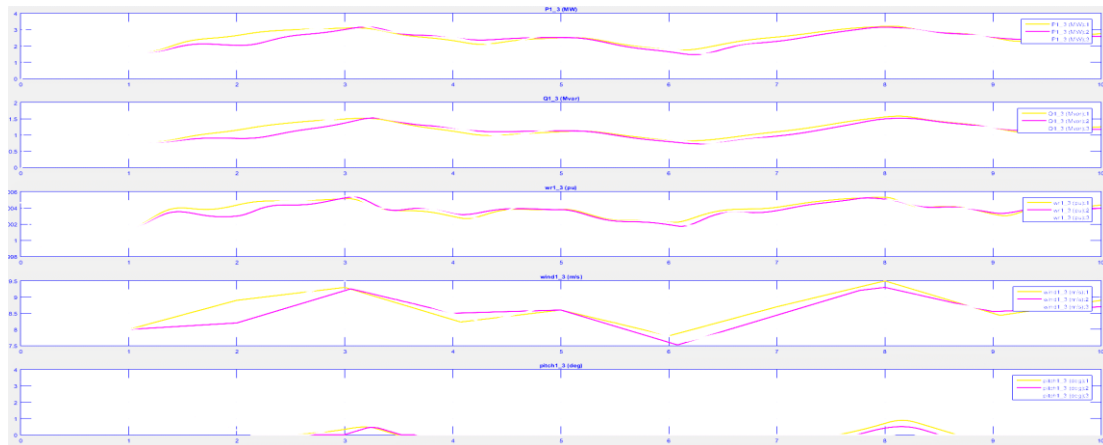


Рисунок 2 – Результати моделювання режимів роботи ВЕС

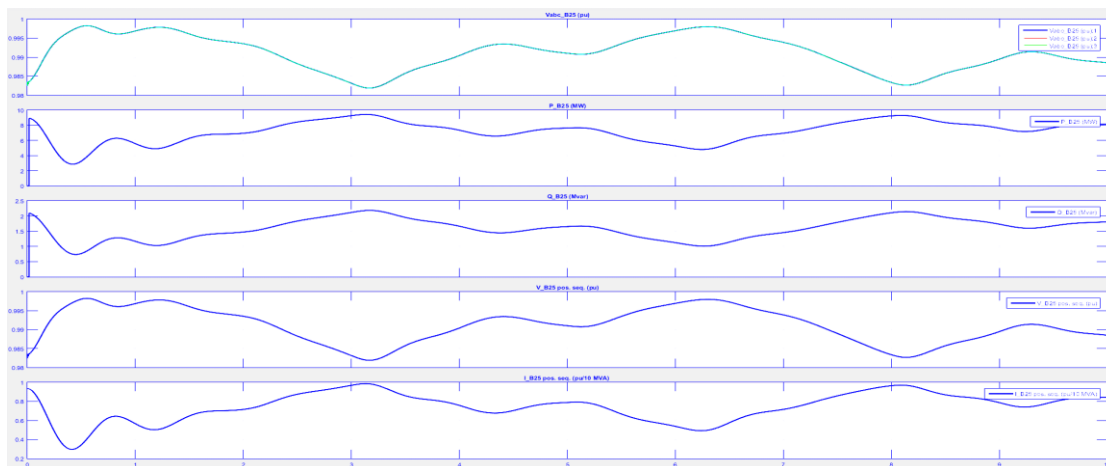


Рисунок 3 – Результати моделювання режимів роботи ВЕС

### Висновки по роботі.

Аналіз режимів ЕЕС з ВЕС показує, що зміна механічного моменту на валу асинхронного генератора викликає коливання напруги в вузлах ЕЕС. Максимальне відхилення напруги складає 0,29%, а мінімальне -0,14%.

### Перелік посилань

1. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки./ М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ. -1948. – 544 с.
2. Пекур П.П. Стохастичне моделювання динаміки повітряного потоку в приземному шарі атмосфери за довільної функції розподілу швидкості вітру// Відновлювана енергетика. 2005.-№3-4. -С. 29-33.