

УДК 621.311

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАЗИ ВІТРОВОГО ПОТОКУ НА КОМУТАЦІЙНІ РЕЖИМИ В РОЗПОДІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ ЕЕС З ВІТРОВИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИ НА ОСНОВІ АСИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

П.Л.Денисюк¹, І.С.Шевченко,

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», e-mail: dpl@bigmir.net

В роботі проведено аналіз електромеханічних перехідних режимів роботи розподільної мережі електроенергетичної системи з вітровою електричною станцією на основі асинхронного генератора при втраті зв'язку з ЕЕС. Враховуючи змінний характер вітрового потоку, особливий інтерес викликає вплив фази вітрового потоку на момент комутації в мережі.

Ключові слова: *вітрова електрична станція, асинхронний генератор, розподільна мережа електроенергетичної системи, фаза вітрового потоку.*

RESEARCH INFLUENCE OF THE WIND FLOW PHASE ON SWITCHING MODES IN THE DISTRIBUTION NETWORK WITH WIND POWER PLANTS BASED ON ASYNCHRONOUS GENERATOR

P.Denisjuk¹, I.Shevchenko²,

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, e-mail: dpl@bigmir.net

The study analyzes the electromechanical transient operation modes of distributed networks of a power system with a wind - driven electric power plant on a corresponding

asynchronous generator in case of loss of operating time with the EES. Detecting a change in the characteristic wind flow, special interest is using its own wind flow phase at the time of network switching.

Keywords: *wind power plant, asynchronous generator, distributed networks of a power system, wind flow phase.*

ORCID: ¹0000-0003-3181-8799.

Впровадження ВЕС в розподільну мережу ЕЕС максимально наближає джерело електричної енергії до споживача, що суттєво впливає на його режими роботи. Режим роботи ВЕС визначається змінним характером вітрового потоку [1] на лопатях вітротурбіни, що призводить до коливання механічного і електромагнітного моменту генератора, і тим самим напруги в вузлах розподільної мережі.

Особливий інтерес викликає режим ізольованої від ЕЕС роботи розподільної мережі з ВЕС. Особливістю режиму являється момент втрати і відновлення зв'язку з ЕЕС, на який впливає фаза вітрового потоку на лопатях ВЕС на момент комутації.

Для вирішення поставленої задачі була використана модель асинхронної машини в формі ЕРС з двома короткозамкнутими контурами на роторі [2].

Механічний момент на валу вітротурбіни описаний залежністю:

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

де: ζ – коефіцієнт, що характеризує конструкцію вітроколеса;
 R – радіус вітроколеса; $v(t)$ – швидкість вітрового потоку на лопатях вітротурбіни.

Вітротурбіна обладнана відцентровим регулятором швидкості [3,4] з двома ступенями свободи:

$$J_{\Sigma} \rho^2 \gamma + K \rho \gamma = m_B + m_{\Gamma p},$$

де: γ – кут повороту лопатей вітротурбіни; J_{Σ} – сумарний момент інерції всіх елементів системи регулювання, які механічно зв'язані з ротором; K – похідна демпфуючого моменту аеродинамічних сил; m_B – момент регулювання; $m_{\Gamma p}$ – момент пружини регулятора.

Регулювання напруги на шинах АГ здійснюється регулятором ємності конденсаторної батареї.

Момент опору механізму асинхронного двигуна описаний залежністю:

$$m_c = b_0 + b_1(1+s) + b_2(1+s)^2,$$

де: s – ковзання ротора асинхронного двигуна; b_0, b_1, b_2 – коефіцієнти в рівнянні, що описує момент опору механізму, отримані методом найменших квадратів на основі реальних характеристик механізмів.

Модель мережі в усталеному режимі:

$$\dot{U}_j = \left(\frac{\dot{S}_j}{\tilde{U}_j} - \sum_{i=1}^m \dot{U}_k \frac{1}{z_{j-k}} \right) / \sum_{i=1}^m \frac{1}{z_{j-k}},$$

де: $\dot{U}_k$ – - напруга k -го вузла, з яким має зв'язок вузол j ;

$\dot{S}_j$ - повна потужність j -го вузла ЕЕС; Z_{j-k} - повний опір між вузлами j і k ;

Модель мережі ЕЕС в перехідному режимі:

$$\dot{U}_i = (\dot{E}_i \dot{y}_i + \dot{U}_j \dot{y}_{ij}) / (\dot{y}_i + \dot{y}_{ij} + \dot{y}_{нав}),$$

де: $\dot{E}_i$ – еквівалентна ЕРС i -го вузла ЕЕС; $\dot{y}_i$ – еквівалентна провідність i -го вузла; $\dot{U}_j$ - напруга j -го вузла з яким зв'язаний i -й вузол; $\dot{y}_{ij}$ – взаємна провідність мережі між вузлами i - j ; $\dot{y}_{нав}$ – еквівалентна провідність статичного навантаження i -го вузла,

Статичне навантаження вузла енергосистеми може задаватися в вигляді $P, Q = const$, або $P, Q = f(U)$.

В якості двигунового навантаження використана модель асинхронної машини в формі ЕРС з двома короткозамкнутими контурами на роторі [2].

Комутації моделюються величиною взаємної провідності мережі між вузлами.

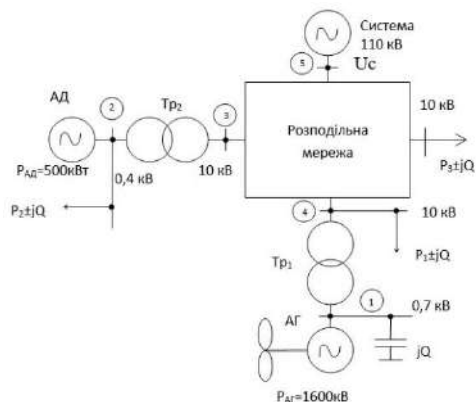


Рис. 1. Схема розподільної мережі.

Для дослідження режимів розподільної мережі з ВЕС на основі описаних вище моделей в середовищі візуального програмування Delphi був розроблений комплекс програм аналізу перехідних режимів ЕЕС з ВЕС, з допомогою якого проведено розрахунки електромеханічних перехідних процесів розподільної мережі з ВЕС на основі асинхронного генератора.

В якості прикладу були проведені розрахунки двох режимів комутації розподільної мережі, схема якої показана на Рис.1.

Режим 1 характеризується комутацією від'єднання розподільної мережі від ЕЕС на початку наростання хвилі вітрового потоку. Розподільна мережа працює ізольовано від ЕЕС, джерелом енергії для якої являється ВЕС.

Режим 2 характеризується комутацією від'єднання від ЕЕС на початку спаду хвилі вітрового потоку.

Параметри асинхронного генератора і асинхронного двигуна показані на рисунках 2 і 3 зліва від графіків перехідних процесів.

Результати розрахунків показані на Рис. 2, 3.

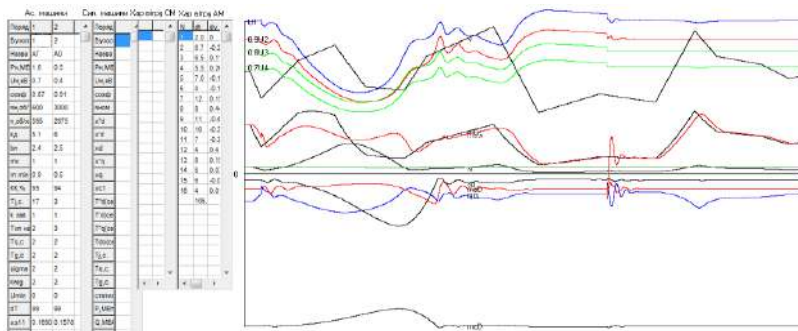


Рис 2. Режим 1.

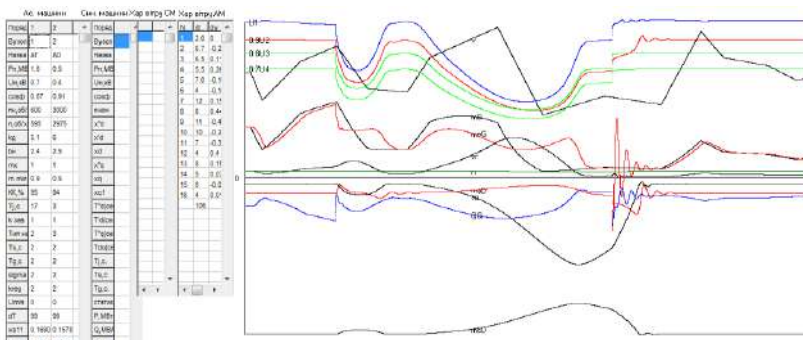


Рис. 3. Режим 2.

Висновки по роботі. Момент комутації від'єднання розподільної мережі від ЕЕС залежить від фази вітрового потоку на лопатях вітротурбіни, що впливає на режим роботи ізолюваної від ЕЕС розподільної мережі.

Проведений аналіз режимів комутацій: на початку наростання і на початку спаду хвилі вітрового потоку, показав необхідність врахування особливостей таких режимів для настройки пристроїв релейного захисту і автоматики в ЕЕС.

Література:

1. Пекур П.П. Стохастичне моделювання динаміки повітряного потоку в приземному шарі атмосфери за довільної функції розподілу швидкості вітру/ Відрновлювана енергетика. 2005.-№3-4. -С. 29-33
2. Костерев Н.В. Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме / К.: Вицашк., 1986. -168 с.
3. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П., Секторов В.Р. Ветроэлектрические станции.-М-Л.: Госэнергоиздат.- 1960. -320 с.
4. Фатеев Е.М. Ветродвиатели и ветроустановки./ М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ. -1948. – 544 с.