

УДК 621.311.153

Б.Я. Оробчук, к.т.н., доцент, В.І. Пихач

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

B. Orobchuk, Ph.D., Assoc. Prof., V. Pyhach

RESEARCH OF STABILITY OF ELECTRICAL TRANSMISSION WIND ENERGY INSTALLATION IN THE ENERGY SYSTEM

В умовах наростаючого дефіциту енергії, загрози світової енергетичної кризи та глобальної екологічної катастрофи велике значення для переходу до сталого розвитку України та світової спільноти має альтернативна енергетика, якій приділяється все більша увага в теорії та практиці. Підраховано, що використовуючи кінетичну енергію вітру із земної поверхні площею 1 км^2 можна отримати в середньому до 700 кВт потужності та виробити біля 6,6 млн. кВт год енергії на рік. При цьому з усієї території України теоретично можна отримати понад 9000 млрд. кВт год електроенергії на рік. [1].

У зв'язку з цим останнім часом спостерігається швидке зростання встановлених вітроенергетичних потужностей. Удосконалення вітрових турбін та зростання їх потужності дозволяє вітроенергетичним установкам конкурувати з традиційними джерелами енергії. В результаті такі установки задіяні у виробництві електричної енергії у всьому світі. Наприклад, в Данії вже більше 30% електричної енергії виробляється за допомогою вітроенергетичних установок [2].

Зазвичай вітроелектростанція складається з наступних елементів: вітрогенератор змінного потоку, випрямляч, акумулятор, інвертор і фільтр низької частоти. Схема такої вітроелектростанції приведена на рис. 1.

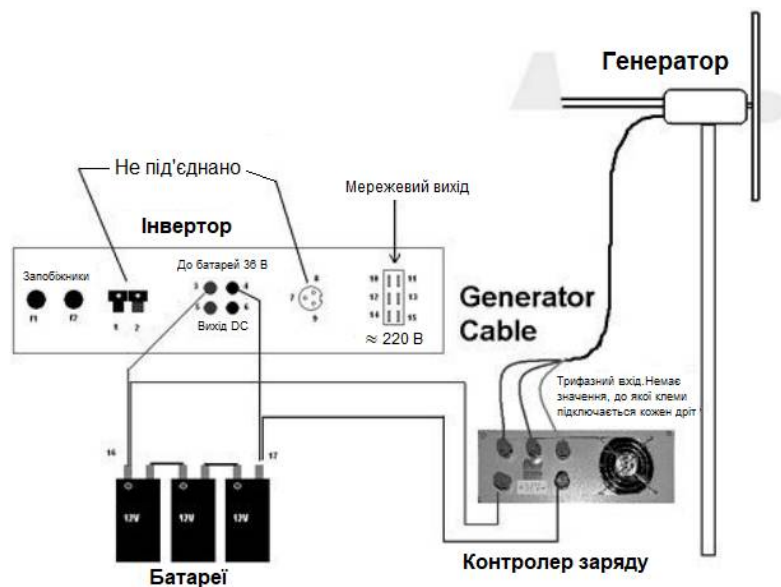


Рисунок 1 – Схема вітрової електростанції

Вітрові електростанції можуть працювати і в автономному режимі, і паралельно з енергосистемою. В роботі ми розглядаємо методику розрахунку та стійкості ланки електропередачі «вітроелектростанція–енергосистема». При цьому передбачається, що потужність вітроелектростанції є значно меншою за потужність енергосистеми і на її шинах підтримується постійна напруга $U_c = const$.

Для розрахунку динамічної стійкості необхідно розв'язати нелінійне диференціальне рівняння:

$$\frac{T_I}{\omega_0} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_I - P_m, \quad (1)$$

де P_I – потужність інвертора;

T_I – стала часу інвертора;

$P_m = E'_q U_c y'_{12}$ – потужність станції в нормальному режимі ($y'_{12} = 1/X_{d\Sigma}$);

δ – кут між векторами \dot{E}_q і \dot{U}_c .

При виникненні однофазного короткого замикання стан мережі змінюється і також змінюється величина y_{12} . Опір кола при однофазному замиканні буде наступним [3]:

$$X_{12}'' = X_d + X_T + X_L + \frac{(X_d + X_T)X_L}{X_{\Delta}^{(1)}}, \quad y_{12}'' = \frac{1}{X_{12}''}, \quad (2)$$

де $X_{\Delta}^{(1)} = X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}$ опір шунту в місці КЗ при однофазному пошкодженні.

Потужність, що передається в аварійному режимі $P_m'' = E'_q U_c y_{12}''$.

Наступний розв'язок рівняння (1) виконуємо з урахуванням, що $P_m = P_m''$.

Після відключення пошкодженої фази стан мережі знову змінюється і величина y_{12} стає рівною

$$y_{12}''' = X_d + X_T + X_L + \frac{1}{X_d + X_T + X_L + \frac{X_{2\Sigma} X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}}. \quad (3)$$

Наступний розв'язок рівняння (1) виконуємо з урахуванням, що $P_m = P_m''$.

Чисельний розв'язок рівняння (1) достатньо виконати за допомогою за методом послідовних інтервалів, який має похибку розрахунку менше 10%.

Отже, можна зробити висновок, що електропередача є стійкою, якщо величина δ на протязі часу починає зменшуватись.

Література

1. Перспективи розвитку світової електроенергетики до 2035 року // Електроенергія, передача і розподіл. – 2011, № 2, С.103.
2. Оробчук Б., Герасимів В., Ліньов Б. Аналіз ефективності електропостачання при використанні автономних вітро дизельних установок // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. – Тернопіль, 2017
3. Коваль В. Оробчук Б., Осадца Я. Костик Л. Автоматизована вимірювальна установка для дослідження електричних характеристик фотоелектричних модулів // Вісник Хмельницького національного університету. – м. Хмельницький, 2022