

# РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ВДЕ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛАТФОРМИ MATLAB

Нестерко А.Б., к.т.н., доц., Касперський Т.С., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

**Вступ.** У сучасному світі розвиток альтернативних джерел енергії є актуальною проблемою. Важливо розробляти ефективні імітаційні моделі, які використовують вітрову і сонячну енергії (далі ВЕ і СЕ), з метою створення електрогенеруючих комплексів для використання в приватних будинках. У цій статті досліджується розробка імітаційної моделі на основі відновлюваних джерел енергії з використанням програмного забезпечення MATLAB.

Україна володіє значним потенціалом для використання ВЕ та СЕ, який сприяє ефективному функціонуванню сонячних та вітроелектростанцій. За даними Global Wind Energy Council [1], приблизно 40% території України має потенціал для виробництва вітрової енергії, середньорічна швидкість вітру коливається від 3 м/с до 7 м/с [2]. У середньому на території України сонячна радіація може виробити від 1000 до 1450 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік, що є досить хорошими показниками [3]. Найбільш придатними районами для використання ВДЕ є південь України, а для ВЕ додатково Карпати. На іншій території потрібно враховувати особливості рельєфу та ландшафту.

**Мета роботи.** Метою статті є розробка імітаційної моделі електрогенеруючого комплексу, предмет дослідження – основні параметри та характеристики цієї моделі, які аналізуються з метою вивчення та оптимізації роботи електрогенеруючих систем на основі ВДЕ..

**Матеріали і результати дослідження.** При проектуванні моделі електрогенеруючого комплексу важливо звернути увагу на наступні моменти: тип використаних відновлюваних джерел енергії, обсяги енергії, які вони зможуть згенерувати, природно-кліматичні, топографічні та географічні параметри місцевості, вид навантажень. Розробку моделі почнемо з постановки завдання: потрібно побудувати максимально наближену до дійсності модель енергокомплексу, що масштабується, на основі відновлюваних джерел енергії [5]. Структурну схему пропонованого електрогенеруючого комплексу представлено на рис. 1.

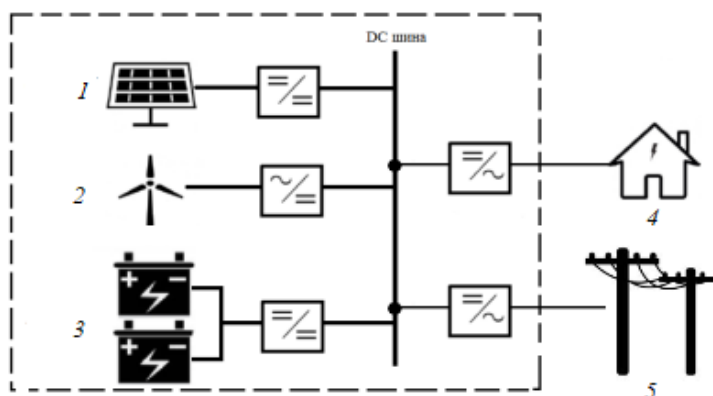


Рисунок 1 – Схема електрогенеруючого комплексу на основі ВДЕ

Електрогенеруючий комплекс складається з наступних компонентів: сонячної фотоелектричної установки (1), вітрової енергоустановки (2), та накопичувачів енергії (аккумуляторних батарей) (3), які з'єднані з шиною постійного струму для узгодження режимів роботи компонентів енергокомплексу. Шина підключена до корисного навантаження (4) та електричної мережі 230 В (5).

Модель електрогенеруючого комплексу представлена на рис. 2 [7].

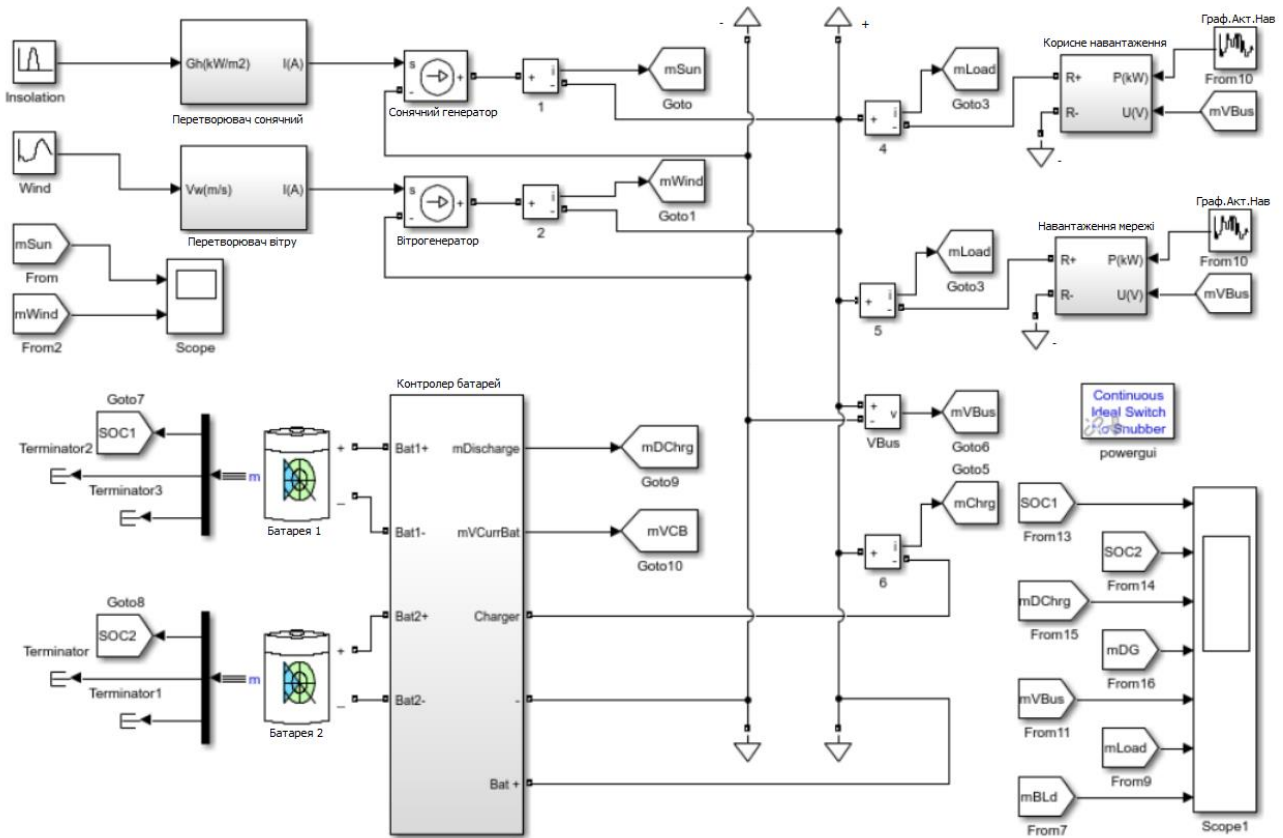


Рисунок 2 – Модель масштабованого гібридного енергокомплексу в MatLab

*Аналіз розробленої моделі.* У ролі блоків відновлюваних джерел енергії використано керовані джерела струму, а як генератора – джерело напруги [6]. Управління даними елементами можна описати такими залежностями:

$$I_{S,P} = f(G_i, S, U_{DC}), \quad (1)$$

де  $I_{S,P}$  – струм, що отримується від сонячних панелей [A];  $G_i$  – поточний потік сонячної радіації на поверхню сонячного модуля [Дж/м<sup>2</sup>];  $S$  – сумарна площа сонячних панелей [м<sup>2</sup>];  $U_{DC}$  – напруга шини постійно струму [В].

$$I_{W,T} = f(V_W, P_{ном}, U_{DC}), \quad (2)$$

де  $I_{W,T}$  – струм, що отримується від вітроустановки [A];  $V_W$  – поточна швидкість вітру [м/с];  $P_{ном}$  – номінальна потужність вітроустановки [Вт];  $U_{DC}$  – напруга шини постійно струму [В].

Перетворення сонячної радіації через струм здійснюється згідно з формулами:

$$P_S = \eta \cdot S \cdot G_i, \quad (3)$$

де  $P_S$  – потужність, що виробляється сонячними модулями [Вт];  $\eta$  – ККД сонячних модулів;  $S$  – сумарна площа сонячних модулів [м<sup>2</sup>].

$$I_S = \frac{P_S}{U_{DC}}, \quad (4)$$

де  $I_S$  – Струм, що виробляється сонячними модулями [А];  $U_{DC}$  – напруга шини постійно струму [В].

Модель сонячних модулів представлена на рис. 3 [7].

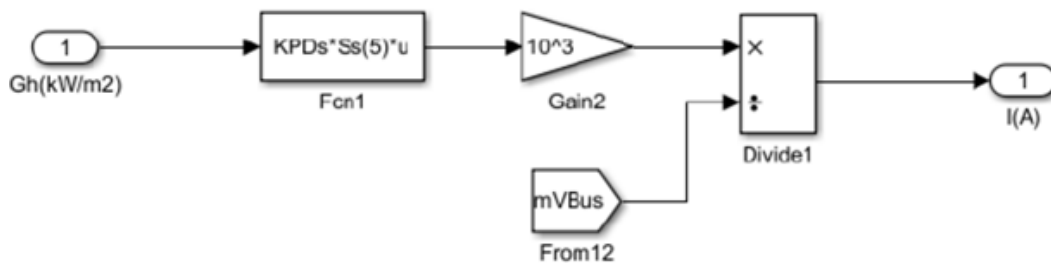


Рисунок 3 – Модель сонячних модулів

Вітрова установка описується наступним чином:  $P_V = f(V_W)$ . Базуючись на параметрах конкретного агрегату можна описати дану залежність відповідно до формул:

$$\begin{aligned} P_V &= 0 & V_W < V_{min} \\ P_V &= a \cdot V_W^3 - b \cdot P_{номV} & V_{min} \leq V_W < V_{ном} \\ P_V &= P_{номV} & V_W \geq V_{ном} \\ P_V &= 0 & V_W \geq V_{max} \end{aligned} \quad (5)$$

$$a = \frac{P_{номV}}{V_{ном}^3 - V_{min}^3}, \quad b = \frac{V_{min}^3}{V_{ном}^3 - V_{min}^3},$$

де  $P_{номV}$  – номінальна потужність вітроустановки з врахуванням ККД [Вт];  $V_W$  – поточна швидкість вітру [м/с];  $V_{min}$ ,  $V_{ном}$ ,  $V_{max}$  – мінімальна, номінальна і максимальна швидкості вітру [м/с], що визначають режим роботи вітрової турбіни,  $a$ ,  $b$  – поправкові коефіцієнти [6]. Модель вітрогенератора цієї моделі представлена на рис. 4 [7].

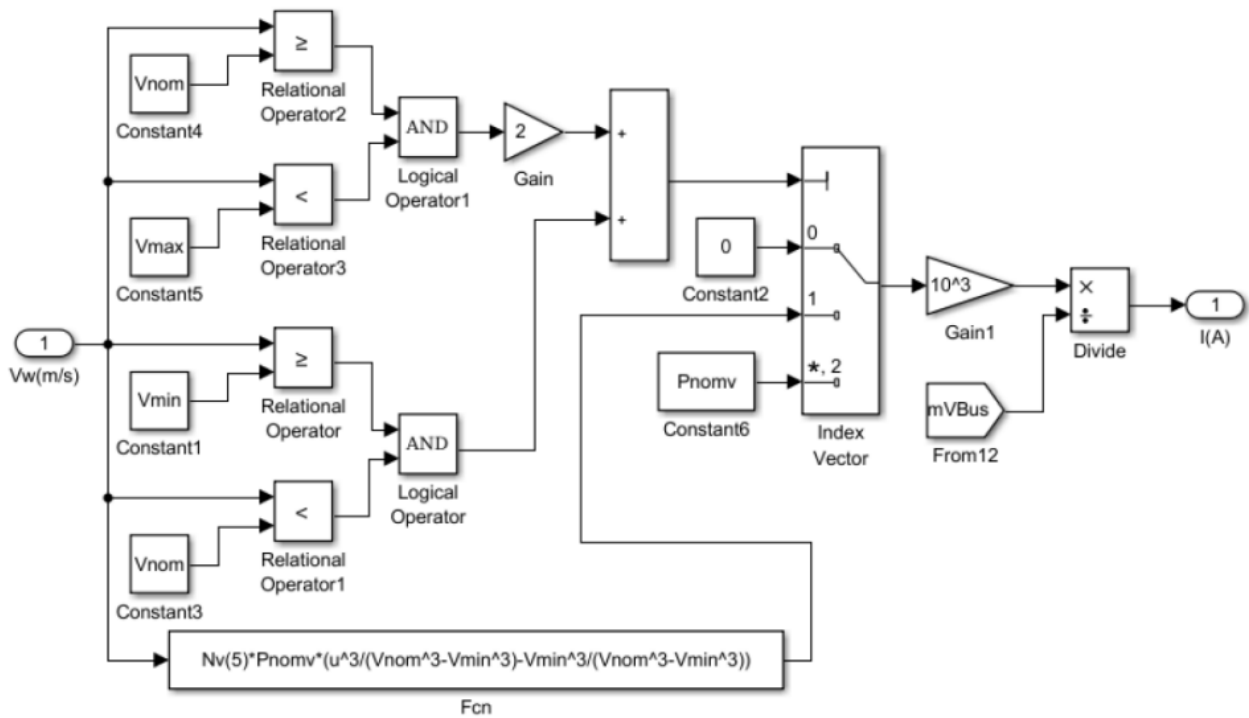


Рисунок 4 – Модель вітрогенератора

Схема заміщення корисне навантаження та експорту енергії в електричну мережу представлено у вигляді моделі на рис. 5 [7].



Рисунок 5 – Схема заміщення корисного навантаження

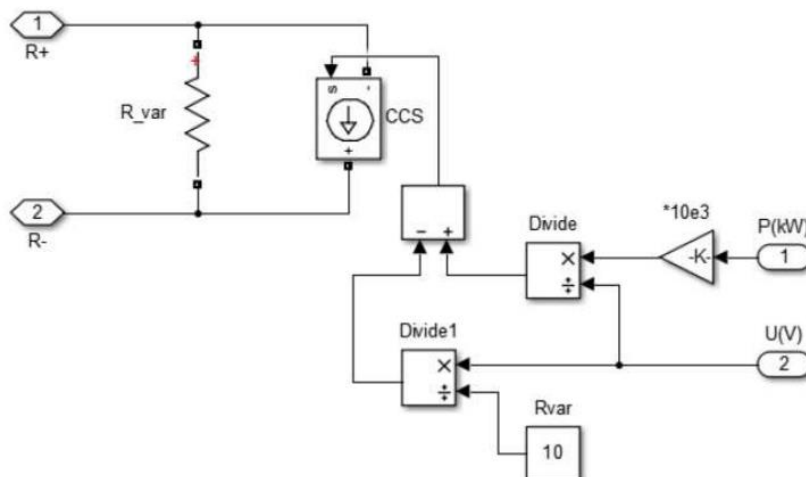


Рисунок 6 – Модель корисного навантаження

Основним компонентом схеми є блок із батареями та система їх управління. Потрібно підтримувати постійну напругу на шині постійного струму і не допускати надзвичайного розряду батарей, оскільки це спричинить глибоке просідання за напругою, для чого і слід їх вчасно перемикаати між собою [5]. Модель блоку акумуляторних батарей представлена на рис. 7 [7].

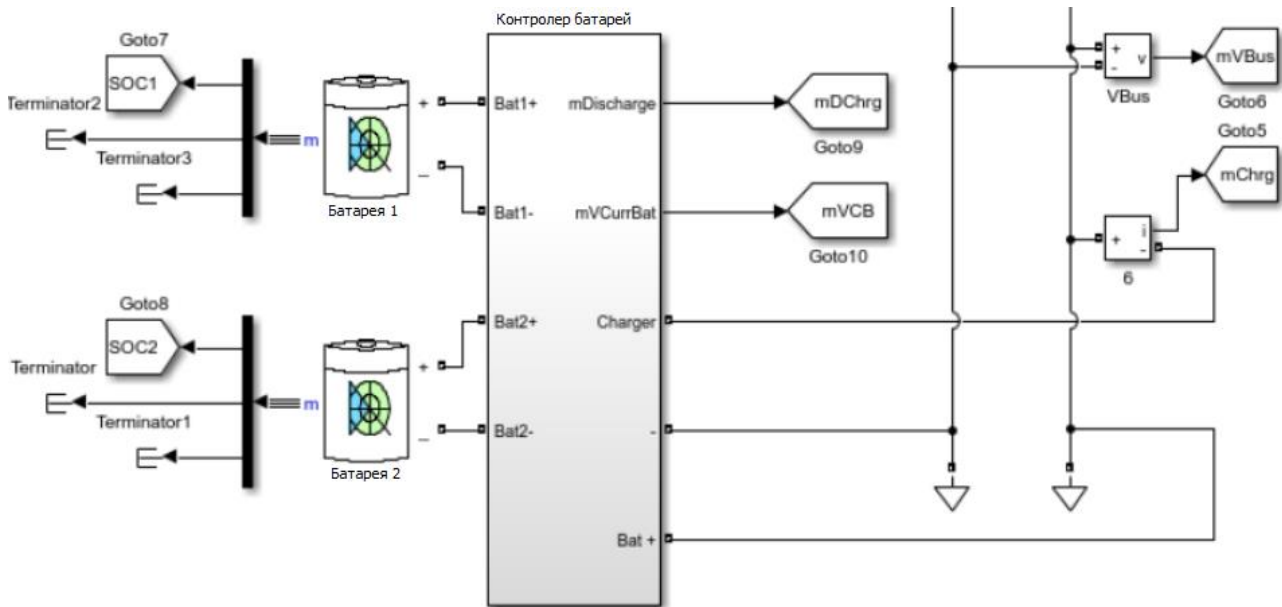


Рисунок 7 – Модель блоку акумуляторних батарей

**Висновки.** Розроблена імітаційна модель електрогенераційного комплексу на базі вітрових джерел енергії та сонячних батарей в програмі MATLAB дозволяє здійснити детальний аналіз його роботи. Отримані результати можуть бути використані для подальшої оптимізації та вдосконалення електрогенераційних комплексів з метою забезпечення сталого розвитку напряду відновлювальних джерел енергії.

#### Перелік посилань

1. GWEC – Global wind energy outlook. – 2012.
2. Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч – Вітроенергетичні версурси в Україні. – Наук. праці УкрНДГМІ – 2007.
3. Л.В.Дмитренко – Регіональні зміни прямої сонячної радіації. – Наук. праці УкрНДГМІ. – 2002.
4. Кулганатов А.З., Мірошніченко А.А., Гордієвський О.М. –Порівняльний аналіз приводів для підняття ротора вітроенергетичної установки в мобільному енергокомплексі // Вісник сучасних досліджень. - 2018.
5. Кирпічникова І.М., Мартянов А.С. Моделювання генератора вітроенергетичної установки // Вісник Південно-Урал. держ. ун-ту. – 2015.
6. Martyanov A.S., Solomin E.V. Development of control algorithms in MatLab/Simulink // Procedia Engineering. – 2015.
7. Е.М. Gordievsky, А.А. Miroshnichenko, А.З. Kulganatov, Е.В. Solomin. DEVELOPMENT OF AN IMITATION MODEL OF A MOBILE ENERGY COMPLEX ON THE BASIS OF RES IN MATLAB PROGRAM. – 2019.