

МОДЕЛЮВАННЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ НА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ

Федорчук С. О., Немировський І. А.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Запропоновано модель гібридної системи генерації на ВДЕ для аналізу енергетичних балансів при енергопостачанні споживачів.

Постановка проблеми. Стрімке зростання обсягів генерації від відновлювальних джерел енергії призвело до ускладнення у питанні стабільного забезпечення споживачів електричною енергією. Виходячи з їх нестабільного та складно керованого характеру необхідно встановлення резервних швидко маневрових потужностей або систем акумуляції енергії. Задля оцінки оптимальності вибраного варіанту резервування пропонується використовувати моделювання у графічному середовищі імітаційного моделювання simulink Matlab.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Модель гібридної системи генерації можливо створити використовуючи стандартні елементи з бібліотеки simpowersystems для роботи з відновлювальними джерелами енергії [1]. Такий варіант забезпечує високу відповідність отриманих результатів реальним експериментальним дослідженням та підходить для створення моделей систем управління та короткострокових перехідних процесів. Однак, для аналізу балансу потужності у продовж року такий засіб моделювання потребує дуже потужної обчислювальної техніки та великого періоду розрахунку. Існує певна кількість спрощених моделей сонячних та вітроелектростанцій, що ведуть розрахунок лише вихідної потужності, ведуть розрахунок значно швидше ніж у попередньому варіанті та дозволяють спрогнозувати баланс потужностей для споживача.

Мета статті. Пропонується використати створену модель для оцінки балансу потужностей одного з міст України. Для цього в якості вхідних даних будуть використані взяті з відкритих джерел погодні умови та добові графіки навантаження за один рік.

Основні матеріали дослідження. Запропонована модель складається з сонячної електростанції, вітроелектростанції, системи акумуляції та навантаження. Вхідні дані, а саме погодинні швидкість вітру, температура та інсоляція на похилу поверхню взяті з відкритих даних [2] та разом з навантаженням відображені на рис. 1.

Модель сонячної електростанції збудована на основі наступного рівняння [3]

$$P_{pv} = n \cdot f_v \cdot P_{sc} \cdot \frac{G}{G_{sc}} \cdot [1 + k_p \cdot (T_{emp} - T_{stc})], \quad (1)$$

де f_v – коефіцієнт зношеності (близько 0.9), що відображає деякі втрати у системі, такі як затінення, старіння або втрати при передачі виробленої енергії;

P_{sc} – номінальна потужність при стандартних умовах;

G – поточний рівень сонячної іррадіації;

G_{sc} – рівень сонячної радіації при стандартних умовах;

K_p – температурний коефіцієнт;

T_{emp} – поточний рівень температури;

T_{stc} – рівень температури при стандартних умовах;

n – кількість фотоелектричних панелей.

Реалізація рівняння у середовищі simulink відображена на рис. 2.

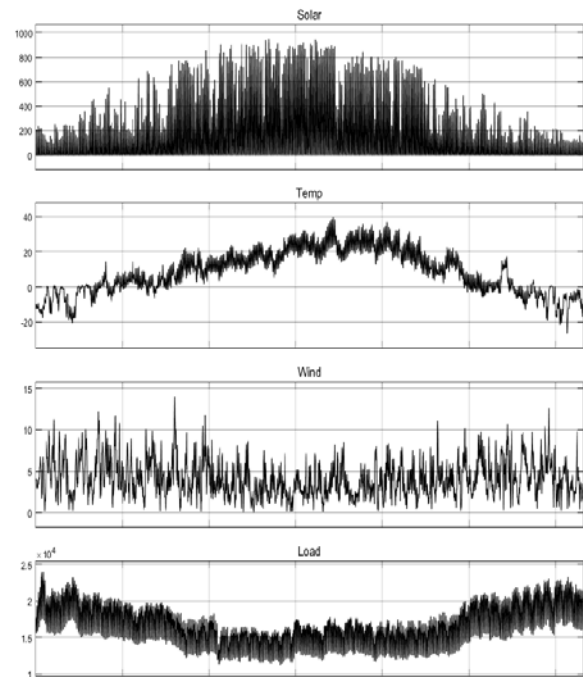


Рисунок 1 – Вхідні дані до моделі

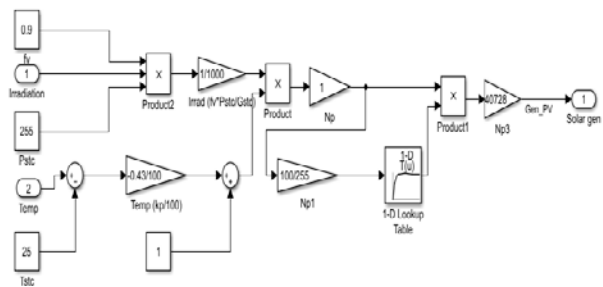


Рисунок 2 – Модель сонячної електростанції

Для створення моделі вітроелектростанції відзначимо, що ВЕС може працювати у чотирьох режимах:

1) Швидкість вітру нижча за мінімально необхідну. В цьому випадку вихідна потужність буде дорівнювати нулю.

2) Швидкість вітру вища за номінальну, але нижча за максимальну. В цьому випадку вихідна потужність буде дорівнювати номінальній.

3) Швидкість вітру вища за максимально допустиму. В цьому випадку вихідна потужність буде дорівнювати нулю (в цьому випадку задля збереження вітрогенератору він припиняє генерацію).

4) Швидкість вітру вища за мінімальну, але нижче номінальної. В цьому випадку вихідна потужність описується наступним рівнянням

$$P_{wt} = \frac{1}{2} \cdot C_p(\lambda, \beta) \cdot \rho(z) \cdot A \cdot V_w^3, \quad (2)$$

де P_{wt} – номінальна потужність вітряка;

C_p – аеродинамічний коефіцієнт, існує декілька методів розрахунку в реалізованій моделі використовуються заздалегідь розраховане значення для вхідних умов;

λ – коефіцієнт передачі швидкості;

β – коефіцієнт, що відображає кут повороту лопатей;

$\rho(z)$ – щільність повітря на висоті;

V_w – швидкість вітру;

A – площа охоплена ротором;

n – кількість фотоелектричних панелей.

Реалізація рівняння у середовищі simulink відображена на рис. 4.

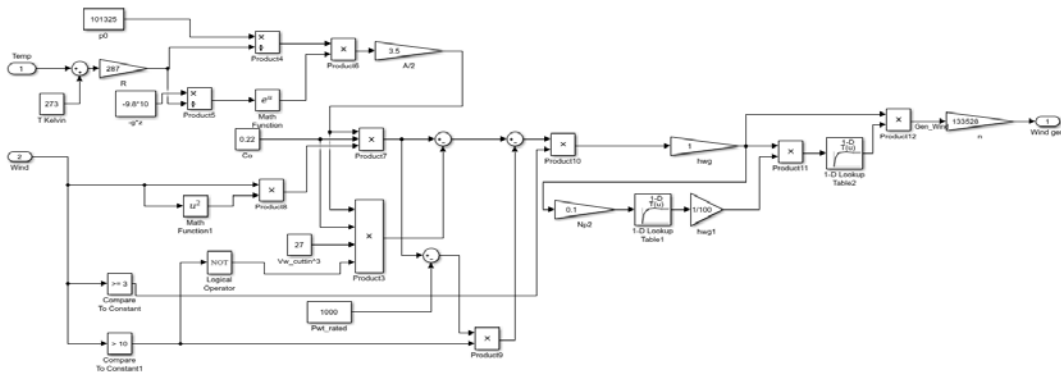


Рисунок 4 – Модель сонячної електростанції

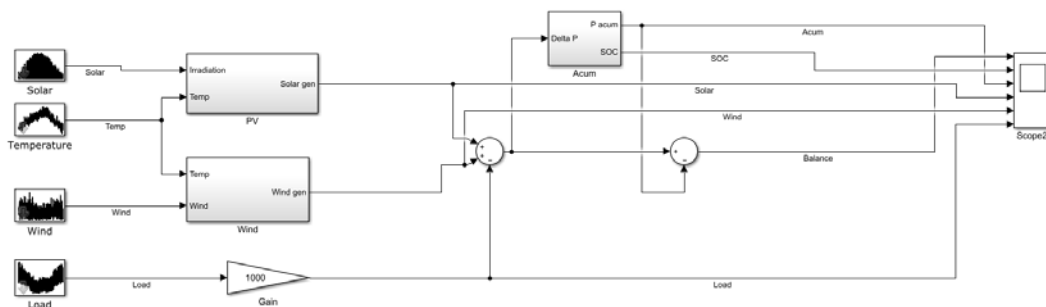


Рисунок 5 – Загальний вигляд моделі

Для визначення поточного рівня заряду в системі акумуляції енергії використовується наступне рівняння

$$SOC = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{Q} \int_0^t i(t) dt\right), \quad (3)$$

де Q – ємність батареї.

Для умовного подовження строку служби акумуляторів в моделі присутня імітація контролера на логічних елементах, що не дозволяє розряджати їх нижче певного рівня. Частина моделі, що відповідає за симуляцію системи акумуляції відображено на рис. 3.

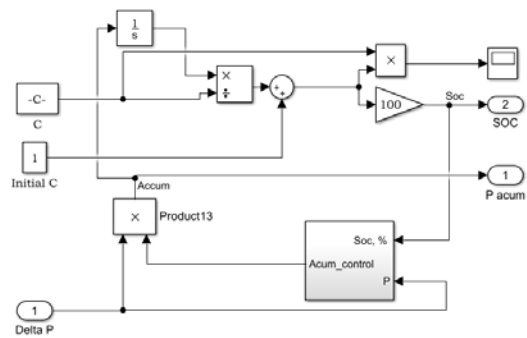


Рисунок 3 – Модель системи акумуляції енергії

В загальному вигляді повну версію моделі відображено на рис. 5.

При розробці моделі на перших етапах було отримано графіки генерації окремих сонячної панелі та вітрогенератору. За допомогою надбудови "Пошук рішення" в Microsoft excel та можливості масштабувати кожен з елементів гібридної генерації (СЕС, ВЕС, система акумуляції) було досягнуто паритет між надлишками та нестачею електричної енергії по закінченню року. Це дає змогу у подальшому вирішити проблему мінімізації вартості генерації електричної енергії. В якості змінних елементів було обрано кількість сонячних панелей та вітряків. Додатковими обмеженнями виступили кількості генеруючого устаткування та умови роботи системи акумуляції.

Результати роботи створеної моделі відображені на рис. 6. Перший графік відображає роботу з зовнішньою енергетичною системою. За допомогою надбудови "Пошук рішення" в Microsoft excel та можливості масштабувати кожен з елементів гібридної генерації (СЕС, ВЕС, система акумуляції) було досягнуто паритет між надлишками та нестачею електричної енергії впродовж року.

Графік генерації на СЕС та ВЕС в цілому відповідає вхідним даним, але враховує вплив температури та недовантаження на ккд.

Останній графік відображає стан заряду акумуляторів. Як ми бачимо, періодично він досягає дозвольного максимуму або мінімуму і нам для забезпечення споживача необхідно запозичити (віддати) енергію у зовнішньої енергосистеми.

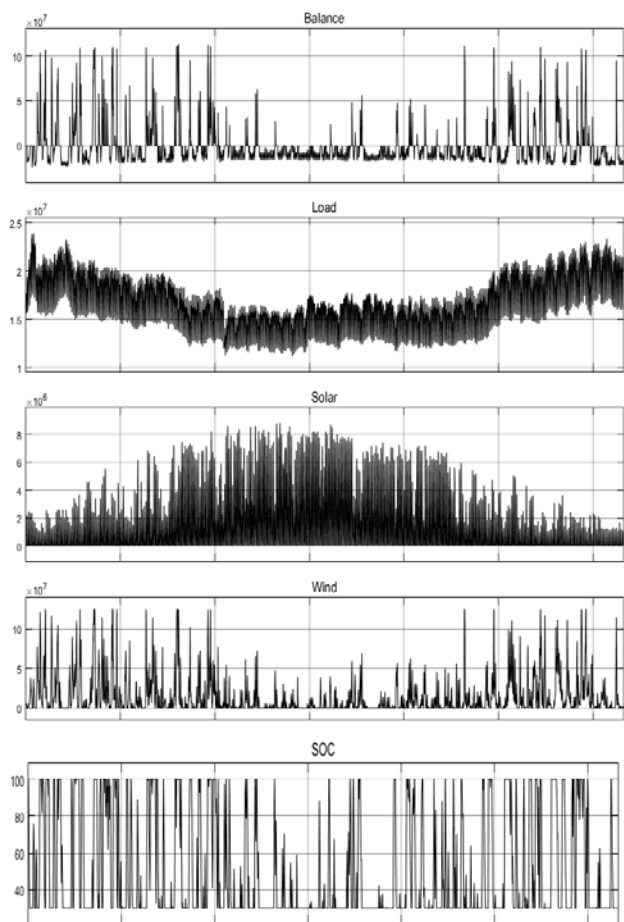


Рисунок 6 – Результати отримані після експерименту на створеній моделі

Висновки. Запропонована модель дозволяє оцінити ймовірний баланс між генерацією на ВДЕ у обраному регіоні та споживанням електричної енергії у двох варіантах:

1) Заздалегідь відома кількість та характеристики генеруючого обладнання. У цьому разі за допомогою запропонованої моделі можливо оцінити надлишки та нестачі електричної енергії впродовж року, та підібрати оптимальну ємність для акумулюючих систем, або потужність для резервувочих.

2) За допомогою попереднього моделювання та надбудови "Пошук рішення" в Microsoft excel можливо підібрати оптимальну кількість обладнання для різноманітних умов.

У майбутньому запропонована модель буде покращуватися за допомогою доповнення інтелектуальною системою керування генерацією та попитом.

Список використаних джерел

1. Федорчук С. О. Моделирование распределенных энергетических систем на базе возобновляемых источников энергии / С. О. Федорчук, И. А. Немировский, А. В. Ивахнов, О. П. Лазуренко // Энергетический менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник праць IV Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – С. 136-137.
2. Web services [Електронний ресурс] / Solar radiation data. – 2017. – Режим доступу: www.sodapro.com/web-services.
3. Fikari S. G. Modeling and simulation of an autonomous hybrid power system / Stamatia Gkiala Fikari. – Uppsala, 2015. – 95 с.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Федорчук С. О., Неміровський І. А.

Предложена модель гибридной системы генерации на возобновляемых источниках энергии для расчета энергетических балансов при энергоснабжении потребителей.

Abstract

MODELING OF THE HYBRID SYSTEM OF GENERATION FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE ANALYSIS OF THE POWER SUPPLY FOR CONSUMERS

S. Fedorchuk, I. Nemirovsky

A model of a hybrid system of generation on renewable energy sources is proposed for the calculation of energy balances in the energy supply for consumers.