

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІБРИДНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Шулима О. В.¹, Шендрик В. В.¹, Пакштас А.², Шендрик С. О.¹

¹Сумський державний університет,
²Лондон Метрополітен Університет

Запропоновано моделі функціонування гібридної енергомережі з відновлювальними джерелами генерації енергії та контролера в системі з метою узгодження балансу між генерацією, споживанням та продажем електроенергії, які дозволяють підвищити якість контролю процесу.

Постановка проблеми. В Україні найбільша частка електроенергії виробляється централізовано, на великих електростанціях (рис. 1) [1]. Сучасні електростанції мають досить високі енергетичні показники, але при передачі енергії кінцевим споживачам на великі відстані виникають втрати енергії, які оцінюються в 11,8% [1]. Це робить не вигідним транспортування електроенергії кінцевим споживачам.

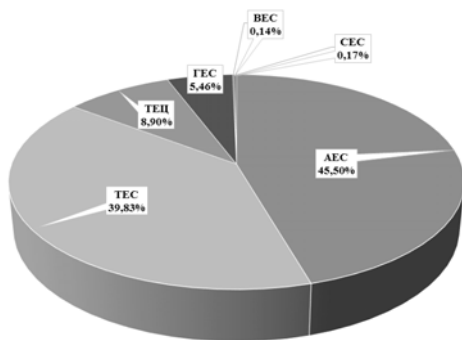


Рисунок 1 – Розподіл виробництва електроенергії в Україні

Крім того, порівняння рівня виробництва та споживання електроенергії (рис. 2) [2] показало, що в останні роки спостігається спад загального споживання, однак доля споживання, що припадає на населення та ЖКГ помітно збільшується (рис. 3): 31% від загального споживання у 2012 р. і 34% у 2014 р.



Рисунок 2 – Виробництво та споживання електроенергії в Україні в 2009-2014, ТВт-год

Створення інфраструктури розподіленого виробництва енергії, що передбачає наявність споживачів, які виробляють теплову та електричну енергію для власних потреб, направляючи надлишки в загальну мережу, дозволить подолати ці проблеми. Така кон-

цепція передбачає використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), які, завдяки своїй наближеності до споживачів, забезпечують зменшення втрат електроенергії при транспортуванні.



Рисунок 3 – Споживання електроенергії населенням та ЖКГ в Україні в 2009-2014, млн. кВт-год

З поміж інших, в Україні найбільший потенціал для використання має вітряна та сонячна енергія [3]. Поєднання для генерації одночасно двох зазначених джерел енергії робить енергосистему гібридною [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність та економічність використання ВДЕ залежить від вибору оптимального режиму роботи гібридної системи з ВДЕ (ГСВДЕ) та узгодження потужностей в ній. При створенні ГСВДЕ виникає велика кількість проблем, обумовлених розрізненістю компонентів, що виробляють та споживають електроенергію за своїми власними правилами. Система характеризується швидкою зміною режимів роботи в залежності від погодних умов, географічних та метеорологічних характеристик місцевості та споживання.

На сьогодні з метою вибору оптимальної схеми мережі проведено ряд досліджень.

Встановлено, що такі енергетичні системи можуть бути автономними [5, 6, 7] та з підключенням до зовнішньої мережі [8]. Конкретний вид реалізації системи залежить, в першу чергу, від характеристик місцевості, а також від наявності центральних ліній електропередач.

При виборі схеми роботи мережі можуть бути використані різні підходи.

Наприклад, в роботі [9] представлено підхід до визначення оптимального використання вітрових турбін на о. Саліна (Еолійський архіпелаг, Італія). Запропоновано використовувати різні режими вітрових турбін у залежності від їх потужності та кількості. Для вибору режиму використовуються наступні критерії:

- Інвестиційні витрати.
- Оперативні та експлуатаційні витрати.
- Потужність вироблення енергії.
- Економічність використання конкретного джерела енергії.
 - Зрілість технологій.
 - Час реалізації.
 - Зменшення викидів CO₂.
 - Ергономічність.
 - Рівень шуму.
 - Вплив на екосистеми.
 - Соціальна прийнятність.

В роботі [10] запропоновано застосовувати інтегровану систему, що використовує сонячну і вітрову енергію, показники якої розраховуються щогодини. В якості аварійних засобів для ізольованих ділянок подачі електроенергії при відсутності енергії сонця та вітру підключається дизельний генератор і акумуляторна батарея. Вирішальним фактором вибору компоновки установки є мінімізація витрат, що враховує вартість життєвого циклу установки.

Згідно [11] було побудовано розподілену систему управління енергією в реальному часі в будівлях в Саро Vado (провінція Лігурія, Італія), яка характеризується поєднанням відновлюваних ресурсів та дозволяє визначити оптимальний енергопотік в будівлі. Розрахунок виконувався для сонячного колектора, фотоелектричного модуля, пристрою перетворення біомаси, вітрової турбіни та акумуляторної батареї. Система підтримки прийняття рішень дозволяє визначити час найбільшої генерації енергії від різних джерел енергії. Для розрахунку енергії, виробленої вітровою турбіною, використовуються дані про технічну потужність вітрової турбіни і силу вітру у регіоні, які щогодини надходять у систему. Кількість електроенергії, виробленої фотоелектричними модулями і сонячними колекторами, залежить від характеристик установок і погодинної величини сонячної радіації. Кількість електроенергії, отриманої від спалювання біомаси, залежить від якісних (відсотка вологості біомаси) і кількісних характеристик. Оптимізація цільової функції виконувалась з використанням зваженої суми відхилення від різних вимог до джерел.

Таким чином, аналіз попередніх досліджень показав, що не існує універсальної моделі функціонування гібридних систем з ВДЕ.

Мета статті полягає у визначенні критеріїв, які впливають на вибір оптимальної схеми роботи ГСВДЕ, побудові функціональної моделі ГСВДЕ для подальшого дослідження, а також у визначенні рис системи, що гарантують відповідний рівень надійності та якості забезпечення потреб споживачів.

Основні матеріали дослідження. Об'єктом дослідження є гібридна енергосистема, яка забезпечує електроенергією масив будівель, оснащених сонячними батареями, спільним парком вітрових турбін і банком зберігання енергії, з можливістю підключення до зовнішньої мережі. Така реалізація дозволить збалансувати роботу мережі у критичні моменти (наприклад, вихід з ладу обладнання, несприятливі погодні умови, тощо), користувачі зможуть отримати додат-

кове живлення.

Успішне функціонування ГСВДЕ залежить від належного інтегрування та координування споживання та роботи джерел генерації в мережі. У роботі [3] зроблено висновок, що на території України сумісний потенціал сонця та вітру для вироблення енергії достатній для забезпечення споживання протягом року. Таким чином, для ГСВДЕ, що складається з генераторів з невеликою виробничою потужністю та активних домогосподарств, необхідно налагодити збалансовану та ефективну роботу з економічної, екологічної та енергетичної точки зору. Це досягається збільшенням взаємозв'язків в електромережі, що потребує застосування інформаційних технологій для оперативної обробки великих масивів даних. Результатом впровадження інформаційних технологій управління режимами функціонування ГСВДЕ стане можливість приймати рішення споживачами щодо ефективної генерації та вигідного продажу електроенергії в зовнішню мережу.

З огляду на [12] є наступні частини архітектури системи: власне генерація, передача, розподіл, споживання, контроль та ринок електроенергії. Кожна з них відіграє важливу роль у роботі електроенергетичних систем і складається з різних об'єктів, які з'єднані між собою за допомогою спеціальних інтерфейсів.

Запропонована схема роботи системи представлена на рисунку 4.

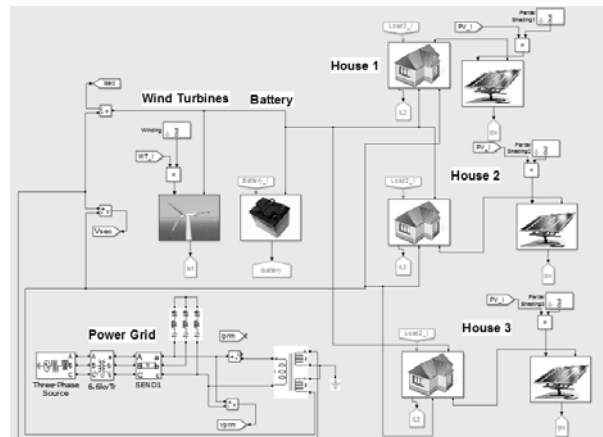


Рисунок 4 – Схема роботи мережі, виконана у Simulink

Електрозабезпечення сполучених таким чином будинків управляється за допомогою контролерів системи. Основна мета використання контролера полягає в забезпеченні належним чином роботи системи, як із споживанням від центральної мережі, так і від ВДЕ. Контролер має виконувати наступні функції:

- Дозволити споживання.
- Узгодити роботу акумуляторної батареї, а саме забезпечити достатній час для повного зарядження батареї.
- Забезпечити узгодження генерації від ВДЕ, щоб оперувати даними про загальну потужність, яка доступна.
- Забезпечити зовнішнє підключення.

Приклад моделі контролеру в мережі для одного з будинків, як джерела споживання, наведений на рисунку 5.

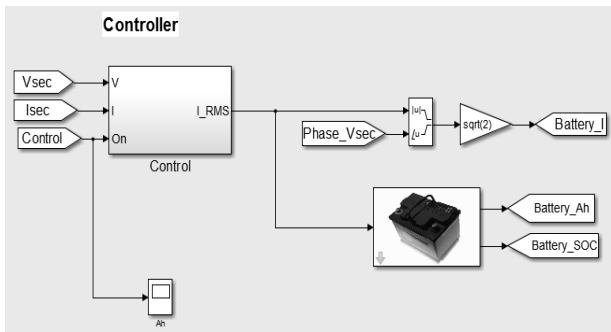


Рисунок 5 – Модель контролеру, виконана у Simulink

Висновки. В роботі визначено структуру гібридної системи з відновлювальними джерелами енергії, з банком зберігання енергії та з можливістю підключення до зовнішньої мережі. Для представленої схеми роботи побудовано імітаційну модель у пакеті Matlab/Simulink. Крім того, запропоновано модель контролера, який узгоджує всі потоки електроенергії в мережі. Запропоновані моделі плануються використовувати у інформаційній системі, яка дозволить користувачам планувати роботу подібної енергомережі для власних потреб з урахуванням індивідуальних показників споживання, погодних та географічних умов.

Список використаних джерел

1. Sustainable Energy for all (SE4ALL). — Режим доступу : [www/ URL: http://data.worldbank.org/data-catalog/sustainable-energy-for-all](http://data.worldbank.org/data-catalog/sustainable-energy-for-all) — 2015 р. — Заг. з екрану.
2. НЕК «Укренерго». — Режим доступу : [www/ URL: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/Pages/main.aspx](http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/Pages/main.aspx) — 2015 р. — Заг. з екрану.
3. Shendryk, V., Shulyma, O., Parfenenko, Y. The Topicality and the Peculiarities of the Renewable Energy Sources Integration into the Ukrainian Power Grids and the Heating System. / Shendryk, V., Shulyma, O., Parfenenko, Y. //V. González-Prida, & A. Raman (Eds.) Promoting Sustainable Practices through Energy Engineering and Asset Management. Hershey, PA: Engineering Science Reference. — 2009. — № 7. — С.162–192.
4. Ackermann, T., Andersson, G., Söder, L. Distributed generation: a definition / T. Ackermann, G. Andersson, L. Söder // Electric Power Systems Research. — 2001. — Т. 57, №3. — С.195–204.
5. Elhadidy M. A. Performance evaluation of hybrid (wind/solar/diesel) power systems / M. F. Elhadidy //Renewable Energy. — 2002. — Т. 26. — №. 3. — С. 401-413.
6. Goma S., Seoud A. K. A., Kheiralla H. N. Design and analysis of photovoltaic and wind energy hybrid systems in Alexandria, Egypt / Goma S., Seoud A. K. A., Kheiralla H. N. //Renewable energy. — 1995. — Т. 6. — №. 5. — С. 643-647.
7. Nehrir M. H. et al. An approach to evaluate the

general performance of stand-alone wind/photovoltaic generating systems / Nehrir M. H., LaMeres, B.J.; Venkataramanan, G.; Gerez, V.; Alvarado, L.A. //Energy Conversion, IEEE Transactions on. — 2000. — Т. 15. — №. 4. — С. 433-439.

8. Barbato A. et al. A framework for home energy management and its experimental validation / Barbato, A., Capone, A., Carello, G., Delfanti, M., Falabretti, D., Merlo, M. //Energy Efficiency. — 2014. — Т. 7. — №. 6. — С. 1013-1052.

9. T.V. Ramachandra. RIEP: Regional integrated energy plan / T.V. Ramachandra // Renew Sustain Energy Rev. — 2009. — Т. 13, № 2. — С.285–317.

10. I. M. Muslih, Y. Abdellatif. Hybrid Micro-Power Energy Station; Design and Optimization by Using HOMER Modeling Software : Proceedings of the 2011 international conference on Modeling, Simulation & Visualization methods, July 18-21, 2011 Las Vegas Nevada, USA. — CSREA Press 2011. — С. 183.

11. H. Dagdougui, R. Minciardi, A. Ouammi, M. Robba, R. Sacile. A dynamic optimization model for smart micro-grid: integration of a mix of renewable resources for a green building : Proceedings of International Congress on Environmental Modelling and Software, July 5 - 8 2010, Ottawa, Ontario, Canada.

12. IEEE Standards Association et al. IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads //IEEE Std 2030. — 2011. — Т. 2011. — С. 1-126.

Аннотация

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Шулима О.В., Шендрик В.В., Пакштас А., Шендрик С.А.

Предложены модели функционирования гибридной энергосети с возобновляемыми источниками генерации энергии и контроллера в системе для согласования баланса между генерацией, потреблением и продажей электроэнергии, которые позволяют повысить качество контроля процесса.

Abstract

THE FUNCTIONAL MODEL OF HYBRID ENERGY SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

O. Shulyma, V. Shendryk, A. Pakstas, S. Shendryk

In an article is proposed the functionality model of the hybrid grid with renewable energy sources to generate electricity and the model of system controller to coordinate the balance between generation, consumption and sale of electricity to improve the quality of control process.