

# АНАЛІЗ ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ З ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОМ

**Хорт Б.Ю., студент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Дизель-генераторна установка (ДГ) є одним із зручних варіантів для електропостачання віддалених районів завдяки своїй компактній конструкції та високій питомій потужності. Однак на експлуатаційну вартість системи ДГ впливають профілі навантаження. У віддалених районах на профіль навантаження, впливає повсякденна діяльність, яка пов'язана з культурними та економічними умовами. Максимальна ефективність ДГ може бути досягнута, коли блок ДГ працює близько до номінальної потужності. Не рекомендується експлуатувати дизельний агрегат нижче його мінімальної потужності, зазначеної виробником. Як єдине джерело живлення, система ДГ має проблеми, такі як важке обслуговування, необхідний запас палива та висока вартість генерації. Для вирішення такого роду проблем одним із перспективних методів оптимізації є гібридна система генерації з використанням відновлюваних джерел енергії. Сучасний розвиток систем електропостачання відзначається глибокою інтеграцією відновлюваних джерел енергії. Екологічно чисті установки для виробництва електроенергії присутні на всіх рівнях напруги, починаючи від великих електростанцій і закінчуючи міні- та мікроустановками, встановленими у споживачів. Основним завданням при використанні відновлюваних джерел енергії є оптимізація складу обладнання та встановленої потужності. Фундаментальний підхід до оптимізації встановленої потужності автономних енергосистем. Підхід спрямований на мінімізацію нормованої вартості енергії (LCOE) і викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу.

**Мета роботи** полягає в аналізі оптимальних розмірів і стратегій управління гібридними фотоелектричними, дизельними і акумуляторними системами для загального зниження вартості та вирішення основних проблем таких систем.

**Матеріали та результати досліджень.** Для моделювання режимів роботи сонячних електростанцій необхідний двоетапний процес [1]. Наступний етап передбачає моделювання прямої, розсіяної, відбитої та сумарної сонячної радіації на горизонтальній поверхні. Процес моделювання використовує тандем математичних моделей Kasten/Czeplak. Модель Iqbal (1980) розраховує загальну сонячну радіацію для умов ясного неба, а потім модель Kasten/Czeplak визначає коефіцієнт ослаблення через хмарний покрив (1980). На другому етапі моделюються режими роботи фотоелектричних перетворювачів. Для моделювання режимів роботи автономних фотоелектричних систем використовуються дані за стандартний метеорологічний рік, сформовані за ретроспективними кліматичними даними. Автономні фотоелектричні системи складаються з сонячних батарей (PV), сонячних інверторів (INV<sub>s</sub>), дизель-генераторів (DG), акумуляторних інверторів (INV<sub>b</sub>), акумуляторних батарей (SB) і системи керування. Відомими параметрами системи є значення активної

потужності в її підсистемах, тобто скалярні аргументні функції  $t$ . Отже, значення степеневої функції має вигляд [2]:

$$P_S(t) = P_{PV}(t) + P_{DG}(t) - P_L(t) - \Delta P_{\Sigma}(t)$$

$$\Delta P_{\Sigma}(t) = P_{Line}(t) + P_{INV}(t) + \Delta P_{DCB}(t)$$

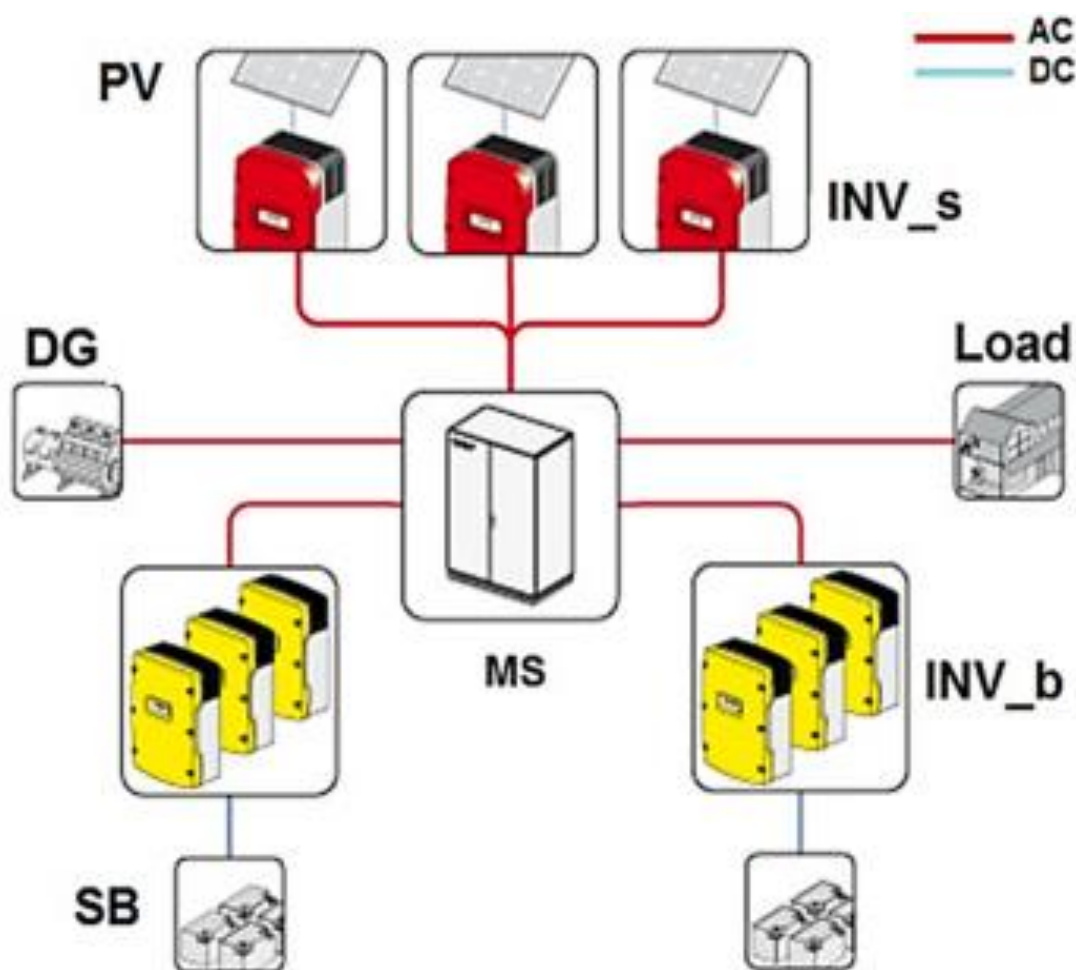


Рисунок 1 – Схема системи

Використовується модель універсальної сонячної батареї, що дозволяє моделювати режими роботи сонячних батарей у зв'язку зі зміною кліматичних показників. Можуть бути отримані такі показники: потужність, напруга, робоча температура сонячної батареї щодо змін температури навколишнього повітря та сонячного випромінювання, а також вимірювання продуктивності з урахуванням змін робочої температури батареї.

Сонячні інвертори моделюються в поєднанні з фактичним навантаженням, потужністю та коефіцієнтами ефективності. Дизель-генератори моделюються відповідно до даних швидкісної характеристики двигуна.

При вирішенні оптимізаційної задачі були задані наступні умови та обмеження. Встановлена потужність фотоелектричної системи та ємність акумуляторної батареї змінюються дискретно. Оптимальним вважається склад

обладнання, що відповідає мінімальному значенню LCOE (грн./кВт·год). Ще одна умова - кількість заміन акумуляторної батареї за весь період експлуатації. Для наведеного вище прикладу була прийнята умова, що кількість замін батарей не повинна перевищувати трьох разів (за 20 років). Отже, оптимальне рішення повинно мати мінімальне значення LCOE і не більше трьох замін батареї. Кожна опція вимагає спеціальних внутрішніх алгоритмів оптимізації для встановленої потужності сонячних і акумуляторних інверторів. Оптимальна схема підключення сонячної панелі також визначається відповідно до електричних режимів. Цей підхід базується на фундаментальних положеннях теоретичної електротехніки [3].

**Висновок.** Структурна оптимізація автономних фотоелектричних систем дуже затребувана на практичному рівні. Ведення обліку замін акумуляторних батарей є важливим завданням, оскільки воно має великий вплив на результати оптимізації в залежності від обраного типу акумуляторних батарей, їх техніко-економічних характеристик, режимів роботи та обмежень щодо обслуговування. Зазначений склад обладнання дозволяє економити до 51% дизельного палива та значно скорочує викиди шкідливих речовин. Акумуляторні батареї замінюють тричі кожні шість років, що встановлено шляхом моделювання режимів роботи акумуляторних батарей у даній фотоелектричній системі з урахуванням обмежень щодо обслуговування. Максимальна кількість циклів до відмови визначається з урахуванням мінімального локального значення стану заряду та середньорічного значення циклів заряду/розряду. Запропонована авторами модель дозволяє визначити всі необхідні показники та задати термін служби акумуляторної батареї.

#### Перелік посилань

1. Structural optimization of autonomous photovoltaic systems with storage battery replacements – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721000603>
2. Optimisation of photovoltaic–diesel–battery stand-alone systems minimising system weight - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890416303004>
3. Optimisation of size and control of grid-connected storage under real time electricity pricing conditions – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261914012616>