

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «КРИВЕШКО» ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯМ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається модернізація системи електропостачання ПП АТП «КРИВЕШКО» шляхом впровадження фотоелектричної станції, параметри якої підібрані для ефективної роботи в енергетичній системі підприємства.

Ключові слова: фотоелектрична станція, сонячна енергетика, інвертор, система електропостачання, енергоефективність.

Abstract

Examines the modernization of the power supply system of PP ATP "KRYVESHKO" through the implementation of a photovoltaic power plant, whose parameters are selected to ensure efficient operation within the enterprise's energy system.

Keywords: photovoltaic power plant, solar energy, inverter, power supply system, energy efficiency.

Вступ

Актуальність підвищення ефективності електропостачання ПП «АТП Кривешко» визначається потребою у надійному та безперебійному живленні технологічних і цілодобових споживачів. Підприємство має інфраструктуру змішаного типу, де одночасно працюють сервісні, виробничі та охоронні системи, що формує підвищені вимоги до стабільності енергопостачання.

Особливо критичним є забезпечення безперервної роботи платної стоянки, включно з системами відеоспостереження, охорони та зовнішнього освітлення, які повинні функціонувати незалежно від стану зовнішньої мережі. Будь-які перебої створюють ризики для безпеки, ведуть до втрат і порушують роботу підприємства.

Встановлення дахової фотоелектричної станції з системою накопичення енергії дозволяє зменшити залежність від центральної мережі, забезпечити автономне живлення критичних споживачів у нічний час та оптимізувати витрати на електроенергію. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії та акумуляторної системи підвищує енергетичну незалежність і надійність роботи підприємства, що робить таку модернізацію технічно та економічно доцільною.

Результати роботи

Аналіз добового енергетичного балансу ФЕС, зображеного на рис. 1, демонструє чітко виражену різницю між денним та нічним навантаженням. Основна частина енергії споживається у період роботи СТО, шиномонтажу, автомийки та офісу, де навантаження сягає 10–12 кВт. Після завершення робочого дня споживання різко зменшується до базового рівня близько 1,5–2 кВт, який формується цілодобовими охоронними, мережевими та інфраструктурними системами платної стоянки.

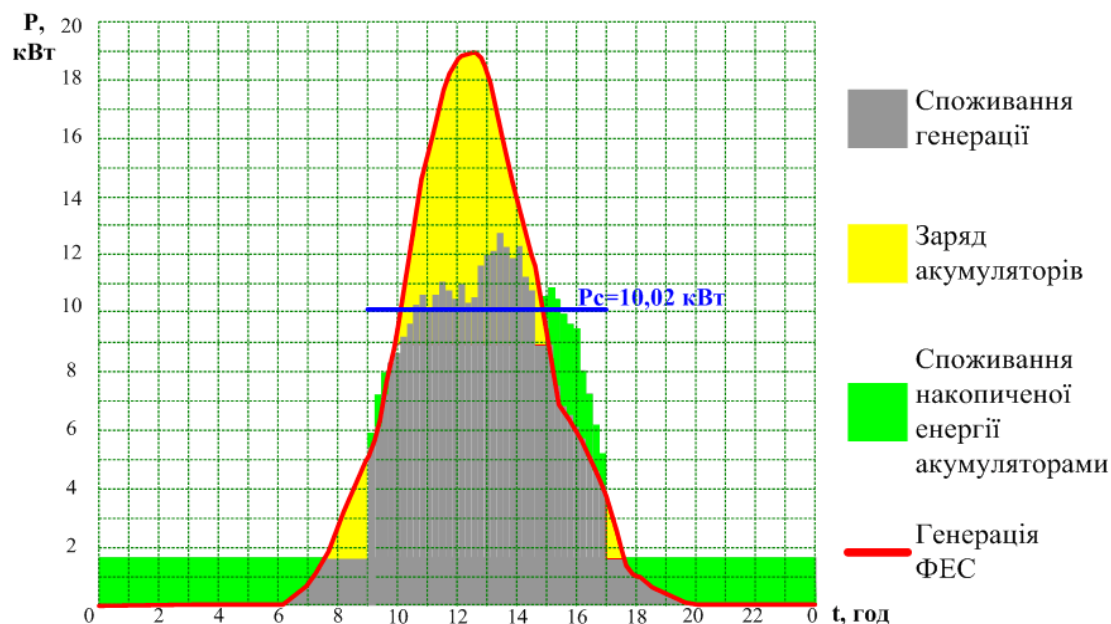
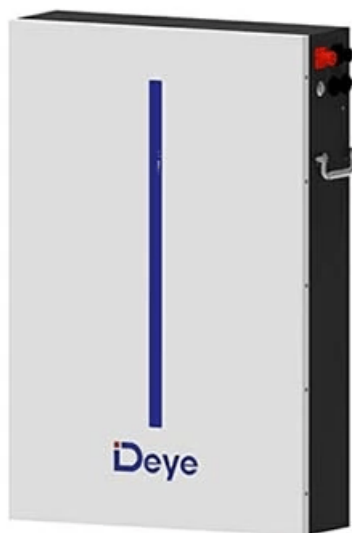


Рис. 1. Енергетичний баланс ФЕС

Генерація фотоелектричної станції має дзвоноподібну форму з максимумом у діапазоні 11:00–14:00, де потужність ФЕС досягає 18–19 кВт. У цей період станція повністю покриває споживання підприємства, а надлишкова енергія спрямовується на заряд акумуляторної батареї. Під час спаду генерації, приблизно з 15:00, починається використання накопиченої енергії, що дозволяє підтримувати живлення систем підприємства у вечірній і нічний час без залучення зовнішньої мережі.

Після зниження генерації нижче рівня навантаження підприємство переходить на використання накопиченої енергії, що показано зеленою областю. Акумуляторна система покриває нічні потреби та ранкові години до моменту, коли ФЕС знову виходить на робочий режим. Така взаємодія генерації та накопичення забезпечує повне енергозабезпечення підприємства у вечірній та нічний період без залучення зовнішньої мережі.

В якості АКБ вибираємо Deye RW-M6.1, LiFePO4. Це сучасна система зберігання енергії для фотоелектричної станції. Акумулятор Deye RW-M6.1, LiFePO4, яка має ємність 6,14 кВт·год, з яких використовується 5,53 кВт·год. Ціна за одиницю 75 000 грн. а характеристики наведені на рис. 2.



Головні параметри

Тип акумулятора		LiFePO4
Місткість модуля (А*год)		120
Масштабованість		Макс. 32 шт. паралельно (196 кВт*год)
Номінальна напруга системи (В)		51.2
Робоча напруга системи (В)		43.2~57.6
Енергія системи (кВт*год)		6.14
Корисна енергія системи (кВт*год) ¹		5.53
Струм заряду/ розряду (А)	Рекомендований ²	60
	Максимальний ²	100
	Піковий (2 хв, 25°C)	150

Рис. 2. Характеристика Deye RW-M6.1, LiFePO4

Для акумуляторної батареї Deye RW-M6.1 корисний об'єм накопиченої енергії становить 5,53 кВт·год. Для забезпечення потреб підприємства встановлюється чотири такі модулі, з'єднані паралельно. Сукупна ємність системи накопичення дорівнює $5,53 \times 4 = 22,12$ кВт·год.

Вибір саме такої кількості акумуляторів є технічно обґрунтованим, оскільки відповідає результатам аналізу добового енергетичного балансу ФЕС, наведеного на рисунку 3.9. З графіка видно, що сумарна кількість енергії, яку потрібно накопичити вдень, а також обсяг нічного споживання у період відсутності генерації, становлять в межах 20–21 кВт·год. Таким чином, загальна ємність акумуляторної системи є достатньою для повного покриття нічного навантаження підприємства.

Розроблена для ПП «АТП Кривешко» сонячна електростанція базується на автономній конфігурації з використанням гібридного інвертора, що дозволяє врахувати особливості добового графіка електроспоживання підприємства. Робота ФЕС організована таким чином, щоб максимально співпадати з періодами інтенсивної генерації та забезпечувати накопичення енергії для покриття нічного навантаження.

Система включає 51 фотомодуль потужністю 540 Вт, об'єднаних у три стрінги по 17 панелей. Сумарна встановлена потужність становить 27,54 кВт. Панелі розміщено на даху будівлі з орієнтацією на південь, що забезпечує стабільну генерацію в період з 08:00 до 17:00. Добовий графік енергобалансу (рисунок 3.98) демонструє, що саме у цей проміжок часу формується практично весь добовий виробіток ФЕС та покривається значна частина виробничих навантажень.

У денні години генерація фотоелектричної станції перевищує поточне споживання, що призводить до появи надлишкової енергії. Цей надлишок акумулюється у системі накопичення, що складається з чотирьох батарей Deye RW-M6.1 із сумарною корисною ємністю 22,12 кВт·год. Аналіз графіка енергобалансу підтверджує, що денний профіцит генерації становить близько 20–21 кВт·год, що цілком відповідає місткості встановленої АКБ і забезпечує повне покриття нічного електроспоживання.

У вечірній та нічний час акумульована енергія використовується для живлення критичних та цілодобових навантажень підприємства: систем відеоспостереження та охорони, мережевого обладнання, серверного обладнання, а також чергового освітлення території платної стоянки. Такий підхід гарантує безперервність роботи ключових систем навіть за відсутності генерації ФЕС.

Ключовим елементом системи є трифазний гібридний інвертор Deye SUN-20K-SG01HP3-EU-AM2 потужністю 20 кВт. Він забезпечує перетворення та розподіл енергії, керує зарядом і розрядом акумуляторів та підтримує стабільність живлення споживачів. Використання гібридного інвертора також створює можливість подальшої інтеграції з електромережею або розширення ФЕС без ґрунтовних змін у конфігурації системи.

Таким чином, запропонована ФЕС забезпечує підприємству суттєве зниження споживання електроенергії з мережі в денний час, повне покриття нічних навантажень за рахунок акумуляторної системи, а також підвищує енергетичну автономність підприємства. Результати аналізу добового графіка енергобалансу підтверджують ефективність обраної конфігурації та її відповідність режиму роботи ПП «АТП Кривешко».

Висновки

У ході дослідження встановлено що впровадження сучасних технологій у сфері енергозабезпечення зокрема використання відновлюваних джерел енергії таких як сонячні панелі а також застосування інтелектуальних систем керування типу Smart Grid і комплексу заходів підвищення енергоефективності дозволяє суттєво зменшити витрати на електроенергію оптимізувати режим споживання та мінімізувати екологічне навантаження. Особливо важливим чинником для підприємств із безперервним циклом роботи є наявність систем гарантованого електроживлення які підвищують рівень енергетичної незалежності знижують імовірність втрат через аварійні відключення у зовнішній мережі та забезпечують загальну стабільність функціонування технологічного обладнання.

Під час аналізу інверторних систем для ФЕС встановлено що вибір відповідного інвертора є

ключовою умовою забезпечення ефективної роботи фотоелектричної станції. Саме інвертор здійснює перетворення постійного струму від фотомодулів у змінний струм необхідний для живлення побутових та промислових споживачів. Його конструктивний тип номінальна потужність якості схемотехнічного виконання та здатність адаптуватися до нестабільних умов роботи таких як часткове затінення або різний рівень генерації окремих панелей безпосередньо впливають на стабільність електропостачання величину корисного виробітку та загальну надійність функціонування ФЕС упродовж усього експлуатаційного періоду.

Визначено оптимальне розташування фотомодулів на даху будівлі підприємства з орієнтацією на південь та використанням існуючого конструктивного нахилу покрівлі. Такий підхід дозволив мінімізувати затінення та забезпечити максимальну ефективність роботи ФЕС у світлий період доби.

На основі моделювання у PVWatts визначено прогнозований річний виробіток ФЕС та виконано аналіз добового енергетичного балансу, який підтвердив здатність системи забезпечувати денне навантаження підприємства та повністю покривати нічне споживання за рахунок чотирьох акумуляторних модулів Deye RW-M6.1 сумарною корисною ємністю 22,12 кВт·год.

Таким чином, спроектована ФЕС забезпечує підприємству повне покриття добового електроспоживання, включно з денними виробничими навантаженнями та автономним живленням критичних споживачів у нічний період за рахунок системи накопичення енергії. Реалізована конфігурація підвищує енергетичну незалежність підприємства, мінімізує залежність від зовнішньої електромережі та гарантує стабільну роботу обладнання навіть за умов аварійних відключень. Запропонована система є технічно гнучкою, масштабованою та придатною до подальшої модернізації відповідно до потреб ПП «АТП Кривешко».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
2. Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Ковальчук О. А. Ефективність сонячних електростанцій у розподілених електричних мережах / Збірник наукових праць Інституту енергетики НАН України. – Київ, 2021. – С. 72–84.
3. Гуменюк С. І., Теслюк В. М. Основи проектування сонячних електростанцій / Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 320 с.

Дмитрик Сергій Олександрович – студент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету, гр. ЕМ-24м, м. Вінниця, e-mail: sdmytryk8@gmail.com.

Бурбело Михайло Йосипович – професор, завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: burbelom@ukr.net.

Dmytryk Serhii – student of the Department of Electrical Engineering Systems of Power Consumption and Energy Management of the Vinnytsia National Technical University, gr. EM-24m, Vinnytsia, e-mail: sdmytryk8@gmail.com.

Mykhailo Yosypovych Burbelo – professor, head of the department of electrical engineering systems of electricity consumption and energy management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: burbelom@ukr.net.