**ГІБРИДНА Cистема гарячого водопостачання та генерації електричної енергії з використанням гібридних сонячних модулів на промисловому підприЄмстві**

**HYBRID SYSTEM FOR HOT WATER SUPPLY AND ELECTRICITY GENERATION USING PHOTOVOLTAIC-THERMAL MODULES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

Науковий керівник: доктор філософії, в.о. завідувача кафедри
теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
Марисюк Богдан Олександрович

Магістр Батанов Андрій Андрійович

Supervisor: Ph. D., Acting Head of the Department of
Theoretical General and Nonconventional Power Engineering

Marysiuk Bohdan

Master Batanov Andrii

**Анотація:** У роботі розглянуто можливість застосування гібридних сонячних модулів (PVT), які одночасно генерують електричну та теплову енергію, для потреб промислового підприємства. Показано, що впровадження таких систем дозволяє підвищити ефективність енергозабезпечення, зменшити навантаження на мережу, скоротити витрати на енергоресурси та знизити викиди CO₂.

**Ключові слова:** сонячні модулі, гібридна система, PVT-технології, гаряче водопостачання.

**Annotation:** This study examines the application of hybrid photovoltaic-thermal (PVT) modules, capable of simultaneously generating electrical and thermal energy, for the needs of an industrial enterprise. The integration of such systems improves energy supply efficiency, reduces grid load, cuts energy costs, and lowers CO₂ emissions.

**Keywords:** solar modules, hybrid system, PVT technology, hot water supply.

У сучасних умовах зростання цін на енергоносії та необхідності декарбонізації економіки актуальним є пошук ефективних та стійких джерел енергії для промислових підприємств. Зокрема, перспективним є застосування гібридних сонячних модулів (PVT – photovoltaic thermal) [1], що поєднують фотоелектричні елементи та теплові сонячні колектори.

Основною перевагою таких систем є можливість одночасного виробництва електричної та теплової енергії з тієї самої поверхні. У результаті зменшується загальна площа установки, підвищується коефіцієнт корисної дії, знижується перегрів фотоелементів, що в літній період може сягати понад 80°C і зменшувати ефективність до 30%. Системи охолодження у PVT модулях стабілізують робочу температуру на рівні 40–50°C, що дозволяє підвищити річну ефективність генерації електроенергії до 15%.

Типова система для промислового об’єкта складається з:

1. Гібридних сонячних модулів [2], (наприклад, POWERVOLT W 200/500 – співвідношення теплова/електрична енергія 2,5:1 або POWERTHERM M 180/750 – 4:1).

2. Інвертора (мережевий або гібридний).

3. Накопичувального бака для гарячої води.

4. Циркуляційного насоса та контролера.

Згідно з даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України [2], впровадження таких систем дозволяє досягти мінімального терміну служби в 25 років, а також терміну окупності – 2,5–3 роки в залежності від конфігурації та умов споживання. У літній період основне навантаження лягає на виробництво теплової енергії, у зимовий – на електричну, що відповідає сезонним потребам підприємства.

Кліматичні умови України, з інсоляцією 1150–1550 кВт·год/м² влітку та 860–1160 кВт·год/м² взимку, забезпечують стабільну роботу систем протягом року [3].

Світовий досвід експлуатації геліосистем свідчить про високу ефективність та перспективність застосування PVT-технологій (фотоелектрично-теплових систем) у промислових об'єктах. Це обумовлено здатністю таких систем одночасно забезпечувати електропостачання та гаряче водопостачання з урахуванням енергонавантаження, сезонних коливань, а також потреби в охолодженні фотоелементів для підвищення їхньої продуктивності.

Запропонована система може повністю забезпечувати потреби підприємства в гарячій воді та частково в електроенергії, знижуючи викиди CO₂ і витрати на енергоносії.

**Список літератури**

**1. Solar Heat Worldwide Annual Report, IEA SHC, 2022.**

**2. Матях С.В., Рєзцов В.Ф., Суржик Т.В. Перспективи застосування гібридних сонячних панелей // Матеріали XXІІІ МНПК «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті», 2022. — С. 113–115.**

**3. Бойко В.С. Альтернативні джерела енергії. — Київ: Наукова думка, 2020. — 280 с.**