

УДК 621.763

**РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ,
ЯКІ СЛІДКУЮТЬ ЗА СОНЦЕМ**

***В. Боярчук к.т.н., В. Сиротюк, к.т.н., С. Сиротюк, к.т.н.,
В. Гальчак, к.ф.-м.н.***

Львівський національний аграрний університет

Б. Болтянський, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Ключові слова:вимірювальний стенд, фотоелектрична установка, сонячна слідкуюча система, апаратно-програмне забезпечення.

Приведено методику вимірювання та апаратно-програмне забезпечення для порівняльного дослідження сонячних фотоелектричних установок з стаціонарним та поворотним слідкуючим модулями з використанням віртуальних приладів.

Постановка проблеми. Сезонна на добова нерівномірність надходження сонячної енергії, викликана сонцем та, особливо, добовим ходом Сонця на небосхилі й погодними умовами, створює труднощі використання енергії Сонця фотоелектричною панеллю.

В автономних системах фотоелектричного перетворення променистої енергії Сонця на електричну гостро стоїть питання оптимізації режимів роботи та взаємного узгодження структурних елементів. Для ефективного сприйняття сонячної енергії фотоелектричною панеллю домінуюче значення має її орієнтація в просторі. Це забезпечить мінімальне відхилення кута падіння сонячних променів до нормаліфотоелектричної панелі протягом року та світлового періоду доби.

Одним із найефективніших методів підвищення електричної продуктивності є застосування пристроїв, які слідкують за Сонцем. Характерні кути освітлення доволіно орієнтованого фотоелектричного модуля подано на рис. 1.

Серед найбільш уживаних систем орієнтації сприймальної поверхні можна виділити такі: неперервно-слідкуючі з давачами положення Сонця та неперервно- або дискретно-слідкуючі з програмним управлінням. Крім того, за положенням осі повороту вони можуть бути виконані одноосьовими або двохосьовими. Причому положення осі повороту використовується як

вертикальне, так і похиле, коли вісь обертання є перпендикулярною до площини обертання Сонця. У двохосьових системах, як правило, застосовується похила вісь обертання, положення якої змінюється залежно від періоду року.

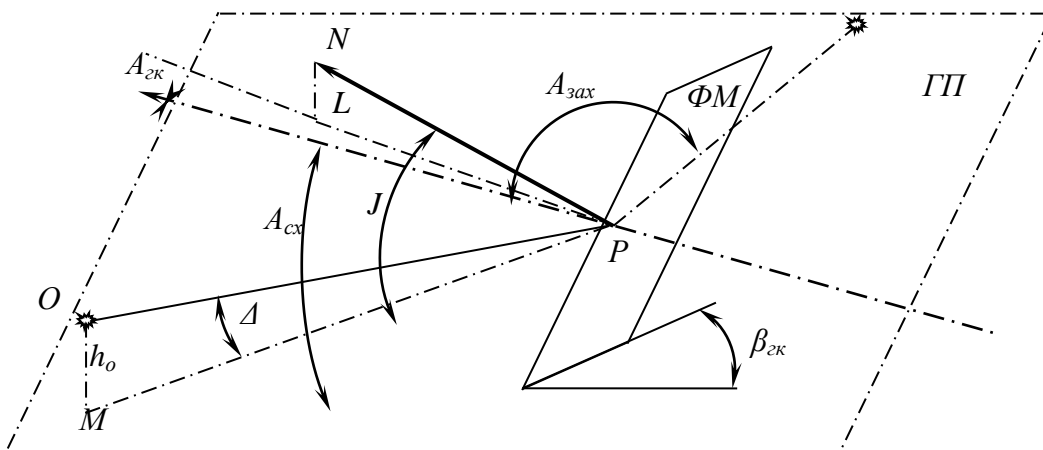


Рис. 1. Характерні кути освітлення похилого фотомодуля :

ГП – горизонтальна поверхня; ФМ – фотомодуль; PN – нормаль до площини фотомодуля; PL – проекція нормалі N на горизонтальну поверхню; OP – сонячний промінь; MP – проекція сонячного променя на горизонтальну поверхню; $\beta_{гк}$ – кут нахилу площини фотомодуля; A – азимут Сонця; $A_{гк}$ – азимут фотомодуля; $A_{сх}$ – азимут сходу Сонця; $A_{зах}$ – азимут заходу Сонця; h_o – висота Сонця; J – просторовий кут між сонячним променем і нормаллю до фотомодуля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з розвитком силової електроніки та електроприводів усе частіше у фотоелектричних установках використовують поворотні пристрої, які забезпечують збільшення їх продуктивності, за різними джерелами, від 25 до 47 % [1-4]. У Львівському НАУ ведуться розробка й дослідження ефективності застосування поворотних пристроїв у фотоелектричних установках. Зокрема, використовуються пристрої з вертикально- та похило-поворотними одноосьовими установками. Так, за результатами добового аналізу електричної продуктивності, було зафіксовано збільшення ефективності на 39,5 і 38,7% як для вертикально-осьової, так і для похило-осьової установок відповідно [5].

Постановка завдання. Наше завдання – розробити методику вимірювання і на її основі програмно-апаратні засоби реалізації лабораторного вимірювального стенда для порівняльних досліджень

експлуатаційних характеристик стаціонарного і слідкуючого за Сонцем фотоелектричних модулів.

Виклад основного матеріалу. Для виконання тривалих добових та річних досліджень ефективності застосування поворотних пристроїв у фотоелектричних установках необхідно забезпечити неперервну реєстрацію даних. Нами здійснено розробку експериментального стенда на базі віртуальних приладів.

На сьогодні для проведення порівняльних досліджень змонтовано систему зі стаціонарною та похило-поворотною фотоелектричними панелями (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної фотоелектричної системи.

Апаратною основою вимірювальної частини стенда є виносний пристрій вводу/виводу інформаційних сигналів типу USB6008 фірми National Instruments, що здійснює зв'язок з ПК за допомогою інтерфейсу USB. Він має функції вводу/виводу аналогових і дискретних сигналів з можливістю використання широкої номенклатури віртуальних приладів управління, обробки, збереження інформації та формування цифрових і текстових файлів даних. Пристрій має резидентний програмований підсилювач аналогових сигналів, аналоговий мультиплексер і 12-розрядний аналогово-цифровий перетворювач.

Застосування пристрою USB6008 дає змогу здійснювати чотириканальний ввід аналогових сигналів за диференціальною схемою

приєднання датчиків або восьмиканальний – за схемою приєднання зі спільною точкою, приєднаною до аналогової "землі" та 12 каналів дискретного вводу/виводу з програмним налаштуванням кожного каналу на ввід або вивід.

Програмна частина вимірювального комплексу являє собою програмне середовище LabVIEW з алгоритмічною мовою графічного програмування G-програмування. Ввід/вивід сигналів забезпечує драйвер DAQmx фірми National Instruments [6-9].

На фронтальній панелі віртуальних приладів, що являє собою екранний інтерфейс, встановлюються прилади відображення інформації та управління процесом вимірювання, а на блок-діаграмі, що являє собою програмну частину системи, відображено необхідний набір віртуальних приладів (ВП) та здійснено з'єднання їх у вимірювальну систему, яка забезпечує необхідні функції.

Відповідно до специфікації функцій розробленого стенда вхідними сигналами, що надходять до вимірювальної системи, є:

- сигнал від піранометра, який відображає рівень сонячного опромінення фотоелектричних панелей;
- сигнали від трьох термопар, які вимірюють температури: поворотної і неповоротної фотоелектричних панелей та холодних кінців термопар;
- параметри електричної продуктивності фотопанелей (струм та напруга);
- параметри споживання енергії приводу поворотного пристрою (струм і напруга).

Температура холодних кінців термопар вимірюється терморезистором, увімкненим у мостову схему із живленням від стабілізованої напруги блоку USB6008. Для узгодження вихідних сигналів термопар та піранометра з вхідними АЦП та покращання співвідношення "сигнал–шум" використано підсилювач, виконаний на базі операційних підсилювачів А1, виконаних за схемою, поданою на рис. 3.

Вимірювання електричного струму здійснюється з використанням шунта $R_{ш}$, увімкненого в коло живлення відповідного засобу, а напруги – з використанням резистивних подільників напруги R_1 і R_2 , виконаних за схемою, поданою на рис. 4.

Обидва модулі навантажені на однаковий активний опір R_n , який відповідає максимальному значенню потужності досліджуваних фотоелектричних модулів.

Вимірювання кількості електричної енергії здійснюється сумуванням добутків напруги на відповідних затискачах на відповідний йому струм програмним способом.

Загальний вигляд розробленого блоку погодження та збору даних показано на рис. 5.

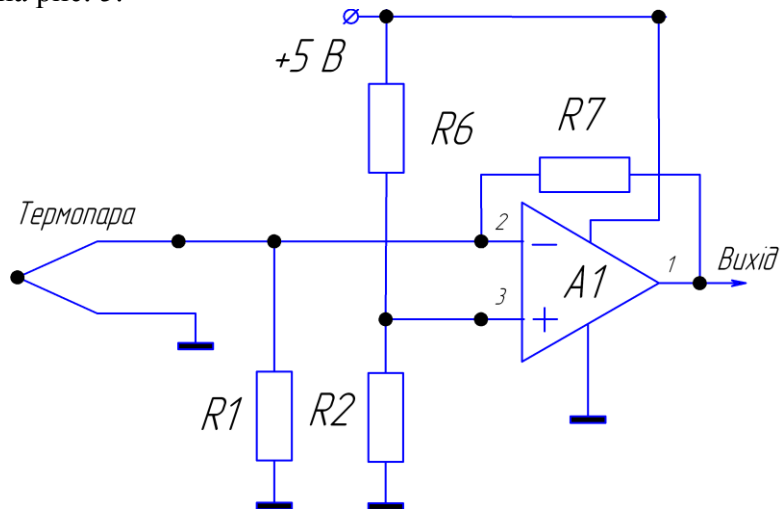


Рис. 3. Схема підсилювача сигналу термопари.

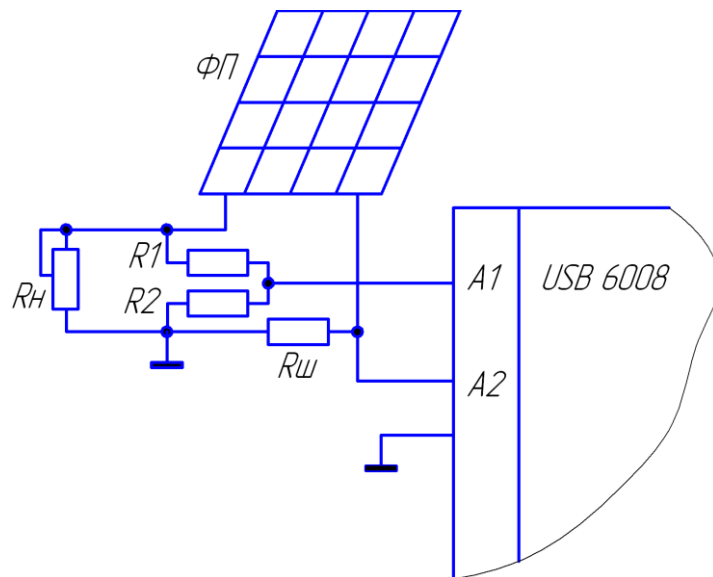


Рис. 4. Фрагмент принципової електричної схеми вимірювання напруги і струму у силовому колі фотоелектричного модуля.

На екранному інтерфейсі подано фрагмент фронтальної панелі віртуальної системи вимірювального стенда (рис. 6). Фрагмент блок-діаграми (програмний код системи) подано на рис. 7.

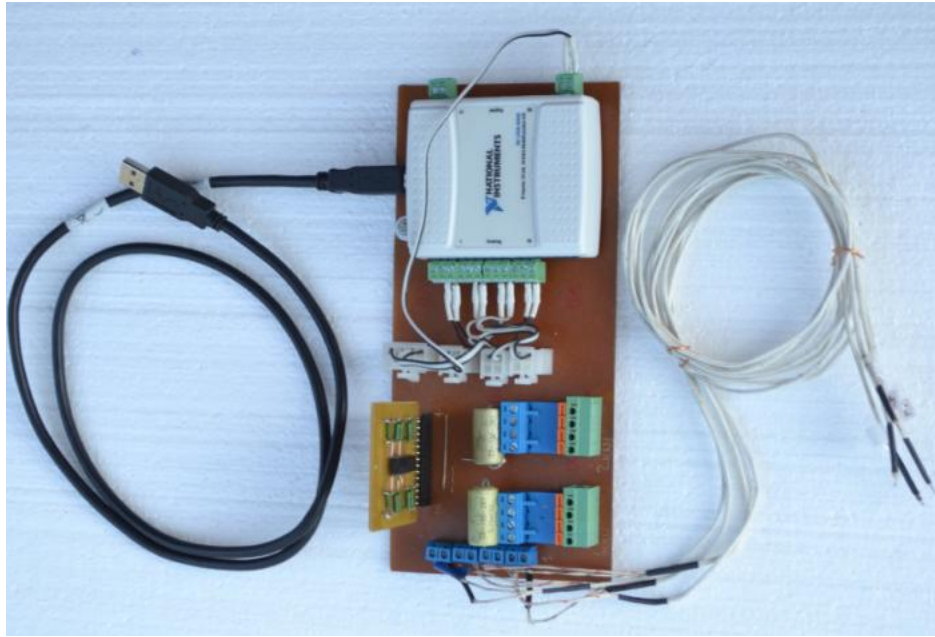


Рис. 5. Загальний вигляд блоку погодження та збору даних:
 1-блок вводу/виводу даних USB6008; 2-кабель USB; 3-термопар; 4-плата підсилювачів
 сигналів термопар; 5-термінали приєднання провідників вхідних сигналів; 6-крос-плата.

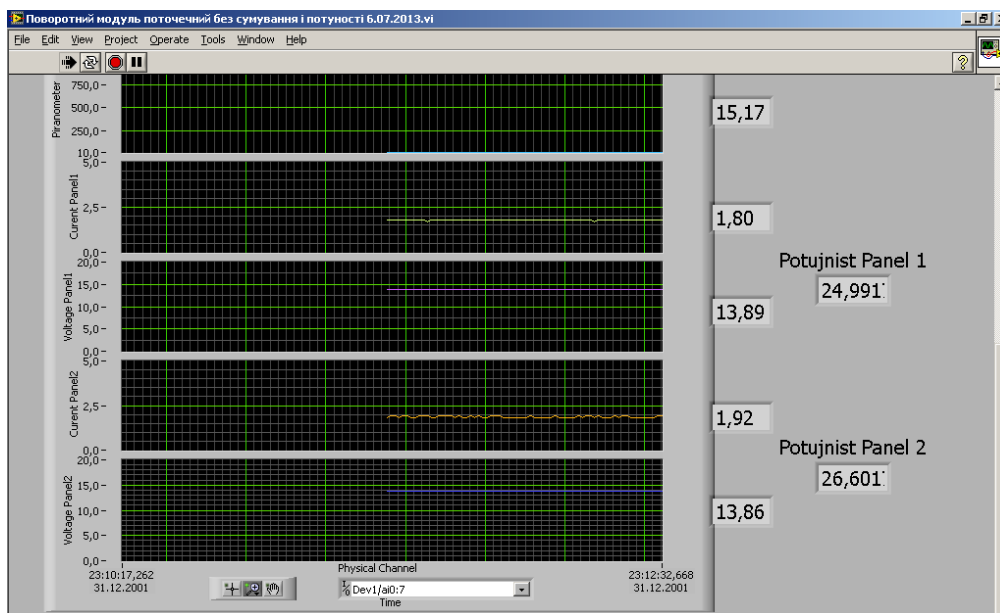


Рис. 6. Фронтальна панель віртуальної системи вимірювального стенда.

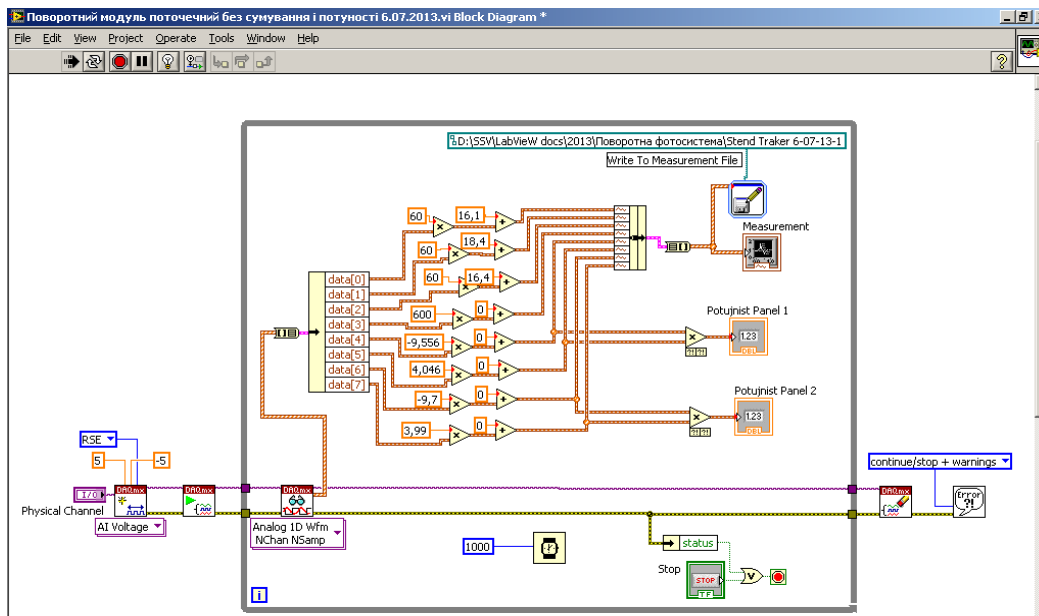


Рис. 7. Програмний код перетворення, візуалізації формування файлів отриманих даних.

Висновки. Розроблювана вимірювальна система забезпечує в автоматичному режимі здійснення візуалізації реалізацій вимірюваних параметрів двох досліджуваних фотоелектричних модулів, функціонального перетворення (обробку даних) у реальному часі та формування бази даних. На основі отриманих даних здійснюється порівняльний аналіз експлуатаційної ефективності стаціонарного та слідкувального модулів. Використання віртуальних приладів забезпечує суттєве зменшення капіталовкладень у розробку експериментального стенда й підвищення точності вимірювання.

Бібліографічний список

1. Gevorkian P. Alternativeenergysystems inbuildingdesign / P. Gevorkian. – New York : McGraw-Hill, 2010. – 522 p.
2. Gavin D.J. Harper. Solar Energy Projects for the Evil Genius / Gavin D. J. Harper – New York: McGraw Hill, 2007. – 196p.
3. Home Power Magazine. 2007. – Oct. – P. 27.
4. Mukund R. Patel. Wind and Solar Power System / R. Mukund. – New York : CRC Press, 1999. – 350p.
5. Підвищення електричної продуктивності сонячної фотоелектричної панелі / В. Боярчу, В. Гальчак, В. Сиротюк, [та ін.] // Вісник Львівського

національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – 2008.– № 12, т. 2. – С. 507-511.

6. LabVIEW для всех / ДжеффриТревис : пер. с англ. Н. А. Клушин - М. : ДМК Пресс ; ПриборКомплект, 2005. - 544 с.

7. Евдокимов Ю. К. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора: практическое руководство для работы в программной среде LabView / Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г. И. П. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

8. Суранов А. Я. LabView 8.20 : справочник по функциям / А. Я. Суранов – М. : ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

9. Использование виртуальных инструментов LabVIEW / Жарков Ф. Д., Каратаев В. В., Никифоров В. Ф., Панов В. С. ; под ред. К. С. Демирчяна и В. Г. Миронова. – М. : Радио и связь, 1999. – 268 с.

**Bojarchuk V., Syrotyuk V., Syrotyuk S., Halchak V., Boltjanskyj B.
Development of experimental model for the study of the effectiveness of solar tracking devices**

Present methods of measurement and the hardware and software for comparative studies of solar photovoltaic systems for fixed and tracking modules using virtual instruments.

Keywords: measuringstand, photovoltaicsystems, solartrackingsystem, hardwareandsoftware.

**Боярчук В., Сиротюк В., Сиротюк С., Гальчак В., Болтянский Б.
Разработка экспериментального стенда для исследования эффективности применения следящих за солнцем устройств**

Приведена методика измерения и аппаратно-программное обеспечение для сравнительного исследования солнечных фотоэлектрических установок со стационарным и поворотным следящим модулями с использованием виртуальных приборов.

Ключевые слова: измерительный стенд, фотоэлектрическая установка, солнечная следящая система, аппаратно-программное обеспечение.