



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123750** (13) **C2**  
(51) МПК (2021.01)

**G01N 21/00**

**G01N 21/63** (2006.01)

**G01N 21/88** (2006.01)

**G01R 31/26** (2020.01)

**G01R 31/36** (2020.01)

**H01L 21/66** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2019 06311</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>06.06.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>27.05.2021</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>25.11.2019, Бюл.№ 22</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>26.05.2021, Бюл.№ 21</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Гжещик Конрад (PL), Кочан Володимир Володимирович (UA), Саченко Анатолій Олексійович (UA), Осолінський Олександр Романович (UA), Кочан Орест Володимирович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>Кочан Володимир Володимирович, вул. Львівська, 7, кв. 3, м. Тернопіль, 46020 (UA), Саченко Анатолій Олексійович, вул. Загребельна, 42-а, м. Тернопіль, 46027 (UA), Осолінський Олександр Романович, с. Стриївка, Збаразький р-н, Тернопільська обл., 47371 (UA), Кочан Орест Володимирович, вул. Наукова, 57/133, м. Львів, 79071 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 96676 U, 10.02.2015 RU 2565331 C2, 20.10.2015 WO 2014181388 A1, 13.11.2014 CN 106952260 A, 14.07.2017 CN 101487802 A, 22.07.2009 CN 105118793 A 02.12.2015 CN 203011850 U, 19.06.2013 CN 201803957 U, 20.04.2011 CN 103258206 A, 21.08.2013 CN 203606302 U, 21.05.2014 JP 2007078404 A, 29.03.2007 JP 2016205910 A, 08.12.2016</p>
--	---

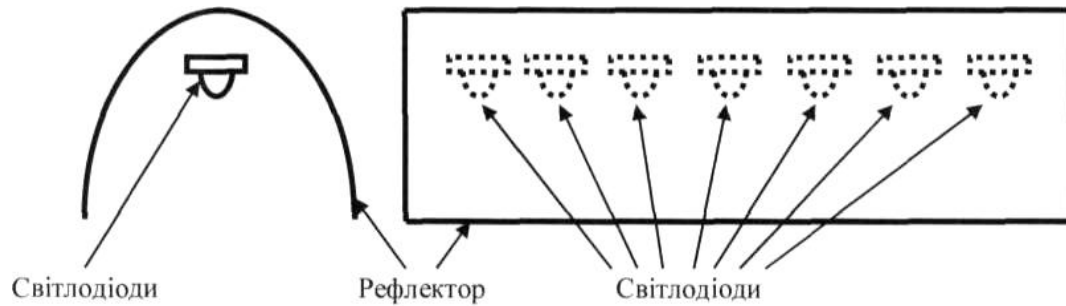
**(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ДЕФЕКТІВ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ ПАНЕЛЕЙ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ**

**(57) Реферат:**

Спосіб виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей належить до способів та засобів їх поточного контролю наявності дефектів (тестування), які виникають при їх транспортуванні та зберіганні на складі. Він передбачає поєднання методів оптичного розпізнавання основних транспортних дефектів (тріщин, вм'ятин, сколів, подряпин,

UA 123750 C2

плям) та оцінки впливу цих дефектів на енергетичну ефективність панелей. Спочатку, шляхом комп'ютерного опрацювання отриманого зображення цілої панелі, виявляють панелі з дефектами, на яких виявляють області, де розміщені дефекти. Потім виводять на екран зображення панелі з відзначеними виявленими областями дефектів та сканують ці області за допомогою ручного сканера, що створює на панелі вузьку світлову смужку. Про вплив дефектів на енергетичну ефективність панелі судять по відносній зміні вихідної потужності панелі під дією скануючої смужки світла, яку визначають шляхом вимірювання спаду напруги на близькому до номінального опорі навантаження панелі. Може бути використаний при монтажі сонячних електростанцій.



Фіг. 3

Винахід належить до способів поточного контролю наявності дефектів (тестування) енергогенеруючих панелей сонячних батарей, які виникають при їх транспортуванні та зберіганні на складі.

Відомо, що фірми, які випускають енергогенеруючі панелі сонячних батарей, проводять 100 %-ний контроль параметрів їх ефективності [1-4]. Однак під час транспорту та зберігання на складі часом виникають дефекти, які можуть суттєво вплинути на працездатність або енергетичну ефективність панелей сонячних батарей. Заміна енергогенеруючих панелей сонячних батарей, які вже вбудовані у сонячну електростанцію, трудомістка та часто викликає появу дефектів інших енергогенеруючих панелей сонячних батарей. Але дублювання технології контролю параметрів ефективності енергогенеруючих панелей сонячних батарей, яку використовують фірми-виробники, значно надлишкове. Під час транспорту та зберігання на складі виникають специфічні дефекти, притаманні саме цим причинам - тріщини, вм'ятини, сколи, подряпини, плями. Перші дві причини найчастіше викликають повну непрацездатність енергогенеруючих панелей сонячних батарей. Але наступні дефекти не обов'язково викликають їх повну непрацездатність. Найчастіше такі дефекти можуть викликати зниження їх енергетичної ефективності. Тому, перед монтажем енергогенеруючих панелей сонячних батарей, доцільно провести їх тестування з метою поділу на чотири групи: А) повністю придатні енергогенеруючі панелі сонячних батарей; Б) панелі з незначними дефектами, які викликають прийнятне зменшення енергетичної ефективності; В) панелі із значними дефектами, які викликають неприйнятне зменшення енергетичної ефективності; Г) несправні енергогенеруючі панелі сонячних батарей.

Відбракувати енергогенеруючі панелі сонячних батарей до групи Г доволі просто: якщо при нормальному освітленні складу (або приміщення, де проводять тестування) на виході немає напруги або при підключенні до панелі навантаження, близького до номінального, різко зменшується напруга на її виході (напруга стає близькою до нуля), то панель несправна.

Однак віднесення даної панелі до інших груп вимагає проведення глибших досліджень. Але дублювати методику та обладнання, які використовуються фірмами-виробниками при випуску з виробництва [1-4], недоцільно. Відповідно до цієї методики кожен енергогенеруючу панель сонячних батарей поміщають у темну камеру та сканують променем світла. При цьому конфігурація світлової плями на панелі вибирається близькою до конфігурації енергогенеруючих елементів енергогенеруючої панелі сонячної батареї. За реакцією панелі (вихідною генерованою потужністю) можна виявити всі її дефекти, які виникають при виробництві, транспортуванні тощо. Але такі дослідження явно надлишкові, адже вони вже були проведені при випуску та дали позитивний результат. Для виявлення дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей, які виникають внаслідок їх транспортування та зберігання на складі (скоріше завантаження та розвантаження) достатніми є простіші дослідження.

Найпростішими у використанні є оптичні методи [5]. Частину транспортних дефектів можна виявити візуально. Але такий контроль є надто суб'єктивним. Тому доцільно використати способи комп'ютерного розпізнавання зображень. Необхідне для реалізації такого способу обладнання - веб-камера та ноутбук - на сьогодні не є ані дефіцитним, ані надто дорогим обладнанням.

Для виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей можна використати методи опрацювання зображень, які використовуються у системах технічного зору [5]. У таких системах дуже часто використовують способи розпізнавання, що базуються на порівнянні поточного зображення з еталонним [2]. У даному випадку ці способи не забезпечать ефективне виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей через те, що ці дефекти мають не лише різні розміри, а і різну форму. Тому пряме порівняння зображень, навіть при їх масштабуванні, не виявить більшість дефектів.

Значно кращу ефективність забезпечують способи, що базуються на машинному навчанні. У [6] було проаналізовано 23 способи класифікації та розпізнавання зображень та сигналів інших типів сенсорів, які теж зводяться до розпізнавання (pattern recognition). Було визнано, що найкращі результати забезпечує використання штучних нейронних мереж [7, 8]. Останнім часом для розпізнавання зображень, зокрема, для ідентифікації людей за зображенням їх обличчя, використовуються нейронні мережі глибокого навчання [9], які забезпечують доволі високу імовірність розпізнавання виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей.

Слід відзначити, що достовірність розпізнавання в загальному (зокрема, також з використанням штучних нейронних мереж) значно підвищується для зображень з високою контрастністю. Для підвищення контрастності зображення перед розпізнаванням та збільшення

відношення сигнал/шум часто використовують спосіб Канні (J. Canny) [10] та подібні до нього способи (Робертса, Собеля, Превіта, Кірчша, Робінсона) [11]. Добрі результати дає нелінійне підсилення числового значення контрасту для ділянки зображення дефекту [12].

5 Але, слід відзначити, що, хоча оптичні методи виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей можуть виявити практично всі транспортні дефекти, вони не забезпечують високу достовірність віднесення (класифікації) їх до згаданих груп А-В. Тому їх доцільно доповнити такими дослідженнями, які дають можливість класифікувати окремі дефекти з високою достовірністю. При цьому не доцільно копіювати описану вище технологію контролю параметрів ефективності енергогенеруючих панелей сонячних батарей, яку використовують фірми-виробники. Тестування транспортних дефектів необхідно проводити в умовах складу, з якого панелі сонячних батарей видаються безпосередньо на монтаж. При цьому не повинно бути значної затримки у їх видачі (зокрема, повністю справних батарей, група А).

15 Такі дослідження зменшення енергетичної ефективності панелі, що мають низькі вимоги до необхідного обладнання та малу трудомісткість, можна реалізувати на базі відносних вимірювань [13].

В основу винаходу поставлена задача створення способу виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей, який має низькі вимоги до необхідного обладнання, малу трудомісткість та тривалість виявлення дефектів, але забезпечує високу достовірність оцінки впливу виявленого дефекту на енергетичну ефективність панелі.

20 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей, що передбачає поєднання методів оптичного розпізнавання основних транспортних дефектів (тріщин, вм'ятин, сколів, подряпин, плям) та оцінки впливу цих дефектів на енергетичну ефективність панелей. Спочатку, шляхом комп'ютерного опрацювання отриманого зображення цілої панелі, виявляють панелі з дефектами, на яких виділяють області, де розміщені дефекти, потім виводять на екран зображення панелі з відзначеними виявленими областями дефектів та сканують ці області за допомогою ручного сканера, що створює на панелі вузьку світлову смужку, а про вплив дефектів на енергетичну ефективність панелі судять по відносній зміні вихідної потужності панелі під дією скануючої смужки світла, яку визначають шляхом вимірювання спаду напруги на близькому до номінального опору навантаження панелі.

Спосіб виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей відрізняється тим, що перед визначенням втрати енергетичної ефективності панелі в області виявлених дефектів проводять налаштування вимірювального каналу, для чого спочатку визначають рівень вихідної напруги панелі, що відповідає поточному фоновому освітленню у приміщенні, де проводиться контроль виявлених дефектів, і приймають цей рівень за нуль відсотків, сканування панелі починають дещо перед дефектом і приймають близький до стабільного рівень вихідної напруги панелі за сто відсотків, а потім, при скануванні дефекту, приводять (масштабують) зміни рівня вихідної напруги панелі до отриманого діапазону від нуля до ста відсотків і, за приведеними результатами, визначають максимальну та інтегральну втрату енергетичної ефективності панелі, викликану дефектом.

Для коректного визначення втрати енергетичної ефективності панелі в області виявлених дефектів перед ним проводять налаштування вимірювального каналу. Для цього спочатку визначають рівень вихідної потужності панелі, що відповідає поточному фоновому освітленню у приміщенні, де проводиться контроль виявлених дефектів. Цей рівень приймають за нуль відсотків. Далі, при скануванні панелі лінійкою світлодіодів, сканування починають дещо перед дефектом і приймають близький до стабільного рівень вихідної потужності панелі за сто відсотків. А при скануванні самого дефекту, приводять (масштабують) зміни (зменшення) рівня вихідної потужності панелі до отриманого при налаштуванні діапазону від нуля до ста відсотків. Таким чином, результати сканування відображають реальні відносні зміни енергетичної ефективності панелі від дії скануючої смужки світла. Тобто реалізуються відносні вимірювання, на результати яких практично не впливають ні фонове освітлення панелі, ні залежність генерованої потужності від оточуючої температури, ні систематичні адитивна та мультиплікативна похибки вимірювального каналу, ні зміни опору навантаження при нагріві його генерованою потужністю енергогенеруючої панелі сонячної батареї. За приведеними (масштабованими) результатами вимірювання, визначають максимальну та інтегральну втрату енергетичної ефективності панелі, викликану дефектом. Для визначення інтегральної втрати енергетичної ефективності панелі сумують всі приведені (масштабовані) результати вимірювання потужності у зоні дефекту та знаходять їх відношення до суми такої ж кількості результатів вимірювання, рівних сто відсотків.

Реалізація пропонованого способу пояснена за допомогою фіг. 1 ... фіг. 7.

На фіг. 1 показана конфігурація системи виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей при попередньому виявленні панелей з транспортними дефектами шляхом комп'ютерного опрацювання отриманого зображення цілої панелі. Зображення цілої панелі отримують за допомогою веб-камери, підключеної до ноутбука. Для виявлення несправних енергогенеруючих панелей сонячних батарей до їх виходу підключається навантаження (резистор, опір якого близький до номінального навантаження панелі даного типу) та вимірювальний канал, вихід якого підключається до одного з портів ноутбука. Останній вимірює генеровану панеллю потужність під дією наявного в умовах виявлення транспортних дефектів фонового освітлення. Якщо ця потужність наближається до нуля (значно менша за потужність, що генерується іншими панелями), то така панель несправна (відноситься до групи Г).

Шляхом комп'ютерного опрацювання отриманого зображення цілої панелі проводиться попереднє виявлення панелей з транспортними дефектами. Панелі, для яких опрацювання їх зображення не виявило транспортні дефекти, відносять до повністю придатних (група А) та передають на монтаж. На панелях, де виявлені транспортні дефекти, виділяють (розпізнають) області, де ці дефекти розміщені.

Як основний інструмент розпізнавання та класифікації транспортних дефектів доцільно використати нейронні мережі глибокого навчання, які забезпечують найкращі результати розпізнавання. Їх оптимальна структура може змінюватися в залежності від поставленої задачі, тобто доцільно кожен вид дефекту розпізнавати окремою нейронною мережею, навченою розпізнавати саме цей вид дефекту. Дослідження способу проводилося на нейронній мережі, кількість входів якої відповідає роздільній здатності Веб-камери. Кількість прихованих шарів нейронної мережі вибрана рівною 6. Кожен шар містив по 256 нейронів. Нейронна мережа навчалася на вибірці, яка представляла собою пари нормального та дефектного зображень. Вибірка містила 240 пар зображень дефектів кожного виду. Для навчання нейронної мережі використовувалися 200 пар зображень, а для перевірки якості навчання нейронної мережі - інші 40 пар. Максимум функції достовірності розпізнавання наступав на 60-80 епосі навчання. Для кращої збіжності використовувалася додаткова регуляризація та рання зупинка ітераційного процесу навчання. Така рання зупинка ітераційного процесу навчання робиться з метою не допустити перенавчання мережі, коли мережа починає відтворювати дані навчальної вибірки, а не узагальнювати їх. Ймовірність правильного розпізнавання дефекту складала 93-95 % в залежності від розміру навчальної вибірки, а час аналізу одного зображення з дефектами не перевищував 200 мілісекунд.

Для покращення умов розпізнавання дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей перед самим розпізнаванням доцільно провести попередню підготовку отриманого від Веб-камери зображення. Метою такої попередньої підготовки є вирівнювання освітленості панелі на зображенні та підвищення контрастності зображення. Для вирішення останньої задачі доцільно використати спосіб підсилення локальних контрастів [12]. Для цього проводять нелінійне підсилення числового значення контрасту для ділянки зображення дефекту.

Панелі, у яких виявлено транспортні дефекти, ідуть на контроль впливу цих дефектів на їх енергетичну здатність. При цьому місця дефектів локалізуються, а їх зображення запам'ятовуються у базі даних. Таким чином, процес розпізнавання дефектів панелей сонячних батарей майже не затримує їх видачу зі складу для наступного монтажу.

Виконання другого етапу пропонованого способу зводиться до опрацювання отриманої від вимірювального каналу послідовності значень генерованої панеллю сонячної батареї потужності під дією світлової смужки, що створюється під час сканування дефектної області лінійкою світлодіодів. Структура системи, яка реалізує спосіб, подана на фіг. 2. Як видно з фіг. 2, зміни у структурі незначні. Для спрощення апаратного забезпечення, потрібного для реалізації пропонованої методики, сканування дефектної області здійснюється вручну. Як лінійку світлодіодів можна використати ручний сканер, або ряд (лінійку) світлодіодів, розміщених у близькому до параболічного рефлекторі (жолобі), що відбиває світло, як це показано на фіг. 3. Для того, щоби контроль енергетичної ефективності дефектної панелі сонячної батареї був об'єктивним, вона повинна працювати у режимі, близькому до нормального. Тому у схемі апаратного забезпечення (див. фіг. 1 і 2) передбачено навантаження сонячної батареї. Таким чином, вимірювальний канал повинен вимірювати лише спад напруги на навантаженні. Струм навантаження та вихідна потужність панелі сонячної батареї розраховується за відомим опором навантаження.

При виконанні другого етапу спочатку, за викликом, виводять на екран ноутбука зображення досліджуваної панелі з відзначеними виявленими областями дефектів. Далі сканують ці області

за допомогою лінійки світлодіодів, що створює на панелі в області виявленого дефекту рухому світлову смужку.

Однак слід відзначити, що контроль виявлених дефектів проводиться в умовах складу. Тобто в умовах дії фоновому освітлення. Крім того, вихідна потужність енергогенеруючих панелей сонячних батарей, яка формується при дії на неї лінійки світлодіодів (див. фіг. 3), не може відповідати максимальній вихідній потужності через те, що:

1. Освітлюється лише одна, відносно коротка, лінійка елементів, що генерують потужність. Тобто генерована потужність не перевищує декількох відсотків повної потужності всієї енергогенеруючої панелі сонячної батареї.

2. Сила світла лінійки світлодіодів (див. фіг. 3), не обов'язково відповідає силі світла, на яку розрахована панель сонячної батареї даного типу.

Тому вимірювання генерованої панеллю сонячної батареї потужності можуть бути лише відносними. Але енергогенеруюча панель сонячної батареї під час визначення енергетичної ефективності навантажена відповідно її реального режиму роботи (див. фіг. 1, 2). Тому результати відносних вимірювань дають можливість оцінити відносні втрати потужності, викликані дефектами.

При проведенні таких відносних вимірювань необхідно спочатку провести попереднє налаштування системи (див. фіг. 2). Це налаштування полягає у визначенні меж діапазону вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї. Саме налаштування доцільно під час сканування дефектної області панелі. Для цього сканування починають не з самого краю дефектної області, а дещо раніше (захоплюючи частину бездефектної області). Для налаштування проводять наступні операції.

1. Визначають рівень вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї, що відповідає поточному фоновому освітленню у приміщенні, де проводиться контроль виявлених дефектів. Для цього вмикають вимірювальний канал. Він вимірює рівень вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї на протязі кількох десятків вимірювань  $E_i^0$ . Далі підсистема опрацювання результатів вимірювання знаходить середнє значення  $E_{AV}^0$  вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї та максимальне відхилення від цього середнього значення  $\delta E_{MAX}^0$ .

2. Визначають рівень вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї, що відповідає освітленню панелі лінійкою світлодіодів. Цю операцію суміщаємо з контролем дефектних ділянок. Для цього вмикають вимірювальний канал та лінійку світлодіодів. Як було вказано, сканування дефектної ділянки починають не з її краю, а, як показано на фіг. 4, дещо вище. При русі освітленої лінійкою світлодіодів зони спочатку сканується ділянка, де немає транспортних дефектів. Тоді вимірювальний канал також вимірює рівень вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї на протязі кількох десятків вимірювань  $E_i^{100}$ . Далі підсистема опрацювання результатів вимірювання знаходить середнє значення  $E_{AV}^{100}$  вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї та максимальне відхилення від цього середнього значення  $\delta E_{MAX}^{100}$ .

3. Визначають середню зміну вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї  $\Delta E_{MAX}$ , що відповідає дії лінійки світлодіодів

$$\Delta E_{MAX} = E_{AV}^{100} - \Delta E_{AV}^0, (1)$$

та максимальне відхилення від неї

$$\delta E_{MAX} = |\delta E_{MAX}^{100}| + |\delta E_{MAX}^0|. (2)$$

4. Максимальне відхилення поточних результатів вимірювання від середнього значення формується в основному випадковими індивідуальними відхиленнями параметрів комірок енергогенеруючої панелі сонячної батареї. При цьому випадкові похибки вимірювального каналу в основному визначаються дією електромагнітних завад на вимірювальне коло. Зазвичай їх вплив значно менший. Визначеною емпірично умовою коректності проведених вимірювань є достатньо малі відхилення  $\delta E_{MAX}^{100}$  та  $\delta E_{MAX}^0$ , які не повинні перевищувати 1-2 %. Відповідно  $\delta E_{MAX}$  не повинна перевищувати 2-2,5 %.

На фіг. 4 показано процес сканування дефекту панелі у вигляді паралельних подряпин. Як було вказано, сканування дефектної області панелі починають не з самого її краю, а дещо раніше (захоплюючи частину бездефектної області). При подальшому русі лінійки світлодіодів

отримуємо сигнал, що відповідає дефектній ділянці енергогенеруючої панелі сонячної батареї. Це відповідає скануванню умовно зображених на фіг. 4 подряпин різної глибини (темніший овал відповідає подряпині більшого розміру, глибини тощо).

5 Слід відзначити, що відсутність сигналу на виході енергогенеруючої панелі сонячної батареї можлива лише у повній темноті. У всіх інших випадках це означає, що дефекти порушили контакти між комірками, які генерують енергію. Така панель повністю не придатна для використання (група Г).

У результаті показаного на фіг. 4 сканування отримуємо ряд результатів вимірювання, який показано на фіг. 5. На фіг. 5 показані відносні зміни генерованої потужності, приведені до визначених при попередньому налаштуванні умов експлуатації системи. При цьому вихідному коду вимірювального каналу, що відповідає  $E_{AV}$ , приписано значення 0 %. А вихідному коду вимірювального каналу, що відповідає  $E_{AV}^{100}$ , приписано значення 100 %. Результат поточного вимірювання  $E_x$  приводиться (масштабується) до діапазону змін вихідного сигналу (від 0 до 100 %) енергогенеруючої панелі сонячної батареї  $\Delta E_{MAX}$  за формулою

$$15 \quad E_x^{\%} = \frac{E_x - E_{AV}^0}{E_{AV}^{100} - E_{AV}^0} 100\% \quad , (3)$$

де  $E_x^{\%}$  - результат поточного вимірювання, приведений (масштабований) до вираженого у відсотках діапазону змін вихідного сигналу енергогенеруючої панелі сонячної батареї.

3 з фіг. 5 видно, що у дефектній зоні проміжки стабільних результатів вимірювання чергуються з провалами, викликаними дефектами. Можливі різні критерії оцінки придатності панелі. Найчастіше вживаються два критерії - за максимальною втратою потужності у межах одного дефекту та за сумарною втратою потужності у межах дефектної зони. Відповідно до першого критерію дефект панелі дуже значний - максимальна втрата потужності у межах максимального дефекту (темний овал на фіг. 4) сягає приблизно 50 %. Але сумарна втрата потужності у межах дефектної зони у цілому не настільки значна - вона менша 10 %. Вибір критерію придатності панелі та його допустимого значення (порогу визнання панелі непридатною) визначають за критично допустимими втратами потужності.

На фіг. 6 показано дефект, викликаний плямою запарошеного машинного масла (такий дефект, зазвичай, малопомітний візуально), а на фіг. 7 - результати сканування такого дефекту. Як видно з фіг. 7, такий дефект, за рахунок сталого розсіяння світлового потоку, має інший характер зменшення енергетичної ефективності енергогенеруючої панелі сонячної батареї. При цьому максимальні втрати енергетичної ефективності панелі не перевищують 20 %, тобто менші за втрати від подряпин (див. фіг. 5). Але сумарна втрата потужності у межах дефектної зони у цілому значно більша. Тобто показані на фіг. 7 втрати потужності від плями вдвічі більші за втрати, показані на фіг. 5, тобто викликані подряпинами.

35 У результаті виконання пропонованого способу контроль енергетичної здатності енергогенеруючих панелей сонячних батарей проводиться не для всіх панелей, а лише для дефектних. Крім того, контроль енергетичної здатності проводиться не для всієї площі панелі, а для дефектних ділянок, які були локалізовані при виконанні першого етапу. Таким чином вдасться виконати вимогу малої трудомісткості контролю якості енергогенеруючих панелей сонячних батарей. Приведення результатів сканування до діапазону змін вихідного сигналу (від 0 до 100 %) енергогенеруючої панелі сонячної батареї дає змогу коректно, з високою достовірністю, оцінити викликані розпізнаними дефектами втрати потужності енергогенеруючих панелей сонячних батарей, тобто оцінити втрати їх енергетичної ефективності. При цьому немає необхідності створення спеціальних умов для оцінки енергетичної ефективності панелі (її затемнення). Приведення результатів сканування до діапазону змін вихідного сигналу дає змогу проводити коректну оцінку енергетичної ефективності панелі в умовах фонові освітленості.

Пропонований спосіб виявлення та оцінки дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей, які виникають під час їх транспортування від виробника до кінцевого споживача, є достатньо простим, не вимагає дорогого та спеціалізованого обладнання та може бути реалізованим безпосередньо біля місця їх монтажу. При цьому проводиться не лише розбракування енергогенеруючих панелей сонячних батарей, а і оцінка впливу виявлених дефектів на їх енергетичну ефективність. Це дає змогу не відкидати у брак ті панелі, дефекти яких мало впливають на ефективність їх використання.

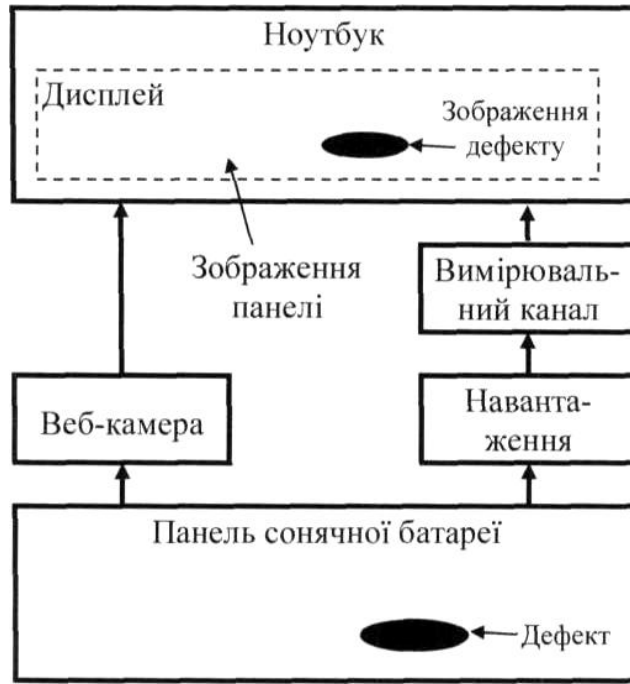
Список посилань

1. Як вибрати сонячні панелі? ТОП 20 виробників моно та полікристалу. <https://solarsystem.com.ua/blog/yak-vybraty-sonyachni-paneli-top-20-vyrobnykiv-mono-ta-polikrystalu/>.
2. Harley Denio III. Aerial Solar Thermography and Condition Monitoring of Photovoltaic Systems. InfraMation 2011 Proceedings 2011 040 Denio.
3. Guha et al. Techniques for analyzing performance of solar panels and solar cells using infrared diagnostics. Patent No.: US 8,373,758 B2 Date of Patent: Feb. 12, 2013.
4. Xiang Gao, Eric Munson, Glen P. Abousleman, Jennie Si. Automatic solar panel recognition and defect detection using infrared imaging. Proceedings Volume 9476, Automatic Target Recognition XXV; 947600 (2015) <https://doi.org/10.1117/12.2179792>. Event: SPIE Defense+Security, 2015, Baltimore, Maryland, United States.
5. E. Davis. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. (2nd Edition), Academic Press (1996).
6. Michie D. Machine Learning, Neural and Statistical Classification / Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C. -New York: Ellis Horwood, 1994.
7. Головка В.А. Нейронные сети: обучение, модели и применение / Головка В.А. - М: Радиотехника, 2001.-256 с.
8. Kroese B. An Introduction to Neural Networks / Kroese B. - Amsterdam: University of Amsterdam, 1996.-120 P.
9. Буц В.В. Способи організації засобів нейромережевого розпізнавання об'єкта на зображенні. Магістерська дисертація. [http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23184/1/Buts\\_magistr.pdf](http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23184/1/Buts_magistr.pdf).
10. J. Canny. A computational approach to edge detection. IEEE Transactions on pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679{698, November 1986.
11. Краснобаев А.А. Обзор алгоритмов детектирования простых элементов изображения и анализ возможности их аппаратной реализации. [http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep14/prep2005\\_114.html](http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep14/prep2005_114.html)
12. Dash I.,Chatterji B.N. Adaptive contrast enhancement and de-enhancement. Pattern Recognition, 1992, vol. 24, (4). pp. 289-302.
13. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин. Под ред. Е.С. Полищука. Киев, Издательское объединение "Вища школа", 1978, 352 с.

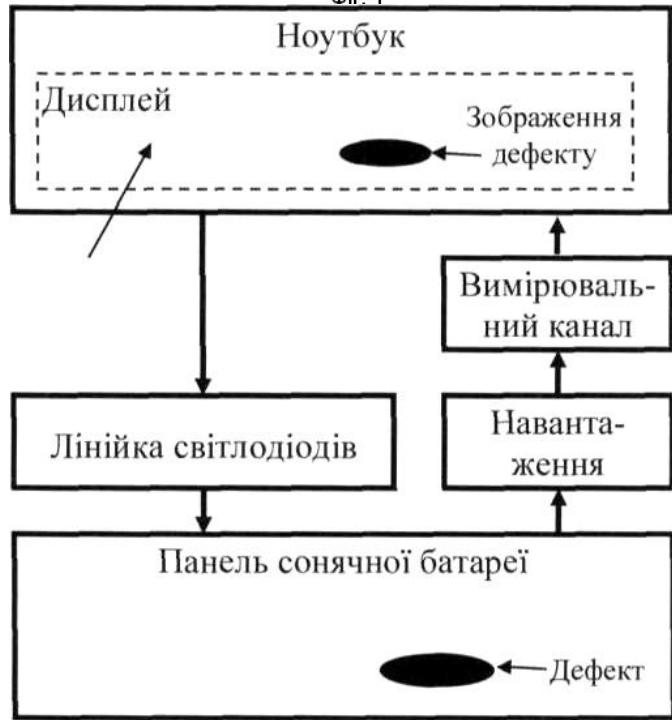
#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей, що передбачає поєднання методів оптичного розпізнавання основних транспортних дефектів (тріщин, вм'ятин, сколів, подряпин, плям) та оцінки впливу цих дефектів на енергетичну ефективність панелей, який **відрізняється** тим, що спочатку, шляхом комп'ютерного опрацювання отриманого зображення цілої панелі, виявляють панелі з дефектами, на яких виділяють області, де розміщені дефекти, потім виводять на екран зображення панелі з відзначеними виявленими областями дефектів та сканують ці області за допомогою ручного сканера, що створює на панелі вузьку світлову смужку, а про вплив дефектів на енергетичну ефективність панелі судять по відносній зміні вихідної потужності панелі під дією скануючої смужки світла, яку визначають шляхом вимірювання спаду напруги на близькому до номінального опору навантаження панелі.
2. Спосіб виявлення транспортних дефектів енергогенеруючих панелей сонячних батарей за п. 1, який **відрізняється** тим, що перед визначенням втрати енергетичної ефективності панелі в області виявлених дефектів проводять налаштування вимірювального каналу, для чого спочатку визначають рівень вихідної напруги панелі, що відповідає поточному фоновому освітленню у приміщенні, де проводиться контроль виявлених дефектів, і приймають цей рівень за нуль відсотків, сканування панелі починають дещо перед дефектом і приймають близький до стабільного рівень вихідної напруги панелі за сто відсотків, а потім, при скануванні дефекту, приводять (масштабують) зміни рівня вихідної напруги панелі до отриманого діапазону від нуля до ста відсотків і, за приведеними результатами, визначають максимальну та інтегральну втрати енергетичної ефективності панелі, викликані дефектом.

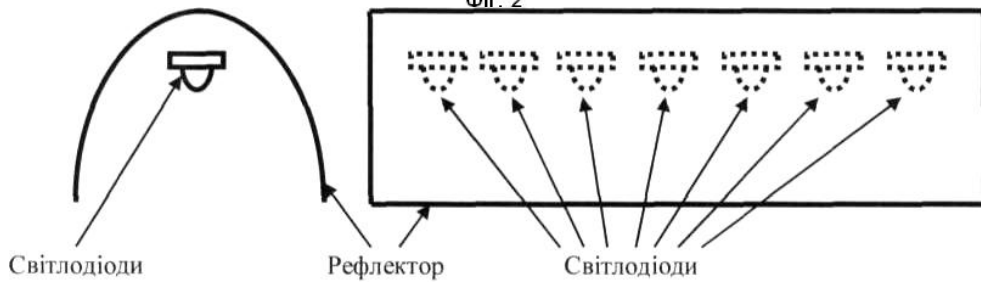




Фіг. 1



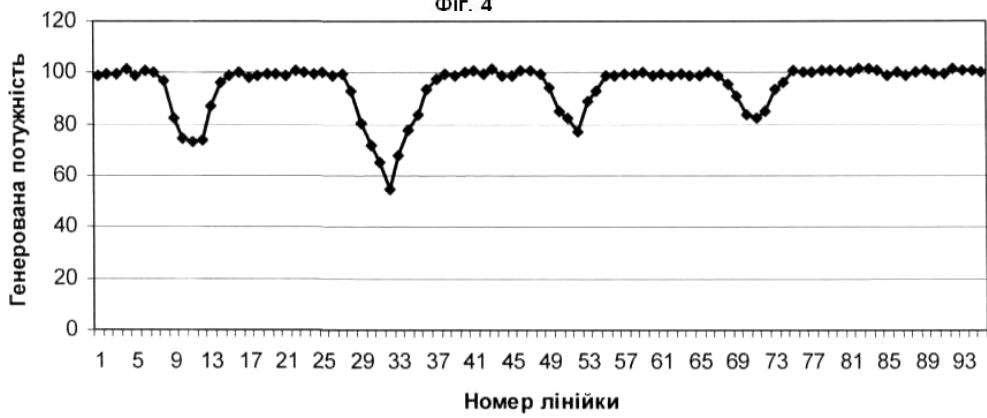
Фіг. 2



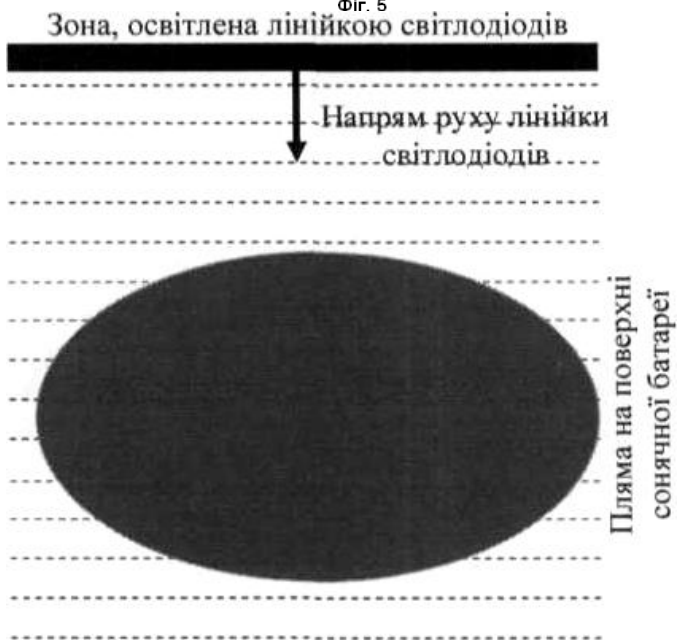
Фіг. 3



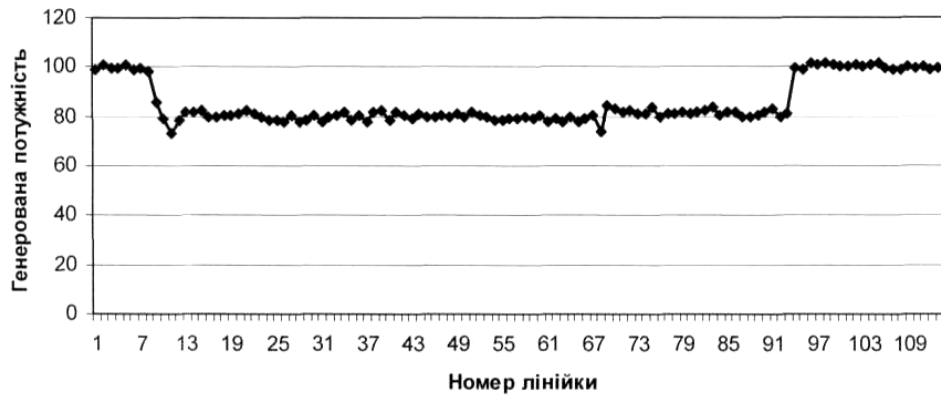
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7