

## АВТОНОМНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Кривуля Г. Ф.<sup>1</sup>, Власов В. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки,

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

*Запропоновано автономну систему моніторингу та контролю технічних об'єктів з використанням бездротової сенсорної мережі та трекера для орієнтації сонячних батарей.*

Розвинена інформаційно-комунікаційна і технологічна інфраструктура сучасних підприємств потребує комплексної системи моніторингу розподілених об'єктів в реальному часі. Численні випадки, пов'язані з відсутністю необхідного рівня централізованого автоматизованого контролю над функціонуванням технологічних об'єктів, як нестабільна робота і відмови техніки, простої обладнання і робочих місць, втрата доступу до мережевих ресурсів, збої в роботі додатків, високі втрати електроенергії через несправності в електромережах і інші - в результаті підвищують експлуатаційні витрати підприємства.

Моніторинг віддалених об'єктів інфраструктури дозволяє вирішити завдання, пов'язані з контролем віддалених елементів технологічної інфраструктури. Рішення такої задачі може бути ефективно реалізовано на основі бездротових сенсорних мереж (БСМ), використання яких дозволяє створити диспетчерську систему, що забезпечує оператору безперервний доступ до інформації про стан об'єкта. Для організації бездротової мережі, що складається з вузлів і шлюзу, використовуються малопотужні радіочастотні приймачі. Дальність зв'язку між сусідніми вузлами визначається умовами поширення радіохвиль (відкритий простір, всередині приміщень і т.д.) і може досягати декількох сотень метрів в залежності від потужності передавачів. БСМ утворюється безліччю бездротових вузлів, має багатокомірну топологію, в якій кожен вузол виконує як функцію передавача, так і функцію маршрутизатора. Вузли БСМ здатні в разі потреби ретранслювати пакети для їх доставки шлюзу. При цьому можлива побудова розподілених систем зі значною площею покриття [1].

Важливою задачею моніторингу віддалених об'єктів є створення системи, яка призначена для збору, накопичення та аналізу даних від розподілених сенсорних датчиків з метою визначення технічного стану обладнання, виявлення несправностей в його роботі, забезпечення спостереження за розвитком ситуації і своєчасного попередження про необхідність технічного обслуговування і прийняття рішень для надійної і безпечної експлуатації [2].

Метою данної роботи є розробка принципів побудови автономної системи моніторингу і контролю складних технічних об'єктів з використанням сучасних БСМ,

БСМ можуть надавати широкий спектр послуг: від надання даних про значення контрольованого параметра (пасивні датчики) до управління процесами (активні датчики - активатори). Відсутність проводів

уможливило застосування БСМ в важкодоступних місцях або на мобільних об'єктах, що значно розширює коло застосування сенсорних мереж. На рисунку 1 представлено приклад реалізації автономної БСМ.



Рисунок 1 - Приклад бездротової сенсорної мережі

БСМ є мережею просторово розподілених автономних датчиків, що використовуються для моніторингу будь-яких фізичних параметрів, зокрема параметрів навколишнього середовища, і спільної передачі даних на головний сервер. Контрольовані параметри залежать від функції сенсорних вузлів в мережі, наприклад фізичні датчики (температури, вологи, радіохвильової частоти датчиків), хімічні датчики (розчиненого кисню, електропровідності, датчик рН), біологічні датчики (наприклад, датчик мікроорганізмів), датчики, орієнтовані на національну безпеку, а також багато інших знову і знову винаходяться нові датчики. В даний час датчик бездротової сенсорної мережі є не тільки одиночний елемент, він оснащений безліччю сенсорних елементів і називається сенсорним вузлом.

БСМ зазвичай складаються з двох основних частин: системи для генерації і збору значень з розподілених датчиків; системи обробки і локального зберігання значень з датчиків, перед відправкою цих даних користувачеві. - система генерації та збору значень (сенсорна мережа) складається з сотень самоорганізо-

ваних сенсорних вузлів, які взаємодіють і обмінюються інформацією між собою за допомогою радіосигналів, і створюють мережу типу ad-hoc. Ці датчики представляють собою невеликі блоки, здатні зберігати обмежена кількість даних і мають обмежену швидкість обробки даних і ширину каналу радіозв'язку. Сенсорні вузли можуть бути розгорнуті певним, або випадковим, чином і можуть покривати значну площу з високою щільністю в залежності від необхідних вимог до розміщення. - система обробки та локального зберігання може бути звичайним сервером, що зберігає значення датчиків і перетворює його в формат, зручний для розпізнавання та подальшого відтворення користувачеві.

Незважаючи на те, що БСМ вже тривалий час широко використовуються в багатьох областях, в даний момент все ще існують деякі значні недоліки, які не дозволяють їм стати першим технологічним вибором у багатьох випадках.

Можна виділити два основних недоліки, які в основному і роблять подібний вплив: значне енергоспоживання, а також необхідність наявності надмірності або використання великої кількості резервних вузлів для підтримки стабільної роботи подібних високопродуктивних мереж.

Як правило БСМ розгортаються для контролю або моніторингу протягом тривалого періоду часу (кілька місяців або років), в разі чого часта заміна джерел живлення (акумуляторів) сенсорних пристроїв є неможливою або затратною.

Таким чином, енергія, споживана кожним сенсорним вузлом мережі є одним з обмежень, які слід враховувати при проектуванні БСМ. При зменшенні витрат енергії кожного вузла мережі збільшується термін служби всієї сенсорної системи. Відповідно, споживана потужність БСМ може бути оптимізована зменшенням кількості енергії, споживаної окремими вузлами з продовженням їх життєвого циклу, шляхом вибору оптимальної топології мережі і протоколу маршрутизації.

Для забезпечення такої максимальної ефективності роботи, сенсорний вузол повинен знаходитися в сплячому режимі 90% робочого часу і "прокидатися" лише згідно з розкладом, або в зв'язку з примусовою активацією.[2].

Для постійного автономного живлення БСМ пропонується використати сонячні батареї. Сонячні батареї дають постійний приток енергії у день, завдяки сонячному світлу, також й у пасмурний день буде видобуватись електроенергія, але з меншою потужністю. Найефективнішими з погляду пристроями для перетворення сонячної енергії у електричну є напівпровідникові фотоелектричні перетворювачі, оскільки дозволяють здійснити прямий, одноступінчатий перехід енергії. Перетворення енергії в фотоелектричних перетворювачах ґрунтується на фотоелектричних ефектах в неоднорідних напівпровідникових структурах при впливом сонячного випромінювання.

При достатній кількості сонячних елементів можна створити сонячну батарею з практично будь-якою напругою і струмом, а також здатну забезпечити зарядку будь-якого типу акумуляторів. Вся справа тіль-

ки в вартості такої сонячної батареї. Звичайно, не слід забувати, що потужна сонячна батарея буде займати велику площу для своєї установки. Потрібно також відзначити, що якщо повноцінне сонячне освітлення батареї буває обмежений час доби, то бажано використовувати сонячну батарею, що забезпечує прискорений зарядний струм, величина якого перебуває в межах 0,15- 0,3 від ємності акумуляторів.

Продуктивність роботи сонячних панелей безпосередньо залежить від кількості одержуваної сонячної енергії. Максимального значення генерація електрики досягає в момент, коли робоча поверхня сонячних модулів (пластин) розташовується перпендикулярно потоку сонячного випромінювання. З урахуванням особливості траєкторії щоденного руху сонця, оптимальним розташуванням нерухомої (стаціонарної) по сонячній батареї азимуту є кут  $150^\circ$ .

Практичні дослідження показують, що зафіксований в такому положенні (в напрямку, що проходить по середині між точками сходу і заходу) сонячний модуль у вечірній і ранковий час втрачає близько 75% генерації від максимально можливого обсягу. Крім денного переміщення по напрямку із заходу на схід, сонце додатково здійснює сезонне рух між північчю і півднем - за рік воно становить близько  $46^\circ$ . При орієнтуванні панелі в середню точку середньорічної траєкторії руху Сонця в напрямі північ-південь, втрати від максимально можливої кількості складуть близько 8,3-9%.

Для забезпечення автоматичного стеження за положенням сонця протягом усього світлового дня і орієнтації закріплених на них сонячних батарей, корекцію кута нахилу панелі в залежності від пори року використовують трекерні системи, що дозволяє домогтися збільшення вироблення електроенергії на 30-40% в порівнянні з сонячними електростанціями, що використовують нерухомо закріплені сонячні батареї. На рисунку 2 представлений порівняльний аналіз вироблення електроенергії для рухомих і нерухомих сонячних панелей [3].

Сонячний трекер або система орієнтації сонячних батарей (**Solar tracker**) - пристрій, призначений для відстеження положення сонця і орієнтування несучої конструкції таким чином, щоб отримати максимальний ККД від сонячних батарей (або інших пристроїв, встановлених на трекері).

Завдання трекера - встановити кути нахилу робочої поверхні навантаження, зорієнтувавши, її строго на сонці. Простіше кажучи, сонячні промені повинні падати перпендикулярно площині сонячної батареї. Трекери бувають активні, пасивні та з ручним наведенням. Найбільш універсальні є активні системи орієнтування. Також системи можуть орієнтуватися або по одній, або по двох осях. Хоча двовісний дає невеликий вигравш в порівнянні з одновісною системою, вона складніше і дорожче, через що не завжди виправдовує себе, але не у великому масштабі дана модель може надати значні переваги. Концепція трекера гранично проста - за кількома датчиками контролер визначає оптимальне положення для сонячної батареї і змушує серводвигун повертати платформу з пристроєм в необхідний бік.

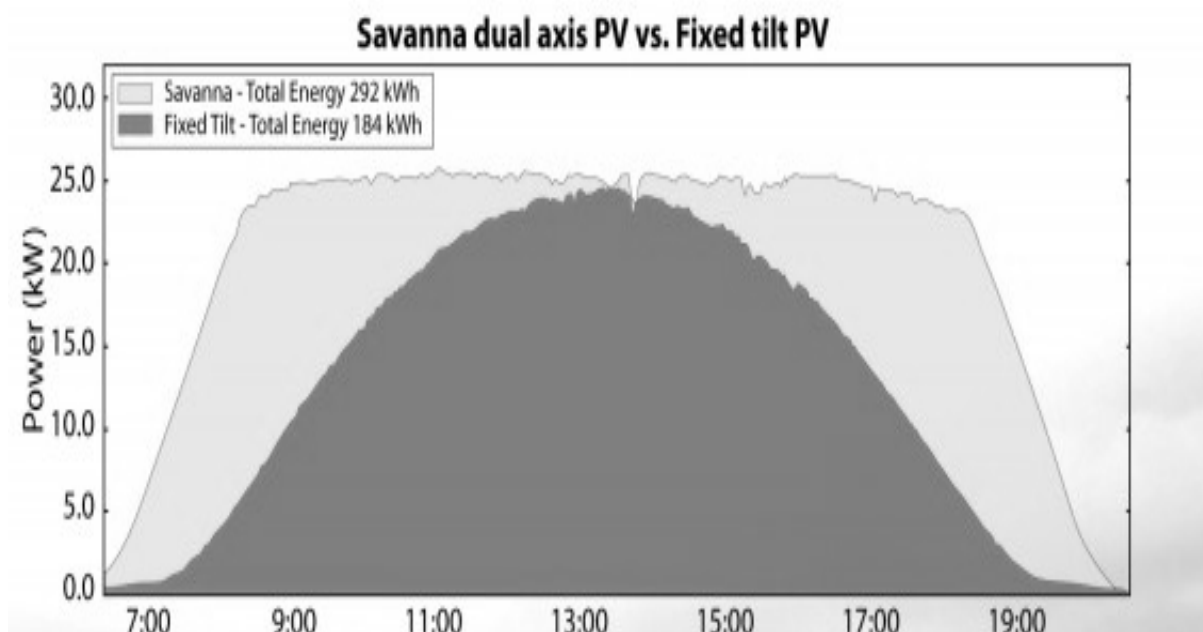


Рисунок 2 – Графік порівняння рухомих та нерухомих сонячних батарей

Система живлення складається з самої сонячної панелі, плати управління, регулюючої поворот системи, акумулятора, який живиться від сонячної панелі і від якого працює серводвигун, що обертає систему, і навантажень, а також обмежувачів, що не дозволяють обертатися батареї більш ніж на 200 градусів, запобігаючи намотування і злам проводів.

Робочою поверхнею в даному випадку виступатиме сонячна батарея, що складається із сонячних фотоелектричних модулів (панелей). Також робочою поверхнею виступатимуть фотодатчики, які в свою чергу будуть налаштовувати кут нахилу до сонця.

**Висновки.** Пропована автономна система моніторингу і контролю складних технічних об'єктів з використанням сенсорної мережі може бути використана в багатьох прикладних областях з різними функціональними можливостями:

- безперервний і періодичний моніторинг технічного стану об'єктів контролю на основі показань бездротових сенсорів;
- оперативний аналіз даних і прогноз зміни значень вимірюваних параметрів для виявлення небезпечних тенденцій і аварійних ситуацій;
- відображення контрольованих об'єктів на мнемосхемі об'єкта з аналізом загального стану об'єкта і кожного сенсора;
- оперативне інформування користувачів про виникнення нештатних ситуацій на об'єктах;
- прогнозування технічного стану об'єкта і залишкового ресурсу на заданий період часу.
- інформування про виявлені відхилення в технічному стані об'єктів з формуванням і видачею рекомендацій для прийняття рішень

#### Список використаних джерел

1. Krivoulya G. F. Using the wireless sensor networks and unmanned vehicles for precision agriculture

/ Krivoulya G. F., Lipchansky A. I. //Науково-технічний журнал "Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК". Харків. 2016. № 1(3). С.68-70.

2. Li L. Minimum-Energy Mobile Wireless Networks Revisited / L. Li, J. Y. Halpern // Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), June 2001. – Helsinki, Finland. – vol. 1. – pp. 278 – 283.

3. SAVANNA™ ADVANTAGES Low cost, higher returns [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://morgansolar.com/savanna-features/>

#### Аннотация

#### АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Кривуля Г. Ф., Власов В. А.

*Предложена автономная система мониторинга и контроля технических объектов с использованием беспроводных сенсорных сетей и трекера для ориентации солнечных батарей*

#### Abstract

#### THE AUTONOMOUS SYSTEM OF MONITORING AND CONTROL FOR TECHNICAL OBJECTS USING THE WIRELESS SENSOR NETWORKS

G. Krivoulya , V. Vlasov

*The autonomous system of monitoring and control for technical objects using the wireless sensor networks and tracker for the solar cells orientation is proposed.*