

УДК 551.508:543.275.1

Б.О. Іванов, В.Б. Осіс

СИСТЕМА СЛІДКУВАННЯ ЗА ДИСКОМ СОНЦЯ

Наведено структурну схему системи слідування за диском Сонця, принцип роботи й конструкцію формувача імпульсів М-38 та сліdkуючого пристрою. Розглянуто алгоритм керування системою.

Ключові слова: структурна схема, система сліdkування, формувач імпульсів, алгоритм, азимут, висота, кроковий двигун.

З метою більш повного використання можливостей універсального програмно-технічного комплексу для автоматизації актинометричних спостережень на базі перетворювача напруги М-37 та програмного забезпечення М 37.00.00 Prog розроблено систему сліdkування за диском Сонця, що використовується під час роботи з вимірювачем прямої сонячної радіації (актинометром).

Система сліdkування за диском Сонця (рис. 1) містить такі основні вузли:

- перетворювач напруги М-37;
- формувач імпульсів М-38;
- сліdkуючий пристрій.

Принцип дії перетворювача напруги М-37 наведено в [1].

Формувач імпульсів М-38 містить 2 ідентичних канали керування кроковими двигунами системи сліdkування за диском Сонця вимірювача прямої сонячної радіації (актинометра):

- канал азимута Сонця (керування кроковим двигуном системи сліdkування за азимутом сонця);
- канал висоти Сонця (керування кроковим двигуном системи сліdkування за висотою сонця).

Сліdkуючий пристрій складається з двох крокових двигунів з редукторами, що забезпечують



Рис. 1. Структурна схема системи

наведення на Сонце вхідного отвору актинометра (поворот актинометра в горизонтальній та вертикальній площинах).

Зовнішній вигляд слідкуючого пристрою наведено на рис. 2.

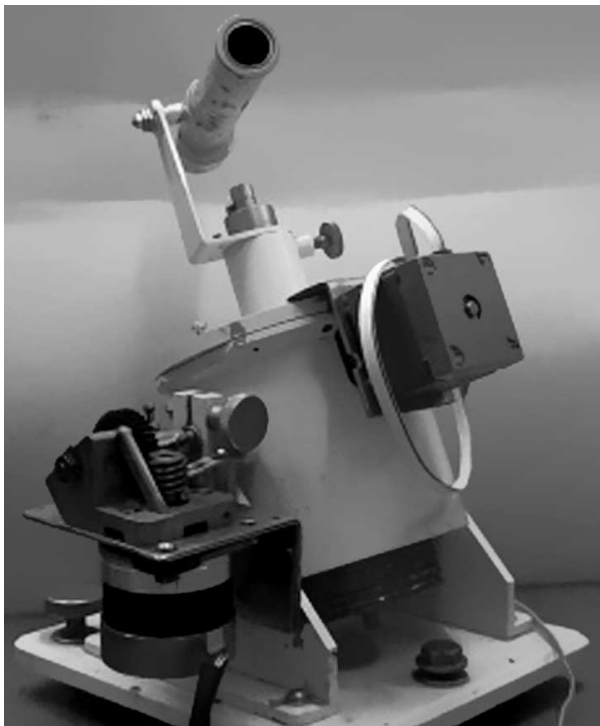


Рис. 2. Зовнішній вигляд слідкуючого пристрою

Система, що забезпечує спостереження за траєкторією сонця, може бути реалізована двома методами.

Найпростіший із них заснований на орієнтації осі обертання актинометра паралельно осі обертання землі та переміщення її на кут $360/24 \cdot 60 = 0.25$ град./хв. Цей спосіб, за простою керування всього за однією координатою, вимагає для початкового позиціонування три взаємоперпендикулярні осі обертання (широта, довгота, висота).

У двохкоординатних системах (дві взаємоперпендикулярні осі обертання) спрощується конструкція пристрою, але потрібен постійний розрахунок поточних значень висоти й азимута сонця. При цьому ускладнюється система керування.

Запропоноване рішення є найоптимальнішим за оцінкою ціна-якість. Воно не вимагає кутових датчиків поточного положення осей та керування за сигналами зворотного зв'язку.

Принцип керування полягає в тому, що перед запуском системи моделюють траєкторію сонця на поточну добу та за заданою кутовою погрішністю визначають характерні крапки змінен-

ня сигналу керування за висотою при сталості (заданому кроці крокового двигуна) керуючого сигналу за азимутом. Висоту Сонця й азимут визначають за формулами:

$$\sin H = \sin S \cdot \sin \# + \cos S \cdot \cos \# \cdot \cos t, \quad (1)$$

$$\cos A = (\sin S \cdot \cos \# - \cos S \cdot \sin \# \cdot \cos t) / \sin H, \quad (2)$$

де: H – висота Сонця; A – сонячний азимут; S – схилення Сонця; $\#$ – географічна широта; t – сонячний вартовий кут, обчислений від полудня в одиницях місцевого істинного часу (МІЧ).

Схилення Сонця S визначають наближеним рівнянням:

$$S = 0,006918 - 0,399912 \cdot \cos @ + 0,70257 \cdot \sin @ - 0,006758 \cdot \cos 2@ + 0,000908 \cdot \sin 2@, \quad (3)$$

де: $@ = 2\pi \cdot D n / 365$ у радіанах; $@ = 360 \cdot D n / 365$ у градусах; $D n$ – номер дня від 0 до 364 для звичайного року й від 0 до 365 для високосного року.

Максимальна погрішність рівняння 0,2 град. Сонце протилежить куту, рівному приблизно 0,5 град. Формули справедливі для центру диска сонця для незаломлюючої атмосфери.

Середній сонячний час визначається середньою швидкістю на небесній сфері. t – сонячний вартовий кут, обчислений від полудня в одиницях місцевого істинного часу (МІЧ), визначають за формулою:

$$t = \text{МІЧ} = \text{МСЧ} + \text{Ур.} = \text{ГЧ} + \text{ПД} + \text{Ур.}, \quad (4)$$

де: МІЧ – місцевий істинний час; МСЧ – місцевий середній час; ГЧ – цивільний час (поясний час щодо Гринвіча); ПД – виправлення на довготу (4 хв. на градус позитивні, якщо меридіан розташований на схід від поточного); Ур. – рівняння часу.

Рівняння часу Ур. може бути позитивним і негативним залежно від положення істинного й середнього Сонця та визначають за формулою:

$$\text{Ур.} = 0,0172 + 0,4281 \cos @ - 7,3515 \sin @ - 3,3495 \cos 2@ - 9,3619 \sin 2@, \quad (5)$$

максимальна погрішність для цього рівняння дорівнює 35 сек.

Масив цих крапок записується в мікропроцесор і використовується для зміни значення керуючого сигналу крокового двигуна в певний час за внутрішнім таймером мікропроцесора.

На рис. 3 представлено дизайн панелі керування. Панель має вікна для введення широти й довготи місцевості. Календарна дата й поточ-

ний час для моделювання траєкторії вводяться автоматично. Після запуску програми траєкторія висоти й азимута зображується на дисплеї. Положення сонця зображується червоною міткою, а поточні координати цифрами відповідного кольору. Дані траєкторії записуються у файл ПК і скидаються в процесор.

На графіках (рис. 4 і 5) наведено керуючі дані для двох випадків – літнього та зимового сонцестояння. Із них видно, що загальне число перемикань інтервалів (зміни інтервалів висот) не перевищує 14 (крапки лінійної апроксимації), а максимальний інтервал може досягати 36 хв.

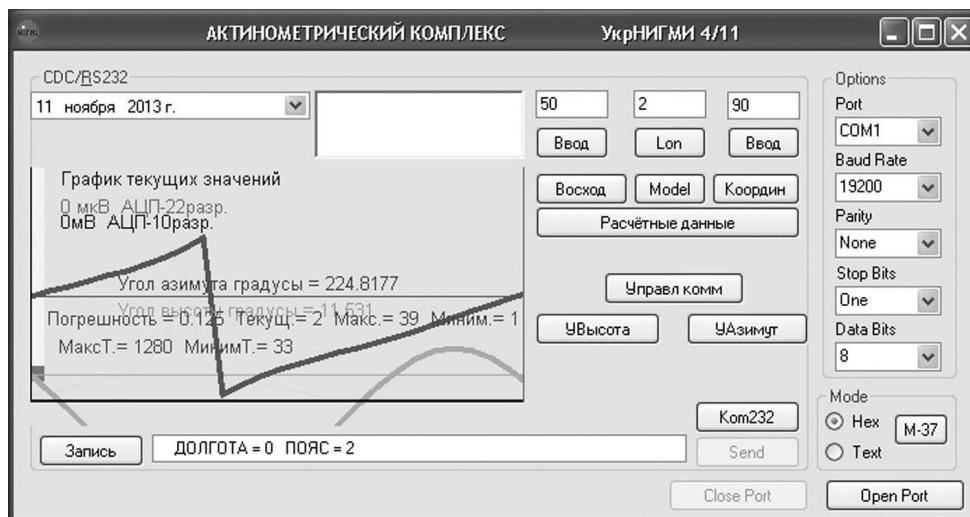


Рис. 3. Дизайн панелі керування

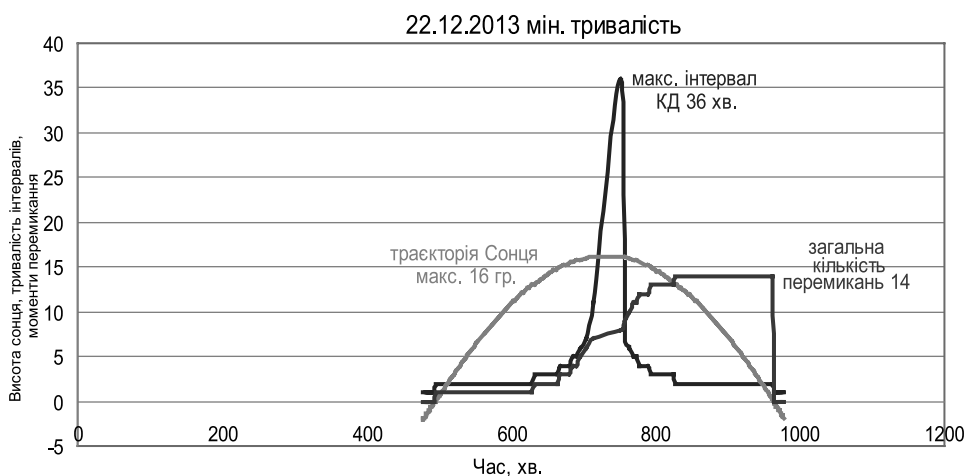


Рис. 4. Графіки даних для літнього сонцестояння

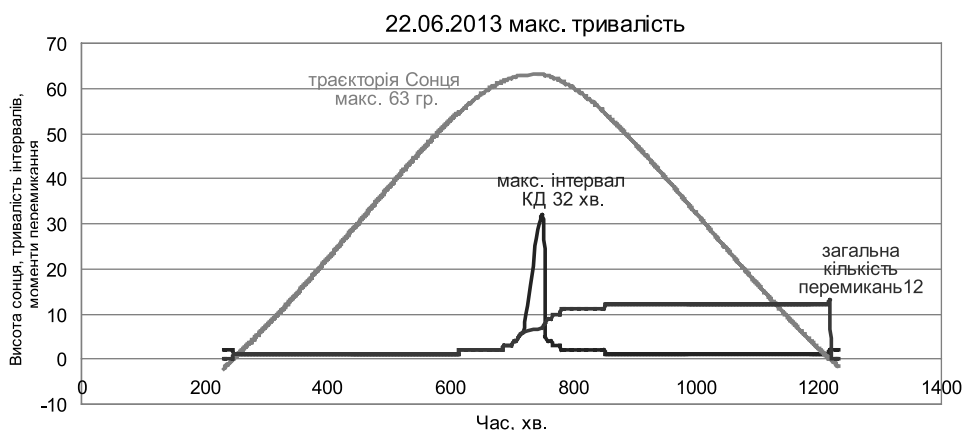


Рис. 5. Графіки даних для зимового сонцестояння

Висновки

У результаті виконаних робіт визначено, що запропоноване рішення дозволяє використовувати дешевий малопотужний процесор із невеликою пам'яттю, одночасно забезпечити точність наведення 0,125 грд., записавши в масив не більше ніж 14 елементів.

За своїми характеристиками система слідування за диском сонця, що використовується в ході роботи з вимірювачем прямої сонячної радіації (актинометром) універсального програмно-технічного актинометричного комплексу відповідає вимогам до інструментальних засобів визначення параметрів сонячної радіації. Можна рекомендувати використовувати її як основу для створення сучасної автоматизованої системи вимірювання параметрів сонячної радіації.

* *

1. *Іванов Б.О., Осіс В.Б.* Експериментальні дослідження характеристик дослідного зразка універсального програмно-технічного актинометричного комплексу // *Наук. пр. УкрНДГМІ.* – 2013. – Вип. 265.

Український гідрометеорологічний інститут, Київ

Б.А. Іванов, В.Б. Осіс

Система слежения за диском Солнца

Приведены структурная схема системы слежения за диском Солнца, принцип работы и конструкция формирователя импульсов М-38 и следящего устройства. Рассмотрен алгоритм управления системой.

Ключевые слова: структурная схема, система слежения, формирователь импульсов, алгоритм, азимут, высота, шаговый двигатель.

B.A. Ivanov, V.B. Osis

The disk of the Sun tracking system

The block diagram of the system monitoring the disk of the Sun, the principle and design of pulse shaper robotic N-38 and witness are shown. The algorithm of system management is examined.

Keywords: structural diagram, tracking system, pulse shaper, algorithm, azimuth, elevation, stepper motor.