

УДК 551.5

О.Ю. Мараховська, студентка гр. ПГ-71мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СОНЯЧНИХ ДАТЧИКІВ

Анотація. У даній роботі приведені основні типи сонячних датчиків. Датчик сонячної орієнтації (ДСО) призначений для визначення напрямку на центр видимого диска Сонця в приладовій системі координат.

Ключові слова: датчик сонячної орієнтації, Сонце, механізм стеження, датчик-обігрівач, поглинальний елемент, датчик щільного типу, оптичний датчик, наносупутник, фасетковий датчик, інтелектуальні здібності.

ВСТУП

Сонце є основним навігаційним орієнтиром, а тому всі супутники обов'язково оснащуються приладами, які отримали назву сонячних датчиків (СД) або ще їх називають датчиками сонячної орієнтації. Датчики сонячної орієнтації (ДСО) широко використовуються в навігаційній апаратурі літальних космічних апаратів і планетоходів. Прилади орієнтації за Сонцем в історії космонавтики згадуються з часів перших запусків штучних супутників Землі [1].

Направлення на Сонце як точка відліку, використовується в системах орієнтації космічних апаратів з самого початку їх існування. Оскільки більшість обладнання супутників використовує сонячну енергію, важливо щоб сонячні панелі були правильно орієнтовані щодо Сонця. Крім того, деякі космічні апарати можуть мати інструменти, чутливі до світла, які не повинні підлягати прямому сонячному випромінюванню. Існує чимало відомих пристроїв сонячного стеження, які досягли більшого чи меншого успіху у застосуванні [2].

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СОНЯЧНИХ ДАТЧИКІВ

На світовому ринку космічного приладобудування, представлений широкий спектр приладів орієнтації за Сонцем, де можна знайти приклад реалізації сонячного датчика, що відноситься до одного або кількох із наведених типів [1].

а) Сонячні датчики для механізмів стеження. Датчик відноситься до пристрою для збору сонячної енергії і до механізмів відстеження для сфокусованих збирачів сонячної енергії, і зокрема, до ланцюгів управління. Сонячний датчик являє собою просту концепцію управління електродвигуном змінного струму і є досить недорогим в реалізації через доступність пристроїв датчиків, логічних схем і елементів управління симістором [3].

б) Сонячний датчик-обігрівач. Сонячний нагрівач з датчиком температури служить для контролю потоку рідини через нагрівальні котушки. Сонячний датчик-нагрівач містить автономний ізольований блок, до складу якого входить контейнер або кожух. Контейнер включає в себе безліч шарів ізоляційного матеріалу, що принаймні частково утворюють основу. Сторони контейнера також досить ізольовані, щоб регулювати або контролювати температуру всередині контейнера [4].

в) Сонячний датчик, забезпечений елементом, що поглинає сонячну енергію, і панель з такими датчиками. Пристрій відноситься до сонячних датчиків, які використовують поглинаючий елемент, який в свою чергу має високу поглинаючу здатність в діапазоні довжин хвиль, відповідному сонячному світлу, і низьку випромінюючу потужність в діапазоні довжин хвиль,

Відповідному інфрачервоному випромінюванню. Це може бути застосовано незалежно від форми або типу теплообмінника.

Більш конкретно, сонячний датчик використовує елемент, який вибірково поглинає сонячну енергію, і який повинен бути введений між двома трубчастими скляними оболонками. Одна з оболонок зовнішня і прозора, а інша внутрішня і утворює між ними прошарок, які знаходяться у вакуумі. Внутрішня оболонка, що служить стіною для поглиблення, сама по собі призначена для отримання теплообмінника. Таким чином, зазначений елемент містить два листа металу. Кожен з листів встановлений під таким кутом, що після їх збірки, поглинальний елемент має ромбоподібний поперечний переріз, оточивши внутрішню оболонку і пружно стикається з нею в чотирьох контактних зонах таким чином, щоб забезпечити хорошу ефективність теплопередачі між поглиначем і теплообмінником [5].

г) Сонячний датчик щілинного типу. Датчик Сонця представляє собою оптико-електронний прилад щілинного типу з чотирма зонами огляду. У кожній зоні чутливим елементом є кремнієві фотодіоди ФД-10К. Фотодіоди виробляють електричний струм, величина якого залежить від кутового положення Сонця [6].

д) Оптичний сонячний датчик. Прилад являє собою моноблок, в якому на основі розташовані електронні модулі та оптична головка. Оптична головка – частина фотоприймального пристрою, що складається з ПЗЗ-лінійки (прилад із зарядним зв'язком) і кодууючої маски, об'єднаних в корпусі. Датчик визначає напрямок на центр видимого диска Сонця з подальшим описом вихідної інформації у вигляді напрямних косинусів в системі координат приладу. Принцип роботи приладу простіше викласти, опираючись на модель датчика з кодууючою маскою, що складається з трьох щілин. В оптичному елементі є три щілини, при цьому крайні щілини утворюють з центральною щілиною кут 45° [7].

е) Мініатюрний двовісний сонячний датчик для контролю орієнтації наносупутників. Датчик складається з двох пар фотодіодів, монолітно виготовлених на одній підкладці з кристалічного кремнію і розташованих ортогонально для вимірювання двох кутів сонячного вектора. У цьому пристрої використовуються монолітно інтегровані чотири кремнієвих фотодіода, в тому числі прозоре покривне скло на тому ж кремнієвому кристалізаторі, що служить екраном для запобігання пошкодження космічним випромінюванням.

Виготовлення пристрою поєднує в собі технологію мікроелектроніки з високоефективним процесом виготовлення сонячних елементів, що дозволяє створювати пристрої невеликого розміру ($3\text{ см} \times 3\text{ см}$) і невеликої ваги (24 г). Послідовність виготовлення пристрою складається з трьох основних етапів: виготовлення кремнієвої матриці, металізація покривного скла, яка визначає два світлових вікна, і приклеювання покривного скла до кремнієвої матриці [8].

є) Фасеткові датчики сонячної орієнтації. Початково такі датчики статичного типу представляли собою фасетку – набір з простих фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), розміщених на куполі, – і давали можливість приладу орієнтації на Сонце (ПОС) бачити ледь не у всіх напрямках

одночасно. Існують такі важливі переваги фасеткових конструкцій перед системами «проекційного» типу, що використовують обмеження світлового потоку діафрагмами різного виду: дуже малі маса і енергоспоживання; одночасний аналіз результатів вимірювань і автономний контроль функціонування; відсутність принципових обмежень по реалізації двокоординатних ширококутних і автономних ПОС.

Базовим елементом будь-якого фасеточного датчика сонячної орієнтації є пара фотоелектричних перетворювачів планарного типу, які розміщені по боках рівнобічної трапеції під однаковим нахилом до базової площини симетрично один одному. Зміна кутів нахилу фотоелектричних перетворювачів дозволяє змінювати кут огляду датчика в певних межах, одночасно змінюючи при цьому і його чутливість [9].

ж) Сонячний датчик з інтелектуальними здібностями. Датчики сонячної орієнтації, принцип дії яких заснований на використанні залежності вихідного сигналу від кута падіння випромінювання на площину фотоприймача, дозволяють забезпечити великий кут огляду, але мають порівняно низьку точність визначення кутового положення. Вони найбільш прості за конструкцією і можуть використовуватися на малих супутниках або в якості резервних систем. Точність цих приладів в значній мірі залежить від лінійності перетворення сигналів, впливу засвічень і температурного впливу.

Датчик автоматично припиняє видачу інформації при нерівномірному затінюванні, бліках і виході з ладу окремих елементів. Він забезпечує безперервний самоконтроль правильності функціонування в процесі визначення кутового положення. Видача інформації щодо кутової орієнтації здійснюється в реальному часі. Можлива також реалізація конструкції датчика зі змінним полем зору зміною нахилу граней піраміди. Фотоприймальні елементи можуть служити одночасно і джерелом живлення датчика [2].

ВИСНОВОК

Відмінними рисами нового покоління приладів сонячної орієнтації можна назвати широке впровадження останніх досягнень мікроелектроніки та обчислювальної техніки: мікропроцесорів, інших інтегральних мікросхем у великій мірі інтеграції, багатоелементних приймачів – матриці і лінійки ПЗЗ; широке використання в приладах програмних методів обробки інформації.

Завдяки реалізації перерахованих технічних рішень і заходів прилади нового покоління в порівнянні з попередніми переважають в декілька разів кращими показниками за такими основними характеристиками як точність, маса, термін служби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Владов М. Датчики солнечной ориентации для микроспутника / М. Владов, Д. Украинцев, Р. Недков // Eighth Scientific Conference with International Participation / Space, Ecology, Safety. – Болгария, 2012. – С. 231-238.
- [2]Котцов В.А. Солнечный датчик с интеллектуальными способностями / В.А. Котцов, В.Д. Глазков // Координатно-временные системы с

- использованием космических технологий / Институт космических исследований Российской академии наук. – Москва, 2006. – С. 114-119.
- [3] Pat. 4107521 USA, MPK G01 1/20, CCL 250/203 R. Solar sensor and tracker apparatus / Gordon Robert Winders. – App. No. 05/732,463; printed 15.08.1978.
- [4] Pat. 3985117 USA, MPK F24J 3/02, CCL 126/271. Solar sensor-heater / Leroy H. Sallen. – App. No. 05/536,551; printed 12.10.1976.
- [5] Pat. 4397304 USA, MPK F24J 3/02, CCL 126/443. Solar sensor equipped with solar energy absorbing member and panel having such sensors / Jacques Villain ; Assignee: Compagnie des Lampes, France. – App. No. 06/340,020; printed 09.08.1983.
- [6] Караваева Е.С. Управление ориентацией космического аппарата при помощи датчика Солнца щелевого типа / Е.С. Караваева // Журнал «Электромеханические вопросы. ВНИИЭМ учеба». – 2012. – Том 126. – С. 37-42.
- [7] Аванесов Г.А. Оптический солнечный датчик. Особенности конструкции и испытательного оборудования / Г.А. Аванесов, Я.Л. Зиман, Е.В. Зарецкая, М.И. Куделин, А.В. Никитин, А.А. Форш // Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов» / Институт космических исследований Российской академии наук. – Москва, 2009. – С. 78-89.
- [8] Ortega P. A miniaturized two axis sun sensor for attitude control of nano-satellites / Pablo Ortega, Gema López-Rodríguez, Jordi Ricart, Manuel Domínguez, Luis M. Castañer, José M. Quero, Cristina L. Tarrida, Juan García, Manuel Reina, Ana Gras, and Manuel Angulo // IEEE Sensors journal. – 2010. – Vol. 10, № 10. – P. 1623-1632.
- [9] Глазков В.Д. Фасеточные датчики солнечной ориентации / В.Д. Глазков, В.А. Котцов // Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов» / Институт космических исследований Российской академии наук. – Москва, 2009. – С. 136-145.

Наук. керівник – к.т.н. Півторак Д.О.