

Михайло Паламар

РОЗРОБКИ НОВИХ АНТЕННИХ СТАНЦІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Наведено інформацію стосовно галузі застосування та технічних характеристик систем дистанційного зондування Землі з космосу. Описано конструкції антен та системи керування власної розробки, які успішно функціонують в Україні та за кордоном.

У сучасному суспільстві головною продуктивною силою стає переробка, використання інформації. Побудова інформаційного суспільства ХХІ ст. передбачає створення глобальної інформаційної інфраструктури й фонду знань, перетворення світу на «глобальне село», як передбачали вчені в минулому [проф. М. Маклюєн, 1962], а також розвиток колективної відповідальності за цю спільноту. Одним з важливих напрямів розвитку інформаційного технологій з великими потенційними можливостями впливу на соціально-економічний розвиток, безпеку і оборону країн є дистанційного зондування Землі з космосу (ДЗЗ). ДЗЗ — це система глобального спостереження й аналізу Землі з космосу у видимому та інших спектральних діапазонах за допомогою низькоорбітальних супутників. Роздільна здатність знімків поверхні Землі досягає кількох десятків сантиметрів. Як і у багатьох випадках технологія ДЗЗ почалася з військових задач (оперативне спостереження за необхідними територіями, картографія і т.п.), а зараз все більше поширюється в сферу комерційного застосування.

Задачі, що вирішуються за допомогою ДЗЗ зараз найрізноманітніші й зводяться до інформаційного забезпечення економічно-господарської діяльності країни. Це гідрометеорологія, екологія, моніторинг надзвичайних ситуацій (напр. рис. 1), велика кількість природо господарських задач: контроль і прогнози розвитку в сільському, лісовому господарстві, промисел морепродуктів, геологія і пошук корисних копалин, землевпорядкування, будівництво, прокладка транспортних магістралей, картографія, геоінформаційні системи, гідротехніка і меліорація, а також наукові задачі фунда-

ментального вивчення стану й еволюції Землі як цілісної екологічної системи, що розвивається.

У спеціальній резолюції ООН було зазначено, що забезпечення стабільного і безпечного розвитку на Землі неможливе без застосування космічних технологій спостереження. На орбітах знаходиться вже понад півсотні комерційних або подвійного використання штучних супутників землі (ШСЗ) різних країн для задач ДЗЗ і їх кількість все збільшується. В Україні також було виведено на орбіту декілька супутників ДЗЗ, а зараз успішно працює супутник «Січ-2». Спектр застосувань даних ДЗЗ у світі невпинно розширюється і можна очікувати, що ця тенденція збережеться в майбутньому.



Рисунок 1. Оперативна оцінка обстановки з супутника (знімок справа) в районі аварії лайнера Коста Конкордія.

Антенні станції прийому даних ДЗЗ. Технологія прийому даних ДЗЗ складніша, ніж з геостаціонарних супутників, через необхідність швидкого супроводу супутника. Висота орбіт супутників ДЗЗ становить від 400 до 1000 км, що значно менше від висоти геостаціонарних супутників (35 875 км) і час проходження його над горизонтом складає 5..15 хв. Звідси випливають особливі вимоги до побудови конструкцій антен та систем супроводу низькоорбітальних супутників для забезпечення прийому великих потоків інформації, знятої бортовою апаратурою супутника.

Перш за все, це високі вимоги до динамічних характеристик, пов'язані з постійною зміною траєкторії руху КА відносно місцезнаходження АС, викликаною обертанням Землі та відносно великою швидкістю руху низькоорбітальних супутників ДЗЗ, розрахунків їх траєкторій. Для надійного прийому швидкісних інформаційних

потоків потрібні великогабаритні антени діаметром 3–12 м, причому чим більшою є антена, тим менші динамічні похибки наведення потрібно забезпечити. Похибки відхилення променя діаграми направленості кількатонної антени від траєкторії руху супутника при супроводженні з кутовими швидкостями до 10 град./сек. не повинні перевищувати одиниць кутових мінут.

В результаті виконання НДР/ДКР за замовленнями різних підприємств творчим колективом кафедри ПВ ТНТУ ім. І. Пулюя розроблено ряд АС для ДЗЗ. Зокрема за замовленням КБ «Південне» та в кооперації з Харківським науково-дослідним інститутом радіотехнічних вимірювань (НДІРВ) розроблена оригінальна конструкція антенної системи з трьохосовим опорно-поворотним механізмом наведення та система керування, яка забезпечує супровід будь-яких траєкторій супутників без так званих «мертвих зон», які виникають при проходженні траєкторії супутника через зеніт відносно місцезнаходження АС, що було неможливим для класичних 2-вісних азимутально-кутомістних поворотних пристроїв антен. Після успішних випробувань в центрі управління і випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ) АС була змонтована в Єгипті (рис. 2) і використовується в складі наземної станції керування єгипетським супутником ДЗЗ «EgyptSat-1», що був успішно виведений на орбіту в 2007 р. Антена система показала надійну роботу з забезпечення зв'язку з супутником на протязі терміну його експлуатації



Рисунок 2. АС «EgyptSat-1» в НЦУВКЗ та наладка АС і системи керування в Єгипті.

За замовленням ДКАУ також була розроблена система керування великогабаритною антеною ТНА57 з діаметром рефлектора 12 м, загальна вага якої становить 55 т, що робить необхідною особливо велику точність наведення та супроводу супутників (рис.3). Система керування успішно працює в складі універсальної приймальної станції УНСПІ-8.2, що приймає зображення з різних супутників ДЗЗ в Центрі прийому та обробки космічної інформації і контролю навігаційного поля.



Рисунок 3. Система керування антенною станцією ТНА57 в комплексі ДЗЗ.

Згідно державної цільової програми з розвитку інфраструктури та провадження господарської діяльності на о. Зміїний і континентальному шельфі нами розроблена 2-вісна АС, що також забезпечує супровід без «мертвих зон» завдяки спеціальній конструкції ОПП карданного типу (Е2-Е1) та система керування нею (рис.4).

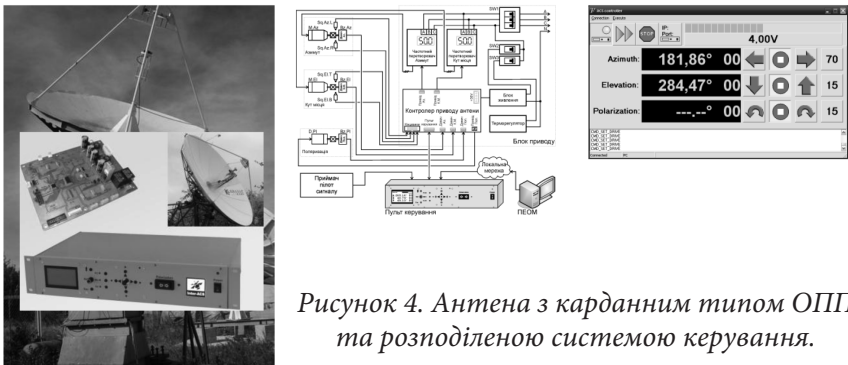


Рисунок 4. Антена з карданним типом ОПП та розподіленою системою керування.

Особливістю такої системи є розподілена модульна структура, що дозволяє легко адаптувати систему керування до антен з різними діаметрами рефлекторів та різними потужностями електроприводів. Частина системи керування розміщена безпосередньо на опорно-поворотному пристрої що дозволяє ефективніше керувати силовими електроприводами АС. Керування АС можна здійснювати дистанційно через мережу Інтернет.

Проте у АС з великим діаметром рефлектора (більше 3 м) значно зростають вимоги до конструкції опорно-поворотних платформ (ОПП) антен та точності обертових механізмів наведення АС, що приводить до їх ускладнення, великої металоємкості конструкції та зростання вартості. В останніх розробках нами запропоновано нове технічне рішення побудови опорно-поворотної платформи АС ДЗЗ та системи керування нею на основі кінематичної схеми з лінійними приводами з октаедральною компоновкою актуаторів відомою як платформа Гю-Стюарта або механізм Нехарод [1]. В такій системі значно зростають вимоги до електронної схеми керування актуаторами, де необхідна строго узгоджена подача керуючих сигналів, щоб забезпечити одночасний рух усіх шести лінійних приводів по розрахованих траєкторіях із заданою швидкістю на основі даних датчиків переміщень кожного актуатора. На рис. 5 приведено експериментальний взірець антени, плати системи керування та модель і графіки траєкторій руху актуаторів при супроводі супутника.

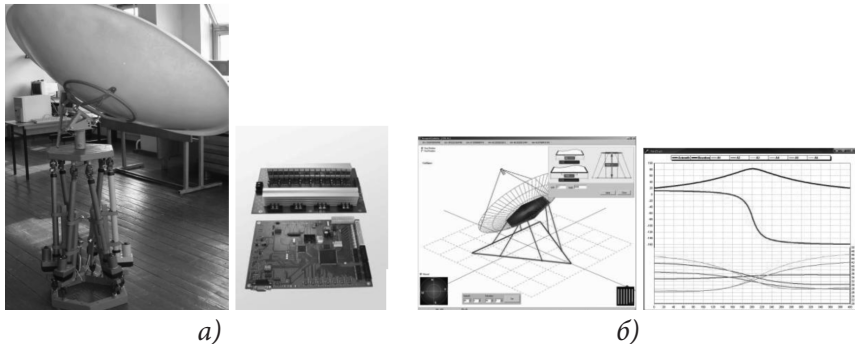


Рисунок 5. Конструкція і моделювання ОПП Нехарод для АС ДЗЗ

Водночас, в такій АС значно спрощується механічна конструкція, маса ОПП. В ній поєднуються висока жорсткість та компактність, надійність, простота та технологічність складання й обслуговування такої конструкції.

Розроблені алгоритми та програма імітаційного моделювання дозволяють підібрати параметри конструкції ОПП для різних діаметрів рефлекторів. Експериментальні дослідження з дослідним взірцем АС та системою керування платформою Нехарод на основі паралельної обчислювальної структури на базі FPGA показали можливість відпрацювання різних траєкторій супроводу супутників.

Зараз ведуться роботи по створенню простіших, так званих «персональних» антенних станцій ДЗЗ, що легко можуть обслуговуватись одним оператором і будуть доступні окремим творчим колективам, університетам як інструмент для одержання і тематичної обробки даних ДЗЗ.

Створення доступних малих АС прийому й обробки супутникових зображень абонентського класу, в т.ч. мобільних «персональних» АС ДЗЗ надасть можливість користувачам безпосередньо займатись тематичною обробкою даних, дозволить залучати вузівську науку як для досліджень, так і підготовки кадрів в галузі тематичної обробки інформації ДЗЗ, що створило б передумови ефективного використання технологій ДЗЗ в інформаційному суспільстві. Крім того, космічні технології акумулюють найвищі науково-технічні досягнення і є потужною рушійною силою для розробок високотехнологічної продукції також і в інших галузях техніки.

Література.

1. Nair R. On the forward kinematics of the parallel manipulators / R. Nair, J. H. Maddocks // *The International Journal of Robotics Research*. — 1994. — vol. 13, No. 2. — pp. 171–188.
2. Palamar M. Smart station for data reception of the Earth remote sensing / M. Palamar // *Remote Sensing — Advanced Techniques and Platforms: InTechBook*, 2012. — ch.15. — pp. 341–371.
3. Паламар М. Особливості прийому інформації дистанційного

зондування Землі з низькоорбітальних космічних апаратів / М. Паламар // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя. — 2008. — Т. 2. — С. 121–126

4. Паламар М. І. Керування антенною системою з механізмом наведення паралельної структури типу «Нехарод» / М. І. Паламар, Ю. В. Пастернак // Автоматика, вимірювання та керування. — Вісник НУ «Львівська політехніка». — 2011. — № 695. — С. 104–110.

Mykhaylo Palamar

DESIGN OF NEW ANTENNAS FOR REMOTE EARTH SURVEILLANCE

General information about the application and technical characteristics of remote Earth surveillance systems is presented. Design of antennas and control systems developed by the author that are exploited in Ukraine and abroad is described.