

ПРОЕКТУВАННЯ НАЗЕМНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

© Горбатий І., 2009

Запропоновано нові технічні рішення під час проектування наземних інформаційних комплексів (НІК) приймання, оброблення та архівування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), структурну схему та характеристики НІК. Сформульовано рекомендації для проектування НІК.

The new technical decisions during design the earth informative complexes (EIC) of receiving, processing and archive the data of the remote sensing of Earth (RSE), structural scheme and parameters of EIC was offers. The recommendations for design EIC was formulate.

Вступ

Сьогодні у світі зберігається тенденція збільшення кількості супутників з апаратурою ДЗЗ. Збільшується кількість країн-операторів національних систем ДЗЗ. На початку 1990-х років національні супутникові системи ДЗЗ експлуатували сім країн (США, СРСР, Китай, Франція, Індія, Ізраїль і Японія), у 2000 р. їх було 20, нині – більше 30.

В Україні розроблено та виготовлено бортові комплекси (БК) систем ДЗЗ Січ-1М, МС-2-8 та EgyptSat-1, нині ідуть роботи над створенням БК системи ДЗЗ “Січ-2”.

Також розроблено та виготовлено НІК УН СПІ-8,2, що призначений для приймання, оброблення та архівування даних ДЗЗ, отриманих від БК Січ-1М, МС-2-8 та EgyptSat-1.

Актуальність цього напрямку досліджень пов’язана з тим, що системи ДЗЗ і видового спостереження стали необхідним компонентом інформаційної інфраструктури сучасної держави. Основними галузями застосування космічних геоданих є інформаційне забезпечення інженерно-будівельних робіт і сільськогосподарської галузі. Уже створюються проекти, пов’язані із плануванням міської забудови, а також забезпеченням пошуково-рятувальних операцій, в екологічних і природоохоронних проектах.

У науковій літературі наведено недостатньо інформації для проектування сучасних НІК [1-5]. Мета роботи – визначити основні вимоги до характеристик НІК загалом та окремих його вузлів, а також на основі виконаних досліджень запропонувати структурну схему НІК, що забезпечить приймання даних з БК зі швидкістю до 500 Мбіт/с.

Основні характеристики НІК систем ДЗЗ

Враховуючи теоретичні дослідження і практичний досвід, НІК повинен забезпечувати виконання таких функцій:

- приймання радіосигналу від БК та формування первинних даних;
- оброблення даних у реальному масштабі часу;
- архівування даних;
- програмне наведення антенної системи на БК;
- програмне наведення антенної системи на БК з корекцією за кутом місця та азимутом від системи управління НІК;
- автоматизоване перевіряння працездатності складових частин НІК;

- вибір режимів роботи НІК за допомогою спеціальних програм управління пристроями та системами.

НІК повинен забезпечувати можливість вводу даних про траєкторію руху БК та про режим передавання даних із БК.

За результатами виконаних наукових досліджень доцільно реалізувати НІК, що складається з таких складових частин: антенної системи, системи приймання та формування первинних даних, системи управління НІК, системи вторинного оброблення та архівування даних, мережевого комутатора Ethernet і системи безперервного електроживлення.

Для забезпечення роботи з наявними БК встановлено, що проєктований НІК повинен мати технічні характеристики, наведені в таблиці.

Необхідні технічні характеристики НІК

Технічні характеристики	Значення
Діапазон робочих частот, ГГц	7,9...8,5
Оперативне перестроювання гетеродину приймача із кроком, кГц	50
Тип поляризації електромагнітного поля на вході дзеркальної системи	Кругова, кругова права чи кругова ліва
Види модуляції прийнятого радіосигналу	BPSK, DPSK, QPSK, AQPSK, OQPSK, SQPSK, UQPSK
Кількість інформаційних каналів приймання	1...5
Швидкість приймання даних, Мбіт/с	До 500
Імовірність помилок при формуванні первинних даних при кутах місця БК 5...90°	$\leq 10^{-6}$
Коефіцієнт підсилення дзеркальної системи, дБ	≥ 51
Режим наведення дзеркальної системи	Програмний
Діаметр параболічного рефлектора, м	$\geq 5,2$
Сектори повороту дзеркальної системи, °: - по азимуту - по куту місця	± 260 Мінус 2...90
Тривалість сеансу зв'язку, хв.	До 16
Швидкість обробки даних	У реальному масштабі часу
Об'єм пам'яті засобів архівування даних, Гбайт	>1000
Типи використовуваних універсальних цифрових інтерфейсів	Gigabit Ethernet

Один із варіантів виконання НІК з двома інформаційними каналами приймання, характеристики якого наведені в таблиці, зображено на рисунку.

Основні характеристики вузлів НІК

Розглянемо призначення та принципи побудови основних вузлів НІК, зображеного на рис. 1.

1. Антенна система призначена для приймання радіосигналів надвисоких частот (НВЧ) у діапазоні робочих частот 7,9...8,5 ГГц у складі НІК. Основною складовою антенної системи є дзеркальна система. Її основні характеристики збігаються із характеристиками НІК, що наведені в таблиці.

За результатами виконаних досліджень встановлено, що конструктивно дзеркальна система повинна складатись з рефлектора, контррефлектора, опромінювача та поляризатора [6]. Дводзеркальну систему доцільно виконувати за схемою АДЕ, що порівняно з дводзеркальною системою за схемою Касегрена або однодзеркальною системою має такі позитивні властивості:

- практично відсутня реакція опромінювача на поле, відбите від контррефлектора, оскільки опромінювач розташований в зоні, що не опромінюється контррефлектором;
- відсутність енергії, що падає на контррефлектор після відбиття від рефлектора, майже вдвічі зменшує втрати затінення;

- внаслідок інверсії поля після відбиття від контррефлектора забезпечується перекидання енергії центральної частини дзеркальної системи опромінювача на периферію рефлектора і навпаки, що призводить до більшої рівномірності розподілу поля в розкриві рефлектора, що, своєю чергою, призводить до зростання коефіцієнта використання поверхні рефлектора.

Отже, найкращим рішенням для застосування в НІК є варіант дзеркальної системи за схемою АДЕ, який дає можливість отримати максимальний коефіцієнт використання поверхні рефлектора.

Технологічно рефлектор доцільно виготовляти сегментами з використанням сучасних матеріалів, що під час регулювання дзеркальної системи дає можливість настроювання контррефлектора на максимум прийнятого сигналу з БК.

Опорно-поворотний пристрій повинен забезпечити переміщення дзеркальної системи за азимутом та кутом місця за заданою програмою з динамічною похибкою супроводження БК не гірше двох кутових хвилин.

2. До складу системи приймання та формування первинних даних входять приймач та пристрій формування первинних даних.

Приймач призначений для роботи в НВЧ діапазоні 7,9...8,5 ГГц і складається з конвертора, підсилювачів проміжної частоти, пристрою формування цифрових сигналів для автонастроювання антенної системи, розгалужувача та підвищуючого конвертора. Конвертор виконаний за схемою із високостабільним гетеродином частотою 7,48 ГГц. Він забезпечує підсилення сигналів НВЧ у діапазоні 7,9...8,5 ГГц, перетворення їх у сигнали проміжної частоти 420...1020 МГц. Можливий другий варіант конвертора з високостабільним гетеродином, що перенастроюється в діапазоні 7,18...7,78 ГГц за допомогою синтезатора частоти. Таке рішення дає можливість використовувати демодулятори на фіксовану проміжну частоту, простішим стає тракт проміжної частоти, і є можливість використовувати в тракті проміжної частоти фільтри, що перенастроюються залежно від ширини спектра сигналу БК. Для реалізації НІК із заданими характеристиками необхідно конвертор з коефіцієнтом шуму не більше 0,5 дБ і коефіцієнтом підсилення більше 65 дБ.

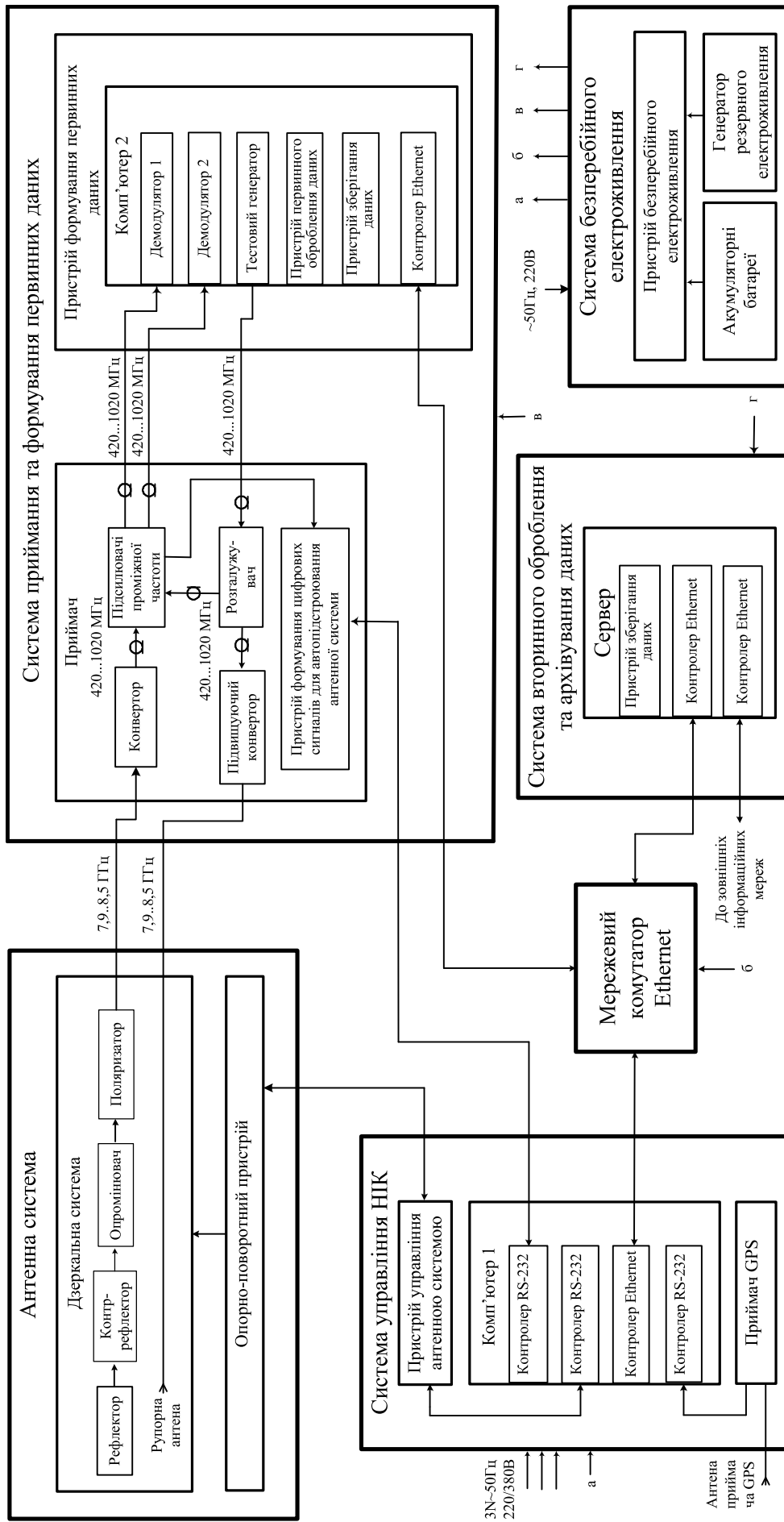
Підсилювачі проміжної частоти (ПЧ) призначені для формування необхідних смуг пропускання каналів приймання та підсилення сигналів проміжної частоти. У цьому пристрої може бути від одного до п'яти каналів приймання з підсиленням до 20 дБ для компенсації ослаблення сигналу в НВЧ кабелі між конвертором і підсилювачами ПЧ. При використанні, наприклад, п'яти підсилювачів ПЧ буде можливість подавати сигнали ПЧ одночасно на п'ять демодуляторів, тобто НІК забезпечить одночасне п'ятиканальне приймання даних ДЗЗ.

На виході підсилювачів ПЧ встановлені детектори потужності для контролю рівнів потужності сигналів на входах демодуляторів. Крім того, сигнали з детекторів подаються на пристрій формування цифрових сигналів для автопідстроювання антенної системи, що потрібні для автоматичного введення поправок по куту місця і азимуту при супроводженні антенною системою БК за заданою програмою. Сформовані цифрові сигнали подаються в систему управління НІК через порт RS-232.

Розгалужувач необхідний для розгалуження сигналів з тестового генератора для подальшого їх передавання на підсилювачі проміжної частоти або підвищуючий конвертор, що необхідно у разі внутрішнього тестування НІК або окремих його складових частин.

Підвищуючий конвертор призначений для перенесення спектра сигналу 420...1020 МГц тестового генератора у сигнали НВЧ 7,9...8,5 ГГц. Необхідний коефіцієнт підсилення конвертора – не менше 10 дБ. У режимі внутрішнього тестування НІК сформований у тестовому генераторі сигнал подається на підвищуючий конвертор і за допомогою рупорної антени випромінюється в зоні рефлектора дзеркальної системи, що дає можливість перевірити працездатність НІК загалом.

Пристрій формування первинних даних побудований на основі промислового комп'ютера (комп'ютер 2), у який встановлено від одного до п'яти демодуляторів, тестовий генератор, пристрій первинного оброблення даних, пристрій зберігання даних та контролер Ethernet.



Кількість демодуляторів залежить від кількості каналів, що необхідно для одночасної роботи НІК по декількох каналах. Демодулятори призначені для підсилення, демодуляції й декодування сигналів проміжної частоти та забезпечення синхронізації даних (захоплення даних). Для стабільної роботи НІК з різними БК необхідно забезпечити потужність сигналу на входах демодуляторів в межах мінус 40...мінус 10 дБм.

Пристрій первинного оброблення даних призначений для виконання операцій оперативного перегляду, конвертування та нормалізації даних, отриманих на виході демодуляторів. Результати первинного оброблення зберігаються у пристрої зберігання даних і можуть бути передані через контролер Ethernet для подальшого використання в системі вторинного оброблення та архівування даних.

Зв'язок між вузлами пристрою формування первинних даних здійснюється через шину PCI 32 промислового комп'ютера.

Тестовий генератор (модулятор) призначений для формування тестового сигналу в діапазоні частот 420...1020 МГц з вихідною потужністю мінус 40...мінус 10 дБм та швидкістю передавання інформаційного цифрового потоку до 250 Мбіт/с. За допомогою тестового генератора можливо перевірити працездатність будь-якого демодулятора. При подаванні тестового сигналу на підвищуючий конвертер формується сигнал у діапазоні частот 7,9...8,5 ГГц, що дозволяє перевірити працездатність НІК загалом.

3. До складу системи управління НІК входять промисловий комп'ютер (комп'ютер 1), пристрій управління антенною системою та приймач GPS. Комп'ютер 1 забезпечує:

- загальне управління НІК;
- встановлення режимів роботи системи приймання та формування первинних даних;
- формування вихідних даних для пристрою управління антенною системою;
- здійснення синхронізації пристрою формування первинних даних та пристрою управління антенною системою від приймача GPS;
- встановлення режимів роботи тестового генератора.

За допомогою системи управління НІК здійснюється встановлення та контроль основних параметрів НІК за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Усі команди управління виконуються за допомогою комп'ютера 1. Основні параметри НІК відображаються на моніторі у графічному вигляді.

За допомогою системи управління НІК встановлюється вид модуляції у приймальних каналах, швидкість потоку I та Q каналів (частота даних), номінальна частота опорних генераторів у демодуляторах, тривалість сеансу тощо.

За допомогою контролерів RS-232 комп'ютера 1 під'єднано пристрій управління антенною системою, пристрій формування цифрових сигналів для автонастроювання антенної системи та GPS приймач, необхідний для синхронізації роботи НІК за часом.

Пристрій управління антенною системою формує сигнали управління опорно-поворотним пристроєм для забезпечення супроводу антенною системою певного БК за заданою програмою з врахуванням отриманих сигналів з давачів, що фіксують реальне положення дзеркальної системи.

За допомогою комп'ютера 1 системи управління НІК у тестовому генераторі встановлюється вид модуляції (QPSK, AQPSK, OQPSK, SQPSK, UQPSK, BPSK, DPSK), швидкість потоку I каналу (частота даних), відношення швидкостей I і Q каналів, потужність I каналу, відношення амплітуд сигналів I і Q каналів, частота вихідного сигналу з врахуванням (за необхідності) ефекту Доплера. Системою управління контролюється готовність тестового генератора, частота вихідного сигналу, частота даних, вихідна потужність.

Система управління НІК зв'язана з іншими системами через контролер Ethernet.

4. Система вторинного оброблення та архівування даних призначена для тематичного оброблення даних і забезпечує точне прив'язування, геометричне і радіометричне корегування, дешифрування даних з метою отримання тематичних інформаційних продуктів. Система забезпечує архівування даних та регламентує доступ до даних, розміщених на сервері, для користувачів

даними ДЗЗ. Пристрій зберігання даних містить необхідну кількість накопичувачів на жорстких магнітних дисках (з об'ємом пам'яті не менше 1000 Гбайт). Зв'язок сервера з системами НІК та зовнішніми інформаційними мережами здійснюється за допомогою контролерів Ethernet.

5. Усі системи об'єднані між собою за допомогою мережевого комутатора, що підтримує технологію Gigabit Ethernet.

Рекомендації для проектування НІК

За результатами проведених наукових досліджень встановлено, що під час проектування сучасного НІК доцільно застосувати вузли та системи з такими характеристиками:

- дзеркальна система виготовлена за схемою АДЕ;
- діаметр рефлектора більше 5 м;
- конвертор необхідно встановлювати на дзеркальній системі;
- коефіцієнт шуму конвертора не більше 0,5 дБ;
- кількість приймальних каналів НІК не менше двох;
- кожен демодулятор повинен забезпечити приймання та первинне оброблення даних зі швидкістю не менше 250 Мбіт/с;
- пристрої зберігання даних повинні мати об'єм пам'яті не менше 200 Гбайт у пристрої формування первинних даних та не менше 1000 Гбайт для архівування даних;
- система управління НІК повинна забезпечити точність наведення антени за заданою програмою при супроводженні БК не гірше 2 кутових хвилин;
- необхідно забезпечити синхронізацію НІК від приймача GPS;
- програмне забезпечення повинне давати змогу здійснювати управління НІК та контроль основних параметрів систем НІК.

Висновки

НІК із технічними характеристиками, наведеними в таблиці, та структурною схемою, показаною на рисунку, забезпечить приймання, оброблення та архівування даних від наявних БК ДЗЗ у X-діапазоні зі швидкістю до 500 Мбіт/с по декількох каналах. Можливе проектування НІК із більшими швидкостями передавання даних та більшою кількістю каналів.

Для функціонування НІК необхідно розробити спеціальне програмне забезпечення для управління НІК та спеціальне програмне забезпечення для приймання, оброблення та архівування даних.

Наведені результати досліджень рекомендується використовувати при проектуванні сучасних НІК ДЗЗ.

Надалі доцільно проаналізувати сучасний стан та перспективи розвитку БК ДЗЗ.

1. Манойлов В.П., Омельчук В.В., Опанюк В.В. Дистанційне зондування землі із космосу: наково-технічні основи формування й обробки видової інформації: Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 384 с. 2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104 с. 3. Гарбух С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Изд-во А и Б, 1997. 4. Белянский П.В., Сергеев Б.Г. Управление наземными антеннами и радиотелескопами. – М.: Сов. Радио, 1980. – 280 с. 5. Proakis J.G. Digital Communications, 4th ed., New York, McGraw-Hill, 2001. 6. Горбатий В.І, Горбатий І.В. Визначення оптимального діаметра антени приймальної станції для приймання даних із супутників ДЗЗ // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Радіoeлектроніка та телекомунікації”. – Львів, 2008. – №618. – С. 192–196.