

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Інтегрована антена опромінююча
система для двох частотних діапазонів**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РРм-61
спеціальності (напряму підготовки) 172

“Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Земба І.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Умзар Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дозорський В.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Земба І.П. Інтегрована антенна опромінююча система для двох частотних діапазонів. Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

У магістерській роботі розглянуті інтегровані широкосмугові, суміщені, хвилевідні НВЧ вузли різних частотних діапазонів (С-,Х-, КУ-) на основі аналізу уже існуючих прототипів (наукові статті, конференції, патенти, результати досліджень) та проведення досліджень спроектованих власних інтегрованих НВЧ трактів на основі хвилеводів. Виконано дослідження радіотехнічних характеристик інтегрованого хвилеводного НВЧ тракту суміщеного С/КУ діапазону, суміщеного С/Х діапазону, розширеного приймально - передавального інтегрованого тракту С-діапазону (коефіцієнт стоячої хвилі, частотний діапазон, рівень динамічних втрат електромагнітної енергії у діапазоні частот, крос поляризаційні та поляризаційні характеристики, коефіцієнт еліптичності).

Відповідно у магістерській роботі проводився аналіз та систематизування типових конструкцій та технічних характеристик НВЧ трактів на хвилеводах.

Ключові слова: фільтр, надвисокі частоти, коефіцієнт стоячої хвилі, С-діапазон, частотний діапазон, коефіцієнт еліптичності, поляризаційні характеристики.

ANNOTATION

Zemba I.P. Integrated antenna irradiation system for two frequency bands. Manuscript. Master's qualification work, Ternopil National Technical University Ivan Puliuy University, Ternopil, 2019.

The master's thesis deals with integrated broadband, combined, waveguide microwave nodes of different frequency ranges (C-, X-, KU-) on the basis of the analysis of already existing prototypes (scientific articles, conferences, patents, research results) and the research of designed own integrable based on waveguides. The radio technical characteristics of the integrated waveguide microwave path of the combined C / KU band, the combined C / X band, the extended transceiver integrated transmission path of the C-band are performed (standing wave ratio, frequency range, level of dynamic electromagnetic losses in the electromagnetic field characteristics, coefficient of ellipticity).

Accordingly, the master's thesis analyzed and systematized the typical designs and technical characteristics of microwave paths on waveguides.

Keywords: filter, ultra-high frequencies, standing wave factor, C-band, frequency range, ellipticity coefficient, polarization characteristics.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АХП – антенно-хвилеводний пристрій;
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
ДФС – диференціально фазовий зсув;
Ке – коефіцієнт еліптичності;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
КСХ – коефіцієнт стоячої хвилі;
НВЧ – надвисокі частоти;
РЛС – радіолокаційна система;
ФЧХ – фазово-частотна характеристика;
ЧД – частотний діапазон;
ШП – ширококутовий поляризатор;

ЗМІСТ

ВСТУП.....	.....
РОЗДІЛ 1 АНТЕННІ НВЧ ТРАКТИ ДЛЯ СИСТЕМ ЗВ’ЯЗКУ.....	.....
1.1 Аналіз антенно-фідерних трактів.....	.....
1.2 Висновки до розділу 1.....	.....
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ВПЛИВУ ПОХИБОК ПРИ РОЗРАХУНКУ	
ПАРАМЕТРІВ АНТЕННОГО ТРАКТУ.....	.....
2.1 Дослідження методів впливу похибок.....	.....
2.2 Висновки до розділу 2.....	.....
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ СПРОЕКТОВАНИХ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАКТІВ	
НВЧ ДІАПАЗОНУ.....	.....
3.1. Опис виробу і принцип роботи опромінюючого пристрою С/Х –	
діапазонів.....	.....
3.2 Технічні характеристики опромінюючого пристрою С/Х –	
діапазонів.....	.....
3.3 Суміщений НВЧ тракт С/Х – bands.....	.....
3.4 Опис виробу і принцип роботи пристрою селекції частотних	
діапазонів і поляризацій С/KU діапазонів.....	.....
3.5 Технічні характеристики пристрою селекції частотних	
діапазонів і поляризацій С/KU діапазонів.....	.....
3.6 Приймально – передавальний антенно – хвилевідний блок НВЧ	
розширеного С – band.....	.....
3.7 Дослідження параметрів технічних характеристик спроектованих	
інтегрованих НВЧ трактів.....	.....
3.8 Висновки до розділу 3.....	.....
РОЗДІЛ 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	.....
4.1 Середовище Micro-wave office для проектування НВЧ-	
пристроїв.....	.....
4.2 Основні команди програмного забезпечення Microwave Office .....	.....

4.3 Реалізація експериментальних досліджень за допомогою Microwave Office.....	
4.4 Висновки до розділу 4.....	
РОЗДІЛ 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	
5.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт.....	
5.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	
5.3 Розрахунок витрат на електроенергію	
5.4 Розрахунок витрат на матеріали.....	
5.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	
5.6 Обчислення накладних витрат.....	
5.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт.....	
5.8 Розрахунок ціни науково-дослідних робіт.....	
5.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	
5.10 Висновок до розділу 5.....	
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....	
6.1 Стратегічні напрямки застосування розумного міста в концепції сталого розвитку.....	
6.2 Заходи по зменшенню забруднення навколишнього середовища.....	
6.3 Висновки до розділу 6.....	
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
7.1 Забруднення навколишнього середовища, що виникає в технологічному процесі.....	
7.2 Висновки до розділу 7.....	
7.3 Основні технічні та організаційні заходи щодо профілактики травматизму та професійної захворюваності в галузі.....	

7.4 Завдання страхування від нещасного випадку. Принципи та види страхування.....

7.5 Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів.....

7.6 Висновки до розділу 7.....

ВИСНОВКИ.....

БІБЛІОГРАФІЯ.....

ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Актуальність. Збільшення об'ємів інформативних потоків призводить до освоєння нових та модернізації уже використовуваних частотних діапазонів для систем наземного та супутникового зв'язку. Одні із систем зв'язку, які використовуються для передачі інформації є супутникові цифрові системи та радіорелейні цифрові системи зв'язку і передачі інформації. Для оптимізації частотних діапазонів, їх ефективного використання, особливо у двох поляризаційних площинах, що дає можливість збільшити інформаційні потоки у два рази, використовують модернізовані, інтегровані, суміщені за діапазонами частот антенні НВЧ пристрої.

Системи супутникового зв'язку широко використовуються як у міжнародних, так і в національних та регіональних мережах зв'язку. У останні роки найбільш інтенсивний розвиток йде саме в національних мережах.

Мета та задачі дослідження. Метою є проектування, дослідження інтегрованих, хвилевідних, суміщених за частотними діапазонами НВЧ трактів на основі аналізу уже існуючих прототипів (наукові статті, конференції, патенти, результати досліджень) та проведення досліджень спроектованих власних НВЧ трактів даного типу.

Об'єкт дослідження. Створення та дослідження радіотехнічних характеристик інтегрованих НВЧ трактів (коефіцієнт стоячої хвилі, частотний діапазон, рівень динамічних втрат електромагнітної енергії у діапазоні частот, поляризаційні та крос поляризаційні характеристики, коефіцієнт еліптичності).

Предмет дослідження. Інтегровані хвилевідні суміщені за частотним діапазоном НВЧ тракти, створені на основі прямокутних та круглих хвилеводів різної конфігурації та конструктивного виконання стрижневого, металізованого типу для мінімізації коефіцієнта динамічних втрат.

Методи дослідження. Виконувався аналіз та систематизування типових конструкцій та технічних характеристик інтегрованих НВЧ трактів, на основі хвилеводів різного поперечного перерізу;

За стандартними методиками вимірювань проводились дослідження радіотехнічних характеристик НВЧ трактів на лабораторних стендах.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні результати, що становлять наукову новизну та отримані у ході вирішення завдань, поставлених у дослідженні, полягають в наступному:

створено нові конструктивні варіанти інтегрованих, суміщених за частотним діапазоном та площинами поляризації НВЧ трактів;

розраховано конструкцію та геометричні розміри окремих елементів хвилевідних трактів з метою оптимізації робочих смуг частотного спектру, зменшення динамічних втрат у всіх смузї частот.

Практичне значення одержаних результатів. Створені нові взірці інтегрованих НВЧ трактів, які можуть використовуватися у антенній системі для систем супутникового та радіорелейного, тропосферного зв'язків.

Апробація результатів роботи. Апробація та оприлюднення результатів досліджень відбулось на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ" 27-28 листопада 2019 року у м.Тернопіль, Україна.

Публікації. У тезах VIII Міжнародної науково-технічної конференції опубліковані тези доповідей.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 7 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 116 арк. формату А4 та додатків.

РОЗДІЛ 1 АНТЕННІ НВЧ ТРАКТИ ДЛЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Аналіз антенно-фідерних трактів

Для передачі електромагнітної енергії від передавача до антени і від антени до приймача використовуються фідери: коаксіальні лінії (в дециметровому діапазоні), хвилеводні лінії і променевід (в сантиметровому діапазоні). У деяких випадках (для живлення антени тропосферних станцій) навіть в дециметровому діапазоні хвиль з метою зниження втрат використовуються хвилеводні лінії.

Фідерні тракти радіорелейних ліній та систем супутникового зв'язку повинні забезпечувати гарне узгодження тракту з вхідними опорами антени, передавачів і приймачів. Окремі елементи тракту також повинні бути узгоджені між собою. Допустима величина коефіцієнта відбиття від антени і елементів хвилеводного тракту для багатоканальних систем становить 2 ... 3%. Коефіцієнт відбиття від стиків елементів тракту не повинен перевищувати 0,1%. Коефіцієнт корисної дії антенно-хвильового тракту повинен бути досить високим. Втрати в стінках хвилеводів призводять до ослаблення переданих і прийнятих сигналів, внаслідок чого зростає вплив власних флуктуаційних шумів приймальної апаратури. В тракті з малим загасанням збільшення втрат на 1 дБ еквівалентно збільшенню шумової температури тракту $T_{\text{тр}}$ на 70 К. Тому прагнуть скоротити довжину хвилеводу (або застосовують лучевода).

Для запобігання просочуванню енергії з тракту повинна бути забезпечена електрогерметичність фланцевих з'єднань. Просочування електромагнітної енергії призводить до додаткових втрат і спотворення ДН антени. При великій потужності передавачів навіть у разі незначного просочування енергії поблизу тракту може виникнути неприпустимо висока напруженість поля, що небезпечно для обслуговуючого персоналу.

Тракт живлення повинен володіти необхідною електричною міцністю. Якщо приймаючо-передавальна антена працює на передачу з однією

поляризацією поля, а на прийом - з іншою, то для її живлення часто використовують два прямокутних хвилеводи. Розміри поперечного перерізу прямокутного хвилеводу вибирають з умови існування основної хвилі і відсутності хвиль вищих типів.

На РРЛ, що працюють в сантиметровому діапазоні хвиль, а також в трактах живлення земних станцій супутникового зв'язку використовуються фідерні тракти, виконані з круглих і еліптичних хвилеводів. Перевагою фідерного тракту з круглих хвилеводів є можливість одночасної передачі і прийому на хвилях з ортогональної поляризацією поля по одному фідера. Для цього використовується основний тип хвилі H_{11} (рисунок 1, а).

Хвилеводний тракт збирається з мідних або біметалевих труб (сталева труба з внутрішнім мідним покриттям). Для ослаблення загасання в тракті збільшують діаметр поперечного перерізу хвилеводу. При цьому, наприклад, в широко використовуваному хвилеводі діаметром 70 мм на частотах, що перевищують 4 ГГц, поряд з основним типом хвилі H_{11} ($\lambda_{кр} = 3,41a$, де a - радіус хвилеводу) можливе поширення хвилі вищого типу виду E_{01} ($\lambda_{кр} = 2,61a$, малюнок 1, б) та інших вищих типів хвиль. Іншими словами, хвилевід працює в багатохвильовому режимі. При цьому посилюються вимоги до однорідності хвилеводів, так як в місцях її порушення відбуваються перетворення основного типу хвилі в хвилі вищих типів і зворотне перетворення хвиль вищих типів в основний тип хвилі, що призводить до спотворення переданих по тракту сигналів. Біметалічні хвилеводи мають більшу однорідністю і меншим коефіцієнтом відбиття від стиків хвилеводних секцій, ніж мідні. Загасання електромагнітної енергії в круглому хвилеводі залежить від його діаметра і робочої частоти. Наприклад, загасання в хвилеводі діаметром 70 мм в діапазоні 4 ... 8 ГГц не перевищує 0,02 дБ / м.

Поряд з жорсткими хвилеводними лініями в якості самостійних фідерів або вставок для з'єднання окремих частин фідерних трактів з високочастотної апаратурою широко використовуються гнучкі гофровані хвилеводи еліптичного перетину. Геометричні розміри поперечного перерізу еліптичного

хвилеводу вибираються так, щоб забезпечити існування в хвилеводі електромагнітної хвилі тільки основного типу, що позначається H_{c11} (рисунки 1.1, в). Коефіцієнти ослаблення в цих хвилеводах дуже близькі відповідним їм значенням для стандартних хвилеводів прямокутного перетину.

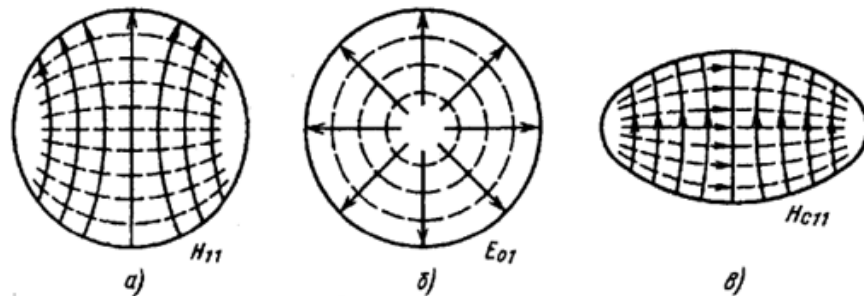


Рисунок 1.1 Типи хвиль хвилеводу

Застосування гнучких гофрованих еліптичних хвилеводів дозволяє створювати довгі фідерні тракти без проміжних секцій. Еліптична форма поперечного перерізу дає можливість зберігати положення площини поляризації поля в хвилеводі по відношенню до перетину незалежно від трасування тракту. Ці хвилеводи випускаються у вигляді відрізків довжиною 100 м і більше. Вони випускаються для діапазонів 2, 4, 6, 8 і 11 ГГц і відрізняються один від одного геометричними розмірами і загасанням. Наприклад, хвилевід для діапазону 4 ГГц (ЕВГ-2) має в поперечному перерізі еліпс з великою і малою осями 71,4 і 42,3 мм відповідно і володіє загасанням 0,04 дБ / м. Виготовляються ЕВГ необхідної довжини без проміжних фланцевих з'єднань. Це підвищує їх герметичність, покращує узгодження і полегшує транспортування і монтаж (випускаються намотаними на барабан). Недоліком ЕВГ є відносно великі значення коефіцієнтів відбиття.

Хвилеводи прямокутного перетину широко застосовувалися до появи ЕВГ. У таких хвилеводах використовується основний тип хвилі H_{10} . Щоб виключити можливість створення вищого типу хвиль, розміри поперечного перерізу хвилеводу вибираються з умов $\lambda \leq 1,9a$ і $b < \lambda/2$. Наприклад, знайшли застосування хвилеводи з перетинами 58x25 і 72x34 мм² для діапазону 4 ГГц; 40x20 і 48x24 мм² для діапазонів 6 ГГц. У тропосферних лініях передачі і

деяких супутникових системах («Блискавка-1»), що працюють в діапазоні 800 ... 1000 МГц, використовуються хвилеводи перетином 135х 270 мм 2. Загасання в хвилеводах залежить від їх розмірів і робочої частоти і становить 0,025 ... 0,06 дБ / м.

Коаксіальні фідери застосовуються в діапазоні дециметрових хвиль. Передача здійснюється на хвилі TE. Типовим для діапазону 2 ГГц є кабель РК-75-24-32 з загасанням не більше 0,08 дБ / м.

Схеми антенно-фідерних трактів залежать від робочого діапазону частот і використовуваної поляризації хвиль, числа стовбурів, типу застосовуваних антен і висоти їх установки, що використовуються фідерних ліній.

При великих висотах підвісу антен АФТ зазвичай виконується з використанням хвилеводу круглого перетину діаметром 70 мм на вертикальній ділянці і двох гнучких еліптичних хвилеводів на горизонтальному. В окремих випадках при малих висотах підвісу антен або розміщенні апаратури в кабіні, розташованій на антенно опорі, можна використовувати фідерний тракт з гнучкого еліптичного хвилеводу. В окремому випадку, коли прийом і передача здійснюються на хвилях однієї поляризації, на вертикальній ділянці замість хвилеводу круглого перетину застосовується гнучкий еліптичний хвилевід. Можна також використовувати перископічний систему, яка виключає вертикальний хвилевід.

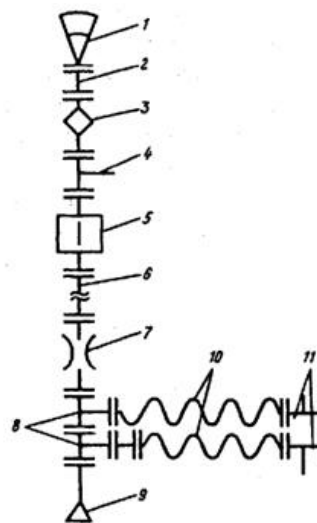


Рисунок 1.2 Фідерний тракт РРЛ на базі хвилеводів круглого перетину

Фідерний тракт РРЛ на базі хвилеводів крутого перетину (рисунок 1.2) складається з антени 1, переходу з плавно мінливих перетином від квадратного рупора до крутого перетину хвилеводу 2, герметизуючого хвилеводу 3, секції зі штуцером 4, фільтра поглинання хвиль вищих типів 5, хвилеводу круглого перетину 6, що збуджується на хвилі H_{11} , коректора еліптичності 7, поляризаційного селектора 8, навантаження 9, гофрованого гнучкого еліптичного хвилеводу 10, службовця для з'єднання приймально-передавальної апаратури НВЧ з вертикальною частиною тракту, герметизуючої вставки 11.

Хвилеводні плавні переходи використовують для з'єднання між собою хвилеводів з різними розмірами поперечного перерізу, а також прямокутних хвилеводів з круглими. Ці переходи повинні забезпечувати гарне узгодження з'єднувальних хвилеводів, тому довжина їх повинна бути великою. Так, для з'єднання відрізка прямокутного хвилеводу, що йде від РПА, з круглим хвилеводом довжина переходу становить 50 см. При цьому забезпечується також низький рівень збудження паразитних хвиль вищих типів.

Збереження високих електричних параметрів хвилеводних трактів вимагає захисту внутрішнього хвилеводного обсягу від попадання атмосферних опадів. Це завдання реалізується герметизацією стиків всіх хвилеводних елементів і застосуванням герметизуючих хвилеводних вставок, що встановлюються в місці з'єднання хвилеводу з апаратурою і в верхній частині тракту, якщо антена не є герметичною. Герметизуюча секція, що встановлюється поблизу антени, повинна мати зливні отвори для видалення вологи з антени. Для забезпечення в круглому хвилеводі циркуляції осушеного повітря використовується секція круглого хвилеводу зі штуцером для приєднання повітропроводу і з отворами для подачі в хвилевід осушеного повітря.

Фільтр поглинання хвиль вищих типів призначений для зменшення в круглому багатохвилевому хвилеводі рівня паразитних хвиль E_{01} і E_{11} , які порушуються на несиметричних неоднорідностях (зсув вісі хвилеводів, вигин

хвилеводу), перехідних секціях між хвилеводами різних діаметрів, в герметизуючих вставках. Поглинання хвилі E_{01} , що має інтенсивну подовжню складову електричного поля, досягається установкою в хвилеводі паралельно його осі стрижня з матеріалу з низькою провідністю.

Зазвичай поглинач являє собою пінопластовий вкладиш в формі човника. Уздовж поздовжньої осі човника є отвір, в якому встановлено скляний стрижень. Поверхневий шар стрижня покритий оксидом металу, що володіє властивістю напівпровідника. Аналогічно пригнічується хвиля E_{11} , що має дві області з максимальною напруженістю поздовжньої складової електричного поля.

Як зазначалося, внаслідок деякої еліптичності поперечного перерізу хвилеводу лінійно поляризована хвиля на виході хвилеводу перетворюється в еліптичну, що призводить до зменшення поляризаційної розв'язки між каналами прийому і передачі. Причиною виникнення хвилі з поперечної поляризацією є різниця фазових швидкостей ортогональних складових електромагнітного поля в хвилеводі, що призводить до появи фазового зсуву між цими складовими. Компенсація цього зсуву і отримання лінійної поляризації поля в хвилеводі здійснюються за допомогою коректора еліптичності, що включається в круглий хвилевід і представляє собою відрізок еліптичного хвилеводу з плавними переходами до круглого перетину по кінцях. Розміри коректора повинні забезпечувати додатковий зсув фаз між складовими електромагнітного поля після їх проходження по коректора, рівний за величиною і протилежний за знаком фазового зсуву між цими складовими в крутому хвилеводі. Доцільно, щоб фазовий зсув між ортогональними складовими поля в коректорі еліптичності завідомо перевищував фазовий зсув в круглому хвилеводі. В цьому випадку шляхом вибору взаємного розташування еліпсів поперечного перерізу коректора еліптичності та круглого хвилеводу може бути забезпечена лінійна поляризація поля в хвилеводі (строго вертикальна або горизонтальна).

Призначення поляризаційного селектора - поділ хвиль різної поляризації. Він являє собою два переходи від прямокутного хвилеводу до круглого, розгорнутих один щодо одного на 90° . Передавачі, що працюють на частотах $f_1 \dots f_4$, через поляризаційний селектор направляють в круглий хвилевід хвилі однієї поляризації. Сигнали, що приймаються на частотах $f_5 \dots f_8$, мають поляризацію, повернену на 90° . Ці сигнали через поляризаційний селектор направляються до приймачів.

За аналогічною схемою збирається антенно-хвилевідний тракт земної станції супутникового зв'язку. Для зручності розгляду весь тракт прийнято розділяти на три ділянки: суміщений тракт, тракт передачі і тракт прийому.

Поєднаний тракт починається з герметизуючої секцією, яка відділяє внутрішність фідерного тракту від антени і зовнішнього простору, далі йде поляризаційний блок, що забезпечує поділ сигналів прийому і передачі. Елементи цієї частини тракту виконані на базі хвилеводу крутого перетину і працюють одночасно в рознесених діапазонах частот передачі і прийому.

Тракт прийому з'єднує один з виходів поляризаційного блоку з приймальною апаратурою. Він складається з елементів, що захищають вхідні кола приймача від можливого попадання сигналів передавача, а також елементів, що забезпечують обертання антени по азимуту і куту місця. Герметизуюча секція, що включається в цю частину тракту, відокремлює зовнішню частину тракту від негерметизованої, розташованої в приміщенні. Всі елементи тракту прийому з'єднуються між собою відрізками прямокутного хвилеводу і кутовими переходами в площинах E і H .

Тракт передачі підключається до другого виходу поляризаційного блоку через плавний перехід від хвилеводу круглого перетину до прямокутного. Основні елементи тракту передачі - це кутомістне і азимутальне обертаюче зчленування, герметизуюча секція, пристрій складання сигналів декількох передавачів, фільтр гармонік, феритовий вентиль.

Передавальний, а також поєднаний тракти розраховані на передачу високого рівня потужності. У трактах передбачена система захисту від НВЧ

пробою, для чого в деякі кутові переходи вмонтовані датчики, що реагують на світловий потік, що виникає у разі дуги в разі пробою в тракті. Сигнали від цих датчиків використовують для виключення передавачів.

Антенно-фідерні тракти, побудовані за такою схемою, використовують на земних станціях системи «Інтерспутник». Тракт прийому забезпечує роботу в діапазоні частот 3400 ... 3900 МГц, тракт передачі - в діапазоні частот 5700 ... 6200 МГц. Перехідне загасання між виходами передавачів і входами приймачів не менше 130 дБ.

Для зниження втрат в приймальній частині тракту на деяких земних станціях приймальне обладнання або мають у своєму розпорядженні в спеціальних кабінах, що обертаються разом з антеною навколо вертикальної осі, або підключають безпосередньо до виходу поляризаційного блоку. При цьому істотно скорочується довжина приймального тракту і виключається одне (або обидва) обертається зчленування. Такі модифіковані фідери застосовують на деяких земних станціях системи «Орбіта».

Подальше зниження втрат можна забезпечити в фідерному тракті з лучеводами. У таких трактах відсутні приймальні та передавальні обертаючі зчленування, довжини трактів можуть бути зроблені порівняно невеликими з мінімальним числом вигинів. Важливою перевагою лучевода є підвищені лінійність фазових характеристик трактів і надійність.

Варіант фідерного тракту з лучевода показаний на малюнку 3. Він складається з великого 5 і малого бпараболіческих дзеркал (фокуси дзеркал збігаються) і системи допоміжних дзеркал 1 ... 4, створюють бездротову лінію передачі між опромінювачем-рупором і малим дзеркалом. Зауважимо, що рупор знаходиться на досить великій відстані від малого дзеркала (десятки метрів) не в фокусі останнього. Використовуючи уявлення геометричної оптики, принцип дії лучевода можна пояснити наступним чином.

Сферична хвиля, яку випромінює конічним рупором, падає на плоске допоміжне дзеркало 1, що становить кут 45° з віссю симетрії системи, і

перетвориться їм в сферичну ж хвилю з віртуальним фазовим центром в точці O' (дзеркальне зображення фазового центру рупора).

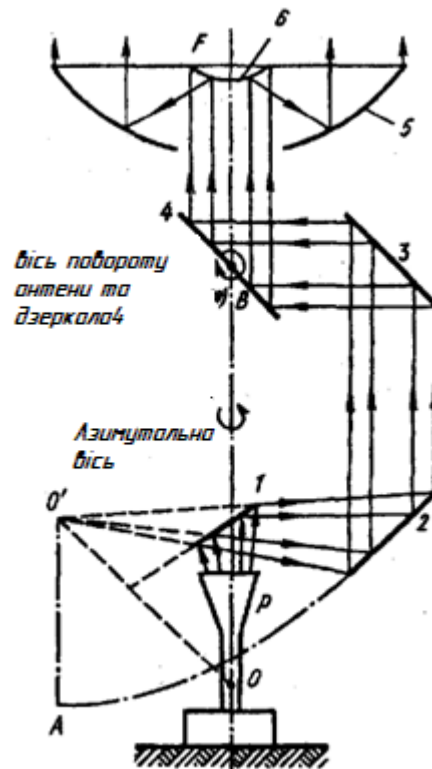


Рисунок 1.3 Фідерний тракт з променеводу

Ця хвиля опромінює несиметричне допоміжне дзеркало 2 («вирізка» з параболоїда обертання), фокус якого суміщений з точкою O' вісь симетрії $O'A$ паралельна осі симетрії рупора, суміщеної з віссю симетрії системи. Тому що падає на дзеркало 2 сферична хвиля трансформується в плоску, поширюючись паралельно осі симетрії параболоїда. Ця плоска хвиля, що падає під кутом 45° на плоскі дзеркала 3 і 4, направляється на мале параболічне дзеркало 6 двохдзеркальної антени. Після відбиття від малого дзеркала сферична хвиля падає на велике дзеркало, трансформується їм в плоску і направляється на кореспондента.

До хвилеводних елементів АФТ відносяться поляризаційні селектори, циркулятори, коректор еліптичності, поглинач вищих хвиль, герметизуючі вставки, що погоджують перехідники від хвилеводу одного перетину до хвилеводу іншого перерізу, а також секції з штуцером. Всі ці елементи

повинні мати гарне узгодження з хвилеводом, інакше можуть виникнути великі попутні потоки.

Поляризаційний селектор (ПС) призначений для поділу або об'єднання хвиль з різною поляризацією. Конструктивно ПС являє собою хвилеводний трійник, виконаний з відрізків хвилеводів круглого і прямокутного перерізу (рисунок 4).

У відрізку круглого хвилеводу встановлена поздовжня металева пластина 1, у кінці якої для поліпшення узгодження з плечем 3 розташований стрижень 3. Прямокутний хвилевід з'єднується з хвилеводом круглого перетину через щілину і діафрагму, утворену з пластин трикутної форми 2. Для поліпшення узгодження в ПС передбачений гвинт регулювання 4.

Розглянемо принцип роботи селектора. Припустимо, що до кінця В круглого хвилеводу підводиться енергія з антени. Якщо при цьому вектор електричного поля E_2 перпендикулярний пластині 1, то енергія від антени безперешкодно пройде до лівого кінця круглого хвилеводу А. Якщо ж надійде хвиля, вектор напруженості поля якої E_1 буде паралельний пластині 1, то вона відіб'ється від цієї пластини і через щілину з діафрагмою 2 потрапить в прямокутний хвилевід. Щоб виділити хвилю з напруженістю поля E_2 , слід повернути селектор на 90° . Таким чином, для поділу хвиль з ортогональної поляризацією потрібні два селектора, включених так, щоб кут між поздовжніми осями відрізків прямокутних хвилеводів дорівнював 90° . перехідне загасання між плечима А і С селектора становить 35 ... 40 дБ; втрати енергії між плечима В і С не перевищують 0,1 дБ.

Коректор еліптичності (КЕ) служить для вирівнювання фазових швидкостей ортогональних складових електромагнітного поля в круглому хвилеводі. Різниця в фазових швидкостях досягається за рахунок наявності еліптичності в хвилеводі. При цьому з'являється додатковий фазовий зсув між складовими і порушується їх ортогональність.

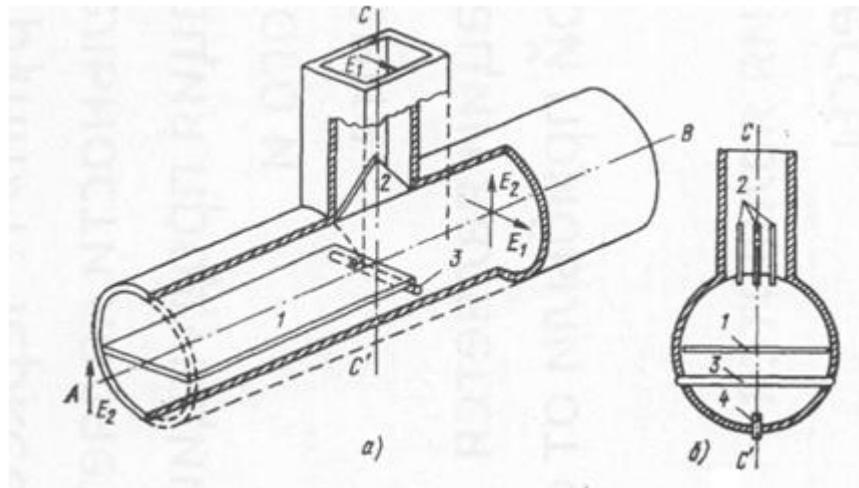


Рисунок 1.4 Пристрій поляризаційного селектора

В результаті погіршується розв'язка між трактами передачі і прийому. Коректор являє собою відрізок еліптичного хвилеводу з плавним переходом до круглого перетину по кінцях. Обертаючи КЕ навколо поздовжньої осі, змінюють розташування еліпса коректора по відношенню до еліптичної неоднорідності круглого хвилеводу, домагаючись необхідного ступеня компенсації.

Герметизуючі хвилеводні вставки (ГВ) встановлюються в місці з'єднання хвилеводу з апаратурою, а також у верхній частині АФТ, коли антена не є герметичною. Застосовуються герметизуючі вставки круглого (діаметром 70 мм) і прямокутного перетинів. У вставках круглого перетину використовуються ковпачки з діелектрика або пінопластовий вкладиш, які щільно притискаються до внутрішньої поверхні хвилеводу гумовими кільцями ущільнювачів. Герметизуюча вставка прямокутного перетину являє собою відрізок прямокутного хвилеводу з додатковою шайбою, між якими встановлюється прокладка з діелектрика. На ГВ є штуцер, через який подається осушене повітря.

Поглинач вищих типів хвиль (ЗВР) призначений для поглинання паразитних хвиль з поздовжньою складовою електричного поля: хвилі E_{01} (в діапазонах частот 4, 6 і 8 ГГц). Основним елементом ПВВ є один або чотири скляних стрижня, в поверхневому шарі, яких містяться оксиди металів, що

володіють властивостями напівпровідника. Стрижні закріплюються всередині хвилеводу. Поглиначі забезпечують ослаблення вищих вовк приблизно на 25 дБ, створюючи малі втрати для основних волю (не більше 0,1 дБ).

Феритовий циркулятор (ФЦ) являє собою хвилеводний (або коаксіальний) трійник, всередині якого вміщено феритовий вкладиш, що знаходиться в постійному магнітному полі. Пристрій хвилеводного циркулятора і схеми його використання показані на малюнку 5. Циркулятор, зображений на малюнку 5 отримав назву Y-ціркулятора. Основною властивістю циркулятора є те, що сигнал, що надійшов в плече I, виходить з плеча II; сигнал, що надійшов в плече II, виходить з плеча III, а сигнал, що надійшов в плече III, виходить з плеча I. Це властивість дозволяє використовувати ФЦ для поєднання в загальному хвилеводі прямокутного перетину (коаксіальному кабелі) трактів передачі і прийому, а також для поглинання відбитого сигналу.

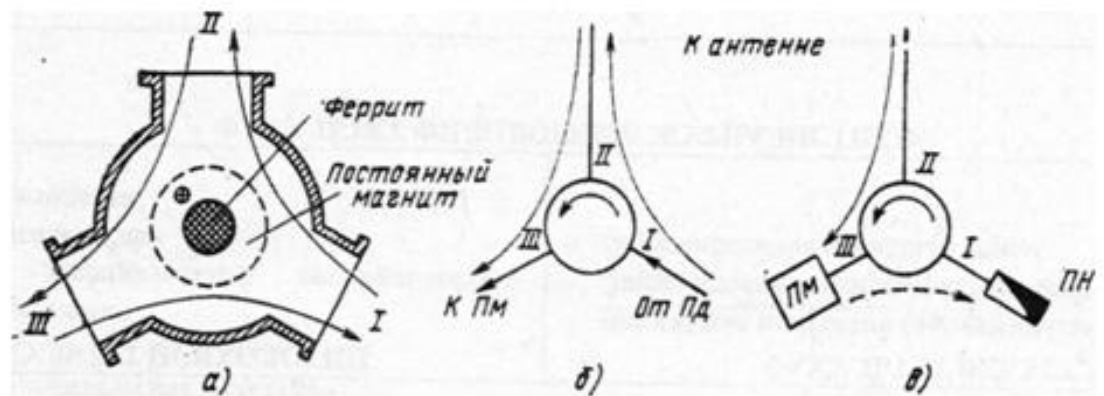


Рисунок 1.5 Хвилеводний циркулятор і схеми його використання

Як видно з малюнка 1.5, б, сигнал, що надійшов з передавача в плече I, через ФЦ потрапляє в антенний фідер, з'єднаний з плечем II. Прийнятий антенний сигнал з фідера надходить в плече II і далі в плече III, до якого підключений приймач.

На малюнку 1.5, в показана схема використання ФЦ для поглинання сигналу, відбитого від входу приймача. Сигнал з антени надходить в плече II і

далі через плече III на вхід приймача. Виникла відбита хвиля від входу приймача повертається в плече III і через плече I потрапляє в поглинає навантаження. Відбиті від приймача хвилі в антену не повертаються.

Залежно від робочого діапазону частот і конструкції розв'язка між плечима циркулятора (ЦР) становить 25 ... 30 дБ, а втрати, що вносяться до тракту передачі, не перевищують 0,1 ... 0,2 дБ.

Пристрої поділу та об'єднання стовбурів (ПОС) забезпечують можливість використання однієї антени і живить її АФТ одночасно для передачі і прийому сигналів декількох стовбурів. У багатоствольних системах передачі розділові фільтри виконуються по послідовним схемами. Пояснюється це тим, що при паралельному включенні фільтрів виникають великі труднощі з їх погодженням.

У системах передачі сантиметрового діапазону знайшли застосування три типи розділових пристроїв: з смуговими фільтрами, з режекторного фільтрами і в поєднанні смугових фільтрів і ЦР. З них найбільш простими і перспективними є ПОС з смуговими фільтрами і феритовими ЦР.

На малюнку 6 наведена структурна схема ПОС з використанням ЦР і смугових фільтрів, центральна частота яких вибирається в залежності від частоти стовбура. На малюнку показано об'єднання сигналів передавачів і поділ сигналів приймачів для чотириствольної системи. Зупинимося на роботі пристрою об'єднання сигналів передавачів. При передачі сигнал з частотою f_4' від передавача Пд4 через смуговий фільтр надходить на вхід ЦР Ц'4, де забезпечується його передача з плеча 1 в плече 2 і потім в плече 3 ЦР Ц'3. Оскільки в плече 1 ЦР Ц'3 включений фільтр, налаштований на частоту f_3' , що прийшли коливання з частотою f_4' відіб'ються від нього і надійдуть в плече 2 данного ЦР.

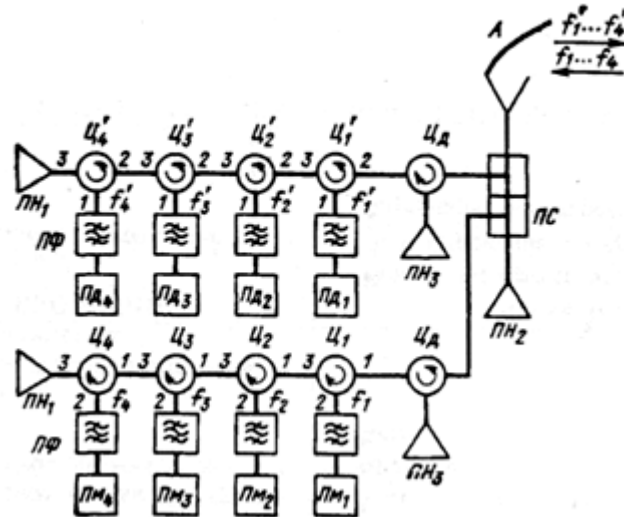


Рисунок 1.6 Структурна схема ПОС з використанням циркуляторів і смугових фільтрів

Сигнал з частотою f_3 від передавача ПД3 через смуговий фільтр надходить на вхід 1 ЦР Ц'3 і проходить в напрямку плеча 2. Так чином на вхід 3ЦР Ц'2 надійдуть сигнали двох передавачів з частотами f_3 і f_4 . За вищеприписаною схемою вони потрапляють на вихід 2 того ЦР, де до них додається сигнал з частотою f_2 передавача ПД2. Аналогічна картина матиме місце і в ЦР Ц'1 на виході якого утворюється сумарний сигнал, що складається з сигналів чотирьох передавачів з частотами $f_1 \dots f_4$. Через поляризаційний селектор ПС цей сумарний сигнал надходить в антену і випромінюється. Навантаження ПН1 слугит для поглинання хвилі, що виникла через недостатню узгодженості між сусідніми ЦР, наприклад Ц'4 і Ц'3. Відбитий сигнал проходить в напрямку від плеча 2к плечу 3Ц'4 і потрапляє в ПН1.

Прийняті антенною сигнали з частотами $f_1 \dots f_4$ через ПС надходять в плече 1 ЦРЦ1. Оскільки смуговий фільтр в його плечі 2настроєн на частоту першого стовбура, то сигнал з частотою f_1 надійде в приймач Пм 1 а решта відіб'ються і через плече 3 пройдуть на вхід 1 Ц2 . Тут виділиться сигнал з частотою f_2 і так далі, поки не будуть виділені сигнали усіх стовлів. З антени поряд з корисними сигналами в ПОС надходять також сигнали інших станцій, які відбиваються від фільтра четвертого стовбура і через плечі 2 і 3

Ц4 попадають в навантаження ПН1 де і поглинаються. Для поліпшення узгодження пристрою ПОС з АФТ включаються додаткові ЦР ЦД.

Розділовий пристрій стовбурів на режекторних фільтрах складається з режекторного фільтрів і коаксіально-хвилеводних трійників (рисунок 1.7). Коаксіально-хвилеводний трійник є найпростішим хвилеводним перехідником. Виконаний він з відрізка прямокутного хвилеводу, розділеного за допомогою фігурної перегородки П на два хвилеводу з вузькими стінками V_1 і V_2 (рисунок 1.7, а). Вузький кінець перегородки До через круглий отвір в бічній стінці хвилеводу проходить в відрізок прямокутного хвилеводу С. Цей відрізок сумісна з До представляє собою коаксіальне плече. При порушенні трійника з боку А енергія ділиться між V_1 і V_2 навпіл і в плече С не надходить. При порушенні з боку коаксіального плеча З хвилеводи V_1 і V_2 збуджуються з однаковою амплітудою, але з протилежною фазою. В плече А в цьому випадку енергія не надходить.

Коли хвилеводи V_1 і V_2 збуджуються в протифазі, енергія надходить в плече С і не потрапляє в хвилевід А. На малюнку 1.7, б показано розділову пристрій для триствольний системи. Воно складається з трьох блоків, в які входять по два трійника 1 і режекторних фільтра 2. режекторного фільтра мають загальну широку стінку і зрушені відносно один одного на $\lambda_v / 4$. У першому блоці фільтри налаштовані на частоту f_1 і відображають сигнали з цією частотою, які повертаються в трійник 1.

Через наявність зсуву на $\lambda_v / 4$ з конструкції фільтрів відбиті хвилі приходять в плечі V_1 і V_2 трійника в протифазі і відгалужуються в коаксіально-хвилеводне плече С першого трійника. Хвилі з частотами f_2 і f_3 приходять до входів V_1 і V_2 другого трійника з однаковими фазами і потрапляють на вихід А і далі до другого блоку, де виділяється сигнал з частотою f_2 . Аналогічно виділяються сигнали і інших стовбурів. Якщо частина енергії внаслідок неповної симетрії блоку потрапляє в плече С другого трійника, то вона буде поглинена навантаженням 3.

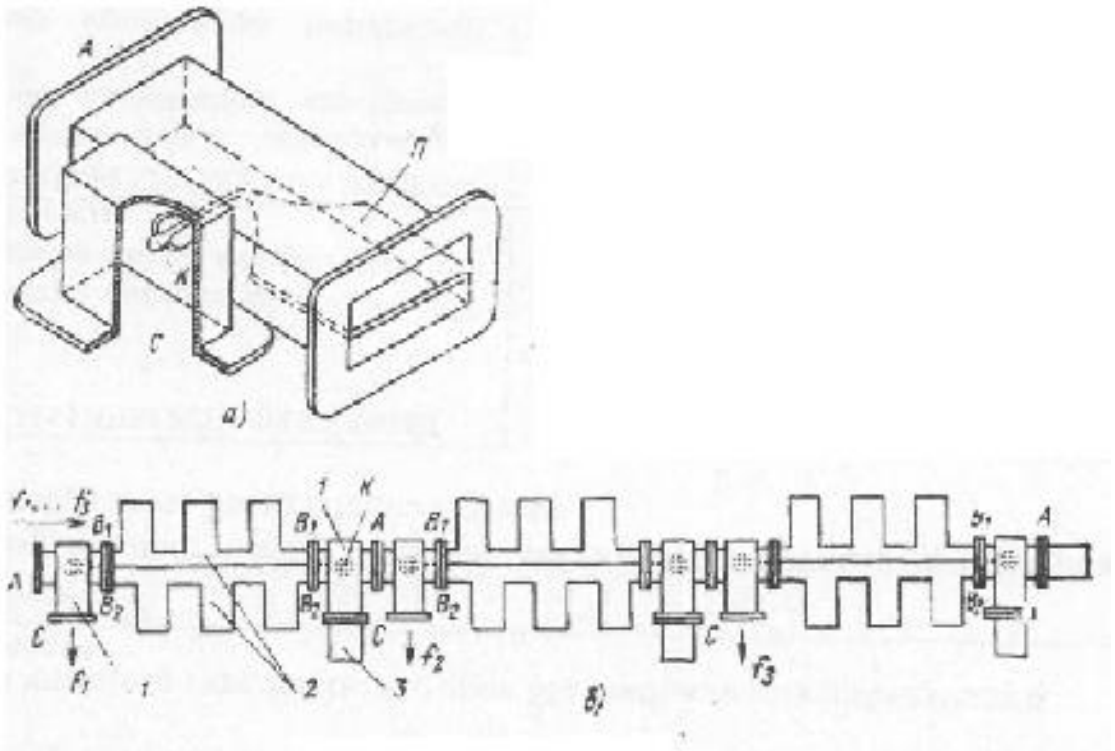


Рисунок 1.7. Розділовий пристрій стовбурів на режекторних фільтрах

Розглянуте пристрій виходить компактним, але через недостатню вибірконості режекторного фільтрів потрібна установка додаткових смугових фільтрів на вході приймачів.

Розділову пристрій (РП) стовбурів на смугових фільтрах складається з смугових фільтрів і подвійних трійників (рисунок 1.8). Подвійний трійник, показаний на малюнку 1.8, а, має такі властивості. Якщо джерело енергії підключити до плеча Г, то в симетричних плечах А і В хвилі рівної амплітуди будуть поширюватися з однаковими фазами. При подачі енергії в плече Б трійника енергія також буде ділитися порівну між плечима А і В, але хвилі в них будуть поширюватися в протифазі. Якщо коливання надходять в трійник з плечей А і В у фазі, то вони потрапляють в плече Г, якщо ж приходять в протифазі - то в плече Б. Етисвойства подвійного трійника використовуються в ланці РУ, зображеного на малюнку 1.8, б.

Ланка включає в себе два подвійних трійника Т, смугові фільтри Φ_1 і Φ_2 , широкопasmовий і вузькопasmовий фазообертачі $\Phi_{ВШ}$ і $\Phi_{ВУ}$. Смугові фільтри ланки налаштовані на одну частоту, наприклад на f_1 . Коливання з частотами

інших стовбурів фільтри відображають. Кожен з ФВ створює зрушення на 90° .

Розглянемо роботу одного ланки (див. Малюнок 1.8, б). Нехай на вхід Б лівого трійника надходять сигнали з частотами $f_1 \dots f_4$. За описаним вище правилом вони пройдуть в плечі А і В із зсувом фаз на 180° .

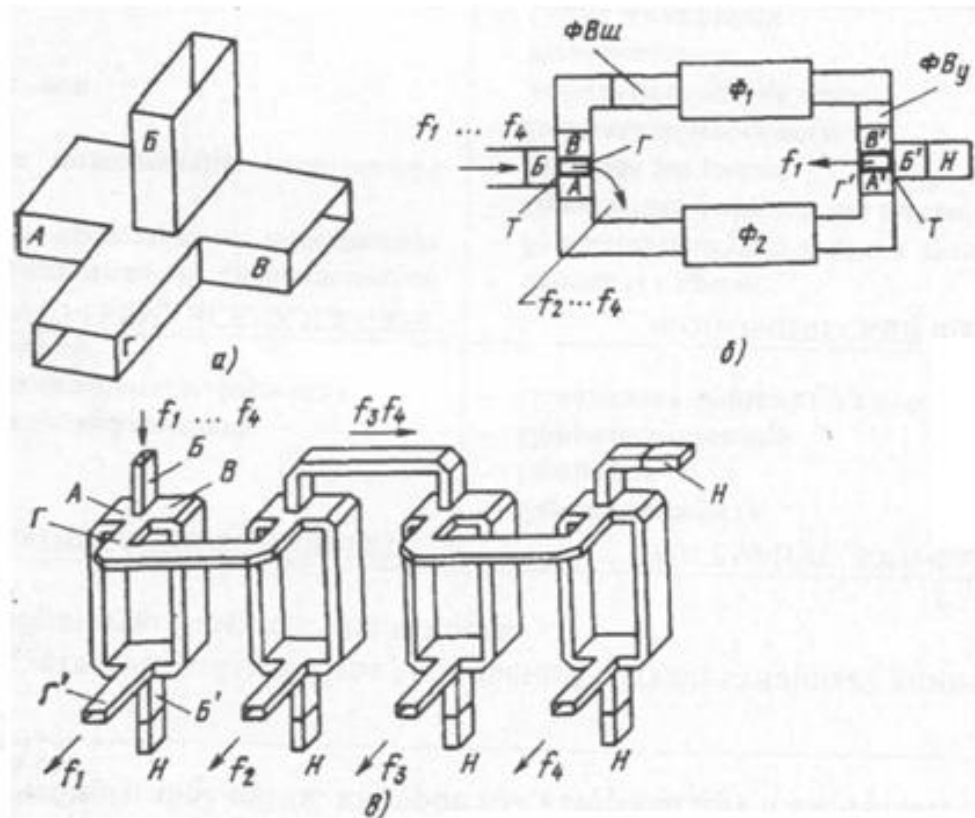


Рисунок 1.8. Розділовий пристрій стовбурів на смгових фільтрах

Сигнал з частотою f_1 з виходу В лівого трійника пройде через ФВШ, Φ_1 , ФВУ і надійде в плече У 'правого трійника. Сигнал з виходу А лівого трійника через Φ_2 потрапляє на вхід А 'правого. Оскільки між У і В 'включені ФВШ, Φ_1 і ФВУ, а між А і А' тільки Φ , то хвилі в плечах А 'і В' матимуть одну фазу і тому коливання надходять в плече Г 'і далі в приймач, налаштований на f_1 . Відбилися від Φ_1 і Φ_2 хвилі з частотами f_2, f_4 приходять в плечі А і В також в фазі і надходять в плече Г лівого трійника і далі в наступну ланку, де відбудеться виділення сигналів другого стовбура, і т. Д. Якщо частина енергії, що приходить через плечі А 'і в' правого трійника, внаслідок неповної симетрії ланки потрапляє в плече Б ', то ця енергія буде поглинена навантаженням Н

1.2 Висновки до розділу 1

У першому розділі йдеться про НВЧ тракти систем зв'язку. Антенно-фідерні тракти та системи супутникового зв'язку повинні забезпечувати гарне узгодження тракту з вхідними опорами антени, передавачів і приймачів.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ВПЛИВУ ПОХИБОК ПРИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ АНТЕННОГО ТРАКТУ

2.1 Дослідження методів впливу похибок

Знаходження великої кількості (до декількох десятків тисяч) космічних об'єктів (КО) в навколосемному просторі викликає необхідність регулярного контролю їх орбіт з метою забезпечення безпечного функціонування активних космічних апаратів (КА). Необхідні точності визначення кутового положення КО можуть становити величини порядку кутових секунд.

В існуючих вимірювальних комплексах для проведення високоточних вимірювань широкого поширення набули інтерферометричні методи. Однак масове застосування цих методів в діапазонах частот вище 10 ГГц утруднено через вартість синхронізації, коли сигнали приймаються кількома горизонтально рознесеними антенами. Альтернативним варіантом для проведення високоточних вимірювань в Ku- і Ka-діапазонах є використання моноімпульсного методу, який при відносно невеликих розмірах антен дозволяє реалізувати точності вимірювань до одиниць кутових секунд.

Для реалізації моноімпульсного методу в дзеркальних антенах в основному використовуються два способи: на основі чотирьох опромінювачів з подальшим формуванням сумарною і різностною діаграм спрямованості (ДН) або з використанням одного рупорного опромінювача, в якому формування зазначених ДН відбувається на основний і однією з вищих мод відповідно. У першому випадку сумарна і різницева ДН формуються як сума і відповідно різниця ДН облучателей [1-3]. У другому випадку формування сумарної діаграми спрямованості відбувається з використанням основного типу хвилі $H_{11}(HE_{11})$, а формування різницевої діаграми спрямованості з використанням вищих типів хвиль, E_{01} , H_{01} , $H_{21}(HE_{21})$ [4-8].

Другий варіант побудови випромінює системи є кращим, тому що при його використанні реалізується оптимальне збудження однієї і тієї ж апертури дзеркальної антени як для сумарного, так і для різницевого каналів, що дозволяє домагатися високих енергетичних характеристик антеною системи. Однак, незважаючи на гадану простоту реалізації даного варіанта побудови моноімпульсної системи, його застосування пов'язане з рядом складнощів. В першу чергу, це залежить від того, що формування парціальних ДН по куту місця і азимуту відбувається шляхом складання сигналу сумарного каналу з сигналом різностного каналу з чотирма різними комплексними коефіцієнтами A_1, A_2 та A_3, A_4 , що відповідає площинах $\varphi = 0^\circ, \varphi = 180^\circ$ і $\varphi = 90^\circ, \varphi = 270^\circ$, показані на рис.2.1.

Незалежно від конкретної схеми пристрою формування парціальних ДН наявність частотної дисперсії, обумовленої необхідністю роботи в широкому діапазоні частот, температурної нестабільності і технологічних похибок призводить до різниці параметрів каналів, які беруть участь у формуванні парціальних діаграм спрямованості, між собою. Наслідком цього є неправильне формування сигналу помилки про кутовий величиною відхилення КА від рівносигнального напрямку (РСН) і відповідно зниження точності вимірювань положення КА.

Аналіз впливу зазначених чинників на точність вимірювання кутових координат в відомих роботах [1-8] не проводився, що робить актуальним напрямом цих досліджень для практики.

Метою є аналіз впливу неузгодженості параметрів в каналах моноімпульсної системи на величину помилок виміру кутових координат в системі високоточних траєкторних вимірювань на основі дзеркальної антени Ка-діапазону з діаметром рефлектора 3,5 м.

Помилка визначення кутового положення КА на орбіті $\Delta\varepsilon$, що залежить від помилок визначення відхилення напрямку на КА від РСН, може бути представлена за допомогою формули

Амплітуди коефіцієнтів A_1 і A_2 повинні бути рівні, а фази відрізнятись на π (0 і π відповідно). Аналогічно повинні бути рівні амплітуди коефіцієнтів A_3 і A_4 , а фази також відрізнятись на π ($\pi/2$ і $3\pi/2$ відповідно). Структурна схема ПФСП показана на рис.2.2.

Парціальні ДН, що формуються в угломестной площині, можуть бути представлені з використанням співвідношень

$$F_1(\theta, \varphi) = F_\Sigma(\theta, \varphi) + A_1 F_\Delta(\theta, \varphi)|_{\varphi=0}, \quad (2.2)$$

$$F_2(\theta, \varphi) = F_\Sigma(\theta, \varphi) + A_2 F_\Delta(\theta, \varphi)|_{\varphi=0}. \quad (2.3)$$

і аналогічним чином парціальні ДН, що формуються в азимутальной площині

$$F_3(\theta, \varphi) = F_\Sigma(\theta, \varphi) + A_3 F_\Delta(\theta, \varphi)|_{\varphi=\pi/2}, \quad (2.4)$$

$$F_4(\theta, \varphi) = F_\Sigma(\theta, \varphi) + A_4 F_\Delta(\theta, \varphi)|_{\varphi=\pi/2}. \quad (2.5)$$

Сигнал V_{UM} , який визначає відхилення КА від РСН по куту місця, формується таким чином

$$V_{UM} = 20 \cdot \lg(F_1/F_2). \quad (3.6)$$

Аналогічне вираз справедливо для сигналу, що визначає відхилення КА від РСН в азимутальной площині

$$V_{AZ} = 20 \cdot \lg(F_3/F_4). \quad (2.7)$$

На основі вимірних значень V_{UM} і V_{AZ} кутове відхилення КА від РСН визначається наступним чином

$$\varepsilon_{UM} = \mu \cdot V_{UM}, \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_{AZ} = \mu \cdot V_{AZ}, \quad (2.9)$$

де μ - крутизна пеленгаційної характеристики, отриманої за результатами калібровок системи кутових вимірювань.

Калібрування здійснюється по що знаходиться в далекій зоні і нерухомому в картинній площині джерела шляхом вимірювання рівнів

сигналів V_{UM} і V_{AZ} для відомих відхилень (ε_{UM} і ε_{AZ} відповідно) джерела від РСН антени.

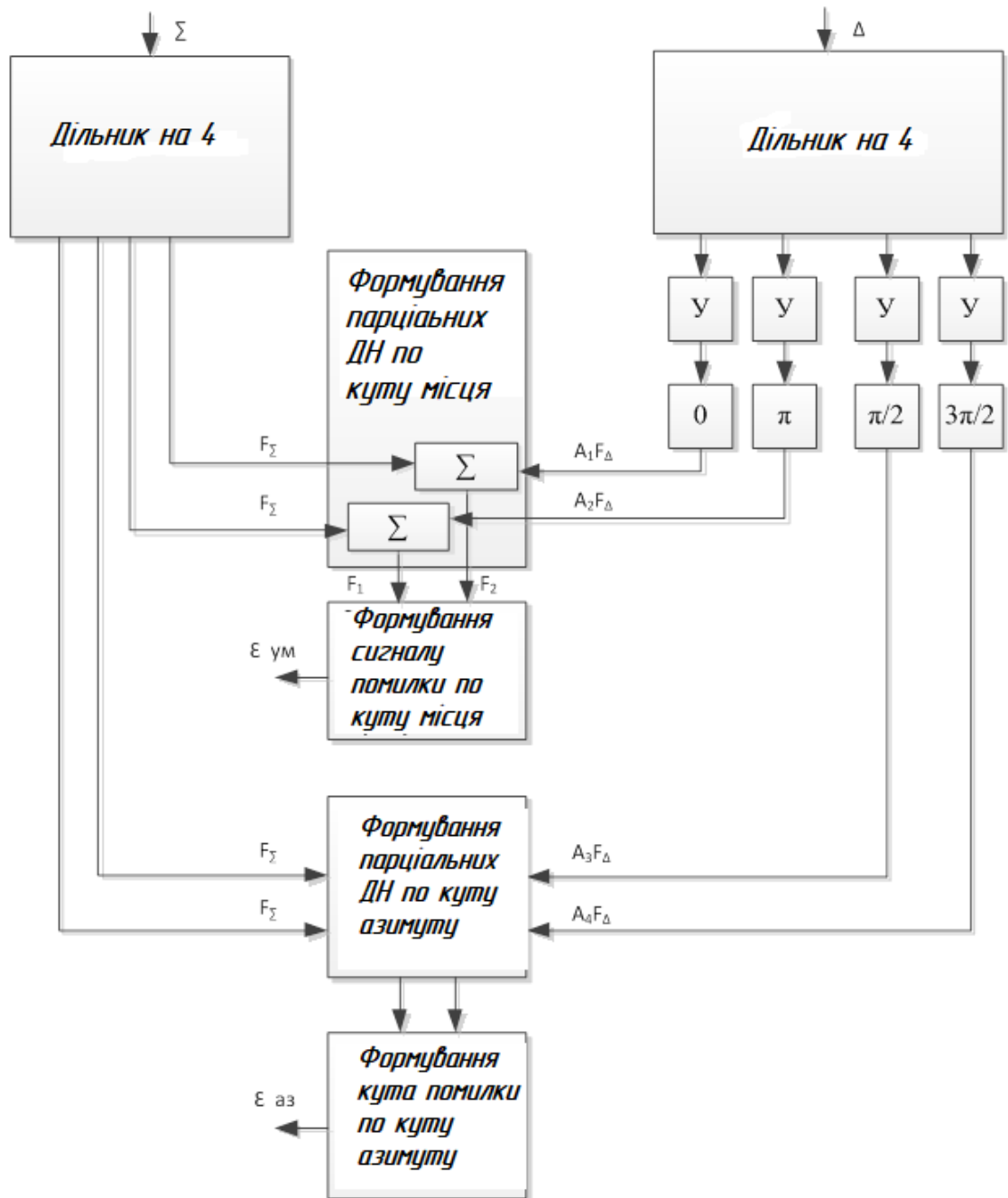


Рисунок 2.2 Структурна схема ПФСП

Вибір коефіцієнтів підсумовування A_i ($i = 1, \dots, 4$) проводиться з урахуванням вимог до рівня перетину парціальних ДН, що визначає крутизну пеленгаційної характеристики (ПХ) та діапазон кутів близького до лінійного ділянки пеленгаційної характеристики. Однак зазначені вище фактори

призводять до зміни комплексних коефіцієнтів A_1 і A_2 , A_3 і A_4 від номінальних значень, що зумовлює появу помилок при вимірюванні кутових координат. Зокрема, при відхиленні КА від РСН в угломестной площині ($\varphi = 0^\circ$ і $\varphi = 180^\circ$) і неузгодженості коефіцієнтів A_1 і A_2 виникає помилка визначення ε_{UM} . Крім того, з співвідношень (2) - (7) слідує виникнення ефекту виникнення помилкового сигналу про відхилення КА від РСН в азимутальній площині. Аналогічні ефекти мають місце і в разі відхилення КА в азимутальній площині. Таким чином, помилка визначення відхилення КА від РСН в кожній з площин залежить від всіх чотирьох коефіцієнтів A_i ($i = 1, \dots, 4$), що може бути представлено у вигляді функціоналу

$$\Delta\varepsilon = \Phi(F_\Sigma(\theta, \varphi), F_\Delta(\theta, \varphi), A_1, A_2, A_3, A_4), \quad (2.10)$$

вид якого визначається співвідношеннями (3.2) - (3.9).

Для проведення досліджень використовувалися результати вимірювань сумарної і різницевої ДН, що формуються дзеркальної антеною з опромінювачем на вищих модах, показаним на рис.3.3.

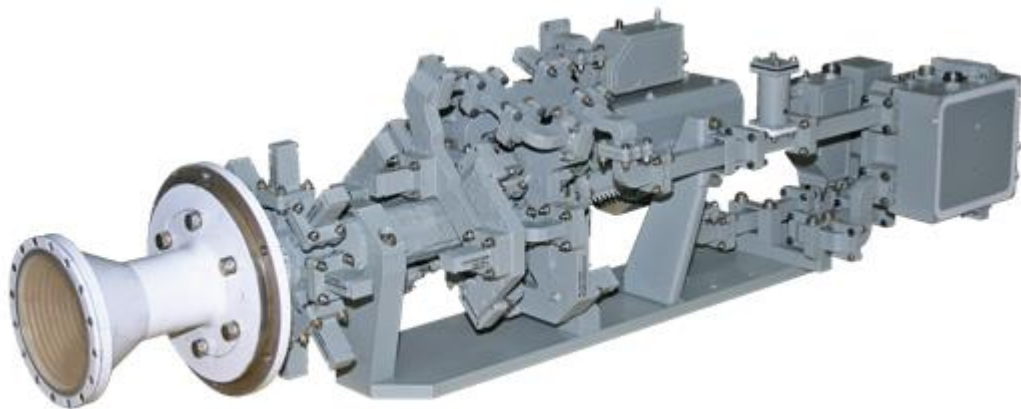


Рисунок 2.3. Антенно-хвильовий тракт для формування загальної різницевої ДН на основному та вищому моді

Дані діаграми, отримані з використанням дзеркальної антени діаметром 3,5 м в Ка-діапазоні, наведені на рис.2.4.

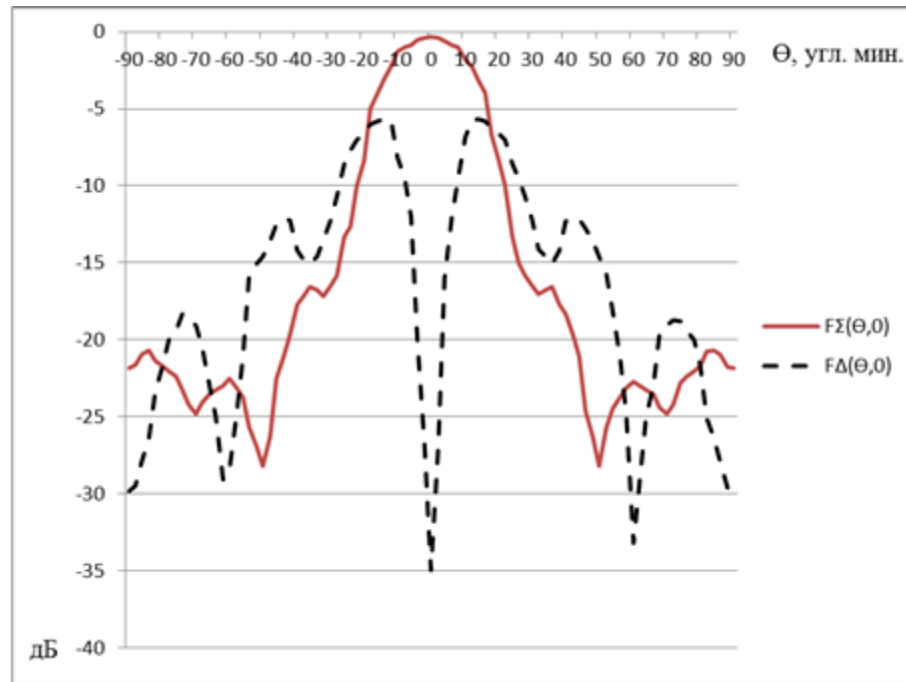


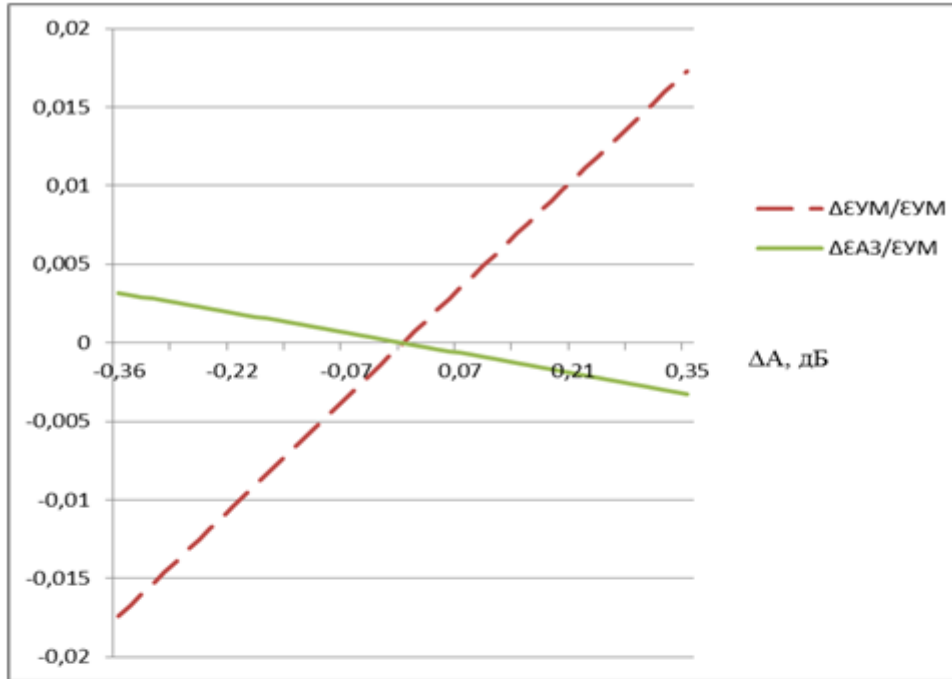
Рисунок 2.4 Сумарна і різницева ДН 3,5метрової дзеркальної антени В Ка діпазоні

На рис.3.5 наведено залежності нормованої величини помилок $\Delta \varepsilon_{UM} / \varepsilon_{UM}$ (штрихова лінія) і $\Delta \varepsilon_{AZ} / \varepsilon_{UM}$ (суцільна лінія) від величини відхилення амплітуди коефіцієнтів A_1 і A_3 відповідно від номінальних значень.

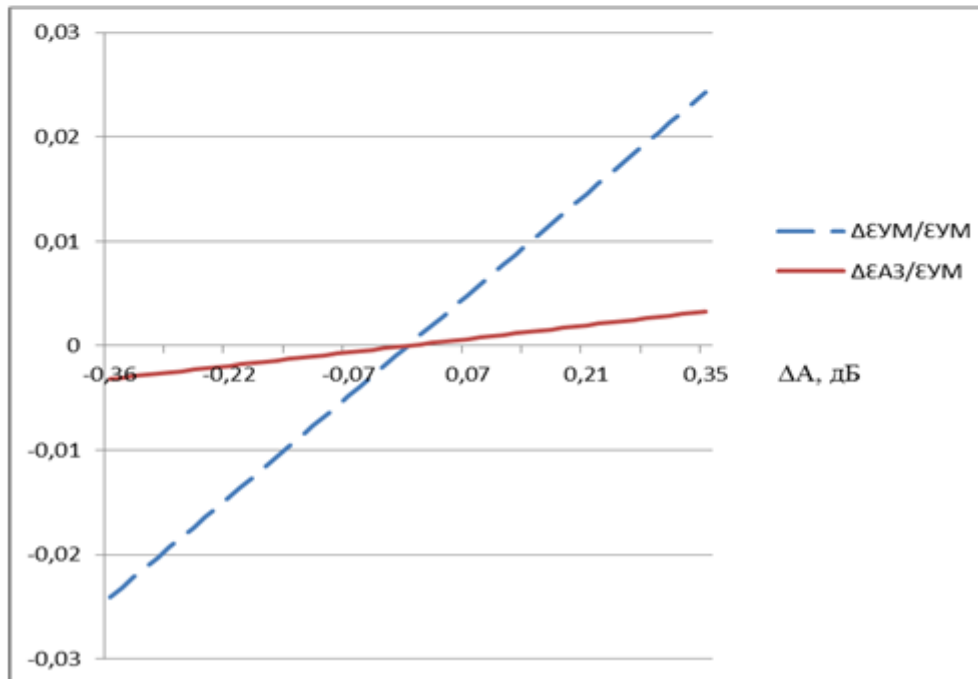
При проведенні досліджень розглядався випадок відхилення КА від РСН в угломестной площині на величину $0,25\Delta\theta_{0,5}$ при $\varphi=0^\circ$, і $\varphi=180^\circ$ (рис. 2.5, а і 2.5, б відповідно).

Як впливає з отриманих результатів, величина помилки визначення кутового положення КА як в угломестной, так і азимутальной площині лінійно залежить від відхилення амплітуди відповідного коефіцієнта.

Однак в ортогональної по відношенню до площини відхилення КА вплив відхилення модуля коефіцієнтів на порядок менше в порівнянні з основною площиною.



а)



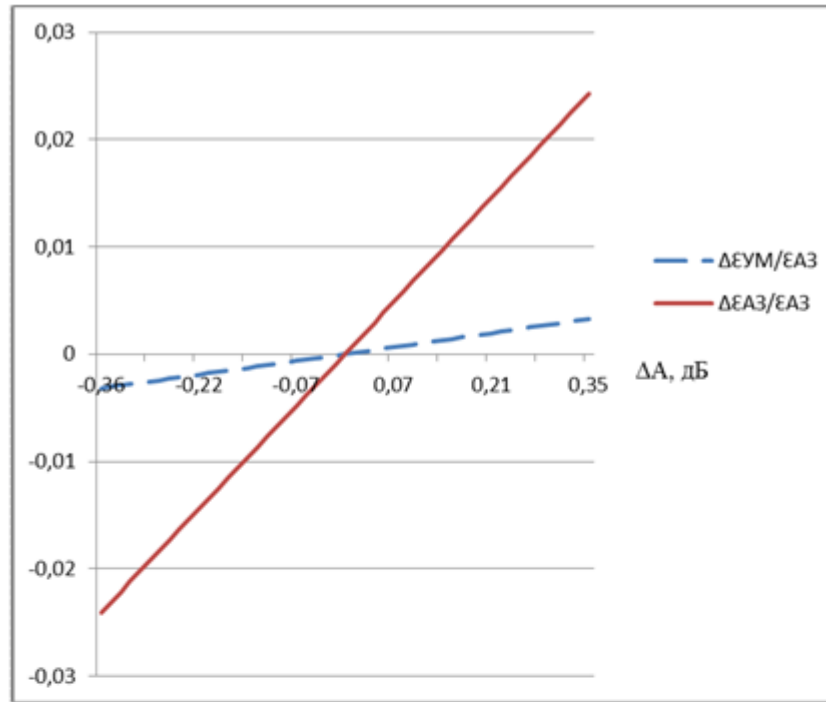
б)

Рисунок 2.5 Нормовані величини помилок $\Delta \varepsilon_{UM} / \varepsilon_{UM}$ в залежності від величини відхилення амплітуди коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень α - $\varphi=0$, β - $\varphi=180^\circ$

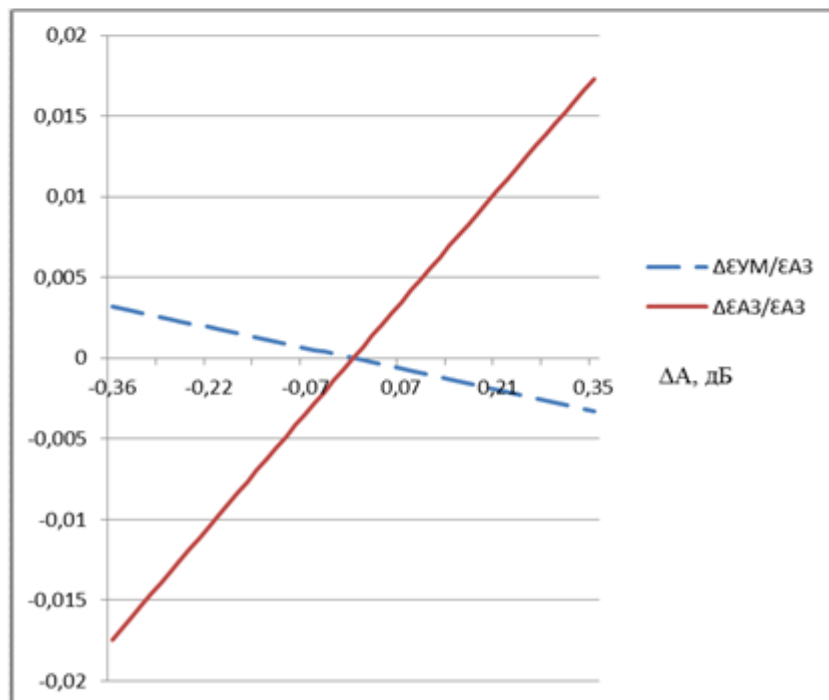
Крім того, можна відзначити, що, як впливає з порівняння залежностей помилок, при відхиленні КА від РСН в напрямку спотвореної парціальної ДН (парціальна ДН $F_1(\theta, \varphi)$) помилка визначення кутового положення КА менше в порівнянні з випадком відхилення КА в протилежному напрямку (парціальна ДН $F_2(\theta, \varphi)$). Для ортогональної площини явної залежності немає, і спостерігається зміна тільки знака помилки. Отримані результати можуть бути легко інтерпретовані при аналізі виникаючих помилок вимірювання кутових координат при відхиленні КА від РСН в азимутальній площині ($\varphi = 90^\circ$ і $\varphi = 270^\circ$, рис. 2.6,а і 2.6,б відповідно) і впливу відхилення амплітуд коефіцієнтів і від номінальних значень.

На рис. 2.6-2.10 наведені результати аналогічних досліджень щодо впливу відхилень фаз $\delta\varphi_1$ і $\delta\varphi_3$ та коефіцієнтів A_1 і A_3 на помилки визначення кутових координат КА при різних відхиленнях КА від РСН ($\varphi = 0^\circ$, $\varphi = 180^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 270^\circ$).

На основі даних залежностей можна відзначити ряд відмінностей, що виникають в даному випадку в порівнянні з раніше розглянутими результатами. По-перше, залежність величини нормованої помилки в угломестной площині ($\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = 180^\circ$) від відхилення фази коефіцієнта A_1 носить яскраво виражений квадратичний характер. При цьому знак помилки не залежить від знака відхилення фази. У ортогональної площині зберігається лінійна залежність величини помилки від відхилення фази коефіцієнта. Однак тепер величина помилки в ортогональної площині на порядок більше величини помилки в площині відхилення. Крім того, знак помилки визначення кутового положення КА щодо РСН в ортогональної площині не залежить від напрямку відхилення КА у вихідній площині ($\varphi = 0^\circ$ або $\varphi = 180^\circ$).

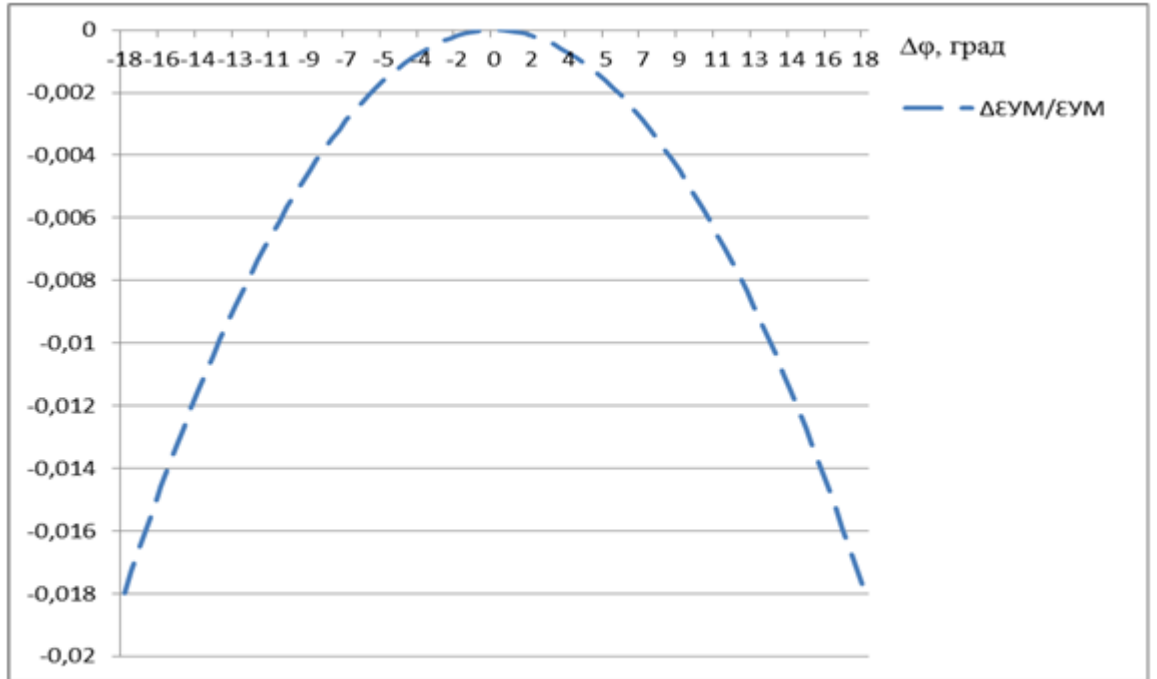


а)

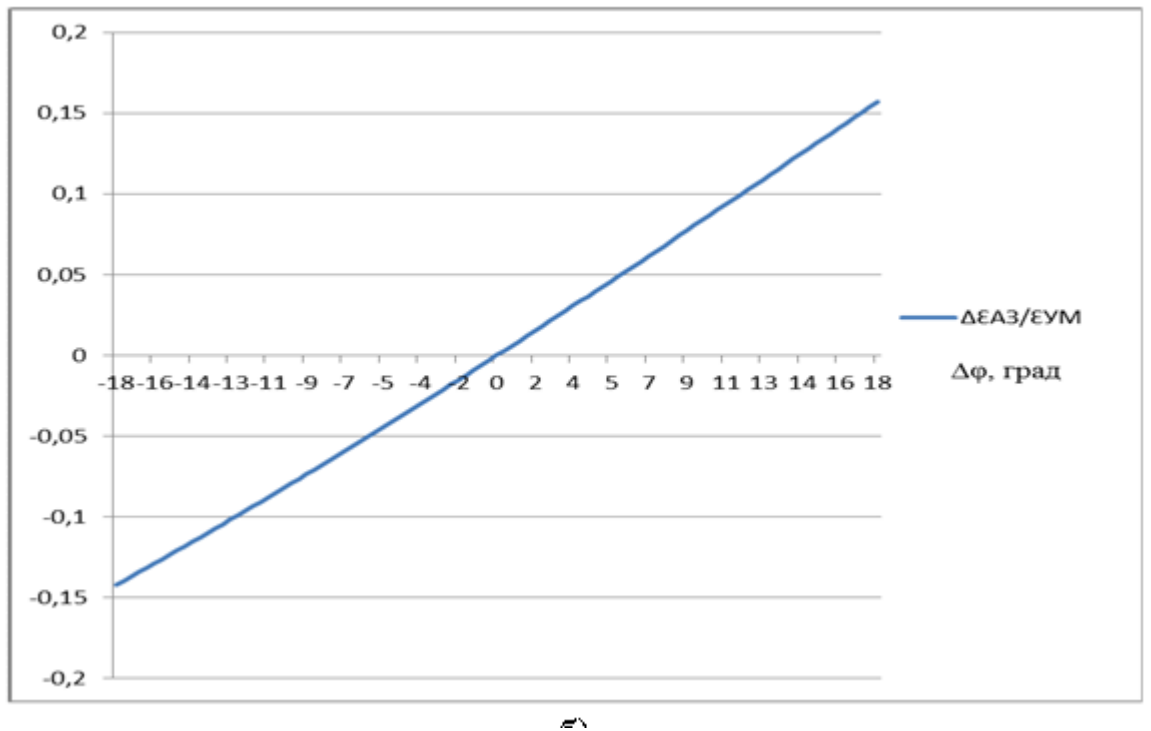


б)

Рисунок 2.6 Нормовані величини помилок $\Delta \varepsilon_{УМ} / \varepsilon_{УМ}$ в залежності від величини відхилення амплітуди коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень
а- $\varphi=90^\circ$, б- $\varphi=270^\circ$



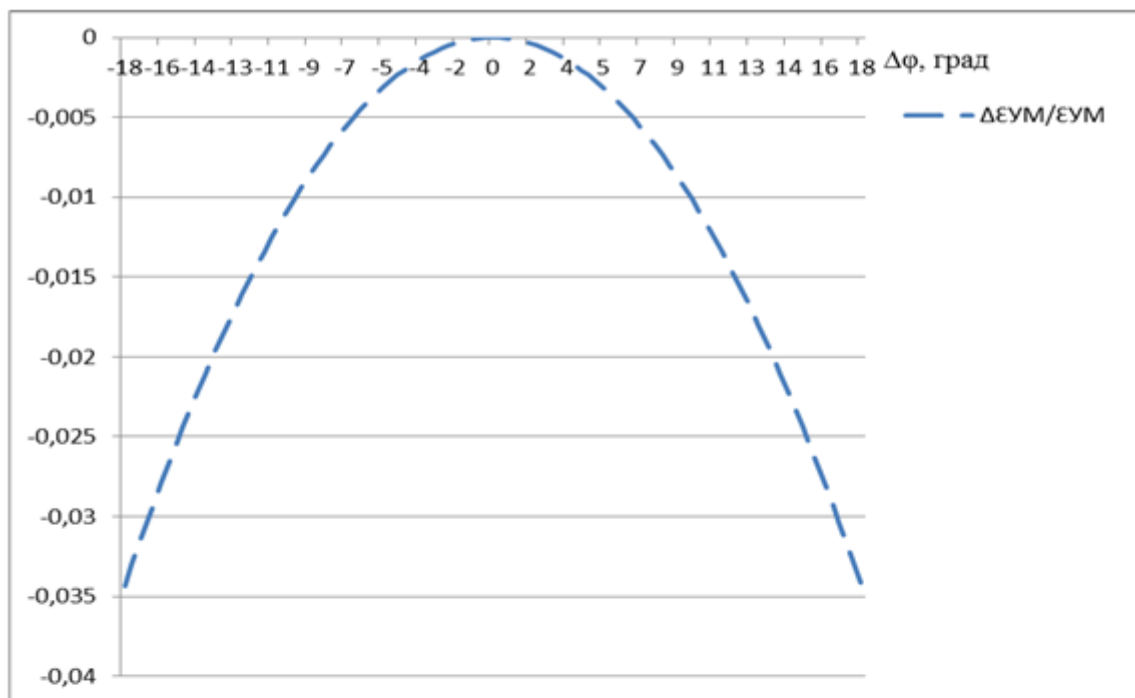
а)



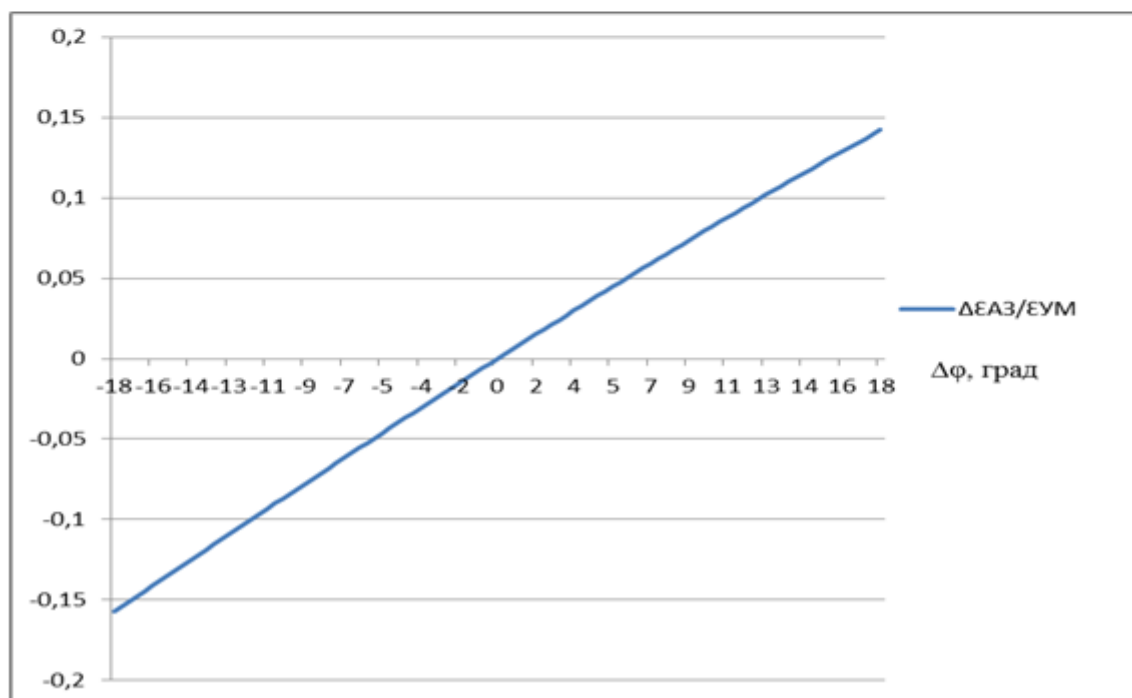
б)

Рисунок 2.7 Нормовані величини помилок в площині $\varphi=0$ в залежності від величини відхилення фази коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень

$$а- \frac{\Delta \epsilon_{UM}}{\epsilon_{UM}}, б- \frac{\Delta \epsilon_{UM}}{\epsilon_{UM}}$$

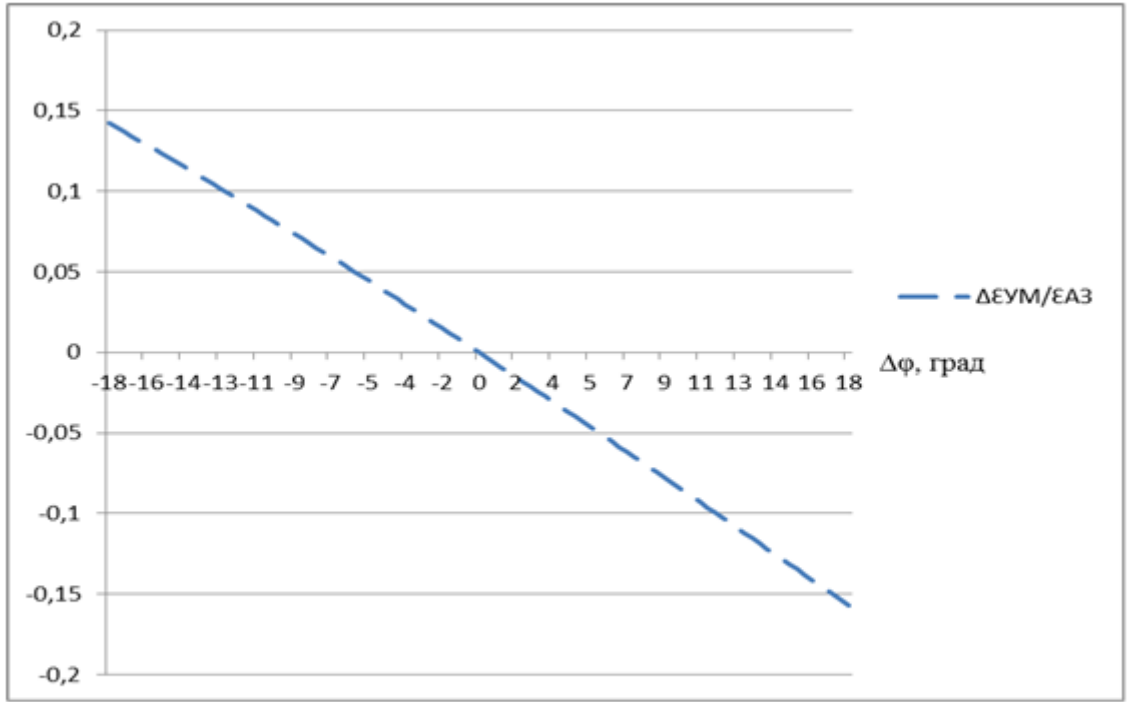


а)

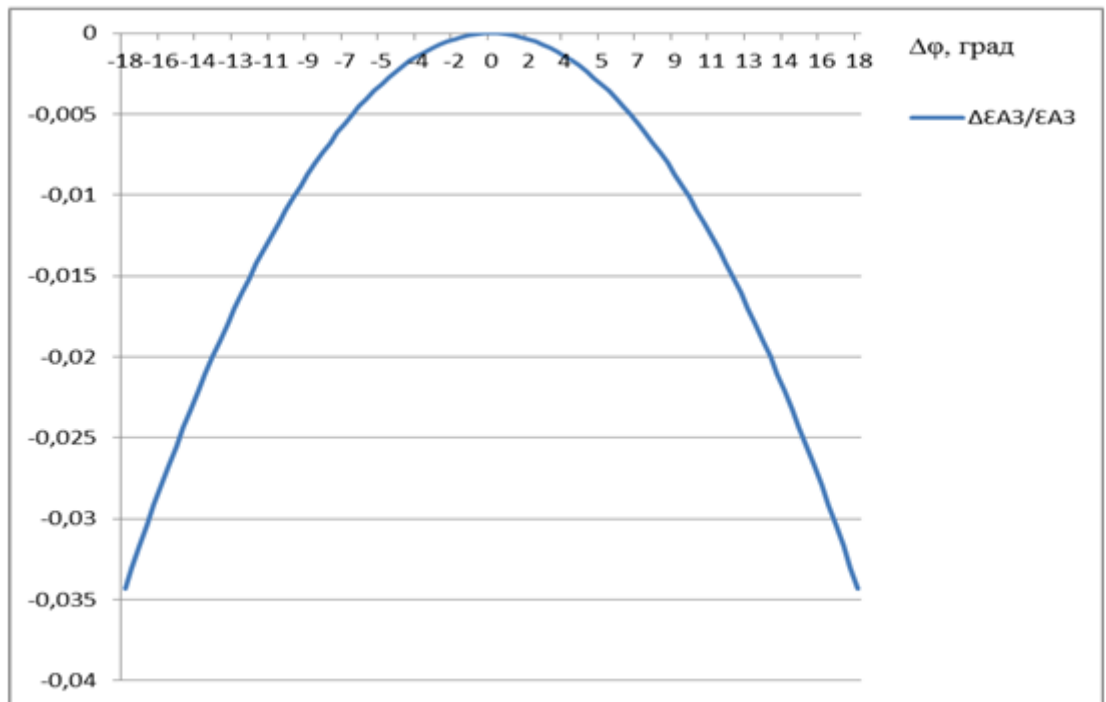


б)

Рисунок 2.8. Нормовані величини помилок в площині $\varphi=180^\circ$ в залежності від величини відхилення фази коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень а- $\Delta \varepsilon_{UM} / \varepsilon_{UM}$, б- $\Delta \varepsilon_{UM} / \varepsilon_{UM}$

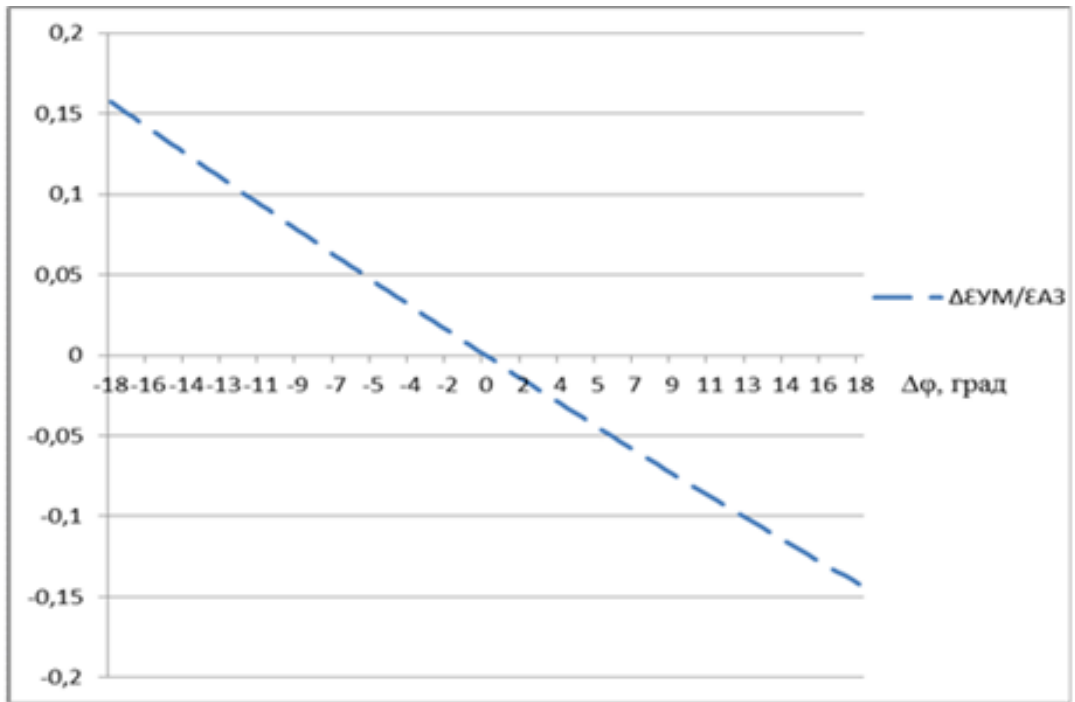


а)

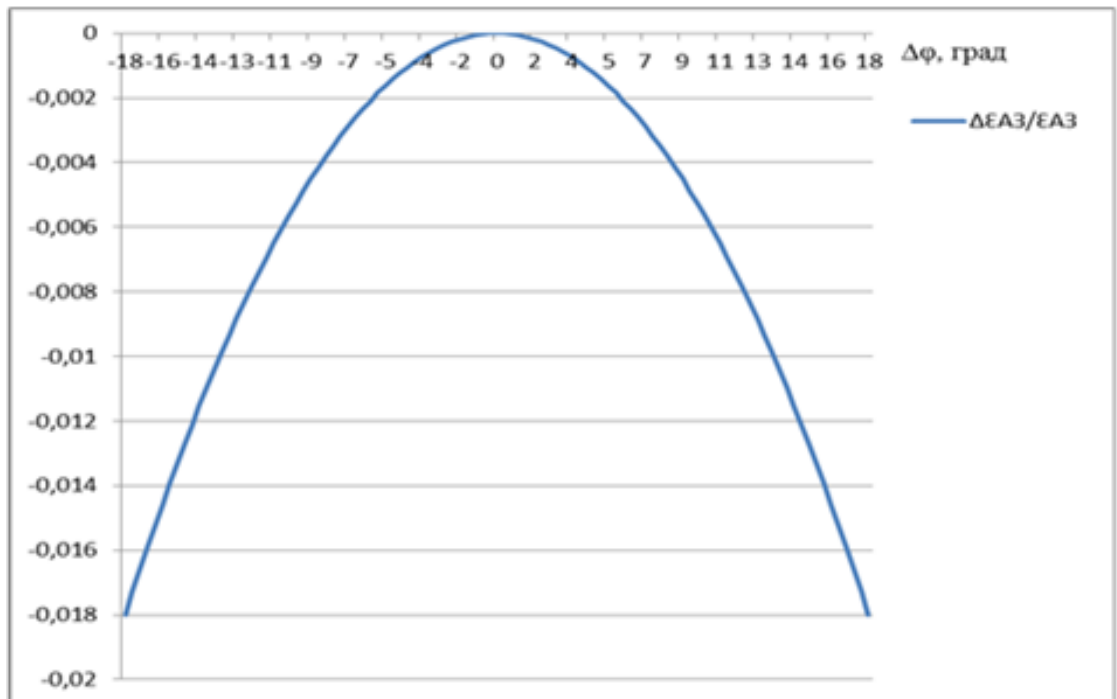


б)

Рисунок 2.9. Нормовані величини помилок в площині $\varphi=90^\circ$ в залежності від величини відхилення фази коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень а- $\Delta \epsilon_{UM} / \epsilon_{UM}$, б- $\Delta \epsilon_{UM} / \epsilon_{UM}$



а)



б)

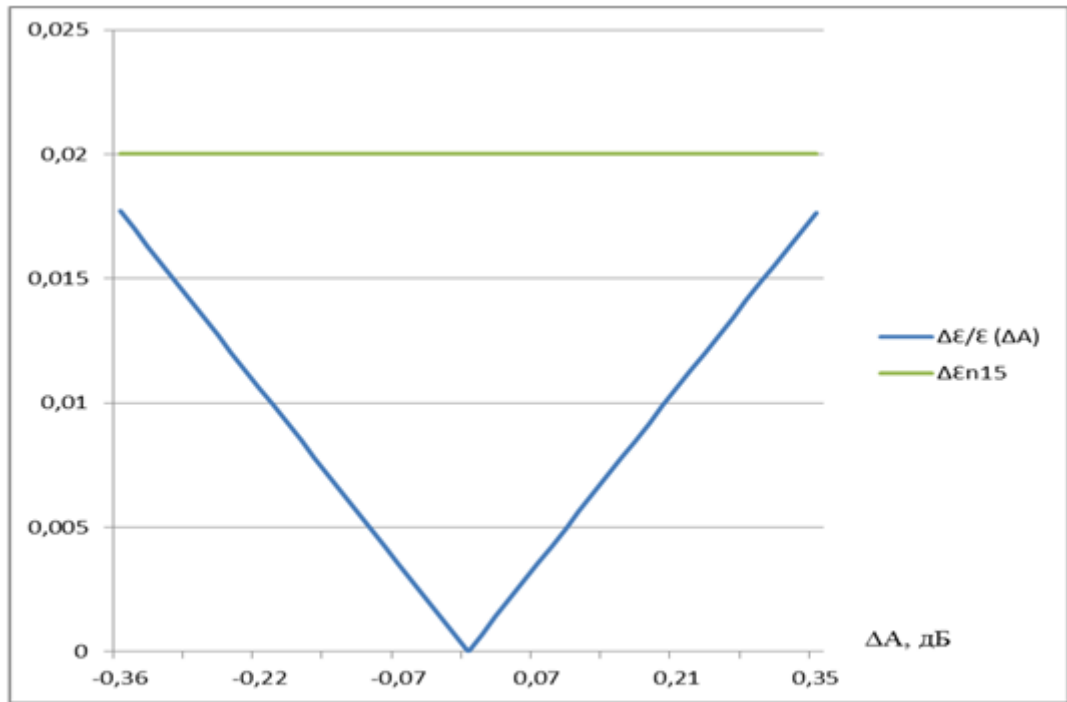
Рисунок 2.10. Нормовані величини помилок в площині $\varphi=270^\circ$ в залежності від величини відхилення фази коефіцієнтів A_1 та A_3 від

номінальних значень а- $\Delta \varepsilon_{УМ} / \varepsilon_{УМ}$, б- $\Delta \varepsilon_{АЗ} / \varepsilon_{АЗ}$

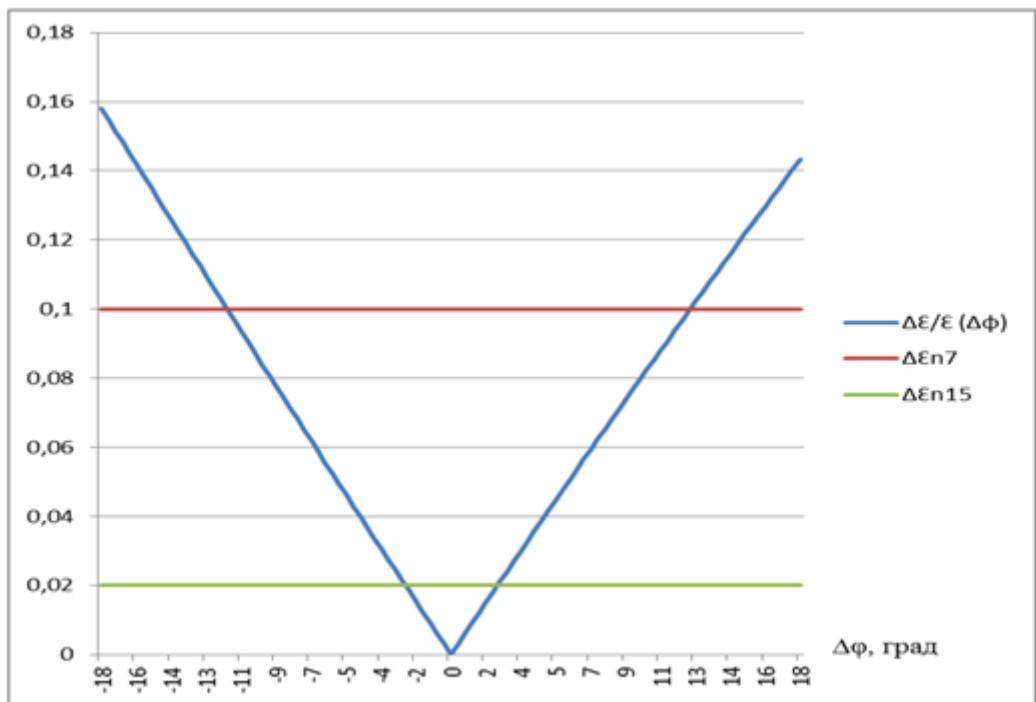
Отримані результати дозволяють оцінити повну похибку визначення кутових координат з використанням моноімпульсних систем на базі дзеркальної антени з опромінювачем на вищих модах. На рис. 2.11 показані залежності величини повної помилки визначення кутового положення КА, яка визначається співвідношенням (1), нормованої до кута відхилення КА від РСН. Результати отримані для розглянутого вище випадку відхилення КА в угломестной площині. На малюнку з індексом а приведена залежність повної помилки від помилки амплітуди, а на малюнку з індексом б від помилки фази коефіцієнтів A_1 і A_3 . На тих же графіках наведені величини середньоквадратичних помилок, обумовлених шумовими складовими сигналу КА ($\delta\varepsilon_{n7}$ - при співвідношенні сигнал / шум 7 дБ $\delta\varepsilon_{n15}$, - при співвідношенні сигнал / шум 15 дБ).

На рис. 2.12 наведені лінії рівнів повної помилки визначення кутових координат КА від величини відхилень амплітуди і фази коефіцієнтів A_1 і A_3 від номінальних значень.

Наведені результати показують, що, по-перше, відхилення фази коефіцієнтів підсумовування від номінальних значень надають більший вплив на точність вимірювання кутових координат і, по-друге, дозволяють визначити за величиною похибки визначення кутових координат максимально допустимі відхилення амплітуди і фази коефіцієнтів підсумовування A_1 , A_2 і A_3 , A_4 від номінальних значень. Зокрема, відхилення амплітуд коефіцієнтів в каналах формування парціальних ДН на 0,5 дБ призводить до появи додаткової помилки, рівної флуктуаційної помилку вимірювання кутових координат при відношенні сигнал / шум 15 дБ. У разі наявності фазових помилок допустима величина відхилення фаз даних коефіцієнтів становить величину 5 град. При відношенні сигнал шум 7 дБ допустима величина фазового помилки збільшується до 13 град.



а)



б)

Рисунок 2.11. Нормовані величини повної помилки в залежності від величини відхилення коефіцієнтів A_1 та A_3 від номінальних значень а-амплітуди, б-фази.

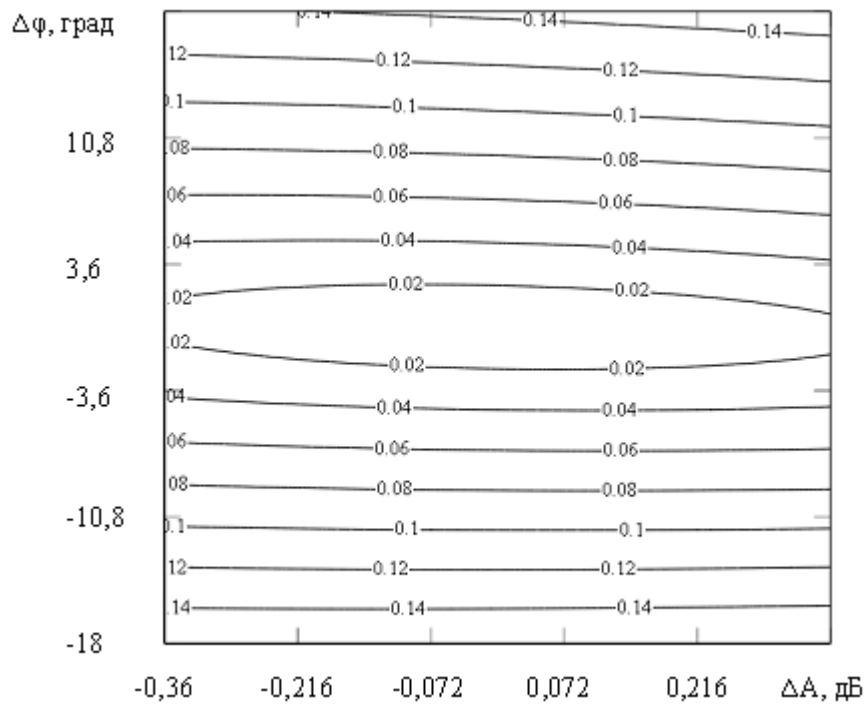


Рисунок 2.12. Лінії рівнів величини повної помилки

Отримані результати залишаються справедливими і при аналізі характеристик моноімпульсної системи в Ку-діапазоні частот.

2.2 Висновок до розділу 2

Таким чином, виконані для угломерной моноімпульсної системи, побудованої на основі дзеркальної антени з опромінювачем на вищих модах, дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. На основі антен з діаметром рефлектора 3,5 м можлива побудова моноімпульсних систем в Ку- і Ка-діапазонах, що забезпечують точність вимірювання кутових координат КА порядку кутових секунд.

2. Отримані залежності пов'язують досягнутий похибка визначення кутових координат КА з величиною неузгодженості коефіцієнтів передачі сумарного і різницевого каналів і, як наслідок, з величиною відхилення параметрів УФСО від номінальних значень і дають можливість визначити вимоги до величини допустимого відхилення параметрів в каналах моноімпульсної системи в залежності від необхідних точностей пеленгації

КА. Так при відношенні сигнал / шум 15 дБ допустима величина відхилення амплітуди в каналах формування парціальних ДН становить 0,5 дБ і фази - 5 град. При відношенні сигнал / шум 7 дБ допустиме відхилення фази коефіцієнтів підсумовування зростає до 13 град.

3. Дослідження, проведені на основі експериментальних ДН антени Ка-діапазону з діаметром дзеркала 3,5 м і математичної моделі моноімпульсної системи, показали, що:

величина помилки визначення кутового положення КА в обох площинах лінійно залежить від відхилення амплітуди відповідного коефіцієнта. Однак в ортогональній по відношенню до площини відхилення КА вплив відхилення модуля коефіцієнтів на порядок менше в порівнянні з основною площиною. Крім того, при відхиленні КА від РСН в напрямку спотвореної парціальної ДН помилка визначення кутового положення КА менше в порівнянні з випадком відхилення КА в протилежному напрямку. Для ортогональної площини спостерігається зміна тільки знака помилки;

вплив відхилень фаз в каналах моноімпульсної системи від номінальних значень на помилки визначення кутових координат КА має ряд відмінностей у порівнянні з впливом відхилень амплітуд. Так залежність величини нормованої помилки від відхилення фази коефіцієнта носить у відповідній площині яскраво виражений квадратичний характер. При цьому знак помилки не залежить від знака відхилення фази. У той же час в ортогональній площині зберігається лінійна залежність величини помилки від відхилення фази коефіцієнта. Однак величина помилки в ортогональній площині на порядок більше величини помилки в площині відхилення. Крім того, знак помилки визначення кутового положення КА щодо РСН в ортогональній площині не залежить від напрямку відхилення КА у вихідній площині.

РОЗДІЛЗ АНАЛІЗ СПРОЕКТОВАНИХ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАКТІВ НВЧ ДІАПАЗОНУ

3.1. Опис виробу і принцип роботи опромінюючого пристрою С/Х – діапазонів

Пристрій опромінення С / Х - діапазон призначений для прийому сигналів від штучних супутників Землі в антенній системі ВАУ-7. .

Виріб повинен зберігати свої характеристики в умовах експлуатації відповідно до ГОСТ 15150 - 69, УНЛ1:

С / Х - смуговий опромінювач забезпечує одночасний прийом правого або лівого (кругового) діапазону Х та правого або лівого (непрацюючий) сигналів кругової поляризації С-діапазону С при роботі зі штучними супутниками Землі в антені типу ВАУ-7.

Конструктивно пристрій опромінення встановлено в колоні, що монтує опромінювач, яка встановлена на рефлекторній антені системи типу ВАУ-7. Опромінювач приймає сигнали кругової поляризації як смуги С, так і діапазону Х, які подаються на поляризатор С-смуги з виходу опромінювача через круговий хвилевід $f70$ мм. Поляризатор призначений для перетворення сигналу кругової поляризації С-діапазону в сигнал лінійної поляризації, який випромінюється селекторним поляризатором С-діапазону, який схематично є сегментом кругового кінцевого хвилеводу, до якого прямокутний хвилевод $58 * 25$ мм із прямокутним хвилеводом вбудований фільтр підключений. Поляризаційний селектор розгалужується на бічну руку, яка є виходом із С-діапазону опромінювача, лише лінійно поляризований С-смуговий сигнал. У свою чергу, сигнали лівої або правої поляризації Х-діапазону частково деполаризуються в поляризаторі С-діапазону, переходять до виходу РЧ селектора С-діапазону і подаються на коригуючий поляризатор Х-смуги, де вони остаточно перетворюються до лінійно поляризованих сигналів, які також є ортогональними виходами селектора поляризації Х-діапазону.



Рисунок 3.1 Конструкція виробу опромінюючого пристрою С/Х

3.2 Технічні характеристики опромінюючого пристрою С/Х –
діапазонів

Таблиця 3.1.

Характеристики опромінюючого пристрою

Назва параметра	Характеристика
	Номінальне значення
1	2
Одночасний прийом сигналів: - кругової поляризації правої, або лівої (неоперативно) в діапазоні частот, ГГц	3.4...4.2
- кругової поляризації правої, або лівої (оперативно) в діапазоні частот, ГГц	7.25... 7.75
КСХН по виходам пристрою: - в діапазоні 3.4...3.6 ГГц;	1.47
- в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	1.47
- в діапазоні 7.25...7.75 ГГц.	1.45
Сумарні втрати, дБ - в діапазоні 3.4...3.6 ГГц;	- 0.15
- в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	- 0.2
- в діапазоні 7.25...7.75 ГГц.	- 0.3
Поляризаційна розв'язка, дБ - в діапазоні 7.25...7.75 ГГц.	25.0
Коефіцієнт еліптичності (по полю): - в діапазоні 3.4...3.6 ГГц;	0.7
- в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	0.7
Коефіцієнт еліптичності (по полю): - в діапазоні 7.25...7.75 ГГц;	0.7

Габаритні розміри, мм: не більше: довжина,	0.5
Маса, кг, діаметр не більше	2300 330 25

3.3 Суміщений НВЧ тракт C/X – bands



а)



б)

Рисунок 3.2 а, б – Суміщений НВЧ тракт C/X.

Елемент хвилеводу з чотирма портами, рис. 3.2 а, б забезпечує одночасний прийом сигналів двох ортогональних кругових поляризацій (С-, Х-смуги). Він встановлюється на дзеркальну антену відповідно до геометричних параметрів її дзеркальної системи. При цьому опромінювач повинен відповідати кутам і рівням опромінення підвідбивача, положенню фазового центру, коефіцієнту тіні сферичної хвилі з геометричними параметрами дзеркальної системи.

Електромагнітна хвиля, отримана опромінювачем безпосередньо або через додатковий круглий переріз діаметром 70 (65) мм, подається на вхід урочища.

Шлях НВЧ виконує вибір частоти, обробку поляризації та поділ частоти прийнятих сигналів 4 та (7-8) ГГц. У мікрохвильовому тракті (посилання 4 ГГц) мікрохвильові сигнали ортогональних кругових поляризацій (лівий і правий напрямки обертання) перетворюються на сигнали ортогональних лінійних поляризацій, а потім ці поляризації відокремлюють у

поляризаційному селекторі. Згодом через бар'єрний фільтр мікрохвильовий сигнал (7-8) ГГц безпосередньо подається на вхід низькошумового фазостійкого перетворювача для посилення та перетворення в нижню частоту L-смуги.

Сигнали НВЧ (7-8) ГГц через селектор поляризації (вихідний фланець із перетином 35 мм) надходять у поляризатор $\pi / 2$, де мікрохвильові сигнали ортогональної кругової поляризації (лівий і правий обертовий напрямки) перетворюються в ортогональну лінійну сигнали поляризації. Потім ці сигнали подаються в селекторний поляризаційний діапазон X, де вони поділяються поляризацією на два канали (вертикальна і горизонтальна площини) і через екрануючі фільтри 4 ГГц мікрохвильовий сигнал безпосередньо подається на входи низького рівня - фаза шуму - стабільні перетворювачі для посилення та перетворення в нижній частотний діапазон.

3.4 Опис продукту та принцип роботи пристрою для вибору смуг частот та поляризації смуг C / KU

Пристрій для вибору смуг частот і поляризації АAVYA468589.002 призначений для забезпечення режиму прийому роботи дзеркальних антен високої ефективності одночасно в діапазонах частот 4 ГГц і 11/12 ГГц.

Пристрій для вибору діапазонів частот та поляризацій забезпечує одночасний прийом сигналів двох ортогональних кругових поляризацій в діапазоні 3,4 ... 4,2 ГГц та двох ортогональних лінійних поляризацій в діапазоні 10,7 ... 12,75 ГГц при роботі з ГГЗ-ретрансляторами в система відповідної антени.

Пристрій вибору монтується на відповідну високоефективну двозеркальну антену відповідно до геометричних параметрів її дзеркальної системи. При цьому опромінювач, який використовується, повинен відповідати кутам і рівням протитражаючого опромінення, положенню фазового центру, коефіцієнту затінення сферичної хвилі з геометричними

параметрами дзеркальної системи. Дизайнерські рішення для установки виробу індивідуальні для кожної антенної системи і повинні забезпечувати розміщення опромінювача у фокусі дзеркальної системи.

Для дистанційного керування поляризацією частоти 11/12 ГГц прилад використовує привід, структурно встановлений на мікрохвильовому блоці. Електропривод підключений до блоку управління п'ятижильного кабелю довжиною 50м. Діапазон коригувальних кутів поляризації тракту в діапазоні 11/12 ГГц становить +/- 30 градусів. відносно початкової установки доріжки під час встановлення АС, що забезпечує оптимальне налаштування поляризації для всіх ретрансляторів GCS в зоні огляду АС.

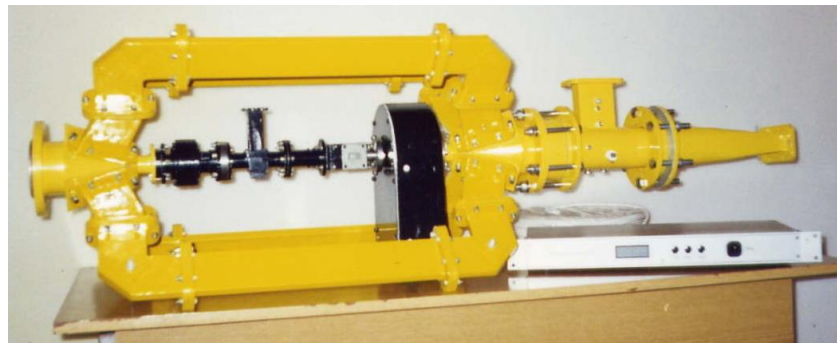


Рисунок 3.3. Загальний вигляд пристрою селекції частотних діапазонів і поляризацій C/KU діапазонів

Електромагнітна хвиля, що приймається безпосередньо опромінювачем, або за допомогою додаткової трубки круглого перерізу діаметром 70 мм подається на вхід селекційного пристрою. Дзеркальна система, опромінювач і хвилеводна трубка - це пристрій інваріантної поляризації, тобто пристрої, які можуть приймати сигнали будь-якої поляризації.

Пристрій мікрохвильового перетворювача виробляє вибір частоти та поляризаційну обробку прийнятих сигналів. Пристрій ділить сигнали на смуги 4 та 11/12 ГГц, а всередині кожної смуги ділиться на сигнали ортогональної поляризації. У діапазоні 4 ГГц мікрохвильовий перетворювач перетворює

ортогональні кругові поляризуючі сигнали (праворуч і ліворуч) у ортогональні лінійні поляризуючі сигнали, а потім ділить їх на два виходи 4 ГГц.

Ортогональні сигнали лінійної поляризації смуги 11/12 ГГц діляться і подаються на два виходи блоку мікрохвильового перетворювача 11/12 ГГц. З виходів блоку УВЧ-перетворювача смуга 4 ГГц різної поляризації подається безпосередньо на входи низькошумних перетворювачів для подальшого посилення та перетворення. З інших виходів блоку мікрохвильового перетворювача сигнали з різної поляризації смуги 11/12 ГГц подаються безпосередньо на входи низькошумних перетворювачів для подальшого посилення та перетворення.

Блок мікрохвильового перетворювача містить обертовий шарнір на круговій секції діаметром 21 мм, що дозволяє коригувати налаштування поляризації тракту в діапазоні 11/12 ГГц шляхом прямого обертання елементів тракту цього діапазону і мінімізації активні втрати. Корекція поляризації проводиться дистанційно за допомогою електричного приводу TISU.303344.046 з блоком управління, який можна зняти зі шляху до відстані 100 м.

3.5 Технічні характеристики пристрою селекції частотних діапазонів і поляризацій С/KU діапазонів

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики пристрою селекції частотних діапазонів і поляризацій

Назва параметра	Характеристика
	Номінальне значення
1	2
Одночасний прийом сигналів: -двох ортогональних кругових поляризацій в діапазоні частот, ГГц -двох ортогональних лінійних поляризацій в діапазоні частот, ГГц	3.4...4.2 10.7... 12.75
КСХН по виходам пристрою: - в діапазоні 3.4...3.6 ГГц;	

- в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	1.35
- в діапазоні 11/12 ГГц.	1.35
	1.30
Сумарні втрати, дБ	
- в діапазоні 3.4...3.6 ГГц;	
- в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	- 0.5
- в діапазоні 11/12 ГГц.	- 0.5
	- 0.3
Поляризаційна розв'язка, дБ	
- в діапазоні 3.4...3.6 ГГц; -	25.0
в діапазоні 3.6...4.2 ГГц;	25.0
- в діапазоні 11/12 ГГц.	30.0
Габаритні розміри, мм: не більше:	
довжина,	1225
діаметр	525
Маса, кг, не більше	15

3.6 Приемально – передавальний антенно – хвилевідний блок НВЧ розширеного С – band.



Рисунок 3.4 Антенно – хвилевідний приемально-передавальний блок С – band.

Блок НВЧ виконує частотну селекцію і поляризаційну обробку прийнятих та переданих НВЧ сигналів.

НВЧ блок забезпечує:

- одночасну роботу НВЧ тракту у режимах: прийом/передача;
- прийом сигналів НВЧ кругової поляризації (L/R) у режимі прийому, 4 GHz, перетворення їх у лінійну ортогональну поляризацію, розділення сигналів за площинами поляризації;

- перетворення сигналів ортогональних лінійних поляризацій діапазону 6 ГГц за допомогою поляризатора в ортогональні сигнали кругової поляризації і подача їх на вихід блоку НВЧ;

- фільтрування НВЧ сигналів 6 GHz у режимі прийому.

Найважливішим вузлом блоку є ортомодові перетворювачі (ОМП). Вхідний ОМП є відрізок конічного хвилеводу з вхідним діаметром 70мм і вихідним 24мм, який заповнений діелектриком (фторопластом Ф4). На поверхні конусу в двох перпендикулярних осьових перетинах прорізані чотири щілини уздовж твірної конуса. До чотирьох бічних виходів ОМП під'єднані НВЧ фільтри. Фільтри виконують функцію узгодження ОМП з хвилеводом перетину (61×10)мм у діапазоні 4 ГГц і затухання сигналів діапазону 6 ГГц.

Отже, в діапазоні 6 ГГц ОМП спільно з фільтрами не робить істотного впливу на поляризаційну структуру електромагнітної хвилі. Для ЕМ хвиль діапазону 4 ГГц деякий перетин ОМП є позамежевим. Щілини на поверхні конусу розташовані таким чином, щоб падаюча зі входу і відбита від позамежевого перетину ЕМ хвилі склалися у перерізі щілини синфазно.

Щілини розташовані в осьовому перерізі конусу, перпендикулярному поляризації падаючої хвилі. Отже вся енергія цієї ЕМ хвилі розділиться навпіл і синфазно між цими бічними виходами ОМП. Хвиля ортогональної поляризації розділиться навпіл і синфазно між двома іншими бічними виходами ОМП. Таким чином, ОМП у діапазоні 4 ГГц розкладає прийняту електромагнітну хвилю на дві ортогональні лінійні поляризаційні складові. У двох каналах ОМП утворюються синфазні складові однієї лінійної поляризації, а в ортогональних двох каналах - синфазні складові ортогональної поляризації. Вихідний ОМП працює у режимі додавання складових, виділених у вхідному ОМП.

Одноименні бічні виходи обох ОМП з'єднані між собою за допомогою хвилевідних плечей перетином (61×10) мм. Електричні довжини плечей, які підключені до однієї пари виходів ОМП, на 90° ($\lambda/4$) більше довжин плечей,

підключених до іншої пари виходів ОМП, внаслідок введення у ці плечі фазозсуваючі елементи. Вихідний ОМП виконує квадратурне додавання складових вхідного сигналу.

Якщо на вхід ОМП подані сигнали двох кругових поляризацій правого і лівого напрямків обертання, то на виході другого ОМП вони будуть перетворені в сигнали двох лінійних ортогональних поляризацій. Ці сигнали лінійних поляризацій виділяються з круглого хвилеводу ОМП за допомогою поляризаційного селектора, який представляє собою відрізок круглого хвилеводу, а до вікна в бічній стінці приєднаний прямокутний хвилевід.

Робота поляризаційного селектору подібна до роботи ОМП, з тією різницею, що елементом розділення сигналів різних поляризацій є металева пластина, розташована уздовж осі круглого хвилеводу перпендикулярно боковому плечу. Тому поляризаційний селектор відгалужує в бічне плече тільки сигнал однієї лінійної поляризації, а сигнал ортогональної поляризації проходить на вихід селектору прямим каналом. Для відгалуження сигналу до зазначеного виходу селектору підключений хвилевідний перехід з хвилеводу круглого перетину діаметром 65 мм на хвилевід прямокутного перетину (58×25) мм.

Таким чином, виходи поляризаційного селектору перетином (58×25) мм є виходами блоку НВЧ діапазону 4 ГГц. Для сигналів діапазону 6 ГГц у ОМП є конічний хвилевідний перехід з перетину діаметром 65 мм на перетин діаметром 24 мм, який не має впливу на поляризаційну структуру електромагнітної хвилі.

Після ОМП сигнали діапазону 6 ГГц надходять на поляризатор, виконаний на круглому хвилеводі діаметром 35 мм і з'єднаний з ОМП через хвилевідний перехід (24×35) мм. Після поляризатору включений поляризаційний селектор, який виконує функцію виділення двох сигналів ортогональних лінійних поляризацій, подібно тракту діапазону 4 ГГц. До прямого виходу селектору підключений хвилевідний прямокутний вигин

перетину (35×15)мм. Відповідно ортогональні виходи селектору перетином (35 × 15)мм є виходами блоку НВЧ діапазону 6ГГц.

Для забезпечення підключення МШП і підсилювачів потужності виходи блоку НВЧ виконані за стандартами CPR-229G у діапазоні 4 ГГц і CPR-137G в діапазоні 6 ГГц.

Даний комбайнер дає можливість приймати та проводити селекцію сигналів НВЧ в С- та Ку- діапазонах одночасно, а також виділяти окремо сигнали розширеного Ку- діапазону лінійних ортогональних поляризацій, а в С- діапазоні – без неоперативного втручання, за допомогою дистанційного фіксованого перемикавання фазообертачів виділяти сигнали двох ортогональних кругових, або двох лінійних ортогональних поляризацій. В даній структурі виконання тракту НВЧ фазообертачі виконують чотири функції:

- узгодження хвильових опорів сусідніх хвилеводних вузлів,
- вирівнювання фазової складової розповсюдження електромагнітних хвиль по окремих каналах тракту шляхом, затримки фазової швидкості в одній із площин,
- перемикавання діелектричних неоднорідностей для створення мінімальних втрат при проходженні лінійної ортогональної поляризаційної складової,
- забезпечення оптимального коефіцієнту еліптичності у всьому частотному С- діапазоні, що в свою чергу визначає рівень коефіцієнта поляризаційної розв'язки:

$$K_p = 20 \cdot \lg \frac{1 + K_e}{1 - K_e} \quad [\text{dB}] \quad (3.1)$$

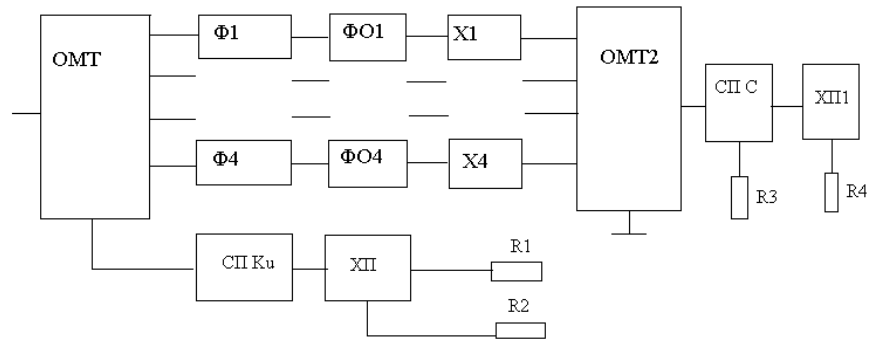


Рисунок 3.5 Структурна схема даного комбайнера наступна

- де, OMT, OMT2 – ортомодові перетворювачі,
 Φ1,...Φ4 – фільтри верхніх частот (діапазону Ku),
 ΦO1,...ΦO4 – фазообертачі С діапазону,
 X1,...X4 – хвилеводні поворотні секції в Е площині,
 СП С – селектор поляризаційний С діапазону,
 СП Ku – селектор поляризаційний Ku діапазону,
 ХП – хвилеводний перехід з $\varnothing 21$ на січ.(19*9,5) мм,
 ХП1 – хвилеводний перехід з $\varnothing 70$ на січ.(58*29) мм,
 R1, R2 – узгоджене навантаження січ. по стандарту WR-75
 R3, R4 – узгоджене навантаження січ. по стандарту WR-229

3.7 Дослідження параметрів технічних характеристик спроектованих інтегрованих НВЧ трактів

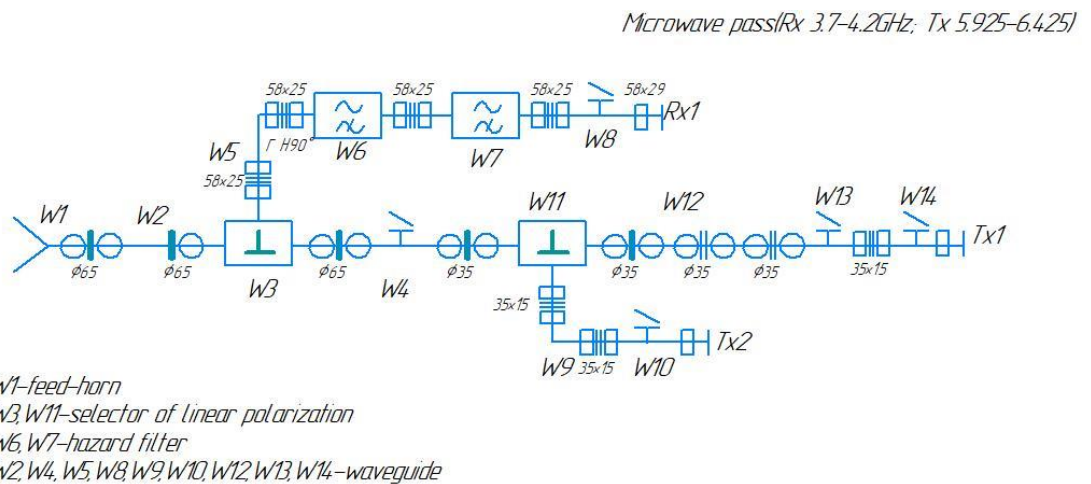


Рисунок 3.6 Схема вимірювання тракту НВЧ

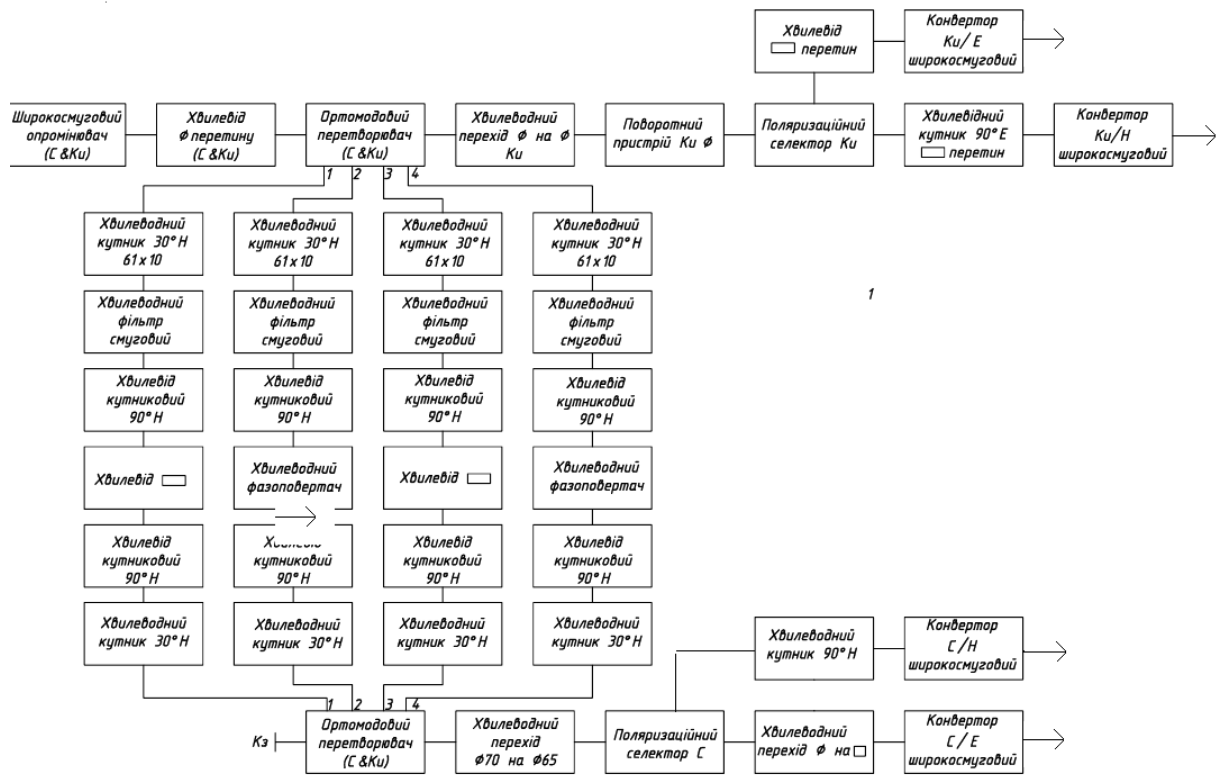


Рисунок 3.7 Структурна схема надширококутнього інтегрованого НВЧ тракту

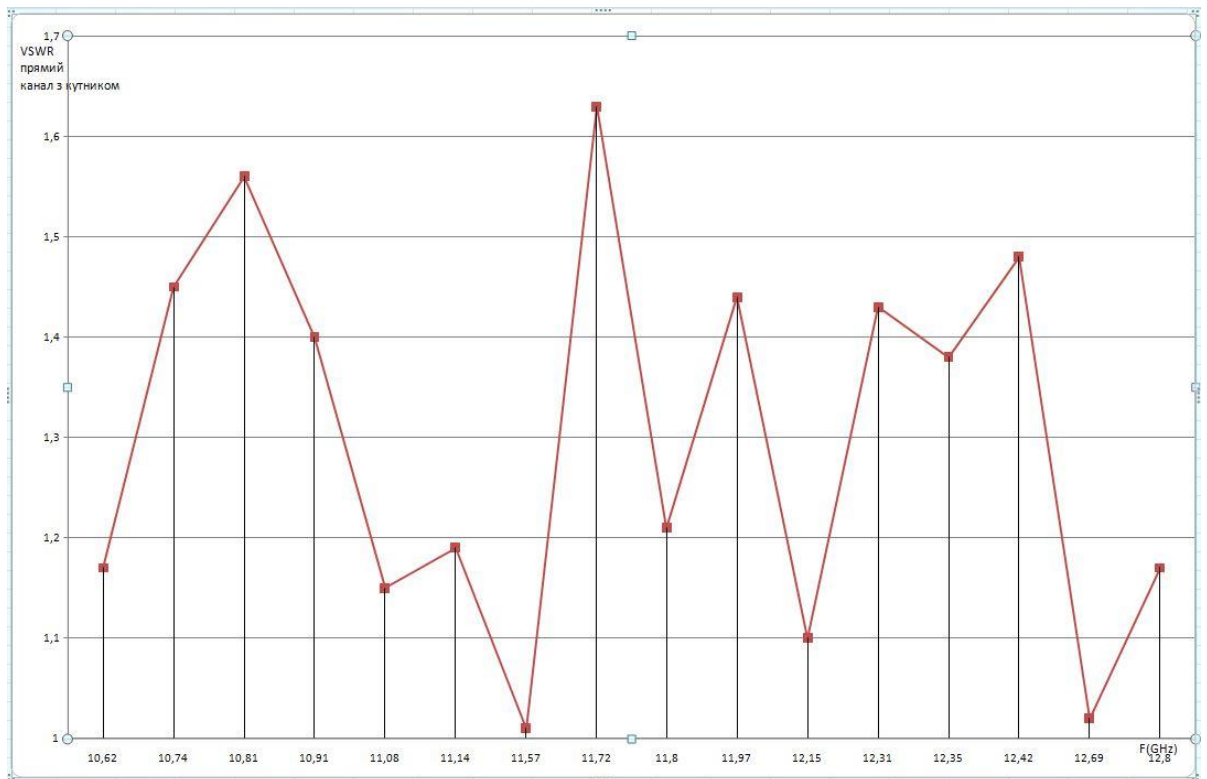


Рисунок 3.8 Діаграма дослідження КСХ прямого каналу інтегрованого НВЧ тракту

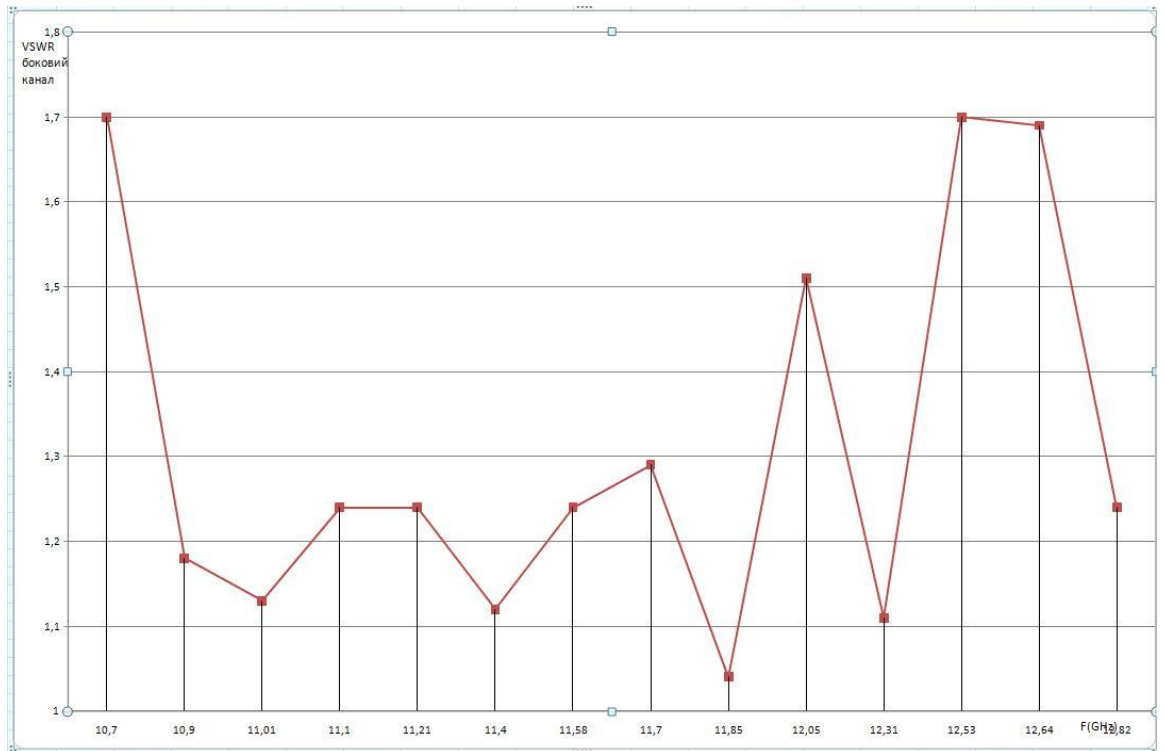


Рисунок 3.9 Діаграма дослідження КСХ бокового каналу інтегрованого НВЧ тракту

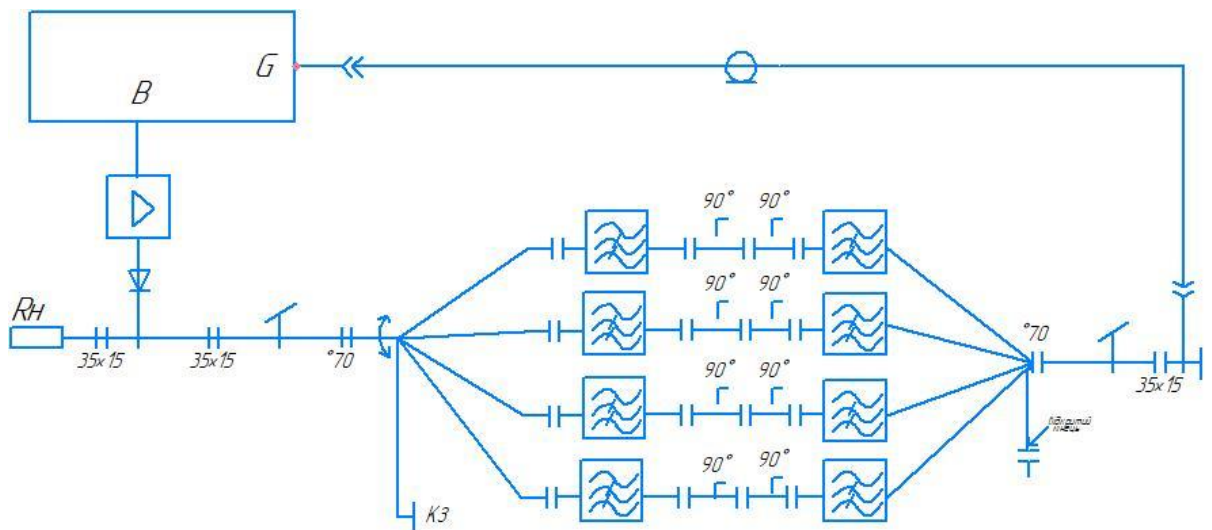


Рисунок 3.10 Схема електрична принципова дослідження рівня втрат (загородження) ЕМХ у частотному діапазоні С.

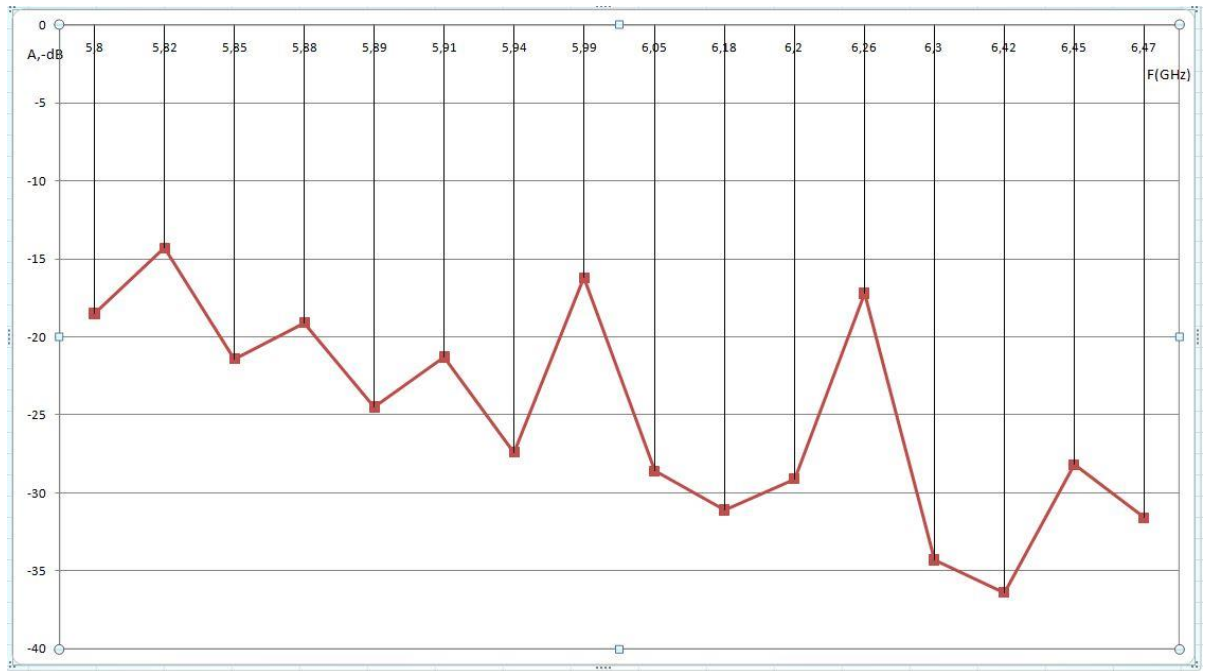


Рисунок 3.11 Діаграма дослідження ЕМХ у частотному діапазоні С.

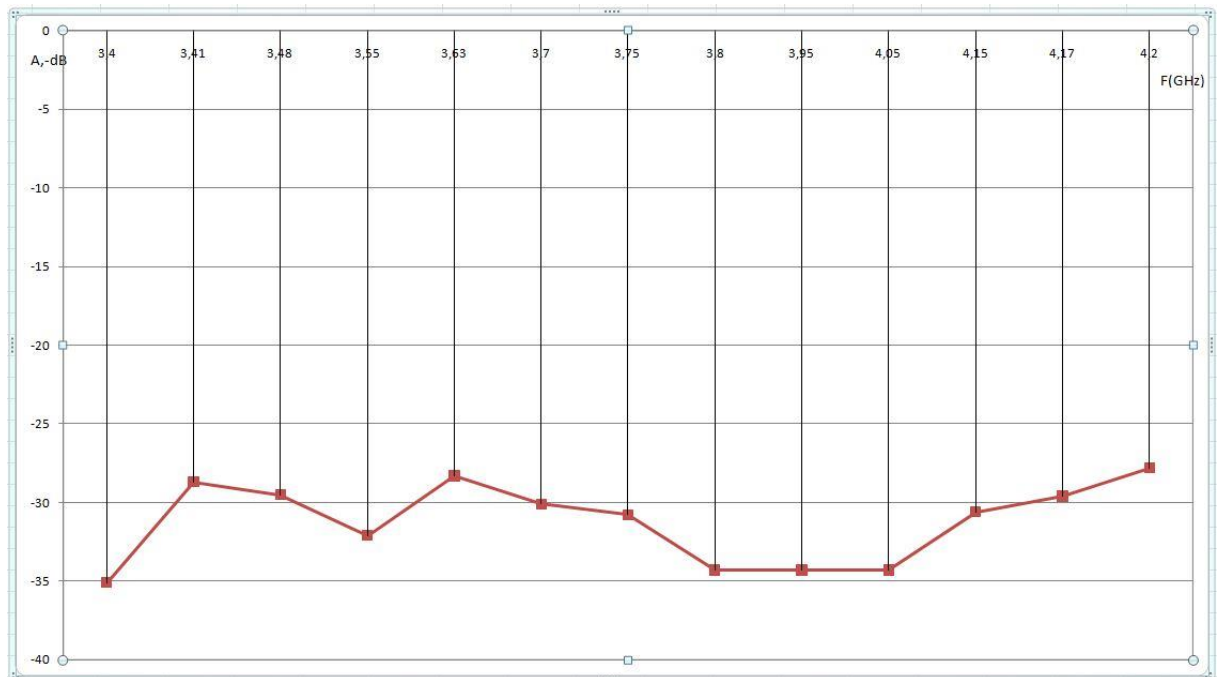


Рисунок 3.12 Діаграма дослідження лінійної поляризаційної розв'язки по боковому каналу у НВЧ тракті

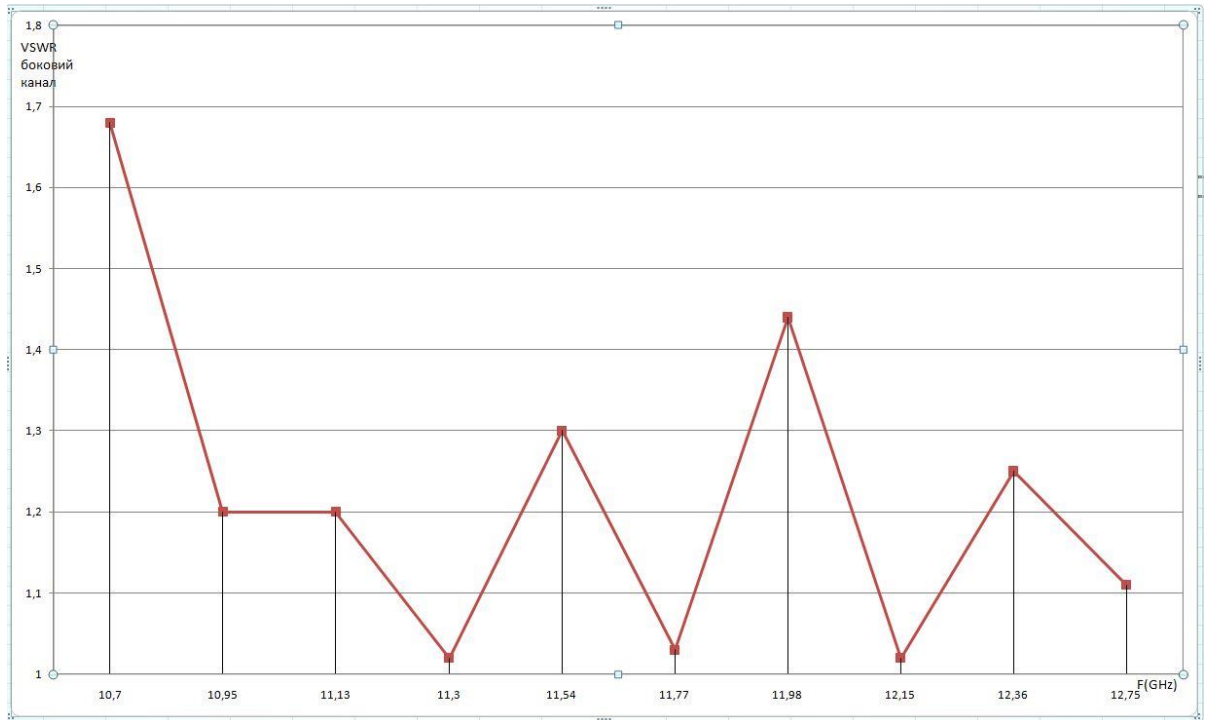


Рисунок 3.13 Діаграма дослідження КСХ по боковому каналу тракту НВЧ
KU діапазону

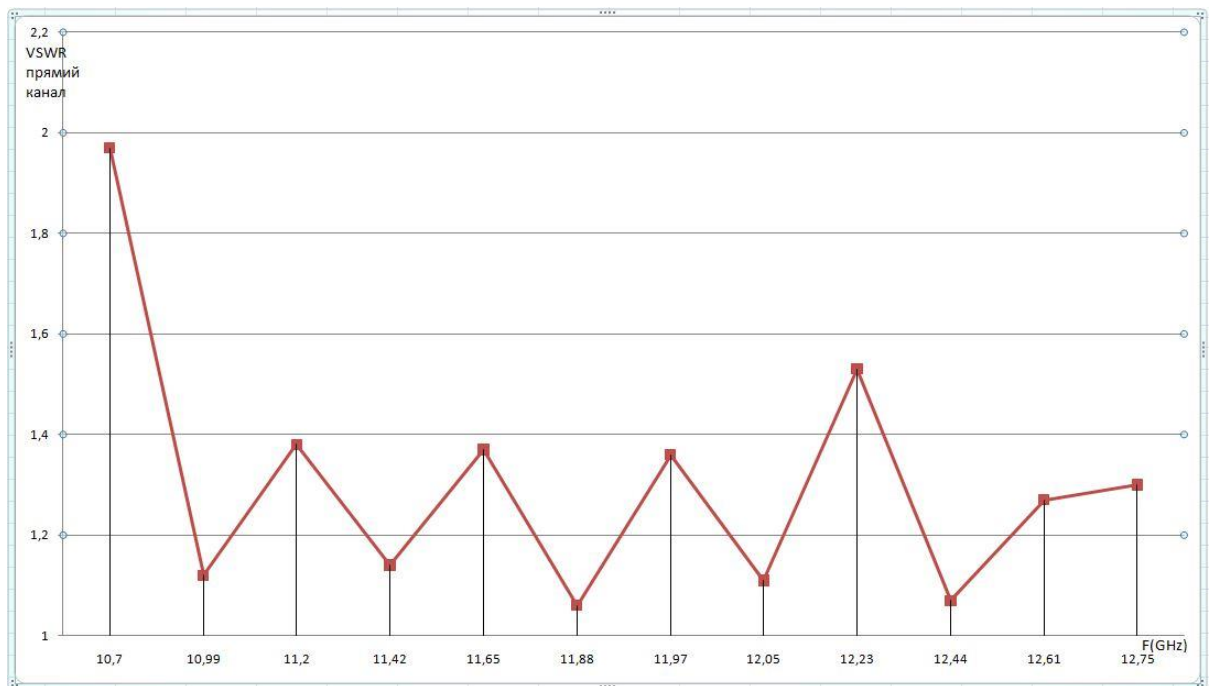


Рисунок 3.14 Діаграма дослідження КСХ по прямому каналу тракту НВЧ
KU діапазону

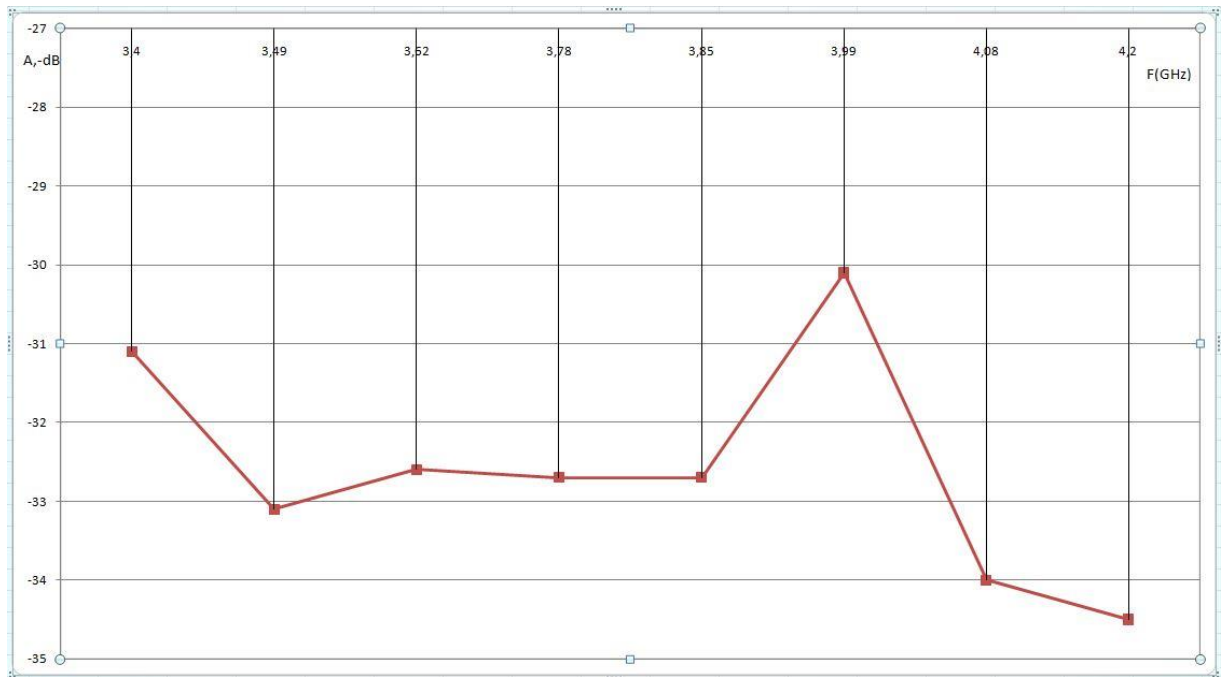


Рисунок 3.15 Діаграма дослідження лінійної поляризаційної розв'язки у C band

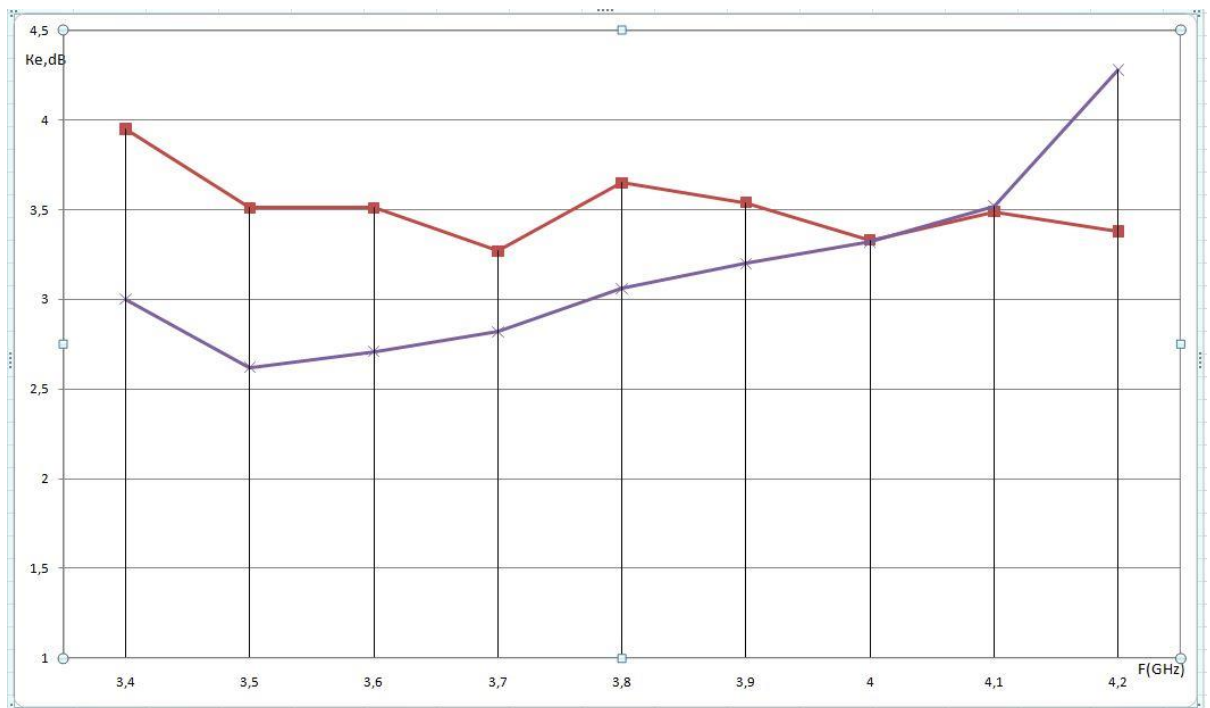


Рисунок 3.16 Діаграма дослідження коефіцієнта еліптичності

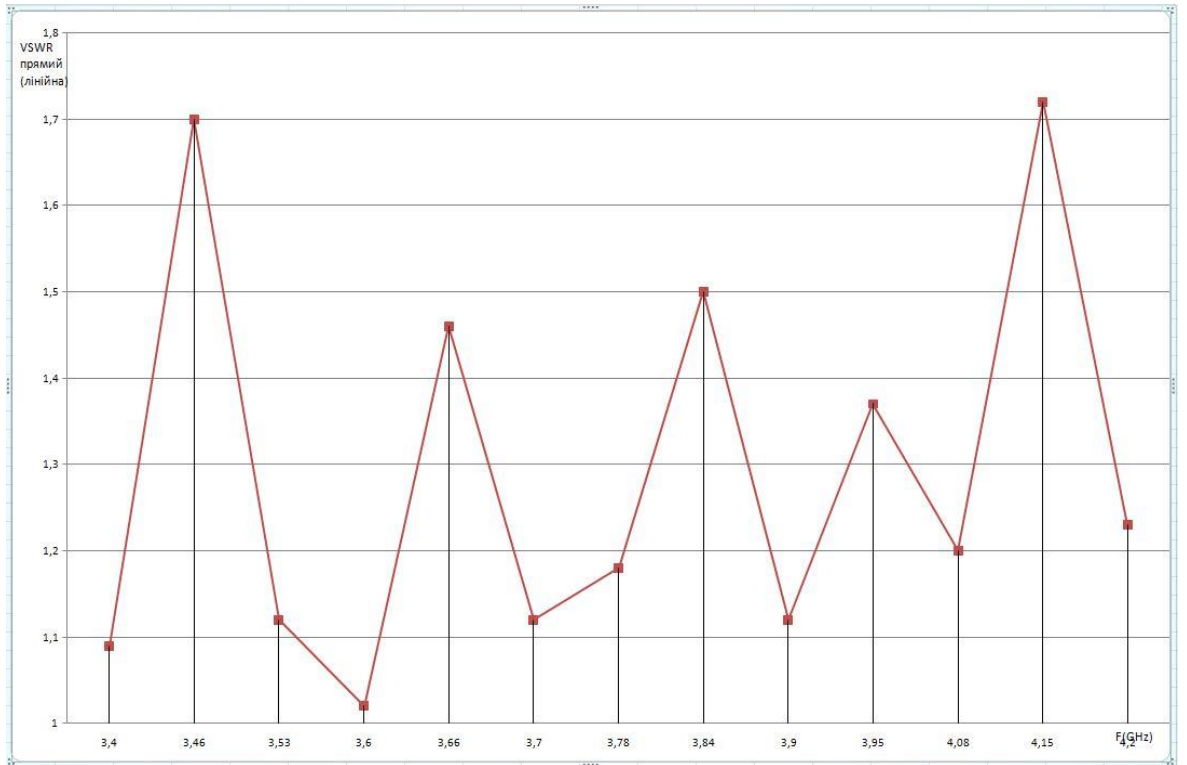


Рисунок 3.17 Діаграма дослідження КСХ по лінійному прямому каналу

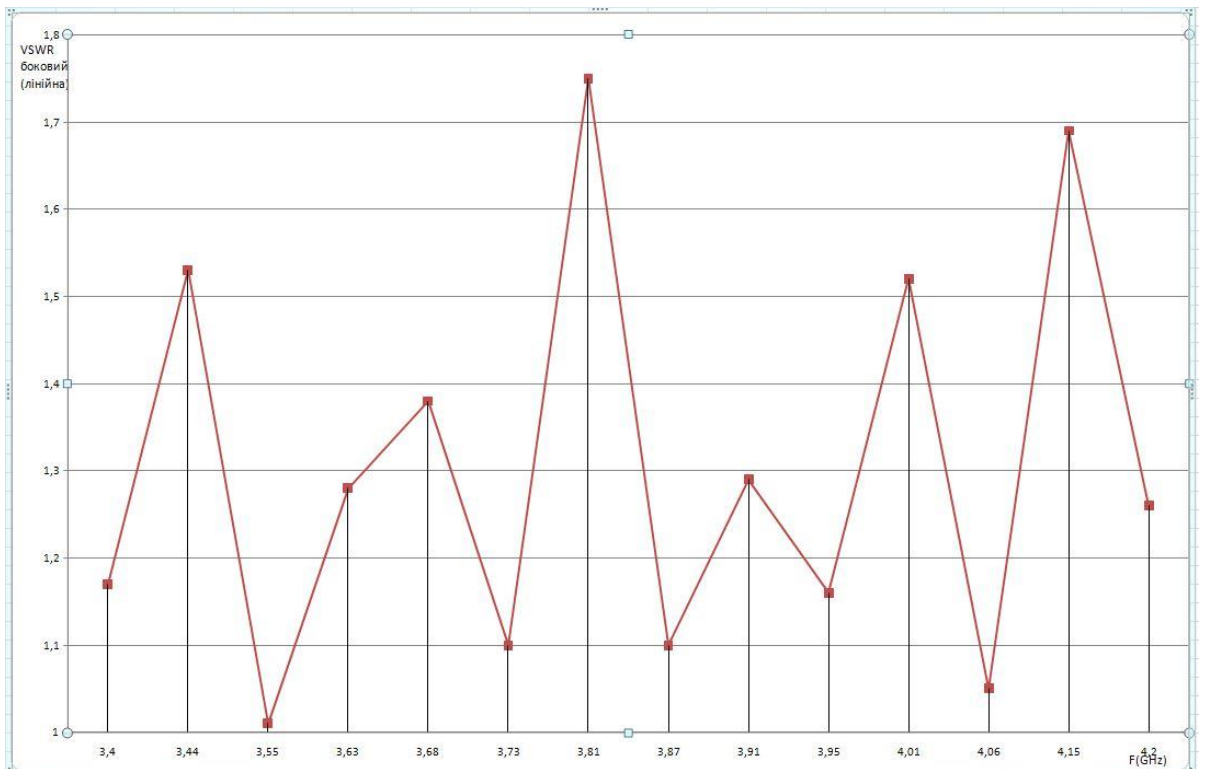


Рисунок 3.18 Діаграма дослідження КСХ по лінійному боковому каналу

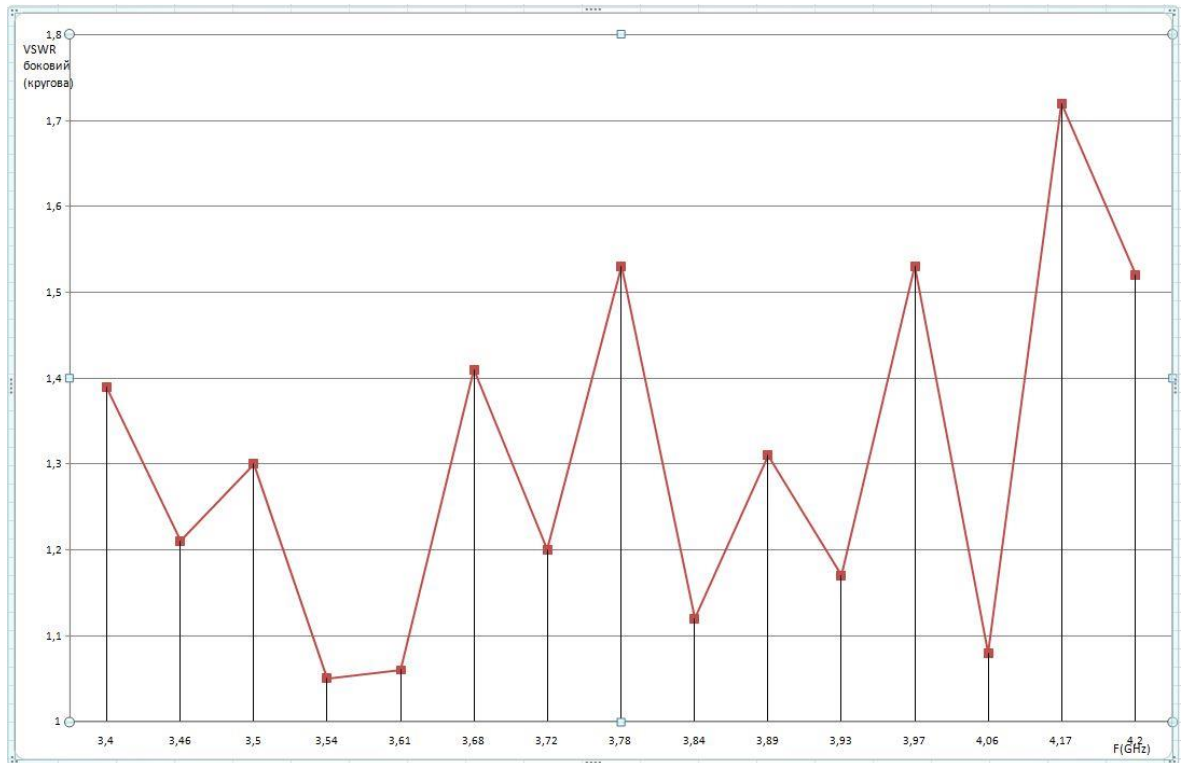


Рисунок 3.19 Диаграмма дослідження КСХ по круговій поляризації бокового каналу

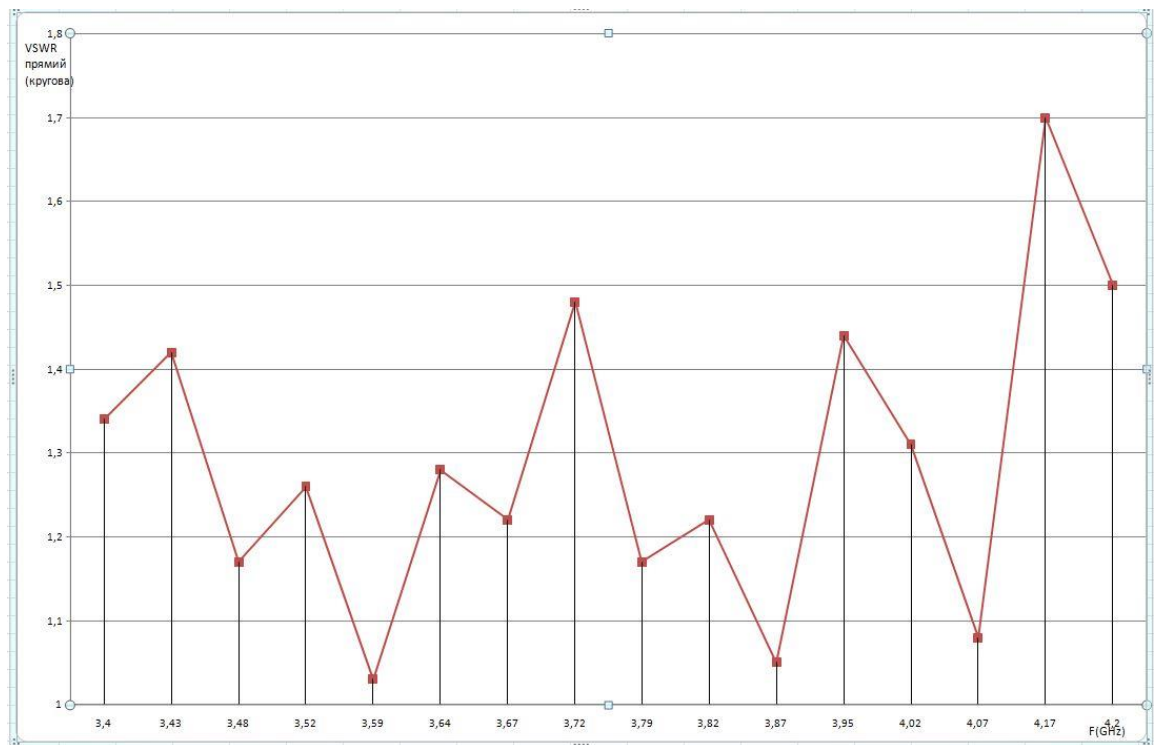


Рисунок 3.20 Диаграмма дослідження КСХ по круговій поляризації прямого каналу

3.8 Висновки до розділу 3

В даному розділі проведений аналіз спроектованих пристроїв селекції частотних діапазонів і поляризацій C/KU діапазонів та опромінюючого пристрою C/X – діапазонів, які відповідають технічним вимогам у зазначених виробках. Значення вимірних діаграм КСХ по круговій та лінійній ортогональних поляризаціях прямого та бокового вихідних каналів, загальних динамічних втрат в каналах коефіцієнта поляризаційної розв'язки, коефіцієнта еліптичності системи відповідають задекларованим технічним характеристикам створених зразків у порівнянні з уже існуючими прототипами міжнародних виробників.

РОЗДІЛ 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Середовище Micro-wave office для проектування НВЧ-пристроїв

Microwave Office - це потужний інструмент для аналізу високочастотних пристроїв, що дозволяє автоматизувати процес їх проектування. Microwave Office дозволяє повністю виконувати проектування від технічного завдання до виробництва не виходячи з середовища розробки.

При моделюванні можна використовувати один з методів: лінійне моделювання, вдосконалений гармонійний баланс, ряди Вольтера або 3-х мірне електромагнітне моделювання (EMSign). Результати можуть виводитися в різних графічних формах або в таблиці залежності від мети проведеного аналізу. Можна налаштовувати або оптимізувати проекти і всі зміни негайно і автоматично відбиваються на графіках і в топології.[1]

Програма моделювання лінійних або квазі-лінійних схем носить назву VoltaireLS. Вона міцно інтегрована в систему Microwave Office і активується кожного разу, коли запитуються результати аналізу, які можна отримати без використання нелінійних моделей.

У пакеті Microwave Office, за рахунок використання об'єктно-орієнтованого підходу, система рівнянь формується безпосередньо з схематичного представлення проекту без додаткового перетворення в файл списку з'єднань.

Наявність інструменту Tuner дозволяє наочно демонструвати поведінку системи в залежності від зміни того чи іншого номіналу елемента або будь-якого фізичного параметра і, тим самим, глибше зрозуміти сутність досліджуваних фізичних явищ.

Модуль лінійного аналізу в частотній області включає велику бібліотеку моделей (понад 450) зосереджених і розподілених елементів. Сюди входять Полоскова, мікрополоскових і копланарних, а також багато

інших поширені елементи, які використовуються для побудови високочастотних схем.

Програма нелінійного аналізу називається VoltaireXL. Вона також глибоко інтегрована в систему Microwave Office, як і лінійний VoltaireLS, і активується щоразу, коли на відображення призначаються результати нелінійного аналізу, або коли в наближеною лінійної задачі будь-якої параметр схеми вимагає нелінійного розрахунку.

В результаті, користувачі мають можливість налаштувати і оптимізувати параметри схем в режимі реального часу. Це - одна з найбільш примітних властивостей продукту VoltaireXL. Простим натиском миші ви можете змінити, наприклад, довжину шлейфа, а потім спостерігати зміну характеристик схеми на діаграмі Сміта або прямокутних графіках в залежності від того, як ви рухаєте мишею.

При створенні пакета Microwave Office стало можливо налаштувати нескладні нелінійні схеми фактично в реальному часі. Крім того, основні моделі елементів спеціально адаптовані для використання в методах нелінійного аналізу. Наприклад, вузол між двома послідовно включеними конденсаторами ніколи не виявиться невизначеним по постійному струму, як це було раніше в деяких подібних програмах.

Потужні графічні можливості модуля EMSight дозволяють користувачеві спостерігати кольорове тривимірне анімаційне зображення струмів високої частоти, на якому відображається не тільки амплітуда, але і напрямок цих струмів, що дозволяє отримати нове уявлення про поведінку НВЧ структур. Крім того, є широкий набір "традиційного" подання розрахункових даних, таких як діаграми Сміта, графіки у прямокутній і полярній системах координат і таблиці даних.

Завдяки вбудованому інтерфейсу імпорту / експорту програма може зберігати дані в стандартних форматах промислових систем, наприклад Touchstone, що робить можливим використання їх іншими популярними системами лінійного та нелінійного аналізу виробництва компаній Ansoft,

HP EEsof, Optotek і ін. Також EMSight імпортує і експортує файли системи Sonnet Geo, що робить його ідеальним графічним редактором для користувачів системи Sonnet EM.

4.2 Основні команди програмного забезпечення Microwave Office

У цьому розділі описані основні вікна, пункти меню і команди, необхідні для виконання основних завдань Microwave Office, таких як: створення проекту, схеми, малюнка електромагнітних структур, топологій, виконання моделювання, налагодження та оптимізація значень параметрів і змінних, відображення вихідних графіків.

Описані тут, вибори меню і команд можуть бути викликані різними способами з випадаючих меню, з панелі інструментів і / або вікна перегляду проектів. У цьому керівництві не описуються всі способи викликати завдання.

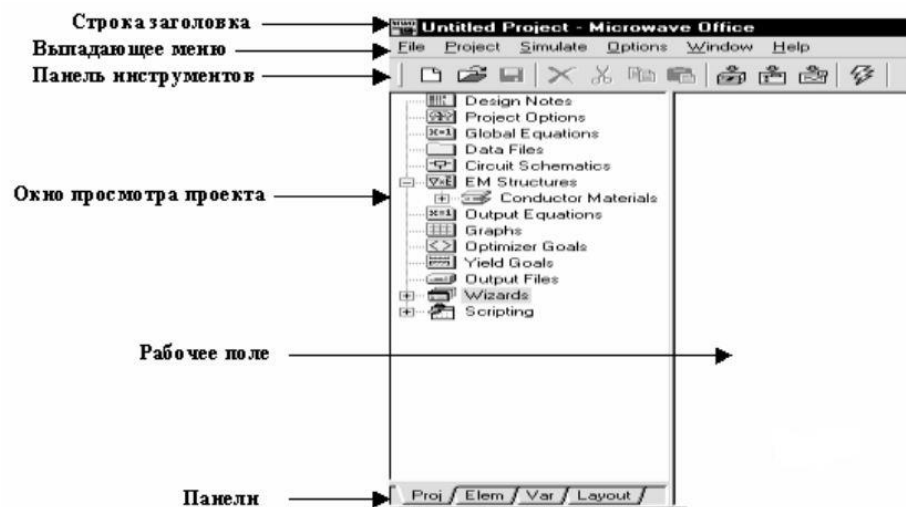


Рисунок 4.1. Створення, відкриття і запис проектів.

Створення проекту - перший крок до формування та моделювання ваших проектів.

Організація і управління проектом і всім пов'язаним з ним проводиться в структурі дерева груп і модулів в вікні перегляду проектів, утримуючи панелі Proj (рис. 4.2).

Для створення нового проекту потрібно вибрати File> New Project в випадаючому меню. Потім потрібно дати ім'я новому проекту, вибравши File> Save Project As в тому ж меню. Ім'я проекту відображається в заголовку вікна.

Для відкриття існуючого проекту потрібно вибрати File> Open Project.

Для збереження поточного проекту потрібно вибрати File> Save Project.

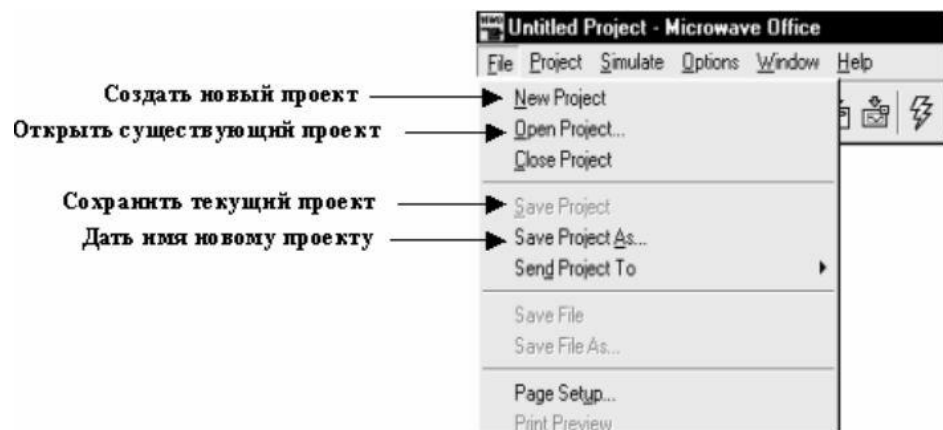


Рисунок 4.2. Створення схем і списку ланцюгів.

Схеми - це графічне зображення схем, а список ланцюгів - це текстовий опис. Проект Microwave Office може включати безліч малюнків лінійних і нелінійних схем і / або списків ланцюгів, а також електромагнітних структур.

Щоб створити нову схему або список ланцюгів, потрібно натиснути правою кнопкою мишки по групі Circuit Schematics і вибрати New Schematic або New Netlist і, в розпочатому полі введення, ввести ім'я схеми або списку ланцюгів.

Після того, як визначено ім'я схеми або списку ланцюгів, на робочому полі відкривається порожнє вікно схеми (рис. 4.3) або списку ланцюгів, в заголовку якого відображається присвоєне ім'я, а у вікні перегляду проектів відображається нова схема або список ланцюгів, як підгрупа в групі Circuit

Schematics. Підгрупа нової схеми або списку ланцюгів містять всі параметри і опції, які визначають і описують схему або список ланцюгів.

Крім того, меню, що випадає і панель інструментів відображають новий специфічний набір команд і інструментів для формування та моделювання схеми або списку ланцюгів.

Зауваження. Бібліотеки та папки даних у вікні перегляду елементів пропонують широкий вибір електричних моделей і файлів S-параметрів від виробників.

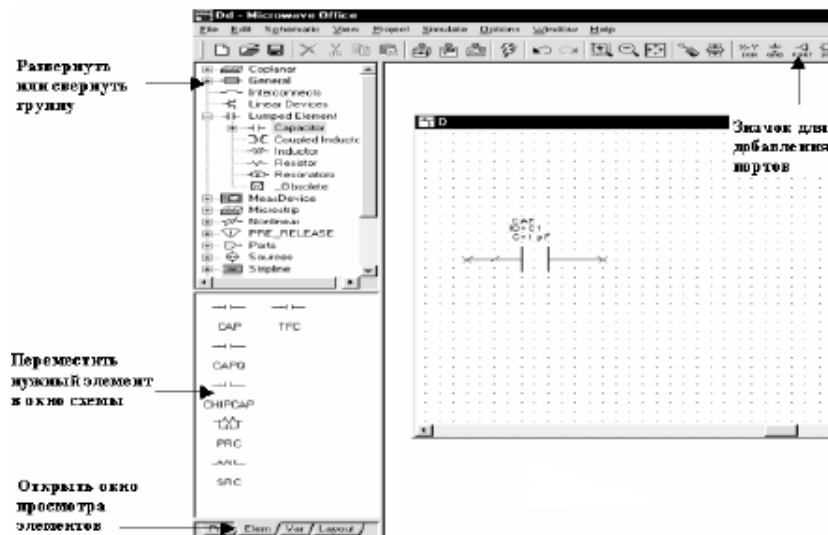


Рисунок 4.3. Перегляд вбудованої бази

Вікно перегляду елементів (рис. 4.3) дозволяє переглядати вбудовану базу даних ієрархічних груп електричних елементів таких, як зосереджені елементи або елементи.

4.3 Реалізація експериментальних досліджень за допомогою Microwave Office

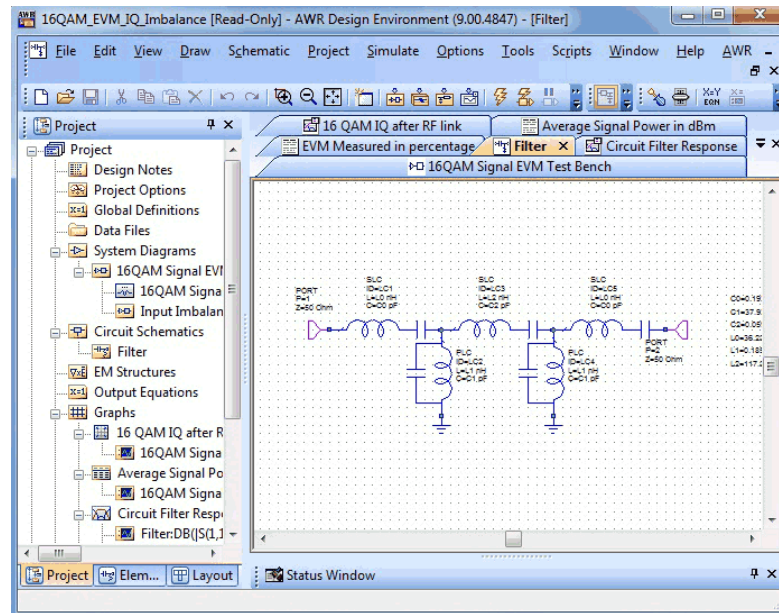


Рисунок 4.4. Робоче вікно програми

В даному ПЗ присутній модуль аналізу антен, що дозволяє розраховувати їх характеристики, будувати діаграми спрямованості (LNCP, RNCP, ETheta і ERNi), переглядати і анімувати струми. Кожному елементу на схемі призначений його топологічний еквівалент. Редактор топологій дає можливість створювати нові або змінювати наявні варіанти. Оскільки даний редактор постійно пов'язаний з редактором схем, топологія автоматично генерується в міру створення проекту. У редакторі топологій є модуль за контролем топологічних норм, що допомагає ефективно відстежувати і усувати порушення.

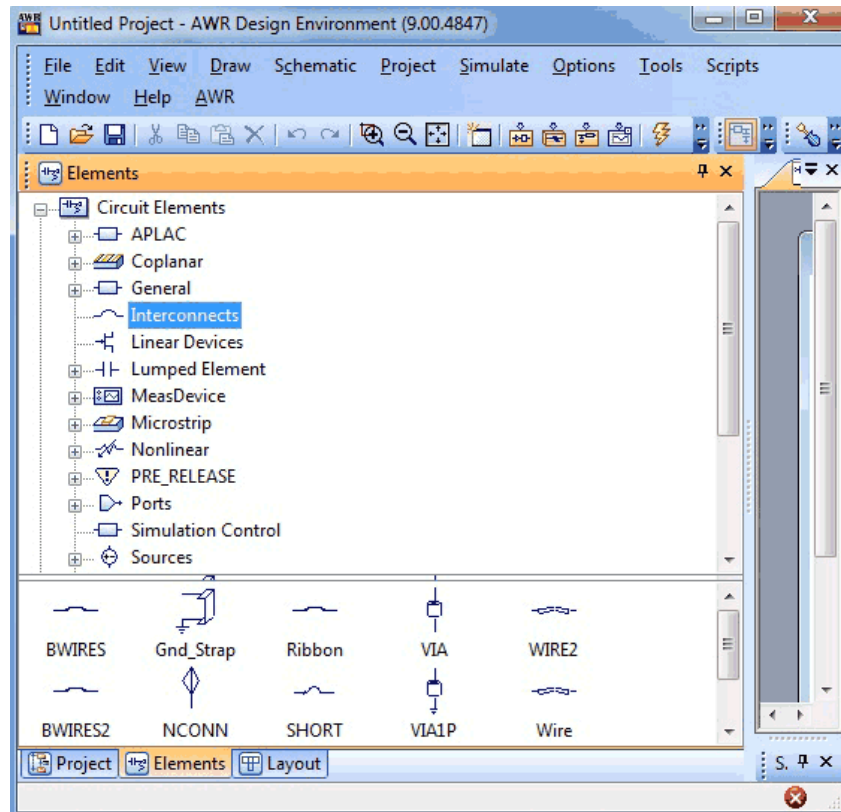


Рисунок 4.5. Робоче вікно програми

Крім цього в Microwave Office можна виділити наступні інтегровані інструменти:

- обчислювальний модуль APLAC, що моделює в тимчасовій області ємні схеми з компонентами з високою нелінійністю шляхом гармонійного балансу;
- автоматичну екстракцію паразитних параметрів (технологія ACE);
- технологію «розумних» мереж iNet для формування міжз'єднання;
- модуль AXIEM для повного 3D електромагнітного аналізу (можливо виконання тривимірного моделювання сторонніми програмами, для цього спеціально створений інтерфейс EM Socket);
- модуль синтезу частотно-вибірчих пасивних ланцюгів Nuhertz Technologies;
- можливість роботи з багатошаровими платами з урахуванням технологічних шарів;

- пошарове перегляд плоского відображення топології або тривимірного зображення проєктованого приладу в «прозорому» варіанті, а також шляхом накладення різних текстур.

4.4 Висновки до розділу 4

За допомогою Microwave Office і Analog Office створені схеми, що складаються з різних елементів і електромагнітних (ЕМ) структур, доступних в великій базі даних електричних моделей. Виконувалось моделювання, використовуючи будь-який з симуляторів NI AWR - наприклад, лінійний симулятор, гармонійний симулятор для нелінійного моделювання та аналізу в частотній області (симулятор гармонійного балансу APLAC), 3D планарний ЕМ симулятор (AXIEM), симулятор на основі 3D методу скінченних елементів (Analyst), симулятори перехідних процесів (симулятор перехідних процесів APLAC або окремий HSPICE симулятор) - і виводити дані в потрібному вигляді.

РОЗДІЛ 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів та засобів побудови спеціалізованих комп'ютерних систем для оцінювання якості бензину.

Як відомо, розробка надійної і ефективної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Розробку даної системи можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір інформації по тематиці роботи наступне її опрацювання;
- 3) прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- 4) аналіз математичної моделі та методів побудови спеціалізованих комп'ютерних систем для оцінювання якості бензину;
- 5) розробка алгоритму програми для оцінювання якості бензину;
- 6) налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- 7) написання програми;
- 8) написання і оформлення документації.

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (5.1)$$

при двох оцінках:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (5.2)$$

де T_{ec} – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії); t_{min} , $t_{н.й}$, t_{max} – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для визначення загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт (розробки програмного продукту) доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у таблицю 5.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 5.1.

Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
	2	3	4
	Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	5	5
	Аналіз науково-технічних публікацій з теми	16	6
	Розроблення математичної моделі	13	5

	Розроблення методу статистичного аналізу	12	8
	Аналіз та інтерпретація отриманих результатів	15	11
	Формування звіту по НДР	120	12
	разом	181	47

5.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п

кількість робочих днів в місяці слід приймати – 21 дні/міс., що відповідає 168 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_c \times K_2,$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_2 - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище - заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата в 2019 р. складає 4173,00 грн., в погодинному розмірі 25,13 грн., приймемо 80,00 грн. для інженера, для керівника – 130,00 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 130,00 грн./год., інженер – 80,0 грн./год.

Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \times K_{ГОД}$$

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 130,00 \text{ грн.} \times 47 \text{ год.} = 6110,00 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 80,00 \text{ грн.} \times 181 \text{ год.} = 14480,00 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{\text{дод}} = Z_{\text{осн}} \times K_{\text{допл}},$$

де $K_{\text{допл}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$Z_{\text{дод}} = 6110,00 \text{ грн.} \times 0,15 = 916,50 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{\text{дод}} = 14480 \text{ грн.} \times 0,10 = 1448,00 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{\text{оп}}$) визначаються за формулою (5.6) і становлять:

$$B_{\text{оп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} \quad (5.6)$$

Керівник проекту:

$$B_{\text{оп}} = 6110,00 + 916,50 = 7026,50 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$B_{\text{оп}} = 14480,00 + 1480,00 = 15960,00 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 22986,50 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18% 4137,6 грн.;
- військовий збір 1,5% 344,8 грн.;
- єдиний внесок 22% 5057,03 грн..

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%. Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$B_{C.3} = \text{ФОП} \times 0,415$$

$$B_{C.3} = 22986,50 \text{ грн.} \times 0,415 = 9539,4 \text{ грн.},$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у наступну табл.

5.2.

Таблиця 5.2.

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п / п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 8=5+6+7
		Тарифна ставка, грн.	відпрацьов	Фактично нарах. з/пл., грн.			
	2			5		7	8
.	К ерівник проект у	30	7	6 110,00	16,50	2 916	9 942,50
.	І нженер	0	81	1 4480,00	448,0 0	6 623,40	2 2583,40
	Разом			2 0590	364,5 0	9 539,4	3 2525,90

5.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \times T \times S, \quad (5.8)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕКП України від 10.09.2019 № 1920 вартість електроенергії становить 168,00 коп./кВт.год.

Потужність комп'ютера – 550 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 6.1 – 260 годин.

$$Z_e = 0,550 \times 260 \times 1.68 = 240,2 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3.

Визначення величини затрат на матеріал

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4-80	л ачка		1 10,00	1 10,00		1 10,00
Ватман	л т.		1 0,00	8 0,00		8 0,00

Заправка картриджа для лазерного принтера	П.т.		1 20,00	1 20,00		1 20,00
Плата за користування Інтернетом	рн.	Г	1 50,00	1 50,00		1 50,00
Разом						4 60,00

5.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_6 \cdot H_A}{100} \quad (5.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.,

B_6 – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.,

H_A – норма амортизації, %.

$$A = \frac{21000,00 * 15\%}{100\%} = 3150,00 \text{ грн.}$$

5.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_6 = V_{O.П} * 0,2 ,$$

$$H_6 = 22986,50 \text{ грн.} \times 0,2 = 4597,30 \text{ грн.}$$

де H_6 – накладні витрати, грн.,

$V_{O.П}$ – суми основної та додаткової заробітної плати працівників, грн..

5.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 5.4. Собівартість (C_B) науково-дослідних робіт розрахуємо за формулою:

$$C_B = V_{O.П} + V_{C.З} + Z_{M.В} + Z_e + T_B + A + H_6 ,$$

$$C_B = 22986,50 + 9539,40 + 460,00 + 240,2 + 3150,00 + 4597,30 = 40973,4 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4.

Кошторис витрат на науково-дослідних робіт

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
--------------	------------	-----------------------

1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	22986,50	55,01
Відрахування на соціальні заходи	9539,40	22,83
Матеріальні витрати	460,00	1,26
Витрати на електроенергію	240,2	0,65
Амортизаційні відрахування	3150,00	9,25
Накладні витрати	4597,30	11,00
Собівартість	40973,4	100

5.8 Розрахунок ціни науково-дослідних робіт

Ціну науково-дослідних робіт можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ),$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та V_i , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{pen}) \cdot (1 + ПДВ) \quad (5.12)$$

Звідси ціна на проект складе:

$$Ц = 40973,4 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 63918,5 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 46518,17 грн.

Визначимо величину прибутку:

$$П = Ц - C_B \quad (5.13)$$

$$П = 63918,5 - 40973,4 = 22945,1$$

Згідно формули 5.13 отримаємо 22945,1 грн.

5.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = П / C_B, \quad (5.14)$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_p = 22945,1 / 40973,4 = 0,56$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = E_p \quad (5.15)$$

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв:

Таблиця 5.5.

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн	40973,4
2	Плановий прибуток, грн	22986,5
3	Ціна, грн	63918,3
4	Економічна ефективність	0,56
5	Термін окупності, рік	1,79

5.10 Висновок до розділу 5

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,56 і термін окупності становитиме 1,79 року.

Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

6.1 Забруднення навколишнього середовища, що виникає в технологічному процесі

У процесі еволюції біосфера постійно знаходилася і знаходиться під впливом електромагнітного поля (ЕМП) природного походження (природний фон): електричного й магнітного поля Землі, космічного електромагнітного випромінювання, насамперед того, що генерується Сонцем. Природа електромагнітного випромінювання пов'язана з вихровими електричними й магнітними полями. Внаслідок того, що ці поля нероздільно пов'язані між собою, вони отримали назву електромагнітних.

У період науково-технічного прогресу людство створювало і дедалі ширше використовувало штучні (антропогенні) джерела ЕМП. У наш час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, вплив якого на людину та довкілля рік за роком зростає. Електромагнітні поля та електромагнітні випромінювання поділяються на природні та антропогенні (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 Класифікація електромагнітних полів

Головними джерелами електромагнітних полів є: • радіо-, телевізійні станції; • радіолокаційні станції, або радары (рис. 6.1); • високовольтні лінії

електропередач; • всі види електротранспорту; • промисловість, яка використовує потужне електрообладнання; • телевізори, монітори, мобільні телефони тощо.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється у просторі у вигляді електромагнітних хвиль. До основних параметрів електромагнітних хвиль належать • довжина хвилі λ , м; • частота коливання f , Гц; • швидкість поширення електромагнітних коливань c , яка практично дорівнює швидкості світла $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Залежно від частоти коливання (довжини хвилі) радіочастотні електромагнітні коливання поділяються на: • низькі частоти: $3 \cdot 10^4$ - $3 \cdot 10^5$ Гц (104-103 м); • середні частоти: $3 \cdot 10^5$ - $3 \cdot 10^6$ Гц (103-102 м); • високі частоти: $3 \cdot 10^6$ - $3 \cdot 10^7$ Гц (102-10 м); • дуже високі частоти: $3 \cdot 10^7$ - $3 \cdot 10^8$ Гц (10-1 м); • ультрависокі частоти: $3 \cdot 10^8$ - $3 \cdot 10^9$ Гц (1-10-1 м); • надвисокі частоти: $3 \cdot 10^9$ - $3 \cdot 10^{10}$ Гц (10-1-10-2 м); • надзвичайно високі частоти: $3 \cdot 10^{10}$ - $3 \cdot 10^{11}$ Гц (10-210-3 м).

Електромагнітні поля оцінюються кількістю енергії (потужності), яка переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної характеристики цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії, яка визначається у $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервного чи модульованого), режиму опромінювання, розміру поверхні тіла, що зазнає опромінювання, індивідуальних особливостей організму.

Електромагнітні поля можуть викликати біологічні та функціональні порушення у функціонуванні організму. Функціональні ефекти проявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушенні функцій серцево-судинної та центральної нервової систем. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань. Біологічні негативні ефекти впливу ЕМП проявляються у тепловій та нетепловій діях. Теплова дія призводить до

підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів і тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії в теплову. Таке нагрівання особливо небезпечне для органів із слабкою терморегуляцією (головний мозок, очі, нирки, шлунок тощо). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводить до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору.

Механізм та особливості нетеплової дії ЕМП радіочастотного діапазону до кінця ще не з'ясовані. Електромагнітні поля антропогенного походження також негативно впливають на екосистеми довкілля. Наприклад, ЛЕП викликають низку екологічних проблем.

Спеціальні дослідження показали, що ЛЕП 76 надвисокої та ультрависокої напруги (750-1150 кВ), з екологічної точки зору, є дуже небезпечними. Навколо них утворюються потужні електромагнітні поля, які негативно впливають на людину, порушують шляхи природної міграції тварин і процеси росту рослин тощо. Підготовка трас для ЛЕП, вирубування просік, встановлення опор, монтаж проводів та іншого експлуатаційного обладнання і подальша експлуатація ЛЕП зумовлюють відповідну реакцію з боку екосистеми. Вирубування лісу призводить до значної перебудови всього комплексу еколого-кліматичних факторів: на просіках збільшується швидкість вітру, змінюються температура та вологість повітря, влітку різко посилюється інтенсивність випаровування вологи з поверхні ґрунту і трав'яного покриву, що викликає пересихання поверхневих шарів ґрунту, а взимку на просіках накопичується надмірна кількість вологи, що сприяє вегетації рослин навесні.

Розморожування та відтаювання ґрунту на просіках відбувається на 7-30 днів раніше, ніж у лісі, що може призводити до виникнення ерозійних процесів. Утворення просік супроводжується також значними змінами тваринного компонента екосистем: спостерігається зникнення видів, які мешкають у кронах дерев: змінюється видовий склад, чисельність та різноманіття птахів тощо. Без сумніву, ЛЕП впливають і на стан здоров'я

людей. Розростання міст до мегаполісів наближує ЛЕП до новобудов. Допустимі нормативні показники електричного поля не мають перевищувати $1 \text{ кВ}\cdot\text{м}^{-1}$; для цього необхідно віддаляти опори ЛЕП на 30-40 м від житлових будівель.

Як зазначалося раніше, електротранспорт, радіолокаційні та побутові прилади також є джерелами електромагнітних полів. Усі ділянки надвисокочастотного діапазону використовуються для радіозв'язку, у тому числі радіолокаційного та супутникового. У цьому діапазоні працюють практично всі військові радіолокатори (радари). Доведено, що характер дії випромінювання багатьох радарів за своїми характеристиками наближається до легкопроникного радіаційного випромінювання. У разі тривалих опромінювань починається порушення у функціонуванні імунного механізму.

Функціональні порушення, викликані ЕМП, здатні акумулюватися в організмі людини, але є зворотними – можуть зникати за значного зменшення впливу опромінювання ЕМП.

6.2 Заходи по зменшенню забруднення навколишнього середовища

Захист людини від небезпечного впливу електромагнітного опромінювання здійснюється рядом способів, основними з яких є: зменшення випромінювання безпосередньо від самого джерела, екранування джерела випромінювання, екранування робочого місця, поглинання електромагнітної енергії, застосування індивідуальних засобів захисту, організаційні заходи захисту.

Для реалізації цих способів застосовуються: екрани, поглинальні матеріали, атенюатори, еквівалентні навантаження та індивідуальні засоби.

Екрани призначені для ослаблення електромагнітного поля у напрямку поширення хвиль. Ступінь ослаблення залежить від конструкції екрану і параметрів випромінювання. Істотний вплив на ефективність захисту робить також матеріал, з якого виготовлений екран.

Товщину екрану, що забезпечує необхідне ослаблення, можна розрахувати. Однак розрахункова товщина екрана звичайно мала, тому вона вибирається з конструктивних міркувань. При потужних джерелах випромінювання, особливо при довгих хвилях, товщина екрана може бути прийнята розрахункової.

Товщина екрану в основному визначається частотою і потужністю випромінювання і мало залежить від застосовуваного металу.

Дуже часто для екранування застосовується металева сітка. Екрани з сітки мають ряд переваг. Вони проглядаються, пропускають потік повітря, дозволяють досить швидко ставити і знімати екрануючі пристрої.

У своїй роботі я постараюся розглянути види електромагнітних випромінювань, їх види, прояви їх у повсякденному житті, вивчити їх вплив на людину, а так способи захисту від них.

При вивченні впливу іонізуючого випромінювання на організм людини було виявлені наступні особливості:

1. Висока ефективність поглинутої енергії. Навіть невелика кількість поглинутої енергії іонізуючого випромінювання може викликати суттєві біологічні зміни в організмі людини.

2. Наявність прихованого періоду проявлення впливу іонізуючого випромінювання. Цей період, який ще часто називають періодом уявного благополуччя, тим менший, чим вища доза опромінення.

3. Вплив малих доз іонізуючого випромінювання може накопичуватись.

4. Іонізуюче випромінювання впливає не лише безпосередньо на саму людину, а й на його майбутнє потомство .

5. Різні органи організму людини мають різну чутливість до іонізуючого випромінювання.

6. Ступінь впливу іонізуючого випромінювання залежить від індивідуальних особливостей організму людини.

7. Наслідки опромінення істотно залежать від його дози та частоти. Одноразова і іонізуючого випромінювання великої дози викликає більші зміни в організмі людини, ніж його фракціонована дія.

8. Залежно від еквівалентної дози опромінення та індивідуальних особливостей людини зміни в його організмі можуть бути незворотного та невиліковного характеру.

Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини може бути зовнішнім, внутрішнім (коли радіоактивна речовина потрапила в організм людини при вдиханні чи з їжею) та комбінованим. Ступінь радіаційного ураження залежить від виду випромінювання, тривалості та дози опромінення, фізико-хімічних властивостей радіоактивної речовини та індивідуальних особливостей організму людини.

Іонізуюче випромінювання проникаючи в організм людини, передає свою енергію органам та тканинам шляхом збудження та іонізації атомів і молекул, що входять до складу клітин організму. Це веде до зміни хімічної структури різноманітних з'єднань, що призводить до порушення біологічних процесів, обміну речовин, функції кровотворних органів, змін у складі крові тощо. Радіаційні ураження можуть бути загальними та місцевими.

6.3 Висновки до розділу 6

Електромагнітні поля - це особлива форма існування матерії, що характеризується сукупністю електричних і магнітних властивостей. Основними параметрами, що характеризують електромагнітне поле, є: частота, довжина хвилі і швидкість розповсюдження.

Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, режиму його генерації (імпульсне, безперервне), тривалості впливу. Біологічний вплив полів різних діапазонів неоднаково. Чим коротше довжина хвилі, тим більшою енергією вона володіє.

Люди, що працюють під надмірним електромагнітним випромінюванням, зазвичай швидко втомлюються, скаржаться на головні

болі, загальну слабкість, болі в області серця. У них збільшується пітливість, підвищується дратівливість, стає тривожним сон. У окремих осіб при тривалому опроміненні з'являються судороги, спостерігається зниження пам'яті, відзначаються трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів і т. д.).

Якщо опромінення людей перевищує зазначені гранично допустимі рівні, то необхідно застосовувати захисні засоби.

Захист людини від небезпечного впливу електромагнітного опромінення здійснюється рядом способів, основними з яких є: зменшення випромінювання безпосередньо від самого джерела, екранування джерела випромінювання, екранування робочого місця, поглинання електромагнітної енергії, застосування індивідуальних засобів захисту, організаційні заходи захисту.

РОЗДІЛ 7

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Підвищення стійкості об'єктів радіотехнічної галузі у воєнний час

Підвищення стійкості об'єкта досягають посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкта (систем комунікацій, адмінбудівель). Для цього на об'єкті завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкта. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їх реалізацію.

На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості доцільно проводити в процесі реконструкції чи виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Підвищення стійкості роботи об'єкту передбачає:

- захист робітників та службовців у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів і удосконалювання технологічного процесу;

- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробку заходів щодо зменшення імовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них;
- підготовку до відновлення виробництва після ураження об'єкта.

Особлива увага приділяється забезпеченню укриттям всіх працюючих у захисних спорудженнях. З цією метою розробляється план нагромадження і будівництва необхідної кількості захисних споруджень; у випадку нестачі сховищ, які відповідають сучасним вимогам, у ньому передбачається укриття робітників та службовців у швидко створюваних сховищах.

Посилення міцності будинків, споруджень, устаткування та їх конструкцій пов'язано з великими витратами. Тому підвищення характеристик міцності проводять, якщо:

- окремі особливо важливі будинки і спорудження значно слабші за інші і їхню міцність доцільно довести до прийнятої для даного підприємства межі стійкості;
- необхідно зберегти деякі важливі ділянки (цехи), які можуть самостійно функціонувати при виході з ладу інших і забезпечать випуск особливо цінної продукції.

При проектуванні і будівництві нових цехів підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих конструкцій живлення і технологічні установки. Якщо за умовами технологічного процесу зупинити окремі ділянки виробництва, агрегати, печі і т.п. не можна, їх переводять на понижений режим роботи; ті, що спостерігають за безупинною роботою цих елементів, повинні бути забезпечені індивідуальними укриттями, спорудженими в безпосередній близькості від робочого місця.

Підвищення стійкості системи енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари

шляхом прокладання декількох електро-, газо-, водо- і паропостачальних комунікацій та подальшого їх закріплення. Інженерні й енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори, найбільш відповідальні пристрої (центральні диспетчерські розподільні пункти) розміщуються в підвальних приміщеннях будинків чи у спеціально побудованих міцних спорудах. Там, де прокладання комунікацій у траншеях чи тунелях неможливе, здійснюється закріплення трубопроводів до естакад, щоб уникнути їх зрушення чи скидання; самі естакади зміцнюються установкою розтяжок у місцях поворотів і розгалужень.

Для забезпечення проведення РІНР і якомога швидшого відновлення виробництва на випадок виходу з ладу основних джерел енергоживлення повинен бути створений резерв джерел електро- і водопостачання (пересувні електростанції і насосні агрегати з автономними двигунами).

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищують, підключаючи його до декількох джерел живлення, віддалених одне від одного на відстань, що виключає можливість їх одночасного ураження одним ядерним вибухом.

У мережах електропостачання проводять заходи щодо переведення повітряних ліній електропередач на підземні.

Водопостачання об'єкта більш стійке і надійне, якщо він живиться від декількох систем чи від двох-трьох незалежних джерел, віддалених одне від одного на безпечну відстань. Гарантоване постачання водою забезпечується тільки від захищених джерел з автономними і також захищеними іншими джерелами енергії (наприклад, артезіанські і безнапірні свердловини, приєднані до загальної системи водопостачання об'єкта).

Для стійкого і надійного постачання підприємств газом необхідно передбачити його подачу в газові мережі об'єктів від газо-регуляторних пунктів (газороздавальних станцій), а на випадок виходу з ладу останніх влаштувати обвідні лінії — байпаси. При будівництві нових чи реконструкції старих газових мереж по можливості повинні створюватися

закільцьовані системи. Усі вузли і лінії газопостачання бажано розміщувати під землею (заглиблення комунікацій значно зменшує імовірність їх ураження ударною хвилею ядерного вибуху й інших засобів нападу, а крім того, значно знижує можливість виникнення вторинних факторів ураження).

З метою зменшення пожежної небезпеки (зниження можливості витікання газу) на газопроводах встановлюються автоматичні запірні і перемикаючі пристрої дистанційного керування, що дозволяють при розриві труб безпосередньо з диспетчерського пункту відключати мережі чи переключати потік газу.

Підвищення стійкості систем тепlopостачання досягається захистом джерел тепла і заглибленням комунікацій у ґрунт. Під час одержання об'єктом тепла від міської теплоцентралі проводять заходи по забезпеченню стійкості підвідних трубопроводів та наявних розподільних пристроїв. Теплову мережу будують, як правило, за кільцьовою схемі. Труби системи прокладають у спеціальних каналах, запірні та регулюючі пристосування розміщують в оглядових колодязях і по можливості на території, яка не буде завалена у випадку руйнування.

Заходи по підвищенню стійкості системи каналізації розробляють окремо для зливових, промислових і господарських (фекальних) зливів. На об'єкті обладнують не менше двох виводів з підключенням до міських каналізаційних колекторів і додатково обладнують виводи для аварійних скидань неочищених вод у прилеглі до об'єкта яри та інші природні заглиблення.

Якщо на об'єкті є мережі і споруди для подачі стиснутого повітря, кисню, аміаку, хлору та інших рідких і газоподібних реактивів, інженерно-технічні заходи для цих систем розробляються в основному з метою запобігання вторинних факторів ураження. Одним із найважливіших заходів по забезпеченню сталого, безперервного на всіх етапах управління у надзвичайних ситуаціях є розподіл всього персоналу об'єкта на дві групи:

працююча зміна (перебуває на об'єкті) і відпочиваюча (перебуває у замиській зоні або по дорозі між замиською зоною та об'єктом). До того ж створюються дві-три групи управління (за кількістю змін), які, крім керівництва виробництвом, повинні бути готові будь-якої миті взяти на себе організацію і керівництво проведенням РІНР.

Для забезпечення надійного управління діяльністю об'єкта у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу в одному із сховищ обладнується пункт управління. Диспетчерські пункти і радіовузли розміщують по можливості у найміцніших спорудах і підвальних приміщеннях. Повітряні лінії зв'язку до найважливіших виробничих ділянок переводять на підземно-кабельні. Стійкість засобів зв'язку можна підвищити прокладанням енергопостачальних фідерів на автоматичну телефонну станцію (АТС) та радіовузлу об'єкта, підготовкою пересувних електростанцій для заряджання акумуляторів АТМ і для живлення радіовузла при відключенні основних джерел електропостачання. При розширенні мережі підземних кабельних ліній необхідно прокласти дводротові, захищені екранами від впливу ЕМІ. Для більшої надійності повинні бути передбачені дублюючі засоби зв'язку.

У районі розосередження робітників і службовців також обладнують пункт управління. Між міським і замиським пунктами управління проводять зв'язок, як правило, телефонний, передбачаючи його дублювання за допомогою радіо- та пересувних засобів, також вживають заходів по забезпеченню зв'язку із змінними підприємствами по кооперації.

Особливе значення має сталість виробничих та господарських зв'язків з постачання об'єкта всіма видами енергії, водою, парою, газом; з транспортних послуг; з поставок сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів та ін.

Підвищення сталості матеріально-технічного постачання забезпечується створенням запасів сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, обладнання, палива. Розміри незменшуваних запасів визначають

для кожного об'єкта залежно від можливості їх накопичення, важливості продукції, яка випускається, визначених термінів переходу на виробництво продукції в умовах надзвичайних ситуацій. Стабільно працююче підприємство повинно бути здатним безперебійно випускати продукцію за рахунок наявних запасів до відновлення зв'язків з поставок або до одержання необхідного від нових постачальників.

Дуже велике значення має своєчасне відправлення готової продукції споживачам. На деяких об'єктах (нафтопереробних, хімічних та ін.) накопичення готової продукції може перетворитися у вкрай небезпечне джерело вторинних факторів ураження і створити загрозу як самому об'єкту, так і сусіднім підприємствам та житловому сектору. Якщо неможливо відправити готову продукцію споживачам, її слід вивезти за межі зони можливих руйнувань (наприклад, на базу зберігання у заміській зоні).

Зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них досягається завчасним плануванням і проведенням відповідних профілактичних заходів.

На об'єктах, пов'язаних з випуском та зберіганням горючих і СДОР, плани таких заходів розробляються і в мирний час. У них враховуються характер і масштаби можливих аварій, визначаються заходи по врятуванню людей і матеріальних цінностей, шляхи і способи ліквідації наслідків, порядок дій спеціалізованих пожежних та рятувальних команд.

На об'єктах, технологічні процеси яких пов'язані із застосуванням пожежонебезпечних, вибухонебезпечних і СДОР, визначається необхідний мінімум їх запасів. Зберігання таких речовин на території підприємства організовується у захищених сховищах; зайві запаси вивозяться у заміську зону.

Протипожежні заходи щодо захисту об'єктів від впливу надзвичайних ситуацій повинні бути спрямовані на створення умов, які забезпечують мінімальний ризик виникнення пожеж, що виникають унаслідок прямої дії

світлового випромінювання, загорянь, які можуть бути викликані дією ударної хвилі, а також на обмеження розповсюдження вогню і на створення необхідних умов для ліквідації пожеж.

Під час реконструкції старих та будівництві нових об'єктів необхідно передбачати протипожежні розриви, які б забезпечували умови для маневру пожежних сил і засобів у період гасіння чи локалізації пожеж, зведення спеціальних протипожежних резервуарів з водою та штучних водойм. Для попередження пожеж у будівлях і спорудах повинні застосовуватися вогнестійкі конструкції, вогнезахисна обробка горючих елементів, спеціальні протипожежні перешкоди (великі будівлі розділяють на секції вогнетривкими стіна-ми-брандмауерами). У сховищах вибухонебезпечних речовин (стиснутих газів, летких рідин, твердих ВР) слід установлювати пристрої, які б локалізували руйнівний ефект вибуху: викидні панелі, вікна і фрамуги, що самі відчиняються; різного роду клапани-відсікачі.

У приміщеннях, де можливе зараження повітря СДОР, установлюють автоматичні пристрої нейтралізації, які при певній концентрації отруйних речовин починають розбризкувати нейтралізуючу рідину [2].

На об'єкті повинен бути забезпечений надійних захист людей більшої за кількістю працюючої зміни від усіх видів надзвичайних ситуацій. Це досягається укриттям робітників та службовців у сховищах; якщо їх не вистачає, будуються бомбосховища зі спрощеним обладнанням. Працівники об'єкта і члени їх сімей забезпечуються ЗІЗ. Робиться перерахунок по змінах робітників і службовців, що залишаються, у відповідності з новим технологічним процесом. При визначенні тривалості робочого дня і складанні змінного графіка роботи змін враховують реальні потреби виробництва, щоб уникнути скупчення на території об'єкта людей, яких стає більше, ніж можуть вмістити сховища. Об'єкт переводиться на мінімально необхідне споживання електроенергії, газу, пари і палива. Перевіряється готовність до безаварійного зупинення виробництва, способи скорочення чи повного припинення подачі палива, отруйних і

вибухонебезпечних сумішей. Адміністративний апарат, відділи, лабораторії, конструкторські бюро та інші підрозділи, перебування яких на об'єкті у надзвичайних ситуаціях необов'язкове, евакуюють у заміську зону і їх роботу організують там. На об'єкті залишаються тільки персонал та обслуговуючі підрозділи, які необхідні для забезпечення виробничої діяльності робочої зміни і керівництва усім підприємством. З території об'єкта вивозять в укриття особливо важливі матеріальні цінності та документацію.

Вводиться в дію цілодобова система управління об'єктом і всіма його підрозділами безпосередньо на об'єкті і в заміській зоні. Установлюється оперативне чергування. Перевіряється наявність та справність обладнання на пунктах управління ЦО об'єкта і розгортаються усі види зв'язку.

Дуже важливим показником сталості роботи об'єкта є готовність його у найкоротші терміни після ураження відновити випуск продукції.

У результаті об'єкт може зазнати повних, сильних, середніх чи слабких руйнувань. Під час повних або сильних руйнувань налагодити заново виробництво в умовах ведення війни практично буде неможливо. При одержанні об'єктом слабких чи середніх руйнувань відновлення виробництва цілком реальне. Тому плани і проекти, як правило, розробляються у двох варіантах — на випадок одержання об'єктом слабких і середніх руйнувань. Для цих умов визначають характер та обсяг першочергових відновлювальних робіт.

У розрахунках по відновленню будівель і споруд зазначають характер руйнувань, перелік і загальний обсяг робіт (вартість, трудомісткість, терміни); потребу у робочій силі, які будівельні підрозділи об'єкта до цього залучатимуться, які організації обслуговуватимуть об'єкт; потребу в матеріалах, машинах, механізмах та ін. У розрахунках на ремонт обладнання зазначають вид обладнання і його кількість, перелік ремонтно-відбудовних робіт та їх вартість, необхідну робочу силу, матеріали та

запчастини, терміни відбудови. В основу планів та проектів закладається вимога — якнайшвидше відновити випуск продукції.

При визначенні часу проведення відновлювальних робіт необхідно враховувати можливість радіоактивного зараження об'єкта, а у випадку застосування хімічної зброї — час дії ОР [25].

7.2 Висновок до розділу 7

У даному розділі досліджено підвищення стійкості об'єктів радіотехнічної галузі у воєнний час. Підвищення стійкості об'єкта досягають посиленням найбільш слабких елементів і ділянок об'єкта. Для цього на об'єкті завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи отримано наступні результати:

1. Розглянуті інтегровані широкосмугові, суміщені, хвилевідні НВЧ вузли різних частотних діапазонів (С-,Х-, КУ-) на основі аналізу уже існуючих прототипів (наукові статті, конференції, патенти, результати досліджень) та проведення досліджень спроектованих власних інтегрованих НВЧ трактів на основі хвилеводів. Виконано дослідження радіотехнічних характеристик інтегрованого хвилеводного НВЧ тракту суміщеного С/КУ діапазону, суміщеного С/Х діапазону, розширеного приймально - передавального інтегрованого тракту С-діапазону (коефіцієнт стоячої хвилі, частотний діапазон, рівень динамічних втрат електромагнітної енергії у діапазоні частот, крос поляризаційні та поляризаційні характеристики, коефіцієнт еліптичності).

2. Відповідно у магістерській роботі проводився аналіз та систематизування типових конструкцій та технічних характеристик НВЧ трактів на хвилеводах.

3. Виконано дослідження середовища Micro-wave office для проектування НВЧ-пристроїв, основні команди програмного забезпечення Microwave Office, реалізація експериментальних досліджень за допомогою Microwave Office та висновок по розділу.

4. Відбувалося обґрунтування економічної ефективності. Розраховано, що тема наукових досліджень має наукову, технічну, а також економічну, соціальну або екологічну значущість і сприяє тим самим зростанню темпів науково-технічного прогресу в цілому.

5. Забруднення навколишнього середовища, що виникає в технологічному процесі.

6. Основні технічні та організаційні заходи щодо профілактики травматизму та професійної захворюваності в галузі.

7. Завдання страхування від нещасного випадку. Принципи та види страхування.

8. Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів

У висновках щодо дипломної роботи описано прийняті в проекті технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення роботи, які можуть бути впроваджені у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Модель А.М. - Фильтры СВЧ в радиорелейных системах 1967
2. Kaganov V.I. _ Radiotekhnika Kompjuter Mathcad, 2001,
3. Кантор Л.Я. - Спутниковая связь и вещание. Справочник (1988)
4. Орлеанская Є.В.- Широкополосное устройство для поворота плоскости поляризації, Радиотехника, т.23,№8,1968
5. Л.В.Скрипник, В.Н.Почерняев – Расчет поляризатора на квадратном волноводе. Радиоелектроника, т.32, выпуск 2 1989
6. Конституція України, стаття 3
7. Кодекс цивільного захисту України від 2.10.2012р №5403-VI, розділ IV
8. Закон України ”Про об’єкти підвищеної небезпеки” від 18.01.2001№2245-111. Постанова КМУ від 11.07.2002 №956 “ Про ідентифікацію та декларування безпеки об’єктів підвищеної небезпеки”
9. Леонов А. І., Фомічов К. І. Моноімпульсна радіолокація. М .: Сов. радіо, 1970.
10. Теоретичні основи радіолокації: Учеб. посібник для вузів / А. А. Коростельов, Н. Ф. Ключев, Ю. А. Мельник та ін. / За ред. В. Е. Дулевича. 2-е изд., Перераб і доп.М .: Сов. радіо.1978. 608с.
11. Довідник радіолокації / Під. ред. М. Сколнік. Т.4. М .: Сов. радіо.1978.
12. M.J. Shiau, Y.H. Choung, C.H. Chen, and M.H. Chen / NASA ACTS autotrack antenna feed system // Antennas and Propagation Society International Symposium. 1986. V. 24. P.83-86.
13. Lenzing, E.H., Lenzing H.F. Characteristics of the TE₂₁ mode in circular apertures as used for satellite tracking // IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems. 2001. V. 37. P1113-1117.

14. Sharad Patel, Roland Schwerdtfeger, Raj Chugh and John Webb. A Tri-band Antenna with Dual Band TE₂₁ Mode Tracking. Antennas and Propagation Society International Symposium. 1999. V. 1. P.700-703.
15. Lotfy Sakr. The Higer Order Modes In The Feeds Of The Satellite Monopulse Tracking Antennas. // IEEE Melecon 2002. May 7 - 9. Cairo. Egypt.
16. J. Nateghi, L. Mohammady and E. Jedari / Analysis of the TE₂₁ Mode Monopulse Tracking Technique in LEO Satellite Systems // The Fourth Advanced International Conference on Telecommunications 2008. P.42-45.
17. Демченко В.І., Косогор А.А., Раздоркін Д.Я., Саранов А.А., Гвоздяк Ю.А. Система високоточних траєкторних вимірювань в Ku-діапазоні // Праці IVВсеросійської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми ракетно-космічного приладобудування та інформаційних технологій». 15-17 червня 2011 року - М.: Радіотехніка. С.264-274.
18. Воробйов Н.Ю., Габріельян Д.Д., Демченко В.І., Косогор А.А., Раздоркін Д.Я., Саранов А.А. Вплив неузгодженості параметрів моноімпульсної системи на основі дзеркальної антени з опромінювачем на вищих модах на точність вимірювання кутових координат // VI Всеросійська науково-технічна конференція «Радіолокація і радіозв'язок». Москва, 19-22 листопада 2012 р Т.1. С. 250-254.
19. Коровкін А. Е., Раздоркін Д. Я., Шипулін А. В. Моноімпульсний опромінювач дзеркальних антен на вищих типах хвиль // Антени. 2012. №9 (184). С. 14-18.
20. http://www.eurointech.ru/products/AWR/Dmitriev_mwo_2002_1.pdf
21. https://studbooks.net/2367068/tehnika/opisanie_sredy_proektirovaniya_microwave_office
22. <http://www.agroosvita.com/sites/default/files/libery/ecology/Техноэкология.pdf>

23. <https://studfile.net/preview/2448288/page:4/>
24. <https://knowledge.allbest.ru/life/d2c0a65635a3bd68a5c53b88521216c37.html>
25. <https://studfiles.net/preview/5152967/page:4/>
26. <https://studfiles.net/preview/5642316/page:51/>
27. <https://lektsii.org/10-15494.html>

ДОДАТКИ

УДК [621.396.677](#)

І.П. Земба,

Г.П. Химич

О.М. Мулик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Антенна офсетного типу для двох частотних діапазонів

I.P. Zemba

H.P. Khymych

O.M. Mulyk

Antenna offset type for two frequency bands

У даній статті представлена спроектована антенна система на основі дзеркальної антени офсетного типу з еквівалентним діаметром робочої поверхні рефлектору 2.4м, рис.1.

Функціонально антенна система може використовуватись для прийому двох частотних діапазонів S та C, що дає можливість розширити робочий діапазон системи.

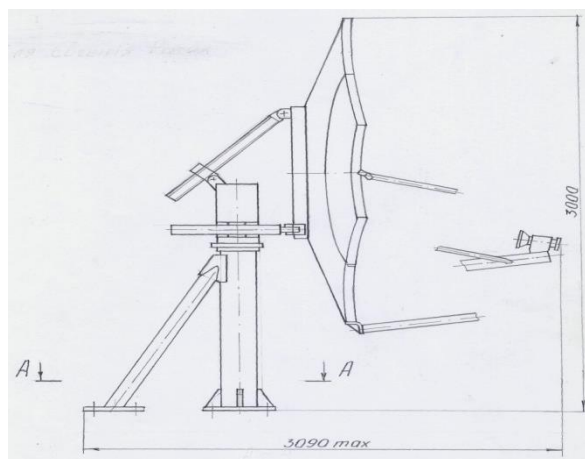


Рис.1. Антенна система офсетного типу.

Для зручного транспортування розбірний рефлектор має ромбовидну форму і складається з чотирьох окремих пелюстків.

У результаті вимірів технічних характеристик отримані наступні результати:

- коефіцієнт підсилення антени у С діапазоні $\geq 35,0$ dB;
- коефіцієнт стоячої хвилі (VCWR), вихід опромінювача $\leq 1,3$, рис.2;

- ширина діаграми спрямованості (ДС) (3 dB), кут. град. $Az, El \leq 3,0$ dB, рис.3.

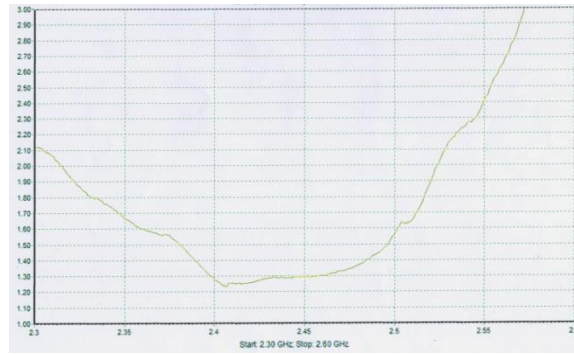


Рисунок 2. VCWR антени.

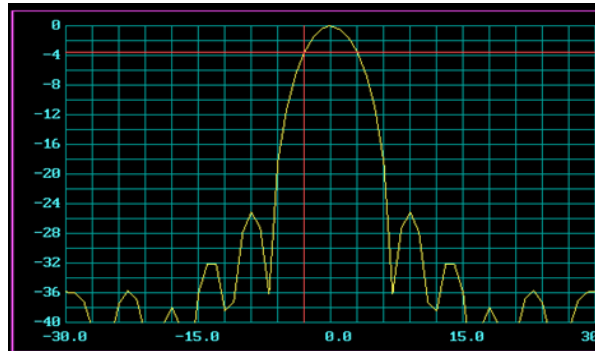


Рисунок 3. ДС антени.