

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет  
Кафедра радіотехнічних систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЖУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою**

**«Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»**

**спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування  
безпілотних повітряних платформ»**

Виконав:

студент III курсу, групи РС-п11

Дубравський Володимир Ігорович \_\_\_\_\_

Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент кафедри

Чмельов Вячеслав Орійович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Старший викладач

Захарченко Оксана Степанівна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра радіотехнічних систем**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЖУК

«\_\_» квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Дубравський Володимир Ігорович**

1. Тема проєкту «Радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ»,

керівник проєкту доцент, к.т.н. Чмельов Вячеслав Орійович,

затверджені наказом по університету від «29» травня 2024 р. № 2178-с

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проєкту: коефіцієнт підсилення передавальної антени 5 дБ, підсилення сигналу в приймальній частині 40 дБ, частота прийнятого сигналу: 800 МГц, 900 МГц, 1200 МГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц, чутливість приймача -97,447 дБ.

4. Зміст пояснювальної записки провести аналіз завдання; оглянути існуючі рішення; розробити структурну та принципову електричну схему; обрати елементну базу; розробити корпус пристрою; проаналізувати працездатність.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) схема, структурна, схема електрична принципова, складальне креслення друкованого вузла, друкована плата, кресленик вигляд загальний, презентація.

6. Консультанти розділів проєкту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Узгодження ТЗ з керівником	15.04.24 – 20.04.24	Виконано
2	Огляд аналогів на ринку	21.04.24 – 30.04.24	Виконано
3	Аналіз ТЗ	01.05.24 – 11.05.24	Виконано
4	Розробка структурної і принципової схеми	12.05.21 – 15.05.24	Виконано
5	Проектування електронного модуля	16.05.24 – 22.05.24	Виконано
6	Розрахунок працездатності пристрою	23.05.24 – 28.05.24	Виконано
7	Виконання графічних матеріалів	29.05.24 – 01.06.24	Виконано
8	Підготовка до презентації	02.06.24 – 10.06.24	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Володимир ДУБРАВСЬКИЙ

Керівник

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вячеслав ЧМЕЛЬОВ

\_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 42 сторінки, включає 28 рисункок, 3 таблиць, 5 креслень, 22 посилань, 6 додатків.

Метою даного проєкту є розроблення технічної документації для системи виявлення радіоканалу керування безпілотних повітряних платформ. Основним призначенням даної системи є визначення прямокутних координат цілі, частоти на якій працює ціль та пеленг. Розглянуто та проаналізовано сучасні підходи до побудови систем моніторингу радіочастотного ресурсу. Було побудовано макет системи, який складається з SRD приймача, двох логоперіодичних антен, підсилювачів та пристрою який буде здійснювати обробку та аналіз прийнятих сигналів. Також був спроектований блок живлення для даної системи, до якого розроблено друковану плату та корпус з кришкою.

**Ключові слова:** безпілотна повітряна платформа, електромагнітні випромінювання, радіотехнічна система, моніторинг.

## ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note of 50 pages, includes 28 figures, 3 tables, 5 drawing, 16 references, 6 appendix.

The method of this project is the development of technical documentation for the radio channel detection system for driving unmanned aerial platforms. The main purpose of this system is to determine the rectangular coordinates of targets, the frequencies at which the target operates and the bearing. Modern approaches to building a radio frequency resource monitoring system are considered and analyzed. A model of the system was built, which consists of an SRD receiver, two log-periodic antennas, amplifiers and a device that will perform processing and analysis of the received signals. A power supply unit for this system was also designed, for which a printed circuit board and a case with a cover were designed.

**Keywords:** unmanned aerial platform, electromagnetic radiation, radio engineering system, monitoring.

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Радіотехнічна система виявлення каналу**  
**радіокерування безпілотних повітряних платформ»**

Київ – 2024 року

## ЗМІСТ

		стр.
	Перелік скорочень	2
1	Сучасний досвід створення систем моніторингу РЧР	3
1.1	Здійснення нагляду за РЧР України	3
1.2	Найбільш поширені джерелла електромагнітних випромінювань	7
1.3	Вимоги яким має відповідати система виявлення електромагнітних випромінювань	11
1.4	Синтез типової конфігурації комплексу вимірювальної системи джерел електромагнітних випромінювань безпілотних повітряних платформ	15
2	Цифровий амплітудний пеленгатор електромагнітних випромінювань	24
2.1	Розробка структурної схеми пеленгатора радіоканалу БПП	24
2.2	Побудова та програмування забезпечення роботи пеленгатору	33
3	Розробка стабільного блоку живлення для цифрового пеленгатора	36
3.1	Розробка вузла окремого стабілізованого елемента системи блоку живлення пеленгатору	36
3.2	Розрахунок надійності побудова корпусу для друкованої плати блоку живлення	43
	Висновки	48
	Список використаних джерел	49

<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Дубравський В.І.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Чмельов В.О.</i>		
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затвердив</i>				
<i>Радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ</i>				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
		1		
<i>РС-п11</i>				

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

РЧР – радіочастотний ресурс.

УДЦР – Український державний центр радіочастот.

РЧМ – радіочастотний моніторинг.

ЕМВ – електромагнітні випромінювання.

РЛС – радіолокаційна система.

ЦПП – центральний пункт прийому.

ВПП – віддалений пункт прийому.

БПП – безпілотна повітряна платформа.

КСХ – коефіцієнт стоячої хвилі.

SMA (від англ. SubMiniature version A) – субмініатюрна версії А.

SRD (від англ. Short range device) – пристрій короткого радіусу дії.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

# РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ ДОСВІД СТВОРЕННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РЧР

## 1.1 Здійснення нагляду за РЧР України

Нагляд за використанням радіочастотного ресурсу (РЧР) в Україні здійснює кілька органів державної влади, серед яких ключовим є Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ). НКРЗІ відповідає за розробку та впровадження нормативних документів, що регулюють використання радіочастотного спектра, а також за видачу ліцензій на користування РЧР. Комісія здійснює моніторинг та контроль за дотриманням умов ліцензій, організовує розподіл і перерозподіл радіочастотного ресурсу відповідно до потреб держави та користувачів.

Іншим важливим органом є Український державний центр радіочастот (УДЦР), який виконує технічні та адміністративні функції щодо управління радіочастотним спектром. УДЦР займається проведенням радіочастотного моніторингу, виявленням та усуненням радіозавад, а також сертифікацією радіоелектронних засобів. Центр також забезпечує науково-технічну підтримку НКРЗІ та інших державних органів, що беруть участь у регулюванні РЧР. Завдяки злагодженій роботі НКРЗІ та УДЦР забезпечується ефективне управління радіочастотним ресурсом в Україні, що сприяє розвитку зв'язку та інформаційних технологій у країні.

Дане підприємство здійснює наступні види діяльності:

- присвоєння радіочастот, призначення позивних сигналів радіоелектронним засобам, видача дозволів на експлуатацію;
- ведення реєстру присвоєнь радіочастот;

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

— проведення радіочастотного моніторингу використання радіочастотного ресурсу України відповідно до Закону;

— здійснення заходів щодо забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів, випромінювальних пристроїв;

— здійснення заходів щодо виявлення та усунення дії джерел радіозавад;

— підготовка висновків для прийняття Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації, відповідних рішень щодо видачі ліцензій на користування радіочастотним ресурсом України [1];

— підготовка висновків на безпосереднє замовлення для Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення щодо можливості та умов користування радіочастотним ресурсом України для телерадіомовлення;

— інші види діяльності, пов'язані з користуванням радіочастотним ресурсом України і передбачені статутом УДЦР [1].

За дорученням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації, УДЦР бере участь у здійсненні державного нагляду за дотриманням законодавства про радіочастотний ресурс України та здійснює міжнародний захист, координацію радіочастот, бере участь у роботі Міжнародного союзу електрозв'язку [1].

Підрозділи та їх функції

УДЦР має такі підрозділи як:

— Центр з сертифікації;

— Департамент юридичного забезпечення;

— Відділ персоналу;

— Прес-служба;

— Відділ внутрішнього аудиту;

— Сектор з питань запобігання та виявлення корупції;

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

- Сектор режимно-секретної роботи;
- Відділ з охорони праці;
- Департамент управління справами;
- Департамент радіослужби;
- Департамент радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв;
- Департамент РЧМ та забезпечення АСРМ;
- Департамент бухгалтерської роботи;
- Департамент вимірювання телекомунікаційних мереж;
- Департамент ІТ;
- Науково-методичний департамент;
- Департамент господарського та ресурсного забезпечення;
- Відділ міжнародного менеджменту;
- Відокремлений підрозділ “Метрологічна служба”.

Кожний підрозділ Українського державного центру радіочастот у процесі свого функціонування має на меті забезпечення ефективного користування радіочастотним ресурсом України в інтересах користувачів і разом з цим створення умов для впровадження в Україні та подальшого розвитку телекомунікаційних технологій з використанням радіочастотного ресурсу України [1].

Моніторинг РЧР є дуже важливим, зокрема в теперішній час. Це пов'язано з тим, що сучасні військові системи сильно залежать від радіокомунікацій для координації дій, управління військами, передачі даних та розвідки. Моніторинг РЧР дозволяє виявити і локалізувати ворожі безпілотні повітряні платформи, які використовуються для розвідки, коригування артилерійського вогню чи нанесення ударів. Завдяки аналізу радіосигналів, що випромінюються безпілотними повітряними платформами, можна не лише вивчити їхнє місцезнаходження, але й зрозуміти напрямок руху. [1]

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Ця здатність є критично важливою як для захисту військ та цивільного населення. Виявлення безпілотних повітряних платформ на ранніх етапах дозволяє вжити відповідних заходів для їх нейтралізації, таких як застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) або фізичне знищення. Крім того, моніторинг РЧР допомагає запобігти несанкціонованому використанню радіочастот, що може призвести до втрати важливої інформації або порушення роботи власних комунікаційних систем. Усе це робить моніторинг РЧР невід'ємною частиною сучасної військової стратегії, особливо в умовах високотехнологічної війни.

Загалом в сучасному світі системи радіомоніторингу країн, що розвиваються, і розвинених країн мають однакові завдання, а отже, і однакові вимоги. Однак різниця в доступному бюджеті, наявній робочій силі та інфраструктурі може бути суттєвою. Тому ретельне планування та ретельне проектування систем і мереж є важливими для мінімізації цієї різниці.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

## 1.2 Найбільш поширені джерела електромагнітних випромінювань

Для того щоб спроектувати систему виявлення електромагнітного випромінювання, спершу необхідно ознайомитись з тим які є джерелла випромінювань та на яких частотах. Загалом в пасивній радіолокації виділяють наступні джерела випромінювань:

- Теплове радіовипромінювання, зумовлене електродинамічними процесами в атомах і молекулах речовини;
- Радіовипромінювання бортових електронних приладів різного призначення;
- Активні перешкоди, які спеціально створюються для придушення радіоелектронних засобів.

Електромагнітні випромінювання прийнято розділяти за частотними діапазонами (Рис. 1.1).

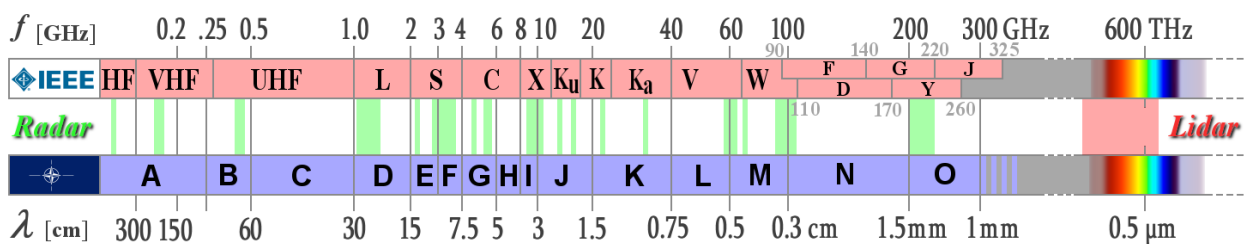


Рисунок 1.1 — Діапазони частот і довжин хвиль, які використовуються.

Радіолокаційні системи використовують діапазони від А- до W- для різних цілей. ВЧ та ДВЧ діапазони (А- та В-діапазони) використовувалися навіть під час Другої світової війни та зараз знаходять застосування в радарх раннього виявлення та ОТН-радарх. Низькі частоти (УВЧ) дозволяють створювати потужні передавачі з меншим загасанням, але з меншою точністю. Сучасні технології, такі як надширокосмугові радари (UWB), використовують весь спектр від А- до С-діапазонів для контролю матеріалів та георадарів [2].

C-діапазон (УВЧ) використовується для радіолокаційного виявлення супутників, балістичних ракет та метеорологічних радарів у системах ППО [2].

D-діапазон (L-діапазон) оптимальний для радарів з радіусом дії до 450 км для управління повітряним рухом та спостереження за трасами.

E/F-діапазон (S-діапазон) використовується у метеорологічних радарах та аеронаглядових системах, хоча вимагає більшої потужності через високе загасання.

G-діапазон (C-діапазон) використовується у військових радарах та метеорологічних системах для точного виявлення та швидкого переміщення [2].

I/J-діапазон (X- та Ku-діапазони) використовується у військових застосуваннях, морських навігаційних та радіолокаційних системах.

K-діапазон (K- та Ka-діапазони) забезпечує високу точність та роздільну здатність, хоча поглинається атмосферою, що обмежує його застосування.

V-діапазон обмежується високим загасанням електромагнітних хвиль.

W-діапазон використовується у системах радіолокації для автомобілів, зокрема у системах паркування та виявлення сліпих зон [2].

Забезпечення контролю радіочастотного спектру - це важливе завдання, яке передбачає виявлення та припинення роботи несанкціонованих радіостанцій, які незаконно використовують контрольовані частоти.

Основним методом виявлення таких трансляцій є моніторинг радіочастотного спектру за допомогою спеціалізованого обладнання, такого як спектроаналізатори та приймачі з функцією запису та аналізу сигналів. Ці пристрої дозволяють ідентифікувати незвичайні або незаконні сигнали в діапазонах частот, що підлягають контролю [6].

Після виявлення аномальних сигналів їхні характеристики, такі як частота, тип модуляції, потужність та часові параметри, аналізуються для визначення джерела трансляції. Додатково, для локалізації джерела сигналу

можуть використовуватися мобільні радіостанції та пеленгатори. Ці мобільні станції переміщаються в напрямку сигналу, поступово звужуючи область пошуку.

В наш час для військових пріоритетними для знаходження джерел електромагнітних випромінювань є ворожі РЕБ, безпілотні повітряні платформи, РЛС і інші цілі.

Прикладом цілі можна назвати недавно знищену РЕБ “НЕБО-У”, яка виявляла українські засоби ураження та підтримував бомбардувальники, вартість однієї такої РЛС становить 100 млн доларів. Дана РЛС могла займатися виявленням аеродинамічних та балістичних цілей, джерел радіоелектронних перешкод на висоті до 80 км та в радіусі до 600 км. [15]



Рисунок 1.2 – Радіолокаційна система “НЕБО-У”

Ефективність виявлення несанкціонованих радіопередавачів значно підвищується завдяки використанню баз даних зареєстрованих радіостанцій та їхніх частот, а також програмного забезпечення для автоматичного виявлення та класифікації сигналів [6].

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

Також вживаються заходи щодо припинення діяльності несанкціонованих радіостанцій, що включає попередження або правові дії проти порушників.

Крім того особливої уваги потребує виявлення мереж радіостанцій, які можуть використовувати незаконні збройні формування, включаючи терористичні угруповання. Це надзвичайно важливо для забезпечення безпеки під час проведення громадських заходів, на стадіонах або при зустрічах делегацій, де існує підвищена загроза. У таких ситуаціях застосовуються посилені методи моніторингу, що передбачають координацію з правоохоронними органами та використання більш складних технологій радіопеленгації для швидкого виявлення і нейтралізації потенційних загроз.

Також, у сучасних умовах важливим аспектом безпеки є виявлення роботи дронів та їхніх операторів. Для цього використовуються системи радіочастотного виявлення та глушіння, які можуть виявляти сигнали управління дронами та перехоплювати їх. Завдяки використанню систем антен з приймачами, можна точно визначити місце знаходження оператора дрона, що дозволяє оперативно реагувати на можливі загрози, забезпечуючи безпеку під час масових заходів та інших ситуацій підвищеного ризику [6].

На основі вище сказаного на сьогоднішній день актуальною є проблема до моніторингу РЧР, як одна із форм контролю незаконної діяльності радіотехнічних систем для забезпечення достатнього рівня безпеки.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

### 1.3 Вимоги яким має відповідати система виявлення електромагнітних випромінювань

#### Загальні вимоги до систем моніторингу

Системи моніторингу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) потребують високоточних приймачів для ефективного виконання своїх функцій. Однією з ключових вимог є висока точність визначення напрямку на джерело ЕМВ, яка не повинна перевищувати 3 градуси. Це забезпечує можливість точної локалізації джерела випромінювання, що критично важливо для подальших дій, таких як розвідувальні операції, технічний контроль та інші завдання. Висока точність необхідна, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до помилкових результатів і знизити загальну ефективність моніторингу [4].

Система радіоелектронного виявлення повинна визначати координати джерела ЕМВ з точністю не гірше +/- 15 метрів. Це дозволяє отримати високий рівень деталізації та точності, необхідний для аналізу та прийняття рішень на основі отриманих даних. Висока точність особливо важлива в умовах, коли необхідно швидко реагувати на виявлені загрози або здійснювати технічний контроль над певними територіями. Точне визначення координат також сприяє інтеграції системи з іншими засобами контролю та моніторингу, що дозволяє створювати комплексні рішення для забезпечення безпеки та ефективного управління ресурсами [4].

Охоплення зони моніторингу визначається конкретною постановкою задачі на контроль певного простору. Це означає, що кількість та розташування пеленгаторів плануються індивідуально для кожної задачі з урахуванням специфіки місцевості та цілей моніторингу. Залежно від потреб, пеленгатори можуть розміщуватися як на стаціонарних об'єктах, так і на мобільних платформах, що забезпечує гнучкість і адаптивність системи.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Такий підхід дозволяє ефективно охоплювати різні зони моніторингу, забезпечуючи високу ефективність і точність роботи системи у різних умовах та сценаріях. Приклад розташування інтегрованої мережі пеленгаторів для моніторингу міста Києва можна побачити нижче (Рис. 1.4).

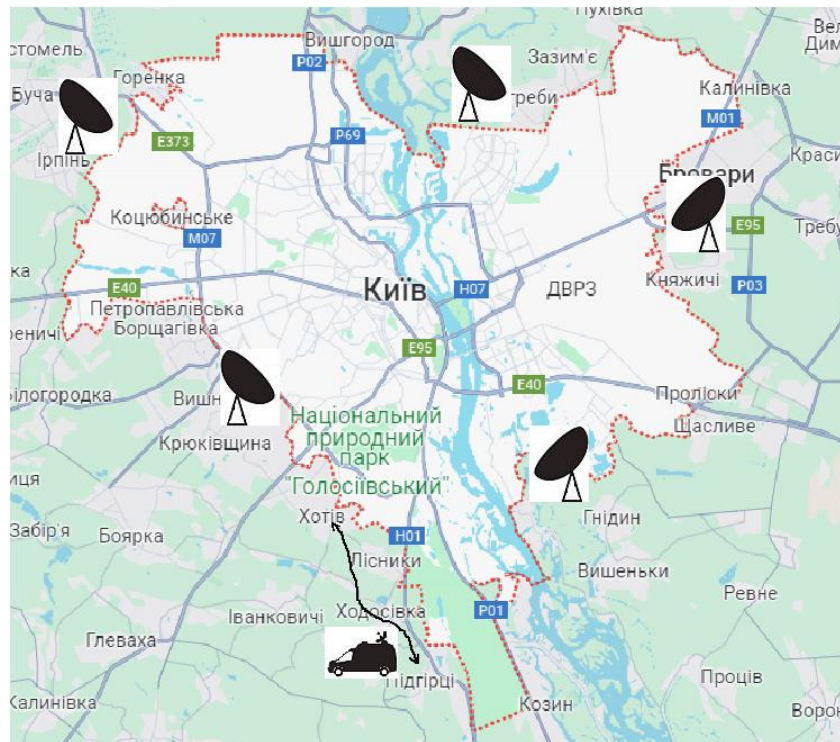


Рисунок 1.3 – Приклад розташування інтегрованої мережі пеленгаторів для моніторингу

### Вимоги до приймального обладнання систем моніторингу

Приймальне обладнання, яке підходить для вимірювання ширини займаної смуги на станції контролю за використанням спектра, повинно відповідати таким умовам [4]:

- Частотна характеристика смуги пропускання має бути плоскою в межах  $\pm 0,5$  дБ в області спектра вимірюваного випромінювання;
- Вибірковість за частотою повинна бути такою, щоб належним чином розрізняти позасмугові шуми і перешкоди, не вносячи при цьому втрат

більше 2 дБ на межах смуги пропускання відносно рівня в середині смуги пропускання;

– Обладнання повинно мати хорошу лінійність, розраховану на зміну вхідного сигналу не менш ніж на 60 дБ, для того щоб забезпечити нормальний режим вимірювань при можливих змінах напруженості поля вимірюваного випромінювання [4].

Кожного разу, коли використовується аналізатор спектра для визначення ширини смуги за методом "х дБ", він повинен бути встановлений в режим роботи "утримання максимумів" (відомий також як пам'ять пікових значень). Обладнання повинно мати хорошу лінійність і діапазон відображення для вхідних напруг, що змінюються не менш ніж на 60 дБ.

Для вимірювання вузькосмугових випромінювань бажано застосовувати аналізатор спектра, що має високу роздільну здатність, щоб можна було отримати точне відображення спектрального розподілу випромінювання. Типовий прилад має максимальну роздільну здатність 10 Гц і забезпечує регульований діапазон частоти розгортки від 1 до 100 кГц зі швидкістю розгортки, що регулюється від 1 до 30 сканувань на секунду [4].

Для аналізу широкосмугових випромінювань застосовуються аналізатори спектра, що включають повний приймач, а також аналізатори спектра, призначені для використання зі звичайними приймачами. Існуючі прилади охоплюють діапазон частот аж до 44 ГГц з шириною смуги розгортки, що безперервно змінюється аж до 100 МГц (на більш високих частотах). Швидкість розгортки регулюється від 1 до 60 сканувань на секунду [4].

Для низьких швидкостей розгортки використовується індикаторна трубка повинна мати достатньо тривале післясвічення, щоб можна було проводити ефективні спостереження.

## Вимоги до приймальних антен

Прийомні антени призначені для видобуття максимально можливого рівня сигналу з оточуючого середовища та передачі його на вхід приймача при одночасному зменшенні шуму і перешкод. Конкретні характеристики антен на станції контролю будуть визначатися переважно їх безпосереднім застосуванням. При виборі контрольної антени слід розглянути такі фактори, як характеристики корисного сигналу, параметри, які підлягають спостереженню, характеристики місця встановлення та можливе наявність будь-яких перешкод [4].

Для кращого прийому антени повинні мати поляризацію, що відповідає поляризації фронту хвилі вхідного сигналу, а для забезпечення передачі максимальної потужності - бути узгодженими з повним опором лінії передачі та входних ланцюгів приймача. Всенаправлені діаграми напрямленості прийому корисні для загального контролю або для оцінки використання радіочастотного спектра [4]. Для контролю конкретного сигналу на частотах, які використовуються кількома передавачами, може бути важливим мати направлену антену, яка або пригнічує один або декілька заважаючих сигналів, або посилює корисний сигнал [4].

Цілком доцільно також використовувати рухома станцію на окремих спільно використовуваних частотах шляхом призначення її ближче до антени, що випромінює цікавий сигнал. Для деяких видів спостережень, наприклад, вивчення напруженості поля, бажано, щоб характеристики застосованої антени були чітко передбачуваними за частотою і не змінювалися з часом [4]. Рухома станція з каліброваними антенами може провести вимірювання середньої напруженості поля в заданій зоні. Оскільки жоден тип антен не має всіх властивостей, необхідних для ефективного прийому всього різноманіття сигналів, на станціях контролю, як правило, потрібно мати кілька різних антен [4].

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

## **1.4 Синтез типової конфігурації комплексу вимірювальної системи джерел електромагнітних випромінювань безпілотних повітряних платформ**

На відміну від активних РЛС, які працюють на основі виявлення сигналу відомої структури на фоні шумів, в пасивній радіолокації виявляють шумоподібний сигнал невідомої структури на фоні власних шумів і зовнішніх перешкод аналогічної структури.

### **Метод пеленгації за максимумом**

Пеленгація методом максимуму зазвичай застосовується для пеленгаторів у дециметровому та сантиметровому діапазонах. Для цього методу використовуються спрямовані антени. При визначенні напрямку на ціль за методом максимуму знаходять максимальне значення прийнятого від цілі сигналу. Цей процес здійснюється шляхом обертання антени по колу. Для реалізації методу використовують вузькоспрямовані антени, діаграма спрямованості яких має вузький кут, що вимірюється в градусах [3].

Під час обертання антени діаграма спрямованості змінює своє положення, а напрямок її максимуму збігається з напрямком джерела радіосигналу. Пеленг визначається відповідно до кутового положення діаграми спрямованості. Перевага методу пеленгації за максимумом полягає у можливості досягнення більшої дальності, оскільки приймач працює з потужнішим сигналом. Однак точність цього методу обмежена крутизною діаграми спрямованості в області максимуму і зазвичай становить кілька відсотків від ширини діаграми спрямованості на рівні половинної потужності [3].

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

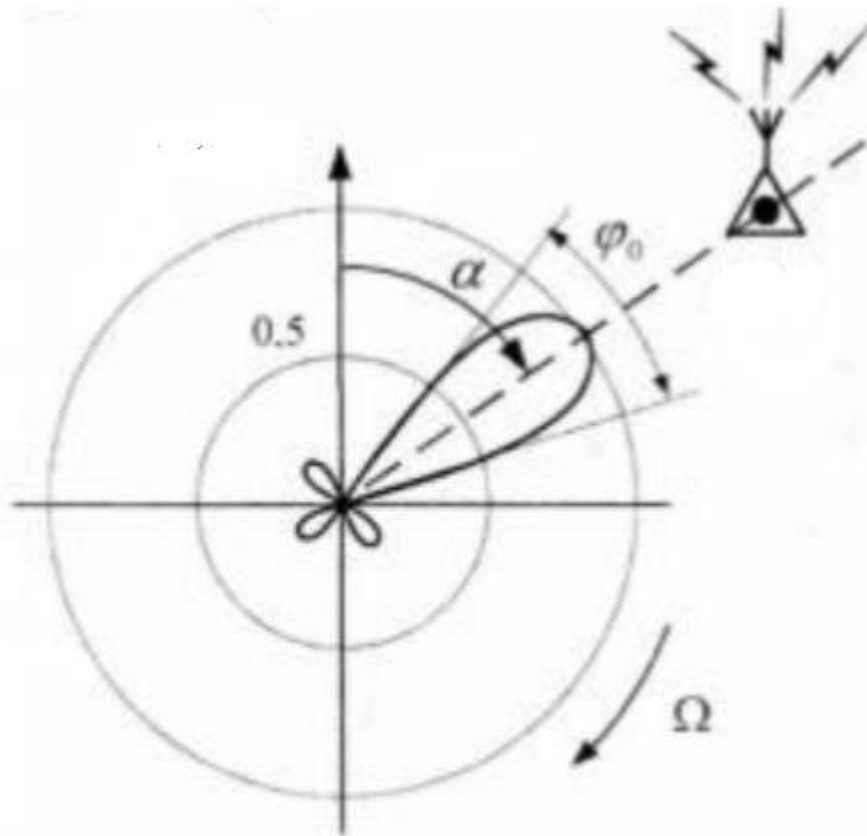


Рисунок 1.4 – Пеленгація методом максимуму

Для визначення координат джерела ЕМВ в системах пасивної локації використовуються 2 і більше пеленгаторів, які приймають сигнал.

В залежності від вимірної в кожній точці прийому координати розрізняють кутомірний (тріангуляційний) і різницево-далекомірний методи. Розглянемо кожен з цих методів більш детально [3].

### Кутомірний метод

Кутомірний (пеленгаційний) метод використовує тільки два азимута ( $\beta_0$  і  $\beta_1$ ) для визначення прямокутних координат джерела ЕМВ. У разі необхідності визначення висоти цілі використовують метод тріангуляції.

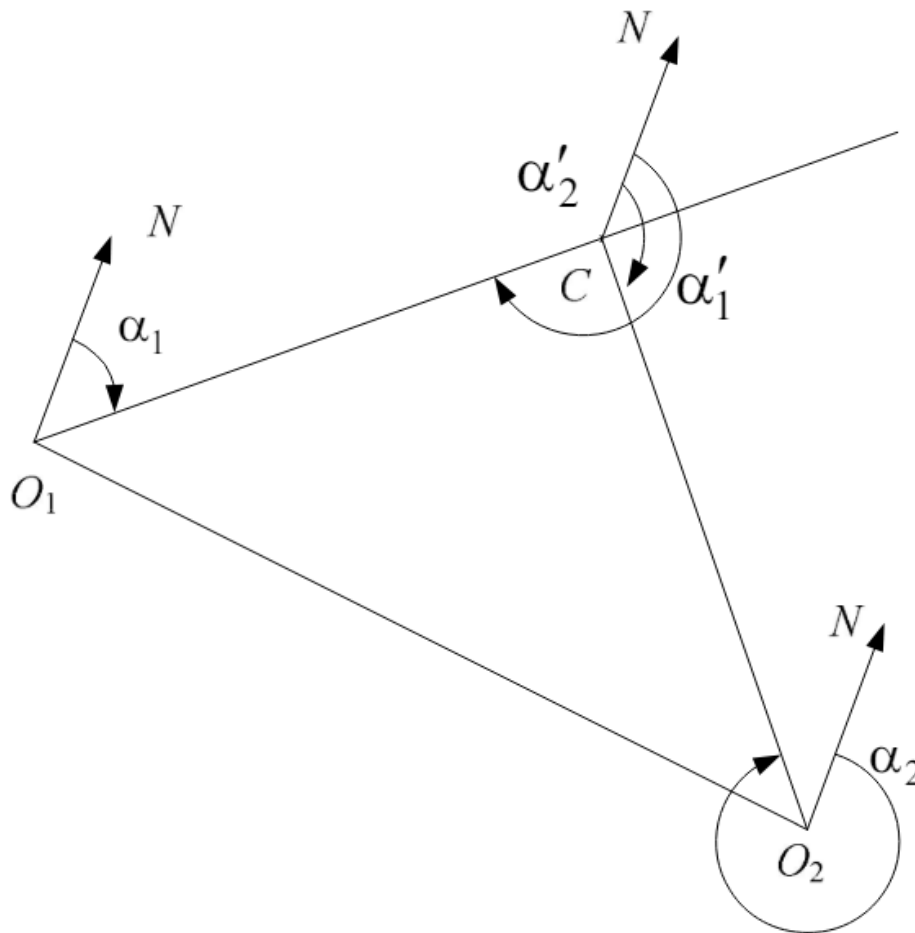


Рисунок 1.5 – Кутомірний пеленгаційний метод

Для розрахунку координат цілі використовуються наступні формули:

$$x_c = x_{O1} + \frac{L \cdot \cos(\alpha'_2) \cdot \sin(\alpha'_1)}{\sin(\alpha'_1 - \alpha'_2)} \quad (1.1)$$

$$y_c = y_{O1} + \frac{L \cdot \cos(\alpha'_2) \cdot \cos(\alpha'_1)}{\sin(\alpha'_1 - \alpha'_2)} \quad (1.2)$$

Вимірювання засновані на вимірюванні мінімум двох азимутів і кута місця в віддалених на певну відстань (базу) пунктах прийому [3]. Найпростіший варіант даної пасивної системи передбачає два рознесених пункти прийому, а саме центральний пункт прийому (ЦПП), який вимірює азимут і кут місця цілі та віддалений пункт прийому (ВПП), в якому

вимірюється лише азимут на ціль. У зв'язку з використанням методом вимірювання координат цілі такі системи називають тіангуляційними системами пасивної локації [3].

### **Рівносигнальний метод**

При використанні рівносигнального методу для пеленгації, прийом сигналів здійснюється антенною системою, яка має дві однакові діаграми спрямованості, зміщені одна від одної на кут  $2\alpha$ . Прийняті обома антенами сигнали порівнюються між собою [3].

Пеленг визначається у момент, коли сигнали стають однаковими. У цей момент електрична вісь антенної системи, що збігається з рівносигнальним напрямком (РСН), вказує на ціль ( $\Delta = \beta_0$ ) [3]. Пеленгаційна характеристика цього методу визначається за такою формулою:

$$U_p(\beta) = U_{c0} \cdot [f'(\alpha) - f'(-\alpha)] = U_{c0} \cdot f'(\alpha) \quad (1.3)$$

де  $U_{c0}$  – максимальний рівень сигналу;

$\alpha$  – кут зміщення діаграми відносно РСН.

Важливим аспектом реалізації методу порівняння є вибір кута  $\alpha$  для зміщення діаграми спрямованості антен відносно радіолокаційної системи наведення (РСН) [3]. Зі збільшенням цього кута зменшується ефективна дальність радіопеленгатора порівняно з відстанню, яку можна було б досягти при прийманні сигналу в напрямку максимуму діаграми спрямованості однієї антени.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

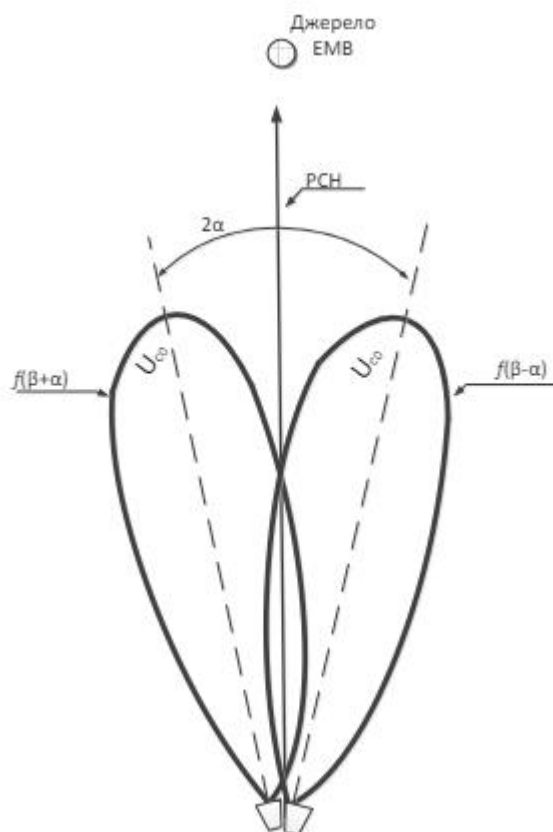


Рисунок 1.6 – Рівносигнальний пеленгаційний метод

### Кутомірний триангуляційний метод

Кутові координати  $(\beta_0, \epsilon_0)$  вимірюються по максимуму. Точність вимірювань залежить від ширини діаграми направленості антени [3].

Вимірювання дальності  $r_0$  здійснюється за допомогою розв'язування трикутників, в яких відома база  $B$  і кути  $\beta_0, \beta_1, \epsilon_0$ . За допомогою геометрії виводимо наступну систему рівнянь:

$$B = (r_0 \cdot \cos(\epsilon_0)) \cdot \cos(\beta_0) + (r_1 \cdot \cos(\epsilon_1)) \cdot \cos(180 - \beta_1)$$

$$(r_0 \cdot \sin(\epsilon_0)) \cdot \sin(\beta_0) = (r_1 \cdot \cos(\epsilon_1)) \cdot \sin(180 - \beta_1)$$

Розв'язуючи дану систему отримуємо рівняння:

$$r_0 = B \cdot \sin(\beta_1) / \cos(\epsilon_0) \cdot \sin(\beta_0 - \beta_1) \quad (1.4)$$

Точність вимірювання дальності залежить від:

- 1) помилок кутових вимірювань;
- 2) величини бази;
- 3) положення цілі в зоні щодо нормалі до бази;
- 4) дальності до цілі.

На великій дальності помилка може складати до 10% від  $r$ .

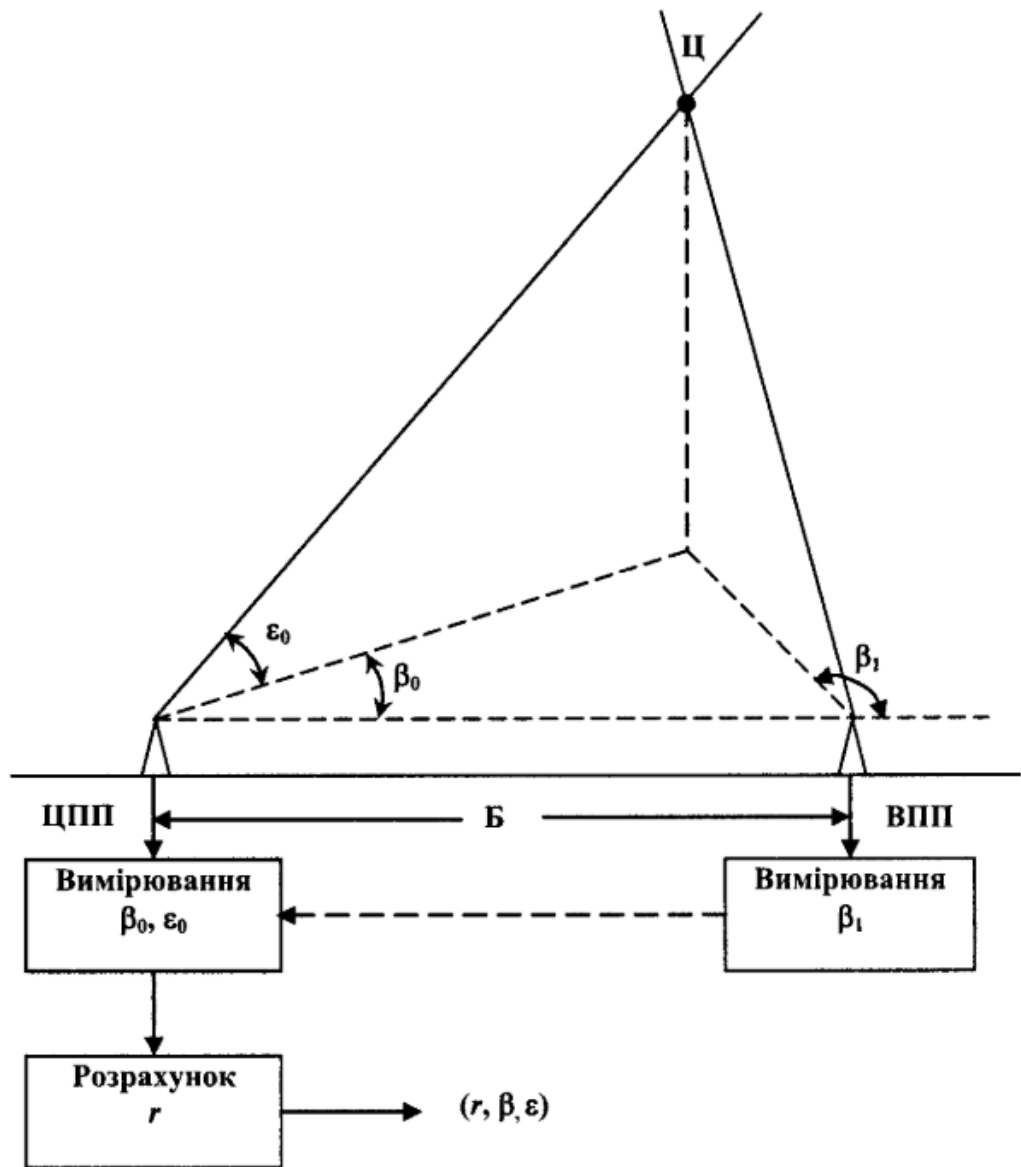


Рисунок 1.7 – Узагальнена структурна схема кутомірної системи пасивної локації

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## Різницево-далекомірний метод

Даний метод дозволяє виміряти як дальність до цілі, так і кутові координати без використання методів пеленгації. Системи пасивної локації у якій використовується метод вимірювання координат джерел активних шумових перешкод має назву базово-кореляційна система (БКС) [3].

Найпростіша схема БКС (Рис. 1.8) складається з одного ЦПП і двох ВПП. У кожному ВПП здійснюється прийом, підсилення сигналу і трансляція їх зі збереженням структури на ЦПП [3].

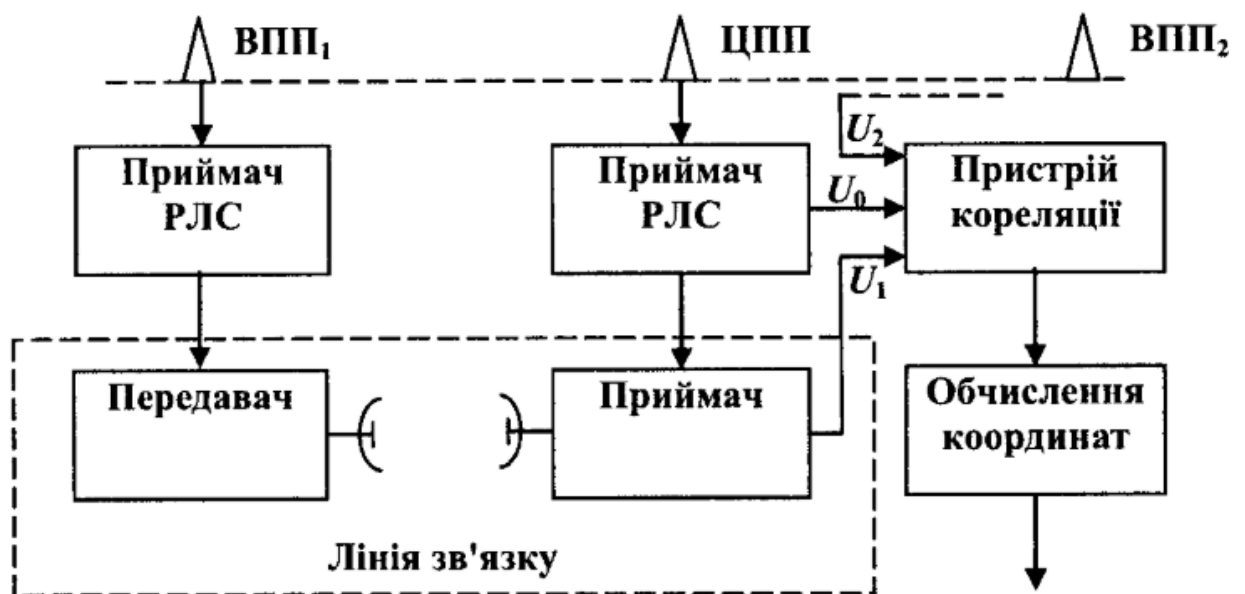


Рисунок 1.8 – Приклад найпростішої базово-кореляційної системи

Для трансляції використовується радіорелейні лінії зв'язку. У ЦПП також здійснюється прийом завади і обчислюється взаємно кореляційні функції перешкод, прийнятих різними пунктами прийому, необхідні для вимірювання різниці дальностей [3].

Вимірювання координат засновано на обчисленні різниці дальностей до цілі з різних ВПП відносно дальності від ЦПП.

Гіпербола характеризує постійну різницю дальностей до двох рознесених точок на площині, а в просторі гіперboloїд. Отже, заміряна величина  $\Delta r_{01}$ , яка визначається як  $\Delta r_{01} = r_0 - r_1$ , визначає в площині гіперboloїда, в одній з точок якого є ціль. Для вимірювання площинних координат достатньо виміряти ще

одну різницю дальностей –  $\Delta r_{02}$ . Координати цілі визначаються точкою перетину двох гіпербол.

Просторові координати визначаються точкою перетину трьох гіперболоїдів, відповідних величинам  $\Delta r_{01}$ ,  $\Delta r_{02}$ ,  $\Delta r_{03}$  [3].

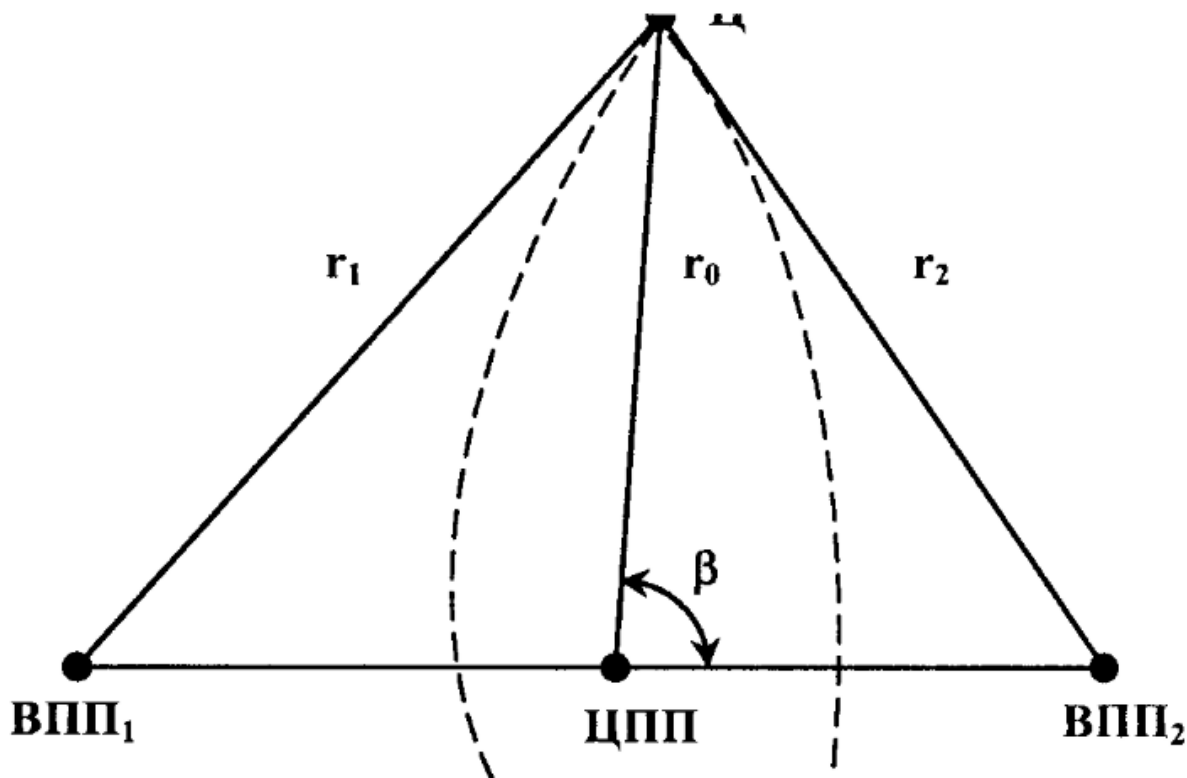


Рисунок 1.9 – Принцип вимірювання координат різницево-далекомірним методом

Різниця дальностей вимірюється за допомогою корелятора на який поступають сигнали суміжних каналів, за допомогою нього можна виміряти відносну затримку між прийнятими коливаннями. У процесі вимірювання проводиться огляд за затримкою в межах можливого інтервалу її зміни.

При компенсації відносної затримки прийнятих сигналів на виході корелятора виникає кореляційний імпульс. Час запізнення у цей момент визначає величину  $\Delta r_{01}$ .

Тобто координати вижерелла випромінювання визначаються на підставі вимірювання різниць дальностей. Практично обчислення координат цілі здійснюється спеціальним обчислювачем [3].

Точність вимірювання координат залежить від точності виміру часу затримки прийому між пунктами прийому. Для того щоб забезпечити високу точність вимірювань застосовується нелінійне розташування баз [3].

Складність технічної реалізації БКС обумовлена:

- Необхідністю використання спеціальних широкосмугових ліній зв'язку;
- Можливістю роботи тільки за шумоподібним сигналом разом з функцією кореляції.

Перевагою БКС у порівнянні з кутомірною системою пасивної локації є більш висока точність вимірювання координат і відсутність хибних цілей, оскільки вимірювання часу затримки одночасно здійснює кореляційне ототожнення сигналів прийнятих у різних пунктах прийому [3].

У зв'язку з технологічними труднощами побудови БКС і вимогами щодо кількості пунктів прийому (3-4) цей вид систем сьогодні менш широко використовується у порівнянні з триангуляційними системами пасивної локації.

Отже проаналізувавши вказані вище методи пасивної локації було вирішено побудувати спрощену структурну схему пеленгатору для комплексу вимірювальної системи джерел електромагнітних випромінювань, яка зображена нижче (Рис. 1.9).

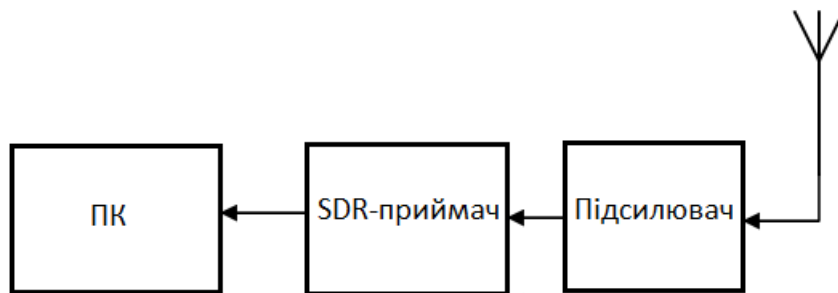


Рисунок 1.10 – Спрощена структурна схема амплітудного пеленгатору до комплексу вимірювальної системи джерел електромагнітних випромінювань

## РОЗДІЛ 2. ЦИФРОВИЙ АМПЛІТУДНИЙ ПЕЛЕНГАТОР ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

### 2.1 Розробка структурної схеми пеленгатора радіоканалу БПП

Амплітудний пеленгатор працює шляхом вимірювання та порівняння амплітуд сигналів, отриманих від антен у різних напрямках. Цей пристрій має набір антен, розташованих у певній конфігурації. Сигнали, які надходять на антени, проходять через підсилювачі та інші елементи обробки для вимірювання їх амплітуди. [8] Це може включати підсилення, фільтрацію та інші операції для підготовки сигналу до вимірювання. Приклад схеми даного пеленгатора наведено нижче (Рис. 2.1).

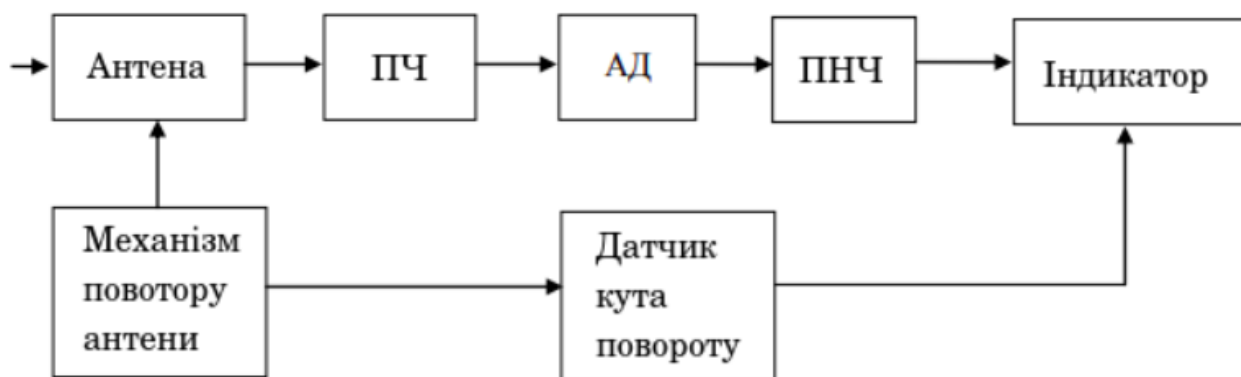


Рисунок 2.1 – Структурна схема амплітудного пеленгатора по методу максимуму

Схема пеленгатора включає антену, підсилювач проміжної частоти (ПЧ), амплітудний детектор (АД), підсилювач низької частоти (ПНЧ), індикатор і механізм повороту антени з датчиком кута повороту. Для визначення напрямку приходу сигналу проводиться порівняння отриманих амплітудних вимірів [8]. Як правило, використовується простий порівняльний аналіз, де амплітуди сигналів порівнюються за їх відносними значеннями. Напрямок з

більшою амплітудою вважається напрямком приходу сигналу. Результати пеленгування можуть виводитись на дисплей чи на комп'ютер. [8]

Такий пеленгатор буде забезпечувати виявлення радіосигналів, на фоні шумів визначати робочу частоту і частотний діапазон сигналу. Але в зв'язку з тим що пеленгатор побудований за методом максимуму дає велику похибку у визначенні пеленгу, необхідно застосовувати більш досконалий метод пеленгації, тому було вирішено побудувати схему використовуючи пеленгатор на основі сумарно-різницевого методу, про який детальніше описано нижче.

Структурна схема сумарно-різницевого моноімпульсного пеленгатора наведена нижче (Рис. 2.2), відмінністю від простого амплітудного двоканального пеленгатора в даному функціональна обробка вхідних сигналів відбувається до їх перетворення та підсилення у приймачі [7].

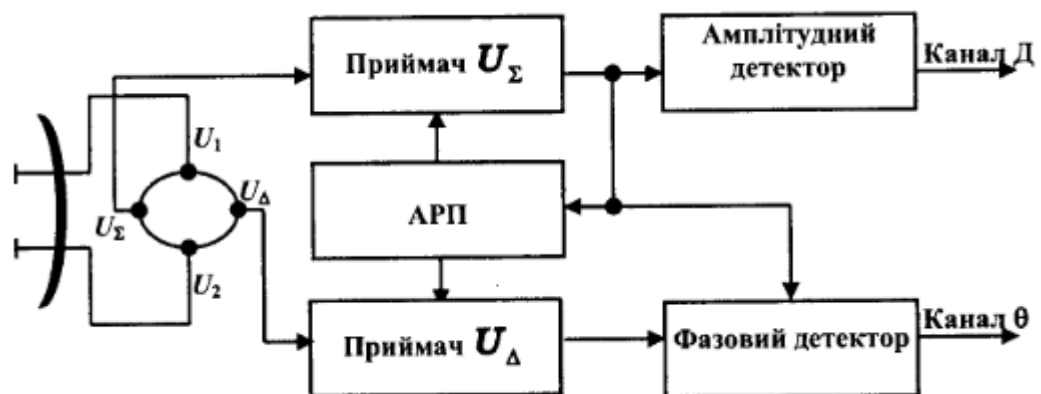


Рисунок 2.2 – Структурна схема сумарно-різницевого пеленгатора

Якщо на два розв'язані плеча подати сигнали  $U_1$  та  $U_2$ , то з інших двох розв'язаних плечей можна зняти наступні сигнали [3]:

$$U_{\Sigma} = U_1 + U_2 \text{ та } U_{\Delta} = U_1 - U_2 \quad (2.1)$$

Напрямок на ціль визначається шляхом аналізу амплітуди різницевого сигналу та знаходження його мінімального значення. [7] Якщо різниця між сигналами, отриманими від різних антен, є мінімальною, це свідчить про те,

що ціль розташована у напрямку, де сигнали мають однакову амплітуду. При виникненні нерівноваги через зміщення цілі відносно осі, сигнал на виході цього каналу збільшується [7].

Сумарний сигнал використовується як базовий сигнал для нормування різницевого. Це нормування дозволяє компенсувати вплив тимчасових змін амплітуди прийнятого сигналу, які можуть варіюватися в широкому діапазоні, на кінцевий результат. Окрім цього, сумарний сигнал застосовується для початкового виявлення цілі, відрізнення її від перешкод, а також визначення дальності та швидкості [7].

З приведеної вище інформації можна зауважити що сумарно-різницевий пеленгатор є кращим за амплітудний завдяки вищій точності та меншій чутливості до шумів і перешкод. Це досягається шляхом використання двох каналів сигналу. Хоча сумарно-різницевий пеленгатор складніший у реалізації, він підходить для завдань, де критичною є висока точність і надійність.

При розробці системи виявлення та пеленгації джерела електромагнітних хвиль випромінювання було вирішено використовувати 2 пеленгатори, структурна схема даної системи зображена нижче (Рис. 2.3).

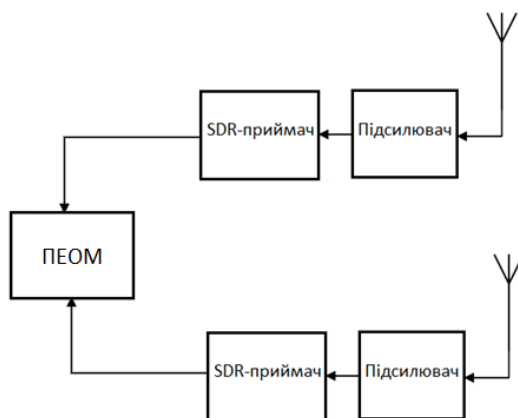


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи виявлення та пеленгації джерела електромагнітних хвиль випромінювання БПП

Для дана система приймає сигнал за допомогою логіперіодичної направленої антени Agoal 800M-6G (Рис. 2.4), діаграма спрямованості (Рис. 2.5), зміна коефіцієнта підсилення від частоти (Рис 2.7) та КСХ (Рис. 2.6) представлені нижче, а також основними характеристиками даної антени є:

- Діапазон робочих частот: 800M-6G (0.771 — 6.018 ГГц)
- Діаграма спрямованості: 28 градусів
- Конектор: SMA-female
- Потужність: менш ніж 5 Вт
- Розміри: 200 мм x 146 мм
- Вага: 50 грамів

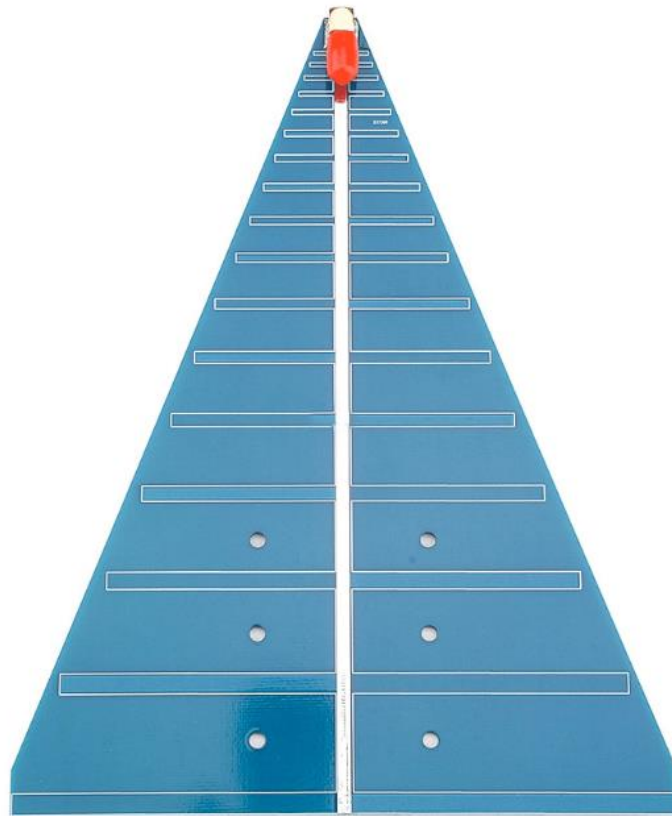


Рисунок 2.4 – Антена Agoal 800M-6G

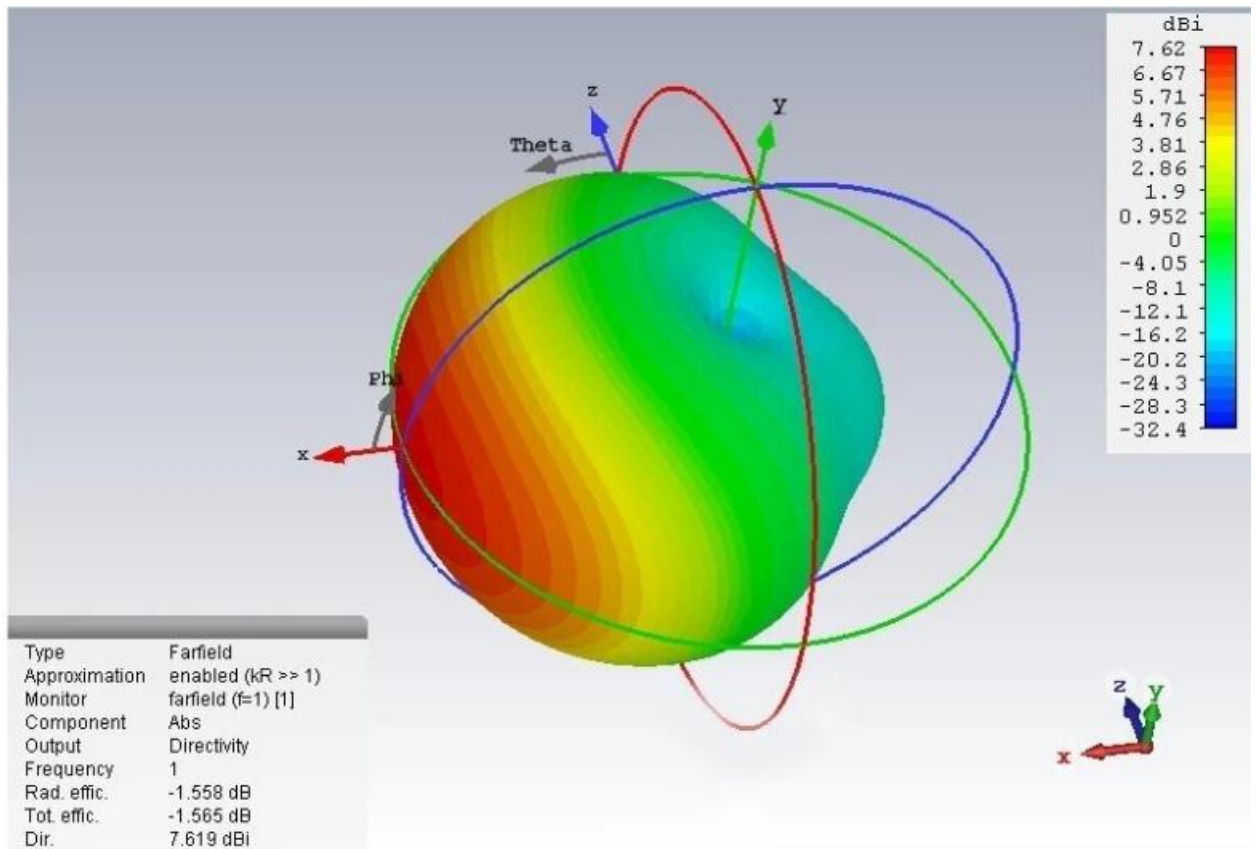


Рисунок 2.5 – Діаграма спрямованості антени Agoal 800M-6G



Рисунок 2.6 – КСХ антени Agoal 800M-6G

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

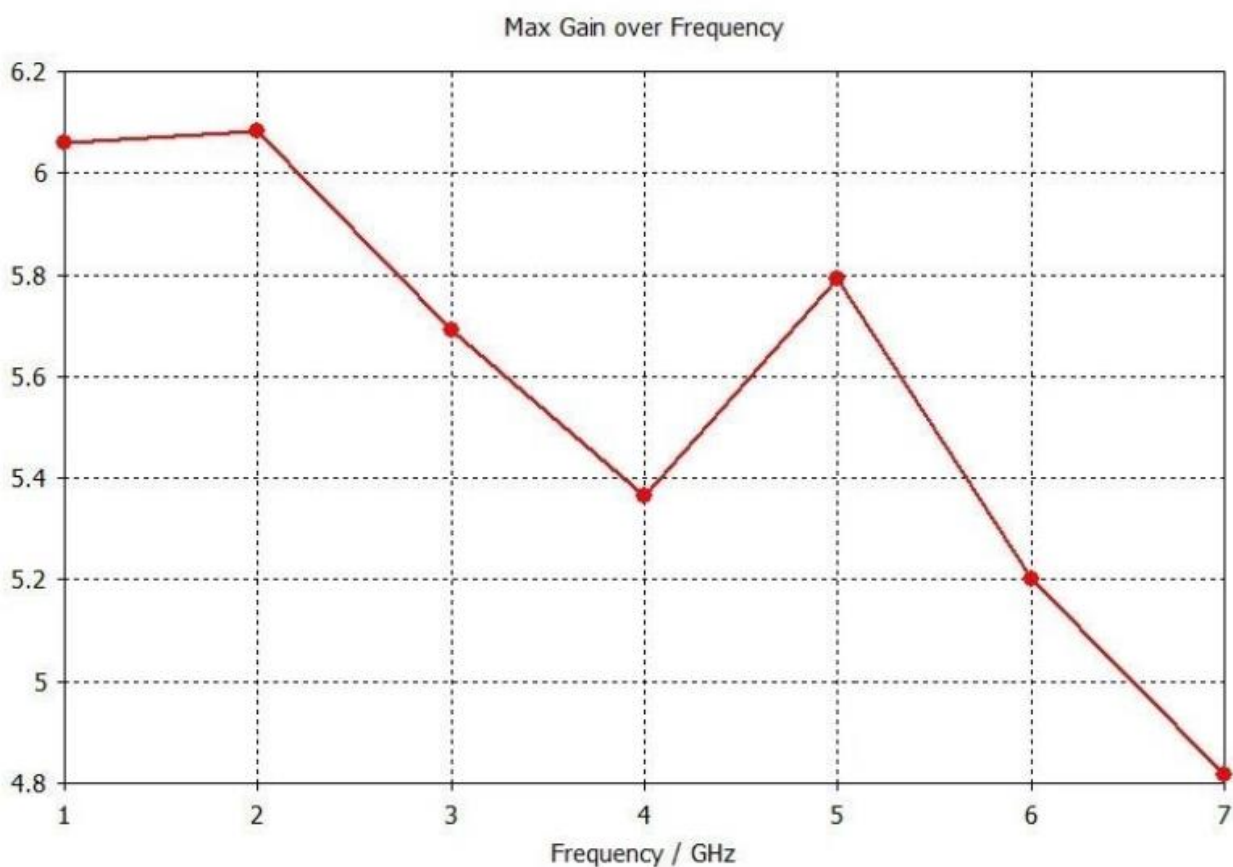


Рисунок 2.7 – Залежність коефіцієнта підсилення антени від частоти

Підсилювач збільшує амплітуду отриманого сигналу, що дозволяє покращити якість прийому і збільшити дальність роботи пеленгатора. Було обрано підсилювач WYDZ-LAN-10M-6GHz (Рис 2.8). Даний підсилювач з низьким рівнем шуму має наступні характеристики:

- Діапазон робочих частот 10-6 ГГц
- Коефіцієнт підсилення 40 дБ
- Електроживлення лінії TYPE-C
- Коефіцієнт власних шумів 5 дБ
- Об'єм 4,5 \* 3 \* 1,4 см
- Вага 66 г
- Струм <150мА
- Гніздо SMA
- Вхідний та вихідний опір 50 Ом

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 2.8 – Підсилювач з низьким рівнем шуму WYDZ-LAN-10M-6GHz

Далі для подальшого аналізу сигналів використовуємо SRD приймач разом з ПЕОМ, в якості SRD приймача було обрано HackRF One (Рис. 2.9), характеристики даного приймача наведено нижче:

- Діапазон робочих частот: 1 МГц до 6 ГГц
- Частота дискретизації: до 20 МГц
- Сумісний з GNU Radio, SDR# і іншим ПО
- Роз'єм SMA
- Підключення до комп'ютера здійснюється через microUSB
- Живлення через USB



Рисунок 2.9 – SRD приймач HackRF One

Для спроектованої системи проводимо розрахунок потенційних можливостей виявлення ЕМВ запропонованої схеми пеленгатору. Для розрахунків візьмемо передавач відеоданих дрона потужністю 2000 мВт. Також для розрахунків візьмемо частоти які використовуються незаконними збройними угрупованнями.

Вхідні дані:

- Коефіцієнт підсилення передавальної антени 5 дБі
- Підсилення сигналу в приймальній частині 40 дБ
- Частоти: 800 МГц, 900 МГц, 1200 МГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц
- Чутливість приймача -97,447 дБ

Розраховуємо дальність виявлення відеоканалу дрона за формулою:

$$R_{max} = \sqrt{\frac{P_{пер} \cdot Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi)^2 \cdot P_{prmin}}} \quad (2.2)$$

де  $P_{пер}$  – потужність передавача;

$Gt$  – коефіцієнт підсилення передавальної антени;

$Gr$  – коефіцієнт підсилення приймальної антени;

$\lambda$  – довжина хвилі;

$P_{prmin}$  – чутливість приймача.

Результат розрахунків наведено в таблиці 1.1 нижче.

Таблиця 1.1

Частота	800 МГц	900 МГц	1,2 ГГц	2,4 ГГц	5,8 ГГц
Дальність	172,3 км	151,6 км	114,9 км	59,7 км	23,9 км

Виходячи з даних розрахунків можна сказати що дана система виявлення ЕМВ буде ефективною.



Прийнятий сигнал змішується з косинусоподібним сигналом, який ми подаємо на змішувач, далі сигнал подається на фільтр низьких частот, полоса фільтру 10 МГц після нього подається на блок в якому змінюється частота дискретизації сигналу на основі операції дицимації, далі в наступному блоці виділяється аудіо-сигнал, після чого він підсилюється і його можна почути. Також місля змішувача сигнал паралельно подається на блоки, які роблять швидке перетворення фур'є, а також рівень сигналу відразу переводиться в логарифмічний масштаб, після чого на екрані можна побачити спектр. Також можна змінювати рівень порогу, відносно якого сигнал буде вважатися корисним і буде автоматично аналізуватися і віділятися на графіку. Результат роботи даної схеми приведено нижче (Рис. 2.11).

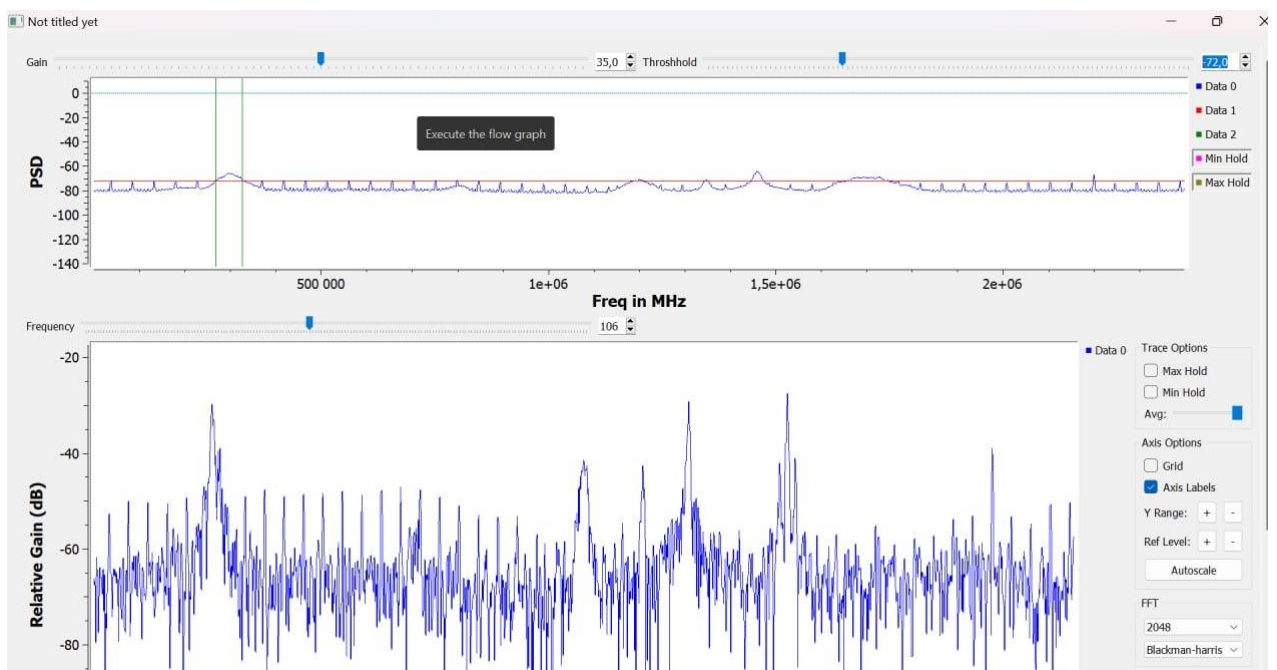


Рисунок 2.11 – Робота амплітудного пеленгатора в середовищі GNU Radio

Також для роботи пеленгатора сумарно-різницевим методом було створено окрему схему в GNU Radio (Рис. 2.12), яка приведена нижче.



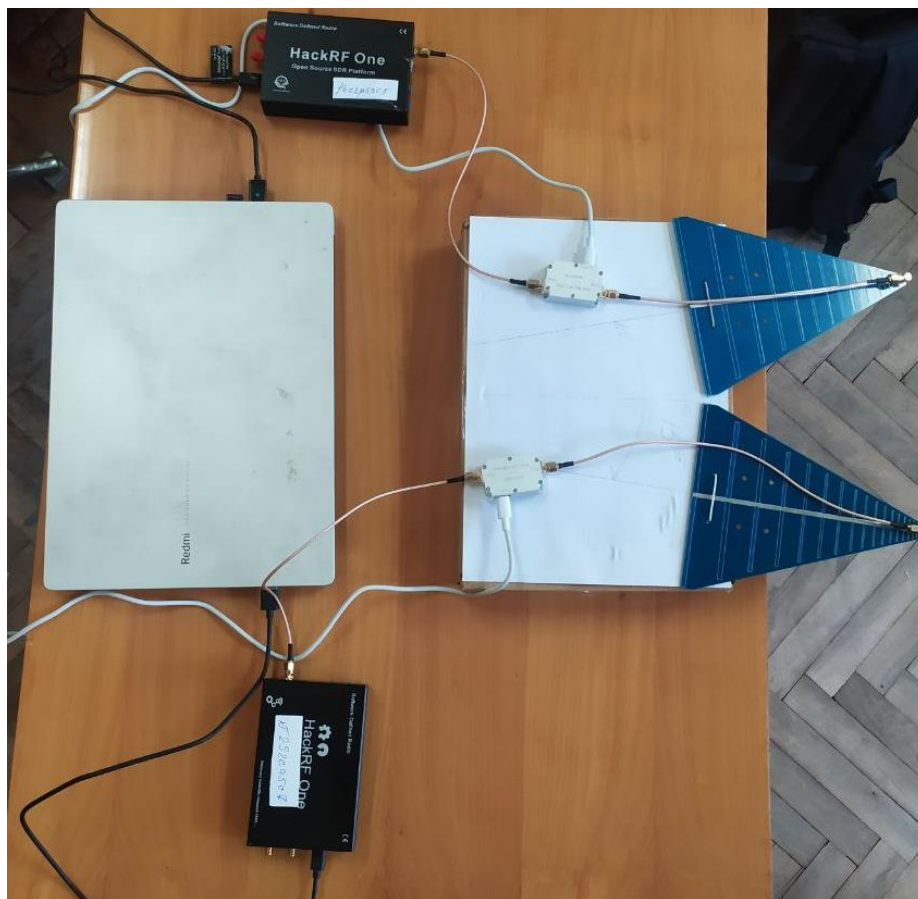


Рисунок 2.13 – Макет сумарно-різницевого пеленгатору

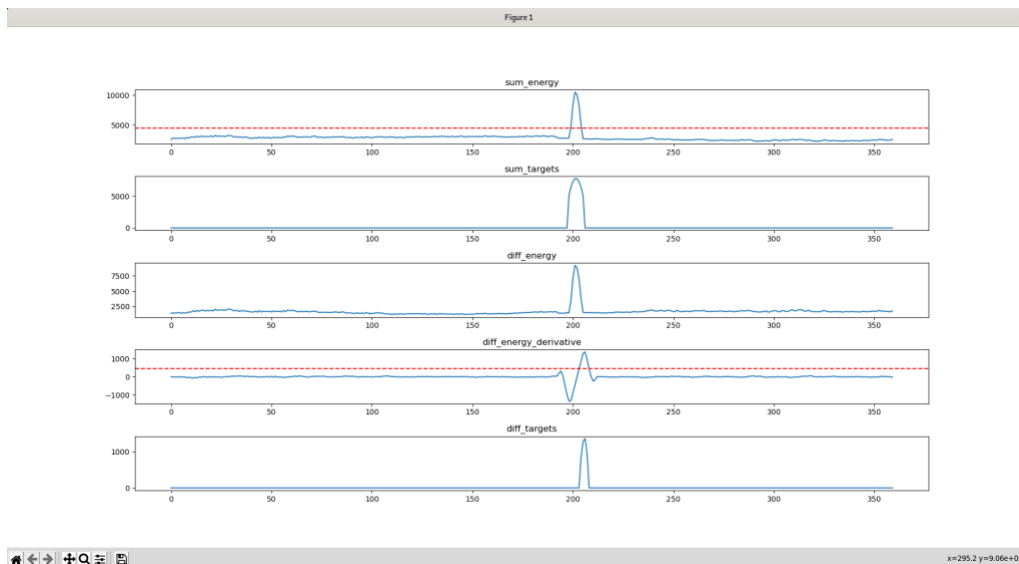


Рисунок 2.14 – Робота пеленгатору заснованого на сумарно-різницевому методу в середовищі GNU Radio

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РС-11.468332.001 ПЗ

Лист

36

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТАБІЛЬНОГО БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА

### 3.1 Розробка вузла окремого стабілізованого елемента системи блоку живлення пеленгатору

Окремий блок живлення був спроектований для живлення підсилювачів системи вимірювання електромагнітних випромінювань, структурна схема якого зображена нижче (Рис.3.1).

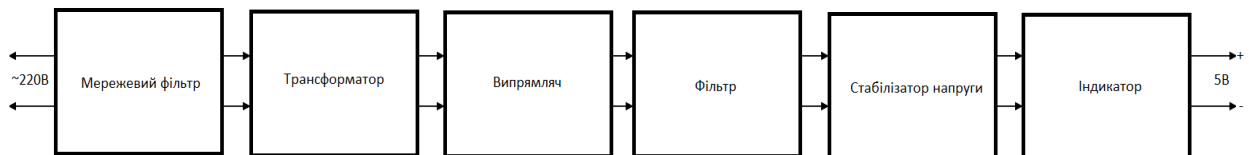


Рисунок 3.1 – Структурна схема блоку живлення

Детально про кожен з елементів даної схеми напишемо нижче.

#### Мережевий фільтр

Мережевий фільтр потрібен для подавлення високовольтних і високочастотних завад які є в побутовій мережі 220В, для подавлення високовольтних завад використовується варистор, а високочастотні завади згладить RC-фільтр.

Варистор – це напівпровідниковий елемент, який працює наступним чином: в робочому режимі опір варистора великий, напруга не перевищує граничне значення і струм через нього не протікає, але як тільки напруга перевищує поріг – опір варистора знижується до кількох десятків Ом і струм починає протікати крізь нього. Короткочасні високовольтні імпульси

гасяться швидко, але під час довгору перенавантаження варистор виходить з ладу.

В нашій схемі блоку живлення 5В буде використовуватись RC фільтр, який є менш ефективним ніж LC, але є дешевшим і підходить для нашого блоку живлення. Раніше мережеві фільтри не викликали значного інтересу, проте сьогодні вони є невід'ємною частиною будь-якої побутової техніки. У кожному пристрої можна знайти варистор, а також RC або LC фільтри, хоча вони зустрічаються рідше. Це пов'язано з широким застосуванням імпульсних блоків живлення, які створюють значний рівень електромагнітних завад у мережі. Такі завади можуть негативно вплинути на роботу інших споживачів електроенергії, тому виробники електротехніки вживають заходів для захисту своїх виробів. Таким чином, у схемах блоків живлення необхідно мати мережевий фільтр.

## Трансформатор

У нашому блоці живлення на 5В трансформатор виконує ключову функцію, знижуючи мережеву напругу 220В до низьковольтного рівня. Він має бути силовим, розрахованим на мережеву частоту 50Гц, з первинною обмоткою на 220В і вторинною обмоткою на 7 - 10В. Номінальна потужність трансформатора становить 4 - 8Вт.

Варто зазначити, що на трансформаторі вказується діюче значення напруги ( $U_d$ ), яке можна перевірити за допомогою вольтметра. На виході після фільтра (четвертий блок), тобто після діодного моста і згладжувального конденсатора, отримується амплітудне значення напруги ( $U_a$ ). Зв'язок між амплітудним і діючим значенням напруги описується формулою:

$$U_a = \sqrt{2} \cdot U_d \quad (3.1)$$

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

Таким чином, якщо вторинна обмотка трансформатора у блоці живлення видає 7 - 10В, то на виході фільтра-конденсатора (четвертий блок) ми отримуємо приблизно 10 - 14В. Це не створює проблем, оскільки стабілізатор напруги (п'ятий блок) може працювати з вхідною напругою до 40В. Теоретично і практично ми можемо використати трансформатор з вищою напругою і на виході стабілізатора все одно отримаємо необхідні 5В. Проте, різниця напруги перетвориться на тепло, що небажано для нашої задачі, адже ми прагнемо створити раціональний блок живлення на 5В.

### **Випрямляч**

Перетворює змінну напругу на вході на постійну на виході. У нашому проекті буде застосовано двонапівперіодний випрямляч, реалізований за допомогою діодного моста.

### **Фільтр**

Конденсатор призначений для згладжування напруги після випрямляча. У проекті використовується електролітичний конденсатор великої ємності, оскільки більша ємність зменшує рівень пульсацій. Окрім ємності, важливим параметром конденсатора є напруга. Рекомендується вибирати конденсатори з запасом по напрузі. Враховуючи, що у блоці живлення на 5В вторинна обмотка трансформатора (другий блок) має напругу 7 - 10В, і з урахуванням підвищення напруги в  $\sqrt{2}$  рази, буде використовуватися конденсатор з робочою напругою не менше 25В.

Під час заряджання конденсатора струм через діодний міст збільшується, оскільки необхідно забезпечити як заряд, так і навантаження. Зворотна напруга на діодах також значна, оскільки відбувається сумування вхідної і вихідної напруг. Тому для випрямляча необхідно вибирати діоди з запасом по параметрах.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

## Стабілізатор напруги

Ця мікросхема призначена для стабілізації діапазону вхідних напруг до фіксованого значення на виході. Для забезпечення стабільної роботи вхідна напруга повинна перевищувати вихідну, зазвичай не менш ніж на 3В. Максимальна вхідна напруга, як правило, обмежується діапазоном від 30 до 40В. Для ефективного тепловідведення рекомендовано використовувати стабілізатор у корпусі ТО220 з встановленням на радіатор. У нашому блоці живлення на 5В цей підхід є оптимальним.

## Індикатор

У нашому повсякденному житті ми вже звикли до того, що кожне обладнання радісно миготить світлодіодом під час увімкнення, тому я вирішив, що включення індикатора робочого режиму буде корисним у блоку живлення на 5В. Цей індикатор складається з світлодіода і резистора, який обмежує струм. Світлодіод може бути червоного або зеленого кольору і потребує напруги 1,5В або 3В для світіння. Просто необхідно розрахувати опір резистора правильно. Опір струмообмежувального резистора визначається за формулою:

$$R = (U_{\text{жив}} - U_{\text{св}}) / I_{\text{св}}, \quad (3.2)$$

де  $U_{\text{жив}}$  - напруга джерела живлення;

$U_{\text{св}}$  - пряма напруга світлодіода;

$I_{\text{св}}$  - прямий струм світлодіода.

Схема електрична принципова для даного блоку живлення приведена нижче (Рис. 3.2).

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

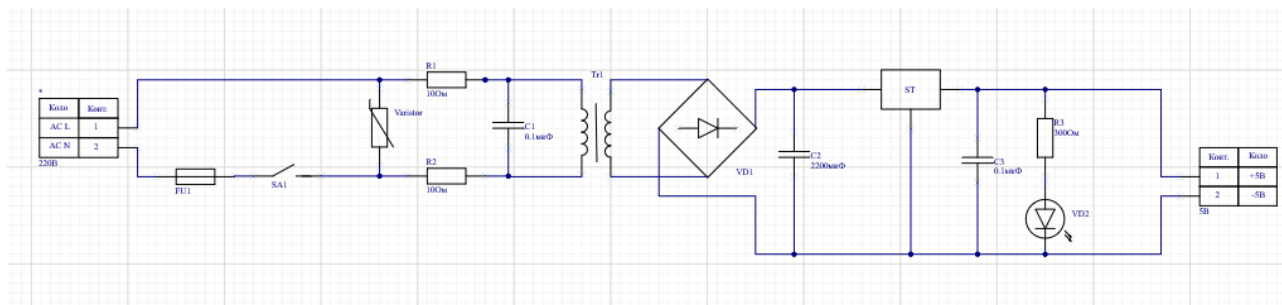


Рисунок 3.2 – Схема електрична принципова до блоку живлення 5В

Для даної схеми використовуються елементи про які детальніше розписано нижче.

Першим елементом даної схеми є запобіжник 5x20 F 250В ITALWEBER. Запобіжник є надзвичайно важливим компонентом. У багатьох випадках, він захищає всю електричну схему від пошкоджень. Також на вході схеми стоїть одноклавішний перемикач, далі за схемою блоку живлення 5 В встановлюється варистор RU1. В даній схемі стоїть варистор моделі JVR-07N471K, номінальна напруга якого становить 470 В: при меншій напрузі варистор буде перегріватися, а при більшій – не забезпечуватиме належного захисту від перенапруг.

Далі стоять 2 резистора з опорами 10 Ом кожен і потужністю до 2Вт. В схемі також присутній плівковий конденсатора серії K73-17, номінальна напруга 630 В, ємність 0,1 мкФ. Також для блоку живлення був обраний трансформатор з наступними характеристиками:

- Вхідна напруга 220В
- Напруга на виході 9В
- Сила струму 1,1А
- Потужність 10Вт
- Зовнішній діаметр 48мм
- Внутрішній діаметр 16мм
- Висота 36мм

Для випрямлення змінного струму в пульсуючий було обрано діодний міст KBL01. Фільтр блоку живлення, в нашій схемі це електролітичний конденсатор, даний конденсатор має ємність 2200 мкФ.

Наступним елементом є стабілізатор напруги, важливий елементом у схемі блоку живлення на 5В . Була обрана модель L7805A, яка має максимальну вхідну напругу 35В, вихідну напругу 5 В і вихідний струм до 1 А, з корпусом типу ТО220. Для запобігання самозбудженню стабілізатору використовуємо звичайний багаточаровий керамічний конденсатор з ємністю від 0,1 мкФ.

В кінці схеми стоїть світлодіод і резистор для обмеження струму. Резистор було обрано з опором 300 Ом і потужністю 0,125 Вт, а світлодіод Kingbright L-53GT.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

### 3.2 Розрахунок надійності та побудова корпусу для друкованої плати блоку живлення

Для побудови плати необхідно визначити її мінімальну площу, яка відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто окремо площу елементів вивідних і елементів поверхневого монтажу. Для цього необхідно розрахувати площу всіх елементів, площі елементів наведено нижче в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Назва	Позначення на ДП	Кількість, шт	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
Запобіжник	FU1	1	202
Перемикач	S1	1	157
Варистор	RU1	1	105
Резистор	R1/R2	2	539
Конденсатор	C1/C3	2	4,5
Трансформатор	Tr1	1	2271
Діодний міст	D1	1	81
Стабілізатор напруги	ST	1	50
Конденсатор	C2	1	110
Світлодіод	HL	1	17
Резистор	R3	1	539
Сумарна площа			4075,5

Далі розраховуємо необхідну площу для встановлення елементів за наступною формулою:

$$S = S_M + 1,5S_C + 3S_K + S_D \quad (3.3)$$

де  $S_M$  – площа малих елементів;

$S_C$  – площа середніх елементів;

$S_K$  – площа великих елементів;

$S_D$  – площа відведена на допоміжні зони.

$$S = 12\,677,5 \text{ мм}^2$$

Далі робимо друковану плату, вид зверху (Рис. 3.2) і зі сторони виводу елементів (Рис. 3.3) друкованої плати даного блоку зображено нижче.

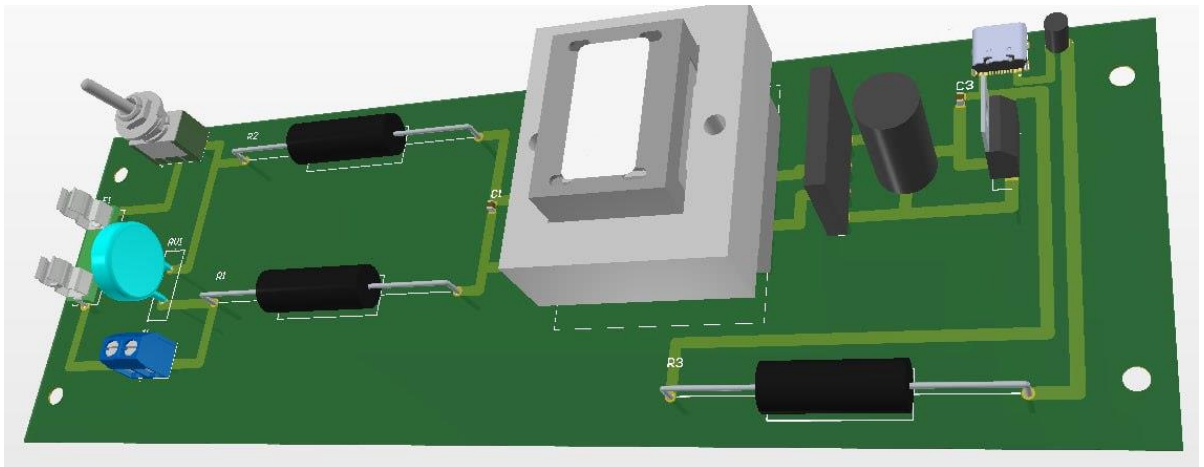


Рисунок 3.2 – Друкована плата у трьох вимірному вигляді

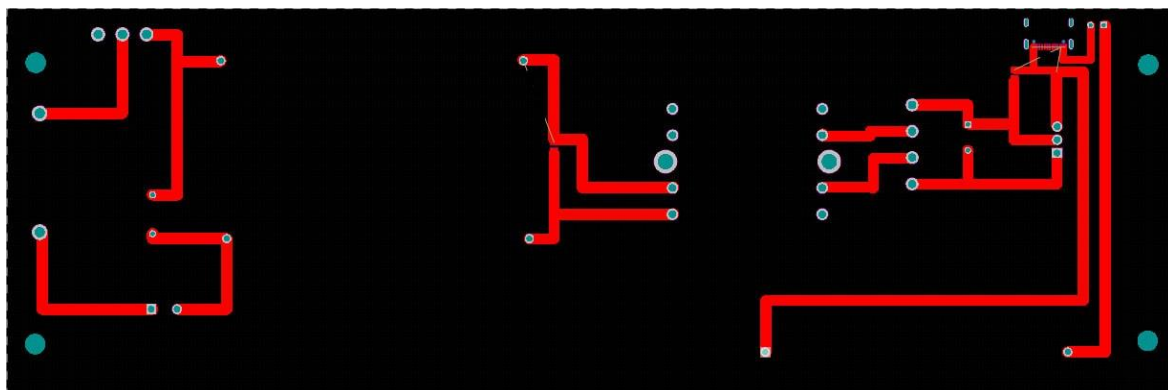


Рисунок 3.3 – Трасування друкованої плати

Далі робимо корпус для нашого блоку живлення. Корпус даного блоку повинен мати отвір для світлодіода, живлення, перемикача. Корпус було спроектовано з двох частин, кришки та корпусу, крім того окремо було також створено шасі на яке буде кріпитись плата з радіатором та окремим трансформатором. Кришка буде кріпитись за допомогою гвинтів. Креслення корпусу з кришкою для блоку живлення знаходяться в додатках до диплому.

Тепер проводимо розрахунок надійності даного блоку живлення, розрахунок буде виконуватися за формулою приведеною нижче:

$$P(x) = 0,5 \left\{ \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{1-x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] + e^{\frac{2}{v^2}} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( -\frac{1+x}{v\sqrt{2x}} \right) \right] \right\} \quad (3.4)$$

де  $P(x)$  – ймовірність безвідмовної роботи;

$\operatorname{erf}(x)$  – функція інтегралу помилок;

$v$  – коефіцієнт варіації, в нашому випадку 1.

Також розраховуємо експлуатаційну інтенсивність відмов компонентів за формулою:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_1 K_2 K_3 \quad (3.5)$$

де  $\lambda_p$  – експлуатаційна інтенсивність відмов компоненту;

$\lambda_0$  – початкова середньостатистична інтенсивність відмов компоненту;

					<i>PC-11.468332.001 ПЗ</i>	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_1$  – функція температури та коефіцієнту навантаження;

$K_2$  – рівень механічного впливу;

$K_3$  – відносна вологість всередині пристрою.

Але спершу необхідно визначити розрахункову інтенсивність  $\lambda_p$ , після чого визначити середнє значення напрацювання на відмову, за рівнянням:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{T_0}{2\pi t_b^3} \exp\left(-\frac{(t_b - T_0)^2}{2t_b T_0}\right)} \quad (3.6)$$

де  $T_0$  – середнє значення напрацювання на відмову;

$t_b$  – тривалість випробування,  $3 \cdot 10^4$ ;

Визначивши  $T_0$  приймаємо  $T_0 = \mu$  задаємо час роботи  $t$ , показники надійності визначаються параметром  $x = t/\mu$  та коефіцієнтом  $v$ .

Розраховуємо інтенсивність відмов для резисторів та варистора:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_R \quad (3.7)$$

де  $\lambda_0$  – табличне значення;

$K_R$  – коефіцієнт який залежить від значення опору.

Інтенсивність відмови діодного мосту, світлодіоду та стабілізатора напруги:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\phi K_{S1} \quad (3.8)$$

де  $\lambda_0$  взято з таблиці;

$K_p$  - коефіцієнт режиму роботи пристрою, який залежить від температури середовища та струмового навантаження;

$K_\phi$  - коефіцієнт, що враховує функціональне призначення пристрою;

$K_{S1}$  - коефіцієнт, що враховує співвідношення робочої напруги до максимально допустимої згідно з технічними умовами.

Розраховуємо інтенсивність відмов для конденсаторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_c \quad (3.9)$$

де  $\lambda_0$  – табличне значення;

$K_p$  - коефіцієнт режиму роботи пристрою, який залежить від температури середовища та струмового навантаження;

$K_c$  – коефіцієнт який залежить від значення ємності.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Назва елемента	$\lambda_0 * 10^6$ год <sup>-1</sup>	$\lambda_p * 10^6$ год <sup>-1</sup>	Кількість	$T_0$	x	P(x)
Діодний міст	0,1	0,02	1	135690	0,07858	0,99994
Резистори	0,04	0,04	3	85985	0,10786	0,99936
Конденсатори	0,04	0,03	3	96425	0,09845	0,99975
Стабілізатор напруги	0,02	0,05	1	437952	0,02686	1
Світлодіод	0,1	0,01	1	135868	0,08486	0,99988
сума				178384	0,079	0,998

Результати розрахунку показали що за час роботи 10000 год, ймовірність безвідомої роботи даного блоку живлення складає 99,7%, а отже пристрій задовільняє умові технічного завдання.

## ВИСНОВКИ

1. В даному дипломному проекті була розроблена радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ. За основу взято пеленгатор, який працює за сумарно-різницеvim методом.

2. Було розглянуто і проаналізовано сучасні підходи до побудови системи контролю РЧР. Також було розглянуто методи пеленгації, а також було окремо спроектований пеленгатор за методом максимуму.

3. Для макету було обрано наступні елементи: SRD приймач HackRFOne, в якості підсилювача було обрано wudz-lan-10m-6ghz 40 db, а в якості приймальних антен було обрано логоперіодичні антени Agoal 800MHz-6GHz.

4. Було перевірено ефективність системи: точність виявлення пеленгу  $3^{\circ}$ , ймовірність виявлення сигналу складає 0,85, дальність виявлення в залежності від частоти прийнятого сигналу складає 800 МГц складає 172,3 км, 900 МГц – 151,6 км, 1,2 ГГц – 114,9 км, 2,4 ГГц 59,7 км, 5,8 ГГц – 23,9 км.

5. Також був спроектований блок живлення 5В для підсилювачів даної системи виявлення безпілотних повітряних платформ, для даного блоку була спроектована друкована плата і розроблений корпус з кришкою.

6. Розроблено радіотехнічну систему, побудований дослідний макет на якому було перевірено ефективність системно-технічних рішень, результати підтвердили що система відповідає технічному завданню.

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

### Перелік джерел посилань

1. Офіційний сайт УДЦР [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.ucrf.gov.ua/>
2. Стаття [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.radartutorial.eu/07.waves/wa04.uk.html>
3. Теорія Радіолокаційних систем : підручник. / Б.Ф. Бондаренко, В.В. Вишніський, В.П. Полгушин та ін.; заг. ред. С.В. Ленкова. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2011. – 383 с.
4. Стаття [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9520322/authors>
5. Стаття [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1392-3-202102-I!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1392-3-202102-I!!PDF-E.pdf)
6. Актуальність моніторингу спектру [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23-2011>
7. Теорія радіолокаційних та радіонавігаційних систем : навч. посіб. для студ. внз за напрямком "Радіотехніка" / Я. І. Лепіх; Одеська нац. морська акад. Одеса : Екологія, 2008. -224 с.
8. Амплітудний пеленгатор схема та принцип дії [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://ppt-online.org/941191>
9. Антена Agoal 800M-6G [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: [https://prom.ua/ua/p1883767208-antenna-agoal-800mhz.html?utm\\_source=google\\_pmax&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=pmax&utm\\_campaign=Pmax\\_cpa\\_1\\_50\\_b2b\\_265945592&gad\\_source=4&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF9U--dmWezMyAWVaQrEyAk9NMosqUnof-ZBpXi7obE8YRF955R92uBoC3xQQA\\_vD\\_BwE](https://prom.ua/ua/p1883767208-antenna-agoal-800mhz.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_1_50_b2b_265945592&gad_source=4&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF9U--dmWezMyAWVaQrEyAk9NMosqUnof-ZBpXi7obE8YRF955R92uBoC3xQQA_vD_BwE)
10. Підсилювач [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: [https://prom.ua/ua/p1928715917-pidsilyuvach-usilitel-lna.html?utm\\_source=google\\_pmax&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=pmax&utm\\_campaign=Pmax\\_cpa\\_50\\_tehnika\\_i\\_elektronika&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw1](https://prom.ua/ua/p1928715917-pidsilyuvach-usilitel-lna.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_50_tehnika_i_elektronika&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1)

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>49</i>

K-zBhBIEiwAWeCOF8xvt0Fj6rV2aS49-fNF-ZUH\_hxrqDTNK1v2mUKIWXtq2-Zl5HOu5BoC72YQAvD\_BwE

11. SRD приймач HackRF One [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу:[https://a-radio.online/ua/p2049677883-sdr-priemnik-hackrf.html?source=merchant\\_center&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=all-products-mc-big-roas-performance-max&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF81kXXPeKMCCSLNfeCzdmYbYZz1nED0vEccs7fskbM7r63I0JfdA9hoCxDUQAvD\\_BwE](https://a-radio.online/ua/p2049677883-sdr-priemnik-hackrf.html?source=merchant_center&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=all-products-mc-big-roas-performance-max&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF81kXXPeKMCCSLNfeCzdmYbYZz1nED0vEccs7fskbM7r63I0JfdA9hoCxDUQAvD_BwE)

12. GNU Radio [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу:[https://uk.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Radio](https://uk.wikipedia.org/wiki/GNU_Radio)

13. В. Й. Котовський, Т. В. Семікіна, Н. В. Слободян, А.В. Немировський, В. А. Клименко, ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/39724d78-20f9-4b09-8fc6-228c18e7590d/content>

14. [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу:<https://imolodec.com/powersupplies/skhema-prostogo-blok-pitaniya-5-v-1-a>

15. РЛС “НЕБО У” [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу:<https://www.unian.ua/war/ekspert-rozpoviv-pro-naslidki-znishchennya-rosiyskoji-radarnoji-sistemi-nebo-u-12607095.html>

16. Основи теорії радіотехнічних систем: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного Університету Львівська політехніка, 2005. -240 с.: іл. ISBN 966-553-439-4

					<i>РС-11.468332.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>50</i>

## ДОДАТОК А

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту

Чмельов В.О.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри

С.Я. Жук

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

НА ДИПОМНИЙ ПРОЕКТ

«Радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ»

Київ 2024

## **1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ**

Назва дипломного проекту “ Радіотехнічна система виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ ”

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіотехнічних систем від «15» квітня 2024р.

## **2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ**

Розробка основних підходів та конструкторської документації до побудови системи виявлення та пеленгації джерела електромагнітних хвиль випромінювання безпілотних повітряних платформ.

## **3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

### **3.1 Вимоги призначення**

1. Дальність виявлення джерел ЕМВ до 156 км .
2. Точність визначення пеленгу на ціль 3 градуси.
3. Визначати прямокутні географічні координати цілі: широта - довгота (точність буд залежати від точності визначення координат місця розташування пеленгаторів, та величини бази системи РЕР).
4. Здійснювати прив'язку координат цілей до цифрової карти місцевості.
5. Формувати цілевказівки для засобів ураження або РЕБ

### **3.2 Вимоги до надійності**

Час безвідмовної роботи 10000 годин з моменту початку експлуатації.

### **3.3 Вимоги до конструкції пристрою живлення системи**

Зовнішньо прилад буде мати форму прямокутника, на пристрої буде видно світлодіод, який сигналізує про справну роботу Живлення має здійснюватись від побутової мережі 220В. Пристрій має бути легким.

### **3.4 Вимоги до уніфікації та стандартизації**

Використовується уніфікована та стандартизована елементна база та матеріали.

### **3.5 Вимоги до дизайну і ергономіки блоку живлення системи**

Пристрій повинен мати невеличкі габарити, для того щоб можна було його встановити на визначених місцях або зручно транспортувати. Дизайн приладу мінімалістичний. Потрібно забезпечити максимальну вологостійкість шляхом захисту елементів від потрапляння вологи , а також щоб на роботу приладу не впливала перешкоди від джерел тепла.

### **3.6 Вимоги до експлуатації, зручності технологічного обслуговування та ремонту**

Технічне обслуговування проводити при необхідності, у випадку виведення зі строю елементів пристрою, ремонт виконується спеціалістами.

### **3.7 Транспортування і зберігання**

Умови транспортування виконується згідно ГОСТ 23216-78.

### **3.8 Утилізація приладу**

За ГОСТ 30773-2001 утилізацією приладу займається сам виробник.

## **4 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ ТА МАТЕРІАЛІВ**

Потрібно вибрати термостійкий та вологостійкий матеріал, який буде підходити для експлуатації при умовах підвищеної вологості та температури.

## **5 ВИМОГИ ДО МАРКУВАННЯ, ПАКУВАННЯ ТА КОНСЕРВАЦІЇ**

Маркування: нанести логотип назви фірми виробника на нижню частину приладу. Також нанести маркування на всі елементи керування та індикації ,а також попереджувальні написи поруч з елементам живлення.

Пакування: прилад потрібно загорнути в бульбашку плівку і помістити в картонну коробку для транспортування.

## **6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

Оформлення документації оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація (пояснювальна записка, специфікація на пристрій).
2. Графічна документація загальним обсягом не менше 3 аркушів А1 (кресленник вигляд загальний, схема електрично принципова, модуль електронний).

## **7 ОРИЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

Титульний лист

Завдання на дипломний проект

Зміст

Вступ

1. Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання
2. Вибір та обґрунтування схемотехнічного рішення
3. Проектування електронного модуля
4. Проектування корпусу приладу
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність

Висновки

Додаток А: Технічне завдання

Додаток Б: Код програми

Додаток В: Специфікація макету

Додаток Г: Специфікація блоку живлення

Додаток Д: Перелік елементів

Додаток Е: Відомість дипломного проекту

## 8 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Дипломний проект виконується в 8 етапів

Таблиця А.1 — Етапи дипломного проекту

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Форма звітності
1	Здійснення нагляду за РЧР України	15.04.24 – 20.04.24	Розділ 1.1
2	Найбільш поширені джерелла електромагнітних випромінювань	21.04.24 – 30.04.24	Розділ 1.2
3	Вимоги яким має відповідати система виявлення електромагнітних випромінювань	01.05.24 – 11.05.24	Розділ 1.3
4	Синтез типової конфігурації комплексу вимірювальної системи джерел електромагнітних випромінювань безпілотних повітряних платформ	12.05.21 – 15.05.24	Розділ 1.4
5	Розробка структурної схеми пеленгатора радіоканалу БПП	16.05.24 – 22.05.24	Розділ 2.1
6	Побудова та програмування забезпечення роботи пеленгатору	23.05.24 – 28.05.24	Розділ 2.2
7	Розробка вузла окремого стабілізованого елементу системи блоку живлення пеленгатору	29.05.24 – 01.06.24	Розділ 3.1
8	Розрахунок надійності побудова корпусу для друкованої плати блоку живлення	02.06.24 – 06.06.24	Розділ 3.2
9	Оформлення документації	06.06.24 – 10.06.24	Креслення і додатки

## 9. ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗАКІНЧЕННЯ ЕТАПІВ І ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ В ЦІЛОМУ

Матеріали, які являються проміжними, подаються в вигляді розділів дипломного проекту на перевірку в зазначені терміни. Після закінчення виконання дипломного проекту, цей проект представляється і захищається комісії.

Виконавець:

\_\_\_ Володимир Дубравський

Керівник:



Вячеслав ЧМЕЛЬОВ

## **Додаток Б**

Код пеленгатору

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-

#
# SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
#
# GNU Radio Python Flow Graph
# Title: Not titled yet
# GNU Radio version: v3.9.2.0-85-g08bb05c1

from distutils.version import StrictVersion

if __name__ == '__main__':
    import ctypes
    import sys
    if sys.platform.startswith('linux'):
        try:
            x11 = ctypes.cdll.LoadLibrary('libX11.so')
            x11.XInitThreads()
        except:
            print("Warning: failed to XInitThreads()")

from PyQt5 import Qt
from gnuradio import eng_notation
from gnuradio import qtgui
from gnuradio.filter import firdes
import sip
from gnuradio import analog
from gnuradio import audio
from gnuradio import blocks
```

```
from gnuradio import fft
from gnuradio.fft import window
from gnuradio import filter
from gnuradio import gr
import sys
import signal
from argparse import ArgumentParser
from gnuradio.eng_arg import eng_float, intx
from gnuradio.qtgui import Range, RangeWidget
from PyQt5 import QtCore
import osmosdr
import time
import test_epy_block_0 as epy_block_0 # embedded python block
import test_epy_module_0 as epy_module_0 # embedded python module
import threading

from gnuradio import qtgui

class test(gr.top_block, Qt.QWidget):

    def __init__(self):
        gr.top_block.__init__(self, "Not titled yet", catch_exceptions=True)
        Qt.QWidget.__init__(self)
        self.setWindowTitle("Not titled yet")
        qtgui.util.check_set_qss()
        try:
            self.setWindowIcon(Qt.QIcon.fromTheme('gnuradio-grc'))
        except:
            pass
        self.top_scroll_layout = Qt.QVBoxLayout()
```

```

self.setLayout(self.top_scroll_layout)
self.top_scroll = Qt.QScrollArea()
self.top_scroll.setFrameStyle(Qt.QFrame.NoFrame)
self.top_scroll_layout.addWidget(self.top_scroll)
self.top_scroll.setWidgetResizable(True)
self.top_widget = Qt.QWidget()
self.top_scroll.setWidget(self.top_widget)
self.top_layout = Qt.QVBoxLayout(self.top_widget)
self.top_grid_layout = Qt.QGridLayout()
self.top_layout.addLayout(self.top_grid_layout)

self.settings = Qt.QSettings("GNU Radio", "test")

try:
    if StrictVersion(Qt.qVersion()) < StrictVersion("5.0.0"):
        self.restoreGeometry(self.settings.value("geometry").toByteArray())
    else:
        self.restoreGeometry(self.settings.value("geometry"))
except:
    pass

#####
# Variables
#####
self.thr = thr = -73
self.samp_rate = samp_rate = 2.4e6
self.fun_prob_1 = fun_prob_1 = 0
self.freq = freq = 106
self.out = out = epy_module_0.detect(fun_prob_1 , samp_rate, thr, freq)
self.n_fft = n_fft = 2**11

```

```

self.freqmin = freqmin = freq-samp_rate/2/1e6
self.fch = fch = out[0]
self.variable_qtgui_label_0 = variable_qtgui_label_0 = int(((float(fch)-
freqmin)/(samp_rate/1e6))*n_fft)
self.transition = transition = 300e3
self.pos = pos = int(((float(fch)-freqmin)/(samp_rate/1e6))*n_fft)
self.gain = gain = 35
self.cutoff = cutoff = 150e3
self.channel_bw = channel_bw = 200e3
self.bw = bw = out[1]

#####
# Blocks
#####
self._thr_range = Range(-100, 0, 1, -73, 200)
self._thr_win = RangeWidget(self._thr_range, self.set_thr, 'Throshhold',
"counter_slider", float, QtCore.Qt.Horizontal)
self.top_grid_layout.addWidget(self._thr_win, 0, 1, 1, 1)
for r in range(0, 1):
    self.top_grid_layout.setRowStretch(r, 1)
for c in range(1, 2):
    self.top_grid_layout.setColumnStretch(c, 1)
self.prob_sig_vec = blocks.probe_signal_vf(n_fft)
self._gain_range = Range(0, 70, 1, 35, 200)
self._gain_win = RangeWidget(self._gain_range, self.set_gain, 'Gain',
"counter_slider", float, QtCore.Qt.Horizontal)
self.top_grid_layout.addWidget(self._gain_win, 0, 0, 1, 1)
for r in range(0, 1):
    self.top_grid_layout.setRowStretch(r, 1)
for c in range(0, 1):

```

```

        self.top_grid_layout.setColumnStretch(c, 1)
self._freq_range = Range(30, 200, 1, 106, 200)
self._freq_win = RangeWidget(self._freq_range, self.set_freq, 'Frequency',
"counter_slider", float, QtCore.Qt.Horizontal)
self.top_grid_layout.addWidget(self._freq_win, 2, 0, 1, 1)
for r in range(2, 3):
    self.top_grid_layout.setRowStretch(r, 1)
for c in range(0, 1):
    self.top_grid_layout.setColumnStretch(c, 1)
self._variable_qtgui_label_0_tool_bar = Qt.QToolBar(self)

if None:
    self._variable_qtgui_label_0_formatter = None
else:
    self._variable_qtgui_label_0_formatter = lambda x: eng_notation.num_to_str(x)

self._variable_qtgui_label_0_tool_bar.addWidget(Qt.QLabel('variable_qtgui_label_0'))
self._variable_qtgui_label_0_label =
Qt.QLabel(str(self._variable_qtgui_label_0_formatter(self.variable_qtgui_label_0)))
self._variable_qtgui_label_0_tool_bar.addWidget(self._variable_qtgui_label_0_label)
self.top_layout.addWidget(self._variable_qtgui_label_0_tool_bar)
self.rational_resampler_xxx_0 = filter.rational_resampler_ccc(
    interpolation=12,
    decimation=5,
    taps=[],
    fractional_bw=0)
self.qtgui_vector_sink_f_0 = qtgui.vector_sink_f(
    n_fft,
    freq_samp_rate/2/1e6,
    samp_rate/n_fft,

```

```

    "Freq in MHz",
    "PSD",
    "",
    3, # Number of inputs
    None # parent
)
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_update_time(0.10)
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_y_axis(-140, 10)
self.qtgui_vector_sink_f_0.enable_autoscale(False)
self.qtgui_vector_sink_f_0.enable_grid(False)
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_x_axis_units("")
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_y_axis_units("")
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_ref_level(0)

labels = ["", "", "", "", "",
          "", "", "", "", ""]
widths = [1, 1, 1, 1, 1,
          1, 1, 1, 1, 1]
colors = ["blue", "red", "green", "black", "cyan",
          "magenta", "yellow", "dark red", "dark green", "dark blue"]
alphas = [1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0,
          1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0]

for i in range(3):
    if len(labels[i]) == 0:
        self.qtgui_vector_sink_f_0.set_line_label(i, "Data {0}".format(i))
    else:
        self.qtgui_vector_sink_f_0.set_line_label(i, labels[i])
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_line_width(i, widths[i])
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_line_color(i, colors[i])

```

```
self.qtgui_vector_sink_f_0.set_line_alpha(i, alphas[i])
```

```
self._qtgui_vector_sink_f_0_win =
```

```
sip.wrapinstance(self.qtgui_vector_sink_f_0.pyqwidget(), Qt.QWidget)
```

```
self.top_grid_layout.addWidget(self._qtgui_vector_sink_f_0_win, 1, 0, 1, 2)
```

```
for r in range(1, 2):
```

```
    self.top_grid_layout.setRowStretch(r, 1)
```

```
for c in range(0, 2):
```

```
    self.top_grid_layout.setColumnStretch(c, 1)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0 = qtgui.freq_sink_c(
```

```
    n_fft, #size
```

```
    window.WIN_BLACKMAN_hARRIS, #wintype
```

```
    0, #fc
```

```
    samp_rate, #bw
```

```
    "", #name
```

```
    1,
```

```
    None # parent
```

```
)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_update_time(0.10)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_y_axis(-140, 10)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_y_label('Relative Gain', 'dB')
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_trigger_mode(qtgui.TRIG_MODE_FREE, 0.0, 0, "")
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.enable_autoscale(True)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.enable_grid(False)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_fft_average(1.0)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.enable_axis_labels(True)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.enable_control_panel(True)
```

```
self.qtgui_freq_sink_x_0.set_fft_window_normalized(False)
```

```
labels = ["", "", "", "", "",
```

```

    ", ", ", ", "]
widths = [1, 1, 1, 1, 1,
          1, 1, 1, 1, 1]
colors = ["blue", "red", "green", "black", "cyan",
          "magenta", "yellow", "dark red", "dark green", "dark blue"]
alphas = [1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0,
          1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0]

for i in range(1):
    if len(labels[i]) == 0:
        self.qtgui_freq_sink_x_0.set_line_label(i, "Data {0}".format(i))
    else:
        self.qtgui_freq_sink_x_0.set_line_label(i, labels[i])
    self.qtgui_freq_sink_x_0.set_line_width(i, widths[i])
    self.qtgui_freq_sink_x_0.set_line_color(i, colors[i])
    self.qtgui_freq_sink_x_0.set_line_alpha(i, alphas[i])

self._qtgui_freq_sink_x_0_win =
sip.wrapinstance(self.qtgui_freq_sink_x_0.pyqwidget(), Qt.QWidget)
self.top_grid_layout.addWidget(self._qtgui_freq_sink_x_0_win, 3, 0, 1, 2)
for r in range(3, 4):
    self.top_grid_layout.setRowStretch(r, 1)
for c in range(0, 2):
    self.top_grid_layout.setColumnStretch(c, 1)
self.osmosdr_source_0 = osmosdr.source(
    args="numchan=" + str(1) + " " + ""
)
self.osmosdr_source_0.set_time_unknown_pps(osmosdr.time_spec_t())
self.osmosdr_source_0.set_sample_rate(samp_rate)
self.osmosdr_source_0.set_center_freq(freq*1e6, 0)

```

```

self.osmosdr_source_0.set_freq_corr(0, 0)
self.osmosdr_source_0.set_dc_offset_mode(0, 0)
self.osmosdr_source_0.set_iq_balance_mode(0, 0)
self.osmosdr_source_0.set_gain_mode(False, 0)
self.osmosdr_source_0.set_gain(0, 0)
self.osmosdr_source_0.set_if_gain(gain, 0)
self.osmosdr_source_0.set_bb_gain(gain, 0)
self.osmosdr_source_0.set_antenna("", 0)
self.osmosdr_source_0.set_bandwidth(0, 0)
self.low_pass_filter_0 = filter.fir_filter_ccf(
    int(samp_rate/channel_bw),
    firdes.low_pass(
        1,
        samp_rate,
        cutoff,
        transition,
        window.WIN_BLACKMAN,
        6.76))
def _fun_prob_1_probe():
    while True:

        val = self.prob_sig_vec.level()
        try:
            try:
                self.doc.add_next_tick_callback(functools.partial(self.set_fun_prob_1,val))
            except AttributeError:
                self.set_fun_prob_1(val)
        except AttributeError:
            pass
        time.sleep(1.0 / (1))

```

```

_fun_prob_1_thread = threading.Thread(target=_fun_prob_1_probe)
_fun_prob_1_thread.daemon = True
_fun_prob_1_thread.start()
self.fft_vxx_0 = fft.fft_vcc(n_fft, True, window.blackmanharris(n_fft), True, 10)
self.epy_block_0 = epy_block_0.blk(pos_init=pos-bw//2, pos_end=pos+bw//2,
vec_len=n_fft)
self.blocks_throttle_0 = blocks.throttle(gr.sizeof_float*1, samp_rate,True)
self.blocks_stream_to_vector_1 = blocks.stream_to_vector(gr.sizeof_float*1, n_fft)
self.blocks_stream_to_vector_0 = blocks.stream_to_vector(gr.sizeof_gr_complex*1,
n_fft)
self.blocks_nlog10_ff_0 = blocks.nlog10_ff(10, n_fft, -100)
self.blocks_multiply_xx_0 = blocks.multiply_vcc(1)
self.blocks_multiply_const_vxx_1 = blocks.multiply_const_ff(1)
self.blocks_keep_one_in_n_0 = blocks.keep_one_in_n(gr.sizeof_gr_complex*n_fft,
int(round(samp_rate/n_fft/1000)))
self.blocks_integrate_xx_0 = blocks.integrate_ff(100, n_fft)
self.blocks_complex_to_mag_0 = blocks.complex_to_mag(n_fft)
self.audio_sink_0 = audio.sink(48000, "", True)
self.analog_wfm_rcv_0 = analog.wfm_rcv(
    quad_rate=480e3,
    audio_decimation=10,
)
self.analog_sig_source_x_0 = analog.sig_source_c(samp_rate,
analog.GR_COS_WAVE, 1e6, 1, 0, 0)
self.analog_const_source_x_0 = analog.sig_source_f(0, analog.GR_CONST_WAVE,
0, 0, thr)

#####
# Connections
#####

```

```
self.connect((self.analog_const_source_x_0, 0), (self.blocks_throttle_0, 0))
self.connect((self.analog_sig_source_x_0, 0), (self.blocks_multiply_xx_0, 1))
self.connect((self.analog_wfm_rcv_0, 0), (self.blocks_multiply_const_vxx_1, 0))
self.connect((self.blocks_complex_to_mag_0, 0), (self.blocks_integrate_xx_0, 0))
self.connect((self.blocks_integrate_xx_0, 0), (self.blocks_nlog10_ff_0, 0))
self.connect((self.blocks_keep_one_in_n_0, 0), (self.fft_vxx_0, 0))
self.connect((self.blocks_multiply_const_vxx_1, 0), (self.audio_sink_0, 0))
self.connect((self.blocks_multiply_xx_0, 0), (self.blocks_stream_to_vector_0, 0))
self.connect((self.blocks_multiply_xx_0, 0), (self.low_pass_filter_0, 0))
self.connect((self.blocks_multiply_xx_0, 0), (self.qtgui_freq_sink_x_0, 0))
self.connect((self.blocks_nlog10_ff_0, 0), (self.prob_sig_vec, 0))
self.connect((self.blocks_nlog10_ff_0, 0), (self.qtgui_vector_sink_f_0, 0))
self.connect((self.blocks_stream_to_vector_0, 0), (self.blocks_keep_one_in_n_0, 0))
self.connect((self.blocks_stream_to_vector_1, 0), (self.qtgui_vector_sink_f_0, 1))
self.connect((self.blocks_throttle_0, 0), (self.blocks_stream_to_vector_1, 0))
self.connect((self.epy_block_0, 0), (self.qtgui_vector_sink_f_0, 2))
self.connect((self.fft_vxx_0, 0), (self.blocks_complex_to_mag_0, 0))
self.connect((self.low_pass_filter_0, 0), (self.rational_resampler_xxx_0, 0))
self.connect((self.osmosdr_source_0, 0), (self.blocks_multiply_xx_0, 0))
self.connect((self.rational_resampler_xxx_0, 0), (self.analog_wfm_rcv_0, 0))
```

```
def closeEvent(self, event):
```

```
    self.settings = Qt.QSettings("GNU Radio", "test")
    self.settings.setValue("geometry", self.saveGeometry())
    self.stop()
    self.wait()
```

```
    event.accept()
```

```
def get_thr(self):
```

```
return self.thr
```

```
def set_thr(self, thr):
```

```
    self.thr = thr
```

```
    self.set_out(epy_module_0.detect(self.fun_prob_1 , self.samp_rate, self.thr,  
self.freq))
```

```
    self.analog_const_source_x_0.set_offset(self.thr)
```

```
def get_samp_rate(self):
```

```
    return self.samp_rate
```

```
def set_samp_rate(self, samp_rate):
```

```
    self.samp_rate = samp_rate
```

```
    self.set_freqmin(self.freq-self.samp_rate/2/1e6)
```

```
    self.set_out(epy_module_0.detect(self.fun_prob_1 , self.samp_rate, self.thr,  
self.freq))
```

```
    self.set_pos(int(((float(self.fch)-self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
```

```
    self.set_variable_qtgui_label_0(int(((float(self.fch)-  
self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
```

```
    self.analog_sig_source_x_0.set_sampling_freq(self.samp_rate)
```

```
    self.blocks_keep_one_in_n_0.set_n(int(round(self.samp_rate/self.n_fft/1000)))
```

```
    self.blocks_throttle_0.set_sample_rate(self.samp_rate)
```

```
    self.low_pass_filter_0.set_taps(firdes.low_pass(1, self.samp_rate, self.cutoff,  
self.transition, window.WIN_BLACKMAN, 6.76))
```

```
    self.osmosdr_source_0.set_sample_rate(self.samp_rate)
```

```
    self.qtgui_freq_sink_x_0.set_frequency_range(0, self.samp_rate)
```

```
    self.qtgui_vector_sink_f_0.set_x_axis(self.freq-self.samp_rate/2/1e6,  
self.samp_rate/self.n_fft)
```

```
def get_fun_prob_1(self):
```

```
return self.fun_prob_1
```

```
def set_fun_prob_1(self, fun_prob_1):  
    self.fun_prob_1 = fun_prob_1  
    self.set_out(epy_module_0.detect(self.fun_prob_1 , self.samp_rate, self.thr,  
self.freq))
```

```
def get_freq(self):  
    return self.freq
```

```
def set_freq(self, freq):  
    self.freq = freq  
    self.set_freqmin(self.freq-self.samp_rate/2/1e6)  
    self.set_out(epy_module_0.detect(self.fun_prob_1 , self.samp_rate, self.thr,  
self.freq))  
    self.osmosdr_source_0.set_center_freq(self.freq*1e6, 0)  
    self.qtgui_vector_sink_f_0.set_x_axis(self.freq-self.samp_rate/2/1e6,  
self.samp_rate/self.n_fft)
```

```
def get_out(self):  
    return self.out
```

```
def set_out(self, out):  
    self.out = out  
    self.set_bw(self.out[1])  
    self.set_fch(self.out[0])
```

```
def get_n_fft(self):  
    return self.n_fft
```

```
def set_n_fft(self, n_fft):
    self.n_fft = n_fft
    self.set_pos(int(((float(self.fch)-self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
    self.set_variable_qtgui_label_0(int(((float(self.fch)-
self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
    self.blocks_keep_one_in_n_0.set_n(int(round(self.samp_rate/self.n_fft/1000)))
    self.epy_block_0.vec_len = self.n_fft
    self.qtgui_vector_sink_f_0.set_x_axis(self.freq-self.samp_rate/2/1e6,
self.samp_rate/self.n_fft)
```

```
def get_freqmin(self):
    return self.freqmin
```

```
def set_freqmin(self, freqmin):
    self.freqmin = freqmin
    self.set_pos(int(((float(self.fch)-self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
    self.set_variable_qtgui_label_0(int(((float(self.fch)-
self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
```

```
def get_fch(self):
    return self.fch
```

```
def set_fch(self, fch):
    self.fch = fch
    self.set_pos(int(((float(self.fch)-self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
    self.set_variable_qtgui_label_0(int(((float(self.fch)-
self.freqmin)/(self.samp_rate/1e6))*self.n_fft))
```

```
def get_variable_qtgui_label_0(self):
    return self.variable_qtgui_label_0
```

```
def set_variable_qtgui_label_0(self, variable_qtgui_label_0):
    self.variable_qtgui_label_0 = variable_qtgui_label_0
    Qt.QMetaObject.invokeMethod(self._variable_qtgui_label_0_label, "setText",
Qt.Q_ARG("QString",
str(self._variable_qtgui_label_0_formatter(self.variable_qtgui_label_0))))
```

```
def get_transition(self):
    return self.transition
```

```
def set_transition(self, transition):
    self.transition = transition
    self.low_pass_filter_0.set_taps(firdes.low_pass(1, self.samp_rate, self.cutoff,
self.transition, window.WIN_BLACKMAN, 6.76))
```

```
def get_pos(self):
    return self.pos
```

```
def set_pos(self, pos):
    self.pos = pos
    self.epy_block_0.pos_end = self.pos+self.bw//2
    self.epy_block_0.pos_init = self.pos-self.bw//2
```

```
def get_gain(self):
    return self.gain
```

```
def set_gain(self, gain):
    self.gain = gain
    self.osmosdr_source_0.set_if_gain(self.gain, 0)
    self.osmosdr_source_0.set_bb_gain(self.gain, 0)
```

```
def get_cutoff(self):
```

```
    return self.cutoff
```

```
def set_cutoff(self, cutoff):
```

```
    self.cutoff = cutoff
```

```
    self.low_pass_filter_0.set_taps(firdes.low_pass(1, self.samp_rate, self.cutoff,  
self.transition, window.WIN_BLACKMAN, 6.76))
```

```
def get_channel_bw(self):
```

```
    return self.channel_bw
```

```
def set_channel_bw(self, channel_bw):
```

```
    self.channel_bw = channel_bw
```

```
def get_bw(self):
```

```
    return self.bw
```

```
def set_bw(self, bw):
```

```
    self.bw = bw
```

```
    self.epy_block_0.pos_end = self.pos+self.bw//2
```

```
    self.epy_block_0.pos_init = self.pos-self.bw//2
```

```
def main(top_block_cls=test, options=None):
```

```
if StrictVersion("4.5.0") <= StrictVersion(Qt.qVersion()) < StrictVersion("5.0.0"):
```

```
    style = gr.prefs().get_string('qtgui', 'style', 'raster')
```

```
    Qt.QApplication.setGraphicsSystem(style)
```

```
qapp = Qt.QApplication(sys.argv)
```

```
tb = top_block_cls()
```

```
tb.start()
```

```
tb.show()
```

```
def sig_handler(sig=None, frame=None):
```

```
    tb.stop()
```

```
    tb.wait()
```

```
    Qt.QApplication.quit()
```

```
signal.signal(signal.SIGINT, sig_handler)
```

```
signal.signal(signal.SIGTERM, sig_handler)
```

```
timer = Qt.QTimer()
```

```
timer.start(500)
```

```
timer.timeout.connect(lambda: None)
```

```
qapp.exec_()
```

```
if __name__ == '__main__':
```

```
    main()
```

## **Додаток В**

Специфікація макету



## Додаток Г

### Специфікація блоку живлення

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A2			РС-11.468332.002 СК	Складальний кресленник		
A3			РС-11.468332.002 ЕЗ	Схема електрична принципова		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	РС-11.385646.001	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A3		2	РС-11.732319.001	Корпус	1	
A3		3	РС-11.732319.002	Накривка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Гвинт М1.6 x 20 ISO 7045-1	4	

					<b>РС-11.468332.002</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Дудрайський В.І.				<b>Блок живлення</b>	Літер	Аркуш	Аркушів
Пров.							1	1
Т.конт						НТУУ "КПІ", РТФ, Гр. РС-п11		
Н.конт	Попсуй В.І.							
Затв.	Чмельов В.О.							

## **Додаток Д**

### **Перелік елементів**

Габаритні монтажні та приєднувальні розміри





## **Додаток Е**

Відомість дипломного проекту

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	РС-11.468332.001 ПЗ	Пояснювальна записка	50	
3	A3	РС-11.468332.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A4	РС-11.468332.001	Специфікація радіотехнічної системи виявлення каналу радіокерування безпілотних повітряних платформ	1	
5	A4	РС-11.468332.002	Специфікація блоку живлення	1	
6	A4	РС-11.468332.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
7	A3	РС-11.468332.001 Е1	Структурна схема	1	
8	A2	РС-11.468332.002 СК	Складальний кресленик	1	
9	A3	РС-11.732319.001	Корпус	1	
10	A3	РС-11.732319.002	Накривка	1	

				<b>ДП РС-11.468332.001</b>	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Дубравський В.І.			Лист	Листів
Керівн.	Чмельов В.О.			1	1
Консульт.				Відомість дипломного проєкту	
Н/контр.	Піддубний В.О.				
Зав.каф.					
				КПІ ім. Ізгоря Сікорського Каф. РТФ Гр. РС-п11	