

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

Спеціальність «Електронні системи»

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА НА ТЕМУ:

**Система живлення високочастотних ВУС і  
LNB на основі застосування універсального  
інжектора**

Завідувач кафедри

електроніки та комп'ютерної техніки

Керівник дипломного проекту

Консультант з економічної частини

Виконав студент

групи ЕС.мз – 01с

А. С. Опанасюк

А .І. Новгородцев

О. М. Маценко

Д.Г. Штанько

Суми 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Система живлення високочастотних BUC/LNB на основі застосування універсального інжектора» складається зі вступу, основної частини із чотирьох розділів, висновків, переліку літератури, додатків.

Загальний обсяг роботи становить 84 сторінок. Перелік списку літератури складається з 44 найменувань.

**Мета роботи** – аналіз особливостей розробки та практичної реалізації системи живлення високочастотних BUC/LNB.

**Об’єкт дослідження** – проектування системи живлення високочастотних BUC/LNB за допомогою універсального інжектора.

**Предмет дослідження** – особливості застосування засобів математичного моделювання для реалізації клієнт-орієнтованих систем на базі методів САПР.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Результати дослідження пропонують альтернативний метод застосування універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що дослідження ґрунтується на результатах поглибленого вивчення особливостей застосування універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB для засобів супутникового зв’язку.

**Ключові слова:** СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ, ІНЖЕКТОР, СУПУТНИКОВИЙ ЗВ’ЯЗОК, ПЕРЕДАВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ПРИЙМАЛЬНИЙ КОНВЕРТОР, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МОДЕЛІ BUC/LNB, ПРОГРАМУВАННЯ.

## ABSTRACT

This project on "High-frequency power supply BUC and LNB based on the use of a universal injector" consists of an introduction, the main part of four sections, conclusions, references, appendices.

The total volume of the work is 84 pages. The list of references consists of 44 items.

**The purpose of the work is** to analyze the peculiarities of the development and practical implementation of the high-frequency BUC / LNB power supply system.

**The object of research is** the design of a high-frequency BUC / LNB power supply system using a universal injector.

**The subject of research is** the peculiarities of the application of mathematical modeling tools for the implementation of customer-oriented systems based on DSS methods.

**Scientific novelty of the obtained results.** The results of the study offer an alternative method of using the universal DC injector in the process of developing a high-frequency power supply system BUC / LNB.

**The practical significance of** the obtained results is that the research is based on the results of in-depth study of the features of the universal DC injector in the development of high-frequency BUC / LNB power supply system for satellite communications.

**Keywords:** POWER SUPPLY SYSTEM, INJECTOR, SATELLITE COMMUNICATION, TRANSMISSION DEVICE, RECEIVING CONVERTER, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MODELS / MODELS BUC.

## ЗМІСТ

<b>СПИСОК СКОРОЧЕНЬ</b> .....	<b>6</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1.</b> .....	<b>10</b>
<b>ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> ....	<b>10</b>
<b>1.1 Загальна характеристика об’єкта дослідження</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2 Переваги та можливості сучасних рішень</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3 Постановка задачі дослідження</b> .....	<b>18</b>
<b>Висновки до розділу 1</b> .....	<b>19</b>
<b>РОЗДІЛ 2.</b> .....	<b>20</b>
<b>НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>2.1 Аналіз існуючих алгоритмів</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Підходи до проектування системи</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Аналіз елементів супутникового тракту LNB/BUC</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4 Роль опорного генератора сигналу в конверторах BUC\LNB</b> .....	<b>36</b>
<b>Висновки до розділу 2</b> .....	<b>38</b>
<b>РОЗДІЛ 3.</b> .....	<b>39</b>
<b>РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2 Розробка структурної схеми пристрою</b> .....	<b>40</b>
<b>Висновки до розділу 3</b> .....	<b>42</b>
<b>РОЗДІЛ 4.</b> .....	<b>43</b>
<b>РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1 Розробка та розрахунок основних вузлів принципової схеми</b> .....	<b>43</b>
<b>Висновки до розділу 4</b> .....	<b>53</b>

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Штанько Д.Г.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Новгородцев А. І.			6	84	
<i>Реценз.</i>					СумДУ ЕС. мз – 01с		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Опанасюк А.С.					
					Система живлення високочастотних BUC і LNB на основі застосування універсального інжектора <i>Пояснювальна записка</i>		

<b>РОЗДІЛ 5.....</b>	<b>54</b>
<b>КОНСТРУКТОРСЬКО ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 Розробка друкованої плати.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2 Виготовлення друкованої плати.....</b>	<b>58</b>
<b>5.3 Розробка корпусу приладу .....</b>	<b>60</b>
<b>5.4 Виготовлення корпусу приладу .....</b>	<b>62</b>
<b>Висновки до розділу 5.....</b>	<b>63</b>
<b>РОЗДІЛ 6.....</b>	<b>64</b>
<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>64</b>
<b>6.1 Загальна класифікація витрат на виробництві.....</b>	<b>64</b>
<b>6.2 Розрахунок повної собівартості пристрою.....</b>	<b>66</b>
<b>Висновки до розділу 6.....</b>	<b>74</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>75</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>79</b>

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АС – автоматизована система;  
ІТ – інтелектуальні інформаційні технології;  
ІТС – інформаційно-телекомунікаційна система;  
ПК – персональний комп'ютер;  
ПЧ – проміжна частота;  
САПР – система автоматизованого проектування;  
ССЗ – супутникові системи зв'язку;  
ТБ – телебачення;  
ЦУС – центр управління супутником;  
ВУС – пристрій для передачі сигналу на супутник;  
LNB – пристрій для прийому супутникового сигналу;  
ODU – зовнішній блок;  
IDU – внутрішній блок;  
HEMT – транзистор з високою рухливістю електронів;  
НВЧ – надвисокочастотні випромінювання;  
ІF – проміжна частота;  
VSAT – земна супутникова станція;  
MVDS – система розподілу мультимедійної інформації.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній стадії розвитку соціуму інформаційні технології стають невід'ємним атрибутом стрімкого зростання актуальності галузей наукової діяльності, що пов'язані з математичним проектуванням процесів. Створення реальних об'єктів дійсності здебільшого супроводжується значними складнощами, що формулюються вже на стадії постановки проблеми. Ці складнощі переважним чином є наслідком недосконалості обчислювальних методів та засобів їх реалізації.

Варто відмітити, що в умовах сучасних трансформаційних явищ кожного дня створюється все більше компаній. В своїй діяльності вони повсякчас використовують сучасні інтелектуальні інформаційні технології (ІТ), які є основою функціонування інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) підприємства. Для оптимізації процесів виробничої діяльності такі структури зацікавлені в тому, щоб якомога більше підвищити ефективність функціонування власної системи інформаційного зв'язку.

Супутникові системи зв'язку (ССЗ) відомі давно, і використовуються для передачі різних сигналів на протяжні відстані. З моменту своєї появи супутниковий зв'язок стрімко розвивався, і в міру накопичення досвіду, вдосконалення апаратури, розвитку методів передачі сигналів відбувся перехід від окремих ліній супутникового зв'язку до локальних і глобальних систем.

Слід зазначити, що сучасні системи кабельного, ефірного та супутникового телевізійного мовлення є різновидом інфокомунікацій, які відіграють важливу роль в житті людини та розвитку суспільства. На даний момент інформація має статус одного з найважливіших стратегічних ресурсів, що має бути своєчасно доставлена до широкого кола користувачів. Таким чином, забезпечення кінцевого користувача якісними послугами, зокрема телевізійним контентом, є головною метою провайдера цих послуг.

Водночас обсяги інформації постійно зростають. Наразі вона має цінність тільки в тому випадку, якщо доступна користувачам, незважаючи на її віддаленість від місця і давність появи. З цього твердження випливає необхідність передачі, зберігання, запам'ятовування її на відстані. Це стосується також територій, в яких щільність населення є незначною.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Крім того, всередині країни можуть бути райони зі складним рельєфом місцевості, наприклад гори, де лінії електропередачі економічно не вигідні або навіть неможлива їх прокладка. Унеможливує встановлення в цих регіонах потужних телевізійних центрів з великою зоною покриття, що є недоцільним.

Альтернативою цим системам телевізійного мовлення є малопотужні системи з відносно невеликою зоною покриття, які, зі свого боку, мають низьку вартість і потребують невеликих капіталовкладень для свого розгортання. В першу чергу завданням цих систем – забезпечити якісне багатопрограмне телебачення для жителів цих місцевостей. Джерелами телевізійних програм для мовників ними також можуть бути телевізійні центри, лінії радіо релейного зв'язку місцеві студії, супутникові системи для передачі відео і аудіо сигналів, інтернету. Головним елементом таких систем є приймальне обладнання, в складі якого є приймальні конвертори – LNB, а в складі передавального обладнання є передавальні пристрої – BUC. Для живлення цих елементів використовують інжектори постійного струму.

Виходячи з вищенаведеного, наше дослідження особливостей розробки та практичного застосування систему живлення високочастотних BUC/LNB на базі інжектора постійного струму є актуальним.

**Мета дослідження** - аналіз особливостей розробки та практичної реалізації системи живлення високочастотних BUC/LNB.

**Завдання дослідження:**

1. проаналізувати теоретичні засади дослідження технологій супутникового зв'язку, їх будову та принципи функціонування;
2. визначити можливості та переваги функціонування сучасних ІТС;
3. дослідити алгоритм створення універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB;
4. спроектувати та впровадити систему живлення високочастотних BUC/LNB на базі інжектора постійного струму та перевірити її ефективність;
5. розробити методичні рекомендації щодо використання універсального інжектору струму для підвищення ефективності функціонування ІТС в заданих умовах.

**Об'єкт дослідження** – проектування системи живлення високочастотних BUC/LNB за допомогою універсального інжектора.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



**Предмет дослідження** – особливості застосування засобів математичного моделювання для реалізації клієнт-орієнтованих систем на базі методів САПР.

**Методи дослідження:** методи системного аналізу; аналіз наукової літератури; спостереження; абстрагування; узагальнення.

**Теоретично- інформаційну базу дослідження** склали праці таких науковців, як О. Абілов, В. Антонюк, В. Бабак, В. Бурячок, Г. Бордовський, Є. Гребенюк, М. Гук, В. Єфімушкін, В. Карякін, В. Комашинський, О. Лотов, Л. Невдяєв, П. Нортон, В. Оліфер, О. Серов, В. Терехов, І. Чорноруцький, Л. Ясницький та інших.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Результати дослідження пропонують альтернативний метод застосування універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що дослідження ґрунтується на результатах поглибленого вивчення особливостей застосування універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB для засобів супутникового зв'язку.

**Структура роботи.** Дипломна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літератури, додатків. Загальний обсяг роботи становить 84 сторінок. Перелік джерел посилення складається із 44 найменувань.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Загальна характеристика об'єкта дослідження

Супутникові системи зв'язку (ССЗ) відомі давно, і використовуються для передачі різних сигналів на протяжні відстані. З моменту своєї появи супутниковий зв'язок стрімко розвивається, і в міру накопичення досвіду, вдосконалення апаратури, розвитку методів передачі сигналів відбувається перехід від окремих ліній супутникового зв'язку до локальних і глобальних систем [29].

Варто зазначити, що такі темпи розвитку ССЗ пояснюються рядом переваг, якими вони володіють. До них, зокрема, відносяться наступні:

- велика пропускна здатність,
- необмежене перекриття простору,
- висока якість і надійність каналів зв'язку.

Це ті переваги, які надають широкі можливості ССЗ, роблять її унікальною та ефективною.

На даний час ССЗ є основним видом міжнародного і національного зв'язку на великі і середні відстані.

Використання штучних супутників Землі для організації зв'язку продовжує розширюватися у міру розвитку існуючих мереж зв'язку. Багато країн створюють власні національні мережі супутникового зв'язку.

У нашій країні створюється єдина автоматизована система зв'язку. Для цього розвиваються, удосконалюються і знаходять нові сфери застосування різні технічні засоби.

Супутниковий зв'язок - один з видів радіозв'язку, заснований на використанні штучних супутників Землі в якості ретрансляторів. Він здійснюється між земними станціями, які можуть бути як стаціонарними, так і рухливими.

Супутниковий зв'язок є розвитком традиційної радіорелейного зв'язку шляхом винесення ретранслятора на дуже велику висоту (від сотень до десятків тисяч км).

Оскільки зона його видимості в цьому випадку - майже половина Земної кулі, то необхідність в ланцюжку ретрансляторів відпадає. Для передачі через супутник сигнал повинен бути модельованим.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуляція виробляється на земній станції. Модульований сигнал посилюється, переноситься на потрібну частоту і надходить на передавальну антенну [15].

Потрібно додати, що у перші роки досліджень використовувалися пасивні супутникові ретранслятори, які представляли собою простий відбивач радіосигналу (часто - металева або полімерна сфера з металевим напиленням), що не мав відповідного обладнання.

Такі супутники не набули поширення. Всі сучасні супутники зв'язку є активними.

Активні ретранслятори обладнані електронною апаратурою для прийому, обробки, посилення і ретрансляції сигналу. Супутникові ретранслятори можуть бути нерегенеративного і регенеративного типу.

Нерегенеративний супутник, прийнявши сигнал від однієї земної станції, переносить його на іншу частоту, підсилює і передає іншій земної станції.

Супутник може використовувати кілька незалежних каналів, що здійснюють ці операції, кожен з яких працює з певною частиною спектра (ці канали обробки називаються транспондерами).

Регенеративний супутник виробляє демодуляцію прийнятого сигналу і заново модулює його. Завдяки цьому виправлення помилок здійснюється двічі: на супутнику і на приймаючій земної станції [1].

Недолік цього методу - складність (а значить, набагато більш висока ціна супутника), а також збільшена затримка передачі сигналу.

Орбіти, на яких розміщуються супутникові ретранслятори, підрозділяють на три класи: екваторіальні, похилі та полярні.

При використанні похилих орбіт земні станції обладнуються системами стеження, що здійснюють наведення антени на супутник.

Станції, що працюють з супутниками, що знаходяться на геостаціонарній орбіті, як правило, також обладнуються такими системами, щоб компенсувати відхилення від ідеальної геостаціонарної орбіти.

Виняток становлять невеликі антени, що використовуються для прийому супутникового ТБ: їх діаграма спрямованості досить широка, тому вони не відчувають коливань супутника біля ідеальної точки.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Особливістю більшості систем рухомого супутникового зв'язку є маленький розмір антени терміналу, що ускладнює прийом сигналу.

Розглянемо типову схему організації послуг супутникового зв'язку [1].

1. Оператор супутникового сегмента створює за рахунок власних коштів супутник зв'язку, розміщуючи замовлення на виготовлення супутника у одного з виробників супутників, і здійснює його запуск і обслуговування.

Після виведення супутника на орбіту оператор супутникового сегмента починає надання послуг по задачі в оренду частотного ресурсу супутника-ретранслятора компаніям-операторам послуг супутникового зв'язку.

2. Компанія-оператор послуг супутникового зв'язку укладає договір з оператором супутникового сегмента на використання (оренду) ємностей на супутнику зв'язку, використовуючи його в якості ретранслятора з великою територією обслуговування. Оператор послуг супутникового зв'язку вибудовує наземну інфраструктуру своєї мережі на певній технологічній платформі, що випускається компаніями-виробниками наземного обладнання для супутникового зв'язку.

Сферами застосування супутникового зв'язку є [5]:

1. Магістральний супутниковий зв'язок. Спочатку виникнення супутникового зв'язку було продиктовано потребами передачі великих обсягів інформації.

З плином часу частка передачі мови в загальному обсязі магістрального трафіку постійно знижувалася, поступаючись місцем передачі даних.

З розвитком волоконно-оптичних мереж останні почали витісняти супутниковий зв'язок з ринку магістрального зв'язку.

Системи VSAT : VSAT (скор. від англ. Very Small Aperture Terminal) - мала супутникова земна станція, тобто термінал супутникового зв'язку з антеною невеликого розміру.

Технологія використовується з початку 1990-х років.

За сучасною класифікацією до VSAT відносяться абонентські супутникові станції з антенами діаметром менше 2,5 м, типовими вважаються розміри від 1,8 до 2,4 м у С -діапазоні, від 0,9 до 1,8 м у Ku-діапазоні та до 1-1,2 м у Ka-діапазоні.

Для станцій з антенами розміром десятки сантиметрів, що застосовуються на мобільних супутникових станціях, іноді використовується назва «мікро-VSAT». Назва VSAT застосовується до станцій, оснащеними як

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

дзеркальними антенами («тарілками»), і антенами ґратами аналогічної апаратури.

Як правило, для VSAT застосовується спрощена процедура отримання дозволів використання частот.

VSAT складається з двох основних частин, а саме [9]:

- антенного поста, що встановлюється поза приміщенням, що включає антену і приймальний блок (англ. ODU, OutDoor Unit - зовнішній блок),
- супутникового модему (англ. IDU, InDoor Unit - внутрішній блок).

Приюмопередавальне обладнання (ODU) встановлюється на опромінювачі у фокусі антени та передає та приймає через супутник модульовані радіосигнали.

До складу ODU входять напівпровідниковий підсилювач (SSPB, BUC), зазвичай невеликої потужності, до 2-3 Ватт, хоча може бути і більше, і малошумний приймальний підсилювач-конвертер (LNB).

LNB і BUC з'єднуються з опромінювачем через поляризаційний селектор. Вони приймають і передають сигнал в ортогональних один одному поляризаціях (вертикальній та горизонтальній для лінійної, лівої та правої для кругової — залежно від супутника, що використовується).

Зовнішній блок може входити до складу ODU або поставлятися з антеною. Зовнішній блок та модем з'єднуються коаксіальними кабелями з роз'ємами типу F або N (рис.1.1).

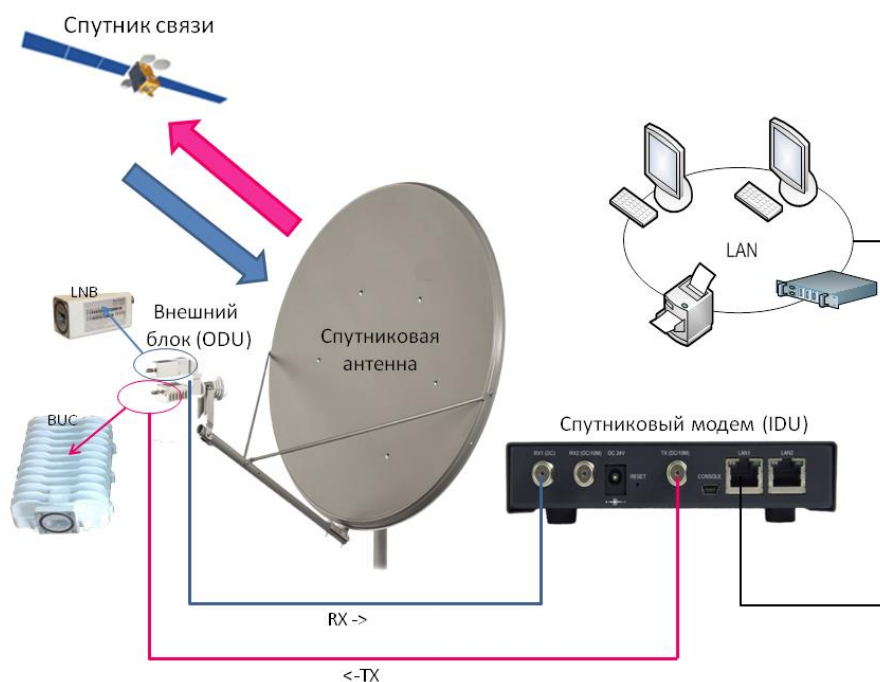


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд станції VSAT

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. Системи рухомого супутникового зв'язку. Особливістю більшості систем рухомого супутникового зв'язку є маленький розмір антени терміналу, що ускладнює прийом сигналу.

Принцип організації супутникового зв'язку VSAT наступний.

Основний елемент супутникової мережі VSAT - ЦУС.

Саме він забезпечує доступ клієнтського обладнання з мережі інтернет, телефонної мережі загального користування, іншим терміналам мережі VSAT, реалізує обмін трафіком всередині корпоративної мережі клієнта [9].

ЦУС має широкопasmове підключення до магістральних каналів зв'язку, що надаються магістральними операторами і забезпечує передачу інформації від віддаленого VSAT-терміналу в зовнішній світ.

Мережа супутникового зв'язку на базі VSAT включає три основні елементи: центральна земна станція (при необхідності), супутник-ретранслятор і абонентські VSAT-термінали (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Принцип організації супутникового зв'язку VSAT

Центральна земна станція в мережі супутникового зв'язку виконує функції центрального вузла та забезпечує управління роботою всієї мережі, перерозподіл її ресурсів, виявлення несправностей, тарифікацію послуг мережі та поєднання з наземними лініями зв'язку.

Зазвичай ЦУС встановлюється у вузлі мережі, який припадає найбільший трафік.

Це може бути, наприклад, головний офіс або обчислювальний центр компанії в корпоративних мережах, або велике місто в регіональній мережі.

Абонентський VSAT-термінал зазвичай включає антенно-фідерний пристрій, зовнішній зовнішній радіочастотний блок і внутрішній блок (модем). Зовнішній блок є невеликим приймачем або приймачем [13].

Внутрішній блок забезпечує пару супутникового каналу з термінальним обладнанням користувача (комп'ютер, сервер ЛВС, телефон, факс).

Супутники-ретранслятори мережі VSAT будуються з урахуванням геостаціонарних супутників зв'язку.

Це дозволяє максимально спрощувати конструкцію абонентських терміналів та постачати їх простими фіксованими антенами без системи стеження за супутником.

Супутник приймає сигнал від земної станції, посилює його і спрямовує назад Землю. Найважливішими характеристиками супутника є потужність бортових передавачів та кількість радіочастотних каналів (стволів або транспондерів) на ньому.

Для забезпечення роботи через малогабаритні абонентські станції типу VSAT потрібні передавачі з вихідною потужністю близько 40 Вт.

Сучасні VSAT працюють, як правило, у Ku-діапазоні частот 11/14 ГГц (одне значення частоти на прийом, інше – на передачу); Існують також системи, що використовують C-діапазон 4/6 ГГц, також зараз освоюється Ka-діапазон 18/30 ГГц.

Прийомо-передавальна апаратура та антенно-фідерний пристрій зазвичай будуються на базі стандартного обладнання, що є на ринку.

Вартість визначається розмірами антени та потужністю передавача, які суттєво залежать від технічних характеристик використовуваного супутника-ретранслятора. Для забезпечення надійності зв'язку апаратура зазвичай має 100% резервування [11].

Каналоутворююча апаратура забезпечує формування супутникових радіоканалів та стиковку їх із наземними лініями зв'язку.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 1.2 Переваги та можливості сучасних рішень

Супутниковий зв'язок володіє найважливішими перевагами, необхідними для побудови великомасштабних телекомунікаційних мереж.

По-перше, з її допомогою можна досить швидко сформувати мережеву інфраструктуру, що охоплює велику територію і не залежну від наявності або стану наземних каналів зв'язку.

По-друге, використання сучасних технологій доступу до ресурсу супутникових ретрансляторів і можливість доставки інформації практично необмеженого числа споживачів одночасно значно знижують витрати на експлуатацію мережі.

Ці гідності супутникового зв'язку роблять її вельми привабливою і високоефективною навіть в регіонах з добре розвиненими наземними телекомунікаціями.

Кожен із постачальників систем супутникового зв'язку застосовує свої оригінальні рішення цієї частини ЦУС, що часто виключає можливість використовуватиме побудови мережі апаратуру та абонентські станції інших фірм.

Зазвичай ця підсистема будується за модульним принципом, що дозволяє у міру зростання трафіку та кількості абонентських станцій у мережі легко додавати нові блоки для збільшення її пропускної спроможності.

Сучасний VSAT забезпечує отримання інформації власником VSAT зі швидкістю до 4 Мбіт/с (у режимі мультикаст до 30 Мбіт/с) та передачу інформації до 1-2 Мбіт/с.

Сучасні абонентські VSAT-термінали мають один і більше портів Ethernet та вбудовані функції маршрутизатора.

Деякі моделі за допомогою розширення можуть оснащуватися 1-4 телефонними портами.

Технології, які використовуються в супутникового зв'язку, такі:

- Батократне використання частот в супутникового зв'язку. Оскільки радіочастоти є обмеженим ресурсом, необхідно забезпечити можливість використання одних і тих же частот різними земними станціями. Зробити це можна двома способами [33]:

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



1. просторовий поділ - кожна антена супутника приймає сигнал лише з певного району, при цьому різні райони можуть використовувати одні і ті ж частоти.

2. поляризаційний поділ - різні антени приймають і передають сигнал у взаємно перпендикулярних площинах поляризації, при цьому одні і ті ж частоти можуть застосовуватися два рази (для кожної з площин).

- Частотні діапазони.

Вибір частоти для передачі даних від земної станції до супутника і від супутника до земної станції не є довільним. Від частоти залежить, наприклад, поглинання радіохвиль в атмосфері, а також необхідні розміри передавальної і приймальної антен.

Частоти, на яких відбувається передача від земної станції до супутника, відрізняються від частот, які використовуються для передачі від супутника до земної станції (як правило, перші вище).

Ku-діапазон дозволяє виробляти прийом порівняно невеликими антенами, і тому використовується в супутниковому телебаченні (DVB), незважаючи на те, що в цьому діапазоні погодні умови істотно впливають на якість передачі.

Для передачі даних великими користувачами (організаціями) часто застосовується C-діапазон.

Це забезпечує більш високу якість прийому, але вимагає досить великих розмірів антени [37].

- Модуляція та кодування.

Особливістю супутникових систем зв'язку є необхідність працювати в умовах порівняно низького відношення сигнал / шум, викликаного декількома факторами:

- значною віддаленістю приймача від передавача,
- обмеженою потужністю супутника.

Супутниковий зв'язок погано підходить для передачі аналогових сигналів. Тому для передачі мови її попередньо оцифровують, використовуючи імпульсно-кодову модуляцію.

Для передачі цифрових даних по супутниковому каналу зв'язку вони повинні бути спочатку перетворені в радіосигнал, який займає певний частотний діапазон.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього застосовується модуляція (цифрова модуляція називається також маніпуляцією).

Через низьку потужності сигналу виникає необхідність в системах виправлення помилок. Для цього застосовуються різні схеми завадостійкого кодування, найчастіше різні варіанти згортальних кодів, а також турбо-коди.

Супутникове ТБ - це послуга, яка доставляє телепрограми глядачам, ретранслюючи з супутника зв'язку, що обертається навколо Землі, безпосередньо до місця перебування глядача [21].

Сигнали приймаються через зовнішню параболічну антену, зазвичай звану супутниковою тарілкою, і малошумний блоковий понижувальний перетворювач.

Потім супутниковий ресивер декодує бажану програму для перегляду на телевізорі.

Ресивери можуть бути зовнішніми приставками або вбудованим телевізійним тюнером.

Супутникове ТБ надає широкий спектр каналів та послуг. Зазвичай це єдине ТБ, доступне у багатьох віддалених географічних районах, без наземного або кабельного телебачення.

Отже, сучасні організації характеризуються великим обсягом різноманітної інформації, в основному електронної та телекомунікаційної, яка проходить через них кожен день. Тому важливо мати високоякісний вихід на комутаційні вузли, які забезпечують вихід на всі важливі комунікаційні лінії.

В Україні, де відстані між населеними пунктами величезні, а якість наземних ліній залишає бажати кращого, оптимальним вирішенням цього питання є застосування систем супутникового зв'язку (ССЗ).

### 1.3 Постановка задачі дослідження

Метою роботи є розробка системи живлення високочастотних BUC/LNB за допомогою універсального інжектора. У відповідності до мети ставимо наступні задачі:

- проаналізувати теоретичні засади дослідження технологій супутникового зв'язку, їх будову та принципи функціонування;
- визначити можливості та переваги функціонування сучасних ІТС;

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дослідити алгоритм створення універсального інжектору постійного струму в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB;
- спроектувати та впровадити систему живлення високочастотних BUC/LNB на базі інжектора постійного струму та перевірити її ефективність;
- розробити методичні рекомендації щодо використання універсального інжектору струму для підвищення ефективності функціонування ІТК в заданих умовах.

### Висновки до розділу 1

Підсумовуючи перший розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Визначено, темпи розвитку ССЗ пояснюються рядом переваг, якими вони володіють. До них, зокрема, відносяться наступні:
  - велика пропускна здатність,
  - необмежене перекриття простору,
  - висока якість і надійність каналів зв'язку.
2. Охарактеризовано переваги та можливості сучасних рішень.
3. Окреслено задачі дослідження.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз існуючих алгоритмів

Для того, щоб забезпечити функціонування обладнання ІТС, слід мати такі компоненти:

#### 1. Зовнішній блок (ODU).

На дальньому кінці зовнішнього блоку зазвичай знаходиться невелика антена, що відображає радіоантена тарілчастого типу. Антена VSAT також повинна мати безперешкодний огляд неба для забезпечення прямої видимості супутника.

Для забезпечення правильної настройки антени на супутнику використовуються чотири налаштування фізичних характеристик: азимут, кут місця, поляризація та перекіс.

Комбінація цих налаштувань дає зовнішньому блоку LOS для вибраного супутника і уможливорює передачу даних [29].

Ці параметри зазвичай встановлюються під час установки обладнання разом із призначенням променя (К а тільки -діапазон); всі ці кроки повинні бути здійснені до фактичного включення служби.

Компоненти передачі та прийому зазвичай встановлюються в центральній точці антени, яка приймає/відправляє дані із супутника/на супутник.

Основні частини:

- Подача - цей вузол є частиною ланцюга прийому та передачі VSAT, що складається з декількох компонентів з різними функціями, включаючи рупор на передній панелі пристрою, який нагадує вирву та призначений для фокусування супутникових мікрохвильових сигналів через поверхню дзеркала тарілки. Рупорний рупор приймає сигнали, відбиті від поверхні антени, і передає вихідні сигнали на супутник.

- Блоковий перетворювач з підвищенням частоти (BUC) - цей блок знаходиться за рупором і може бути частиною того ж блоку, але більший (більш потужний) BUC може бути окремою деталлю, прикріпленою до основи антени.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Його завдання - перетворити сигнал від модему на більш високу частоту і посилити його, перш ніж він відіб'ється від антени і попрямує до супутника.

- Малошумний блоковий понижувальний перетворювач (LNB) - це приймальний елемент терміналу.

Завдання LNB - посилити супутниковий радіосигнал, що приймається, що відображається від тарілки, і відфільтрувати шум, тобто будь-який сигнал, що не несе достовірної інформації.

LNB передає посилений відфільтрований сигнал на супутниковий модем розташування користувача.

- Внутрішній блок (IDU).

Супутниковий модем служить інтерфейсом між зовнішнім блоком та обладнанням, що надається замовником (наприклад, ПК, маршрутизатор), та керує супутниковою передачею та прийомом [20].

Від пристрою, що відправляє (ПК, маршрутизатора) він отримує вхідний потік бітів і перетворює або модулює його в радіохвилі, змінюючи порядок вхідних передач, що називається демодуляцією.

Він забезпечує два типи підключення [18]:

- Коаксіальний кабель для підключення до супутникової антени.  
- Підключення до комп'ютера через Ethernet, передача пакетів даних клієнта на сервери Інтернет-контенту та назад.

Супутникові модеми споживчого рівня зазвичай використовують телекомунікаційний стандарт DOCSIS чи WiMAX зв'язку з призначеним шлюзом.

## 2.2 Підходи до проектування системи

Широке застосування в ІТС, а особливо у ССЗ, набули прилади інжектори живлення. Принцип роботи полягає в інжекції постійного струму або напруги в радіочастотні ланцюги при цьому постійна складова, що вводиться, не впливає на радіочастотний сигнал, що передається по основному тракту передачі.

Ця технологія отримала назву трійник зміщення (Biastee).

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це трипортова мережа, яка використовується для встановлення точки зміщення постійного струму деяких електронних компонентів тим самим не заважаючи іншим компонентам.

На рис. 2.1-2.3 приведені еквівалентна схема зміщення, електрична схема та схема відклику по часу даної системи. Ця схема дозволяє об'єднувати / розділяти постійний та змінний струм.

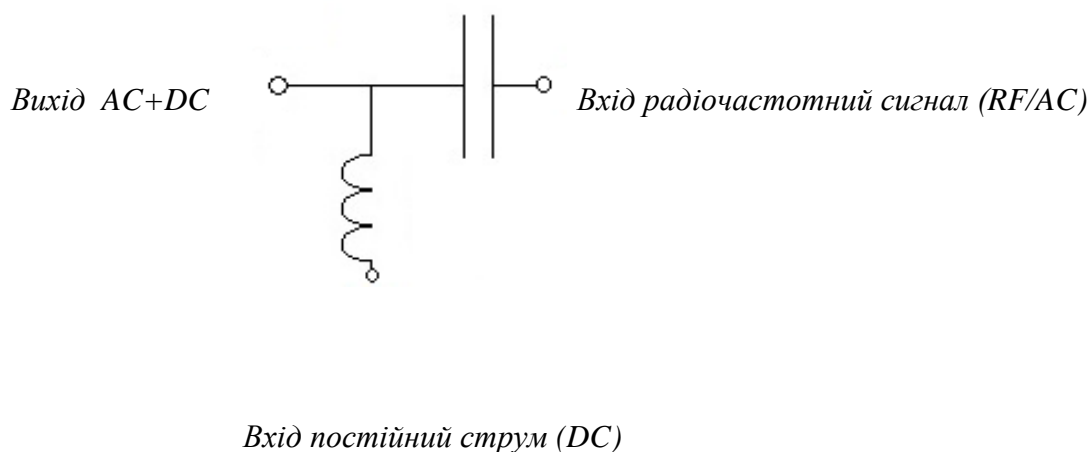


Рисунок 2.1 - Еквівалентна схема зміщення інжектору живлення

Принцип роботи полягає в тому, щоб об'єднати в одному коаксіальному кабелі низькочастотний сигнал (постійний струм) і високочастотний сигнал (змінний струм).

Для прикладу трійники зміщення використовують, коли треба забезпечити радіочастотний сигнал та живлення якогось віддаленого пристрою (антени).

Тим самим не потрібно буде використовувати два окремих кабелі : один для живлення, а другий - для передачі сигналу. Можна буде обійтися одним кабелем.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

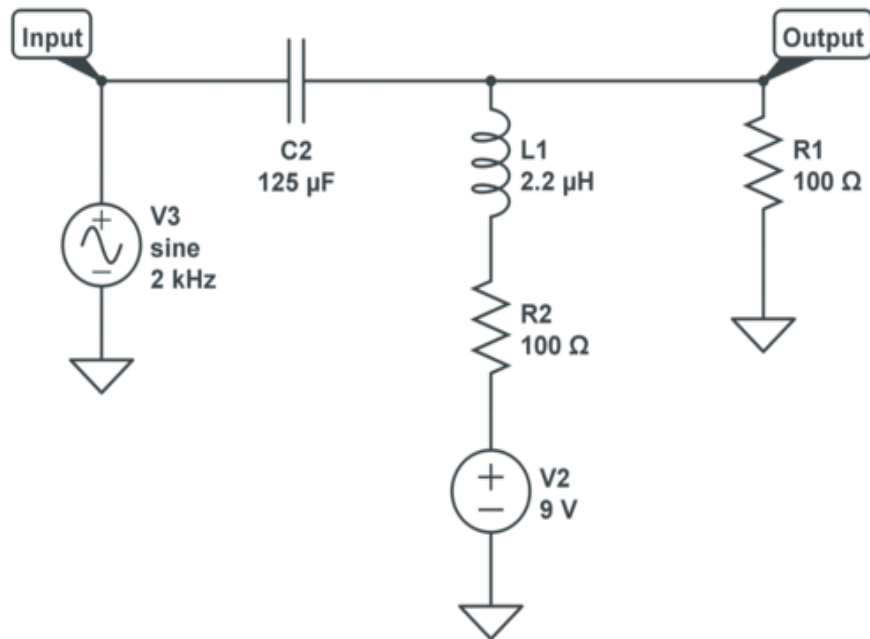


Рисунок 2.2 – Типова електрична схема зміщення

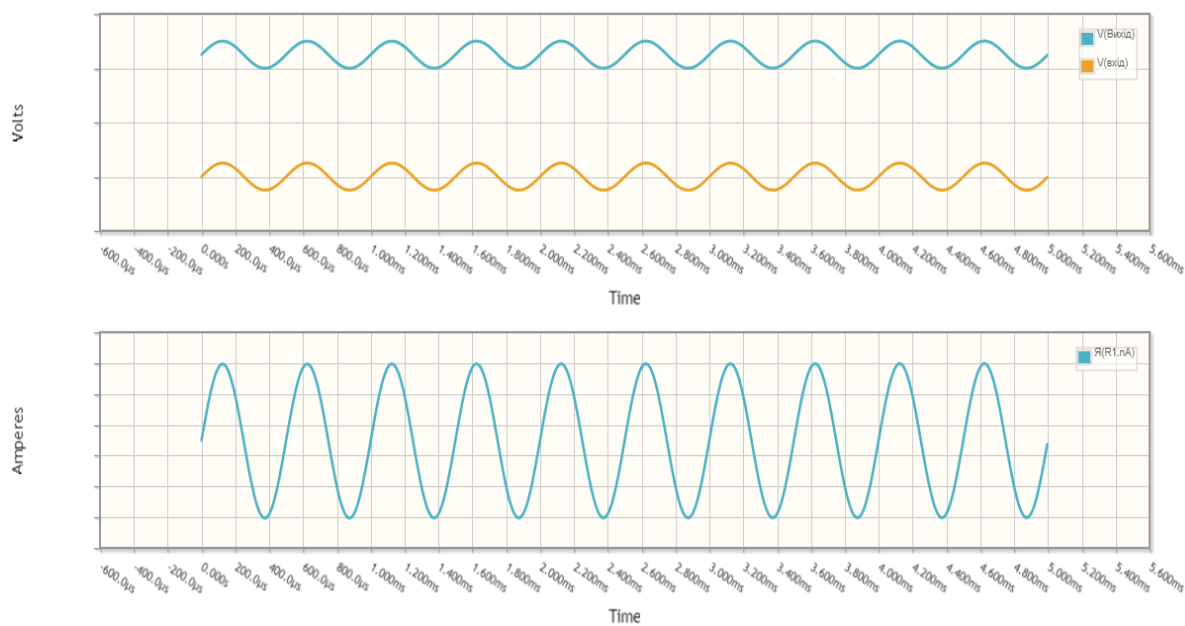


Рисунок 2.3 – Схема відклику по часу зміщення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для процесу проектування нашої системи розглянемо також багатоточкові системи розподілу телевізійних каналів типу MVDS .

MVDS – це технологія бездротового високошвидкісного розподілу мультимедійної інформації, яка є в свою чергу є аналогом класичного кабельного ТБ, але є безпроводною.

Вона подібна до супутникової системи, але сам ретранслятор сигналу знаходиться на землі тобто трансляція сигналу відбувається з головної антени вишки [18].

У багатьох випадках цей спосіб передачі теле – та радіопрограм має свої переваги перед наведеними вище технологіями.

Так, наприклад приймальні антени можуть бути значно менші супутникових, тому що потужність MVDS – сигналу набагато більше, ніж сигнал від супутника.

Ширина даного частотного діапазону залежить від стандарту цифрового телевізійного мовлення.

Основні параметри системи MVDS приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Параметри системи MVDS

Параметри	MVDS
Діапазон робочих частот, ГГц.	3,4 – 4,2 / 10,0 – 13,5
Стандарти мовлення	DVB – S / S2, DVB – T/C
Типи модуляції	QPSK, 8PSK, 16APSK
Зона покриття одним передавачем	до 50 км.
Кількість ділянок повторювача без регенератора	3
Кількість ділянок повторювача з регенератором	необмежена
Діапазони частот	C / X / Ku / Ka / K

За своєю суттю MVDS - це стільникова система передачі інформації для фіксованих абонентів на основі радіоканалу міліметрового діапазону хвиль. За принципом своєї організації MVDS копіює принцип організації мережі в мобільного стільникового зв'язку.

Для покриття певної території це зазвичай міста, де розгортається мережа антенн, в центрі кожної з яких встановлюється базова станція.



Одна базова станція дозволяє охопити район у вигляді кола (в реальності - це багатокутник) з радіусом в декілька кілометрів і підключити декілька тисяч абонентських станцій.

Самі базові станції об'єднуються один з одним високошвидкісними наземними каналами зв'язку або радіоканалами[41].

Система, в свою чергу, має три основні частини [18]:

- головну станцію,
- радіо- релейну лінію зв'язку,
- ретранслятор.

На рисунку 2.4 представимо основний принцип побудови системи MVDS.

1. Джерелом сигналу може бути супутник, наземні станції телевізійного зв'язку, кабелі.

2. Професійний приймач IRD ( DVB – S, DVB – S2, DVB – T, DVB – C) в залежності від конфігурації має 8 або 16 тюнерів для прийому сигналу (каналів), Він дешифрує сигнал, який можна передати на вихід ASI для подальшої передачі телесигналу через коаксіальний кабель. Має RF- входи для підключення до телевізора.

3. Пристрої для прийому сигналів: CVBS, SDI, HDMI, IP та їх кодування в транспортні потоки ASI/IP – потрібен для передачі декількох потоків відео і аудіо які стиснуті у формат MPEG – 4 або MPEG – 2.

4. Модулятор – потрібний для формування високочастотного телевізійного сигналу з формату: MPEG– 4 або MPEG– 2 у формат:DVB – S, DVB – S2для подальшої роздачі на один або декілька телевізійних приймачів.

5. Активний суматор, потрібний для вирівнювання спектру носійних тобто регулювання вихідного підсилення кожного каналу.

6. Пасивний подільник – призначений для ділення 8 незалежних носійних радіочастотного спектру у діапазон частот L-band 950 – 2150 МГц.

7. Інжектор живлення призначений для введення в радіочастотний кабельний тракт напругу живлення.

8. Блок живлення 24 вольт.

9. Блок – конвертор, пристрій для передачі сигналу, передавач.

10. Антена, яка направлена для мовлення і ретрансляції сигналу.

Працює в діапазоні Ku - (10.7 — 12.75 ГГц).

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**11.** Лінія зв'язку використовується для передачі сигналу на великі відстані у складних умовах місцевості, де кабельне з'єднання складне або відсутнє.

**12.** Ретранслятор зв'язку, який з'єднує два або більше радіопередавачів, віддалених один від одного на великі відстані.

**13.** Блок конвертер, пристрій для приймання сигналу.

Для того, щоб організувати якісну бездротову передачу даних, потрібні спеціальні приймачі та передавачі для , які можна замовити додатково.

Це спеціалізовані пристрої, що працюють у комплексі з антенами.

Приймачі та передавачі Ku-Band забезпечують модуляцію та демодуляцію даних, що отримуються або надсилаються в режимі пакетної передачі даних.

Устаткування призначене для роботи з усіма типами радіосигналів, забезпечуючи користувачів надійним каналом зв'язку високої швидкості через супутник.

Основні характеристики приймачів [34]:

- діапазон робочих частот - Ku-Band (107-1275 ГГц);
- невеликі розміри та вага;
- вологозахисний та атмосферостійкий корпус;
- надійна елементна база та висока стабільність навіть у разі потужних грозових розрядів;
- всі моделі добре працюють у широкому діапазоні температур від -40 до +60 градусів.

Отже, інжектори живлення наразі досить популярні. Принцип роботи полягає в інжекції постійного струму або напруги в радіочастотні ланцюги при цьому постійна складова, що вводиться, не впливає на радіочастотний сигнал, що передається по основному тракту передачі.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

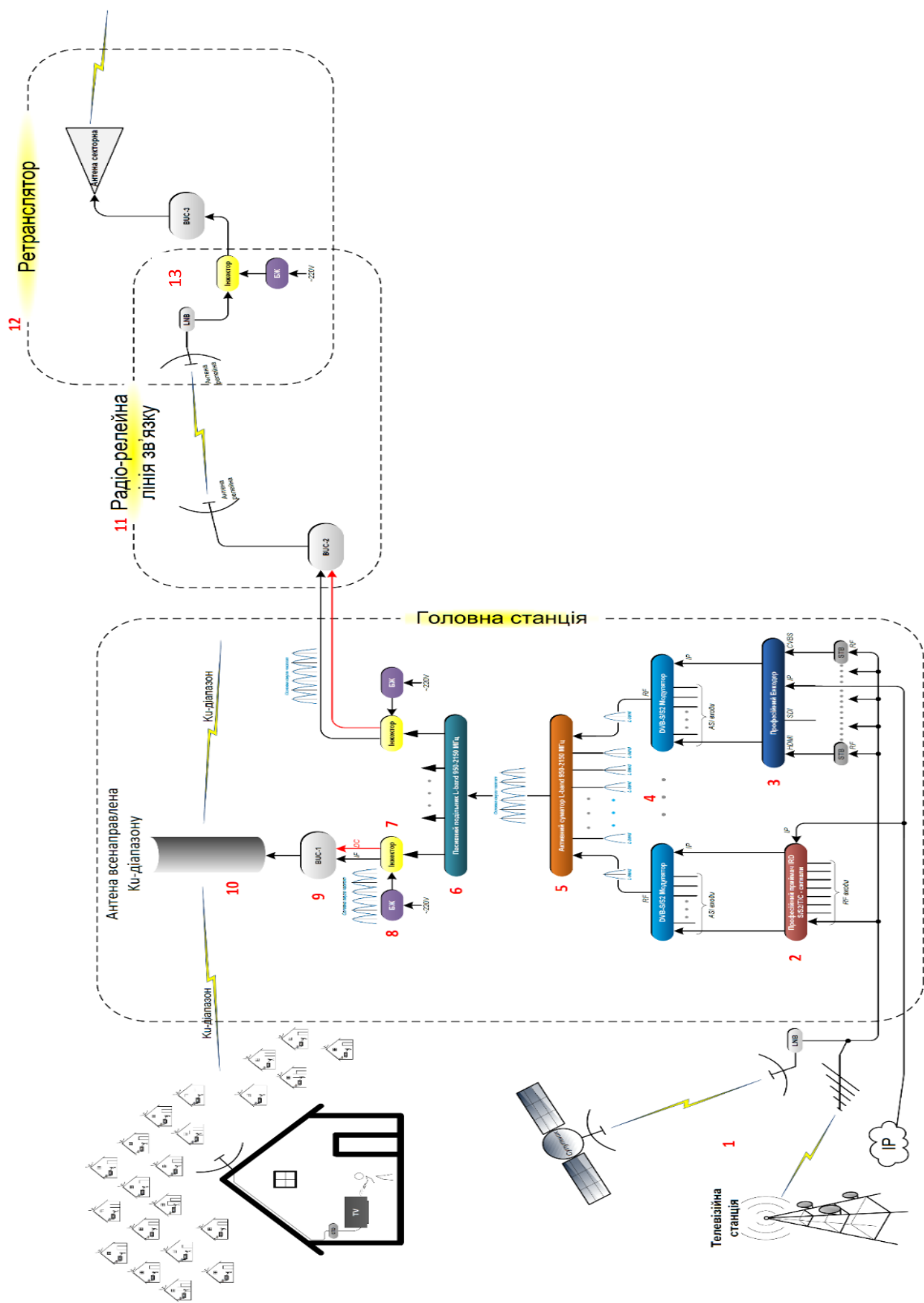


Рисунок 2.4 - Основний принцип побудови системи MVDS

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.3 Аналіз елементів супутникового тракту LNB/BUC

Оснoву супутникового тракту становить моноблок, встановлений у фокусі супутникової антени. Найчастіше цей моноблок називають конвертером. Насправді ж, конвертер - це, спрощено кажучи, схема живлення, що входить до складу цього моноблока, складова його частина.

Нехай навіть конвертер - головна частина, а решта елементи її обслуговують.

Супутниковий конвертер - це малошумний конвертер-моноблок. Він являє собою приймальний пристрій, що об'єднує в собі:

- Посилювач сигналу LNA (Low-Noise Amplifier), прийнятого з супутника;
- Понижуючий конвертер (Downconverter), він же гетеродин (стабілізоване джерело високої частоти, що виробляє синусоїдальний сигнал), служить для перетворення частоти електромагнітної хвилі Ku- або C-діапазону в проміжну частоту від 950 до 2150 МГц, звану L-діапазоном, з метою передачі з найменшими втратами по коаксіальному кабелю до споживача (моноблок)

Розглянемо структура супутникового тракту.

Прийнятий супутниковою антеною сигнал фокусується в одну точку.

Цю точку називають фокусною точкою або фокусом параболічної антени.

Саме в неї і встановлюють приймач сигналу - приймаючу головку[42].

Конвертери раніше випускаються як окремо, так і з вбудованим поляризатором. Але зараз ці пристрої монтується з конвертером в єдину конструкцію і розміщуються у фокусі антени. В цьому випадку виходить приймаюча головка.

Комбінований варіант, як правило, зустрічається з офсетним опромінювачем.

Це пов'язано з тим, що подібні конструкції орієнтовані на використання в індивідуальних системах з невеликими офсетними антенами.

Опромінювач - слабонаправлений антена, яка встановлена у фокусі параболічного відбивача, покликана передати прийняту антеною енергію по хвилеводу до конвертера.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опромінювач встановлюється до конвертера для більш повного використання поверхні дзеркала і реалізації максимального коефіцієнта посилення антени [29].

Розглянемо принцип дії опромінювача. Відбитий параболічної антеною сигнал йде на опромінювач.

У його конструкції передбачені три металеві кільця для кращої фокусування електромагнітних хвиль і забезпечення більш вузької діаграми спрямованості антени.

Опромінювачами параболічних антен служать [34]:

- рупори;
- щілинні антени;
- спіралі;
- діелектричні антени.

До опромінювача пред'являються певні вимоги:

- діаграма спрямованості повинна бути симетричною відносно осі і без бічних пелюсток;
- опромінювач не повинен сильно затінювати параболічну антену, так як це призводить до спотворення її діаграми спрямованості і до зниження коефіцієнта використання поверхні параболоїда обертання.

Найбільш простими є опромінювачі у вигляді відкритого кінця хвилеводу прямокутного або круглого перетину.

Залежно від типу антен приймають головки діляться на три групи [38]:

1. для прямофокусних антен - конвертери з інтегрованим прямофокусним опромінювачем;
2. для офсетних антен - конвертери з інтегрованим офсетним опромінювачем;
3. фланцеві конвертери, до яких приєднується окремий опромінювач під будь-який тип антен).

Розглянемо два основні елементи супутникового тракту:

- Приймач або малошумний блок-конвертор LNB;
- Передавач або підсилювач потужності із вбудованим перетворювачем частоти «вгору» BUC.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ринку активного супутникового обладнання, зокрема приймально-передаючих модулів BUC і LNB можна виділити наступні вендори: NJRC, Norsat, GeoSat Microwave.

Компанія NJRC (New Japan Radio Co., Ltd) є піонером на ринку виробників професійних конверторів. NJRC випускає високостабільні конвертери PLL-LNB із внутрішньою або зовнішньою опорною частотою 10 МГц і одночасно перекриває весь Ku-діапазон (10,7-12,75 ГГц), що спрощує процес експлуатації (рис 2.5).



Рисунок 2.5 - Задній вид на LNB з лінійною поляризацією

Одним із плюсів приймачів LNB є міцний та якісно виконаний корпус конвертора. Герметичність корпусу запобігає осіданню конденсату на внутрішніх елементах.

Конвертори LNB NJRC мають компактні розміри, низький рівень шумового коефіцієнта (загалом 0,7 дБ).

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На практиці LNB NJRC демонструють високу температурну стабільність, так як виробником реалізовано захист від збоїв синхронізації частоти та догляду параметрів при зміні температурних умов експлуатації.

Варто зазначити, що конвертори LNB від NJRC є універсальними для застосування, оскільки забезпечує повну сумісність із переважною більшістю супутникових платформ на території України, тривалий час працюють у жорстких температурних умовах до  $-40^{\circ}$ , мають невисоку ціну.

В роботі конвертер NJRC посилює сигнал приблизно на 15-20% і здатний приймати канали передач, що працюють на межі зриву в дощову і похмуру погоду. Підсилювачі BUC від NJRC будуть найкращим рішенням, якщо вам необхідно вибрати компактний корпус для пересувних супутникових станцій.

Головним плюсом моделей BUC серій NJT8304 є насамперед високий ККД, і низька споживана потужність дорівнює 28Вт, що гарантує економічність використання. А мініатюрні розміри та корпус типу Slim Size дозволять без будь-яких проблем розмістити BUC на антені та зменшити втрати у хвилеводних трактах.

Підсилювач потужності BUC від GeoSat Microwave побудовані на базі технології нітриду галію (GaN) і мають істотні переваги в порівнянні з традиційним обладнанням, виконаним на лампах хвилі, що біжить, або на основі арсеніду галію (GaAs).

Підсилювачі BUC стабільно працюють з високою вихідною потужністю (150 Вт, 200 Вт) на центральних станціях супутникового зв'язку за суворих умов [19].

Компанія Norsat є провідним виробником супутникового та телекомунікаційного обладнання. Конвертори LNB Norsat працюють у більшості приймальних антенних постів супутникових операторів зв'язку України.

Конвертори PLL LNB із внутрішньою та із зовнішньою опорною частотою 10 МГц підходять для будівництва супутникових каналів за технологією SCPC.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гетеродин у складі конверторів Norsat відрізняється:

1. Високою температурною стабільністю - близько  $\pm 10$  кГц, що забезпечує велику точність і підвищену чутливість сигналу;

2. Низьким шумовим коефіцієнтом - близько 0,7 дБ, що дозволить використовувати антену меншого діаметра прийому якісного сигналу.

3. Підсилювачі ВUC від Norsat завдяки повнорозмірному радіатору здатні забезпечити якісне розсіювання тепла та охолодження корпусу під час роботи на повну потужність. Кожен підсилювальний модуль оснащений мікроконтролером для віддаленого контролю та керування через послідовний порт (RS485) або Ethernet.

Слід додати, що блок-перетворювач для підвищення частоти (ВUC) використовується в передачі (висхідної лінії зв'язку) із супутникових сигналів.

Він перетворює діапазон частот з нижчою частоти в більш високу частоту.

ВUC зазвичай використовуються разом з малошумливими блоковими перетворювачами (LNB).

ВUC, будучи пристроєм перетворення з підвищенням частоти, становить «передаючу» сторону системи, тоді як LNB є пристроєм перетворення зі зниженням частоти і становить сторону «прийому» [12].

Прикладом системи, яка використовує як ВUC, так і LNB, є система VSAT, яка використовується для двонаправленого доступу до Інтернету через супутник.

Блоковий перетворювач з підвищенням частоти - це пристрій у формі блоку, зібраний з LNB у поєднанні з ОМТ, перетворювачем ортогонального режиму рупорного рупора, який звернений до параболічної тарілки відбивача.

Це відрізняється від інших типів перетворювачів частоти з підвищенням частоти, які можуть бути встановлені у стійці у приміщенні або не поєднані з тарілкою (рис. 2.6).

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34





Рисунок. 2.6 - ВУС: блоковий перетворювач з підвищенням частоти

Блок з низьким рівнем шуму знижуючий перетворювач (конвертор) є приймальний пристрій монтується на супутникових антен, що використовуються для супутникового ТВ прийому, який збирає радіохвилі від тарілки і перетворює їх на сигнал, який посиляється через кабель до приймача всередині будівлі.

Також називається малошумний блок, з низьким рівнем шуму перетворювача (ЛНК), або навіть з низьким рівнем шуму знижуючий (LND), LNB є комбінацією малошумного підсилювача, частотного змішувача, гетеродина і підсилювача ПЧ.

Він служить вхідним РЧ-приймачем супутникового приймача, приймаючи мікрохвильовий сигнал із супутника, зібраний тарілкою, посилює його і перетворює блок частот зі зниженням частоти на нижній блок ПЧ.

Це перетворення зі зниженням частоти дозволяє передавати сигнал на внутрішній супутниковий ТВ-приймач із використанням відносно дешевого коаксіального кабелю; якщо сигнал залишиться на своїй вихідній

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікрохвильовій частоті, знадобиться дорога та непрактична хвилеводна лінія [29].

LNB зазвичай є невеликою коробкою, підвешеною на одній або декількох коротких стрілах або важелях подачі, перед відбивачем тарілки, в її фокусі (хоча в деяких конструкціях тарілок LNB знаходиться на відбивачі або за ним).

Мікрохвильовий сигнал від антени вловлюється рупором на конвертері і подається до секції хвилеводу.

Один або кілька металевих штирів або зондів виступають у хвилевід під прямим кутом косі і діють як антени, подаючи сигнал на друковану плату всередині екранованої коробки конвертера для обробки.

Вихідний сигнал ПЧ нижчої частоти виходить із гнізда на коробці, якого підключається коаксіальний кабель.

LNB отримує живлення від приймача або телевізійної приставки, використовуючи той самий коаксіальний кабель, який передає сигнали від LNB до приймача. Це фантомне живлення передається LNB; навпаки сигналів від конвертера (рис. 2.7).



Рисунок - 2.7 - LNB у розібраному вигляді

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Хвиля, що несе НВЧ - кінці сигналу в отворі в центрі, де для цього LNB два штифти виступають як антена (для двох різних поляризацій).

Сигнал, який приймається LNB, дуже слабкий, і його необхідно посилити перед перетворенням зі зниженням частоти.

Малошумний підсилювач розділ LNB посилює цей слабкий сигнал при додаванні мінімально можливої кількості шуму до сигналу.

Якість LNB з низьким рівнем шуму виражається як коефіцієнт шуму (або іноді шумова температура).

Це відношення сигнал/шум на вході, поділений на відношення сигнал/шум на виході. Зазвичай це значення виявляється у децибелах (дБ).

Ідеальний LNB, фактично ідеальний підсилювач, мав би коефіцієнт шуму 0 дБ і не додавав шуму до сигналу [27].

Кожен LNB містить деякі гучні, але розумні методи проектування, дорогі високопродуктивні малошумливі компоненти, такі як НЕМТ, і навіть індивідуальне налаштування. LNB після виготовлення може зменшити частину шуму, що вноситься компонентами LNB.

Активне охолодження до дуже низьких температур також допоможе знизити рівень шуму і часто використовується в наукових дослідженнях.

Кожен LNB з виробничої лінії має інший коефіцієнт шуму через виробничі допуски.

Коефіцієнт шуму, зазначений у технічних характеристиках, важливий для визначення придатності LNB, зазвичай не є репрезентативним ні для цього конкретного LNB, ні для продуктивності в усьому частотному діапазоні, оскільки найчастіше зазначений коефіцієнт шуму є типовим значенням, усередненим виробничої партії.

Мета LNB - використовувати принцип супергетеродина, щоб взяти блок (або смугу) щодо високих частот і перетворити їх на аналогічні сигнали, що передаються на набагато нижчій частоті (проміжною частотою або ПЧ).

Ці нижчі частоти проходять через кабелі з набагато меншим загасанням, тому на кінці кабелю супутникового приймача залишається набагато більше сигналу [26].

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 2.4 Роль опорного генератора сигналу в конверторах ВUC\LNB

Опорні генератори сигналу використовуються у високостабільних конверторах, будуються, як синтезатор частоти з автопідстроюванням за зразковим джерелом.

Для зразкового сигналу використовується сигнал із частотою 10МГц. Стабільність частоти опорного генератора залежить від джерела зразкового сигналу[43].

Конвертори є з внутрішньою та зовнішньою синхронізацією.

До внутрішньої синхронізації належить той тип конвертора який має власний термостатований або термокомпенсований кварцевий генератор, який використовується як джерело зразкової частоти. Стабільність опорної частоти конвертора із внутрішньою синхронізацією може становити від +/- 2 кГц до +/- 500 кГц, це залежить від моделі.

До зовнішньої синхронізації належить той тип конвертора в якого немає власного джерела зразкової частоти. В якості такого джерела використовується зовнішній генератор. Сигнал із зовнішнього генератора зразкової частоти подається по тому кабелю, яким передається сигнал від конвертора.

У свою чергу генератори перетворення частоти поділяються на три типи:

Перший тип де частота перетворювача визначається автономним генератором визначаючим елементом якого є діелектричний резонатор, як елемент, який визначає частоту, для отримання сигналів з чудовою стабільністю, високою добротністю та низьким фазовим шумом, називається генератором діелектричного резонатора (DRO) складається з порожнистої закритої металевої трубки, яка проявляє резонансну поведінку при збудженні електромагнітним полем.

Резонансна частота залежить від фізичних розмірів використовуваного діелектричного матеріалу його форми. DRO зазвичай конструюються з використанням матеріалів з низькими втратами та високою діелектричною проникністю, щоб гарантувати, що більша частина електромагнітних полів утримуватиметься в діелектричному середовищі.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Частота цих генераторів зазвичай фіксована, але невелика механічна або електричне налаштування може бути досягнуте за допомогою гвинта, який самоблокується або вбудованого варакторного діода.

Другий тип, де частота генератора перетворення LNB визначається внутрішнім розташованим кварцевим генератором із температурною компенсацією та цифровою схемою фазової автосинхронізації.

Третій тип із зовнішньою опорою. В цьому випадку генератор розташований за межами LNB і зазвичай сигнал від генератора проходить через коаксіальний кабель який з'єднує LNB з приймачем. За передачу цього опорного сигналу на LNB відповідає супутниковий приймач. Зазвичай опорна частота становить 10 МГц.

Різні типи та смуги частот цифрових сигналів вимагають LNB з різною стабільністю частоти для забезпечення оптимальних характеристик приймача.

Широкополосний сигнал, такий як телевізійне мовлення MPEG – 2 потребує LNB з низькочастотною вибірковістю, тому що сигнал, що передається, займає досить широку смугу пропускання і налаштування приймача може бути ширше.

В свою чергу у вузько смуговому радіомовленні використовується дуже вузький сигнал, який вимагає PLL високостабільного типу щоб приймач міг відстежувати сигнал[44].

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки до розділу 2

Підсумовуючи другий розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Окреслено, що компоненти передачі та прийому зазвичай встановлюються в центральній точці антени, яка приймає/відправляє дані із супутника/на супутник.

- Блоковий перетворювач з підвищенням частоти (BUC) - цей блок знаходиться за рупором і може бути частиною того ж блоку, але більший (більш потужний) BUC може бути окремою деталлю, прикріпленою до основи антени. Його завдання - перетворити сигнал від модему на більш високу частоту і посилити його, перш ніж він відіб'ється від антени і попрямує до супутника.

- Малошумний блоковий понижувальний перетворювач (LNB) - це приймальний елемент терміналу.

Завдання LNB - посилити супутниковий радіосигнал, що приймається, що відображається від тарілки, і відфільтрувати шум, тобто будь-який сигнал, що не несе достовірної інформації. LNB передає посилений відфільтрований сигнал на супутниковий модем розташування користувача.

2. Проаналізовано, що широке застосування в ІТС, а особливо у ССЗ, набули прилади інжектори живлення. Принцип роботи полягає в інжекції постійного струму або напруги в радіочастотні ланцюги при цьому постійна складова, що вводиться, не впливає на радіочастотний сигнал, що передається по основному тракту передачі. Ця технологія отримала назву трійник зміщення (Biastee).

Досліджено, що MVDS – це технологія бездротового високошвидкісного розподілу мультимедійної інформації, яка є в свою чергу є аналогом класичного кабельного ТБ, але є безпроводною.

3. Розглянута роль опорного генератора частоти в конверторах. Які існують типи генераторів опорного сигналу. Та який варіант опорного генератора краще вибрати.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ LNB/VUC НА БАЗІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ІНЖЕКТОРА

#### 3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою

Пристрій, який розробляється в дипломному проекті, - це інжектор, який дозволить використовувати коаксіальний кабель для живлення постійним струмом LNB/VUC та одночасної передачі високостабільного опорного сигналу від опорного генератора 10 МГц.

Для цього було розроблено схему алгоритму. Основні пункти алгоритму роботи пристрою представлені на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Алгоритм роботи пристрою

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як показано на блок – схемі, алгоритм роботи пристрою лінійний та складається з таких пунктів:

1. Підключення пристрою до джерела постійного струму 24 вольт.
2. Увімкнення пристрою.
3. Запуск генератора опорного сигналу (живлення від понижуючого стабілізатора).
4. Живлення проходить разом з опорним сигналом на LNB/BUC, тим самим вмикає їх.

### 3.2 Розробка структурної схеми пристрою

Для реалізації алгоритму роботи, були спроектовані необхідні функціональні блоки, приведені в структурній схемі (рис. 3.2).

Структурна схема буде включати в себе такі блоки:

- захист від переполюсування, реалізовано на р – канальному польовому транзисторі;
- понижуючий перетворювач постійної напруги з 24 В до 7 В. Потрібний для живлення стабілізатора. Реалізований на мікросхемі MP2456GJ;
- лінійний стабілізатор напруги з 7 В до 5 В. Потрібний для живлення, опорного генератора та операційного підсилювача;
- опорний генератор з опорною частотою на 10 МГц для стабілізації роботи високочастотних приладів у нашому випадку, це LNB/BUC;
- Операційний підсилювач для посилення опорного сигналу 10 МГц. Реалізований на LTC6229HME.
- Смугові фільтри для LNB/BUC. Пропускає сигнали в діапазоні 950-2150 МГц. (L – діапазон).
- Блок інжекції живлення та опорного сигналу. Реалізований на фільтрах низьких частот.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



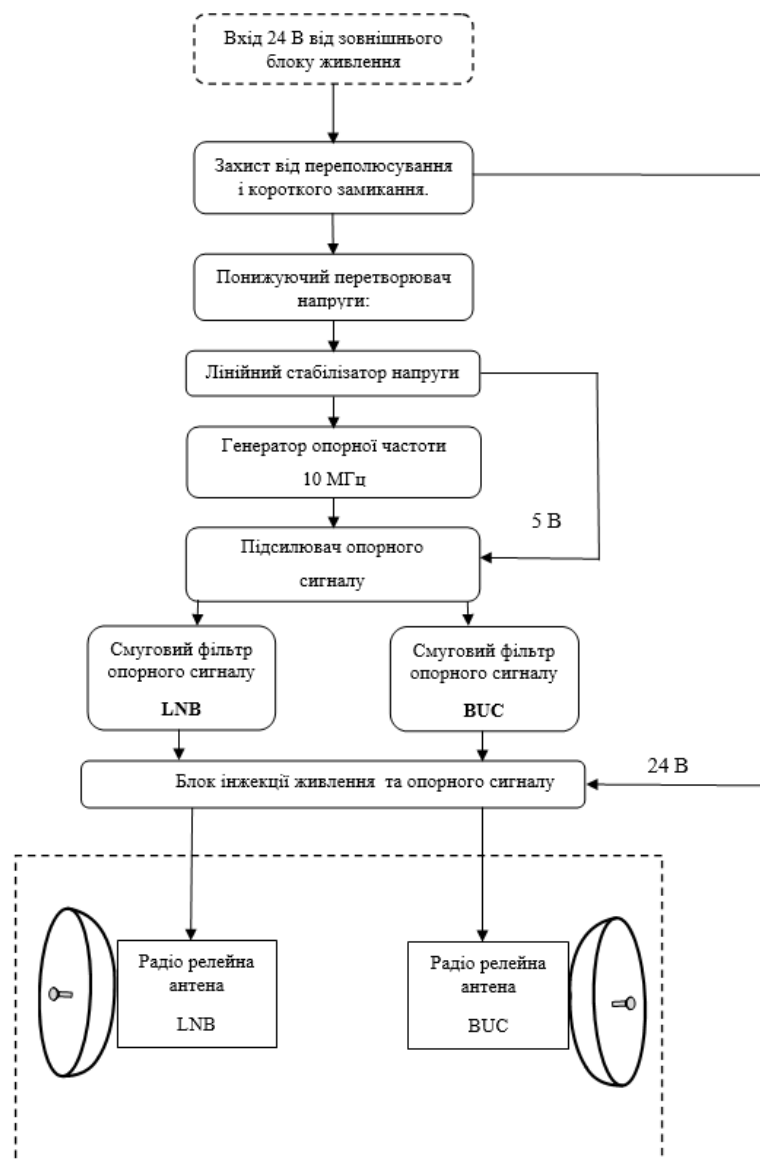


Рисунок 3.2. - Структурна схема роботи пристрою

### Висновки до розділу 3

Підсумовуючи третій розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Розроблено схему алгоритму роботи проектованого пристрою.
2. Розроблено структурну схему роботи проектованого пристрою.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.

### 4.1 Розробка та розрахунок основних вузлів принципової схеми

#### Обґрунтування вибору елементів захисту від переполюсування на транзисторі

Проведемо аналіз схеми захисту на польовому транзисторі. На рис. 4.1 представлена схема від переполюсування пристрою. На вході схеми стоїть захисний діод (супресор) VD1 – SMBG48A. Він захищає прилад від імпульсної перенапруги. По даташиту для даного діода пік становить 58,9 В. Принцип роботи, коли амплітуда електричного імпульсу перевищить напругу по паспорту то діод перейде в режим лавинного пробую. А саме, обмежить імпульс напруги до нормального а надлишок піде через діод на землю ( корпус приладу). На рисунку 4.2. Головний елементом схеми є р – канальний польовий транзистор DMP6023LE.

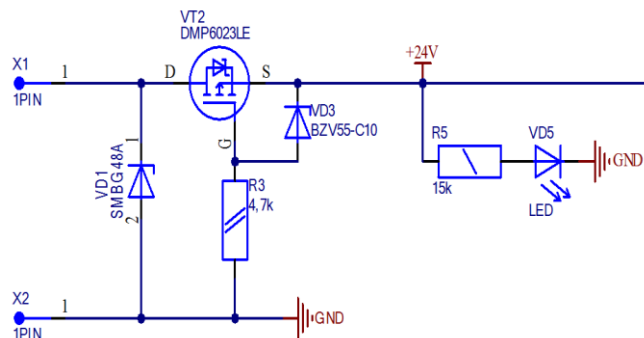


Рисунок 4.1 - Схема від переполюсування пристрою

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

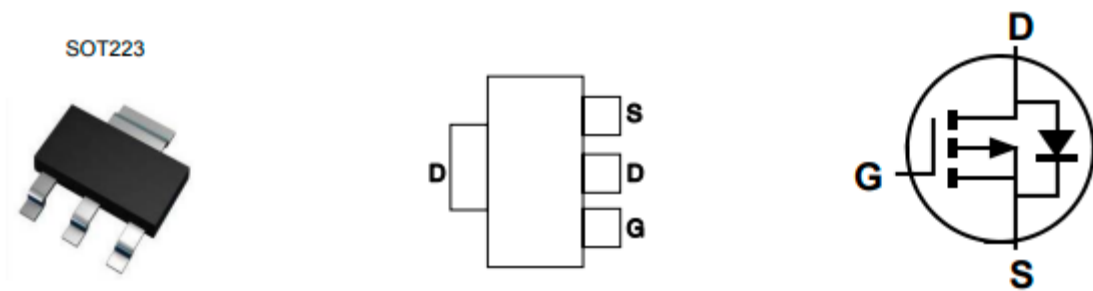


Рисунок 4.2 - Транзистор DMP6023LE р – каналної структури

### Обґрунтування вибору елементів стабілізатора напруги на транзисторі

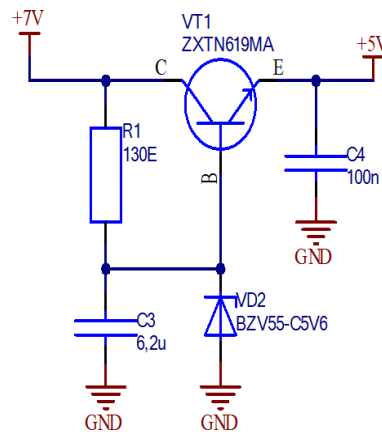


Рисунок 4.3 - Стабілізатор напруги

На рис. 4.3 представлена схема стабілізатора напруги. Визначаємо струм навантаження стабілізатора. Споживачами навантаження є елементи схеми: генератор OQ1 (2 мА), та операційний підсилювач DA2 (36 мА). Мінімальний струм навантаження складає  $I_{н\text{ мін}} = 38$  мА. Максимальний струм навантаження  $I_{н\text{ макс}} = 100$  мА. Знаходимо максимальну потужність, яка розсіюється на транзисторі

$$P_{\text{макс}} = (7-5) \cdot I_{н\text{ макс}} = 200 \text{ мВт.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо тип транзистора ZXTN619. Для даного типу транзистора максимальний струм колектора рівний 4 А, максимальна потужність 1,5 Вт

Отже вибраний транзистор підходить для використання в схемі стабілізатора напруги.

З характеристики транзистора (рис. 4.4) знаходимо коефіцієнт передавання транзистора  $\beta$  при мінімальному струмі навантаження  $\beta=430$  і максимальному струмі навантаження  $\beta=450$ . Так як величина  $\beta$  не змінюється в широкому діапазоні, то вибираємо  $\beta=440$ .

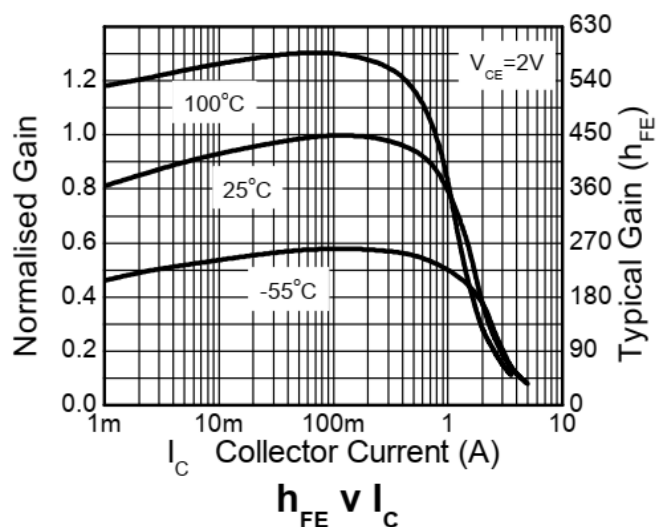


Рисунок 4.4 - Залежність  $\beta$  від струму колектора

Знаходимо зміну струму бази транзистора

$$I_{B \text{ мін}} = I_{H \text{ мін}} / 440 = 38 / 440 = 86 \text{ мкА}$$

$$I_{B \text{ макс}} = I_{H \text{ макс}} / 440 = 100 / 440 = 227 \text{ мкА.}$$

З характеристики транзистора (рис 4.5) знаходимо зміну напруги база-емітер  $I_{be \text{ мін}} = 0,65 \text{ В}$ ,  $I_{be \text{ макс}} = 0,68 \text{ В}$ .

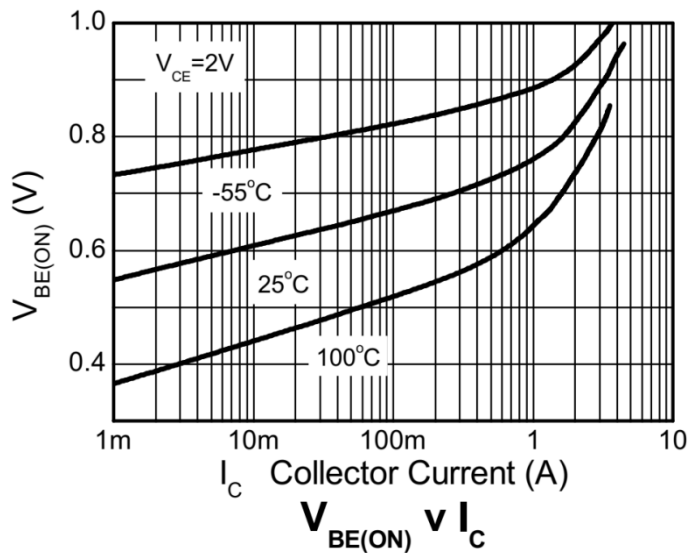


Рисунок 4.5 - Залежність напруги база-емітер від струму колектора

Для забезпечення напруги на виході схеми 5 В, напруга стабілізації стабілітрона має становити

$$U_{ст} = 5 + I_{бс\ мин} = 5,65 \text{ В.}$$

Для забезпечення такої напруги потрібно вибрати стабілітрон з напругою стабілізації 5,6В. Вибираємо тип стабілітрона BZV55-C5V6.

З вольт-амперної характеристики стабілітрона (рис. 4.6) вибираємо мінімальний струм стабілізації 10мА.

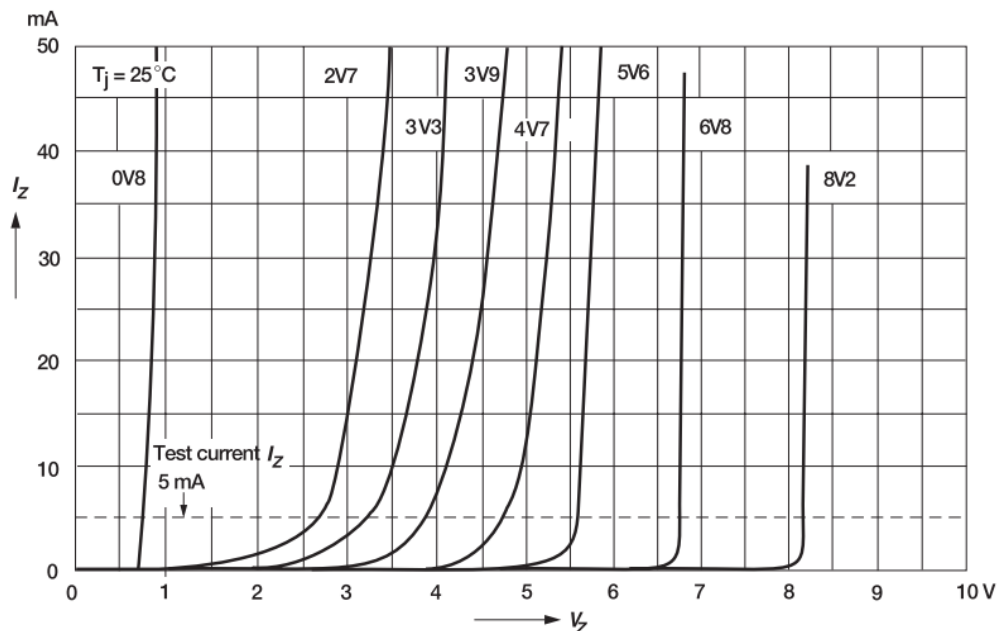


Рисунок 4.6 – Вольт-амперні характеристики стабілітронів BZV55

Розраховуємо опір резистора R1

$$R1=(7-5,6)/(I_{CT}+ I_{б \text{ макс}})=140 \text{ Ом.}$$

Вибираємо опір резистора R1 130 Ом. В зв'язку з тим, що напруга 7 стабілізована від імпульсного стабілізатора напруги, а зміна струму стабілітрона через зміну струму бази є незначною (складає 141 мкА), то значення опору резистора R1 цілком задовольняє вибраний режим роботи стабілітрона і транзистора.

### Обґрунтування виробу елементів імпульсного стабілізатора напруги

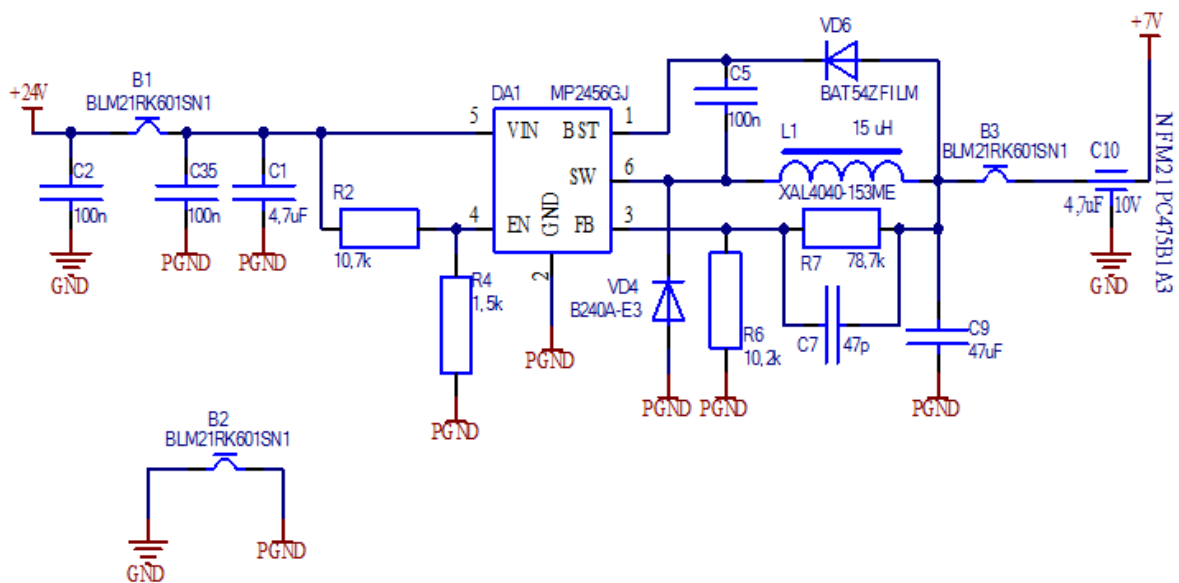


Рисунок 4.7 - Імпульсний стабілізатор напруги, побудований на базі мікросхеми MP 2456GJ

Імпульсний стабілізатор напруги, побудований на базі мікросхеми MP 2456GJ ( Рис 4.7). Мікросхема є понижуючим імпульсним перетворювачем напруги з широтно – імпульсною модуляцією (ШІМ), який підтримує на одному рівні вихідну напругу за рахунок зміни скважності імпульсів на виході SW.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

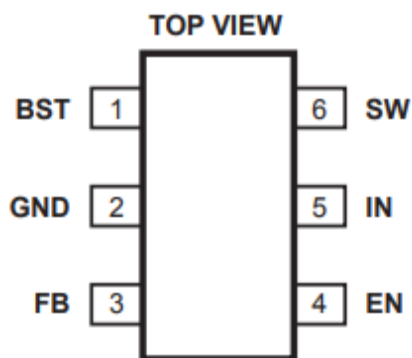


Рисунок 4.8 – Мікросхема MP 2456GJ

### Характеристики мікросхеми MP 2456GJ

- максимальна вхідна напруга 45 В;
- мінімальна вхідна напруга 4,5 В;
- максимальний вихідний струм 500 мА;
- максимальна частота генерації 1,2 МГц;
- Напруга зворотнього зв'язку  $V_{fb}$  0,81 В.

Призначення виводів мікросхеми MP 2456GJ наведені в Таблиці 1.

Таблиця 4.1 – Виводи мікросхем

Номер виводу	Призначення виводу
1. BST (Bootstrap)	Вхід зовнішнього конденсатора для формування плаваючого джерела живлення
2. GND (Ground)	Земля, загальний провід
3. FB (FeedBack)	Вхід напруги зворотного зв'язку
4. EN (Enable)	Вхід включення
5. IN (Input Voltage)	Вхідна напруга
6. SW (Switch)	Вихід, який підключається до дроселя.

Індуктивність дроселя L1 вибираємо згідно рекомендацій виробника 15 мкГн

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розрахуємо подільник напруги R6 і R7. Вхідна напруга складає  $U_{in}= 7$  В, а напруга на виводі FB повинна складати  $U_{FB}= 0,812$  В згідно даних виробника. Для розрахунку виберемо опір резистора R6 10,2 кОм. Опір резистора R7 тоді знайдемо з виразу

$$K_{дiл} = U_{in}/U_{FB} = (R6+R7)/R6$$

$$R7=R6(U_{in}/U_{FB}-1)=77,7 \text{ кОм}$$

Вибираємо опір резисторів з ряду E96  $R6=10,2 \text{ кОм}$ ,  $R7=78,7 \text{ кОм}$ .

### Обґрунтування вибору елементів підсилювача та генератора

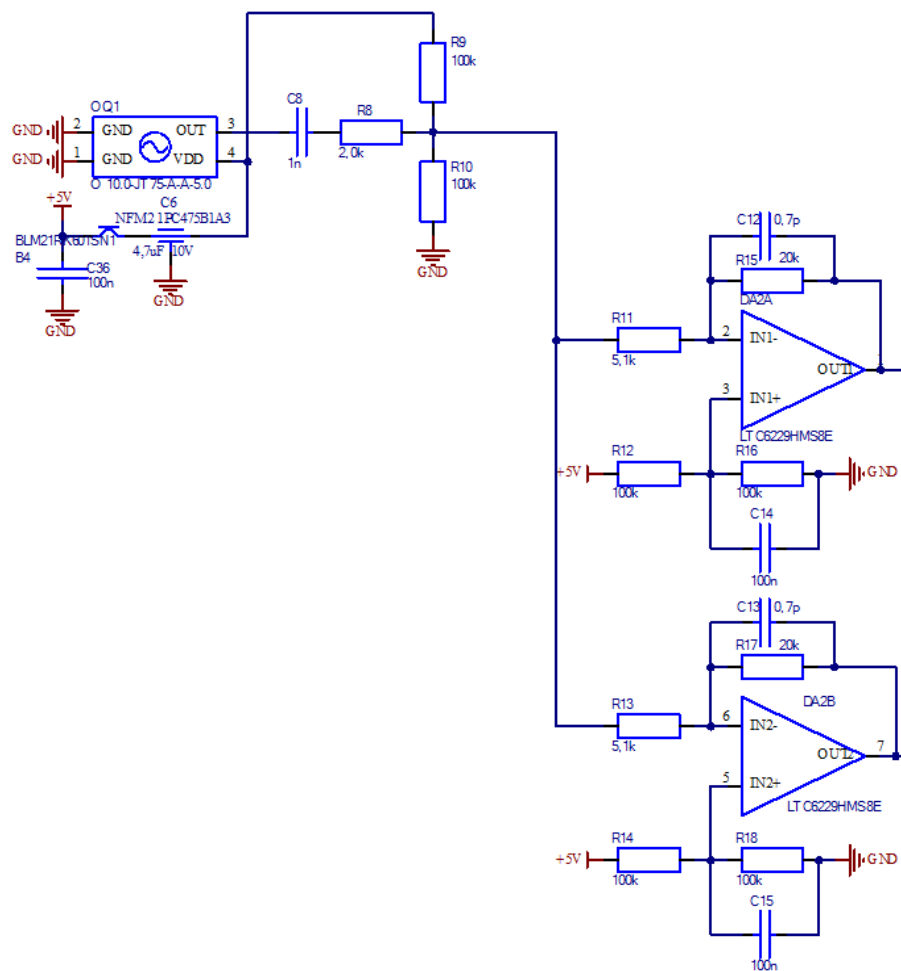


Рисунок 4.9 – Схема генератора JT 75 та операційного підсилювача LTC6229HMS8E

Згідно з даними виробника генератора JT75 (рис.4.9) на його виході забезпечується сигнал амплітудою  $U_G = 0,8 V_{pp}/2 = 2$  В при напрузі живлення 5 В. На виході підсилювачів має забезпечуватись сигнал з максимальною амплітудою 4,5 В. Виберемо інвертуючі підсилювачі, які виконані на швидкодіючих операційних підсилювачах LTC6229HMS8E (рис.4.9). Згідно з даними виробника ці підсилювачі забезпечують підсилення сигналів до 100 МГц при коефіцієнті підсилення 2.

Побудуємо еквівалентну схему (рис 4.10)

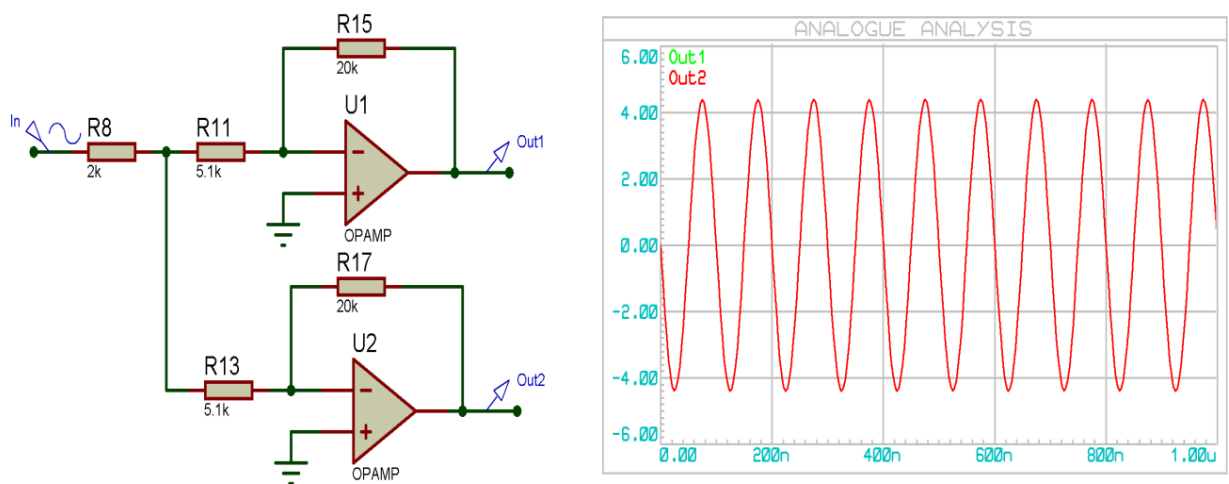


Рисунок 4.10 – Еквівалентна схема підсилювачів

Вхідний опір інвертуючого першого підсилювача рівний опору резистора R11, а другого R13. Резистори R8, R11, R13 являють собою подільник напруги, еквівалентна схема якого приведена на рис 5. Виберемо опір резисторів R8 2 кОм, R11, R13 5,1 кОм.

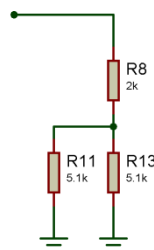


Рисунок 4.11 – Еквівалентна схема вхідних кіл підсилювачів

В такому випадку коефіцієнт ділення схеми буде рівним:

$$K_{\text{діл}} = (R_{R11||R13} + R8) / R_{R11||R13} = 1,78$$

$$\text{де } R_{R11||R13} = (R11 \cdot R13) / (R11 + R13) = 2,55 \text{ кОм.}$$

Отже амплітуда сигналу на входах підсилювачів буде рівною

$$U_{\text{вх}} = U_G / K_{\text{діл}} = 1,12 \text{ В, а необхідне підсилення сигналу рівне}$$

$$U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}} = 4,5 / 1,12 = 4,01.$$

Значення опорів R15 і R17 знайдемо з виразу підсилення інвертуючого підсилювача

$$R15 = R17 = U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}} \cdot R11 = 20 \text{ кОм}$$

### Моделювання АЧХ і ФЧХ фільтра

Моделювання характеристик смугового фільтра здійснювалось в програмі Proteus.

Proteus - це комерційний пакет програм класу САПР, який об'єднує в собі дві основні програми: - ISIS - засіб розробки і налагодження в режимі реального часу електронних схем і - ARES - засіб розробки друкованих плат. В якості автоматичного вбудованого трасувальника в ARES, починаючи з версії 7.4, використовується програма ELECTRA Autorouter. Відмінність від аналогічних за призначенням пакетів програм, наприклад, Electronics Workbench Multisim, MicroCap, Tina і т.п. - в розвиненій системі симуляції (інтерактивної налагодження в режимі реального часу і покрокової) для різних сімейств мікроконтролерів: 8051, PIC (Microchip), AVR (Atmel), і ін. Proteus має великі бібліотеки компонентів, в тому числі і периферійних пристроїв: світлодіодні і РК індикатори, температурні датчики, годинник реального часу - RTC, інтерактивних елементів введення-виведення: кнопок, перемикачів, віртуальних портів і віртуальних вимірювальних приладів, інтерактивних графіків, які не завжди присутні в інших подібних програмах.

На рисунку 4.12 представлено еквівалентну схему фільтра і його АЧХ (зелений графік, вісь зліва) і ФЧХ (червоний графік, вісь справа). Як видно з результатів фільтр має смугу пропускання 5 МГц, центральна частота 10 МГц.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

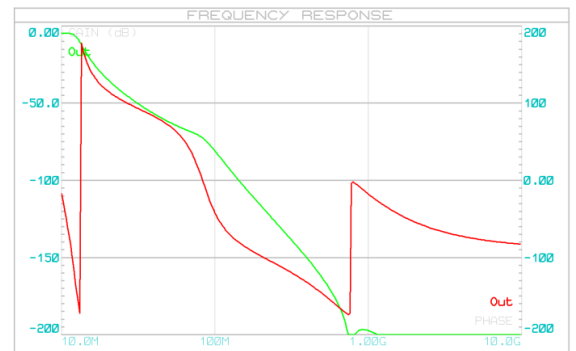
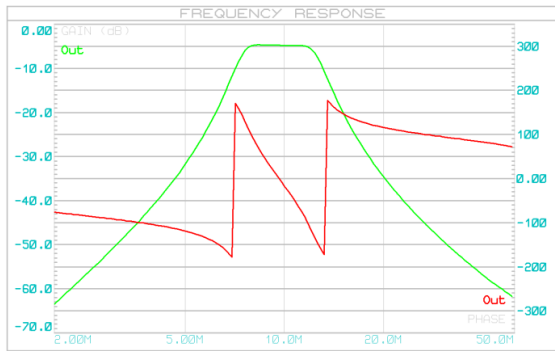
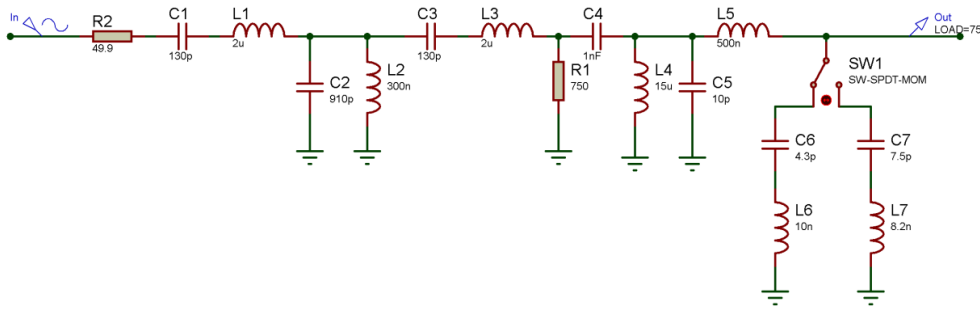


Рисунок 4.12 - Моделювання АЧХ і ФЧХ фільтра

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ

Арк.

54

Параметри пристрою представлені у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Параметри інжектора

Параметр	Значення
Діапазон частот , МГц	950-2150
Імпеданс та тип ВЧ роз'ємів , Ом	50 Ом (тип N); 75 Ом (тип F)
Напруга живлення , У постійного струму (до)	24
Максимальний струм, А (загальний)	4
Внесені втрати, дБ	<1.0 (повний діапазон)
Площинність, дБ	± 0,5 (повний діапазон) ± 0,2 (будь-які 36 МГц)
Зворотні втрати, дБ	17
Габаритні розміри, мм	115x45x80
Маса кг	0,15

#### Висновки до розділу 4

Підсумовуючи четвертий розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Розроблено схему захисту від переполюсування та транзисторі.
2. Розроблено схему стабілізатора напруги і обґрунтовано вибір елементів.
3. Обґрунтовано вибір елементів імпульсного стабілізатора напруги.
4. Обґрунтовано вибір елементів підсилювача та генератора.
5. Промодельовано АЧХ і ФЧХ фільтра.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

## РОЗДІЛ 5 КОНСТРУКТОРСЬКО ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розробка друкованої плати

Розробка (розведення) друкованої плати була здійснена за допомогою програми САПР Altium Designer.

Altium Designer – комплексна система автоматизованого проектування (САПР) радіоелектронних засобів, розроблена австралійською компанією Altium.

Раніше ця ж фірма розробляла САПР P-CAD, який набув надзвичайної популярності серед російських розробників електроніки [36].

У 2008 році фірма Altium заявила про припинення постачання програмних пакетів P-CAD, і запропонувала розробникам використати програму Altium Designer, яка з'явилася у 2000 році та спочатку мала назву Protel.

У 2006 був проведений ребрендинг програмного продукту і отримав поточну назву, остання версія якого називається Altium Designer 21.

Сьогодні Altium Designer - це система, що дозволяє реалізовувати проекти електронних засобів на рівні схеми або програмного коду з подальшою передачею інформації проектувальнику ПЛІС або друкованої плати.

Відмінною особливістю програми є проектна структура та наскрізна цілісність ведення розробки на різних рівнях проектування.

Іншими словами, зміни в розробці на рівні плати можуть миттєво бути передані на рівень ПЛІС або схеми і так само назад.

Так само як пріоритетний напрямок розробників даної програми варто відзначити інтеграцію ECAD і MCAD систем.

Тепер розробка друкованої плати можлива у тривимірному вигляді з двонаправленою передачею інформації до механічних САПР (Solid Works, Pro/ENGINEER, NX).

Цей пакет складається з двох продуктів, що базуються на єдиній інтегрованій платформі DXP, можливість роботи з тим чи іншим залежить від типу придбаної ліцензії:

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Altium Designer Custom Board Front-End Design - Проектування ПЛІС, схемотехнічне проектування та моделювання [36].

Altium Designer Custom Board Implementation - Проектування друкованих плат та ПЛІС.

До складу програмного комплексу Altium Designer входить весь необхідний інструментарій для розробки, редагування та налагодження проектів на базі електричних схем та ПЛІС.

Редактор схем дозволяє вводити багатоієрархічні та багатоканальні схеми будь-якої складності, а також проводити змішане цифро-аналогове моделювання. Бібліотеки програми містять понад 90 тисяч готових компонентів, у багатьох з яких є моделі посадкових місць, SPICE та IBIS-моделі, а також тривимірні моделі.

Будь-яку з вищезгаданих моделей можна створити внутрішніми засобами програми.

Редактор друкованих плат Altium Designer містить потужні засоби інтерактивного розміщення компонентів та трасування провідників, які спільно з інтуїтивною та повністю візуалізованою системою встановлення правил проектування максимально спрощують процес розробки електроніки.

Інструменти трасування враховують усі вимоги, що пред'являються сучасними технологіями розробок, наприклад, трасування диференціальних пар або високочастотних ділянок плат [36].

До складу програми входить автоматичний трасувальник Situs, у якому використовуються найпрогресивніші алгоритми трасування друкованих провідників.

Принциповою відмінністю останньої версії Altium Designer є підтримка двонаправленої роботи з механічними деталями та моделями компонентів у форматі STEP, які можуть бути імпортовані/експортовані з механічних САПР. Для покращення функцій 3D-моделювання для Altium Designer у 2017 році ліцензовано геометричне ядро C3D.

Робота над усіма частинами проекту ведеться в єдиній оболонці Design Explorer, що дозволяє розробнику контролювати цілісність проекту на всіх етапах проектування.

Таким чином, зміни, внесені на будь-якому етапі розробки, автоматично передаються на пов'язані стадії проекту.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Крім потужних засобів розробки, Altium Designer має широкі можливості імпорту та експорту сторонніх систем проектування та підтримує практично всі стандартні формати вихідних файлів (Gerber, ODB++, DXF).

Цілком підтримуються всі напрацювання у вигляді схем, плат та бібліотек, розроблені в останніх версіях Altium Designer.

Отже, плата була розроблена двосторонньою.

Всі компоненти мають SMD монтаж.

На рис. 5.1 представлено вигляд верхнього шару плати.

На рис. 5.2 представлено 3D-модель верхнього шару плати з радіокомпонентами.

На рис. 5.3 представлено 3D-модель заднього шару плати.

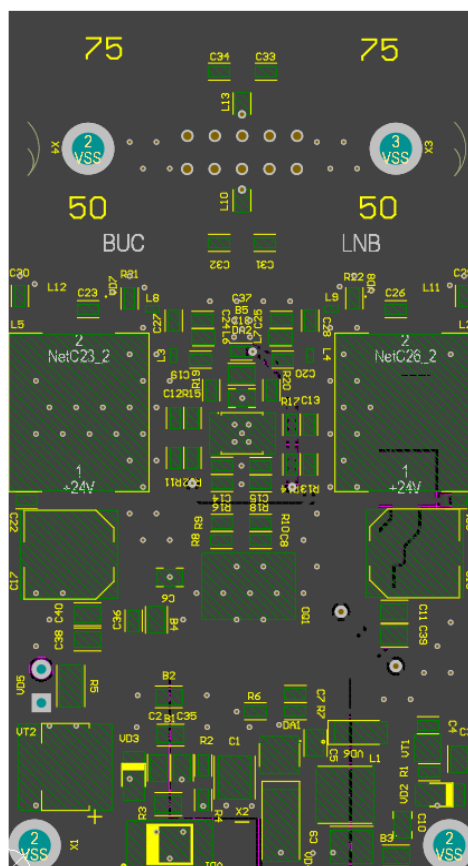


Рисунок 5.1 – Верхній шар розробленої плати

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



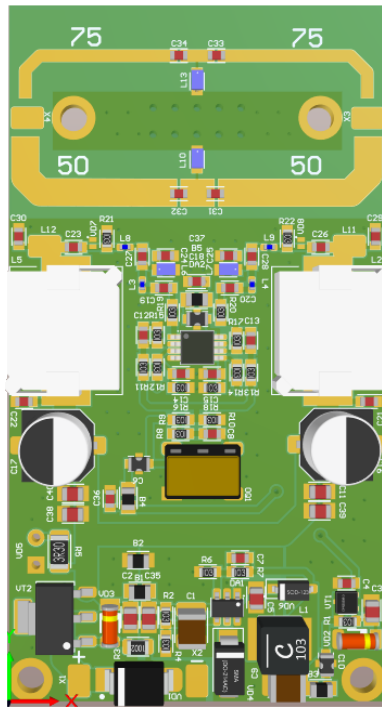


Рисунок 5.2 – 3D-модель верхнього шару розробленої плати з радіо  
КОМПОНЕНТАМИ



Рисунок 5.3 – 3D-модель заднього шару розробленої плати

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 5.2 Виготовлення друкованої плати

Нанести розведення на плату можна за допомогою наступних методів:

- скористатися стійким до травлення маркером або лаком;
- роздрукувати схему на прозору плівку а потім експонувати її на плату покриту світлочутливим лаком – технологія фоторезисту;
- застосувати технологію ЛУТ, метод ксерокопії і праски;
- вирізати доріжки на платі за допомогою ЧПУ фрейзерного станка;
- замовити плату на виробництві, перед цим, попередньо відправити розмітку плати у файлах формату Gerber.

Кожні з цих методів мають свої переваги і недоліки. В останній час більш дешевою, рентабельною і популярною є опція коли плати можна замовити в інтернеті, де ціна виготовлення коливається від кількох доларів за невелику партію плюс пересилка. При цьому отримані плати, будуть чудової якості з шовкографією, металізованими отворами, паяльною маскою, трафаретний шар з маркуванням компонентів тощо.

Для замовлення друкованої плати інжектора, скористалися послугами компанії PCBWay. Для цього в середовищі Altium Designer були сформовані вихідні файли формату Gerber, створення файлів відбувається автоматично. Для цього в меню Output вибираємо опцію Generate Gerber/Excellon Files.

При цьому програма генерує файли в форматі Gerber. В таблиці 5.1 приведенні типи файлів, які необхідно відіслати виробнику для замовлення друкованих плат.

Виготовлення друкованих плат залежності від складності триває від декількох днів. Найбільше часу витрачається на відправлення готових плат до замовника, як зазвичай становить до 3-х тижнів.

На рисунку 5.4 Вигляд виготовленої друкованої плати.

На рисунку 5.5 Вигляд виготовленої друкованої плата з встановленими радіокомпонентами.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Типи файлів, які необхідно виробнику для замовлення друкованих плат

Файл	Зміст
Myboard.GTL	Верхній шар (фольга)
Myboard.GBL	Нижній шар (фольга)
Myboard.GTS	Маска зупинки припою (верхня)
Myboard.GBS	Маска зупинки припою (нижня)
Myboard.GTO	Трафарет (верхній)
Myboard.GBO	Трафарет (нижній)
Myboard.TXT	Отвори

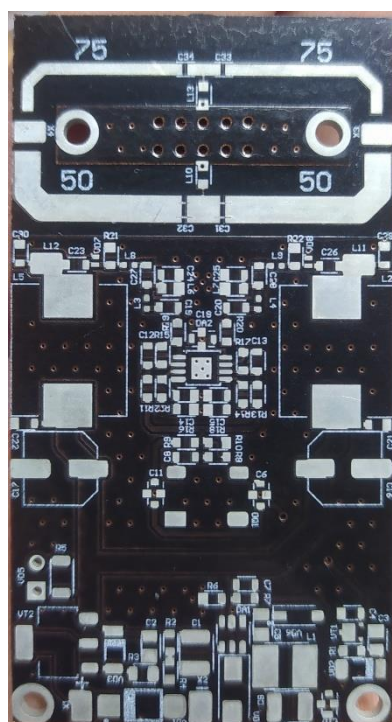


Рисунок 5.4 - Вигляд готової двосторонньої друкованої плати інжектора

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

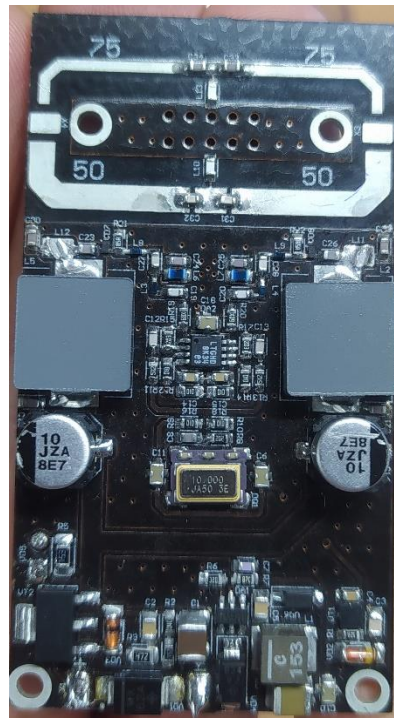


Рисунок 5.5 - Вигляд виготовленої друкованої плати з встановленими радіокомпонентами

### 5.3 Розробка корпусу приладу

Розробка корпусу була здійснена за допомогою САПР SolidWorks, ця програма комп'ютерного моделювання твердого тіла та автоматизованого проектування, є одним із самих популярних варіантів програмного забезпечення для інженерів. Це програмне забезпечення включає в себе ряд програм, які можна використовувати як для 2D, так і для 3D-проекування.

SolidWorks використовує принцип тривимірного твердотілого та поверхневого параметричного дизайну, що дозволяє дизайнеру створювати об'ємні частини та компонентні агрегати у вигляді тривимірних електронних моделей, для яких створюються двовимірні креслення та технічні характеристики відповідно до вимог ЄСКД.

Тривимірне моделювання продуктів дає велику кількість переваг над традиційним двовимірним дизайном, наприклад, для збору помилок продуктів на етапі проектування, створюючи електронну модель керуючої

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

програми для обробки на машинах з ЧПУ керуванням. Використовуючи програму SolidWorks, ви можете побачити майбутній продукт з усіх сторін у розмірі та надати йому реалістичне відображення відповідно до вибраного матеріалу для попередньої оцінки дизайну.

Програма широко використовується для розробки систем мехатроніки від початку до кінця. На початковому етапі програмне забезпечення використовується для планування, візуального представлення, моделювання, техніко-економічного обґрунтування, створення прототипів та управління проектами. Потім програмне забезпечення використовується для проектування та створення механічних, електричних та програмних елементів. Програмне забезпечення можна використовувати для управління, включаючи керування пристроями, аналітику, автоматизацію даних та хмарні сервіси.

На рисунку 5.6 та 5.7 3-D модель розробленого корпусу інжектора постійного струму в програмі SolidWorks.

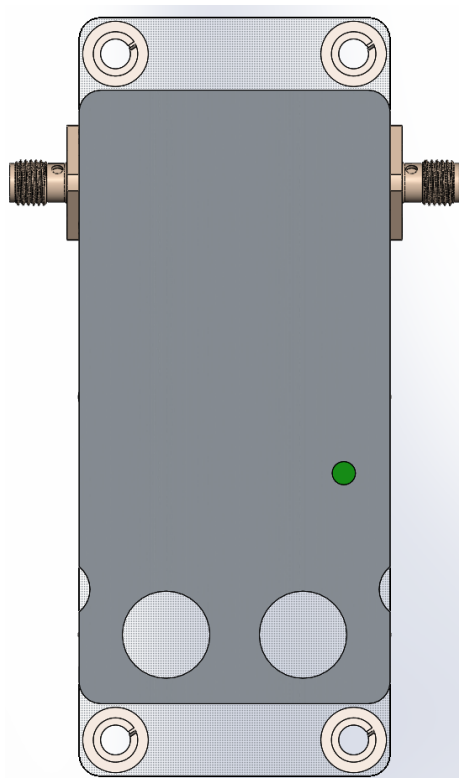


Рисунок 5.6 - 3-D модель розробленого корпусу інжектора постійного струму в програмі SolidWorks

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

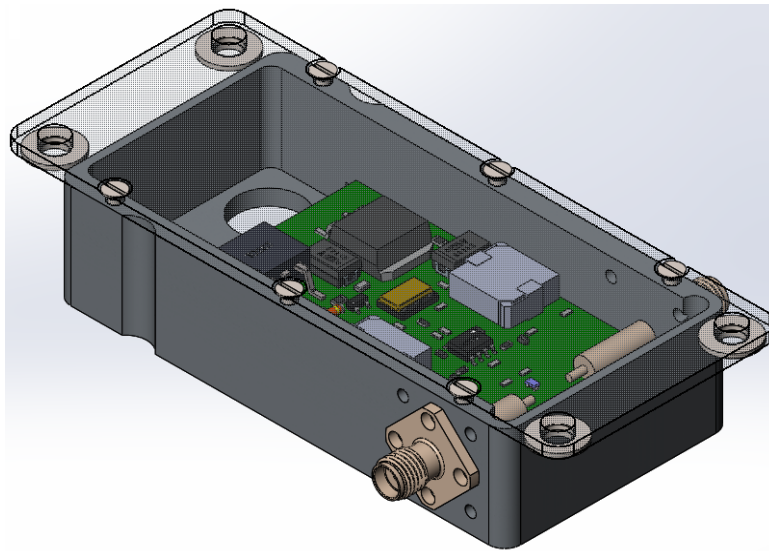


Рисунок 5.7 - 3-D модель розробленого корпусу інжектора постійного струму в програмі SolidWorks

#### 5.4 Виготовлення корпусу приладу

Для виготовлення корпусу було обрано метод ЧПУ- фрезерування. Матеріал корпусу обрано алюміній (сплав алюмінію). Сплави алюмінію часто використовуються при виробництві корпусів радіоелектронного обладнання.

Після фрезерування корпусу інжектора на виробництві, наступним етапом потрібно, захистити поверхню від корозійного впливу зовнішнього середовища.

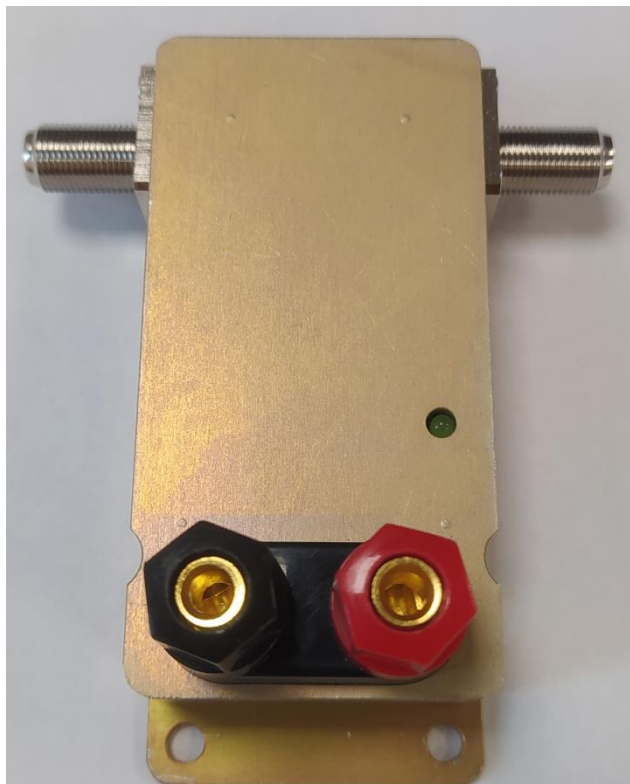
Для цього був обраний хімічний метод (оксидування).

Принцип, цього методу полягає в створенні оксидної плівки на поверхні виробу в результаті окисно-відновної реакції. Цей метод переважно використовують для отримання захисних та декоративних покриттів, а також для формування діелектричних шарів.

Основні переваги цього методу ,оксидування, є дешевизна, легко отримати оксидну плівку, самий доступний на ринку. Процес проводиться в розчинах хроматів.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Колір виробів отриманий після оксидування зазвичай жовто – золотистий.



Рисунку 5.8 - Вигляд готового корпусу інжектора постійного струму

### Висновки до розділу 5

Підсумовуючи п'ятий розділ, можемо констатувати наступне:

1. Розроблено та розведено друковану плату в САПР Altium Designer .
2. Описано процес виготовлення друкованої плати інжектора постійного струму.
3. Розроблено корпус в САПР SolidWorks.
4. Описано процес виготовлення корпусу інжектора постійного струму.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Загальна класифікація витрат на виробництві

Виробнича система підприємства включає всі етапи його діяльності, починаючи від надходження матеріалів та сировини, техніко-технологічної і техніко-економічної складових і закінчуючи реалізаційними процесами.

Від ефективної побудови виробничої системи залежить якість продукції, обсяг витрат виробництва і, в кінцевому результаті, конкурентоспроможність підприємства.

Витрати, що відображають витрати підприємства на виробництво й реалізацію продукції в грошовій формі, приймають форму собівартості.

Для того щоб визначити собівартість реалізованої продукції на виробництві а це в свою чергу один з етапів виробничого обліку.

Треба зрозуміти склад та компоненти які впливають на формування кінцевої ціни на виріб. Схематично її можна відобразити у вигляді таблиці рис. 6.1.

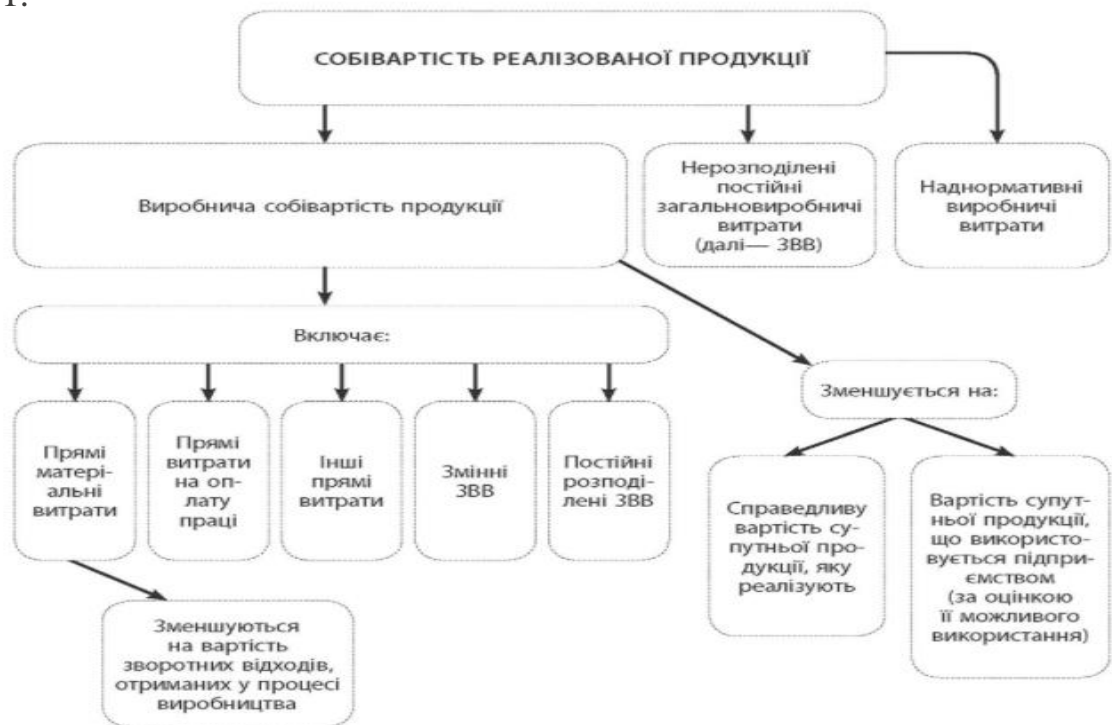


Рисунок 6.1 - Склад собівартості реалізованої продукції



Розглянемо більш детально таблицю. Виробнича собівартість продукції виражена в грошовій формі, це поточні витрати підприємства.

Включає 5 підпунктів основними з яких можна виділити.

Це прямі матеріальні витрати, які є основною частиною собівартості продукції, що являють собою вартість використаних при виробництві матеріальних ресурсів.

Матеріальні витрати включають в себе вартість:

- сировини і основних матеріалів, що є основою вироблюваної продукції;
- покупних напівфабрикатів, комплектуючих виробів;
- допоміжні та інші матеріали які пов'язані з підготовкою для випуску продукції.

Окремо можна віднести прямі витрати на оплату праці які включають суму основної і додаткової оплати, що нараховуються згідно прийнятою системою оплати праці на підприємстві.

Також при виробництві є непрямі витрати до них відносять витрати, що не можуть бути віднесені безпосередньо до конкретного об'єкта обліку економічно доцільним шляхом.

Непрямі витрати розділяються на дві групи:

- загальновиробничі витрати, це витрати до яких відносять витрати на обслуговування й управління виробництвом, що залишається незмінними або майже незмінними.
- загальногосподарські витрати, це витрати, які несе підприємство на виконання функції обслуговування та управління своїми підрозділами які відносяться до основного так і допоміжного виробництва.

До непродуктивних витрат, які пов'язані з виробничою діяльністю, відносяться: брак продукції, недостача, простої, зіпсування матеріалів сировини. До фактичної собівартості продукції – штрафні санкції від порушення договорів.

Зниженню собівартості продукції сприяє безперервний технічний прогрес на підприємстві, а саме: впровадження нових технологій, повна механізація і автоматизація виробничого процесу, впровадження нових видів матеріалів.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

До умов зниження собівартості продукції треба віднести і підвищення продуктивності праці.

Підвищення продуктивності праці сприяє скороченню витрат в розрахунку на одиницю продукції, у такий спосіб зменшується питома вага заробітної плати в собівартості продукції.

У ринкових умовах конкурентоздатність підприємства – це запорука отримання високого і стабільного прибутку.

Висока конкурентоздатність – це перш за все основна умова розвитку і життєдіяльності підприємства в цілому.

Чинники, які можуть впливати у бік підвищення конкурентоздатності:

1. оптимізація витрат на виробництво продукції має колосальне значення для вітчизняних підприємств, оскільки є одним з найважливіших джерел підвищення конкурентоспроможності підприємства, збільшення прибутків для розширення виробництва і підвищення рівня мотивації і стимулювання праці персоналу;

2. впровадження нових економічних процесів на виробництві, оновлення і модернізація обладнання по максимуму, задоволення потреб у продукції на ринку збуту, розширення частки внутрішнього і зовнішнього ринку;

3. гарантійний та післягарантійний сервіс, реклама, коливання попиту, також можна до цього додати й імідж виробника.

Таким чином, все це створює умови для подальшого підвищення ефективності роботи і росту конкурентоспроможності національної економіки в цілому.

## 6.2 Розрахунок повної собівартості пристрою

Витрати на матеріали і комплектуючі.

Розраховуємо витрати на виробництво, що включає: радіодеталі, друковані плати, припій, флюс, корпус та інше.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ціни взяті з інтернет магазинів: «Радіомаг», «Mouser», «Радіодеталі».

Витрати на комплектуючі приведені в таблиці 6.2

Витрати на матеріали в таблиці 6.3

Таблиця 6.1 - Витрати на комплектуючі

Назва комплектуючого	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Конденсатори			
1210 4.7uF	1	5	5
0805 100n	5	2	10
0805 6,2u	1	2	2
0603 100n	1	0,5	0,5
NFM21PC475B1A3	3	2	6
0603 47p	1	1	1
0603 1n	3	1	3
TMK325ABJ476MM	1	10	10
0805 4,7u	2	1	2
0603 0,7p	1	1	1
EEH-ZA1J100V	2	3	6
0603 130p	4	0,5	2
0603 10p	4	0,5	2
0603 910p	2	0,5	1
0603 4,3p	2	0,5	1
0603 7,5p	2	0,5	1
Феритовий фільтр			
BLM21RK601SN1	5	2	10
Понижуючий DC/DC перетворювач			
MP2456GJ	1	65	65

Операційний підсилювач			
LTC6229HMS8E	1	146	146
Котушки індуктивності			
XAL4040-153ME	1	15	15
SRP1040-150M	2	10	20
LQW15CA2R0K00	4	8,5	34
LQW18ANR30J80	2	11	22
0603HP-10NX	1	15,08	15,08
0603HP-8N2X	1	10,9	10,9
InductorAir10nx	2	1	2
Кварцевий генератор			
10.0-JT75-A-A-5.0	1	150,26	150,26
Транзистори			
ZXTN619MA	1	8,33	8,33
DMP6023LE	1	10,45	10,45
Діоди			
SMBG48A	1	27,30	27,30
BZV55-C5V6	1	2	2
BZV55-C10	1	0,26	0,26
B240A-E3	1	3,20	3,20
BAT54ZFILM	1	2,50	2,50
ESD112-B1-02EL	1	5,20	5,20
Світло діод			
KLS9-L-3014GD	1	1,20	1,20
Резистори			
1206 15k	1	0,14	0,14
0805 4,7k	1	0,11	0,11
0603 130E	1	2	2
0603 10,7k	1	1,50	1,50

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

0603 1,5k	1	1	1
0603 10,2 k	1	0,50	0,50
0603 78,7k	1	0,50	0,50
0603 2,0k	1	0,50	0,50
0603 100k	4	1	4
0603 5,1k	2	0,50	1
0603 20k	2	0,50	1
0603 49,9E	2	0,50	1
0603 750E	2	0,50	1
ВЧ - роз'єми			
EM-NC040-NGT	2	15	30
Роз'єми			
Вапан х 2 на планці 35 мм.	1	40	40
Всього:			617,43

Таблиця 6.2 - Витрати на матеріали та сировину

Матеріал, сировина	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Припій	кг	0,02	950	19
Флюс	л	0,02	150	3
Склотекстоліт	м <sup>2</sup>	0,02	1000	20
Дрітмонтажний МГШВ 0,5мм.	м	0,1	4	0,4

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Корпус приладу	шт	1 шт	250	250
Гвинт М2,5Х6 DIN 7991	шт	6	0,15	0,9
Гвинт М2,5Х6DIN 7985	шт	8	0,15	1,2
Всього:				294,5

Враховуємо транспортно – заготівельні витрати: ( $k_{Т-З} = 5 \div 15\%$ ) для комплектуючих та матеріалів і сировину.

$$KM = \frac{(K+M) \cdot (100+k_{Т-З})}{100} = \frac{(617,43+294,5) \cdot (100+10)}{100} = 1003,123 \text{ грн}$$

Розрахунок основної заробітної плати.

Розрахунок заробітної плати на 1 одиницю виробу визначається по формулі:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_{Гi} \cdot H_{чi} \cdot n$$

де  $T_{Гi}$  – середня годинна тарифна ставка одного робочого ( грн./ години);

$H_{чi}$  – витрачений час на виробництво робітником приладу;

$n$  – кількість, працівників задіяних у виробництві приладу.

Щоб розрахувати погодинну ставку треба знати місячну заробітну монтажника.

$$T_{Гi} = \frac{T_{мі}}{Вфi \cdot 8} = \frac{14000}{21 \cdot 8} = 83 \text{ грн.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$T_{mi}$  – місячна заробітна плата, грн;

$V_{fi}$  – середня кількість робочих днів;

Для розробки пристрою потрібно в середньому 5 годин.

Підставимо отримані дані для розрахунку основної заробітної плати:

$$Z_o = \sum_{i=2}^2 83 * 5 * 1 = 415 \text{ грн.}$$

Розрахунок додаткової заробітної плати.

Додаткова заробітна плата розраховується у вигляді премії від 10 до 30% від основної заробітної плати.

$$Z_d = Z_o * (K_d / 100),$$

де  $K_d$  – відсоток додаткової заробітної плати,

Підставимо отримані дані:

$$Z_d = Z_o * (K_d / 100) = 415 * (10 / 100) = 41,5 \text{ грн.}$$

Відрахування у фонд соціального страхування.

Тепер розрахуємо відрахування у фонд соціального страхування. ЄСВ становить - 22 %.

Проведемо розрахунки:

$$ЄСВ = 0,22 * (Z_o + Z_d) = 0,22 * (415 + 41,5) = 100,43 \text{ грн.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

### Витрати на утримання і експлуатацію обладнання.

Також треба взяти до уваги витрати, на утримання і експлуатацію обладнання.

Приймаємо цей показник: 120 – 150%.

Обраховується за формулою:

$$B_y = Z_o * 1,20 = 415 * 1,20 = 498 \text{ грн}$$

Загально – виробничі витрати.

Загально – виробничі витрати складають в середньому 130 – 250% від основної зарплати:

$$Z_{вв} = 415 * 1,3 = 539,5 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість приладу.

Тепер можна визначити виробничу собівартість приладу. Це сума: матеріалів та комплектуючих, основної заробітної плати, додаткової заробітної плати, єдиний соціальний внесок, витрати на утримання і експлуатацію устаткування, загальновиробничі витрати.

$$\Sigma_{сс} = \text{Комп.} + \text{Матер.} + Z_o + Z_d + \text{ЄСВ} + B_y + Z_{вв} = 617,43 + 294,5 + 415 + 41,5 + 100,43 + 498 + 539,5 = 2506,36 \text{ грн.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### Адміністративні витрати.

Адміністративні витрати: в середньому складають 140 – 200% від основної заробітної плати.

Розрахуємо адміністративні витрати:

$$B_{Ad} = Z_o * 1,4 = 415 * 1,4 = 581 \text{ грн.}$$

### Витрати на збут.

Витрати на збут залежать від виробничої собівартості складають 5 – 10% від неї:

Розраховуємо витрати на збут:

$$B_{зб} = Z_{ев} * 0,07 = 539,5 * 0,05 = 27 \text{ грн.}$$

### Повна собівартість приладу.

Визначаємо повну собівартість приладу. Сума виробничих, адміністративних та витрати на збут.

$$P_{СОБ} = \sum_{СС} + Z_{ев} + B_{Ad} + B_{зб} = 2506,36 + 539,5 + 581 + 27 = 3653,86 \text{ грн.}$$

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Всі отримані витрати на виробництво приладу вносимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 - Калькуляція собівартості виробу

Витрати	Сума, грн.
Комплектуючі	617,43
Матеріали й сировина	294,5
Основна заробітна плата	415
Додаткова зарплата (10%)	41,5
ЄСВ (22%)	100,43
Виробничі витрати (130 %)	539,5
Виробнича собівартість	2506,36
Адміністративні витрати (140%)	581
Витрати на збут	27
Повна собівартість	3653,86

### Висновки до розділу 6

Підсумовуючи четвертий розділ, можемо зробити такі висновки:

1. До основних переваг реалізації системи живлення на базі інжектора можна віднести наступні:

- економія часу для підготовки проектованої системи;
- скорочення витрат на матеріали, кабелі живлення;
- використання одного центрального джерела живлення.
- скорочення певної кількості проводів і тим самим економія місця.

Враховуючи вищезазначене та повну собівартість проекту в розмірі 3653,86 грн., можна зробити висновок про те, що подальше впровадження та застосування даного прототипу є доцільним та економічно вигідним

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи загальний зміст дослідження, можемо констатувати наступне:

1. Сучасні системи кабельного, ефірного та супутникового телевізійного мовлення є різновидом інфокомунікацій, які відіграють важливу роль в житті людини та розвитку суспільства. На даний момент інформація має статус одного з найважливіших стратегічних ресурсів, що має бути своєчасно доставлена до широкого кола користувачів. Таким чином, забезпечення кінцевого користувача якісними послугами, зокрема телевізійним контентом, є головною метою провайдера цих послуг.

2. Водночас обсяги інформації постійно зростають. Наразі вона має цінність тільки в тому випадку, якщо доступна користувачам, незважаючи на її віддаленість від місця і давність появи. З цього твердження випливає необхідність передачі, зберігання, запам'ятовування її на відстані. Це стосується також територій, в яких щільність населення є незначною. Крім того, всередині країни можуть бути райони зі складним рельєфом місцевості, наприклад гори, де лінії електропередачі економічно не вигідні або навіть неможлива їх прокладка. Унеможливує встановлення в цих регіонах потужних телевізійних центрів з великою зоною покриття, що є недоцільним.

Альтернативою цим системам телевізійного мовлення є малопотужні системи з відносно невеликою зоною покриття, які, зі свого боку, мають низьку вартість і потребують невеликих капіталовкладень для свого розгортання. В першу чергу завданням цих систем – забезпечити якісне багатопрограмне телебачення для жителів цих місцевостей. Джерелами телевізійних програм для мовників ними також можуть бути телевізійні центри, лінії радіо релейного зв'язку місцеві студії, супутникові системи для передачі відео і аудіо сигналів, інтернету. Головним елементом таких систем є приймальне обладнання, в складі якого є приймальні конвертори – LNB, а в складі передавального обладнання є

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. передавальні пристрої – BUC. Для живлення цих елементів використовують інжектори постійного струму.

4. VSAT складається з двох основних частин: антенного поста, що встановлюється поза приміщенням, що включає антену і приймальний блок, та супутникового модему. Прийомопередавальне обладнання (ODU) встановлюється на опромінювачі у фокусі антени та передає та приймає через супутник модульовані радіосигнали. До складу ODU входять напівпровідниковий підсилювач (SSPB, BUC), зазвичай невеликої потужності, до 2-3 Ватт, хоча може бути і більше, і малошумний приймальний підсилювач-конвертер (LNB). LNB і BUC з'єднуються з опромінювачем через поляризаційний селектор. Вони приймають і передають сигнал в ортогональних один одному поляризаціях (вертикальній та горизонтальній для лінійної, лівої та правої для кругової — залежно від супутника, що використовується). Зовнішній блок може входити до складу ODU або поставлятися з антеною. Зовнішній блок та модем з'єднуються коаксіальними кабелями з роз'ємами типу F або N.

5. Компоненти передачі та прийому зазвичай встановлюються в центральній точці антени, яка приймає/відправляє дані із супутника/на супутник. Основні частини: подача - цей вузол є частиною ланцюга прийому та передачі VSAT, що складається з декількох компонентів з різними функціями, включаючи рупор на передній панелі пристрою, який нагадує вирву та призначений для фокусування супутникових мікрохвильових сигналів через поверхню дзеркала тарілки. Рупорний рупор приймає сигнали, відбиті від поверхні антени, і передає вихідні сигнали на супутник. Блоковий перетворювач з підвищенням частоти (BUC) - цей блок знаходиться за рупором і може бути частиною того ж блоку, але більший (більш потужний) BUC може бути окремою деталлю, прикріпленою до основи антени. Його завдання - перетворити сигнал від модему на більш високу частоту і посилити його, перш ніж він відіб'ється від антени і попрямує до супутника.

Малошумний блоковий понижувальний перетворювач (LNB) - це приймальний елемент терміналу. Завдання LNB - посилити супутниковий радіосигнал, що приймається, що відображається від тарілки, і відфільтрувати шум, тобто будь-який сигнал, що не несе достовірної інформації. LNB передає посилені відфільтрований сигнал на супутниковий модем розташування користувача.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Внутрішній блок (IDU). Супутниковий модем служить інтерфейсом між зовнішнім блоком та обладнанням, що надається замовником (наприклад, ПК, маршрутизатор), та керує супутниковою передачею та прийомом. Від пристрою, що відправляє (ПК, маршрутизатора) він отримує вхідний потік бітів і перетворює або модулює його в радіохвилі, змінюючи порядок вхідних передач, що називається демодуляцією. Він забезпечує два типи підключення:

- Коаксіальний кабель для підключення до супутникової антени.
- Підключення до комп'ютера через Ethernet, передача пакетів даних клієнта на сервери Інтернет-контенту та назад.

Супутникові модеми споживчого рівня зазвичай використовують телекомунікаційний стандарт DOCSIS чи WiMAX зв'язку з призначеним шлюзом.

6. Широке застосування в ІТС, а особливо у ССЗ, набули прилади інжектори живлення. Принцип роботи полягає в інжекції постійного струму або напруги в радіочастотні ланцюги при цьому постійна складова, що вводиться, не впливає на радіочастотний сигнал, що передається по основному тракту передачі.

Ця технологія отримала назву трійник зміщення (Biastee). Це трипортова мережа, яка використовується для встановлення точки зміщення постійного струму деяких електронних компонентів тим самим не заважаючи іншим компонентам.

7. MVDS – це технологія бездротового високошвидкісного розподілу мультимедійної інформації, яка є в свою чергу є аналогом класичного кабельного ТБ, але є безпроводною. Вона подібна до супутникової системи, але сам ретранслятор сигналу знаходиться на землі тобто трансляція сигналу відбувається з головної антени вишки. У багатьох випадках цей спосіб передачі теле – та радіопрограм має свої переваги перед наведеними вище технологіями.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

8. Алгоритм роботи інжектору лінійний та складається з таких пунктів:

- Підключення пристрою до джерела постійного струму 24 вольт.
- Увімкнення пристрою.
- Запуск генератора опорного сигналу (живлення від понижуючого стабілізатора).
- Живлення проходить разом з опорним сигналом на LNB і BUC, тим самим вмикає їх.

9. Було спроектовано інжектор постійного струму IDCI в Altium Designer, окремлено принцип його дії, а також розроблено рекомендації щодо експлуатації виробу. У техніко-економічній частині доведено рентабельність впровадження проекту.

Отже, можна констатувати, що відповідно до поставленої мети, ми вирішили такі завдання:

- проаналізували теоретичні засади дослідження технологій супутникового зв'язку, їх будову та принципи функціонування;
- визначили можливості та переваги функціонування сучасних ІТС;
- дослідили алгоритм створення універсального інжектору постійного струму IDCI в процесі розробки системи живлення високочастотних BUC/LNB;
- спроектували та впровадити систему живлення високочастотних BUC/LNB на базі інжектора постійного струму IDCI та перевірити її ефективність;
- розробили методичні рекомендації щодо використання універсального інжектору струму для підвищення ефективності функціонування ІТК в заданих умовах.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абілов О. В. Мережі зв'язку та системи комутації [Текст] / М.: Радіо і зв'язок, 2004, обл., 320 с.
2. Антонюк В. С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л. Г. Полонський, В. І. Аверченков, Ю. А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 286 с.
3. Бабак В. П. Інформаційна безпека та сучасні мережеві технології : Англо-українсько-російський словник термінів / В. П. Бабак, О. Г. Корченко. – Київ : Издательство НАУ, 2003. – С. 230-255.
4. Бурячок В.Л., Толюпа С.В., Аносов А.О., Козачок В.А., Лукова-Чуйко Н.В. Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці: підручник. / В.Л. Бурячок, С.В. Толюпа, А.О. Аносов, В.А. Козачок, Н.В. Лукова-Чуйко / – К.: ДУТ, 2015. – 345 с.
5. Бордовський Г. А. Информатика в поняттях і термінах. М.: Просвещение, 1991. – С. 4-8.
6. Вентцель Е. С. Теорія ймовірностей: Учеб. для вузів. - 6-е вид. стер. - М.: Высш. шк., 1999. – С. 12-54.
7. Гребенюк Є. І. Технічні засоби інформатизації: Підручник для середовищ. Проф. Освіти / Є.І. Гребенюк, Н.А. Гребенюк.-2-е изд., Стер. - М.: Видавничий центр «Академія», 2005. – С. 22-29.
8. Глушков В. М., Амосов Н. М., Артеменко И. А. Энциклопедия кибернетики. Том 2. Киев, - 1974. – С. 33-54.
9. Гук М. Апаратні засоби ЛВС. Енциклопедія. - СПб: Пітер Ком, 2000. - 840 с.
10. Ермилов В. Т. Международное регулирование применения земных станций спутниковой связи типа VSAT [Текст] / Ермилов В.Т. М.: Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2005, обл., 284 с.
11. Єфімушкін В. А. Технічні аспекти систем супутникового зв'язку «Мережі» - 2000 - №7. - с. 19-24.
12. Камнев В. Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи [Текст] / Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. М.: Мир 2009. – 536 с.
13. Карякин В. Л. Цифровое телевидение: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Солон-Пресс, 2013. – 451 с.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

14. Комашинский В. И. Смирнов Д. А. Внедрение в нейрo-информационные технологии. / В. И. Комашинский, Д. А. Смирнов - СПб, 1999. – С. 33-48.

15. Липунцов Ю. П. Управление процессами. М: Компания АйТи, 2003. – С. 33-42.

16. Лотов А. В., Поспелова И. И. Многокритериальные задачи принятия решений: учеб. пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. – С. 77-89.

17. Малюк А. А., Пазизин С. В., Погожин Н. С. Введение в защиту информации в автоматизированных системах. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 148 с.

18. Невдяев Л. М. Сучасні технології супутникового зв'язку // «Вісник Зв'язки» - 2000 - № 12. - С. 30-39.

19. Невдяев Л. М. Одиссея на середніх висотах «Мережі» - 2000. - № 2. - С. 13-15.

20. Нортон П. Програмно-апаратна організація ІВМ РС. - М.: Радио и связь, 1991.- 328 с.

21. Оліфер В. Г., Оліфер Н. А. Комп'ютерні мережі Принципи, технології, протоколи. СПб.: Видавництво Питер, 2000. – С. 74-82.

22. Поспелов Г. С Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии - М.: Высшая школа, 1988. – С. 129-154.

23. Приймачі та передавачі Ку-діапазона. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://net27.ru/lmb-i-buc.html>.

24. Рамочная антенна. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.irls.narod.ru/ant/ant06.htm>.

25. Растрингин Л. А., Эйдук Я. Ю. Адаптивные методы многокритериальной оптимизации // Автоматика и телемеханика. 1985. - № 1. - С. 5-26.

26. Різниця між ВUC і LNB. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://raditek.com/difference-between-buc-and-lnb>.

27. Серов А. В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 464 с.

28. Системи автоматизації діяльності організації. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://www.in-line.ru/solutions/business\\_appl](http://www.in-line.ru/solutions/business_appl).

29. Советов Б. Я. Информационные технологии / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский - М.: Высшая школа, 2005 – С. 55-63.

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82



30. Тархов Д. А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2010. – С. 65-70.

31. Терехов В. А., Єфімов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейромережні системи керування. - 1-е. - Высшая школа, 2002. - С. 180-184.

32. Уосермен Ф. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика. Переклад українською І. Ю. Юрчак, 2001. – С. 88-94.

33. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений [Текст] / И.Г. Черноруцкий.– СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – С. 388-395.

34. Як обрати ВUC і LNB? [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://sateltech.ru/buc-i-lnb-kak-vybrat-vazhnyuyu-detal-dlya-sistemy-sputnikovoj-sistemy-svyazi>.

35. Ясницький Л. Н. Введення в штучний інтелект. - 1-е. –Видавничий центр «Академия», 2005. - С. 170-176.

36. Altium Designer. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium\\_Designer](https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer).

37. Guttman Antonin. R - trees: a dynamic index structure for spatial searching. ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 1984. – P. 43-52.

38. Magic Quadrant for Data Warehouse and Data Management Solutions for Analytics. URL:<https://www.gartner.com/doc/reprints?id=12ZFFVZ5B&ct=160225&st=s>

39. Moghaddam B. and Pentland A. «Probabilistic Visual Recognition for Object Recognition», Trans. IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence, July 1997. – P. 696–710.

40. Salamon J. A Dataset and Taxonomy for Urban Sound Research / J. Salamon, C. Jacoby, J. Bello. // 22nd ACM International Conference on Multimedia, Orlando USA. – 2014. - P. 17–44.

41. Беспроводні канали зв'язку . [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://studopedia.com.ua/1\\_42915\\_bezprovidni-kanali-zvyazku.html](https://studopedia.com.ua/1_42915_bezprovidni-kanali-zvyazku.html)

42. Схемотехніка супутникового тракту . [Електронний ресурс] - Режим доступу:<https://jak.koshachek.com/articles/pristrij-i-shemotehnika-suputnikovogo-prijmalnogo.html>

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

43. Високостабільні конвертери LNB Вікіпедія. [Електронний ресурс] -  
Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковый\\_конвертер](https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковый_конвертер)

44. Як вибрати найкращий LNB. [Електронний ресурс] -Режим доступу:  
<https://www.norsat.com/blogs/article/how-to-choose-the-best-lnb-for-your-satellite-system>

					ЦЗДВН 8.171.00.10.343 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		