

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ»

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи РТ-23мс
спеціальності 172 – Електронні комунікації та
радіотехніка. ОП- Радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ткачевко А.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., проф., каф. ІРТС

Семенов А.О.

(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

Рецензент: д.т.н., доц., професор каф. ІКСТ

Михалевський Д.В.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«13» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність – 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
Олександр ОСАДЧУК
29.03 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ткачевку Андрію Геннадійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Радіоелектронний охоронно-сигналізаційний пристрій»
керівник роботи Семенов Андрій Олександрович, д.т.н., проф., проф., каф.
ІРТС

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “20”03 2025 року № 97

2. Строк подання студентом роботи 10 06 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: вихідна потужність передавача – 500 мВт;
чутливість приймача 2,5 мкВ; несуча частота 26945 кГц; опір навантаження
50 Ом; напруга живлення 9 В; вид модуляції – амплітудна; номінальна
напруга живлення ($\pm 10 \dots \pm 40$) $\pm 5\%$ В; довговічність – не менше 60 тис. год;
напрацювання на відмову – не менше 32 тис. год

4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасного стану розвитку науки та
техніки за тематикою роботи. Розрахунок структурної схеми
радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою. Електричний
розрахунок. Комп'ютерне моделювання. Охорона праці. Висновки. Список
використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень): Структурна схема автосигналізації “Шериф. Структурна схема
охоронного пристрою “СЕ - 8”. Структурна схема охоронного пристрою типу
“АОС”. Загальна структурна схема пристрою. Схема принципова шифратора.
Схема принципова дешифратора. Вихідний каскад передавача. Схема
вихідного кола та підсилювача радіочастоти. Схема вузла тривожної
сигналізації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., проф., професор каф. ІРТС Семенов А.О.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, доцент, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БКР	14.02.2025-28.02.2025	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2025-19.03.2025	
3.	Розробка завдання на БКР. Затвердження теми.	20.03.2025-25.03.2025	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	26.03.2025-06.05.2025	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2025-18.05.2025	
6.	Розробка ілюстративної частини БКР	19.05.2025-22.05.2025	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2025-25.05.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	26.05.2025-05.06.2025	
9.	Нормоконтроль	07.06.2025-10.06.2025	
10.	Попередній захист БКР, доопрацювання, рецензування БКР	11.06.2025-15.06.2025	
11.	Захист БДР ЕК	16.06.2025-17.06.2025	

Студент


(підпис)

Ткачевко А.Г.

Керівник роботи


(підпис)

Семенов А.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.375

Ткачевко А.Г. Радіоелектронний охоронно-сигналізаційний пристрій. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – 109 с. Українською мовою. Бібліогр.: 32 . назв; Рис.: 16, Табл. 5.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблений радіоелектронний охоронно-сигналізаційний пристрій для контролю стану автомобіля. Розроблено електричну структурну та електричну принципову схеми радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою, топологію друкованої плати. Розроблені блок-схема алгоритму програми. Проведено електричні та конструктивні розрахунки пристрою, а також розрахунок надійності.

Ключові слова: радіоелектронний пристрій, охоронний пристрій, мікроконтролер, бездротовий зв'язок.

ABSTRACT

Tkachevko A.G. Radio-electronic security and signalling device. Bachelor's qualification work. - Vinnytsia: VNTU, 2025. 109 p. In Ukrainian. Bibliography: 32. titles; Figures: 16. Tables 5.

In this bachelor's thesis, an electronic security and alarm device for monitoring the condition of a car was developed. The electrical structural and electrical schematic diagrams of the radio-electronic security and signalling device, the topology of the printed circuit board were developed. The block diagram of the program algorithm is developed. The electrical and constructive calculations of the device, as well as the calculation of reliability, were carried out.

Keywords: Radio-electronic device, security device, microcontroller, wireless communication.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ НАУКИ ТА ТЕХНІКИ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ	12
1.1 Встановлення змісту технічної проблеми	12
1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми та аналіз аналогів	20
1.3 Аналіз структурних схем побудови сигналізації для автомобіля	21
2 РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ	26
2.1 Обґрунтування вибору типу та розроблення загальної структурної схеми	26
2.2 Розрахунок структурної схеми передавальної частини радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою	28
2.3 Розрахунок структурної схеми приймальної частини радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою	33
2.4 Вибір способу побудови основних вузлів розроблюваного пристрою	42
3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК	48
3.1 Електричний розрахунок вихідного каскаду передавача	48
3.2 Електричний розрахунок схеми виходу передавача	53
3.3 Електричний розрахунок збуджувача передавача	56
3.4 Електричний розрахунок вузла комутації напруги живлення	60
3.5 Електричний розрахунок вхідного кола та підсилювача радіочастоти приймача	63
3.6 Розрахунок перетворювача частоти приймача	70
3.7 Електричний розрахунок вузла тривожної сигналізації.....	73
4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	79

5.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	80
5.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	84
5.3	Пожежна безпека.....	90
	ВИСНОВКИ.....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
	Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал.....	98
	Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) кваліфікаційної роботи.....	108

ВСТУП

Актуальність теми.

Проблема забезпечення надійної охорони важливих державних та промислових об'єктів, а також особистого майна громадян (квартир, гаражів, автомобілів) є у теперішній час надзвичайно важливою в зв'язку з ростом злочинності, який виник через спад виробництва і погіршення зайнятості населення, а також наплив нелегальних мігрантів і т.і.

Одним з шляхів розв'язання цієї проблеми є розробка, промисловий випуск і широке впровадження в експлуатацію електронних охоронних пристроїв та систем, які, для забезпечення власної конкурентоздатності, мають бути не тільки на рівні, а й кращими за технічними параметрами від виробів провідних зарубіжних фірм.

Сучасні технічні засоби охорони залежно від призначення (охорона відкритих територій або приміщень) працюють на основі різних фізичних принципів і на основі сучасної електронної елементної бази. Для охорони територій за периметром широко використовуються радіопроменеві охоронні пристрої та променеві пристрої інфрачервоного випромінювання, пристрої на електричних кабелях та лініях витікаючої хвилі. Для охорони замкнених об'єктів, приміщень та автомобілів використовуються ультразвукові, інфрачервоні та радіохвильові технічні засоби охорони.

Одним з основних завдань проектування сучасних охоронних пристроїв є підвищення надійності їх роботи в складних умовах експлуатації, зменшення до мінімуму кількості хибних спрацювань за тривалий період експлуатації при забезпеченні високих технічних даних.

Аналіз сучасного стану за тематикою роботи.

Для розв'язання цих завдань за аналогією до радіолокаційних та навігаційних систем, в яких також розв'язуються питання виявлення рухомих об'єкта, в охоронних системах використовуються складні сигнали з різними видами модуляції, сучасні методи аналогової та цифрової обробки сигналів, а

також останні досягнення в галузі використання цифрової фільтрації сигналів та мікропроцесорної техніки.

Для радіохвильових технічних засобів охорони актуальним є питання забезпечення електромагнітної сумісності, завадостійкості та завадозахищеності, також скритості (таємності) дії.

Для забезпечення цих вимог потужності випромінювання мають бути невисокими. Для забезпечення великої дальності дії потрібно збільшувати підсилення прийнятих сигналів, що можливо за наявності модуляції в робочому (зондувальному) сигналі. Тому розроблення радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою із системою зв'язку, яка працює в безліцензійному діапазоні, тобто на частоті 26945 кГц, можна вважати доцільною та актуальною. Розробкою та виробництвом приладів такого класу займаються багато західноєвропейських, американських, корейських та японських фірм (ASPO, ANTIL, Toshiba і ті.) та підприємств України. У виробництві даного охоронного пристрою необхідно спиратися на досвід західних колег і врахувати їхні останні найперспективніші технічні та технологічні розробки і конструкторські рішення, удосконаливши які можливо створити конкурентоздатний продукт як для внутрішнього, так і для зовнішнього ринків.

Метою роботи є розроблення та дослідження нового варіанту радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою.

Об'єктом дослідження є процес перетворення сигналів датчиків радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою для контролю стану в інформацію про його поточний стан.

Предмет дослідження – електричні та конструктивні параметри і характеристики радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою.

Для досягнення поставленої мети в бакалаврській кваліфікаційній роботі будуть розв'язані такі задачі:

- здійснити аналіз сучасних досягнень;
- обрати та обґрунтувати структурну схему пристрою;

- розробити блок-схему алгоритму роботи;
- здійснити електричні розрахунки каскадів пристрою;
- здійснити комп'ютерне моделювання;
- виконати розділ безпеки життєдіяльності.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні: елементів теорії електричних кіл і сигналів, теорії мікропроцесорів і цифрового оброблення сигналів, елементів теорії математичного та комп'ютерного моделювання.

Новизна одержаних результатів:

- 1) Отримав подальший розвиток метод модульної побудови інформаційно-вимірювальних систем.
- 2) Нова структурна схема та конструкція варіанту радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою для контролю стану автомобіля.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ НАУКИ ТА ТЕХНІКИ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ

1.1 Встановлення змісту технічної проблеми

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розробляється радіоелектронний пристрій контролю стану автомобіля. Однак він може застосовуватися і для охорони інших об'єктів, таких як гаражі, дачі, сараї, квартири і т.п. Розглянемо деякі питання, які виникають в наш час при виборі такого пристрою.

Перед проблемою вибору сигналізації постає кожен, хто тільки-но придбав автомобіль. І марка або рік випуску машини тут не мають значення - будь-то власник нової іномарки або старенького вітчизняного автомобіля – всі хочуть захистити свою машину від недоброзичливців.

Функції будь-якої охоронної системи можна умовно розділити на дві категорії:

Охоронні. Покликані забезпечити охорону автомобіля від посягань і викрадення, а також Ваш захист. При виборі сигналізації потрібно, в першу чергу, оцінювати набір її охоронних функцій.

Сервісні. Служать для забезпечення комфорту і створення додаткових зручностей. Приємно, звичайно, коли одразу після зняття системи з охорони в салоні загоряється світло, але набір сервісних функцій не є визначальним при виборі системи і визначається Вашими пристрастями і можливістю додаткових витрат на забезпечення комфорту.

Постановка на охорону з закриттям дверей – досить зручно, не потрібно окремо закривати двері і потім ставити систему на охорону, неможна також забувати закривати котрусь із дверцят. Як правило, ця функція є у всіх сучасних сигналізаціях. Для реалізації цієї функції автомобіль повинен бути обладнаний пневмо або, що частіше зустрічається, електроприводами замків дверцят. Якщо автомобіль обладнати повністю – то

при постановці на охорону будуть закриватися також багажник і кришка бензобака.

Постановка на охорону з підняттям скла – також зручно, не потрібно перевіряти, чи все скло закрите. Для реалізації – автомобіль повинен бути обладнаний електросклопідйомниками і блоком управління склопідйомників, який і буде з'єднаний з охоронною системою. Відсутність блоку управління не дозволить реалізувати цю функцію, але його, як і склопідйомники у випадку їх відсутності, можна встановити додатково.

Зняття з охорони з відкриванням дверей – досить логічно, якщо Ви зняли автомобіль з охорони, то зручно одразу ж в нього сісти і поїхати, а не возитися із замком дверцят. При відповідному обладнанні автомобіля також відкриваються багажник і кришка бензобака.

Можливість безшумної постановки і зняття з охорони необхідна, якщо Ви паркуєте машину в дворі житлового будинку, приїздите посеред ночі і при цьому не хочете накликати на себе гнів сусідів. Відключення звукового підтвердження в різних системах може бути постійним (шляхом програмування системи) і тимчасовим (шляхом послідовного натиснення на брелок декількох кнопок або їх поєднання).

Дистанційне відкривання багажника зручне, якщо Ви підходите до автомобіля, наприклад, з покупками в руках – не потрібно возитися з ключами – натискання на кнопку і кришка багажника відкривається. При цьому, в залежності від системи або програмування системи, автомобіль може залишатися на охороні. Для реалізації функції необхідний привід замка багажника.

Управління підсвіткою салону – штатне освітлення салону стикується з сигналізацією і дозволяє вмикати світло в салоні одразу ж при знятті автомобіля з охорони.

Постановка на охорону з затримкою – система автоматично. Через заданий проміжок часу після закінчення поїздки (вимкнення запалювання) ставить автомобіль на охорону. Корисно для забудькуватих власників.

Автопостановка – запобігає випадковому відключенню системи. Якщо система була випадково знята з охорони (випадкове натискання на кнопку брелка), але при цьому не відкривалась жодна з дверцят або багажник, система по закінченні заданого проміжку часу сама встановиться на охорону.

Постановка на охорону після закриття дверцят або багажника. Після вимкнення запалювання система автоматично встає на охорону після закриття останньої дверцят або багажника. Дозволяє не приймати ніяких дій по закінченні поїздки. Потрібно просто вийти із машини і захлопнути дверцята – система сама встановиться на охорону. Для реалізації функції автомобіль повинен бути обладнаний кінцевими вимикачами дверей і багажника.

Управління за допомогою брелка-мітки. Дозволяє системі ідентифікувати присутність власника, а також управляти системою брелка-мітки.

Зняття з охорони при наближенні до автомобіля – функція, яка реалізується за допомогою брелка-мітки або карти-мітки. Не треба приймати ніяких мір, якщо Ви наблизились до автомобіля – дверцята відкриваються і система автоматично буде знята з охорони.

Закривання дверцят під час поїздки дозволяє убезпечити Вас від проникнення небажаних персон. Також запобігає випадковому відкриттю дверей пасажирами, зокрема дітьми.

Можливість постановки на охорону з працюючим двигуном – дозволить прогрівати автомобіль, не сидячи в ньому. Також може виявитися корисним, якщо в зимовий час Вам необхідно відійти залишивши дитину в салоні – дозволяє не вимикати двигун і підтримувати салон теплим.

Дистанційний запуск двигуна – безсумнівна радість усіх автовласників у зимову пору. Ця функція зазвичай розширена можливістю запуску двигуна у визначений час (прогрів перед поїздкою) або через визначені проміжки часу (постійна готовність до поїздки).

Режим довготривалого відключення системи (режим Valet) зручний, якщо Ви передаєте машину в сервіс. Сигналізація не буде перешкоджати виконуваним роботам в той же час Вам не потрібно буде розказувати яка система у Вас стоїть і пояснювати, як з нею поводитись, а також не буде необхідності передавати брелок в чужі руки.

Режим вимушеного увімкнення звукової і світлової сигналізації (режим “Паніка” або “Пошук”) дозволяє вимушено увімкнути сирену і світлову сигналізацію і тим самим відлякати помічених недоброзичливців або допоможе знайти машину на щільній парковці.

Екстренне відключення системи буває необхідне у випадку втрати або несправності брелка (наприклад сіла батарейка). В залежності від виробника, відключення системи може здійснюватися ключем, електронним ключем, секретним вимикачем, секретним кодовим вимикачем.

Захист від насильницького усунення від управління автомобілем (anti-hijack) є необхідним, якщо пасажери Вашої машини являються чужими людьми. Також захистить Вашу машину від викрадення просто при розбійному нападі під час поїздки (наприклад при зупинці на світлофорі в безлюдному місці).

Можливість постановки на охорону з відключенням датчиків дозволяє залишити пасажирів (або тварин) в салоні і при цьому поставити автомобіль на охорону.

Можливість постановки на охорону з відключенням несправного датчика дозволяє, у випадку несправності датчика, тим не менше задіяти всі інші і взяти автомобіль під охорону. В такій ситуації система як правило так або інакше сповіщає, що якщо несправний датчик.

Автовідключення несправного датчика позбавить Вас від гнівання сусідів – система не буде спрацьовувати постійно, а просто відключить несправний датчик.

Тривалість імпульсу на закривання замків дверей може регулюватися в залежності від встановлюваної системи. Не забувайте голову цифрами

тривалості, просто, отримуючи машину після установки сигналізації, переконайтесь, що всі замки дверей впевнено закриваються і відкриваються при постановці або зняті з охорони.

Захист від заміни центрального блоку також немало важливий.

Дійсно, якщо злочинець замінить центральний блок сигналізації на свій (тієї ж системи) – чи зможе він вкрати автомобіль? Різні виробники по різному вирішують цю проблему. Деякі рекомендують встановлювати центральний блок в таємному місці.

Захист від падіння напруги в бортовій мережі змушує систему спрацьовувати при будь-якій, навіть незначній зміні напруги. Наприклад, при несанкціонованому увімкненні запалювання або навіть від включення салонної лампочки.

Індикація причин спрацьовування дозволяє Вам дізнатись, що виявилось причиною спрацювання системи у Вашу відсутність.

Сенсор удару звичайно містить будь-яка система. Добре, якщо в датчику є зона, як вмикає спочатку попереджувальний сигнал, при несильному впливу. Система ж спрацьовує тільки при повторному або більш сильному впливу.

Сенсор об'єму може бути мікрохвильовим або ультразвуковим. Служить для забезпечення безпеки внутрішнього об'єму автомобіля. До речі, саме сенсори об'єму дозволяють забезпечити безпеку автомобілів типу “кабріолет”.

Число зон охорони або, іншими словами, кількість причин, які призводять до спрацювання сигналізації.

Число зон попередження або, іншими словами, кількість причин, які призводять до подачі системою попереджувального сигналу.

Можливість підключення додаткових пристроїв – у випадку відсутності, можливість підключення приводу управління багажником, блоку управління скло підйомниками. Можливість підключення додаткових

датчиків буде корисна, якщо Вас не влаштовує якість або кількість датчиків, які йдуть в стандартній поставці системи.

Можливість підключення пейджера необхідна для підключення пейджера до системи, не вкомплектованою пейджером. Контроль радіозв'язку з пейджером дозволяє знати, чи знаходиться пейджер в зоні прийому і, відповідно, чи буде пейджер сигналізувати, у випадку спрацьовування системи.

Автономне живлення системи, а також можливість його підключення. Систему з автономним живленням неможна відключити знявши клему з акумулятора.

Важливе значення в плані стабільної, надійної і довготривалої експлуатації має елементна база з якої власне і складається пристрій дистанційного контролю стану автомобіля. Так, сучасний підсилювач має володіти низьким коефіцієнтом частотних спотворень, низьким коефіцієнтом гармонік, забезпечувати необхідну потужність при оптимальному ККД (максимально можливому).

Дослідження останніх років показали, що на характер підсилення потужності значний вплив мають спотворення та підстройки коливальних контурів. Виникають вони у вихідних каскадах на біполярних транзисторах, працюючих в режимах АВ, В з відтином струму.

Ймовірність динамічних інтермодуляційних спотворень в широкосмугових підсилювачах може бути зведена до мінімуму при дотримуванні під час проектування трьох умов: узгодження максимальної швидкості зміни вихідної напруги зі спектром вхідного сигналу, встановлення на виході широкополосного підсилювача ФНЧ та введення корекції по випереджуванні в коло загального ВЗЗ широкосмугового підсилювача.

Крім тих проблем, які поки не вирішені існує ряд проблем на даному етапі:

1) існують системи, які за якістю цілком задовільняють споживачів, але вартість таких систем значна;

2) при незначному покращенні якості вартість зростає. Ця невідповідність змушує виробників шукати компроміси між вартістю та якістю;

3) особливості конструкцій промислових зразків містять в собі протиріччя, які компромісно вирішуються конструкторами.

В результаті проведення аналізу схем вихідних каскадів з'явився визначений підхід до конструювання транзисторних підсилювачів потужності. Притримуючись його при виготовленні ми маємо можливість уникнути неприємностей при їх настройці і експлуатації. Основні положення цього підходу:

1) потрібно використовувати транзистори, які спеціально виготовлені для лінійного підсилення в смузі частот 1,5...30 МГц;

2) вихідна потужність пристрою не повинна перевищувати максимального значення потужності одного транзистора двохтактного;

3) каскади попереднього підсилення повинні працювати в режимі А;

4) транзистори для двохтактних каскадів потрібно обов'язково підбирати попарно;

5) монтаж повинен бути жорстким, а виводи елементів повинні мати мінімальну довжину;

6) економія на блокувальних конденсаторах і розв'язуючих колах негативно відображається на стійкості роботи підсилювача в цілому;

7) не можна перевищувати ні один із гранично допустимих параметрів;

8) під час попередньої настройки потрібно використовувати безіндукційне навантаження у вигляді еквівалентного опору 50-75 Ом відповідної потужності, але в ніякому випадку не електролампочку, як це роблять при настройці лампового.

Розробка нових принципів побудови дає можливість вирішити існуючі конструктивні і економічні протиріччя. Виникла потреба створення підсилювача, якість відтворення і надійність якого при експлуатації пропорційно залежить від його вартості, а також принцип його побудови дає можливість вирішити існуючі протиріччя, що виникають при забезпеченні його якісних показників. Суть підходу полягає у використанні модуляції по живленню для підвищення коефіцієнта корисної дії каскаду попереднього підсилення в режимі роботи класу А і забезпеченні безпідстроєчної роботи кінцевого каскаду. Оскільки значна вихідна потужність пов'язана з великою витратою потужності джерела живлення. В цьому випадку якраз і набуває великого значення такий параметр, як коефіцієнт корисної дії. Високий ККД найбільш потрібний в транзисторних каскадах у яких економічність має першорядне значення.

Підсилювачі потужності в деяких випадках будуються на електричних лампах за простими схемотехнічними рішеннями. В цьому випадку досягається висока якість підсилення сигналу за рахунок оптимального вибору режимів активного елемента, який як правило працює в режимі класу А, а також застосуванням високоякісної дорогої елементної бази. Але такі підсилювачі мають недоліки: дуже дорогі, споживають велику потужність.

Пристрої побудовані за традиційним схемотехнічним рішенням: двотактний вихідний каскад працює в режимі класу АВ і В, корекція нелінійних спотворень проводиться за допомогою введення від'ємного зворотнього зв'язку.

На сучасному етапі розвитку техніки існує безліч видів автосигналізацій як вітчизняного, так і зарубіжного виробника. Якщо відкинути зарубіжні аналоги і орієнтуватися лише на вітчизняного виробника, то проблема полягає в тому, що майже всі вітчизняні автосигналізації виконують лише одну функцію: вони або передають сигнал тривоги в оточуючий простір або безпосередньо сповіщають власника автомобіля про проникнення в нього. Також вони мають малий радіус дії.

Гостро стоїть проблема в тому, що приймач радіоканалу може увімкнутися від стороннього сигналу і подати хибний сигнал тривоги.

1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми та аналіз аналогів

Існує ряд способів вирішення технічної проблеми. Можливо модернізувати існуючі автосигналізації з радіоканалом завдяки використанню нових схемних рішень, збільшивши їх радіус дії та ввівши функцію кругового оповіщення. Але це може привести до погіршення існуючих параметрів сигналізації, наприклад зниження чутливості приймача, що збільшить кількість хибних сигналів тривоги. Можливо модернізувати сигналізації кругової дії введенням до їх складу радіоканалу. Але не всі сигналізації кругової дії придатні до введення радіоканалу, бо в більшості з них за основу покладена електромеханічна дія. Також можливо взяти за основу закордонну автосигналізацію і перевести її на вітчизняну елементну базу. Але немає впевненості, що вона не втратить своїх технічних показників.

При виборі аналогу були розглянуті і порівняні параметри як вітчизняних так і зарубіжних зразків. Розглядаючи зарубіжні зразки, параметри яких є прийнятними, зупинились на питанні їх ціни, яка порівняно з вітчизняними зразками значно перевищує можливості придбання пересічного автовласника. Тому враховуючи фактор “ціна – якість (технічні характеристики)” обираємо з існуючих вітчизняних зразків з радіоканалом автосигналізацію “Сигнал – 19”, параметри якої більш-менш відповідають вимогам, що ставляться до проектного пристрою. Цей пристрій ми вибираємо аналогом для пристрою, що проектується. Основними недоліками цього пристрою є мала потужність передавача, та мала чутливість приймача, що приводить до зменшення радіусу дії охоронного пристрою. Також приймальна частина цього пристрою може увімкнутися від стороннього сигналу, який може з’явитися в радіоефірі. В проектованому пристрої заплановано збільшити потужність передавача та чутливість приймача для

збільшення радіусу дії пристрою, ввести в передавальній частині шифратор для формування шифроімпульсу сигналу тривоги і дешифратора в приймальній частині для розпізнавання цього сигналу і виключення появи хибного сигналу тривоги.

Характеристики аналогу та очікувані характеристики проектного пристрою наведені в таблиці 1. 1.

Таблиця 1. 1 - Порівняльні характеристики

	Аналог	Розробка
Потужність передавача, мВт	400	500
Чутливість приймача, мкВ	1,5	2,5
Радіус дії, км	0,3...0,5	до 1,5
Наявність шифратора і дешифратора	-	+
Напруга живлення, В	9(12)	9(12)
Вартість пристрою для споживача, грн.	820	795

1.3 Аналіз структурних схем побудови сигналізації для автомобіля

Виходячи з огляду аналогів пристроїв, які розробляються і аналізу літератури [1], усі автомобільні охоронні пристрої будуються по загальній структурі зображених на рисунку 1.1.

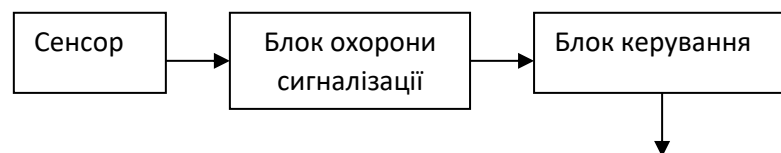


Рисунок 1.1- Структура побудови автосигналізації до електрообладнання автомобіля

Призначення сенсорів очевидне. Блок охоронної сигналізації, по суті, являється блоком автоматики, який аналізує стан сенсорів і формує необхідні

часові інтервали та затримки. Блок керування виконує функції керування і спрацювання пристрою з електрообладнанням автомобіля. Варіанти побудови і структура самих блоків може бути різноманітною. Розглянемо деякі з них. На рисунку 2.2 зображено структуру автосигналізації "Шериф".

Тут у якості сенсорів використовуються дверні контакти освітлення салону. Для формування затримки спрацювання і часу сигналу тривоги цифровим методом служить лічильник 3, який при замкненні одного з датчиків з затримкою 15 - 20 с, повинен сформувати імпульс тривалістю біля 1 хв. Для роботи лічильника 9 необхідна наявність тактового генератора, роль якого може виконувати НЧ генератор сигналу тривоги 8.

Якщо використовувати схему складання 10 N-го, (N - 1)-го розрядів двійкового лічильника, то при періоді імпульсів генератора 8

$$T = \frac{80}{(2N + 1)}, c$$

на виході схеми складання можна отримати імпульс тривалістю 1 хв. з затримкою 20 с.

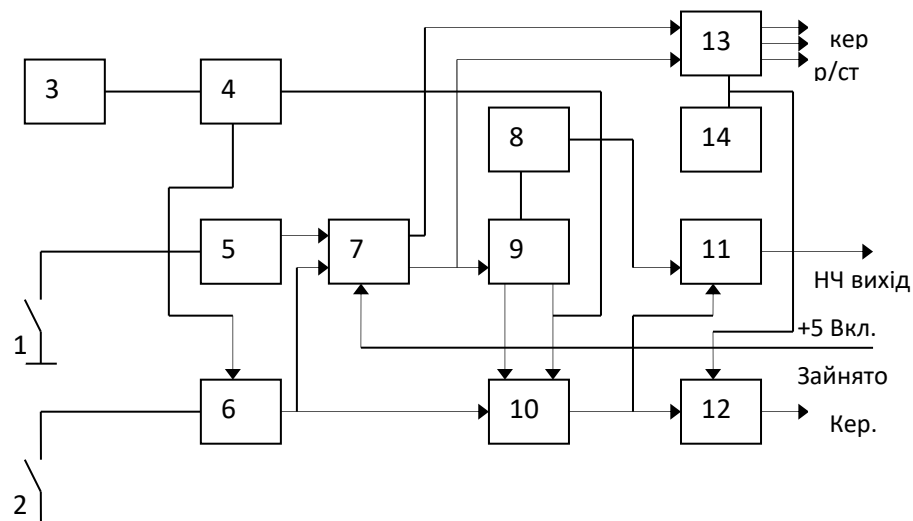


Рисунок 1.2 – Структурна схема автосигналізації "Шериф"

Спрацювання одного з сенсорів при зайнятому радіоканалі не повинно приводити до виходу пристрою в ефір, а лише має бути зафіксовано до звільнення каналу зв'язку. З цією метою в структурі присутні тригери 5, 6

і схема аналізу стану сенсорів і каналу зв'язку 7.

Вузол затримки 3 повинен блокувати роботу тригерів 5 і 6 до переходу пристрою в черговий режим. Для цього в момент включення живлення він повинен сформувати імпульс 15-20 с. Вузол керування радіостанцією 13, який керується вузлом 7, повинен реалізувати необхідний алгоритм роботи охоронного пристрою.

Для роботи вузла керування радіостанцією 13 необхідна наявність імпульсів тривалістю біля 1с. Для їх формування в структурі пристрою передбачено генератор секундних імпульсів 14. Вузол керування сигналом автомобіля 12 повинен вмикати сигнал тільки при наявності на його входах імпульсів зі схеми складання 10 і генератора 14.

На рисунку 1.3 зображена структурна схема охоронного пристрою "СЕ - 8".

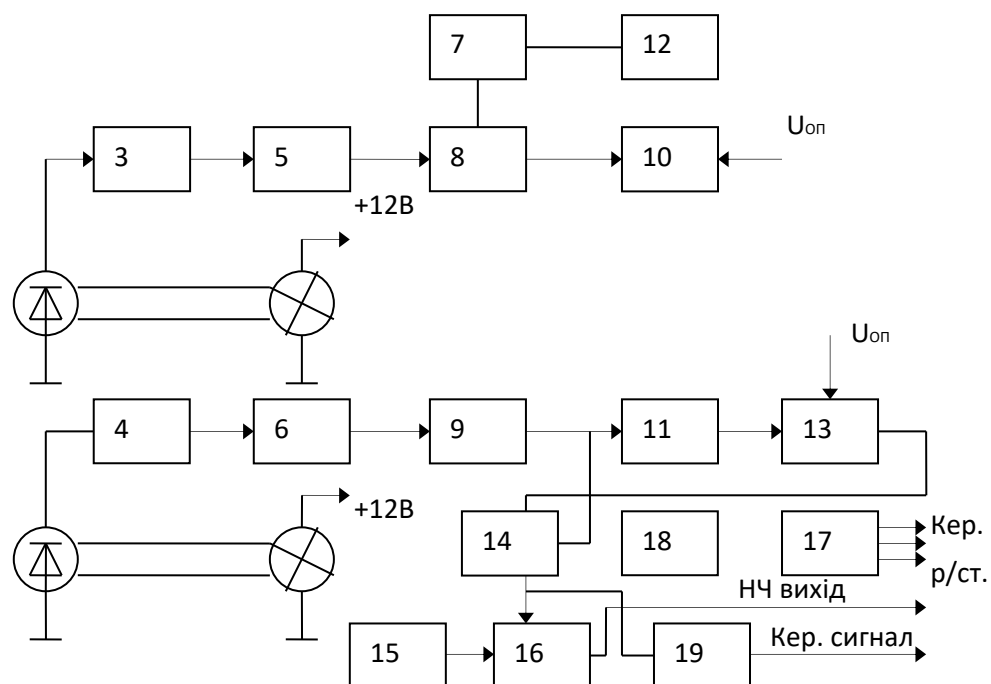


Рисунок 1.3 - Структурна схема охоронного пристрою "СЕ - 8":

- 1, 2 - оптичні давачі;
- 3, 4 - підсилювач постійного струму;с
- 5, 6 - ключові пристрої;
- 7 - схема затримки переходу пристрою в черговий режим;

- 8, 9 - тригери;
- 10 - схеми затримки сигналу "водійського датчика";
- 11 - схема аналізу стану давачів і каналу зв'язку;
- 12 - вузол формування сигналу тривоги;
- 14 - схеми складання;
- 15 - НЧ генератор сигналу тривоги;
- 16 - ключ;
- 17 - вузол керування радіостанцією;
- 18 - генератор секундних імпульсів;
- 19 - вузол керування сигналами автомобіля.

ППС 3 і 4 повинні забезпечувати підсилення сигналів датчиків 1, 2 до рівня потрібного для керування ключами 5, 6 які в свою чергу керують роботою тригерів 8, 9. Коефіцієнт їх підсилення залежить від типу застосованих сенсорів (фотоелементів). Схема затримки 7 повинна формувати імпульс тривалістю 15 - 20 с. і може представляти собою RC - коло. Тривалість імпульсу (для вузла 10 повинна складати 15 - 20 с, а для 13 - близько 1 хв.

Охоронний пристрій типу "АОС" зображено на рисунку 2.4.

Вузол 9 може представляти собою очікувальний мультівібратор, побудований як на транзисторах, так і на мікросхемах. Тривалість формованого імпульсу повинна складати біля 1 хв.

Пороговий пристрій 3, керуючи тригером повинен регулювати на перевищення рівня вібрації чи шуму вище заданого рівня. Схема 5 крім функції аналізу каналу зв'язку на час 15 - 20 с. з моменту включення живлення повинна попереджувати спрацьовування тригера 4.

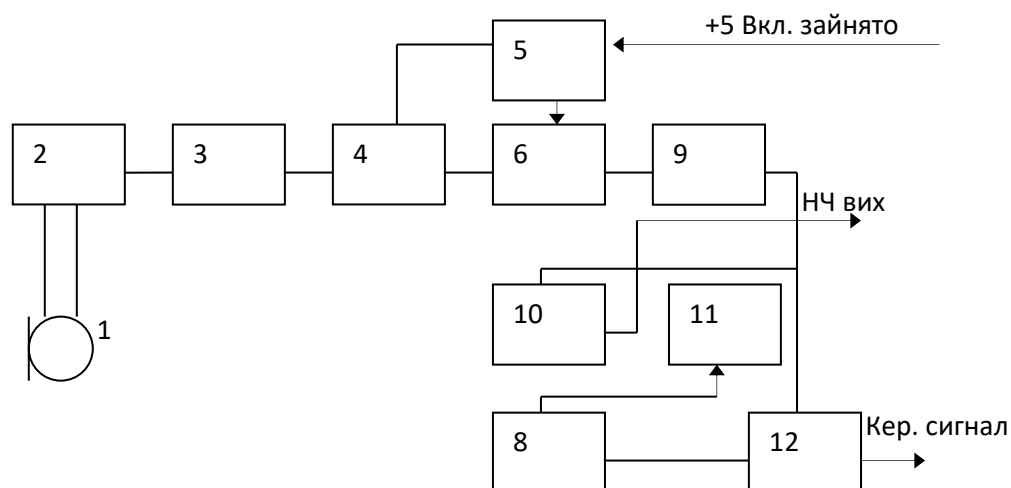


Рисунок 1.4 - Структурна схема охоронного пристрою типу "АОС":

- 1 - акустичний давач;
- 2 - підсилювач;
- 3 - пороговий пристрій;
- 4 - тригер;
- 5 - схеми аналізу стану каналу зв'язку;
- 6-ключ;
- 7 - НЧ генератор сигналу тривоги;
- 8 - генератор секундних імпульсів;
- 9 - вузол формування тривалості сигналу;
- 10 - ключ;
- 11 - вузол керування сигналом автомобіля.

2 РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Обґрунтування вибору типу та розроблення загальної структурної схеми

При фазовій модуляції миттєва фаза несучої змінюється пропорційно миттєвій модулюючого сигналу. Це призводить до зміни несучої частоти ω_n . Фазова модуляція часто використовується в одній системі з частотною модуляцією, так як прийом та детектування обох ідентичні. Функціональні схеми передавача та приймача з фазовою модуляцією майже такі ж як і для амплітудної модуляції. Ширина смуги частот фазової модуляції значно ширше, а несуча частота значно вище (100 МГц та більше). Більш широка смуга частот призводить до більш вірних вихідних звукових сигналів, так що звуки з частотами вище 5 кГц повинні передаватися системами ФМ. В приймачах з фазовою модуляцією інколи використовується подвійне гетеродинирування з двома проміжними частотами – 5 МГц і 455 кГц. В залежності від індексу ФМ розрізняють вузькосмугову модуляцію з $m_{фм} \ll 1$ та широкосмугову модуляцію з великими значення індексу $m_{фм}$. При вузькосмуговій модуляції ширина спектра ФМ-сигналу наближається до ширини спектра амплітудно-модульованого (АМ) сигналу, а при широкосмуговій модуляції набагато більша за ширину спектра АМ-сигналу, що є недоліком ФМ. Однак перевагою широкосмугової ФМ є висока завадостійкість, значно більша, ніж при АМ, оскільки фаза сигналу менше піддається впливу завад, ніж амплітуда.

При частотній модуляції (ЧМ) амплітуда модулюючої напруги залишається постійною, а частота ω_0 несучої частоти. Основною перевагою широко смугової ЧМ є висока завадозахищеність, значно більша ніж при АМ, так як частота сигналу менше піддана дії завад, ніж амплітуда. ЧМ – коливання складаються з несучої і бічних смуг аналогічно АМ, існує лише

одне розходження: при ЧМ існує величезна кількість бічних смуг, котрі пов'язані дуже тісним відношенням з індексом модуляції. Бічні смуги ж зв'язані лише з частотою сигналу, що модулює, а не з девіацією частоти $\Delta\omega_n$.

Тому частотна модуляція вимагає достатньо великої ширини смуги частот, а маючи такі широкі бічні смуги потребує застосування на відносно високій частоті, що інколи ускладнює можливість реалізації, а отже і вартість передавальної апаратури. Хоча при цьому швидкість передавання в ЧМ залишається достатньо високою, і становить близько $0,5 - 1$ біт•с/Гц.

З якісного боку амплітудна модуляція (АМ) може бути визначена як зміна амплітуди несучої пропорційно амплітуді сигналу, що модулюється. При АМ модулюючий сигнал діє на постійну амплітуду коливань високочастотного носія до якої буде додаватись деяка змінна, що змінюється пропорційно до модулювального сигналу. Часова діаграма АМ сигналу симетрична відносно осі часу. Верхня обвідна сигналу повністю повторює нижню обвідну. Коефіцієнт АМ характеризує глибину АМ (величину зміни обвідної). Тому при АМ не вдається забезпечити широкий динамічний діапазон передавальних сигналів. Окрім того, при АМ доля потужності обох бічних складає невелику частину потужності немодульованого носійного коливання. Навіть при 100%-вій модуляції АМ доля потужності обох бічних становить 50% потужності носійної, що призводить до неефективного використання потужності передавача. Але на базі АМ можна створити ефективніші види модуляції (БМ,ОСМ). Сама ж АМ відрізняється простотою реалізації.

Розглянувши і проаналізувавши структури аналогів і однотипних пристроїв можна зробити висновок що радіоелектронний засіб контролю стану автомобіля буде містити такі основні функціональні блоки (рисунок 2.1)

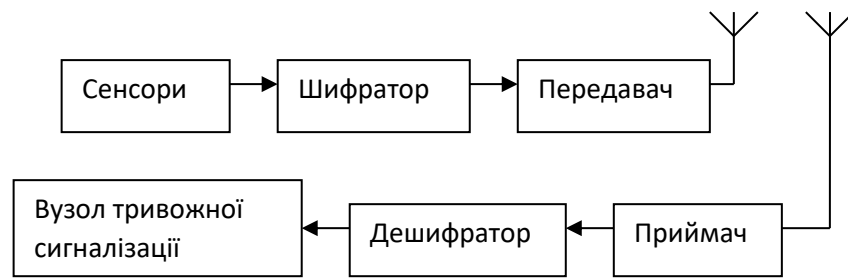


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема пристрою

2.2 Розрахунок структурної схеми передавальної частини радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою

Технічні вимоги до передавача включають різноманітні, різні за характером та чисельними значеннями вимоги в залежності від його призначення, умов використання, корисної потужності, діапазону робочих частот і т.д.

В передавальний блок входять власне: автосторож з необхідним набором сенсорів, шифратор і передавач. Цей блок монтують на автомобілі. Джерелом живлення може бути як бортова акумуляторна батарея, так і власне вмонтована батарея.

Радіопередавач системи охоронної сигналізації з амплітудною маніпуляцією виконаємо за такою структурною схемою (рисунок 2.2)

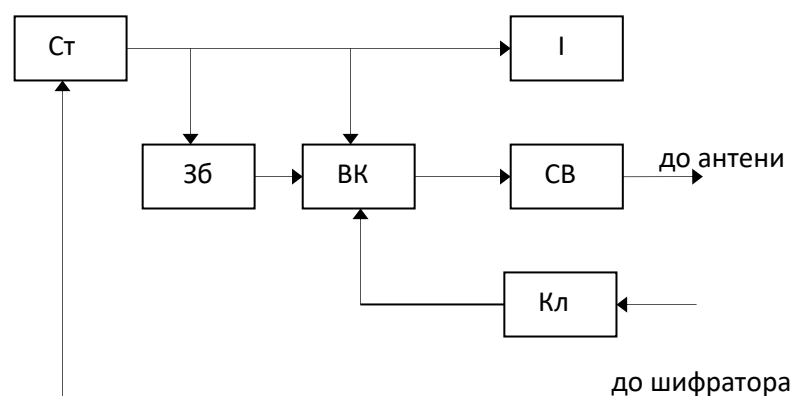


Рисунок 2.2 - Структура передавача радіоелектронного засобу контролю стану автомобіля

де Ст – стабілізатор;
 Зб – збуджувач;
 ВК – вихідний каскад;
 СВ – схема виходу;
 І – індикатор;
 Кл – ключ.

Збудження несучої частоти 26945 кГц відбувається у кварцовому генераторі на третій гармоніці кварцового резонатора. Вихідний каскад підсилює коливання до необхідного значення потужності. Амплітудна маніпуляція відбувається у вихідному каскаді за допомогою транзисторного ключа. Схема виходу забезпечує узгодження з антенно-фідерним трактом та подавляє поза смугові випромінювання. Блок радіопередавача живиться через стабілізатор. У час коли пристрій не передає сигналів живлення передавача вимикається. Активність передавача сигналізує світлодіодний індикатор.

Вибраний варіант маніпуляції у вихідному каскаді забезпечує більшу швидкодію ніж маніпуляція у колі задаючого генератора. Оскільки завдяки високій добротності кварцового резонатора такий генератор повільно виходить на робочий режим.

Розрахуємо необхідну вихідну потужність на виході вихідного підсилювального каскаду враховуючи ККД схеми виходу $\eta = 0,9$

$$P_{вих} = \frac{P_{ном}}{\eta}, [Вт], \quad (2.1)$$

$$P_{вих} = \frac{0,025}{0,9} = 0,028 (Вт).$$

Розрахунок передавачів з амплітудною модуляцією проводять у максимальному режимі. При цьому вихідна потужність вихідного каскаду повинна складати [5]

$$P_{1max} = P_{1T} \cdot (1+m)^2, [Вт], \quad (2.2)$$

де P_{1T} - потужність у телеграфному режимі;

m - коефіцієнт модуляції;

$$P_{1\max} = 0,028 \cdot (1+1)^2 = 0,11 (Bm).$$

Розрахуємо потужність, що розсіюється на колекторі транзистора вихідного каскаду, при його роботі у режимі класу С з ККД $\eta = 60\%$

$$P_K = \frac{P_{1\max} \cdot (1-\eta)}{\eta}, [Bm], \quad (2.3)$$

$$P_K = \frac{0,11 \cdot (1-0,6)}{0,6} = 0,073 (Bm).$$

Використовуємо у вихідному каскаді транзистор типу КТ645А з такими параметрами [3]:

коефіцієнт передачі за струмом в схемі з СЕ - 110;

гранична частота - 200 МГц;

ємність колекторного переходу - 5 пФ;

максимально допустимі параметри:

постійна напруга колектор - база - 60 В;

постійна напруга колектор - емітер - 60 В;

постійний струм колектора - 0,3 А;

потужність, що розсіюється на колекторі - 0,5 Вт.

Розрахуємо максимальну робочу частоту транзистора за коефіцієнтом передачі по струму [2]

$$fh_{21e} = \frac{m \cdot f_{cp}}{1 + fh_{21e}}, [M\Gamma\text{ц}], \quad (2.4)$$

$$fh_{21e} = \frac{1,3 \cdot 200 \cdot 10^6}{1 + 110} = 2,34 (M\Gamma\text{ц}).$$

Розраховуємо коефіцієнт передачі транзистора за струмом на робочій частоті [2]

$$fh_{21e} f_p = \frac{fh_{21e}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_p}{fh_{21e}}\right)^2}}, \quad (2.5)$$

$$fh_{21e} f_p = \frac{110}{\sqrt{1 + \left(\frac{26945 \cdot 10^3}{2,34 \cdot 10^6}\right)^2}} = 9,5$$

Розрахуємо коефіцієнт передачі каскаду за потужністю

$$K_p = 0,3 \cdot (h_{21e} f_p)^2, \quad (2.6)$$

$$K_p = 0,3 \cdot 9,5^2 = 27,1$$

Розрахуємо потужність, необхідну для збудження вихідного каскаду

$$P_{зб} = \frac{P_{1\max}}{K_p}, [mBm] \quad (2.7)$$

$$P_{зб} = \frac{0,11}{27,1} = 4,1 (mBm).$$

Розрахуємо потужність, що розсіюється на колекторі транзистора збуджувача при його роботі у режимі з відтином струму $\theta \approx 60^\circ$, $\eta = 50$ Вт

$$P_K = \frac{P_{зб} \cdot (1 - \eta)}{\eta}, [mBm] \quad , \quad (2.8)$$

$$P_K = \frac{4,1 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,5)}{0,5} = 4,1 (mBm).$$

Використовуємо у збуджувачі транзистор типу КТ368А з такими параметрами [5]

коефіцієнт передачі струму в схемі з СЕ - 50...450;

гранична частота - 900 МГц;

ємність колекторного переходу - 1,7 пФ;

максимально допустимі параметри:

постійна напруга колектор - емітер - 15В;

постійна напруга колектор - база - 15В;

постійний струм колектора - 30 мА;

розсіювальна потужність - 225 мВт.

Розраховуємо потужність, що споживається від стабілізатора

$$P_0 = P_{1\max} + P_{K1} + P_{зб} + P_{K2}, \quad (2.9)$$

де $P_{K1} = 0,073 \text{ (Вт)}$ - потужність, що розсіюється на колекторі транзистора вихідного каскаду, при його роботі у режимі класу С з ККД $\eta = 60\%$ (формула 2.3);

$P_{K2} = 0,0041 \text{ (Вт)}$ - потужність, що розсіюється на колекторі транзистора збуджувача при його роботі у режимі з відтином струму $\theta \approx 60^\circ$ $\eta = 50 \text{ Вт}$ (формула 2.8);

$$P_0 = 0,11 + 0,073 + 0,0041 + 0,0041 = 0,1912 \text{ (Вт)}.$$

Приймаємо величину вихідної напруги стабілізатора $U_{cm} = 6 \text{ В}$.

Розрахуємо величину споживаного струму

$$I_0 = \frac{P_0}{U_{cc}}, [\text{мА}] \quad (2.10)$$

$$I_0 = \frac{0,1912}{6} = 32 \text{ (мА)}.$$

Використаємо у стабілізаторі транзистор типу КТ3107Ж з такими параметрами [3]

коефіцієнт передачі струму в схемі з СЕ - 180...460;

гранична частота - 250 МГц;

ємність колекторного переходу - 7 пФ;

максимально допустимі параметри:

постійна напруга колектор-база - 25 В;

постійна напруга колектор-емітер - 20 В;

постійний струм колектора - 100 мА;

розсіювальна потужність - 0,3 Вт.

Індикацію активності передавача виконуємо за допомогою світло діода типу КІПДО2А – 1К з такими параметрами:

сила світла при $I_{IP} = 5 \text{ мА}$ - 1,8 В;

максимальна зворотня напруга - 2 В;

максимальний прямий струм - 10 мА.

Амплітудну маніпуляцію у вихідному каскаді проводимо за допомогою транзистора КТ3102А з такими параметрами [3]

коефіцієнт передачі струму в схемі з СЕ - 100...200;

гранична частота - 200 МГц;

ємність колекторного переходу - 6 пФ;

максимально допустимі параметри:

постійна напруга колектор-база - 50 В;

постійна напруга колектор-емітер - 50 В;

постійний струм колектора - 200 мА;

розсіювальна потужність - 0,25 Вт.

У якості схеми виходу використовуємо П – подібний LC-контур, що забезпечує надійне подавлення позасмугових коливань та узгодження з антенно-фідерним трактом.

2.3 Розрахунок структурної схеми приймальної частини радіoeлектронного охоронно-сигналізаційного пристрою

Приймальна частина радіoeлектронного засобу контролю стану автомобіля представляє собою радіоприймач, який виконаємо за супергетеродинною структурою з одним перетворенням частоти, що дозволить легко забезпечити необхідну чутливість та вибірність. З урахуванням особливостей прийомного сигналу попередня структурна схема

приймача матиме такий вигляд (рисунок 2.3):

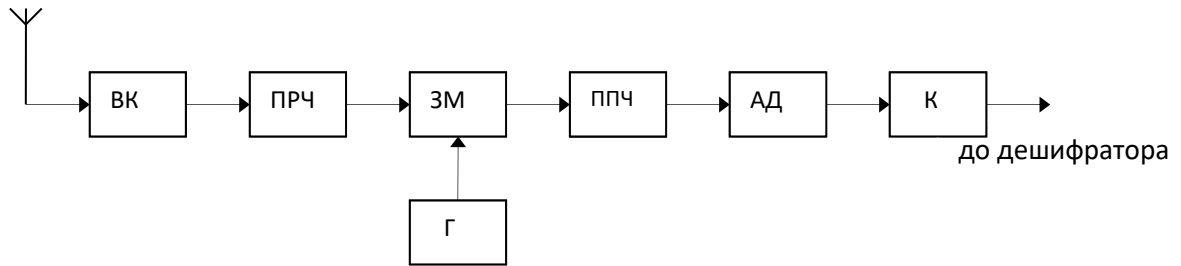


Рисунок 2.3 - Попередня структурна схема приймальної частини радіоелектронного засобу контролю стану автомобіля

де ВК - вхідне коло;

ПРЧ - підсилювач радіочастоти;

ЗМ - змішувач;

Г - гетеродин;

ППЧ — підсилювач проміжної частоти;

АД - амплітудний детектор;

К - компаратор.

В якості проміжної частоти оберемо значення 465 кГц, що дозволить використати у тракт, проміжної частоти фільтр з підвищеною вибірністю за сусіднім каналом.

Перевіряємо можливість реалізації заданої вибірності за дзеркальним каналом при наявності у преселекторі двох одиночних коливальних контурів з добротністю $Q_e = 150$ [10]

$$S_{ДК} = \left(Q_e \left(\frac{f_C + 2f_{ПР}}{f_C} - \frac{f_C}{f_C + 2f_{ПР}} \right) \right)^N, \quad (2.11)$$

де f_C - частота сигналу, кГц;

$f_{ПР}$ - проміжна частота, кГц.

$$S_{ДК} = \left(150 \left(\frac{26945 + 2 \cdot 465}{26945} - \frac{26945}{26945 + 2 \cdot 456} \right) \right)^2 = 103,67(40,3 \text{ дБ}).$$

Перевіряємо вибірність за каналом прямого проходження [10]

$$S_{III} = \left(Q_e \left(\frac{f_c}{f_{III}} - \frac{f_{III}}{f_c} \right) \right)^N, \quad (2.12)$$

$$S_{III} = \left(150 \left(\frac{26945}{465} - \frac{465}{26945} \right) \right)^2 = 75,5 \cdot 10^6 (158 \text{ дБ}).$$

У тракці проміжної частоти використовуємо п'єзоелектричний фільтр типу ПФ1П - 041 з такими параметрами [14]

середня частота смуги пропускання - 465 ± 2 кГц

ширина смуги пропускання на рівні - 6дБ - 4.6...7.8кГц

вибірність при розстройці ± 9 кГц, не менше - 55 дБ

затухання у смузі пропускання, дБ, не більше - 12

узгоджуючі опори на вході та виході - $2 \pm 10\%$ кОм.

Розраховуємо ширину смуги частот амплітудного маніпульованого сигналу

$$\Delta f = 2F_m, [\text{Гц}], \quad (2.13)$$

де F_m - частота маніпуляції, Гц.

$$\Delta f = 2 \cdot 512 = 1024 (\text{Гц}).$$

Розраховуємо запас по ширині смуги пропускання приймача

$$\Delta f_{зАП} = 2\sqrt{(f_{Cн} \cdot f_c)^2 + (f_{Гн} \cdot f_{Г})^2 + (f_{Н} \cdot f_{Г})^2 + (f_{III} \cdot f_{IIIн})^2}, [\text{кГц}], \quad (2.14)$$

де $f_{Cн}$ і $f_{Гн}$ - відносні нестабільності несучої частоти сигналу f_c та частоти гетеродину приймача $f_{Г}$ відповідно;

$f_{Н}$ - відносна похибка настройки приймача;

$f_{IIIн}$ - відносна похибка та нестабільність частоти настройки контурів тракту проміжної частоти f_{III} .

$$\Delta f_{3АП} = 2 \sqrt{\left(20 \cdot 10^{-6} \cdot 26945 \cdot 10^3\right)^2 + \left(5 \cdot 10^{-6} \cdot 27410 \cdot 10^3\right)^2 + \left(10^{-4} \cdot 27410 \cdot 10^3\right)^2 + \left(10^{-4} \cdot 465 \cdot 10^3\right)^2} = 2,8 \text{ (кГц)}.$$

Розраховуємо необхідну ширину смуги пропускання ВЧ тракту приймача

$$\Delta F_{ПР} = \Delta F_{\Phi} - \Delta f_{3АП} > \Delta f, \text{ [кГц]}, \quad (2.15)$$

де ΔF_{Φ} - смуга пропускання п'єзофільтру;

$\Delta f_{3АП}$ - запас по ширині смуги пропускання;

Δf - ширина смуги сигналу;

$$\Delta F_{ПР} = 4,6 - 2,8 = 1,8 \text{ (кГц)} > \Delta f = 1,024 \text{ кГц}.$$

Оскільки нерівність виконується, автоматичну підстройку частоти гетеродина можна не вводити.

Оскільки приймаються дискретні амплітудномодульовані сигнали особливих вимог до нерівномірності АЧХ ВЧ тракту не висувається. Прийmemo загальну нерівномірність АЧХ ВЧ тракту $M_{3АГ} = 10 \text{ дБ}$ та розподілимо її між трактом радіочастоти та трактом проміжної частоти таким чином: $M_{ПРЧ} = 4 \text{ дБ}$, $M_{ПРЧ} = 6 \text{ дБ}$. Проведемо попередній відбір підсилювальних та перетворювальних елементів.

Для забезпечення високої чутливості приймача підсилювач радіочастоти доцільно виконати за каскодною схемою, що відрізняється високим стійким коефіцієнтом підсилення. Використання у ПРЧ польових транзисторів забезпечує мале шунтування контурів преселектора і у результаті підвищення вибірності за побічними каналами прийому. Використовуємо у ПРЧ транзистор типу 2N5556 (з керуючим р-п переходом та каналом n – типу) з такими параметрами [3]

крутість $S = 1 \dots 4 \text{ мА/В}$;

максимальна робоча частота - 100 МГц;
 коефіцієнт шуму - 4 дБ;
 вхідна ємність - 6 пф;
 прохідна ємність - 2 пф;
 максимально допустимі параметри:
 постійна напруга затвор-витік - 30 В;
 постійна напруга затвор-стік - 30 В;
 постійна напруга стік-витік - 25 В;
 постійний струм стоку - 20 мА;
 постійна розсіювальна потужність - 200 мВт.

Для забезпечення підвищеної допустимої вхідної напруги на вході змішувача, високого подавлення коливань з частотою гетеродину у вихідних колах і зменшення шумів приймача змішувач доцільно виконати на ІМС NE5532, що має такі параметри [15]

крутість у режимі перетворення - $S_{\text{ПР}} = 4,5 \text{ мА/В}$;
 коефіцієнт шуму - $K_{\text{Ш}} = 8 \text{ дБ}$;
 максимальна частота - $f_{\text{МАХ}} = 100 \text{ МГц}$;
 напруга живлення - 9 В;
 споживаний струм - 3 мА.

Тракт проміжної частоти доцільно виконати на спеціалізованій ІМС К237ХА2, що містить регулювальний та основний підсилювачі, амплітудний детектор та підсилювач напруги АРП. Мікросхема має такі параметри [15]

номінальна напруга живлення - $5 \text{ В} \pm 10\%$;
 допустима напруга живлення - 3,6... 10 В;
 чутливість при $U_{\text{жс}} = 5 \text{ В}$, $U_{\text{Вих}} = 30 \text{ мВ}$, $m = 30\%$ 9...30 мкВ;
 споживаний струм при $U_{\text{жс}} = 5 \text{ В} \leq 4 \text{ мА}$;
 відносний діапазон АРП по напрузі на частоті $f = 465 \text{ кГц}$ при $U_{\text{жс}} = 5 \text{ В}$, $U_{\text{Вх}} = 30 \text{ мВ}$, $m = 30\%$ ≤ 120 ;
 вхідний опір при $U_{\text{жс}} = 5 \text{ В}$, $U_{\text{Вих}} = 20...40 \text{ мВ}$, $m = 30\%$ 430...1000 Ом.

В якості компаратора використовуємо ІМС типу LM111 з такими параметрами [15]

напруга зміщення - 3 мВ;

вхідний струм - 0,1 мкА;

коефіцієнт підсилення - $150 \cdot 10^3$;

затримка - 200 нс;

напруга живлення - ± 15 В;

споживаний струм - 6 мА.

Розраховуємо відношення сигнал/шум на вході детектора [14]

$$\gamma_{ДАМ} = \frac{\gamma_{Вих}}{m_{АМ}}, \quad (2.16)$$

де $\gamma_{Вих}$ - відношення сигнал/шум на виході детектора 26 дБ (20 раз),
що відповідає ймовірності помилки 10^{-3} при амплітудній модуляції;

$m_{АМ}$ - глибина АМ.

$$\gamma_{ДАМ} = \frac{20}{1} = 20$$

Вважаємо коефіцієнт шуму приймача приблизно рівним коефіцієнту шуму ПРЧ

$$K_{Ш} = \left(1 + \frac{1}{r_{ВНА}/r_K} \right) \cdot K_{ШТР}, \quad (2.17)$$

де $K_{ШТР}$ - коефіцієнт шуму транзисторного ПРЧ;

$r_{ВНА}/r_K$ - відношення активного опору, що вноситься з антенного кола у коливальний контур, до власного активного опору цього контуру, при настроєній антені рівний одиниці

$$K_{Ш} = \left(1 + \frac{1}{1} \right) \cdot 2,5 = 5.$$

Розраховуємо значення реальної чутливості [10]

$$E_{AP} = 0,125 \cdot \gamma_{ДАМ} \cdot \sqrt{r_A \cdot \Delta F_{ПР} \cdot K_{Ш}}, [\text{мкВ}] \quad (2.18)$$

$$E_{AP} = 0,125 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,075 \cdot 1,8 \cdot 5} = 2 \text{ (мкВ)}.$$

Перевіряємо наявність подвійного запасу по чутливості

$$\frac{E_{ТЗ}}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ (мкВ)} < E_{AP} = 2 \text{ (мкВ)}.$$

Подвійний запас по чутливості відсутній. Розраховуємо необхідний коефіцієнт підсилення тракту високої частоти

$$K_{HTПВЧ} = \frac{K_3 \cdot U_{мод\delta\epsilon}}{\sqrt{2} \cdot E_{ТЗ}}, \quad (2.19)$$

$$K_{HTПВЧ} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = 14,1.$$

Коефіцієнт підсилення ТВЧ визначається за такою формулою

$$K_{HTВЧ} = K_{БК} \cdot K_{ПРЧ} \cdot K_{ПЕР} \cdot K_{СФ}, \quad (2.20)$$

де $K_{БК}$ - коефіцієнт передачі вхідного кола;

$K_{ПРЧ}$ - коефіцієнт передачі підсилювача радіочастоти;

$K_{ПЕР}$ - коефіцієнт передачі перетворювача частоти;

$K_{СФ}$ - коефіцієнт передачі п'єзоелектричного фільтру.

Розраховуємо коефіцієнт передачі вхідного кола

$$K_{БК} = K'_{БК} \cdot m_2, \quad (2.21)$$

де $K'_{БК}$ - реальний коефіцієнт передачі вхідного кола - 2...3;

m_2 - коефіцієнт включення транзистора ПРЧ;

$$m_2 = \sqrt{\frac{(1-\psi) R_{Bx} \cdot C_K' \cdot f'}{150 \cdot Q_{екв}}}, \quad (2.22)$$

де R_{Bx} - вхідний опір транзистора ПРЧ, ком;

C_K' - ємність контуру, пФ;

f' - робоча частота, МГц;

$Q_{екв}$ - еквівалентна добротність контуру.

$$m_2 = \sqrt{\frac{(1-0,9)100 \cdot 24 \cdot 26,945}{150 \cdot 159}} = 0,52 ,$$

$$K_{BK} = 2 \cdot 0,52 = 1,04.$$

Коефіцієнт передачі підсилювача радіочастоти визначається за такою формулою:

$$K_{ПРЧ} = m_1 \cdot m_2 \cdot S \cdot \rho \cdot Q_{екв}, \quad (2.23)$$

де m_1, m_2 - коефіцієнти включення у контур навантаження;

S - крутість характеристики транзистора, мА/В;

ρ - характеристичний опір контуру, Ом;

$Q_{екв}$ - еквівалентна добротність контуру.

$$\rho = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_K}, [Ом] , \quad (2.24)$$

$$\rho = \frac{1}{2\pi \cdot 26,945 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 10^{-12}} = 246 (Ом);$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{(1-\psi) \cdot R_{Bx}}{\rho \cdot Q_{екв}}}, \quad (2.25)$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{(1-0,9) \cdot 2 \cdot 10^3}{246 \cdot 150}} = 0,074.$$

Враховуючи підвищене значення вихідного опору каскодної схеми можливо використати повне увімкнення у контур навантаження $m_1 = 1$. Тоді

$$K_{ПРЧ} = 1 \cdot 0,074 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 246 \cdot 150 = 11.$$

Коефіцієнт передачі смугового фільтру у смузі прозорості складає - 12 дБ, тобто $K_{CF} = 0,25$.

Розраховуємо необхідний коефіцієнт передачі перетворювача частоти

$$K_{ПЕР} = \frac{K_{ТВЧ}}{K_{BK} \cdot K_{ПРЧ} \cdot K_{CF}}, \quad (2.26)$$

$$K_{ПЕР} = \frac{14,1}{1,04 \cdot 11 \cdot 0,25} = 4,93.$$

Перевіряємо технічну реалізуємість заданого коефіцієнту передачі перетворювача частоти

$$K'_{ПЕР} = S_{ПР} \cdot \rho_{CF} > K_{ПЕР}, \quad (2.27)$$

де $S_{ПР}$ - крутість перетворювача;

ρ_{CF} - вхідний опір фільтру.

$$K'_{ПЕР} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3 = 9 > K_{ПЕР} = 4,93.$$

Таким чином заданий коефіцієнт передачі перетворювача частоти є технічно реалізуємім.

Розраховуємо вхідну напругу перетворювача частоти

$$U_{Вх.ПЕР.МИН} = E_{ТЗ} \cdot K_{BK} \cdot K_{ПРЧ}, [мкВ] \quad (2.28)$$

$$U_{Вх.ПЕР.МИН} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,041 \cdot 11 = 34,3 (мкВ).$$

Враховуючи максимальну вхідну напругу перетворювача

$U_{Bx.ПЕР.МАХ} = 2,5 \text{ мВ}$ для ІМС подвійного балансного змішувача розраховуємо допустимий динамічний діапазон вхідних сигналів

$$D = \frac{U_{Bx.ПЕР.МАХ}}{U_{Bx.ПЕР.МИН}}, \quad (2.29)$$

$$D = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{34,3 \cdot 10^{-6}} = 72,9 \text{ (37,3 дБ)}.$$

При необхідності підвищення допустимого динамічного діапазону вхідних сигналів необхідно ввести автоматичне регулювання підсилення у підсилювачі радіочастоти. Підсилювач проміжної частоти у ІМС К237ХА2 охоплено АРП глибиною більше 120 раз.

2.4 Вибір способу побудови основних вузлів розроблюваного пристрою

Крім вузлів, описаних в попередніх пунктах, до складу передавальної частини радіоелектронного пристрою контролю стану автомобіля входить шифратор. Струм, споживаний ним в режимі очікування при напрузі живлення 9 В, не перевищує 1...2 мкА. Амплітуда сигналу охоронного вузла не повинна бути менше 4 В. Шифратор зберігає працездатність при зниженні напруги живлення до 5 В. Його принципова схема зображена на рисунку 2.7.

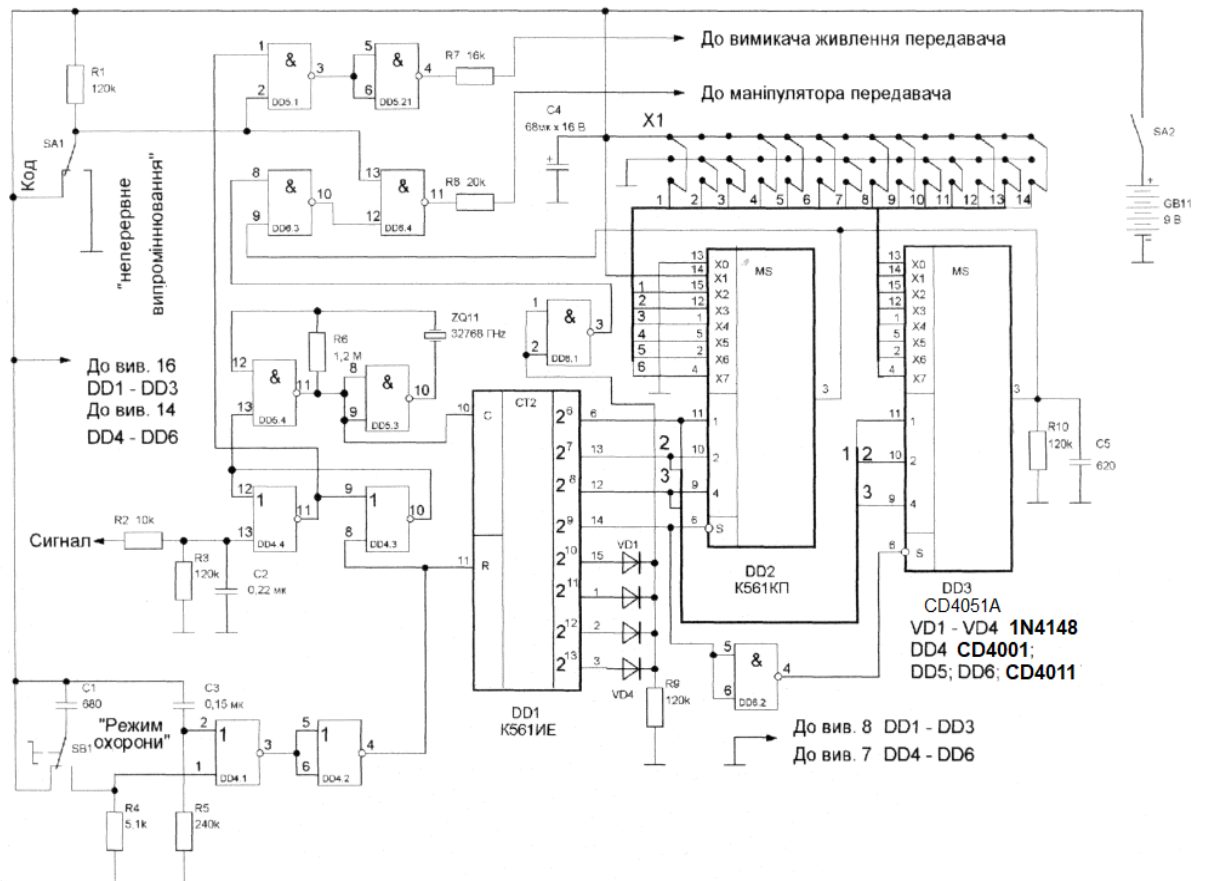


Рисунок 2.7 – Схема принципова шифратора

До складу шифратора входить низькочастотний генератор, стабілізований кварцом (DD5.3, DD5.4, ZQ1), тригер (DD4.3, DD4.4), що змінює свій стан при спрацюванні сторожового вузла (при хоча б короткочасній появі високого рівня на вході «Сигнал»), вузол перемикання системи в режим очікування (SB1, DD4.1, DD4.2) і лічильник DD1, що управляє роботою комутаторів DD2 і DD3.

Ту або іншу шифрокомбінацію набирають з'єднанням інформаційних входів комутаторів DD2, DD3 з плюсовим д्रो́том живлення або із загальним проводом. Початкове (нульове) знакомісце шифрокомбінації завжди займають одиницею - стартовим бітом (на вивід 14 комутатора DD2 подають високий рівень). Знакомісця 1,2,...,14 (по номерах виводів джугута) слідує в часі саме в такому порядку.

Шифратор керує роботою радіопередавача сигналами з виходу елементів DD5.2 і DD6.4. При появі низького рівня на виході елементу DD5.2

включається живлення передавача. Схема одного з варіантів вузлів включення живлення показана на рисунку 2.8. Сигнали з виходу елементу DD6.4 управляють роботою високочастотного тракту передавача.

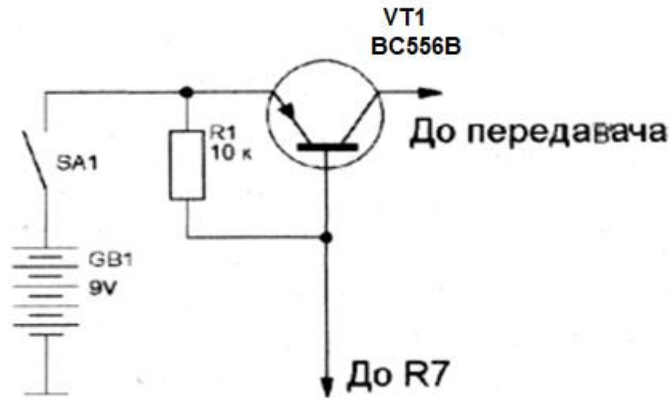


Рисунок 2.8 – Вузол включення живлення.

Маніпулюючий сигнал може бути поданий в емітерний ланцюг транзистора проміжного або вихідного ступеня через буферний транзистор VT2 (рисунок 2.9).

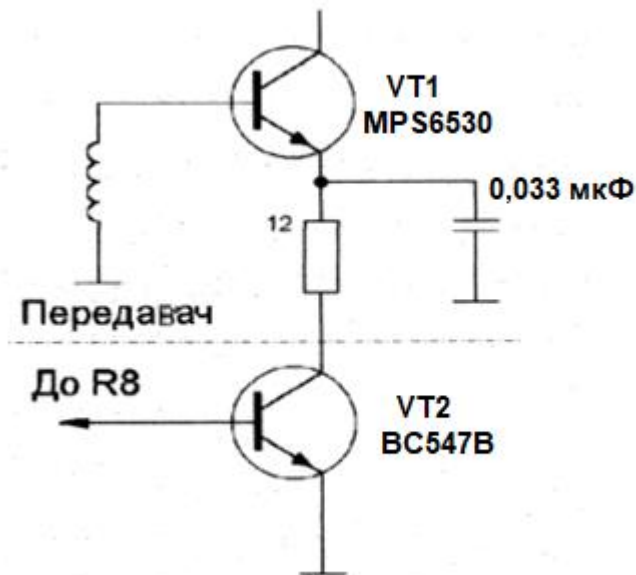


Рисунок 2.9 – Вузол включення живлення через буферний транзистор.

Передача шифрокомбінації можлива лише в положенні “Код” перемикача SA1. Положення “Безперервне випромінювання” призначене для контролю режиму і настройки передавача.

У режимі охорони на вході “Сигнал” діє низький рівень; тригер DD4.3, DD4.4 натисненням на кнопку SB1 встановлюють в стан 0, при якому тактовий генератор загальмований, а лічильник DD1 переходить в нульовий стан, при якому на його виходах присутня напруга низького рівня. В результаті цього на виході комутатора DD2 - низький рівень (як на вході X0), а вихід комутатора DD3 знаходиться в стані високого опору. Живлення передавача і маніпулятор вимкнені. Після спрацьовування сторожового вузла рівень на вході “Сигнал” змінюється з нульового на одиничний, тригер DD4.3, DD4.4 перемикається в стан 1, вмикається живлення передавача і починає працювати тактовий генератор. Лічильник DD1 і комутатори виробляють шифрокомбінації імпульсів, відповідно положенню перемичок контактної групи X1. Ця шифрокомбінація через елемент DD6.4, що відкрився, поступає на маніпулятор передавача.

У шифраторі з кварцовим резонатором в тактовому генераторі тривалість одного знакомісця буде зразкова рівна 1,95 мс. Тривалість всієї шифрокомбінації - 30 мс, паузи між ними - близько 470 мс. Тривалість паузи визначена часом існування сигналу високого рівня на виході діодно-резистивної збірки VD1 – VD4, R9. Виключивши, наприклад, діод VD4, можна зменшити тривалість приблизно до 220 мс. Загальне число можливих шифрокомбінацій - $2^{14} = 16384$.

Для роботи на вищій швидкості потрібно лише замінити кварцовий резонатор більш високочастотним. Проте це поведе, очевидно, до відповідного розширення смуги, займаної радіоканалом, аж до виходу з дозволених меж, і недостатності ширини смуги пропускання ФЗС радіоприймача.

До складу приймальної частини радіоелектронного засобу контролю стану автомобіля входить дешифратор. На дешифратор покладена задача виділення “свого” шифросигналу на фоні різного роду завад в каналі зв'язку. Його принципова схема зображена на рисунку 2.10:

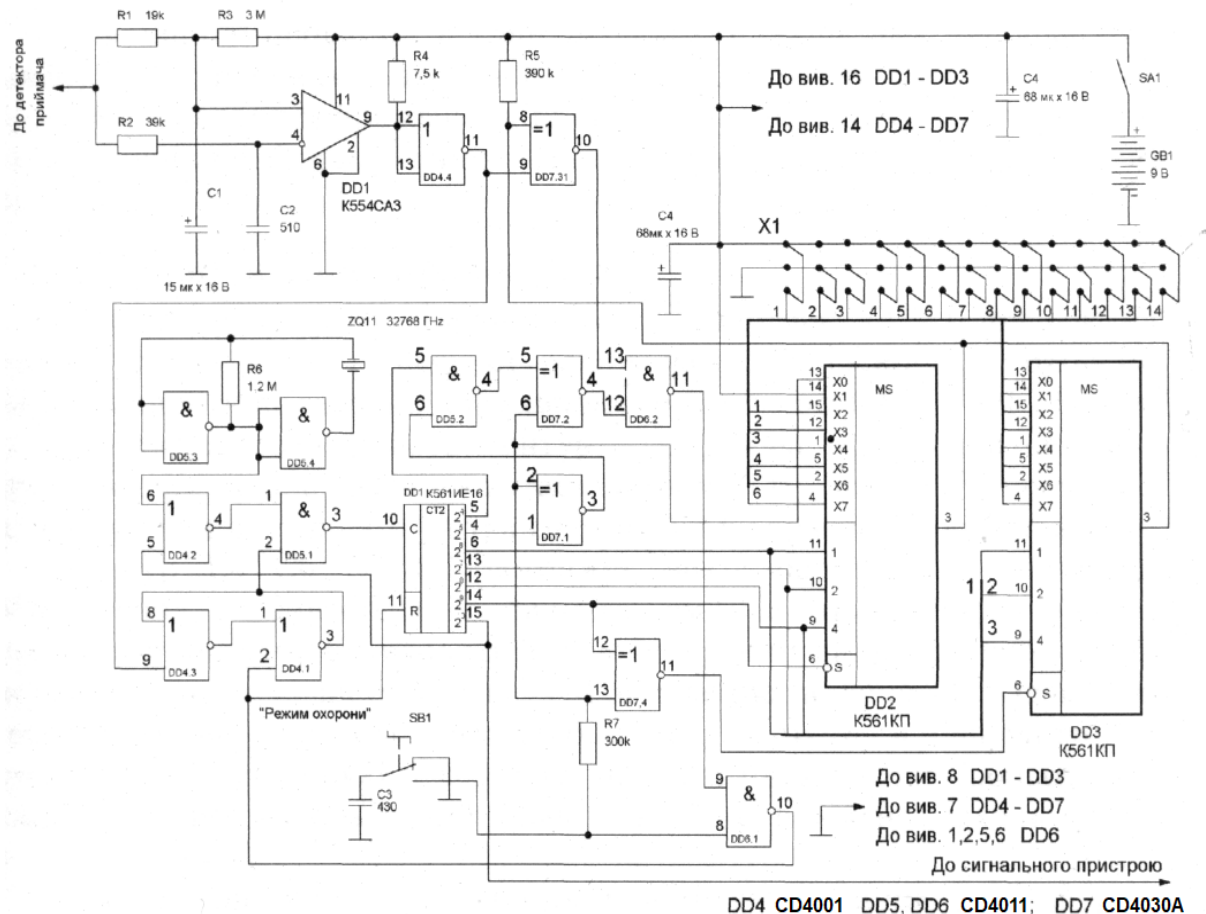


Рисунок 2.10 - Схема принципова дешифратора

Дешифратор складається з тактового генератора, зібраного на елементах DD5.3, DD5.4 і стабілізованого кварцовим резонатором ZQ1 (на ту ж частоту, що і кварцовий резонатор шифратора), тригера DD4.1, DD4.3, ефірного сигналу, що перемикається фронтом, компаратора DA1, та підсилює і формує сигнал, вузла перемикання дешифратора в режим очікування (SB1, R7, C3, DD6.1) і лічильника DD1, що управляє роботою комутаторів DD2 і DD3 подібно тому, як в шифраторі.

Окрім цього, в дешифратор входить вузол порівняння прийнятої з ефіру шифрокомбінації зі встановленою в дешифраторі. Вузол порівняння зібраний на елементах DD5.2, DD6.2, DD7.1, DD7.2, DD7.3.

Дешифратор переводять в черговий режим натисненням на кнопку SB1, при цьому на виході елементу DD6.1 виникає імпульс високого рівня, встановлюючи тригер DD4.1, DD4.3 в стан 0 і обнуляючи лічильник DD1.

Елемент DD5.1 закривається і не пропускає імпульсів працюючого тактового генератора на вхід 3 лічильника DD1, через що на його виходах залишається низький рівень.

3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

3.1 Електричний розрахунок вихідного каскаду передавача

Вихідні дані:

вихідна потужність - $P_1 = 0,11 \text{ Вт}$;

робоча частота - $f_p = 26945 \text{ кГц}$.

Схема вихідного каскаду з керуючим ключем наведена на рисунку 4.1.

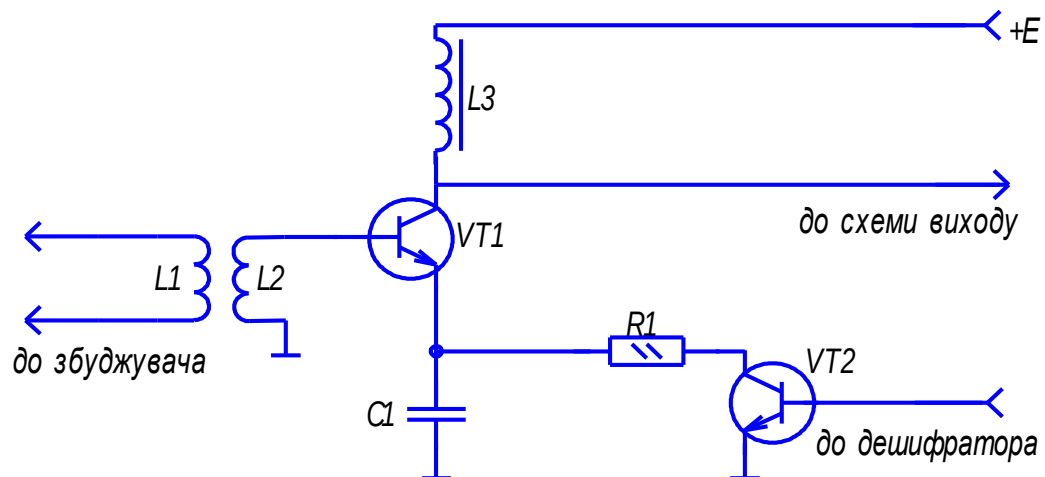


Рисунок 3.1 - Вихідний каскад передавача

Транзистор кінцевого каскаду працює у режимі класу С з кутом відтинку струму колектора $\theta = 70^\circ$. Коефіцієнти Берга при цьому складають $\alpha_0 = 0,253$, $\alpha_1 = 0,436$.

Розрахуємо критичний коефіцієнт використання колекторної напруги

$$\xi_{кр} = 0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{8}{\alpha_1} \cdot \frac{r_{нас}}{E_k^2} \cdot P_1}, \quad (3.1)$$

$$\xi_{кр} = 0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{8}{0,436} \cdot \frac{10}{6^2} \cdot 0,11} = 0,83.$$

Приймаємо $\xi = \xi_{кр} = 0,83$.

Розрахуємо амплітуду контурної напруги

$$U_{\kappa} = \xi \cdot E_{\kappa}, [B], \quad (3.2)$$

$$U_{\kappa} = 0,83 \cdot 6 = 5 (B).$$

Максимальна колекторна напруга

$$E_{\kappa \max} = E_{\kappa} + U_{\kappa}, [B], \quad (3.3)$$

$$E_{\kappa \max} = 6 + 5 = 11 (B) < E_{\kappa \text{ доп}} = 60 B.$$

Колекторний струм першої гармоніки

$$I_{\kappa 1} = \frac{2P_1}{U_{\kappa}}, [mA], \quad (3.4)$$

$$I_{\kappa 1} = \frac{2 \cdot 0,11}{5} = 44 (mA).$$

Амплітуда імпульсу колекторного струму

$$I_{\kappa m} = \frac{I_{\kappa 1}}{\alpha_1}, [mA], \quad (3.5)$$

$$I_{\kappa m} = \frac{44}{0,436} = 101 (mA).$$

Постійний споживаний струм

$$I_{\kappa 0} = \alpha_0 \cdot I_{\kappa m}, [mA], \quad (3.6)$$

$$I_{\kappa 0} = 0,253 \cdot 101 = 26 (mA) < I_{\kappa 0 \text{ доп}} = 300 mA.$$

Споживана потужність

$$P_0 = E_{\kappa} \cdot I_{\kappa 0}, [Bm], \quad (3.7)$$

$$P_0 = 6 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0,156 (Bm).$$

Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{P_1}{P_0}, \quad (3.8)$$

$$\eta = \frac{0,11}{0,156} = 0,7.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі

$$P_{\kappa} = P_0 - P_1, [mBm], \quad (3.9)$$

$$P_{\kappa} = 0,156 - 0,11 = 46 (mBm) < P_{\kappa \text{ доп}} = 500 mBm.$$

Еквівалентний опір навантаження

$$R_e = \frac{U_{\kappa}^2}{2 \cdot P_1}, [Om] \quad (3.10)$$

$$R_e = \frac{5^2}{2 \cdot 0,11} = 114 (Om).$$

Навантаженням для вихідного каскаду є П - подібний LC-контур у схемі виходу. Розрахуємо індуктивність дроселя у колі колектора

$$L_3 \geq \frac{10 \cdot R_e}{2\pi \cdot f_p}, [мкГн] \quad (3.11)$$

$$L_3 \frac{10 \cdot 114}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3} = 6,7 (мкГн).$$

У якості дроселя використовуємо стандартний дросель типу ДПМ-0.1 індуктивністю 20 мкГн [5].

Розрахуємо величину опору $R_{\text{доп}}$, що призначений для зниження максимальної зворотної напруги на закритому емітерному переході та підвищення стійкості роботи каскаду

$$R_{don} = \frac{h_{21e}}{2\pi \cdot f_{GP} \cdot C_e}, [OM] \quad (3.12)$$

$$R_{don} = \frac{110}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} = 8754 (OM).$$

Оскільки транзистор працює на частоті вище $\omega > 3\omega/h_{21e}$, то у реальній схемі R_{don} можна не ставити, однак у наступних розрахунках R_{don} необхідно залишити.

Розрахуємо величину напруги зміщення на емітерному переході

$$E_{\delta} = -\frac{I_{\delta} \cdot \gamma_0 \cdot (\pi - \theta) \cdot R_{don}}{\sqrt{1 + \left(\frac{h_{21e} \cdot f_{GP}}{f_{GP}}\right)^2}} + E' + I_{\delta 0} \cdot r_{\delta}' + I_{e0} \cdot r_e, [B] \quad (3.13)$$

$$E_{\delta} = -\frac{10,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,34 \cdot 4000}{\sqrt{1 + \left(\frac{110 \cdot 26945 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^6}\right)^2}} + 0,7 + 0,24 \cdot 10^{-3} \cdot 10 + 26,24 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \approx 0 (B).$$

Розрахуємо величину вхідного опору транзистора

$$r_{BxCE} = \frac{1}{\chi} \left[(1 + \gamma_1 \cdot 2\pi \cdot f_{GP} \cdot C_{\kappa} \cdot R_e) \cdot r_{\delta}' + r_e \right], [OM] \quad (3.14)$$

$$r_{BxCE} = \frac{1}{1,074} \left[(1 + 0,585 \cdot 2\pi \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12} \cdot 10) 10 + 10 \right] = 19,3 (OM).$$

$$R_{BxCE} = \frac{1}{\chi} \left[r_{\delta}' + (1 + \gamma_1 \cdot h_{21e}) r_e \right] - r_{BxCE} + R_{don} [1 - \gamma_1], [OM] \quad (3.15)$$

$$R_{BxCE} = \frac{1}{1,074} \left[10 + (1 + 0,585 \cdot 110) 10 \right] - 19,3 + 4000 [1 - 0,585] = 2145 (OM).$$

$$R_{Bx} = r_{BxCE} + \frac{R_{BxCE}}{1 + \left(\frac{h_{21e} \cdot f_p}{f_{GP}}\right)^2}, [OM] \quad (3.16)$$

$$R_{Bx} = 19,3 + \frac{2145}{1 + \left(\frac{110 \cdot 26945 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^6} \right)^2} = 29 \text{ (Ом)}.$$

Розрахуємо величину індуктивності котушки зв'язку

$$L_2 = \frac{R_{Bx}}{2\pi \cdot f_p}, [\text{мкГн}] \quad (3.17)$$

$$L_2 = \frac{29}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3} = 0,171 \text{ (мкГн)}.$$

Розрахуємо величину вхідної потужності

$$P_{Bx} = 0,5 \cdot I_{\sigma}^2 \cdot R_{Bx}, [\text{мВт}] \quad (3.18)$$

$$P_{Bx} = 0,5(10,9 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 29 = 1,7 \text{ (мВт)}.$$

Коефіцієнт підсилення вихідного каскаду за потужністю

$$K_p = \frac{P_1}{P_{Bx}}, \quad (3.19)$$

$$K_p = \frac{0,11}{0,0017} = 65.$$

Розрахуємо величину опору обмежувального резистора R_1 та визначаємо його тип

$$R_1 = \frac{E_{\kappa} - U_{\text{насVT1}} - U_{\text{насVT2}}}{I_{\kappa \text{ max}}}, [\text{Ом}] \quad (3.20)$$

$$R_1 = \frac{6 - 1 - 1}{300 \cdot 10^{-3}} = 13 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор R_1 типу C2-23-0,125-12 Ом $\pm$ 10%

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1 та визначаємо його тип

$$C_1 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f \cdot R_1}, [\text{нФ}] \quad , \quad (3.21)$$

$$C_1 = \frac{10}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 12} = 4,9 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 0,033 \text{ мкФ}$ типу K10-17-17-50В-M1500-0.033 мкФ $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину базового струму ключового транзистора VT2

$$I_{\text{б0}_{VT2}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{100} = 0,26 \text{ (мА)}.$$

Розрахована величина струму є допустимою для ІМС серії K176 блоку дешифратора.

3.2 Електричний розрахунок схеми виходу передавача

Вихідні дані:

частота - $f_p = 26945 \text{ кГц}$;

вхідний опір - $R_{Bx} = R_e = 114 \text{ Ом}$;

вихідний опір - $R_{Bux} = 50 \text{ Ом}$.

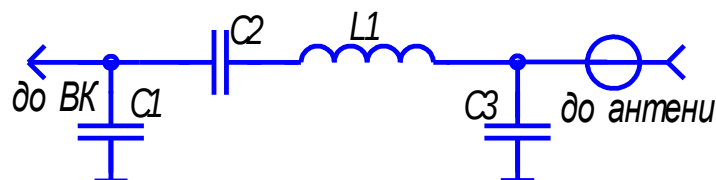


Рисунок 3.2 - Схема виходу

При роботі вихідного каскаду у режимі класу С з кутом відтину струму колектора $\theta = 70^\circ$ основним позасмуговим випромінюванням є друга

гармоніка.

Розраховуємо необхідний коефіцієнт фільтрації

$$K_{\phi} \geq \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \sqrt{\frac{P_1}{P_{\text{ПВ}}}}, \quad (3.22)$$

де $P_{\text{ПВ}}$ - допустима потужність позасмугових випромінювань 10мВт;

$$K_{\phi} \geq \frac{0,267}{0,436} \sqrt{\frac{100}{10}} = 2.$$

Приймаємо $K_{\phi} = 30$.

У якості схеми виходу використано П-подібний контур, коефіцієнт фільтрації якого визначається за формулою

$$K_{\phi} = 6 \cdot Q$$

Визначаємо необхідну добротність контура

$$Q = \frac{K_{\phi}}{6}, \quad (3.23)$$

$$Q = \frac{30}{6} = 5.$$

Еквівалентний резонансний опір контуру

$$R_{ep} \geq R_{Bx} + R_{Bux}, [Om], \quad (3.24)$$

$$R_{ep} = 114 + 50 = 164 (Om).$$

Приймаємо $R_{ep} = 200 Om$.

Характеристичний опір контуру

$$\rho = \frac{R_{ep}}{Q}, [Om], \quad (3.25)$$

$$\rho = \frac{200}{5} = 40 \text{ (Ом)}.$$

Розраховуємо величину індуктивності котушки контуру схеми виходу

$$L_1 = \frac{\rho}{2\pi \cdot f}, [\text{мкГн}], \quad (3.26)$$

$$L_1 = \frac{40}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3} = 0,236 \text{ (мкГн)}.$$

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1

$$C_1 = \frac{R_{ep}}{R_{Bx}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot \rho}, [n\Phi], \quad (3.27)$$

$$C_1 = \frac{200}{114} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 40} = 260 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор C_1 типу $K10-17-50M47-270n\Phi \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_3

$$C_3 = \frac{R_{ep}}{R_{Bx}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot \rho}, [n\Phi] \quad (3.28)$$

$$C_3 = \frac{200}{50} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 40} = 590 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор C_3 типу $K10-17-50M47-560n\Phi \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_2 та визначаємо його тип

$$C_2 = \frac{R_{ep}}{R_{ep} - R_{Bx} - R_{Bux}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot \rho}, [n\Phi], \quad (3.29)$$

$$C_2 = \frac{200}{200 - 114 - 50} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 40} = 820 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор C_2 типу $K10-17-50M47-820n\Phi \pm 10\%$

Перевіряємо загальний опір контуру

$$\frac{1}{C_{\kappa}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}, \quad (3.30)$$

$$\frac{1}{C_{\kappa}} = \frac{1}{270} + \frac{1}{820} + \frac{1}{560} = \frac{1}{149} \text{ (нФ)}.$$

$$C_{\kappa} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot \rho}, \text{ [нФ]}, \quad (3.31)$$

$$C_{\kappa} = \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 40} = 148 \text{ (нФ)}.$$

Схема виходу наструюється феритовим осердям у котушці L_1 .

3.3 Електричний розрахунок збуджувача передавача

Вихідні дані:

частота - $f_p = 26945 \text{ кГц}$;

вихідна потужність - $P_{\text{вих}} = 4,1 \text{ мВт}$.

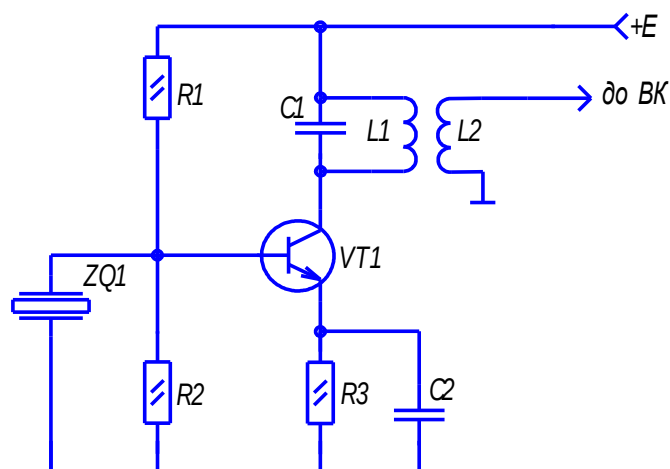


Рисунок 3.3 - Збуджувач передавача

Каскад збуджувача у стаціонарному режимі працює у режимі класу С з кутом відтину струму $\theta = 60^\circ$. Після увімкнення робота починається в режимі класу А і за допомогою кола автозміщення R_3 C_2 переходить у стаціонарний режим. Коефіцієнти Берга, що відповідають $\theta = 60^\circ$ складають $\alpha_0 = 0,218$, $\alpha_1 = 0,391$. Збуджувач працює на третій гармоніці кварцового резонатора.

Коефіцієнт використання колекторної напруги приймаємо $\xi = 0,6$.

Розрахуємо амплітуду контурної напруги

$$U_{\kappa} = \xi \cdot E_{\kappa}, [B], \quad (3.31)$$

$$U_{\kappa} = 0,6 \cdot 6 = 3,6 (B).$$

Максимальна колекторна напруга

$$E_{\kappa \max} = E_{\kappa} + U_{\kappa}, [B], \quad (3.32)$$

$$E_{\kappa \max} = 6 + 3,6 = 9,6 (B) < E_{\kappa \text{ доп}} = 15 B.$$

Колекторний струм першої гармоніки

$$I_{\kappa 1} = \frac{2P_1}{U_{\kappa}}, [mA], \quad (3.33)$$

$$I_{\kappa 1} = \frac{2 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3}}{3,6} = 2,3 (mA).$$

Амплітуда імпульсу колекторного струму

$$I_{\kappa M} = \frac{I_{\kappa 1}}{\alpha_1}, [mA], \quad (3.34)$$

$$I_{\kappa M} = \frac{2,3}{0,391} = 5,9 (mA).$$

Постійний споживаний струм

$$I_{\kappa 0} = \alpha_0 \cdot I_{\kappa M}, [mA], \quad (3.35)$$

$$I_{\kappa 0} = 0,218 \cdot 5,9 = 1,3 \text{ (mA)}.$$

Споживана потужність

$$P_0 = E_{\kappa} \cdot I_{\kappa 0}, [mW], \quad (3.36)$$

$$P_0 = 6 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 7,8 \text{ (mW)}.$$

Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{P_1}{P_0}, \quad (3.37)$$

$$\eta = \frac{4,1}{7,8} = 0,53.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі

$$P_{\kappa} = P_0 - P_1, [mW], \quad (3.38)$$

$$P_{\kappa} = 7,8 - 4,1 = 3,7 \text{ (mW)}.$$

Еквівалентний опір навантаження

$$R_e = \frac{U_{\kappa}^2}{2P_1}, [OM], \quad (3.39)$$

$$R_e = \frac{3,6^2}{2 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3}} = 1580 \text{ (OM)}.$$

Розраховуємо елементи контуру навантаження прийнявши його добротність $Q = 50$

$$L_1 = \frac{R_e}{2\pi \cdot f_p \cdot Q}, [mкГн], \quad (3.40)$$

$$L_1 = \frac{1580}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 50} = 0,19 \text{ (мкГн)}.$$

$$C_1 = \frac{Q}{2\pi \cdot f_p \cdot R_e}, [нФ] \text{ ,} \quad (3.41)$$

$$C_1 = \frac{50}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 1580} = 187 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 180 \text{ нФ}$ типу $K10-17-50M47-180нФ \pm 10\%$ [4].

Розрахуємо постійну складову базового та емітерного кола

$$I_{\sigma 0} = \frac{I_{\kappa 0}}{h_{21e}}, [мкА], \quad (3.42)$$

$$I_{\sigma 0} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{100} = 13 \text{ (мкА)}.$$

$$I_{e0} = I_{\sigma 0} + I_{\kappa 0}, [мА], \quad (3.43)$$

$$I_{e0} = 13 \cdot 10^{-6} + 1,3 \cdot 10^{-3} = 1,313 \text{ (мА)}.$$

Розрахуємо елементи базового кола

$$I_{нод} = 10 \cdot I_{\sigma 0}, [мА], \quad (3.44)$$

$$I_{нод} = 10 \cdot 13 = 0,13 \text{ (мА)}.$$

$$R_1 = \frac{E_{\kappa} - U_{\sigma 0}}{I_{нод}}, [кОм] \text{ ,} \quad (3.45)$$

$$R_1 = \frac{6 - 0,6}{0,13 \cdot 10^{-3}} = 42 \text{ (кОм)}.$$

Вибираємо резистор $R_1 = 43 \text{ кОм}$ типу $C2-23-0,125-43кОм \pm 10\%$ [4].

$$R_2 = \frac{U_{\sigma 0}}{I_{нод}}, [кОм], \quad (3.46)$$

$$R_2 = \frac{0,6}{0,13 \cdot 10^{-3}} = 4,6 \text{ (кОм)}.$$

Вибираємо резистор $R_2 = 4,7 \text{ кОм}$ типу $C2-23-0,125-4,7\text{кОм}\pm 10\%$ [4].

У якості кварцового резонатора $ZQ1$ використаємо резонатор типу РК88СР-7ЖК-26945К [4].

Розраховуємо величину опору резистора R_3 та визначаємо його тип

$$R_3 = \frac{U_{\phi 0}}{I_{\phi 0}}, \text{ [Ом]} , \quad (3.47)$$

$$R_3 = \frac{0,6}{1,313 \cdot 10^{-3}} = 457 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор $R_3 = 470 \text{ Ом}$ типу $C2-23-0,125-470\text{Ом}\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_2 та визначаємо його тип:

$$C_2 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f_p \cdot R_3}, \text{ [нФ]} , \quad (3.48)$$

$$C_2 = \frac{10}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 470} = 126 \text{ (нФ)}.$$

Вибираємо конденсатор $C_2 = 130 \text{ нФ}$. типу $K10-17-50B-M47-130\text{нФ}\pm 10\%$ [4].

3.4 Електричний розрахунок вузла комутації напруги живлення

Вихідні дані:

вхідна напруга - $U_{Bx} = 9 \text{ В}$;

вихідна напруга - $U_{Bux} = 6 \text{ В}$.

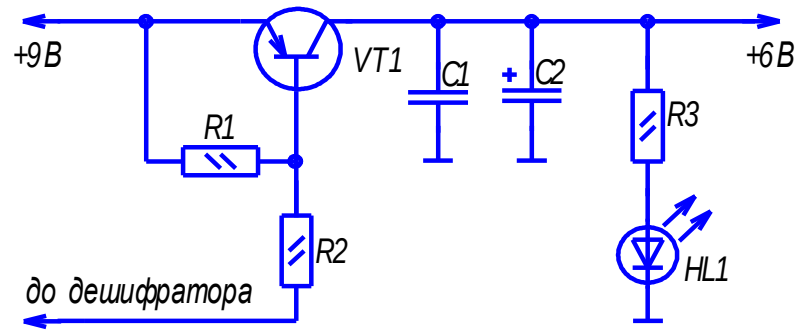


Рисунок 3.4 - Блок комутації напруги живлення

Приймаємо робочий струм світлодіода $HL1$ рівним - $I_c = 5 \text{ мА}$.

Розраховуємо величину опору резистора R_3 та визначаємо його тип

$$R_3 = \frac{E - U_c}{I_c}, [\text{Ом}], \quad (3.49)$$

$$R_3 = \frac{6 - 1,8}{5 \cdot 10^{-3}} = 840 (\text{Ом}).$$

Вибираємо резистор $R_3 = 820 \text{ Ом}$. типу $C2-23-0,125-820\text{Ом} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо загальний струм споживаний вузлами передавача від блока комутації

$$I_0 = I_{HL1} + I_{зб} + I_{БК}, \quad (3.50)$$

де I_{HL1} - струм споживаний світло діодом;

$I_{зб}$ - струм споживаний збуджувачем;

$I_{БК}$ - струм споживаний вихідним каскадом.

Розраховуємо величину базового струму транзистора VT1

$$I_{\delta} = \frac{I_0}{h_{21e}}, [\text{мА}] \quad , \quad (3.51)$$

$$I_{\delta} = \frac{32,4 \cdot 10^{-3}}{180} = 0,18 (\text{мА}).$$

Розраховуємо величину постійної напруги на базі транзистора VT4

$$U_{\bar{o}} = U_e - U_{\bar{o}e}, [B], \quad (3.52)$$

$$U_{\bar{o}} = 9 - 0,6 = 8,4 (B).$$

Розраховуємо величину опору подільника

$$I_{nod} = 5 \cdot I_{\bar{o}0}, [mA], \quad (3.53)$$

$$I_{nod} = 5 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} = 0,9 (mA).$$

Розраховуємо величину опору резистора R_1 та визначаємо його тип

$$R_1 = \frac{U_e - U_{\bar{o}}}{I_{nod}}, [OM], \quad (3.54)$$

$$R_1 = \frac{9 - 8,4}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 667 (OM).$$

Вибираємо резистор $R_1 = 680 OM$. типу C2-23-0,125-680 $OM \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину опору резистора R_2 та визначаємо його тип

$$R_2 = \frac{U_{\bar{o}} - U}{I_{nod}}, [OM], \quad (3.55)$$

$$R_2 = \frac{8,4 - 0,4}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 8889 (OM).$$

Вибираємо резистор $R_2 = 9,1 kOM$. типу C2-23-0,125-9.1 $kOM \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_2 та визначаємо тип

$$C_2 \geq \frac{10 \cdot I_0}{2\pi \cdot F_{mod} \cdot U_{Bux}}, [mK\Phi], \quad (3.56)$$

$$C_2 = \frac{10 \cdot 32,4 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 512 \cdot 6} = 16,8 (mK\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_2 = 47 \text{ мкФ}$. типу $K50-35-16B-M47-47\text{мкФ}\pm 20\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1 та визначаємо тип

$$C_1 \geq \frac{10 \cdot I_0}{2\pi \cdot f_p \cdot U_{\text{Вих}}}, [n\Phi], \quad (3.57)$$

$$C_1 = \frac{10 \cdot 32,4 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 6} = 319 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 0,15 \text{ мкФ}$. типу $K10-17-50B-M1500-0.15 \text{ мкФ}\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо потужність, споживану від джерела живлення блоком передавача

$$P_0 = I_0 \cdot U_{\text{Вх}}, [Bm], \quad (3.58)$$

$$P_0 = 32,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9 = 0,29 (Bm).$$

3.5 Електричний розрахунок вхідного кола та підсилювача радіочастоти приймача

Вихідні дані:

робоча частота - $f_p = 26945 \text{ кГц}$;

коефіцієнт підсилення - $K = 11,44$;

вхідний опір антени - $r_A = 750 \text{ Ом}$;

еквівалентна добротність контурів - $Q_{\text{екв}} = 150$.

Схема підсилювача радіочастоти та вхідного кола наведена на рисунку 3.5 [14]

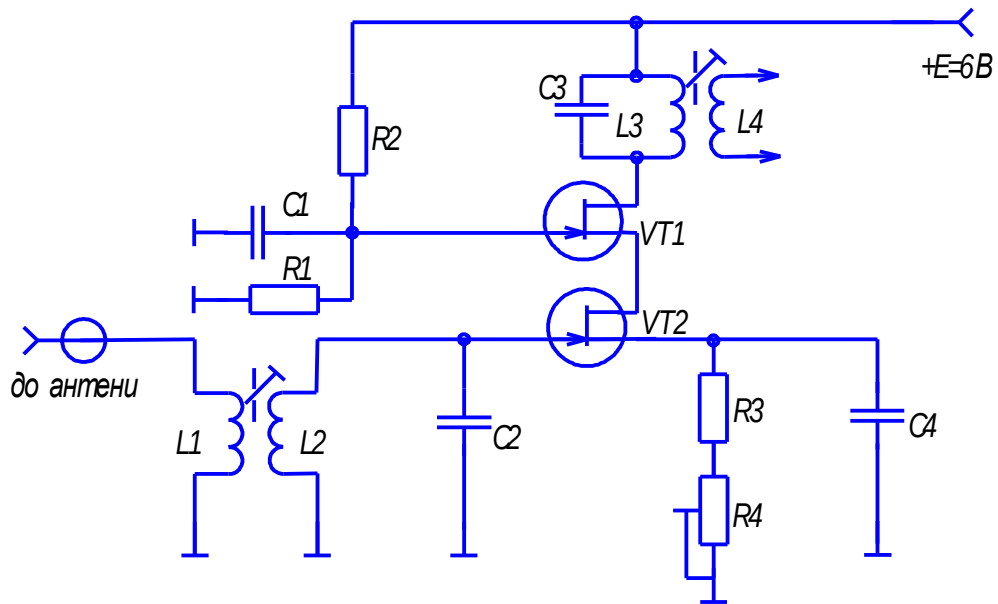


Рисунок 3.5 - Схема вхідного кола та підсилювача радіочастоти

В якості вхідного вибираємо вхідне коло з трансформаторним зв'язком, яке найбільш поширене в радіотехнічній апаратурі.

Проведемо його розрахунок.

Розраховуємо загальну паразитну ємність схеми у контурі вхідного кола

$$C_{cx} = C_L + C_{TP} + C_M, [n\Phi], \quad (3.59)$$

де C_L - паразитна ємність котушки вхідного кола;

C_{TP} - вхідна ємність транзистора ПРЧ;

C_M - паразитна ємність монтажу.

$$C_{cx} = 4 + 6 + 4 = 14 (n\Phi).$$

Приймаємо величину ємності конденсатора $C_2 = 24 n\Phi$ вхідного кола і вибираємо його тип $K10-17-50B-M47-24 n\Phi \pm 10\%$ [4].

Загальна ємність у контурі вхідного кола

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi f_p)^2 \cdot C_K}, [мкГн], \quad (3.60)$$

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3)^2 \cdot 38 \cdot 10^{-12}} = 0,92 \text{ (мкГн)}.$$

Характеристичний опір контуру вхідного кола

$$\rho = \frac{1}{2\pi f_p \cdot C_K}, [Ом], \quad (3.61)$$

$$\rho = \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 38 \cdot 10^{-12}} = 155 \text{ (Ом)}.$$

Розраховуємо оптимальний коефіцієнт зв'язку вхідного кола з антеною

$$K_{3B \text{ ОПТ}} = \sqrt{\frac{1}{Q_e}}, \quad (3.62)$$

$$K_{3B \text{ ОПТ}} = \sqrt{\frac{1}{150}} = 0,082.$$

Розраховуємо оптимальну величину індуктивності зв'язку з антеною

$$L_1 = \frac{r_A}{\omega}, [\text{мкГн}], \quad (3.63)$$

$$L_1 = \frac{75}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3} = 0,44 \text{ (мкГн)}.$$

Взаємоіндуктивність, що відповідає оптимальному коефіцієнту зв'язку

$$M = K_{3B \text{ ОПТ}} \cdot L_2, [\text{нГн}], \quad (3.64)$$

$$M = 0,082 \cdot 0,92 \cdot 10^{-6} = 75 \text{ (нГн)}.$$

Максимальний коефіцієнт передачі вхідного кола, що відповідає оптимальному зв'язку

$$K_{BK \text{ MAX}} = \sqrt{\frac{R}{r_A}} = \sqrt{\frac{\rho \cdot Q}{r_A}}, \quad (3.65)$$

$$K_{BK \text{ MAX}} = \sqrt{\frac{155 \cdot 150}{75}} = 8,8.$$

Для отримання заданого коефіцієнта передачі вхідного кола $K_{BK} = 1,04$ слід зменшити зв'язок між вхідним колом та антеною за допомогою підстроювального феритового осердя. При цьому добротність контуру вхідного кола зросте, що приведе до зростання вибірності приймача радіоелектронного засобу контролю стану автомобіля та зменшення завад у побічних каналах прийому.

Проведемо розрахунок каскадного підсилювача. За характеристиками транзистора вибираємо положення робочої точки транзистора ПРЧ

$$U_{3B} = -1 \text{ В}; \quad U_{CB} = 2,5 \text{ В}; \quad I_{C0} = 2 \text{ мА}.$$

Розраховуємо величину постійної напруги на витоці транзистора VT2

$$U_{B2} = -U_{3B} = -(-1) = 1 \text{ (В)}.$$

Розраховуємо величину опору резисторів R_3 , R_4 та визначаємо їх тип

$$R_B = \frac{U_{B2}}{I_{C0}}, \text{ [Ом]}, \quad (3.66)$$

$$R_B = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор $R_3 = 390 \text{ Ом}$. типу C2-23-0,125-390 Ом $\pm$ 10% [4].

У вибраному режимі величина опору резистора R_4

$$R_4 = R_B - R_3, \text{ [Ом]} \quad (3.67)$$

$$R_4 = 500 - 390 = 110 \text{ (Ом)}.$$

З метою регулювання підсилення ПРЧ у значних межах доцільно вибрати опір резистора $R_4 \gg R_3$.

Вибираємо резистор $R_4 = 33 \text{ кОм}$. типу $СПЗ-11В-0,125-33 \text{ кОм} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину постійної напруги на стоці транзистора VT2

$$U_{C2} = U_{B2} + U_{CB}, [B], \quad (3.68)$$

$$U_{C2} = 1 + 2,5 = 3,5 (B).$$

Розраховуємо величину постійної напруги на затворі транзистора VT1

$$U_{31} = U_{C2} + U_{3B1}, [B], \quad (3.69)$$

$$U_{32} = 3,5 + (-1) = 2,5 (B).$$

Приймаємо струм подільника виходячи з умови $I_{нод} \gg I_{внт. затвору} = I_n A_I$

$$I_{нод} = 10 \text{ мкА}.$$

Розраховуємо величину опору резистора R_1 та визначаємо його тип

$$R_1 = \frac{U_{31}}{I_{нод}}, [\text{кОм}], \quad (3.70)$$

$$R_1 = \frac{2,5}{10 \cdot 10^{-6}} = 250 (\text{кОм}).$$

Вибираємо резистор $R_1 = 240 \text{ кОм}$. типу $С2-23-0,125-240 \text{ кОм} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину опору резистора R_2 та визначаємо його тип

$$R_2 = \frac{E_k - U_{31}}{I_{нод}}, [\text{кОм}], \quad (3.71)$$

$$R_2 = \frac{6 - 2,5}{10 \cdot 10^{-6}} = 350 (\text{кОм}).$$

Вибираємо резистор $R_2 = 360 \text{ кОм}$. типу $С2-23-0,125-360 \text{ кОм} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1 та визначаємо його тип

$$C_1 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f_p \cdot R_1}, [n\Phi] , \quad (3.72)$$

$$C_1 = \frac{10}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 240 \cdot 10^3} = 0,2 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 1000 \text{ } n\Phi$. типу $K10-17-50B-M1500-1000 \text{ } n\Phi \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_4 та визначаємо його тип

$$C_4 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f_p \cdot R_3}, [n\Phi] , \quad (3.73)$$

$$C_1 = \frac{10}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 390} = 151 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_4 = 0,01 \text{ } мк\Phi$. типу $K10-17-50B-M1500-0,01 \text{ } мк\Phi \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо загальну паразитну ємність у контурі навантаження підсилювача радіочастоти

$$C_{CX} = C_L + C_{TP} + C_M, [n\Phi], \quad (3.74)$$

де C_L - паразитна ємність котушки контуру навантаження підсилювача радіочастоти, пФ;

C_{TP} - вихідна ємність транзистора, пФ;

C_M - паразитна ємність монтажу, пФ.

$$C_{CX} = 4 + 6 + 4 = 14 (n\Phi).$$

Приймаємо величину ємності конденсатора контуру $C_3 = 24 \text{ } n\Phi$. навантаження підсилювача радіочастоти типу $K10-17-50B-M47-24n\Phi \pm 10\%$

Розраховуємо загальну ємність у контурі навантаження підсилювача

радіочастоти

$$C_K = C_3 + C_{CX}, [n\Phi], \quad (3.75)$$

$$C_K = 24 + 14 = 38 (n\Phi).$$

Розраховуємо індуктивність контуру підсилювача радіочастоти

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi f_p)^2 \cdot C_K}, [мкГн], \quad (3.76)$$

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3)^2 \cdot 38 \cdot 10^{-12}} = 0,92 (мкГн).$$

Характеристичний опір контуру ПРЧ

$$\rho = \frac{1}{2\pi f_p \cdot C_K}, [Ом], \quad (3.77)$$

$$\rho = \frac{1}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3 \cdot 38 \cdot 10^{-12}} = 155 (Ом).$$

Оптимальний коефіцієнт зв'язку контуру ПРЧ з наступним каскадом

$$K_{3B\ OPT} = \sqrt{\frac{1}{Q_e}}, \quad (3.78)$$

$$K_{3B\ OPT} = \sqrt{\frac{1}{150}} = 0,082.$$

Розраховуємо величину індуктивності зв'язку з перетворювачем частоти

$$L_4 = \frac{R_{Bx.ПЕР}}{\omega}, [мкГн], \quad (3.78)$$

$$L_4 = \frac{2 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 26945 \cdot 10^3} = 12 (мкГн).$$

Взаємоіндуктивність, що відповідає оптимальному коефіцієнту зв'язку

контур ПРЧ з перетворювачем частоти

$$M = K_{ЗВ\ ОПТ} \cdot L_2, [\text{нГн}], \quad (3.79)$$

$$M = 0,082 \cdot 0,92 \cdot 10^{-6} = 75 (\text{нГн}).$$

Розраховуємо коефіцієнт підсилення підсилювача радіочастоти

$$K_{ПРЧ} = S \cdot \rho \cdot Q_e \cdot \frac{M}{L_3}, \quad (3.80)$$

$$K_{ПРЧ} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 155 \cdot 150 \cdot \frac{75 \cdot 10^{-9}}{0,92 \cdot 10^{-6}} = 7,6.$$

Необхідний коефіцієнт підсилення встановлюється розподілом коефіцієнтів передачі між входним колом та підсилювачем радіочастоти за допомогою регулювання зв'язку між каскадами та зміни режиму роботи транзисторів підстроювальним резистором R_4 .

3.6 Розрахунок перетворювача частоти приймача

Вихідні дані:

частота входного сигналу - $f_p = 26945$ кГц;

проміжна частота - $f_{пр} = 465$ кГц;

коефіцієнт передачі - $K = 4,93$.

До складу перетворювача частоти входить подвійний балансний змішувач на ІМС КІ74ПС1, що використовується в режимі перетворення, та гетеродин на кварцовому резонаторі.

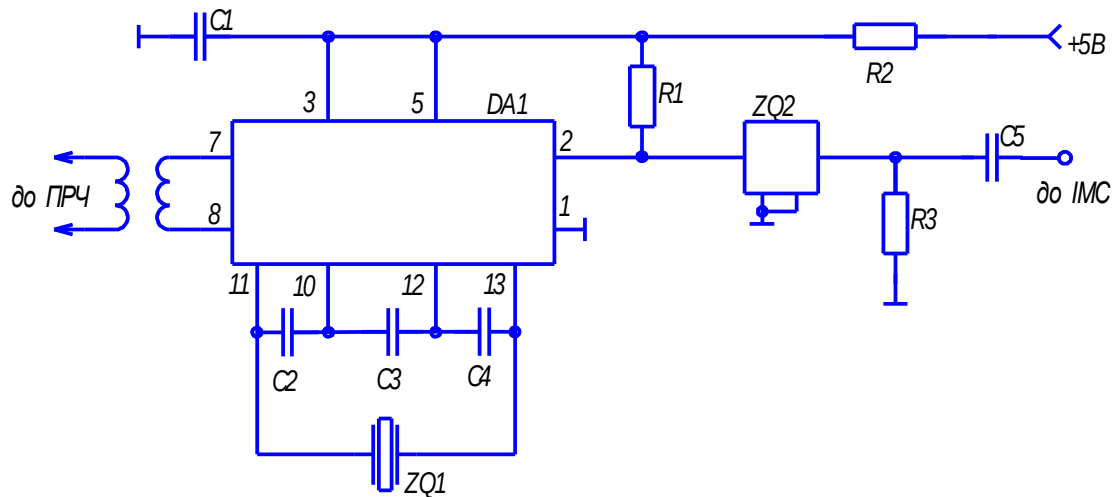


Рисунок 3.6 – Перетворювач частоти

Розраховуємо параметри ІМС KI74ПС1 у режимі перетворення

$$S_{\text{ПР}} = |Y_{21\text{ПР}}| = (0,4 \dots 0,8) \cdot |Y_{21}|, [\text{мА} / \text{В}]; \quad (3.81)$$

$$G_{\text{Бх.ПР}} = G_{11\text{ПР}} = (0,5 \dots 0,8) \cdot |Y_{11}|, [\text{мСм}]; \quad (3.82)$$

де Y_{21}, Y_{11} - параметри ІМС у режимі підсилення на частоті сигналу - f_p ;

$$S_{\text{ПР}} = 0,5 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 4,5 (\text{мА} / \text{В}),$$

$$G_{\text{Бх.ПР}} = G_{11\text{ПР}} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 0,48 (\text{мСм}),$$

$$S_{3B} = |Y_{12\text{ПР}}| = (0,2 \dots 0,8) \cdot |Y_{12}|, [\text{мА} / \text{В}]; \quad (3.83)$$

$$G_{\text{І.ПР}} = G_{22\text{ПР}} = (0,5 \dots 0,8) \cdot |Y_{22}|, [\text{мСм}]; \quad (3.84)$$

де Y_{22}, Y_{12} - параметри ІМС у режимі підсилення на проміжній частоті.

$$S_{3B} = |Y_{12\text{ПР}}| = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,75 (\text{мА} / \text{В}),$$

$$G_{\text{І.ПР}} = G_{22\text{ПР}} = 0,6 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 30 (\text{мСм}).$$

У гетеродині використовуємо кварцовий резонатор типу: РК332КА-

7АП-27410К [4].

Резистори R_1 та R_3 забезпечують узгодження п'єзоелектричного фільтру по входу і по виходу

Вибираємо резистори $R_1 = R_3 = \rho_\phi = 2 \text{ кОм}$. типу C2-23-0,125-2кОм $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо коефіцієнт передачі перетворювача частоти

$$K_{\text{ПЕР}} = S_{\text{ПР}} \cdot \rho_\phi, \quad (3.85)$$

де ρ_ϕ - узгоджуючий опір на вході і виході фільтру, Ом.

$$K_{\text{ПЕР}} = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 9.$$

Розраховуємо величину опору резистора R_2 та визначаємо його тип

$$R_2 = \frac{E_\kappa - E'_\kappa}{I_0}, [\text{Ом}], \quad (3.86)$$

$$R_2 = \frac{6 - 5,5}{3 \cdot 10^{-3}} = 167 (\text{Ом}).$$

Вибираємо резистор $R_2 = 160 \text{ Ом}$. типу C2-23-0,125-160 Ом $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1 та визначаємо його тип

$$C_1 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f_{\text{ПР}} \cdot R_2}, [\text{нФ}] \quad (3.87)$$

$$C_1 = \frac{10}{2\pi \cdot 465 \cdot 10^3 \cdot 160} = 21 (\text{нФ}).$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 0,15 \text{ мкФ}$. типу K10-17-50В-М1500-0,15мкФ $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_5 та визначаємо його тип

$$C_5 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f_{\text{ПР}} \cdot R_3}, [n\Phi],$$

$$C_5 = \frac{10}{2\pi \cdot 465 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3} = 1,7 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_5 = 5600 \text{ нФ}$. типу $K10-17-50B-5600 \text{ нФ} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_3 та визначаємо його тип

$$C_3 \geq \frac{10 \cdot G_{\text{Вх.ПР}}}{2\pi \cdot f_{\Gamma}}, [n\Phi], \quad (3.88)$$

де f_{Γ} - частота гетеродина, Гц.

$$C_3 = \frac{10 \cdot 0,48 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 27410 \cdot 10^3} = 27,9 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатор $C_3 = 27 \text{ нФ}$. типу $K10-17-50B-27 \text{ нФ} \pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_2, C_4 та визначаємо його тип

$$C_2 = C_4 = (0,3 \dots 0,5) \cdot C_3, [n\Phi], \quad (3.89)$$

$$C_2 = C_4 = 0,4 \cdot 27 = 10,8 (n\Phi).$$

Вибираємо конденсатори $C_2 = C_4 = 11 \text{ нФ}$. типу $K10-17-50B-M47-11 \text{ нФ} \pm 10\%$ [4].

Вибираємо конденсатор $C_1 = 0,15 \text{ мкФ}$ типу $K10-17-50B-M1500-0,15 \text{ мкФ} \pm 10\%$ [4].

3.7 Електричний розрахунок вузла тривожної сигналізації

Вихідні дані:

частота звукових коливань - $F_1 = 1 \text{ кГц}$;

частота посилок (модулюючих коливань) - $F_2 = 1 \text{ Гц}$;

вихідна потужність - $P=10$ мВт

Схема вузла тривожної сигналізації зображена на рисунку 3.7.

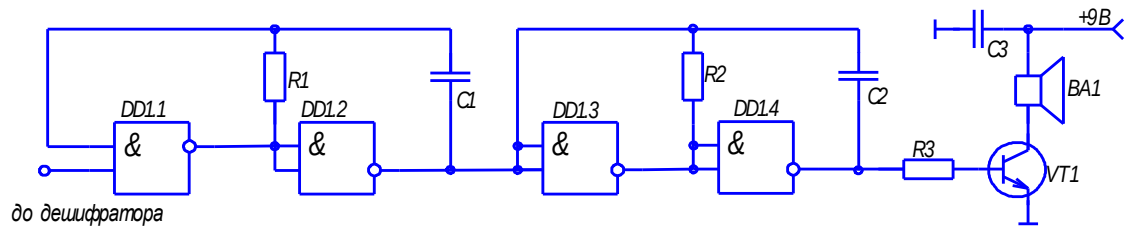


Рисунок 3.7 - Схема вузла тривожної сигналізації

Вибираємо резистор $R_1 = 1$ МОм. типу C2-23-0,125-1МОм $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_1 та визначаємо його тип

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot F_2 \cdot R_1}, [\text{мкФ}], \quad (3.90)$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^6} = 0,159 (\text{мкФ}).$$

Вибираємо конденсатор $C_1 = 0,15$ мкФ. типу K10-17-50В-М1500-0,15 мкФ $\pm 10\%$ [4].

Вибираємо резистор $R_2 = 36$ кОм. типу C2-23-0,125-36 кОм $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо величину ємності конденсатора C_2 та визначаємо його тип

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot F_1 \cdot R_2}, [\text{нФ}],$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 36 \cdot 10^3} = 4,4 (\text{нФ}).$$

Вибираємо конденсатор $C_2 = 4700$ нФ. типу K10-17-50В-М1500-4700нФ $\pm 10\%$ [4].

Розраховуємо максимальний колекторний струм транзистора VT1

$$I_{\kappa} = \frac{E_{\kappa} - U_{\text{кенаc}}}{R_{BF1}} < I_{\text{кдоп}}, [\text{мА}], \quad (3.91)$$

де $U_{\text{кенаc}}$ - падіння напруги на відкритому транзисторі VT1;

R_{BF1} - опір динамічної головки BF1 типу 0.5 ГДШ-9.

$$I_{\kappa} = \frac{9-1}{50} = 160 \text{ (мА)} < I_{\text{кдоп}} = 400 \text{ (мА)}.$$

Середній споживаний струм вузла тривожної сигналізації під час роботи

$$I_0 = \frac{I_{\kappa}}{4}, [\text{мА}], \quad (3.92)$$

$$I_0 = \frac{160}{4} = 40 \text{ (мА)}.$$

Базовий струм транзистора VT1

$$I_{\delta} = \frac{I_{\kappa}}{h_{21e}}, [\text{мА}], \quad (.93)$$

$$I_{\delta} = \frac{160}{100} = 1,6 \text{ (мА)}.$$

Розраховуємо величину опору резистора R_3 та визначаємо його тип

$$R_3 = \frac{E_{\kappa e} - U_{\delta e}}{I_{\delta}}, [\text{кОм}], \quad (3.94)$$

$$R_3 = \frac{9-0,6}{1,6 \cdot 10^{-3}} = 5,2 \text{ (кОм)}.$$

Вибираємо резистор $R_3 = 5,1 \text{ кОм}$. типу C2-23-0,125-5,1 кОм $\pm$ 10% [4].

Вибираємо конденсатор $C_3 = 220 \text{ мкФ}$. типу K50-35-16B- 220

мкФ $\pm$ 20% [4].

4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Комп'ютерне моделювання призначене для перевірки працездатності розроблюваного пристрою. Моделювання проводиться за допомогою програми Electronics Workbench 5.12. В якості модельованого вузла виступає один із вузлів схеми передавача, а саме його вихідний каскад, на який покладена задача підсилення вихідного сигналу та забезпечення відповідної амплітудно-частотної характеристики.

Схема вихідного каскаду зображена на рисунку 4.1

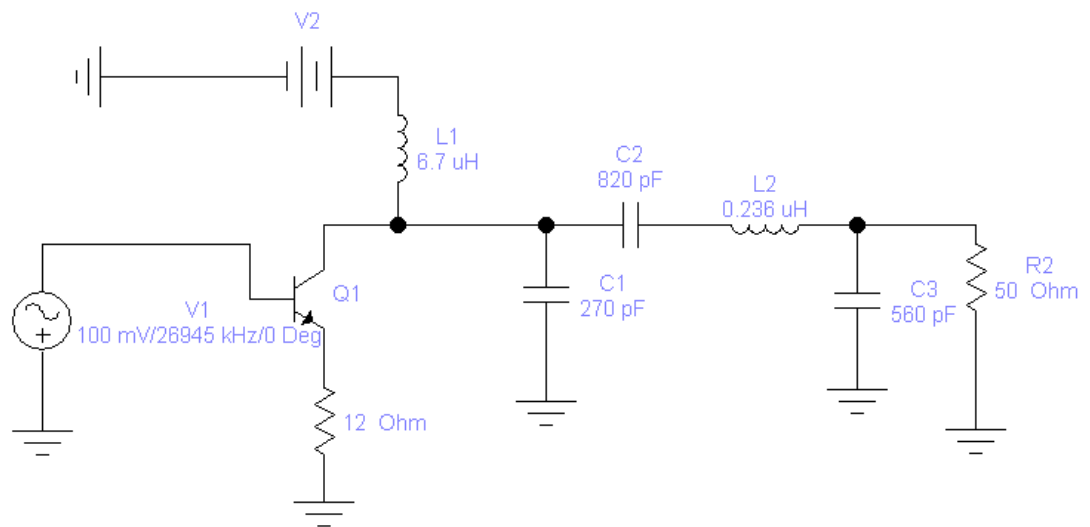


Рисунок 4.1 – Схема вихідного каскаду зібрана в Electronics Workbench 5.12

Метою комп'ютерного моделювання є перевірка працездатності модельованого вузла та досягнення оптимальних параметрів його роботи.

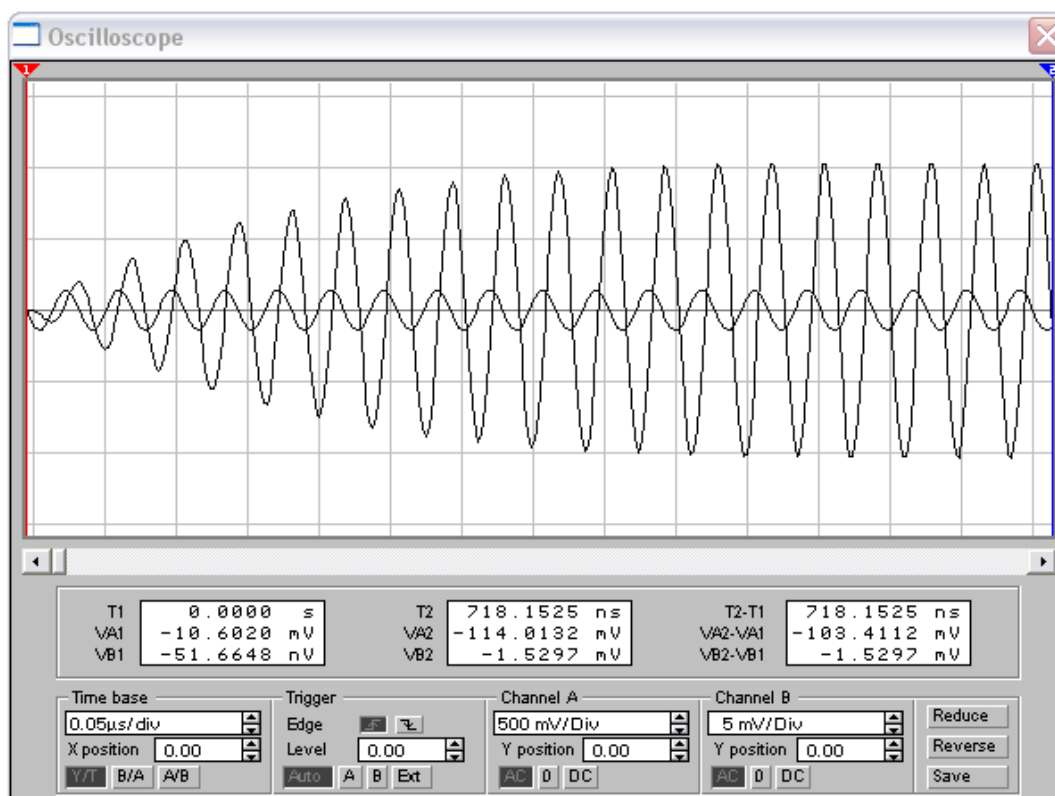
Початковими даними є:

вхідна напруга - $U_{вх} = 100$ мВ;

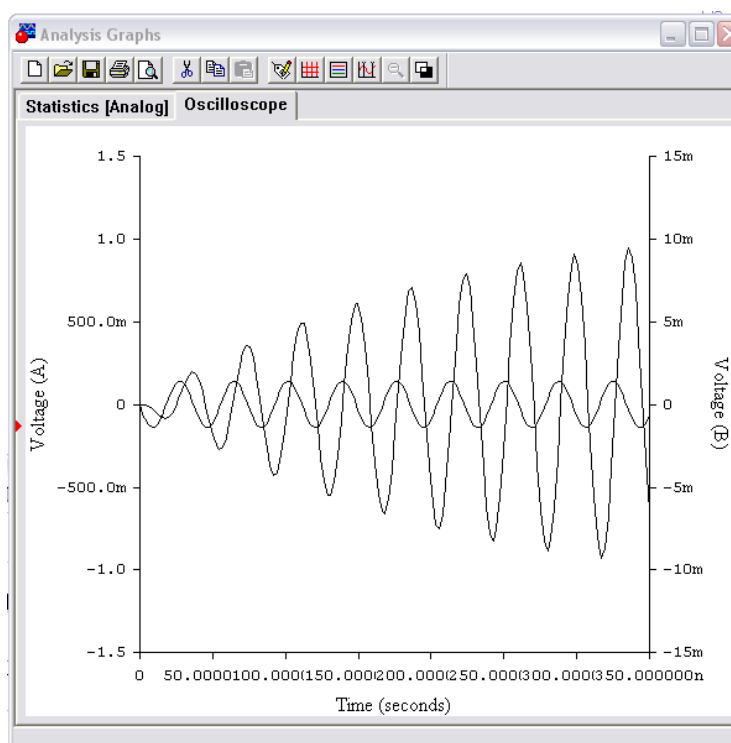
робоча частота - $F_p = 26945$ кГц;

опір антенного контуру - $R_a = 50$ Ом.

На рисунку 4.2 показані осцилограми напруг на вході та виході вихідного каскаду передавача.



Рисунку 4.2 - Осцилограми напруг на вході та виході вихідного каскаду передавача.



Рисунку 4.3 - Осцилограми напруг на вході та виході вихідного каскаду передавача, відзначені часовим інтервалом

Висновок: Провівши комп'ютерне моделювання і проаналізувавши отримані графіки приходимо висновку, що вихідний каскад виконує покладені на нього функції. На рисунку 4.2 видно, що вихідний каскад передавача, виконаний на вибраних елементах забезпечує значний коефіцієнт підсилення. Підсилення амплітуди несучого коливання відбувається на частоті $F_p = 26945$ кГц, що відповідає початковим даним.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою галуззю, що законодавчо закріплює конституційне право громадян на захист їхнього життя та здоров'я під час трудової діяльності. За участі відповідних державних органів вона регулює відносини між роботодавцем (власником підприємства, установи чи організації або його представником) та працівником у питаннях безпеки, гігієни праці та стану виробничого середовища, а також визначає єдині принципи організації охорони праці на всій території України. Ефективно налагоджена система охорони праці не лише забезпечує безпеку, але й сприяє підвищенню самодисципліни працівників, що позитивно впливає на продуктивність їхньої праці. Міжнародний досвід переконливо доводить, що ігнорування вимог охорони праці призводить до зниження економічної ефективності компанії та є несумісним зі стратегією її сталого розвитку. ООН визнає охорону праці на підприємстві однією з фундаментальних потреб людини. Інвестиції в охорону праці є не лише соціально відповідальним кроком, але й економічно вигідним рішенням для будь-якого підприємства.

Розробка радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [21]:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Законодавство про працю України визначає загальні вимоги до умов праці на підприємствах. Зокрема, частина 1 статті 6 Закону України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-XII чітко встановлює, що умови праці на кожному робочому місці, безпека виробничих процесів, обладнання та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, а також санітарно-побутові умови повинні повністю відповідати вимогам чинного законодавства. У цьому контексті законодавство України містить конкретні норми та вимоги щодо використання комп'ютерної техніки на підприємствах, особливо в аспекті охорони праці. Ці вимоги детально регламентуються у таких нормативних документах, як Державні санітарні правила і норми ДСанПіН 3.3.2.007-98, Норми охорони праці НПАОП 0.00-7.15-18, Державний стандарт України ДСТУ 8604:2015 та інших відповідних актах [22]. Дотримання цих законодавчих норм є обов'язковою умовою для забезпечення безпечного та здорового робочого середовища при використанні комп'ютерної техніки на підприємствах.

Конструкція робочого місця розробника повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечувати підтримання оптимальної та фізіологічно обґрунтованої робочої пози, що мінімізує статичне навантаження та сприяє збереженню працездатності протягом тривалого часу. Робочий стіл, як основний елемент робочого простору, має відповідати сучасним ергономічним стандартам (зокрема, ДСТУ 8604:2015 «Ергономіка. Вимоги

до робочого місця користувача комп'ютера») та забезпечувати раціональне розміщення всього необхідного обладнання, включаючи дисплей, клавіатуру, пристрої друку та робочу документацію, в межах оптимальної зони досяжності моторного поля. Нормативними документами чітко регламентуються висота робочої поверхні столу, а також параметри його ширини та глибини, що мають забезпечувати зручне виконання робочих операцій без зайвих рухів та напруження. Важливим аспектом є також можливість регулювання висоти столу та інших елементів робочого місця (наприклад, крісла) для індивідуального пристосування до антропометричних даних кожного працівника.

Поверхня сидіння та спинки робочого стільця повинна бути напівм'якою, мати повітропроникне покриття, яке легко піддається очищенню і не накопичує статичну електрику (згідно з пунктом 4.12 Державних санітарних правил і норм ДСанПіН 3.3.2.007-98) [23]. Робоче місце, обладнане персональним комп'ютером, як правило, комплектується підставкою для ніг, вимоги до розмірів та конструкції якої також регламентуються відповідними нормативними актами. Використання підставки для ніг є обов'язковим для працівників, чиї стопи не дістають до підлоги, оскільки це сприяє підтримці правильної постави та зменшенню навантаження на нижні кінцівки.

У досліджуваному приміщенні поверхня підлоги відповідає нормативним вимогам, будучи рівною, неслизькою та володіючи антистатичними властивостями, що є важливим для безпеки працівників та запобігання пошкодженню електронного обладнання. Для внутрішнього оздоблення приміщень, де використовуються персональні комп'ютери, категорично заборонено застосування полімерних матеріалів, таких як деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та інші, оскільки вони можуть виділяти в повітря шкідливі хімічні сполуки (наприклад, формальдегід,

фенол тощо), що негативно впливають на здоров'я працівників та загальну якість повітря в робочій зоні.

Відносно вікон робоче місце необхідно організовувати так, щоб природне світло було з лівого боку (п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98) [23]. Робоче місце розробника розміщене таким чином, щоб уникнути попадання прямого світла в очі. Як показав аналіз робочого місця, екран монітора та клавіатура знаходяться на оптимальній відстані від очей користувача, яка не менше 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових символів. Клавіатура розташована на спеціальній поверхні, яка може регулюватися за висотою, окремо від столу, на відстані 100-300 мм від краю, що найближчий до користувача. Кут нахилу клавіатури регулюється в межах 5-150⁰.

5.1.2 Електробезпека приміщення

Приміщення, де проводилася розробка радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою, належить до категорії приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом (згідно з класифікацією, що враховує фактори, які можуть збільшити ризик електротравм, такі як вологість, струмопровідна підлога тощо). Персональні комп'ютери та підключені до них периферійні пристрої приєднані до електромережі за допомогою справних штепсельних з'єднань та електророзеток промислового виготовлення, що відповідає вимогам безпечної експлуатації електрообладнання. Регулярна візуальна перевірка цілісності штепсельних з'єднань та розеток є важливою умовою підтримання електробезпеки на робочому місці.

Штепсельні з'єднання та електророзетки, окрім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх така, що приєднання нульового захисного провідника відбувається раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні є зворотним. З'єднання контактів фазових

провідників з контактами нульового захисного провідника унеможливлено. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Згідно з правилами безпечної експлуатації, щоденно перед початком роботи слід очищати екран монітора від пилу та інших забруднень, що сприяє збереженню чіткості зображення та зменшує електростатичне поле. Після завершення робочого дня персональний комп'ютер та всі підключені до нього периферійні пристрої повинні бути повністю від'єднані від електромережі, що є важливим заходом пожежної безпеки та енергозбереження. У випадку будь-якої аварійної ситуації необхідно негайно знеструмити персональний комп'ютер та периферійне обладнання, від'єднавши їх від електричної мережі для запобігання подальшим ушкодженням або небезпечним наслідкам.

Заборонено

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою ізоляцією;
- застосування саморобних подовжувачів, застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Для забезпечення безпеки застосовані такі технічні рішення:

- забезпечено недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- ізоляція струмоведучих частин;

- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом: захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;
- періодична перевірка опору заземлення;
- контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

На підприємствах мікроклімат виробничих приміщень суттєво впливає на самопочуття та здоров'я працівників, визначаючись комбінованою дією температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання на їхній організм. Виробничий мікроклімат характеризується значною нестабільністю, нерівномірним розподілом у просторі (як по горизонталі, так і по вертикалі) та різноманітністю поєднань цих параметрів. Ці коливання залежать від специфіки технологічних процесів, кліматичних умов місцевості, конструктивних особливостей будівель та ефективності систем вентиляції та повітрообміну із зовнішнім середовищем. Таким чином, створення оптимального мікроклімату є важливим завданням для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, що безпосередньо впливає на продуктивність та здоров'я персоналу.

Робота розробника згідно Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу за енерговитратами відноситься до категорії 1а. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримання оптимальних мікрокліматичних параметрів у приміщенні функціонує система центрального опалення, що забезпечує комфортну температуру в холодну пору року, та регулярно проводиться вологе прибирання для підтримання належного рівня вологості та зменшення концентрації пилу в повітрі. Крім того, для забезпечення циркуляції свіжого повітря та видалення можливих забруднень, за потреби здійснюється періодичне провітрювання приміщення шляхом відкриття вікон або використання вентиляційних систем. Для більш ефективного контролю та підтримання стабільних мікрокліматичних умов рекомендується також використовувати термометри та гігрометри для моніторингу температури та вологості повітря, а також розглянути можливість встановлення системи припливно-витяжної вентиляції з фільтрацією повітря.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється розробка радіоелектронного охоронно-сигналізаційного пристрою, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, озон та вуглекислий газ. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2 [24].

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	25	10	4
Озон	0,1	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення відповідного складу повітря робочої зони здійснюється за рахунок регулярного провітрювання та вологого прибирання. Додатково, для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря

5.2.3 Виробниче освітлення

Тривала робота за комп'ютером та з документами в умовах недостатнього освітлення може призвести до значного зорового перенапруження, що підкреслює важливість належного освітлення робочого місця. Нормативні значення освітленості при штучному освітленні та коефіцієнта природної освітленості (КПО) при природному та комбінованому освітленні для різних видів робіт, відповідно до Державних будівельних норм ДБН В.2.5-28:2018 [27] "Природне і штучне освітлення", детально регламентовані у таблиці 5.4. Дотримання цих норм є обов'язковим для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, збереження зору працівників та запобігання виникненню зорової втоми та пов'язаних з нею проблем зі здоров'ям.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природнє освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 - 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Штучне освітлення досліджуваного приміщення здійснюється системою загального рівномірного освітлення (п. 3.2.2 ДСанПіН 3.3.2.007-98) [28]. У приміщеннях при переважній роботі з документами допускається використання системи комбінованого освітлення, тобто встановлення світильників місцевого освітлення додатково до загального. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях відповідно до вимог необхідно мити вікна і світильники не рідше 2 разів на рік, а також своєчасно замінювати лампи, що перегоріли.

5.2.4 Виробничий шум

На сьогоднішній день, як в Україні, так і в усьому світі, практично не існує абсолютно безшумних виробництв. Проте, шум набуває особливої значущості як професійна шкідливість, коли його інтенсивність досягає високих рівнів. Це явище поширене не лише в промисловості, сільському

господарстві та на транспорті, але й у побутовому середовищі. Для регулювання шумового впливу на працівників у службових приміщеннях розроблено нормативний документ ДСН 3.3.6.037-99, який встановлює допустимі рівні шуму для різних категорій робочих місць. Конкретні норми шумового навантаження на працівника під час виконання його трудових обов'язків детально наведені у таблиці 5.5. Дотримання цих норм є важливим для збереження здоров'я та працездатності працівників, оскільки тривалий вплив інтенсивного шуму може призвести до ряду негативних наслідків, включаючи погіршення слуху, підвищену втомлюваність, зниження концентрації уваги та зростання ризику серцево-судинних захворювань.

Таблиця 5.5 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для боротьби з шумом на підприємств застосовуються такі заходи: усунення або зменшення джерел шуму, шляхом модернізації обладнання, зміни технологічного процесу, правильного розміщення обладнання в приміщенні тощо, застосування звукопоглинаючих матеріалів та раціональне планування виробничих приміщень (правильне розташування обладнання, робочих місць і зон відпочинку з урахуванням напрямку поширення шуму).

5.2.5 Виробничі випромінювання

Сучасний технічний прогрес характеризується постійним зростанням енергоспоживання та відповідним збільшенням навантаження на електричні кабелі, що призводить до посилення електромагнітних полів. Негативний вплив цих полів може спричинити погіршення самопочуття та стану здоров'я

працівників. У робочому середовищі, де використовується комп'ютерна техніка, персонал може піддаватися впливу електромагнітного випромінювання, що генерується як самими комп'ютерами та периферійними пристроями, так і іншими джерелами, наприклад, бездротовими мережами Wi-Fi. Оскільки ці фактори можуть мати несприятливий вплив на здоров'я, вкрай важливо вживати необхідних заходів безпеки та здійснювати постійний контроль рівнів електромагнітного випромінювання. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівників, встановлені відповідними нормативними документами, наведені у таблиці 5.6 [30].

Таблиця 5.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320. ..400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 В/м

Для обмеження впливу ЕМП на розробника необхідно використовувати і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому виключається можливість пожежі, а в разі його виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей. Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі і системою пожежного захисту. За вибуховою і пожежною небезпекою приміщення належить до категорії Д, згідно з нормами. У приміщенні знаходяться ПЕОМ та інша оргтехніка, що можуть спричинити пожежу.

Згідно даних наведених у таблиці 5.7 будівля, в якій знаходиться приміщення, має II ступінь вогнестійкості, а з урахуванням ДБН В.1.1.7-2016 [31] приміщення можна віднести до категорії вибухопожежонебезпеки В (табл.5.7).

Таблиця 5.7. – Визначення ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття міжповерхові (у т. ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E15, M0 E30, M1	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для запобігання виникнення пожежі в приміщенні застосовують такі заходи:

- щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів та занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку;
- утримання в справному стані засобів протипожежного захисту;
- своєчасне інформування про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

Електромережі, електроприлади і апаратура експлуатується тільки у справному стані з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств-виготовлювачів. У разі виявлення пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів слід негайно вимкнути їх та вжити необхідних заходів щодо приведення в пожежобезпечний стан.

5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Протипожежний захист – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

У всіх службових приміщеннях обов'язково повинен бути «План евакуації людей при пожежі», що регламентує дії персоналу у разі виникнення вогнища загоряння і в якому зазначено місця розташування пожежної техніки. Як відомо пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалювання. У робочому приміщенні присутні всі три основні чинники, необхідні для виникнення пожежі. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і ін

Джерелами запалювання можуть бути електронні схеми від ЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де внаслідок різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри та дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів. При проведенні обслуговуючих, ремонтних і профілактичних робіт використовуються різні мастильні речовини, легкозаймисті рідини, прокладаються тимчасові електропровідниками, ведуть пайку та чистку окремих вузлів. Виникає додаткова пожежна небезпека, яка потребує додаткових заходів пожежного захисту. Зокрема, при роботі з паяльником слід використовувати неспалену підставку з нескладними пристроями для зменшення споживаної потужності в неробочому стані [33].

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих загорянь, відносяться внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, тощо. Застосування води, зважаючи на небезпеку пошкодження або повного виходу з ладу дорогого устаткування можливо у виняткових випадках, коли пожежа приймає загрозливо великі розміри. При цьому кількість води повинна бути мінімальною, а пристрої ПК необхідно захистити від попадання води, накриваючи їх брезентом або полотном. У приміщенні застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники, перевагами якого є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено радіоелектронний охоронно-сигналізаційний пристрій.

У першому розділі здійснено аналіз принципів побудови охоронних систем для автомобіля.

У другому розділі здійснено розрахунок структурної схеми пристрою та обґрунтовано вибір принципів побудови його основних вузлів.

Виконано електричний розрахунок деяких вузлів пристрою, такі як розрахунок вихідного каскаду передавача, схему виходу передавача, збуджувача передавача, вузла комутації напруги живлення, вхідного кола та підсилювача радіочастоти приймача, перетворювача частоти приймача, вузла тривожної сигналізації. Оскільки дешифратор і шифратор виконано на цифрових мікросхемах, тому електричний розрахунок було проведено лише для основних вузлів приймача.

Здійснено ряд електричних розрахунків каскадів пристрою, результати яких підтвердили можливість реалізації необхідних функцій на основі вибраних схемних рішень. В якості модельованого вузла виступає один із вузлів схеми передавача, а саме його вихідний каскад, на який покладена задача підсилення вихідного сигналу та забезпечення відповідної амплітудно-частотної характеристики. Electronics Workbench 5.12 підтвердили правильність проведених електричних розрахунків. Провівши комп'ютерне моделювання електричної схеми вихідного каскаду і проаналізувавши отримані графіки можна стверджувати, що розроблений пристрій виконує покладені на нього функції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальний стан злочинності та протидії їй на території України за 2020 рік (у порівнянні зі статистичними даними за 2013-2019 роки). URL: <https://naspravdi.today/uk/2021/04/02/zahalnyy-stan-zlochynnosti/> (дата звернення: 15.04.2025).
2. Михальчук Д. О., Яворська О. М. Аналіз ринку систем охоронної сигналізації. Матеріали 75-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів. 2020. С. 49-50.
3. Ahmad M. B., Abdullahi A. A., Muhammad A. S., Saleh Y. B., Usman U. B. The Various Types of sensors used in the Security Alarm system. International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA). 2019. 9(2). P. 50-59.
4. Погребенник В. Д., Політило Р. В. Ультразвукові сенсори системи охоронної сигналізації. Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Приладобудування». 2008. Вип. 36. С. 68-76.
5. Кугір А. В. Автоматизована система охоронної сигналізації для промислового підприємства. 2021. С. 75-76.
6. Çavaş M., Ahmad M. B. A review advancement of security alarm system using internet of things (IoT). International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA). 9 (2). 2019.P. 38-49.
7. Кучеров Д. П., Березкін А. Л. Радіоканал LORA в системі охоронної сигналізації. Наукоємні технології. 2019. № 3(43). С. 357-363.
8. Комплект бездротової сигналізації MAKS PRO Black. URL: <https://securitylab.com.ua/ua/maks-pro-black/> (дата звернення: 16.04.2025).
9. Комплект бездротової сигналізації ATIS Kit GSM 100. URL: <https://securitylab.com.ua/ua/atis-kit-gsm-100/> (дата звернення: 17.04.2025).
10. StarterKit – стартовий комплект системи безпеки Ajax. URL: <https://ajax.systems.ua/products/starterkit/> (дата звернення: 18.04.2025).

11. Бездротова кімнатна сирена Ajax HomeSiren. URL: <https://ajax.systems/ua/products/homesiren/> (дата звернення: 18.04.2025).
12. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.
13. Лупенко С.А., Тиш Є.В. Прикладна теорія цифрових автоматів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя. 2011. 247 с.
14. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
15. Osukhivska H., Tysh I., Lobur T., Shylinska I., Lupenko S. Method for Estimating the Convergence Parameters of Dynamic Routing Protocols in Computer Networks. In 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2021. Vol. 1. P. 228-231.
16. Тиш Є., Зима О. Вибір критеріїв ефективності безпроводних телеметричних мереж. Матеріали VII науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль : ТНТУ. 2019. С. 139.
17. Тиш Є.В., Зима О.В. Методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж. Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». 2019. С. 101.
18. Оконський М. В., Лупенко С. А., Паламар А. М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». 2021. С. 109.
19. Vasylykivskiy I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria. 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

20. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.
21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028
22. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08 квітня 2014 року № 248.
23. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derzhavni-sanitarni-pravila-i-normi-roboti-z-vizualnimi-disp-nor4881.html>
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
26. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://dnop.com.ua/dnaop/act3167.htm>
27. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npraop_0_00-7_15-18_01_ua.php
28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний

ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

29. НАПБ А.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z1410-04>

30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

31. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf

32. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНИЙ
ПРИСТРІЙ

Виконав: студент 2(4)-го курсу, гр. РТ-23мс
спеціальності 172 « Електронні комунікації
та радіотехніка» ОП - («Радіотехніка»)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Ткачевко А.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., проф. каф. ІРТС



Семенов А.О.

(прізвище та ініціали)

« 11 »

06

2025 р.

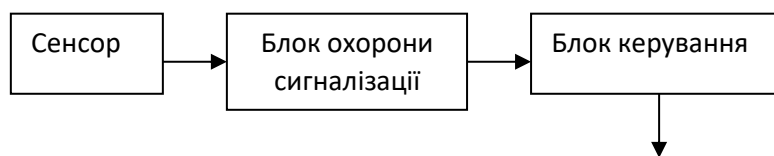


Рисунок 1- Структура побудови автосигналізації до електрообладнання

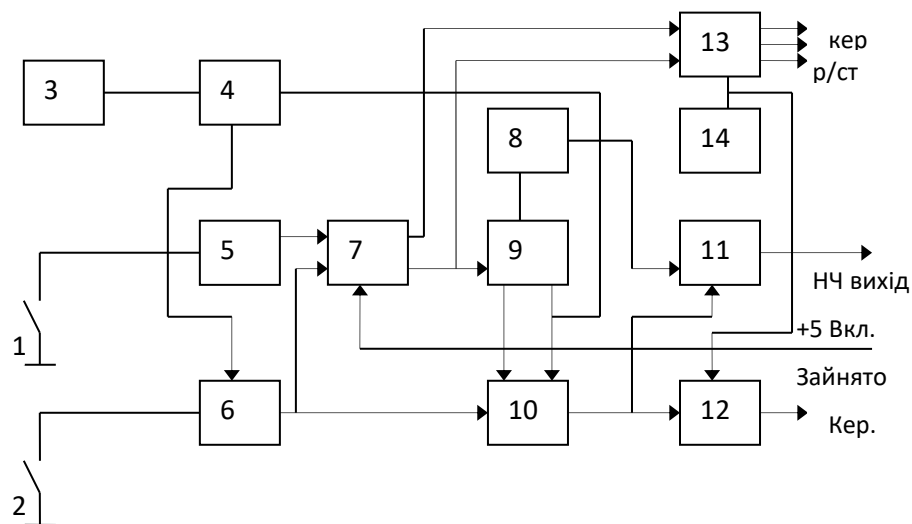


Рисунок 2 – Структурна схема автосигналізації “Шериф”

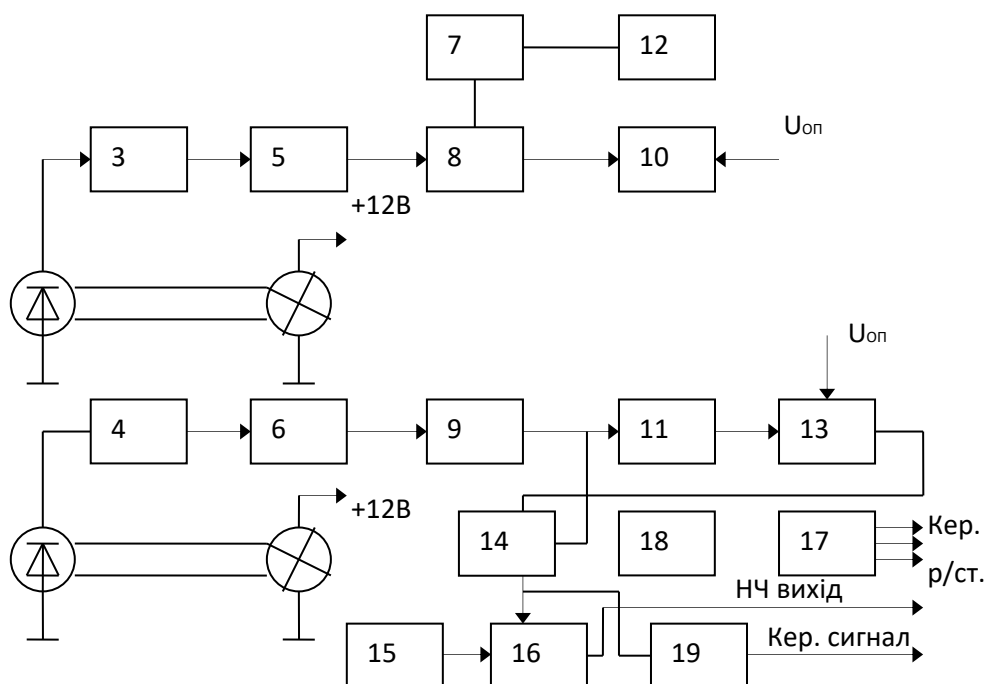


Рисунок 3 - Структурна схема охоронного пристрою "СЕ - 8":

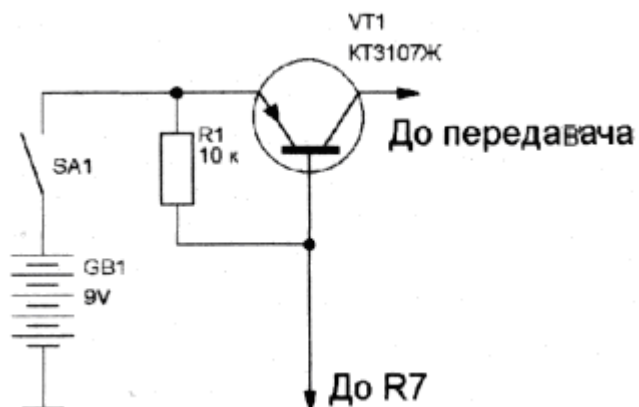


Рисунок 7 – Вузол включення живлення.

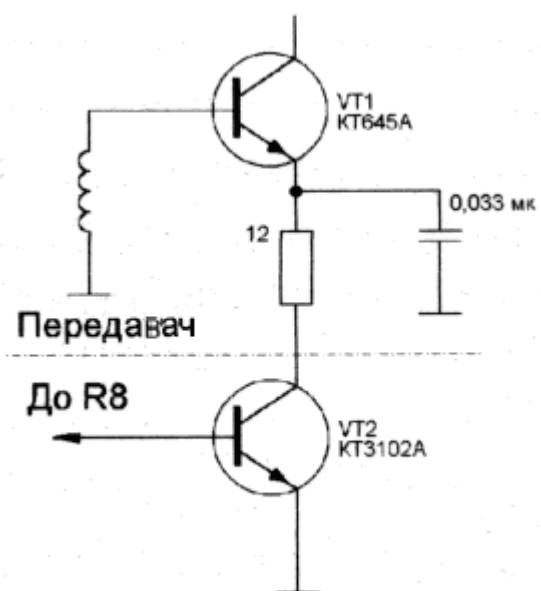


Рисунок 8 – Вузол включення живлення через буферний транзистор.

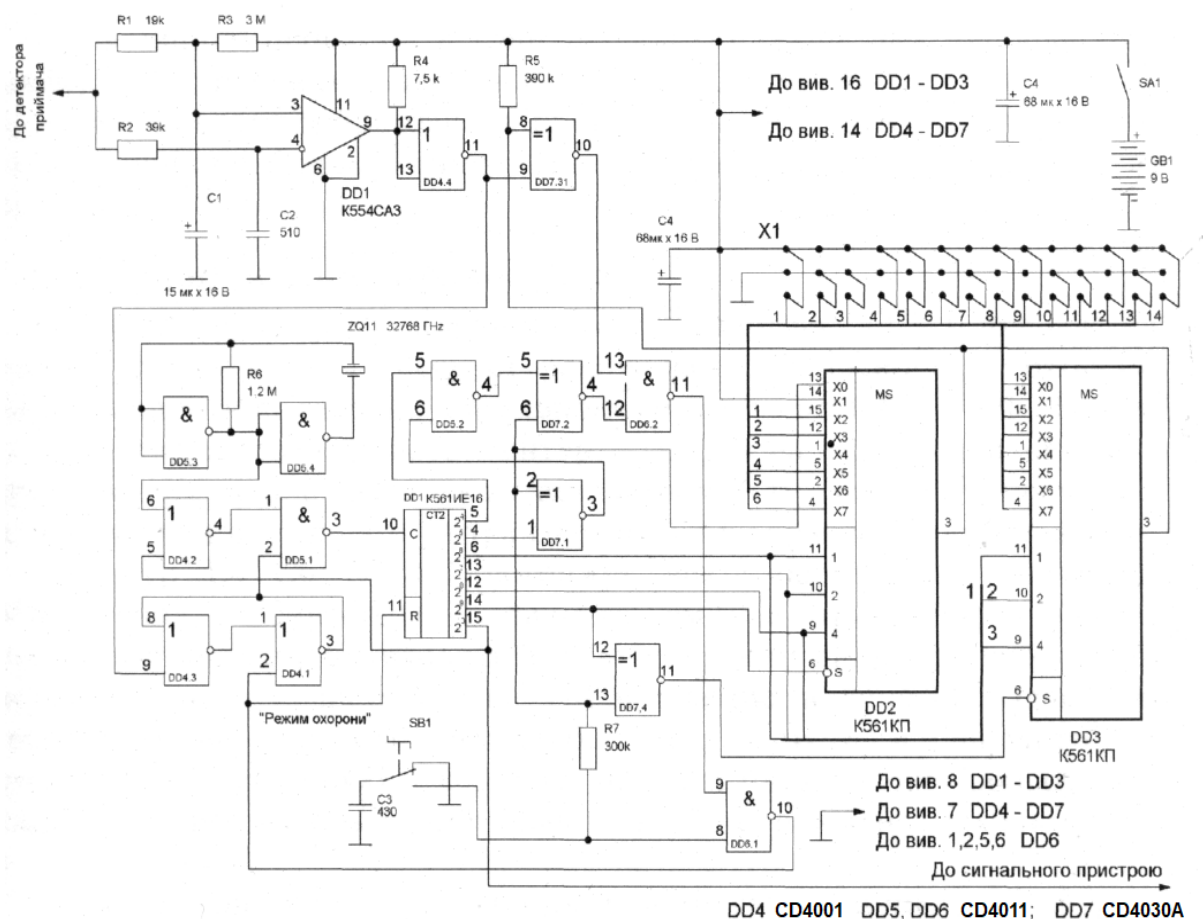


Рисунок 9 - Схема принципова дешифратора

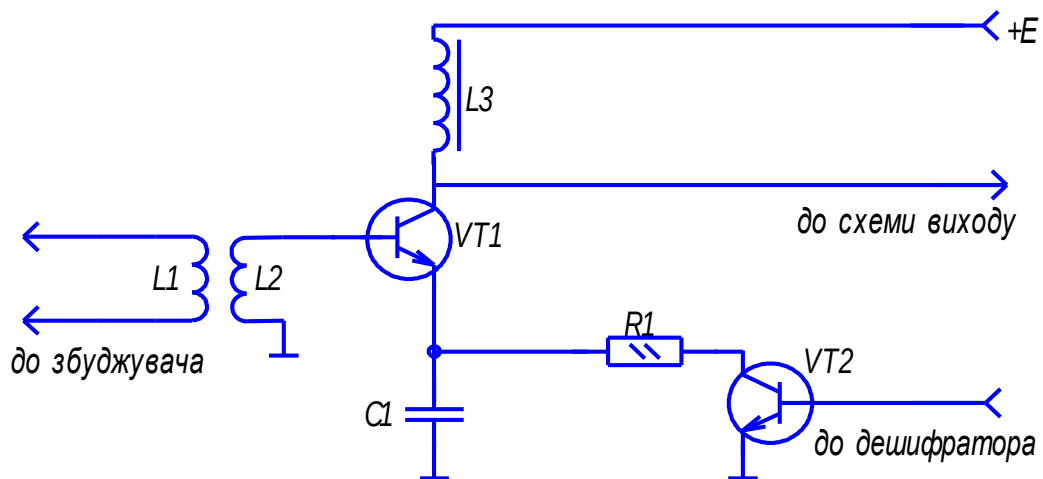


Рисунок 10 - Вихідний каскад передавача

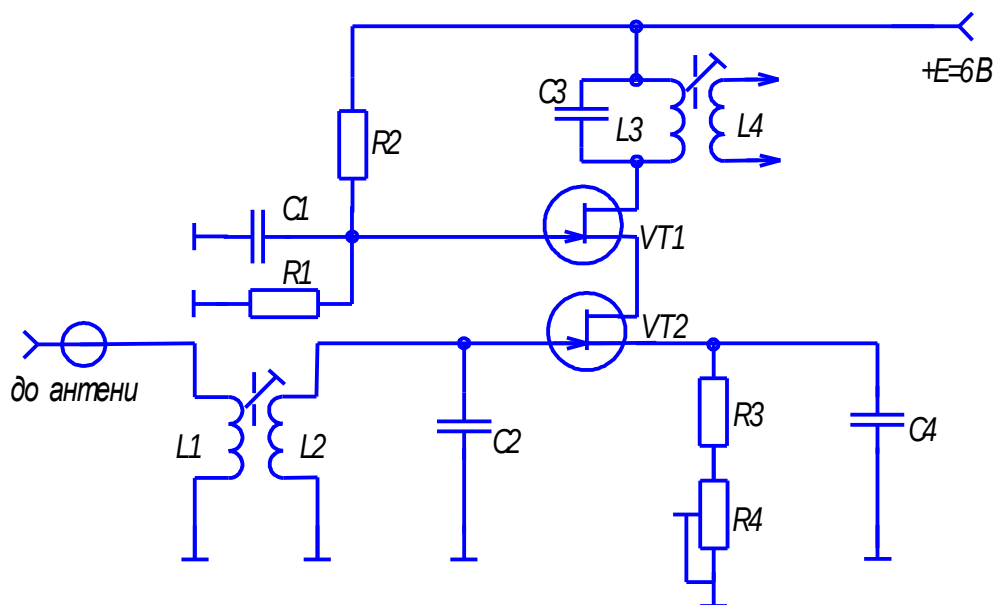


Рисунок 11 - Схема вхідного кола та підсилювача радіочастоти

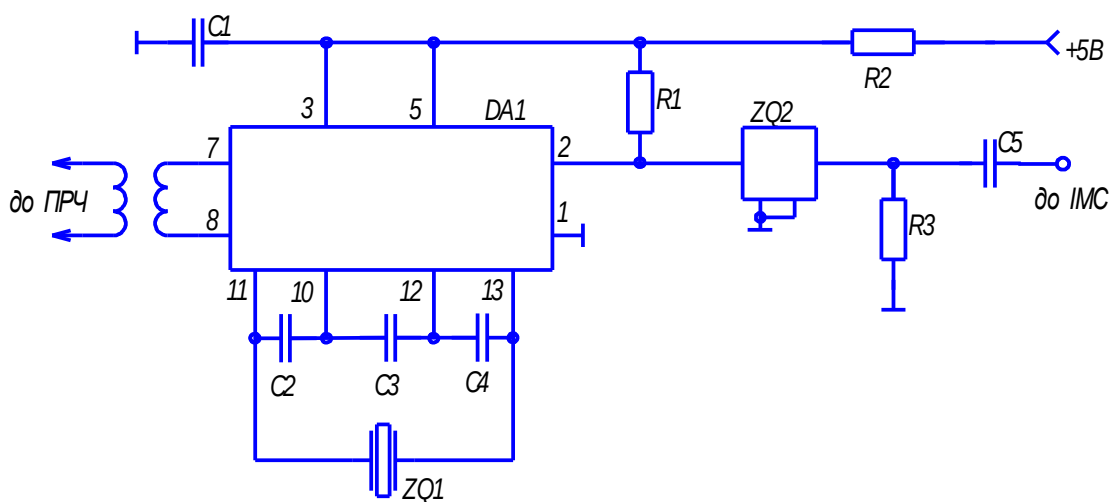


Рисунок 12 – Перетворювач частоти

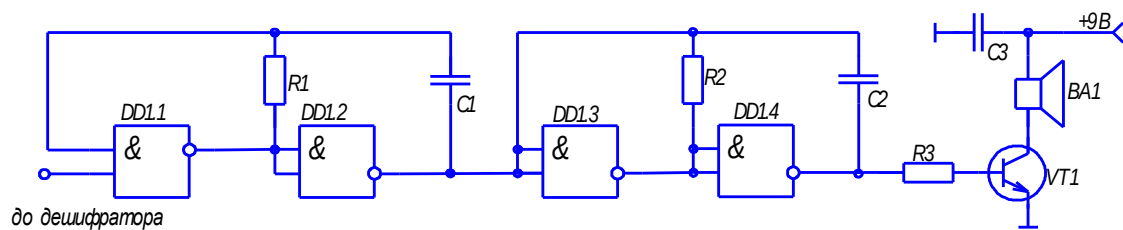


Рисунок 13 - Схема вузла тривожної сигналізації

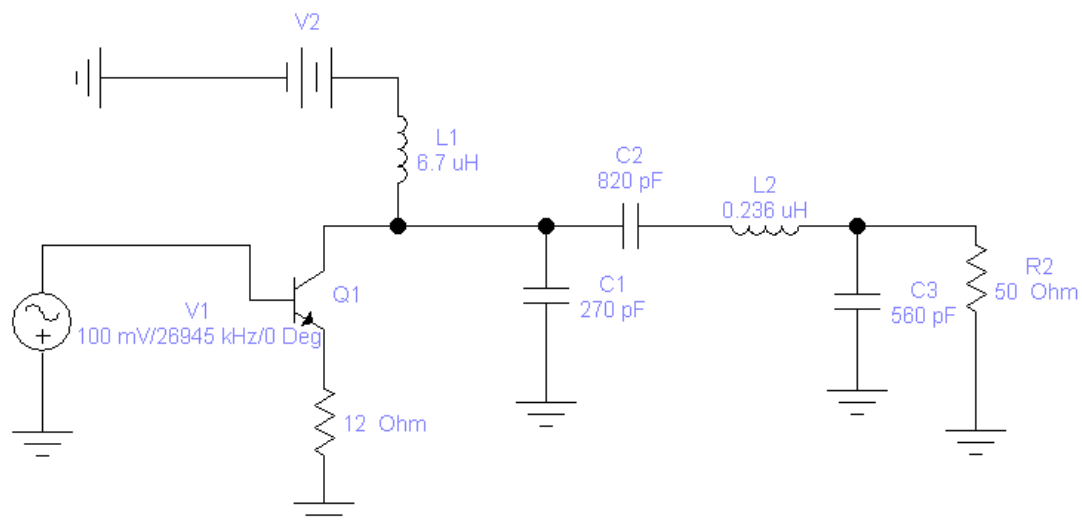


Рисунок 14 – Схема вихідного каскаду зібрана в Electronics Workbench

5.12

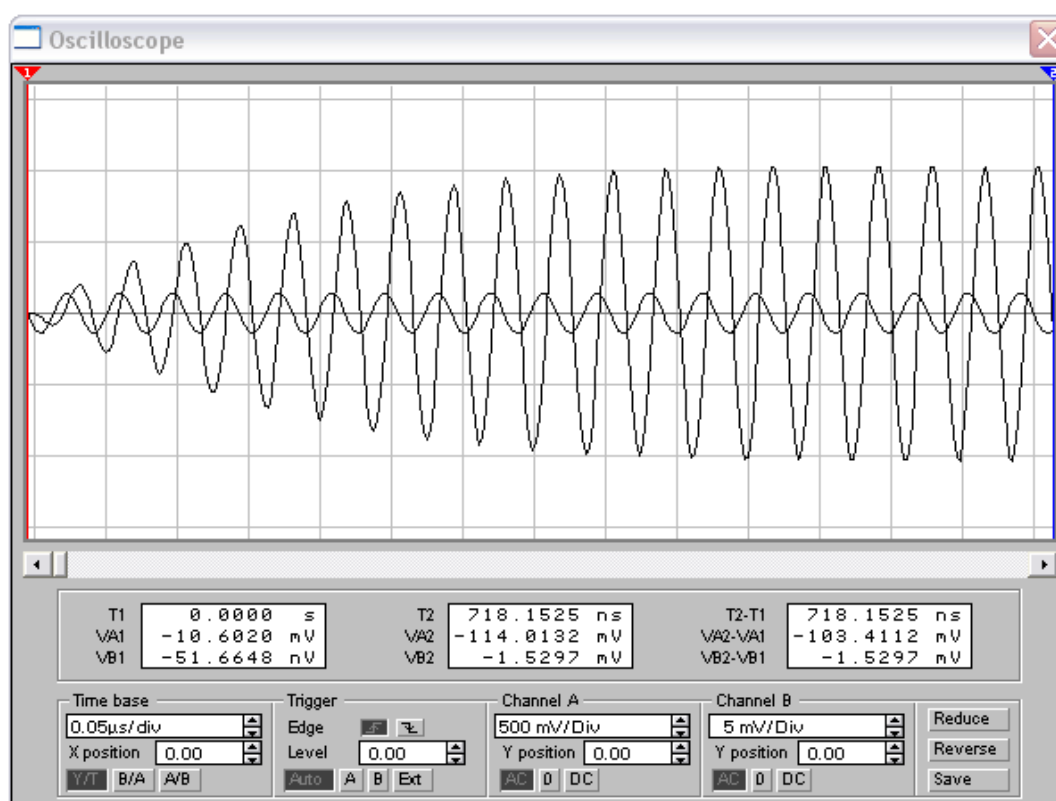
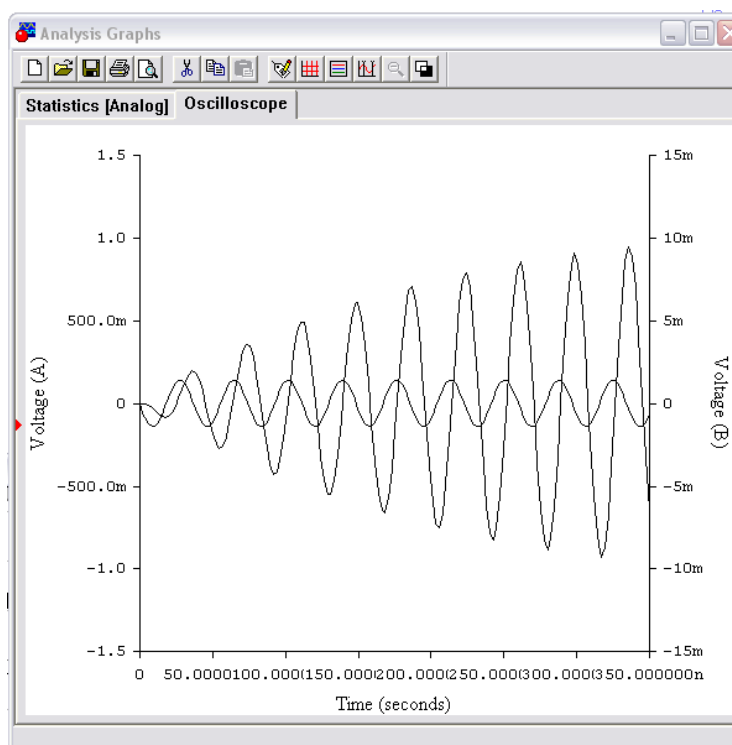


Рисунок 15 - Осцилограми напруг на вході та виході вихідного каскаду передавача.



Рисунку 16 - Осцилограми напруг на вході та виході вихідного каскаду передавача, відзначені часовим інтервалом

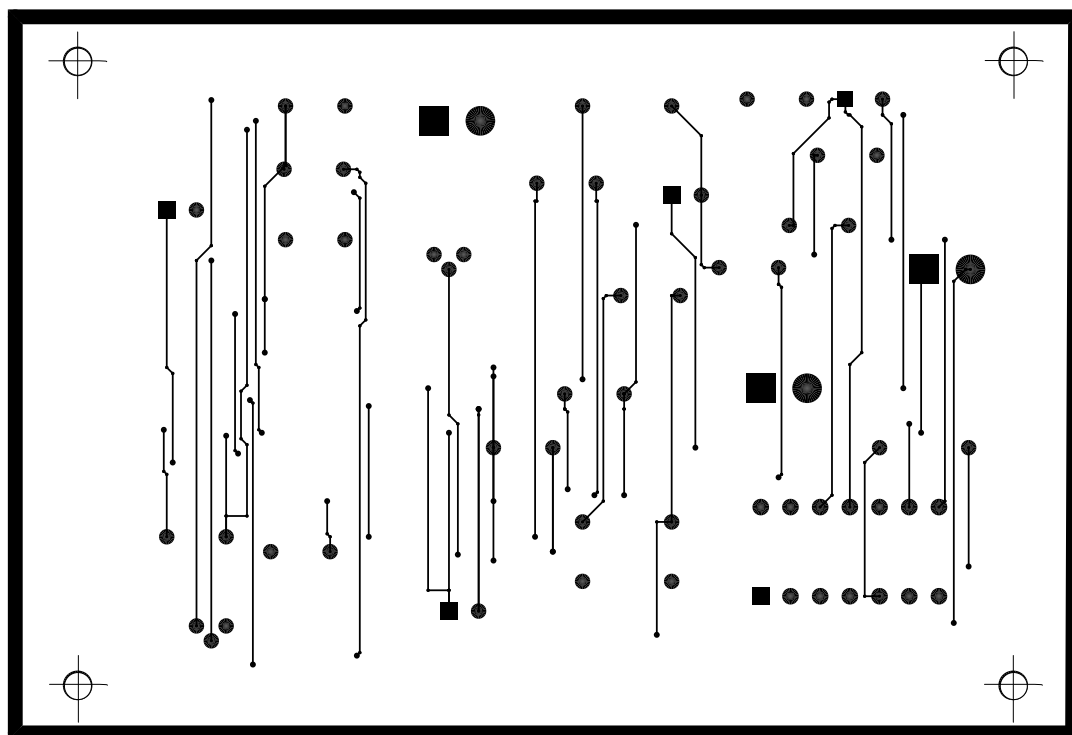
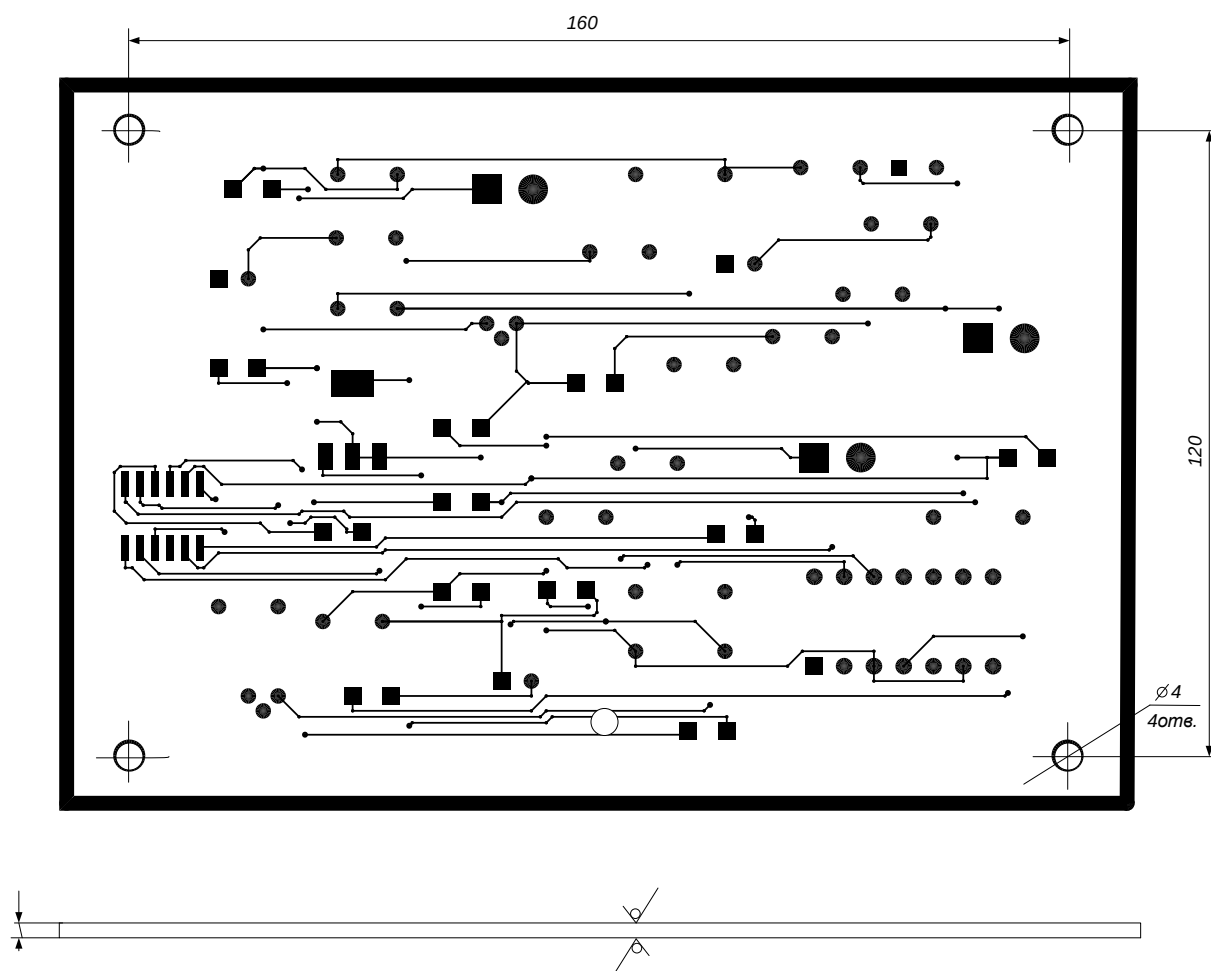


Рисунок 17 – Друкована плата приймального модуля

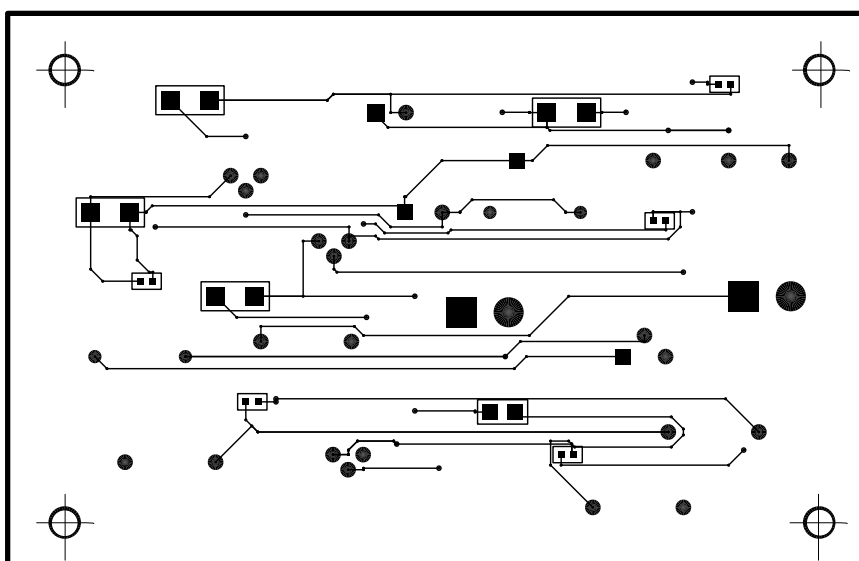
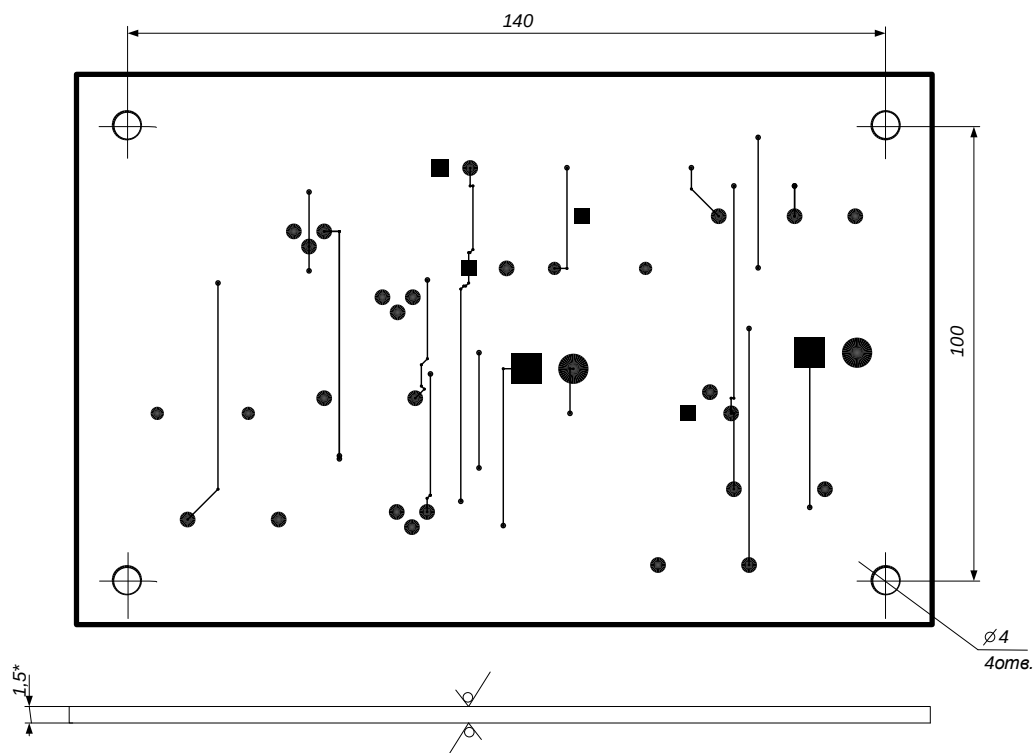


Рисунок 18 – Друкована плата передавального модуля

Додаток Б
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНИЙ
ПРИСТРІЙ**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Радіоелектронний охоронно-сигналізаційний пристрій»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ІРТС

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 3.92%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Воловик А.Ю. – д.т.н., доцент каф. ІРТС

(прізвище, ініціали, посада)

Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС

(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

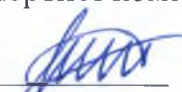
Особа, відповідальна за перевірку 

(підпис)

Семенов А.О.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 

(підпис)

Семенов А.О. – д.т.н., професор каф. ІРТС

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 

(підпис)

Ткачевко А.Г.

(прізвище, ініціали)