

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ГУРИК Остап Михайлович

Комп'ютерно-інтегрована система безключового доступу до автомобіля/ Computer-integrated keyless vehicle access system

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ - 41
О. М. Гурик

Науковий керівник
к.т.н., доцент І.Р.Пітух

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту:

« ____ » _____ 2023 р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

ТЕРНОПІЛЬ – 2024

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ГУРИК Остап Михайлович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Комп'ютерно-інтегрована система безключового доступу до автомобіля/ Computer-integrated keyless vehicle access system.

керівник роботи

к.т.н., доцент І.Р. Пітух

затверджені наказом по університету від «12» грудня 2023 р. № 753

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи: 10.05.2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Технології доступу та запуску транспортного засобу.

2. Структура систем безключового доступу до автомобіля.

3. Апаратні засоби систем дистанційного доступу.

4. Методи опрацювання сигналів в системах безключового доступу.

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз технологій доступу та запуску транспортних засобів.

2. Дослідження систем дистанційного доступу до автомобіля.

3. Реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи безключового доступу до автомобіля.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Схема алгоритму безпроводної передачі сигналу.

2. Схема алгоритму безпроводного прийому сигналу.

3. Схема алгоритму роботи КІС зі стрибками частоти.

4. Принципова схема підключення.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Пітух І.Р.		
2	Пітух І.Р.		
3	Пітух І.Р.		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологій доступу та запуску транспортних засобів	12.2023р. – 01.2024р.	
2	Дослідження систем дистанційного доступу до автомобіля	02.2024р. – 03.2024р.	
3	Реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи безключового доступу до автомобіля	04.2024р. – 05.2024р.	

Студент

_____ (підпис)

Гурик О.М.

Керівник роботи

_____ (підпис)

к.т.н., доцент Пітух І.Р.

АНОТАЦІЯ

Гурик О.М. Комп'ютерно-інтегрована система безключового доступу до автомобіля. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна (наукова) програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2024.

У роботі досліджено традиційні та сучасні технології доступу до транспортних засобів; визначено принцип роботи та функції систем пасивного доступу та запуску автомобілів; проаналізовано структуру та елементну базу систем безключового доступу; розроблено структурну схему проєктованої комп'ютерно-інтегрованої системи; розроблено алгоритмічне забезпечення роботи проєктованої системи. Запропоновано підвищити надійність системи шляхом динамічної зміни каналів комунікації для захисту від перешкод.

ANNOTATION

Huryk, O.M. Computer-integrated keyless vehicle access system. - Manuscript.

Doctoral studies for the education level «Bachelor» with the title 151 Automation and Computer-Integrated Technologies. – West Ukrainian National University, Ternopil, 2024.

The work investigates traditional and modern technologies for vehicle access; defines the principle of operation and functions of passive entry and start systems; analyzes the structure and component base of keyless access systems; develops the structural diagram of the proposed computer-integrated system; and develops the algorithmic support for the operation of the proposed system. It is proposed to improve the system's reliability by dynamically changing the communication channels to protect against interference.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТУПУ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	9
1.1 Класифікація способів доступу.....	9
1.2 Традиційні засоби доступу та запуску автомобіля.....	11
1.3 Сучасні технології доступу до автомобіля.....	13
1.3.1 Електронні ключі.....	13
1.3.2 Імобілайзери.....	14
1.3.3 Безключова технологія доступу.....	16
1.3.4 Смарт-карти доступу.....	18
1.4 Додаткові технології доступу.....	19
1.4.1 Управління за допомогою мобільного додатка.....	19
1.4.2 Технологія доступу за біометричними даними.....	20
2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ БЕЗКЛЮЧОВОГО ДОСТУПУ ДО АВТОМОБІЛЯ	22
2.1 Принцип роботи систем дистанційного доступу.....	22
2.2 Структура системи безключового доступу.....	27
2.3 Функції систем доступу без ключа.....	32
2.4 Вимоги до проектованої комп'ютерно-інтегрованої системи.....	36
3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ БЕЗКЛЮЧОВОГО ДОСТУПУ ДО АВТОМОБІЛЯ.....	41
3.1 Структура комп'ютерно-інтегрованої системи.....	41
3.2 Обґрунтування вибору компонентів проектованої системи.....	46
3.2.1 Модуль керування.....	46
3.2.2 Модуль передачі даних.....	47

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерно-інтегрована система безключового доступу до автомобіля / Computer-integrated keyless vehicle access system	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Гурик О.М.				4	62	
Перевір.		Пітух І.Р.						
Консульт.								
Н. Контр.		Заставний О.М.				ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Затверд.		Сегін А.І.						

3.2.3 Безпроводні канали комунікації.....	48
3.2.4 Модуль передачі даних.....	49
3.3 Алгоритм роботи компютерно-інтегрованої системи.....	50
3.4 Підвищення надійності роботи проектованої системи.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТОК А Схема алгоритму безпроводної передачі сигналу.....	60
ДОДАТОК Б Схема алгоритму безпроводного прийому сигналу.....	61
ДОДАТОК В Схема алгоритму роботи КІС зі стрибками частоти.....	62

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

FOB - Free On Board;

ІММО – іммобілайзер;

NFC - Near Field Communication;

PEPS - Passive Entry Passive Start;

PKES - Passive Keyless Entry System;

RFID - Radio-Frequency Identification;

RKE - Remote Entry System;

RS - Remote Start;

АМ - амплітудна модуляція;

БДА - безключовий доступ до автомобіля;

ВМ - виконавчих механізмів;

ВЧ – висока частота;

ЕБУ - електронний блок управління;

КІС комп'ютерно-інтегрована система;

МКК - модуль керування кузовом;

НЧ - низька частота;

РЧ – радіочастотний;

СБДА - система безключового доступу до автомобіля;

СДК - система дистанційного керування;

ТБД - технологія безключового доступу;

ТЗ - транспортний засіб;

ЧМ - частотна модуляція.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні автомобілі перетворилися з розкоші на необхідність, стали буденним способом зручного та ефективного переміщення. Проте разом із зростанням популярності автотранспорту зростають і проблеми, пов'язані з їх експлуатацією та безпекою. Одним із головних питань є забезпечення безпеки автомобіля від крадіжок та несанкціонованого використання. Тому розробка комп'ютерно-інтегрованої системи (КІС) [1-4] безключового доступу до автомобіля (БДА) [5-9] набуває особливої актуальності. Оскільки традиційні методи безпеки, такі як фізичні замки та ключі, системи сигналізації та охорони, стають все менш ефективними перед сучасними методами злому та крадіжки.

Системи безключового доступу до автомобілів (СБДА), що базуються на сучасних комп'ютерно-інтегрованих технологіях, надають більш високий рівень захисту автотранспорту від стороннього доступу та користування [10-13]. Вони включають в себе різноманітні механізми аутентифікації, шифрування та віддаленого керування, що значно ускладнюють спроби злому.

Розробка КІС БДА є важливим напрямом досліджень та розвитку в галузі автомобільної безпеки та комфорту. Впровадження таких систем сприяє покращенню якості використання автомобілів власниками і дозволить забезпечити зниження рівня крадіжок та несанкціонованого використання автотранспорту.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у розробці КІС БДА з метою підвищення рівня безпеки та комфорту власників транспортних засобів (ТЗ).

Поставлена мета обумовлює необхідність вирішення ряду завдань:

- проаналізувати технології доступу до ТЗ;
- провести аналіз СБДА їх характеристики та функції;
- дослідити архітектуру та компоненти СБДА;
- розробити архітектуру проектованої системи;
- обґрунтувати вибір технічних засобів для реалізації проектованої системи.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Предметом дослідження є процес пасивного доступу до ТЗ.

Об'єктом дослідження комп'ютерно-інтегрована система безключового доступу до автомобіля.

Методи дослідження - методи, методики та технології створення САУ процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем, методи та засоби розпізнавання та підтвердження особи в комп'ютеризованих системах.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена КІС БДА дозволяє підвищити безпеку ТЗ і зменшити ризик крадіжок. Запропонована система може бути використана для покращення функціональності автомобіля та зручності, як для окремих користувачів автомобілів, так і для автомобільної промисловості в загалом, сприяючи покращенню якості та безпеки автомобільного транспорту.

Апробація.

Гурик О.М. Комп'ютерно-інтегрована система дистанційного доступу до транспортного засобу / Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2024), Тернопіль, 2024.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОСТУПУ ТА ЗАПУСКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Класифікація способів доступу

Технології доступу до автомобілів (рисунок 1.1) можна, в загальному, поділити на традиційні та сучасні [14-17]. Традиційні включають в себе використання механічних ключів, які вставляються в замок запалювання та використовуються для відкриття дверей. Сучасні включають в себе СБДА. Вони дозволяють водіям відкривати, запускати та закривати автомобіль без фізичного контакту. Ці системи використовують безпроводні технології для комунікації між ключем і ТЗ. Можна виділити також додаткові технології доступу, що включають в себе системи розпізнавання по біометричних даних, такі як відбитки пальців або розпізнавання обличчя. Ці технології дозволяють автоматично розпізнавати власника ТЗ та надавати доступ без необхідності використання ключа.



Рисунок 1.1 – Класифікація технологій доступу до ТЗ

Способи доступу до автомобілів можна класифікувати за різними критеріями, такими як тип доступу, функціональні можливості, спосіб комунікації

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

між ключем та автомобілем, технологіями, які при цьому використовуються.

Зокрема за типом доступу можна виділити:

- традиційні ключі з фізичним замком, які потрібно вставляти в замок для розблокування дверей та пуску двигуна;

- ключі з електронними компонентами, які можуть мати безпроводний зв'язок з автомобілем.

За функціональними можливостями:

- безключовий доступ - дозволяє водієві відкривати та запускати автомобіль, не виймаючи ключ з кишені або сумки;

- дистанційне керування - забезпечує функцію старту двигуна або керування іншими функціями автомобіля;

- біометрична ідентифікація - використовує біометричні дані, такі як відбитки пальців або розпізнавання обличчя, для ідентифікації водія.

За використовуваною технологією зв'язку [18, 19]:

- ключі, що використовують RFID технологію (Radio-Frequency Identification) для безпроводного зв'язку з ТЗ;

- ключі які використовують для зв'язку із автомобілем NFC (Near Field Communication) технологію;

- Bluetooth ключі;

- Wi-Fi та ін.

Крім цього, технології доступу можна класифікувати за рівнем безпеки, за рівнем комфорту та зручності для користувача.

Використання ключі в автомобілях стає більше, ніж просто засобом блокування та розблокування дверей. Вони надають водіям більше функцій, роблячи керування автомобілем більш зручним та безпечним.

На сьогоднішній день одним із найпоширеніших видів доступу до автомобіля є безключовий доступ, який використовує безпроводний ключ або смартфон. Цей метод стає стандартом для багатьох виробників автомобілів у своїх нових моделях. Безключовий доступ забезпечує зручність для водіїв, оскільки дозволяє відкривати двері та запускати автомобіль, не виймаючи ключ з кишені або сумки.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Він також надає додатковий рівень безпеки, оскільки не потрібно вставляти ключ у замок, що ускладнює його підкрадання або перехоплення сигналу.

1.2 Традиційні засоби доступу та запуску автомобіля

Традиційно для забезпечення доступу до ТЗ використовуються фізичні ключі [15, 16]. Вони забезпечують безпеку та зручність власників ТЗ, а їх функціонал постійно розвивається відповідно до технологічних вимог [7]. З їх появою, яка відбулася разом з винайденням автомобілів, ключі використовувалися як механічні засоби закриття та відкриття дверей та пуску двигуна. Протягом багатьох років їх основна функція залишалася незмінною - контроль доступу та запуск автомобіля.

Фізичні ключі є класичним способом доступу, де власник автомобіля має ключ, який відповідає замкам в дверях та запуску автомобіля. Вони можуть бути механічними або електронними (з чіпом). «Першим автомобілям, що з'явилися наприкінці ХІХ століття, ключі були не потрібні зовсім, оскільки закриті кузови тоді ще не виготовлялися, автовикрадення ще не зародилося в принципі» [12]. Запуск двигунів автомобілів тоді здійснювався "кривим стартером". Він був вигнутою рукояткою, яка вставлялася в спеціальний паз і безпосередньо приводила в рух колінвал. Таку систему запуску можна вважати першим ключем запалювання. На ряді моделей ТЗ він застосовувався, як резервний пусковий пристрій, до 1990-х років.

Фізичні ключі, які використовуються для доступу до автомобілів, почали використовуватися вже з самого початку масового виробництва автомобілів в середині 20-го століття. «Перші автомобілі, такі як модель Ford Model T, яка була вироблена у 1908 році, вже мали замки для дверей і старту мотора, які вимагали використання фізичного ключа» [20]. Такі ключі були зазвичай простими механічними пристроями, що вставлялися в замок дверей або запуску двигуна, і без них неможливо було відкрити двері або запустити автомобіль. З розвитком технологій автомобільний ключ став більш складним та електронним, проте основна концепція залишалася тією ж самою.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

«У 1910 році в конструкцію автомобіля включався електричний стартер. Це зумовило появу автомобільних ключів традиційного вигляду. З їх допомогою блокувався електричний ланцюг запалювання, що реалізувалося у вигляді тумблера (рисунок 1.2)» [20]. Ключ виконував лише функції захисту від викрадення.



Рисунок 1.2 - Тумблер запалювання

«У 1920-тих роках почали використовуватися два різні ключі» [12]. Першим замикався салон автомобіля, а другий запускав стартер, який заводив двигун. При цьому при вилученні ключа із замка запалювання блокувалася рульова колонка. Тобто з'явився класичний ключ запалювання (рисунок 1.3). Така комбінація ключів, від дверей і від замка запалювання, проіснувала майже до кінця ХХ століття.



Рисунок 1.3 – Механічний ключ запалювання

Механічний ключ складається з ручки, яку тримає людина. Вона може бути виготовлена з металу, пластику або інших матеріалів. Лезо ключа є тонкою металевією частиною ключа, яка вставляється в замок автомобіля. Лезо містить фрезеровані жолобки і виступи, які відповідають формі і конфігурації замка. Ці виступи дозволяють ключу входити в замок лише в певному положенні.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Правильне положення зубців дозволяє замку обертатися, відкриваючи або запускаючи двигун ТЗ.

Звичайний механічний ключ для автомобіля використовувався для відкривання дверей та запуску мотора, і не мав ніяких інших функцій. Його недоліком був ризик зношення або втрати жки. При втраті єдиного ключа потрібна заміна всіх замків. Також їх можна було легко скопіювати або вкрати.

Перевагами фізичних ключів є простота використання, оскільки немає потреби в особливих навичках або технологічних знаннях. Механічні ключі мають низьку ймовірність відмови в порівнянні з електронними пристроями.

1.3 Сучасні технології доступу до автомобіля

1.3.1 Електронні ключі

«У 1980-х роках почав розроблятися і впровадити в конструкцію автомобілів центральний замок на дистанційному управлінні, який відкривався і закривався при натисканні кнопки на ключі або брелку» [12]. Ключі запалювання ускладнилися, крім зміни конфігурації леза, вбудовувався спеціальний чіп (рисунок 1.4). Щоб запустити двигун, бортова електроніка повинна прийняти від нього кодовий сигнал. Це дозволяло підвищити захист машин від викрадення.



Рисунок 1.4 – Ключ з чіпом

Верхня частина - головка ключа містить вбудовані електронні компоненти, такі як чіп, транспондер чи імобілізаційний пристрій, які взаємодіють із системою безпеки автомобіля. Вони містять унікальний код, який ідентифікує ключ як авторизований. Система перевіряє код на відповідність збереженому у пам'яті

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

бортової системи автомобіля. Якщо вони співпадають, замок відкривається або двигун запускається. Такий вид ключа комбінує механічну частину (лезо ключа та замок) з електронною ідентифікацією, щоб забезпечити безпеку і контроль доступу до автомобіля.

Деякі ключі можуть мати функцію дистанційного керування, наприклад дозволяти водіям запускати двигун, кондиціонер, щоб попередньо підігріти або проохолодити салон автомобіля. Прикладом є система Remote Engine Start в Honda [21] або Remote Start System в Ford [22].

Серед електронних ключів можна виділити наступні типи:

- основний для повсякденного використання;
- сервісний - підходить лише до дверей та замка запалювання;
- ключ з ідентифікаційним кодом для реєстрації в електронному блоці управління (ЕБУ).

«Технологія ключів з чіпами, відома як RFID, почала з'являтися на автомобільному ринку в середині 1990-х років» [23]. Першим автовиробником, який впровадив цю технологію, вважається General Motors. У 1995 році була представлена СБДА під назвою пасивний запуск і вхід (Pass-Key), яка використовувала RFID-чіпи для ідентифікації автовласника та дозволу на запуск двигуна. Ця технологія стала популярною серед інших автовиробників з подальшим розвитком та удосконаленням. Системи ключів з чіпами стала стандартом у багатьох автомобільних марках через свою високу ефективність та безпеку.

Перевагами ключів з чіпами є те, що їх зазвичай важко скопіювати або зламати та зручність використання за рахунок швидкого розблокування дверцят і пуску мотора автомобіля. Недоліки полягають у тому, що при їх пошкодженні або втраті, може бути потрібна дорога заміна. Також є вразливість до злому електронної системи.

1.3.2 Імобілайзери

Імобілайзери (ІММО) (рисунок 1.5) є електронними пристроями, які блокують роботу двигуна, якщо не використовується правильний ключ або токен.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вони забезпечують високу безпеку, проте можуть вимагати вставлення ключа або картки в спеціальний роз'єм [24].



Рисунок 1.5 – Імобілайзер

Зараз система імобілайзера широко використовується, і кожен автомобіль повинен її мати. ІММО - це електронний захисний пристрій, призначений для захисту від викрадення та підвищення безпеки водія або власника під час використання автомобіля.

Система ІММО (рисунок 1.6) використовує RFID технологію для радіочастотної (РЧ) ідентифікації і зв'язку між ТЗ і ключем. ЕБУ є центральною частиною керування всіма системами двигуна. Транспондер або ключ містить мікрочіп RFID, який може працювати без батарейі.

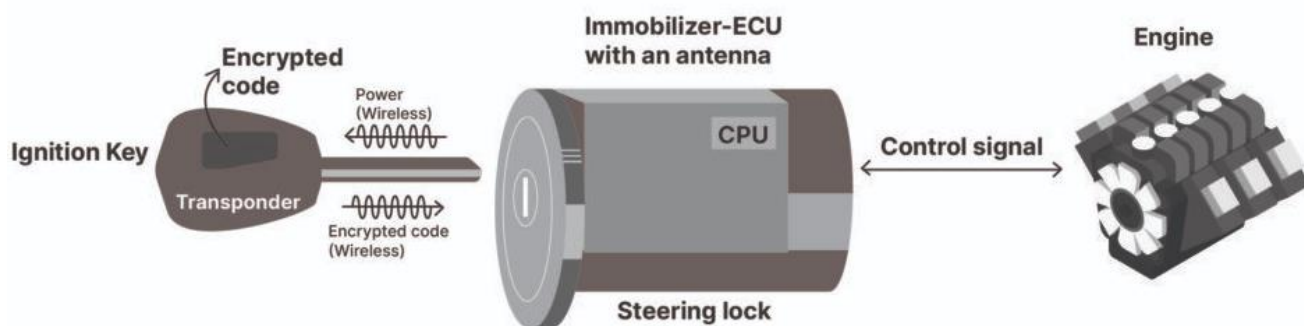


Рисунок 1.6 – Принцип роботи ІММО

Системи імобілайзера відрізняються для кожного типу та марки автомобіля. Зазвичай система ІММО спрацьовує коли водій вставляє ключ в замок запалювання для запуску. ЕБУ в автомобілі надсилає радіосигнал на ключ,

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

а потім ключ використовує цю радіоенергію для перетворення. Після цього ключ надішле сигнал назад до ЕБУ для ідентифікації. Двигун запуститься тільки у випадку, якщо код в мікročіпі всередині ключа збігається з кодом в ЕБУ автомобіля.

1.3.3 Безключова технологія доступу

В результаті цих кроків еволюції виникли сучасні СБДА, які поєднують в собі комфорт, безпеку і зручність у керуванні автомобілем. СБДА - це можливість авторизації власника автомобіля за допомогою електронного смарт-ключа або додаткового маркера іммобілайзера системи безпеки. Доступ здійснюється безконтактно, тобто власнику ТЗ достатньо лише підійти до нього. Двері миттєво розблокуються, і він може сісти за кермо, натиснувши кнопку "Start/stop" для запуску двигуна.

СБДА стали поширеним елементом у сучасних автомобілях з кінця 1990-х років. Її розвитку передували різні інтеграції систем безпеки та комфорту для автомобілів. У 1980-х і 1990-х роках дистанційне керування замками автомобіля стало стандартною функцією у багатьох автомобілях. Це дозволяло водіям відкривати та закривати двері з допомогою кнопки на брелку. Іммобілайзери, що були розроблені у 1990-х, встановлювались для перешкоджання крадіжкам за рахунок блокування роботи двигуна без правильного ключа. Ключі з інтегрованими чіпами, що використовувались для іммобілайзерів, також були кроком вперед у розвитку безпеки автомобілів. Перші системи безключового запуску, такі як система Keyless Go, яка з'явилася в Mercedes-Benz у 1998 році, дозволяли водіям запускати двигун без використання ключа [25].

СБДА використовують спеціальні пристрої - електронні безпроводні ключі (Free On Board ((FOB)), на яких програмується код доступу до ТЗ. FOB - це спеціальний пристрій, що містить РЧ передавач, який відправляє сигнали до ЕБУ для відкривання дверей, запуску двигуна та інших функцій. Він може мати вбудовану батарею для живлення передавача та може розміщуватися на різних носіях (рисунок 1.7):

- фізичний ключ;

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- брелок;
- пластикова картка;
- смартфон.

Прикладом таких систем є система Smart Key в Toyota [26] або Keyless Go в Mercedes-Benz [25].



Рисунок 1.7 – Безключовий доступ

Технологія безключового доступу (ТБД) дозволяє водієві відкривати двері автомобіля та запускати двигун без фізичного контакту замка з ключем. Зазвичай вона використовує РЧ сигнал, який активує замок дверей та запуск двигуна, коли ключ знаходиться в певному радіусі від ТЗ. (рисунок 1.8). Така технологія широко використовується для доступу до автомобіля. Зчитувачі 2,45 ГГц ідентифікують автомобілі, оснащені напівактивними або активними бейджами, підтримуючи відстань зчитування понад 10 метрів [27].



Рисунок 1.8 - Технологія безключового доступу

ТБД базується на використанні RFID технології або ближнього зв'язку, наприклад, Bluetooth або NFC, щоб ЕБУ ТЗ розпізнавав і авторизував доступ

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

користувача без потреби вставляти ключ у замок. ТБД стала стандартною або опціональною у багатьох сучасних автомобілях, особливо в більш високих класах або серед автомобілів преміум-класу [28].

Більшість сучасних автомобілів використовують старт-стоп кнопку замість ключа для запуску мотора ТЗ (рисунок 1.9). Водій може просто натискати кнопку, щоб запустити або зупинити двигун.

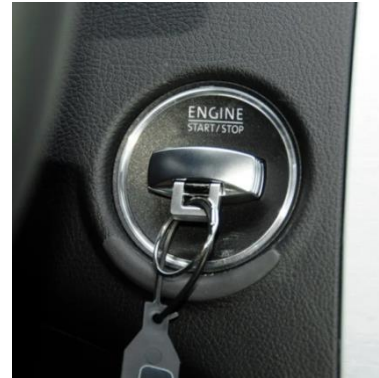
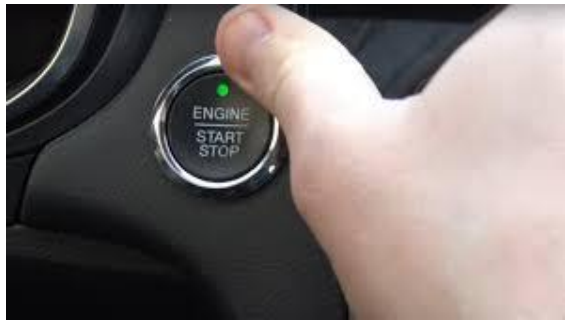


Рисунок 1.9 - Кнопка запуску двигуна

Перевагами даної технології є зручність та безпека за рахунок того, що деякі системи мають додаткові функції безпеки, наприклад автоматичне блокування дверей після віддаленого запуску. Недоліком ТБД є те, що ключі потребують живлення батарей, які можуть розряджатися та ризик перехоплення сигналу ключа для подальшого викрадення.

1.3.4 Смарт-карти доступу

Смарт-карти (рисунок 1.10) містять електронні компоненти, аналогічні тим, що використовуються у безконтактних картках оплати. Вони дозволяють доступ до автомобіля без потреби вставляти чи вставляти щось в роз'єм.



Рисунок 1.10 – Смарт карта

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

Прикладом може бути технологія Connected Car [29], яка забезпечує інтеграцію Інтернет та безпроводного зв'язку з ТЗ. Це забезпечує можливості обміну даними між автомобілями, доступу в інтернет та взаємодію з пристроями та сервісами.

Також картки ближнього зв'язку з NFC чіпами можуть використовуватися у комерційних і автопарках для забезпечення доступу і безпеки. Ці карти розгортають динамічні коди та комунікаційні «рукоштовання», які перешкоджають спробам клонування. Власники автопарків можуть додатково підвищити безпеку, інтегрувавши виділений сервер для безпечного зберігання віртуальних ключів і регулярного їх оновлення [30].

1.4 Додаткові технології доступу

1.4.1 Управління за допомогою мобільного додатка

Сучасні автомобільні виробники надають можливість відкривати та запускати автомобіль через мобільний додаток (рисунк 1.11). Це забезпечує зручність та додаткові функції, наприклад віддалене керування та моніторинг стану ТЗ. Компанії, що надають авто в оренду розробляють мобільні додатки, які дозволяють клієнтам відкривати та запускати автомобілі без ключів або карток, користуючись лише мобільним пристроєм та спеціальними QR-кодами [31].



Рисунок 1.11 – Управління ТЗ через смартфон

Виробники автомобілів пропонують мобільні додатки, які дозволяють водіям блокувати, розблоковувати та запускати автомобіль через смартфон. Наприклад, мобільний додаток MyBMW в BMW [32] або RemoteLink в

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Chevrolet [33].

Tesla Model 3 використовує систему доступу Tesla Mobile App [34], що дозволяє власникам відкривати, запускати та керувати автомобілем за допомогою смартфона/ Також авто оснащено картою доступу, що може використовуватися як альтернативний метод доступу.

Перевагами такого способу є те, що власник може керувати автомобілем через свій смартфон на відстані, а різні функції додатків можуть надавати інформацію про стан ТЗ та ін. Недоліком є та налагодженого зв'язку смартфона з автомобілем. Також існує ризик взлому мобільного додатку або втрати доступу до ТЗ у випадку втрати мобільного пристрою.

1.4.2 Технологія доступу за біометричними даними

Технологія доступу за біометричними даними (рисунок 1.12) набуває все більшої популярності в сучасних автомобілях. Вона дозволяє водієві відкривати двері та запускати двигун за допомогою сканування відбитків пальців. Для цього вбудовуються датчики, наприклад як сканер відбитків пальців або розпізнавання обличчя, щоб ідентифікувати користувача.

Біометричний доступ до автомобіля реалізується за допомогою технології розпізнавання обличчя, відбитків пальців і голосу та ін. Камери сканують обличчя водія, порівнюють його зі збереженими зображеннями та надають доступ, якщо є збіг [35].



Рисунок 1.12 – Біометрична ідентифікація для доступу до автомобіля

Перевагою такого способу доступу до ТЗ є висока безпека, оскільки відбитки пальців є унікальними і складними до підробки, та зручність оскільки не

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

потрібно мати при ніяких фізичних засобів доступу, які можна втратити.

Недоліком є висока вартість таких систем. Можливість виникнення помилок при скануванні відбитків пальців або проблеми з розпізнаванням.

На сьогоднішній день доступ за відбитком пальця у вигляді основного методу відкриття та запуску автомобіля залишається в основному на рівні концепцій та прототипів, а не на реальних автомобілях. Проте, деякі автовиробники вже працюють над впровадженням цієї технології у своїх автомобілях. Однак наразі немає масового поширення цієї функції на автомобільному ринку.

Деякі компанії, такі як Hyundai [36], вже продемонстрували прототипи автомобілів з відбитком пальця для доступу та запуску. Компанія Tesla включає в свої плани можливість впровадження технології біометричного доступу, але наразі ця функція ще не випущена на ринок [37]. Прикладом є система Face ID.

Однак можна очікувати, що в майбутньому із зростанням інтересу до біометричних технологій та забезпеченням високого рівня безпеки, такі СБДА можуть стати більш поширеним у автомобільній індустрії.

Розвиток способів доступу до автомобіля спрямований на полегшення та забезпечення безпеки для користувачів, використовуючи сучасні технології та інноваційні підходи.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСТУПУ ДО АВТОМОБІЛЯ

2.1 Принцип роботи систем дистанційного доступу

У різних марках автомобілів СБДА має різні назви, наприклад у концерну Mercedes-Benz це Keyless Go [25], у компанії Audi - Advanced Key [38], в автомобілях марки Volvo ТБД відома як Keyless Drive [39], у Toyota це Smart Entry [40] та ін.

Принцип роботи всіх СБДА полягає у прийомі та обробці сигналів від ключа до автомобіля і навпаки, що відбувається на різних частотах. Під час цього діалогу ТЗ ідентифікує особу як власника, відкриває двері та запускає двигун. Процес відбувається у два етапи (рисунок 2.1):

- ЕБУ відправляє сигнал ключу;
- ключ відповідає ЕБУ.



Рисунок 2.1 – Процес обміну даними в СБДА

Після першого етапу ЕБУ ТЗ повинен переконатися, що ключ є автентичним. Для цього він знову відправляє закодований сигнал, а ключ повинен відправити "відповідь". Якщо ідентифікація відбулася успішно, ЕБУ зв'язується з блоком комфорту, який видає команду на відкриття замків. Система є надійною з точки зору кодування сигналу - діалог між ключем і ТЗ триває настільки короткий час, що зловмисники не встигають перехопити і обробити сигнал.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для запобігання електронному підробленню коду, відповідь від ключа надходить в реальному часі. З метою безпеки пакети шифруються за допомогою довгострокового секретного ключа, який спільний для віддаленого ключа і відповідного автомобіля. Ключ повинен бути у безпосередній близькості до ТЗ разом із брелком, щоб відкрити його, інакше система просто не прийме код і залишить усі двері закритими. Високий рівень захисту забезпечується швидкістю радіообміну між елементами системи. Протокол передбачає отримання відповідних сигналів протягом наносекунд. Ці фактори роблять неможливим розшифрування та взлом паролів.

Для підвищення безпеки кожен комплект використовує власний унікальний алгоритм обміну. ЕБУ передає закодовану послідовність, на яку вбудований ключ повинен відповісти строго визначеним цифровим повідомленням. При кожному новому зверненні запит, який передається, та відповідна комбінація змінюються квазівипадковим чином. Порядок роботи СБДА наведений на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Принцип роботи СБДА

Загальний принцип роботи можна описати наступними кроками:

- передача сигналу - ключ містить РЧ передавач або інший пристрій, який надсилає радіосигнал або імпульси ближнього зв'язку;
- вбудований приймач в автомобілі, що зазвичай розташований у межах дверей або поруч з ними, приймає сигнал від ключа;
- перевірка ідентифікатора, який надсилається ключем. це може бути унікальний номер або інший ідентифікатор, який система повинна розпізнати;
- авторизація доступу якщо ідентифікатор, отриманий від ключа, відповідає тому, що зберігається в пам'яті ЕБУ автомобіля;
- управління функціями після успішної ідентифікації, наприклад розблокування дверей, відкриття багажника, а також можлива активація інших функції, такі як регулювання сидінь або дзеркал.

На рисунку 2.3 наведено приклад потоку повідомлень в СБДА.



Рисунок 2.3 - Потік повідомлень СБДА

ЕБУ автомобіля періодично відправляє сигнали низької частоти (НЧ) (125 ~ 135 кГц), щоб перевірити, чи знаходиться відповідний ключ поруч. У разі, якщо ключ знаходиться в межах зони комунікації НЧ (1~2 м), він отримує періодичний сигнал НЧ від автомобіля, що дозволяє йому передавати сигнал виклику. Мікросхема ключа відповідає на високій частоті (ВЧ) (433 або 866 МГц).

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Після вимкнення двигуна мікросхема всередині брелка здійснює радіообмін з ЕБУ. При виході водія з салону і віддаленні його на певну відстань спрацьовує блокування замків. При наближенні власника до автомобіля обмін між брелком і ЕБУ відновлюється.

Залежно від використаного алгоритму замки відкриваються автоматично при наближенні водія або після натискання рукою на ручку дверцят.

Системи дистанційного керування (СДК) передбачають відправку першого запиту з боку ключа водієм. В цьому випадку він повинен натиснути відповідну кнопку на ключі чи брелку при наближенні до ТЗ (рисунок 2.4). Лише після цього передається сигнал ВЧ до ЕБУ.

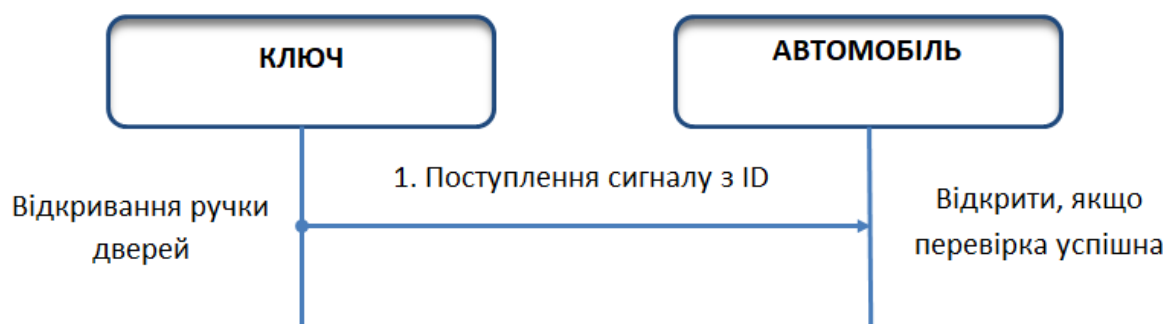


Рисунок 2.4 - Потік повідомлень СДК

У СКД сигнали ВЧ з ключа передаються у одному напрямку. Передача РЧ сигналів з дистанційного брелка повторюється кілька разів для перевірки в системі щоб збільшити надійність зв'язку. Для прискорення запуску двигуна використовується кнопка старт-стоп, яка також обмінюється закодованою інформацією з мікросхемою ключа.

Інформація у вигляді двійкового коду кодується для передачі за допомогою безпроводного зв'язку (рисунок 2.5).

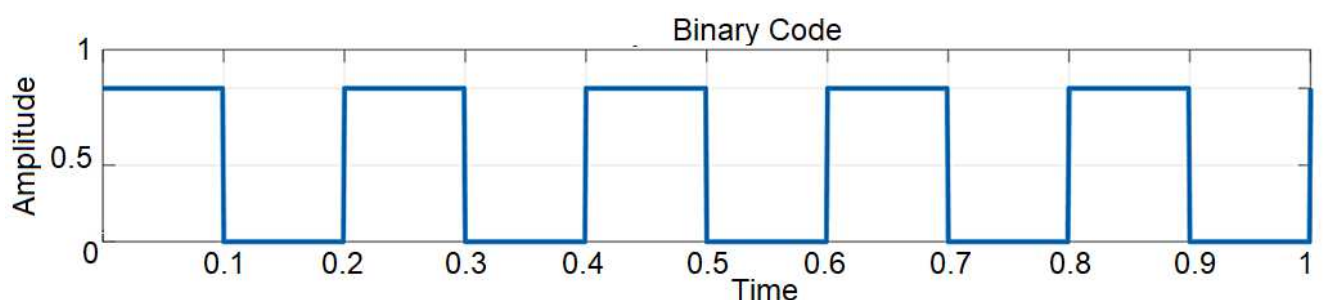


Рисунок 2.5 - Сигнал у вигляді двійкового коду

Потім закодований базовий сигнал передається у вигляді аналогового радіосигналу за допомогою різних схем модуляції. Частотна модуляція (ЧМ) (рисунок 2.6) та амплітудна модуляція сигналу (АМ) (рисунок 2.7) є найпоширенішими методами модуляції радіосигналів у СБДА.

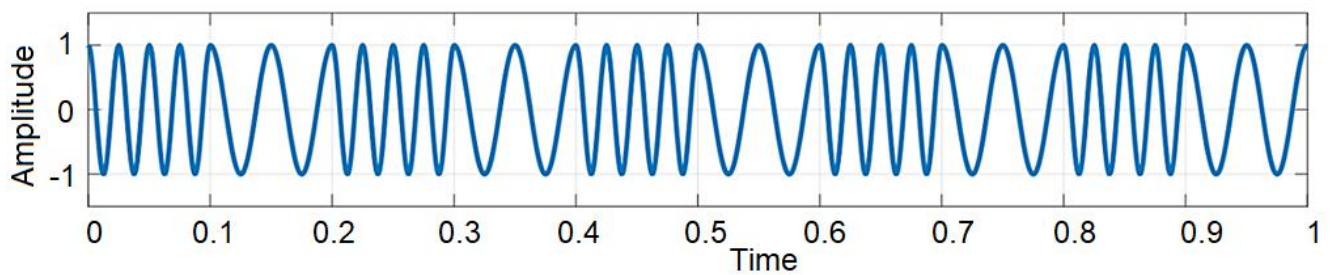


Рисунок 2.6 – ЧМ сигналу

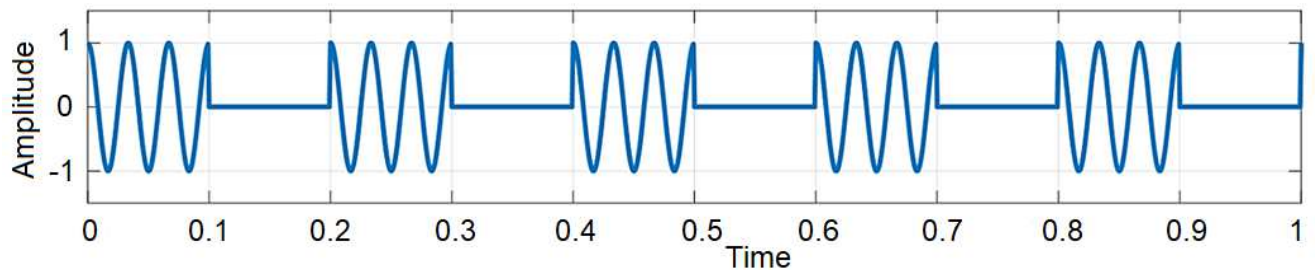


Рисунок 2.7 – АМ модуляція

Символ складається з кількох бітів. У ЧМ біти 0 і 1 виражаються зсувом частоти базового сигналу на певне частотне відхилення відносно центральної частоти f_c , що означає частоту несучого сигналу. Несучий сигнал - це синусоїдальна хвиля з несучою частотою. Вона визначається стандартно відповідно до її застосування та регіону. Тобто f_c для сигналу ВЧ - 315 МГц або 433,92 МГц, а f_c для сигналу НЧ - 125 ~ 135 кГц. На рисунку 2.5 показано приклад сигналу ЧМ та АМ, що відповідають двійковому коду. При ЧМ сигналу, якщо синусоїдальна хвиля частоти $f_c + f_d$, яка вища за центральну частоту на f_d , вказує на біт 1, синусоїдальна хвиля частоти $f_c - f_d$, яка нижча за центральну частоту на f_d , вказує на біт 0. f_d вказує на частотне відхилення. В АМ виражає біти 0 і 1 за допомогою амплітуди синусоїди з центральною частотою f_c . Якщо синусоїдальна хвиля з амплітудою A_0 вказує на біт 1, синусоїдальна хвиля з амплітудою 0 вказує на біт 0. Далі, базовий сигнал змішується з несучим сигналом та передається через антену. Оскільки з антени випромінюється ВЧ електричний сигнал, радіосигнал

						ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
							26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

може бути фізично переданий через повітря у вигляді електромагнітної хвилі. На стороні приймача отриманий сигнал обробляється через мікшер, демодулятор та декодер - в зворотному до процесу передачі порядку.

2.2 Структура системи безключового доступу

Для використання СБДА ТЗ повинен бути обладнаний ЕБУ та антенами, а водій повинен мати FOB, який підтримує відповідну технологію зв'язку, таку як RFID, Bluetooth або NFC. ЕБУ відповідає за роботу СБДА та запуску. Він приймає сигнали від FOB водія через антени, обробляє їх і при необхідності дозволяє відкривати двері, запускати двигун тощо. Антени встановлюються на автомобілі для прийому сигналів від ключа або смартфона. Деякі СБДА також можуть бути сумісними зі смартфонами, які мають вбудований RFID чіп або підтримують технологію Bluetooth чи NFC. Додаток для автомобіля на смартфоні дозволяє водієві взаємодіяти з автомобілем, відкривати двері, запускати двигун та інші функції.

На рисунку 2.8 наведено схематичне розміщення елементів СБДА.

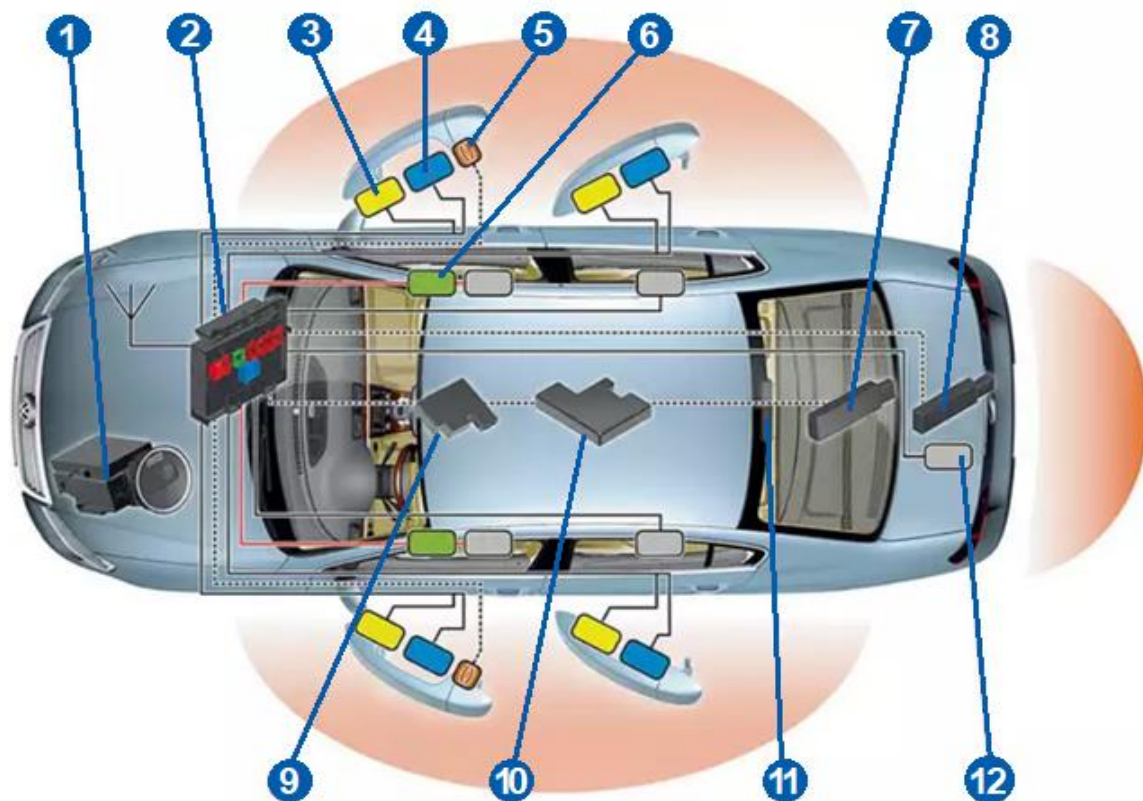


Рисунок 2.8 – Елементи СБДА

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ

Арк.

27

На рисунку 2.8 позначено:

1. Блок управління двигуном.
2. ЕБУ СБДА.
3. Датчик відкриття дверей.
4. Датчик закриття дверей.
5. Антена.
6. Блок управління та привід центрального замка.
7. Антена у багажнику.
8. Антена на кришці багажника.
9. Антени в салоні.
10. Антена на задньому склі.
11. Привід кришки багажника.

Після того, як водій торкається ручки дверей ЕБУ отримує сигнал від розташованого в ній датчика. Після цього ЕБУ розпочинає пошук FOB, який повинен знаходитися у певному діапазоні, наприклад бути не далі ніж 1,5 м від дверей. Якщо всі умови виконані, розпочинається двосторонній обмін даними між ключем і ТЗ (рисунок 2.9).

Функціонал FOB залежить від марки та рівня оснащення автомобіля. У середині ключа знаходиться мікросхема, яка кодує та декодує сигнал. Для цього вона використовує алгоритм плаваючого коду, який на сьогодні вважається одним із найнадійніших.



Рисунок 2.9 – Принцип дії СБДА

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Датчики у ручках дверей (рисунок 2.10) необхідні для передачі сигналу про їх відкриття або закриття. Кількість датчиків залежить від функціоналу, вбудованого автовиробником. Наприклад, у ручці водійської дверки Audi A6 [38] розташовано три датчики: два конденсаторних на внутрішній та зовнішній сторонах ручки відповідно для відкриття та закриття двері, а сенсорною кнопкою можна також закрити вікна.



Рисунок 2.10 – Датчик

Антенни призначені для прийому та передачі закодованих сигналів. Розташування цих антен може відрізнятися в залежності від конкретної конструкції автомобіля та вимог СБДА. Наприклад, антени можуть бути вбудовані в екстер'єр (1) ТЗ, зокрема область дверей, заднього бампера або інтер'єр (2) та внутрішні частини ТЗ, залежно від конструкції та технологічних можливостей (рисунок 2.11) [41].



Рисунок 2.11 – Розташування антен СБДА

						ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

«Приймальні антени для різних СБДА включають одноосьові транспондери (SDTR1103, SDTR1103CAP, SDTR1103EM) і 3D-антени з хорошою продуктивністю незалежно від фізичної орієнтації пристрою (3DC15, 3DC15CAP, 3DC11LP, 3DC11LPCAP, 3DC09AOI). Також використовуються комбіновані антени зі стандартним НЧ транспондером 3D (125 кГц) і високочастотним NFC (13,56 МГц) (2D1D, 4DCOIL)» [42].

На рисунку 2.12 наведений приблизний робочий діапазон антен для розблокування та закриття дверей.

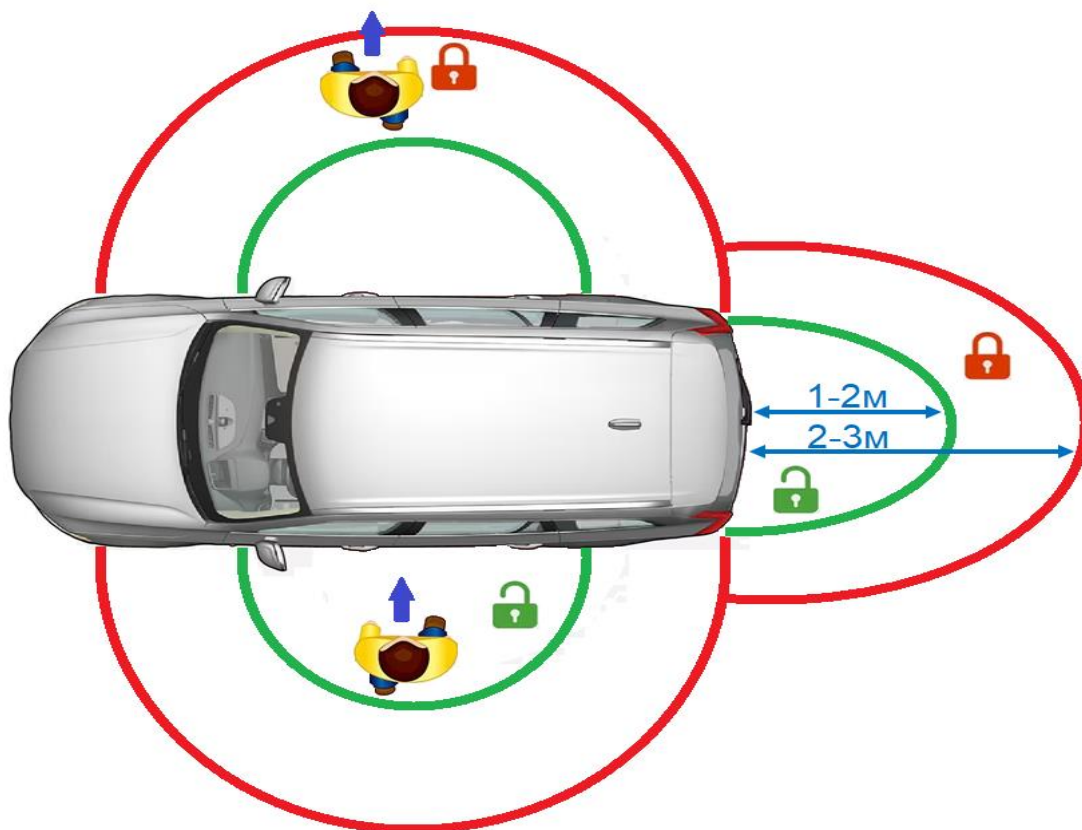


Рисунок 2.12 – Робочий діапазон антен

Системи працюють за допомогою НЧ (20 кГц, 125 кГц і 134 кГц) емітерних антен передавача, залежно від використовуваного набору мікросхем, як усередині, так і зовні автомобіля. Випромінювальні антени доступні для робочих частот НЧ 20, 125 і 134,2 кГц з різними комбінаціями індуктивності/конденсатора та відповідними можливостями струму.

СБДА є інтелектуальною. Одним із етапів блокування ТЗ є перевірка місцезнаходження ключа. Якщо він знаходиться у салоні, закрити дверцята не

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

вдасться. На багатьох моделях ТЗ з СБДА при постановці на охорону автоматично закриваються відкна та люк. Для цього потрібно доторкнутися до датчика, що відповідає за закриття, і не відпускати його, доки вікна та люк не закриються.

Для прискорення запуску двигуна використовується кнопка старт-стоп, яка також обмінюється закодованою інформацією з мікросхемою ключа (рисунок 2.13).

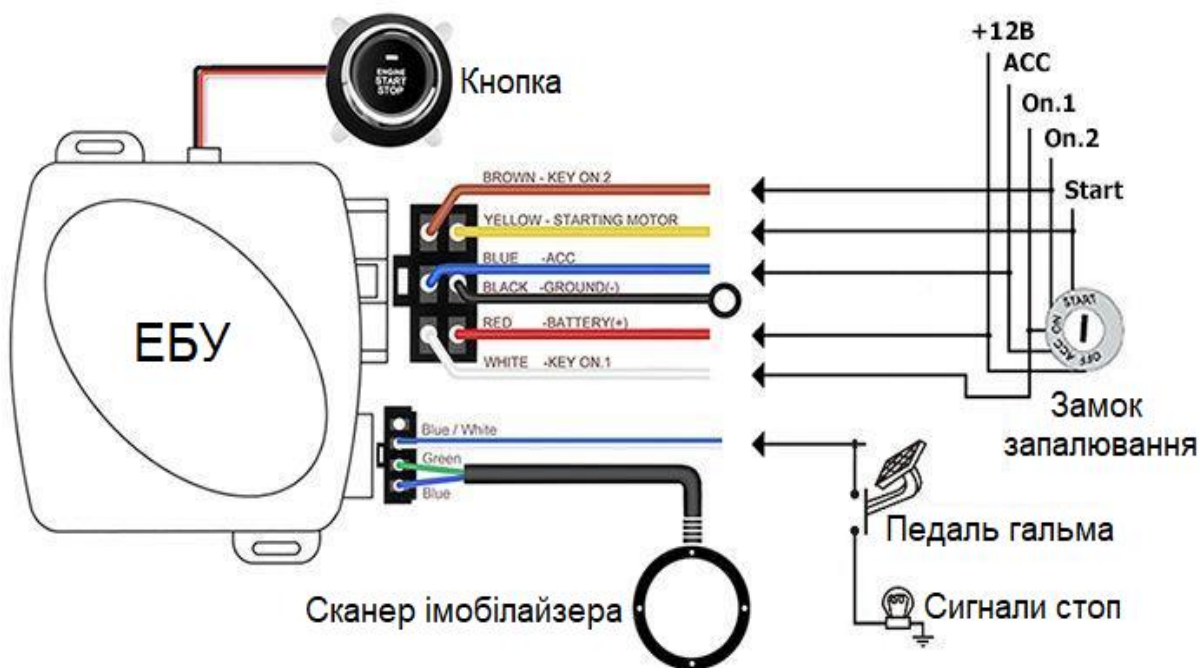


Рисунок 2.13 – Схема підключення кнопки запуску двигуна

Необхідною умовою для пуску двигуна є знаходження ключа всередині салону. При натисканні на кнопку запуску відбувається обмін кодами за таким самим протоколом, який діє при відкритті дверей. Якщо попередньо не натиснути на педаль гальма або зчеплення, в залежності від типу коробки передач, включиться лише запалювання. Щоб заглушити двигун, треба ще раз натиснути кнопку. Іноді СБДА може не дозволяти запускати двигун через невдале розпізнання ключа. Щоб автомобіль завівся, треба вийняти його з кишені та піднести його до кнопки запуску. У разі потреби його треба повертати різними сторонами.

Безконтактно можна відкрити не лише двері, але й багажник. На деяких ТЗ для цього не потрібно торкатися кнопки, достатньо провести ногою під бампером:

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

датчики руху зафіксують команду, автоматика розблокує замок і активує електропривід (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Безконтактне відкривання багажника

Зазвичай використовують два конденсаторних безконтактних датчика, розташованих у нижній та верхній частині бампера, які визначають положення ноги. Ця функція працює лише при незаведеному двигуні, щоб уникнути помилкових спрацювань під час паркування.

2.3 Функції систем доступу без ключа

Існує багато СБДА з різним набором функцій та параметрів. Серед них є як заводські (встановлювані на заводах), так і ті, що випускаються сторонніми виробниками та можуть монтуватися на ТЗ, зокрема[5-11]:

- Passive Keyless Entry System (PKES) - пасивна система безключового доступу;
- Remote Entry System (RKE) - система дистанційного доступу;
- Remote Start (RS) - дистанційний запуск;
- Passive Entry Passive Start (PEPS) - система пасивного входу та пасивного старту.

RKE S і RS використовують кнопковий доступ до брелока, тоді як PKES та PEPS забезпечує розширену взаємодію з автомобілем без використання рук. PEPS забезпечує блокування, розблокування та функцію заведення / зупинки двигуна

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

через канали високого рівня безпеки без будь-якої ручної взаємодії з брелоком.

RKE є еволюцією в порівнянні з попереднім рішенням IMMO на основі НЧ RFID (125 кГц) та є попередником PEPS. Схема системи RKE наведена на рисунку 2.15. Вона складається з ключа чи брелка для передачі сигналів ВЧ на безпроводний приймач, що з'єднаний з модулем керування кузовом (МКК) автомобіля для перевірки особи користувача.

Для РЧ передачі сигналу він попередньо шифрується та закодується. Після прийому РЧ сигналу, відбувається його декодування та розшифрування. При успішній перевірці ідентифікатора система виконає дію відкриття/закриття дверей, керовану МКК за допомогою виконавчих механізмів (ВМ).

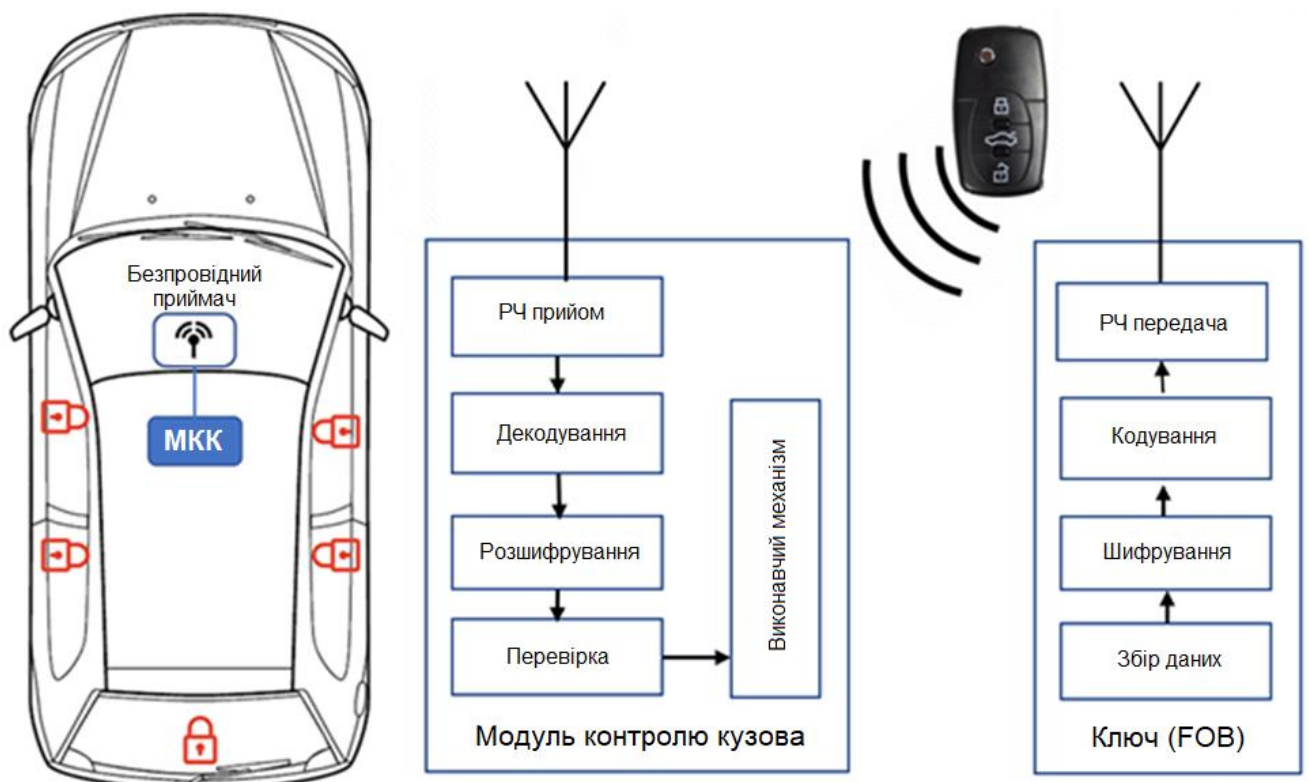


Рисунок 2.15 – Схема RKE

Система RKE використовує різні частотні діапазони у різних регіонах, наприклад 315 МГц у США, Китаї та Японії, 433,92 МГц - в Європі, Китаї та 868 МГц здебільшого у Європі. У більшості випадків використовується АМ модуляція сигналу, проте в Японії використовується режим ЧМ.

Системи RKE, як правило виконують односторонню перевірку. На рисунку 2.16 наведено схему односторонньої СБДА.

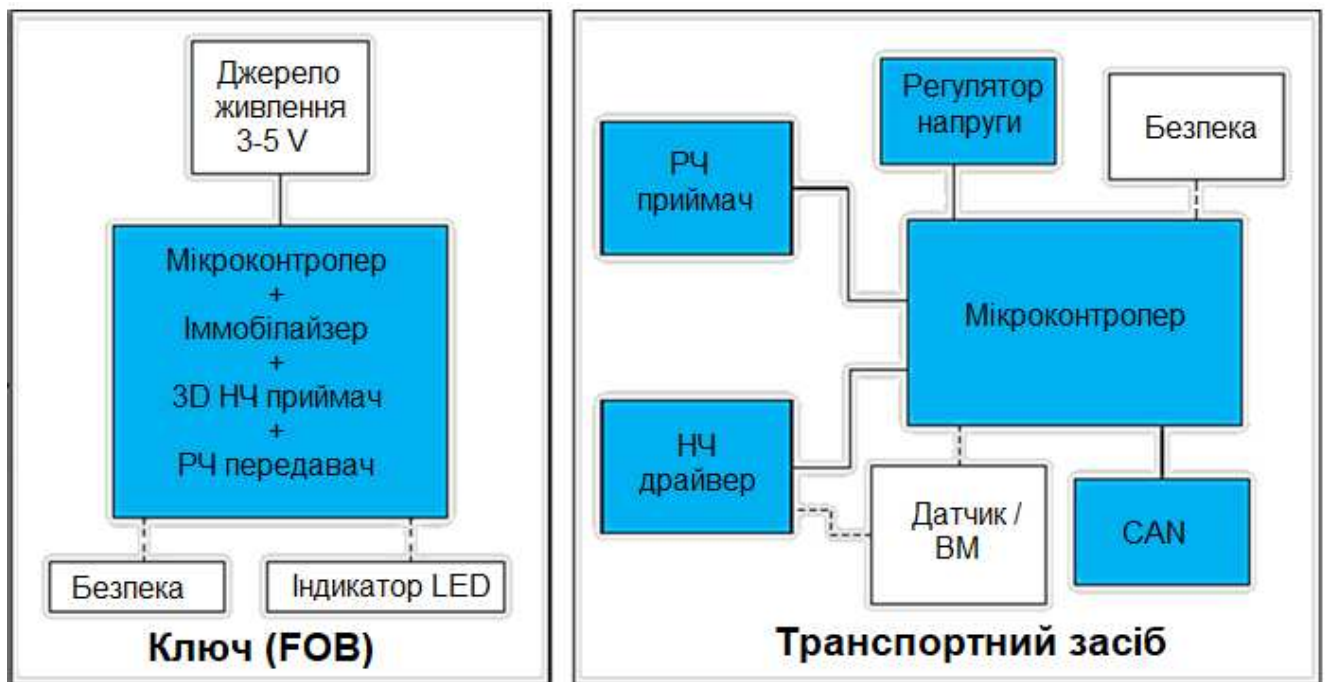


Рисунок 2.16 - Схема односторонньої СБДА

В результаті модернізації механізму систем односторонньої перевірки RKE появився двосторонній механізм RKE (рисунок 2.17), де перевірка більше не ініціюється власником брелка, натомість її ініціює НЧ передавач, підключений до МКК.

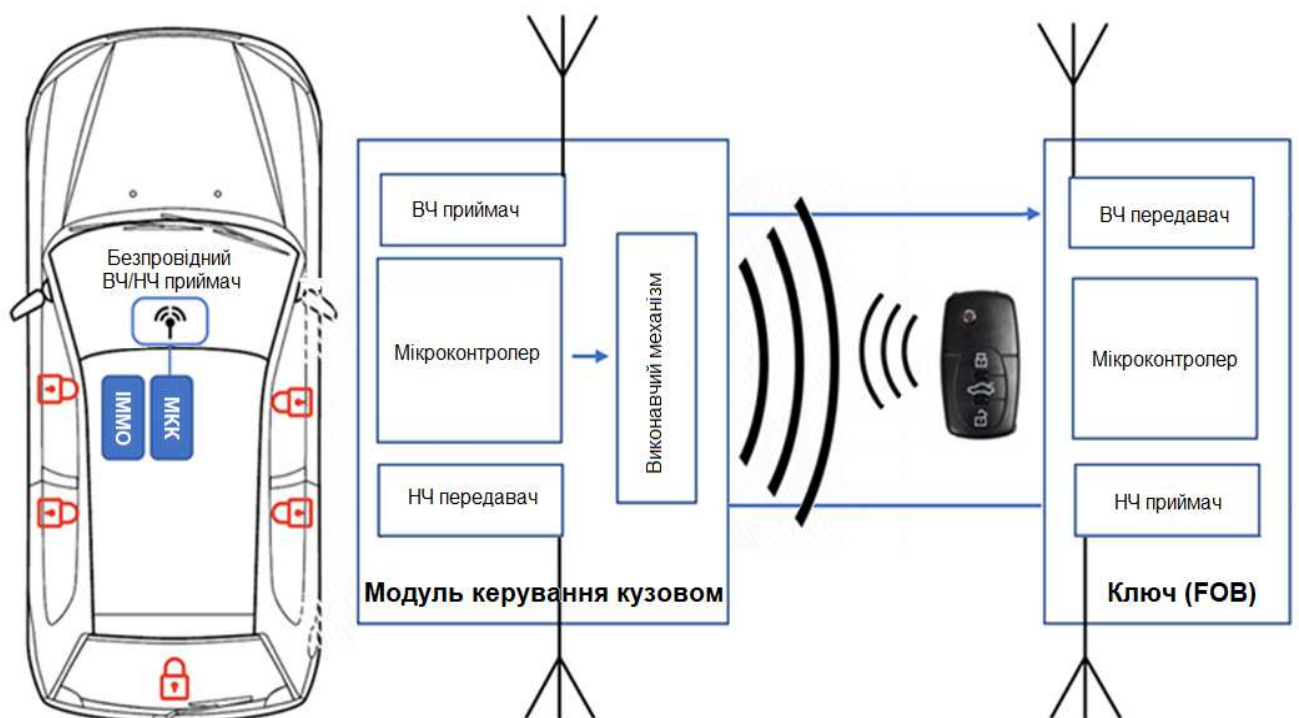


Рисунок 2.17 – Схема RKE

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Якщо автомобіль закритий і заблокований, вбудований в автомобіль бездротовий модуль буде постійно транслювати НЧ сигнали (125 кГц) у пошуках приймача (вбудованого в FOB) у певному діапазоні, коли модуль знайде відповідь, код FOB розбудить МКК, якщо НЧ частина модуля не отримувала сигналів зворотного зв'язку на протязі певного часу, він перейде в режим сну, щоб знизити споживання енергії. Кожного разу, коли приймач у МКК отримує сигнал пробудження, він надсилає постійну закодовану дейтаграму через ВЧ, тобто 433 МГц, сигнали. Після того, як вбудований модуль розшифрує та зрозуміє дейтаграму, він подасть сигнал ВМ виконати певні дії.

На рисунку 2.18 наведено схему двосторонньої СБДА.

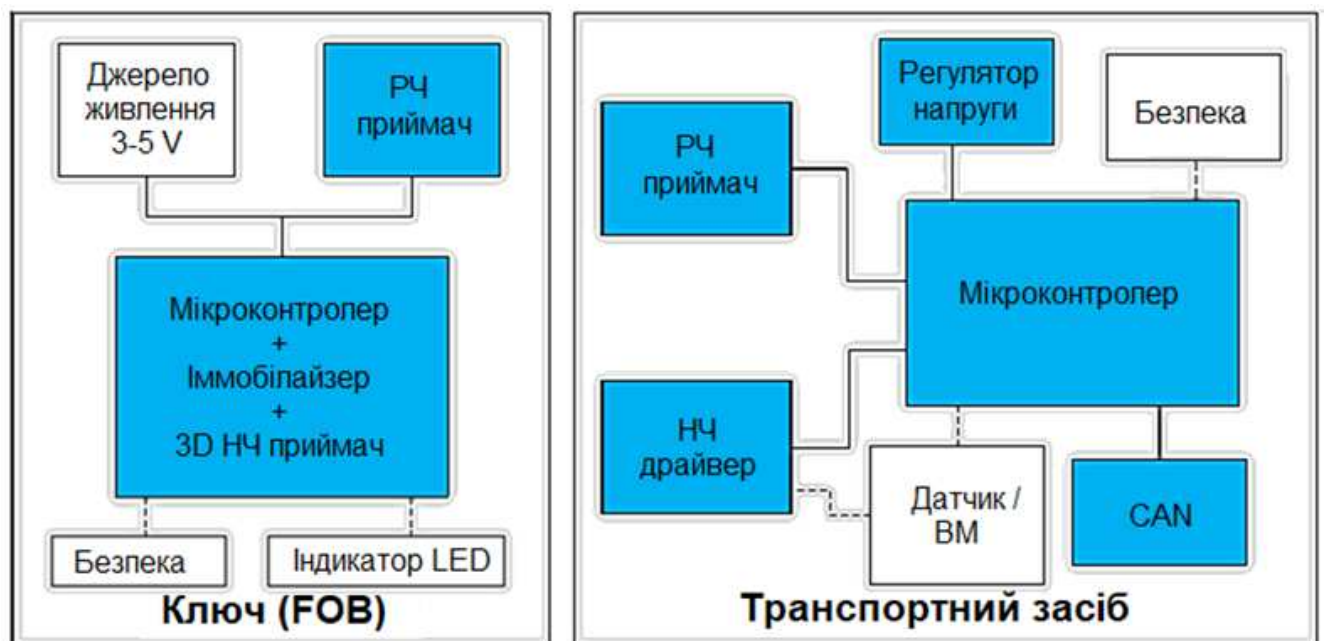


Рисунок 2.18 - Схема двосторонньої СБДА

СБДА з функцією RKE забезпечує зручне відкривання та закривання ТЗ без безпосереднього використання ключа. Електронне обладнання здійснює обмін закодованою інформацією між FOB, який знаходиться у водія, та встановленим всередині автомобіля МКК. Це дозволяє системі ідентифікувати власника та зняти блокування замків при його наближенні до ТЗ та натисканні на відповідку кнопку на ключі. Встановлена в автомобіль система може виконувати ряд додаткових функцій, таких як відкриття багажника, управління склопідйомниками та інші.

СБДА RKES забезпечує управління центральним замком, що не вимагає натискання кнопок брелка для блокування та розблокування дверей. Часто вона

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

передбачає додаткові функції керування авто, наприклад початок роботи двигуна без маніпуляцій з замком запалювання. Система вміє не лише розрізняти своїх від чужих, але й відкривати двері, запам'ятати налаштування сидінь та ін.

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що СБДА крім відкривання-закривання дверей, дозволяють виконувати й інші функції залежно від виду, наприклад:

- запускати двигун;
- запам'ятовувати положення сидіння;
- підіймати / опускати вікна;
- закривати люк при постановці на охорону;
- вмикати кліматконтроль;
- відкривати, в тому числі і безконтактно, багажний відсік і т.д.

Серед переваг СБДА можна виділити:

- захист від крадіжки автомобіля завдяки складній системі шифрування;
- легка інтеграція з усіма наявними в автомобілі системами;
- швидкий запуск стартера;
- можливість блокування дверей та кермового управління;
- надання різної інформації про ТЗ у режимі онлайн.

Недоліком СБДА є складне виготовлення дублікату ключа у разі втрати оригінального. Новий ключ необхідно прописувати у ЕБУ ТЗ для чого потрібно перепрограмувати чіп та звертатися до дилера.

2.4 Вимоги до проектованої комп'ютерно-інтегрованої системи

Системи доступу без ключа є загальним терміном для технології, яка дозволяє водієві замикати та відмикати автомобіль без безпосереднього використання ключів. Коли водій сідає в ТЗ із FOB ключем, він має можливість запускати та зупиняти двигун, відкривати ТЗ не вставляючи ключ в замок. Передавальна антена, вбудована в FOB, дозволяє ЕБУ ТЗ ідентифікувати водія. Електронні компоненти, розташовані в ключі, вимагають високого рівня чутливості, температурної стабільності та стійкості до механічних пошкоджень.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Система СБДА складається з РЧ передавача FOB в брелоку або ключі, який надсилає короткий пакет цифрових даних до приймача в ТЗ, де вони декодуються та відкривають або закривають двері автомобіля або багажник за допомогою приводів ВМ, керованих ЕБУ. Несуча частота модулюється по амплітуді між двома рівнями: для економії енергії нижній рівень зазвичай близький до нуля, створюючи повну маніпуляцію включення-виключення.

Типові архітектури СБДА (рисунок 2.19) містять мікроконтролер у FOB. Відмикати автомобіль можна натискаючи кнопку на ключі, яка активує мікроконтролер. Мікроконтролер посилає потік із 64 або 128 біт на РЧ передавач ключа, де він модулює несучу частоту та випромінює сигнал через просту рамкову антену на друкованій схемі. Незважаючи на неефективність, рамкова антена, виготовлена як частина друкованої плати, є недорогою та широко використовується.

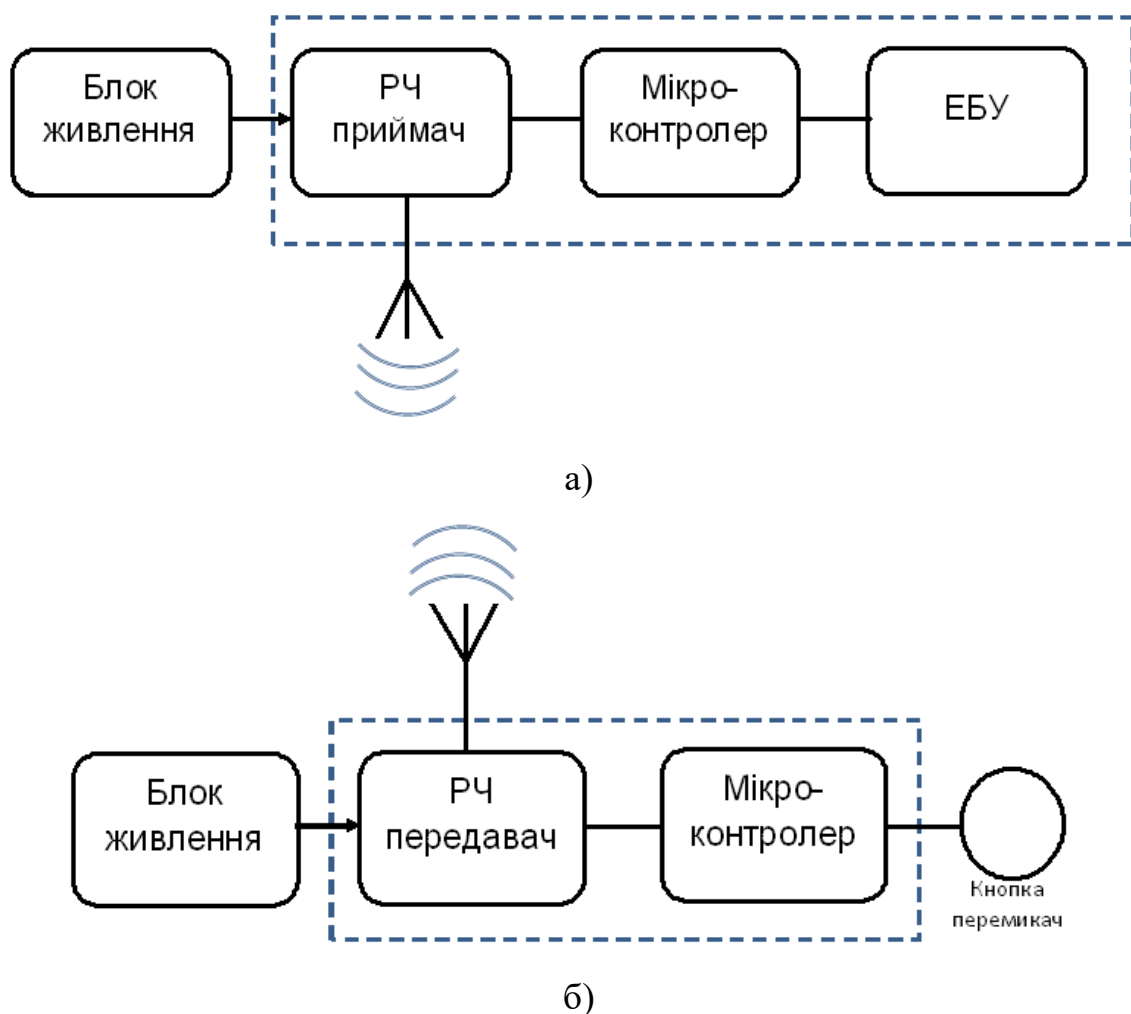


Рисунок 2.19 – Схема СБДА: ключа (б), який передає сигнал на приймач у ТЗ (а)

У ТЗ РЧ приймач фіксує ці дані та направляє їх до іншого мікроконтролера, який декодує дані та надсилає відповідне повідомлення, щоб запустити двигун або відкрити двері ТЗ. Багатокнопкові брелки дають можливість відкрити двері водія, або всі двері, або багажник і т.д.

Цифровий потік даних, що передається зі швидкістю від 2,4 до 20 Кбіт/с, зазвичай складається з преамбули даних, коду команди, контрольних бітів і постійного коду, який забезпечує безпеку ТЗ, змінюючись під час кожного використання. Без цього змінного коду переданий сигнал може випадково розблокувати інший автомобіль або потрапити в руки викрадачів автомобіля, які могли би використати його, щоб проникнути пізніше.

Вимоги до розробки КІС БДА витікають із основних завдань, які вони виконують. Як і всі автомобільні компоненти масового виробництва, СБДА повинна мати низьку вартість і високу надійність.

Необхідно забезпечити мінімальне споживання електроенергії як передавача, так і приймача, тому що часта заміна батарей у FOB є незручною, а швидке розрядження автомобільного акумулятора є серйозною проблемою.

Оскільки термін служби батареї дуже важливий у КІС, в СБДА необхідно передбачити спосіб для мінімізації робочого струму. Для цього використовується регулятор напруги у приймача. Приймач на стороні ТЗ повинен постійно перевіряти сигнал, щоб не пропустити запит на вхід до автомобіля від FOB. Для економії енергії приймач намагається вимикатися якомога частіше, навіть протягом коротких інтервалів між перевірками.

Важливою вимогою до розробки КІС є чутливість приймача, щоб досягти максимальної дальності передачі в межах умов, накладених низькою вартістю та мінімальним живленням.

КІС БДА - це сучасна технологія, що використовується в сучасних автомобілях для надання зручного та безпечного доступу водієві та пасажиром. Ключовими аспектами такої системи є:

- цифровий ключ, що використовується в системі, має унікальний цифровий ідентифікатор, який визначає користувача та його дозволений доступ;
- безпроводне з'єднання, таке як RFID, Bluetooth або NFC, для зв'язку між

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ключем та автомобілем;

- шифрування сигналів для забезпечення безпеки передачі даних між ключем та автомобілем, що ускладнює перехоплення сигналу та несанкціонований доступ;

- дистанційне управління - крім основних функцій відкриття дверей та запуску двигуна, кіс може також надавати дистанційне управління іншими функціями автомобіля, такими як регулювання сидінь, клімат-контроль та інші;

- автоматична ідентифікація – КІС розпізнає, коли користувач підходить до автомобіля з активним ключем і відкриває двері без необхідності натискання на кнопки;

КІС БДА може надавати ряд можливостей для регулювання та контролю, наприклад користувач може контролювати доступ до ТЗ, відкриваючи та закриваючи двері без використання фізичного ключа, відкривати багажник, запускати двигун без необхідності вставляти ключ у замок запуску. Водій може активувати або вимкнути ІММО автомобіля за допомогою ТБД, що додає додатковий рівень безпеки.

КІС може надавати можливість регулювання параметрів автомобіля через спеціальне додаткове програмне забезпечення або мобільний додаток. Наприклад, налаштування дзеркал заднього виду, керування кліматом, тощо. Надавати моніторингову інформацію про статус ТЗ, таку як перевірку рівня палива, тиску повітря в колесах, рівень заряду акумулятора або інші параметри через мобільний додаток або спеціальний дисплей.

Загалом, КІС СБДА забезпечувати легкий та зручний спосіб доступу до ТЗ, надавати більше зручності та функціональності для водіїв, дозволяючи керувати різними аспектами ТЗ.

Система повинна мати високий рівень захисту від крадіжки або перехоплення сигналу та працювати надійно у всіх умовах, включаючи різні погодні умови та електромагнітні перешкоди.

КІС БДА повинна бути сумісною з різними пристроями, включаючи FOB та смартфони з підтримкою відповідних технологій, таких як RFID, Bluetooth або NFC та бути легкою у встановленні та налаштуванні для власника ТЗ та

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

автомобільного сервісного центру.

Проектована система повинна ефективно використовувати енергію, щоб подовжити термін служби батарей та забезпечити надійну роботу без необхідності частої заміни або заряджання.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ БЕЗКЛЮЧОВОГО ДОСТУПУ ДО АВТОМОБІЛЯ

3.1 Структура комп'ютерно-інтегрованої системи

З інноваційними технологіями виробництва автомобілів, безпека та зручність стають важливими у їх повсякденному використанні. КІС БДА на основі системи RKE, забезпечує можливість ідентифікації власника. Застосування цієї технології можливе як для автомобілів високого класу так і на середньо- та низькобюджетних моделях. На даний час у багатьох автомобілях середнього та низького цінового діапазону СБДА працюють на фіксованій частоті та дуже вразливі до перешкод з навколишнього середовища й перехоплення сигналу.

У таких системах FOB використовує акумулятор 5 V як джерело живлення, і його термін служби обмежений. Тому запропоновано КІС на основі мікропроцесора S3C2410 з високомасштабованим чіпом безпроводного радіозв'язку nRF905 та технологією комунікації з частотним стрибком, що дозволяє ефективно зменшити споживання енергії та забезпечити надійність проектованої системи.

Для встановлення безключового доступу до автомобіля в загальному випадку необхідні наступні компоненти.

- приймально-передавальний пристрій - транспондер, реалізований на електронній платі;
- антени для безпосереднього з'єднання встановленого в автомобілі МКК з ключем водія;
- датчики дотику забезпечують спрацювання СБДА при дотику рукою до дверей є додатковими функціональними елементами, які не завжди встановлюються;
- кнопка старт-стоп - для запуску та вимкнення двигуна, а також для включення режиму запалювання оскільки задіюється центральний вже встановлений на ТЗ;
- ЕБУ дозволяє забезпечити координацію роботи всіх компонентів КІС в

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

цілому.

Після встановлення всіх компонентів на автомобіль потрібно налаштувати КІС (рисунок 3.1). Алгоритм дій може відрізняється залежно від моделі авто та використовуваного обладнання. Загалом необхідно забезпечити взаємодію електроніки з сигналізацією, блоком управління двигуном та центральним замком. Для цього потрібно підключити ЕБУ, кнопку старт-стоп, антени, і датчики до мережі живлення, сигналізації, центрального замка та приводки ТЗ.

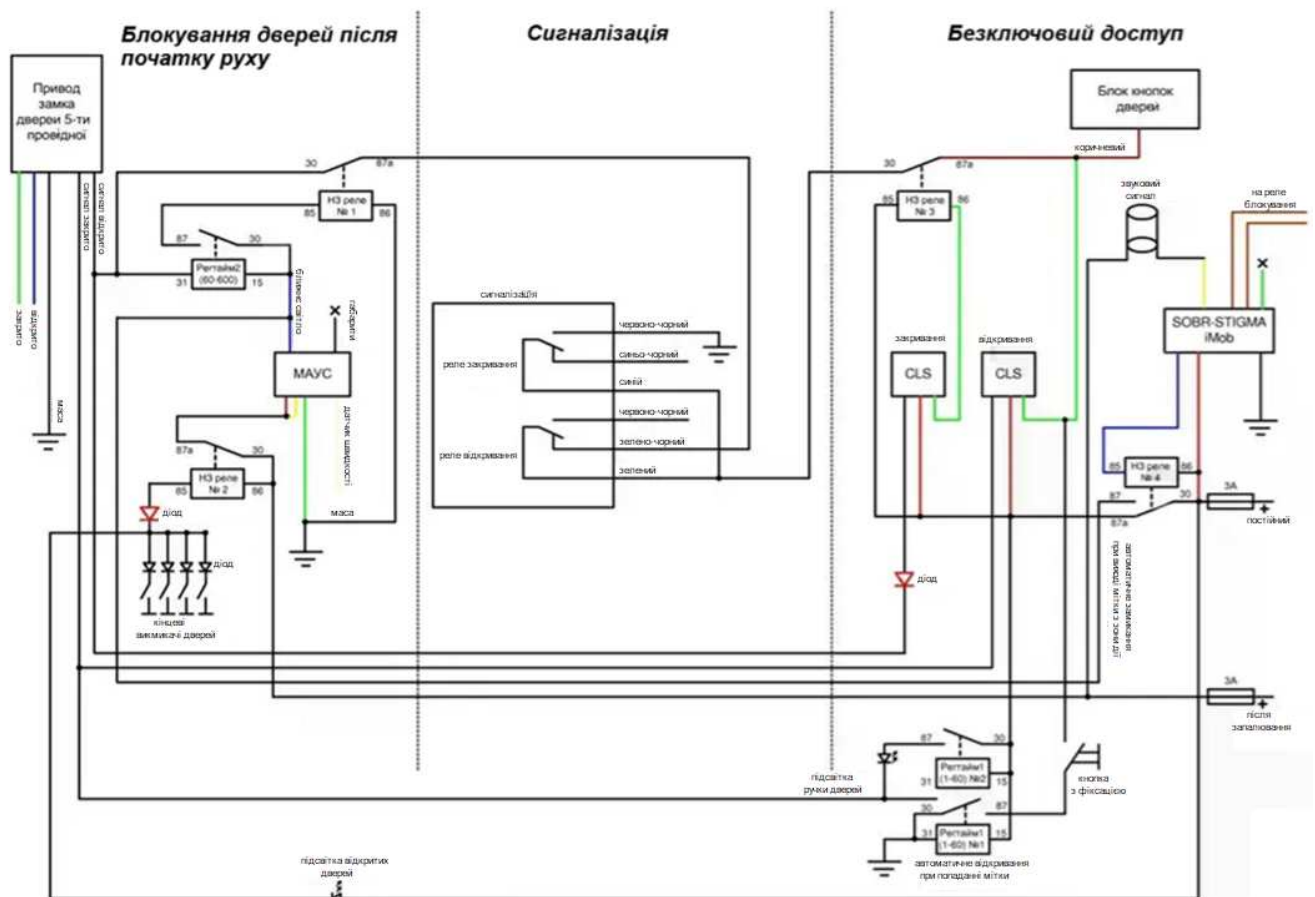


Рисунок 3.1 - Принципова схема підключення

Після налаштування та синхронізації системи необхідно здійснити її активацію. Після одноразової активації безключовий доступ буде працювати до його примусового вимкнення.

Після встановлення КІС БДА значно спрощуються процеси відкривання та закривання ТЗ, а також запуску та вимкнення двигуна. Також є можливість закрити машину з увімкненим двигуном та повністю вимкнути цю функцію. Закрити працююче авто, не вимикаючи двигун особливо зручно взимку. Для

виконання операції потрібно вийти з ТЗ, не вимикати мотор. Після цього з використанням пульта дистанційно закрити замки.

Після початку руху автоматично закриваються замки дверей та блокується кнопка запуску двигуна. Це забезпечує безпеку та захищає від випадкового включення. Після зупинки і натискання кнопки запуску вимикається двигун та відкриваються замки дверей.

Для відкриття автомобіля з безключовим доступом процес може відрізнятись залежно від використовуваного алгоритму, але загалом виконується наступним чином:

1. Автоматичне розблокування дверей - система автоматично розблоковує двері, коли водій підходить до машини. В цьому випадку водію не потрібно робити жодних додаткових дій, достатньо просто підійти до автомобіля.

Процес відкриття відбувається за наступною схемою:

- при знаходженні FOB в радіусі ближче, ніж 2-3 метри, система надсилатиме сигнал ебу, що розташований всередині ТЗ;
- отриманий сигнал буде оброблений КІС, і відповідь буде відправлена на FOB у зашифрованому вигляді;
- FOB отримає зашифрований сигнал і відправить відповідь на іншій частоті в зашифрованому вигляді;
- після отримання позитивних відповідей на всі запити КІС в ТЗ дозволить водієві відкрити двері і скасує сигналізацію.

2. Використання ручки або кнопки дверцят - водій може піднести руку до дверей або натиснути на ручку (або кнопку) для розблокування. Блокування знімається після спрацювання датчика.

3. Використання кнопки на ключі чи брелку - при підході до ТЗ власнику досить натиснути на відповідну кнопку, щоб встановити з'єднання між компонентами системи. Подальше розблокування відбувається аналогічно до попередніх варіантів.

Коли власник автомобіля віддаляється від нього на відстань більше, ніж 2-3 метри, відбувається втрата сигналу, і всі замки в ТЗ автоматично блокуються.

Принцип роботи КІС БДА полягає в наступному: коли водій знаходиться

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

близько до зони виявлення КІС автомобіля, достатньо торкнутися дверної ручки рукою, і всі ВМ замків дверей розблокуються для відкриття. Як тільки водій потрапляє в ТЗ, система КІС виявляє наявність FOB у салоні. Після цього натисканням кнопки запуску запускається двигун автомобіля. Коли водій виходить з ТЗ, КІС виявляє, чи знаходиться водій поблизу. Якщо ні то двері будуть повністю заблоковані. Зсередини двері не відкриваються, щоб забезпечити безпеку автомобіля. Процес роботи КІС БДА для блокування (а) та розблокування ТЗ (б) показано на рисунку 3.2.

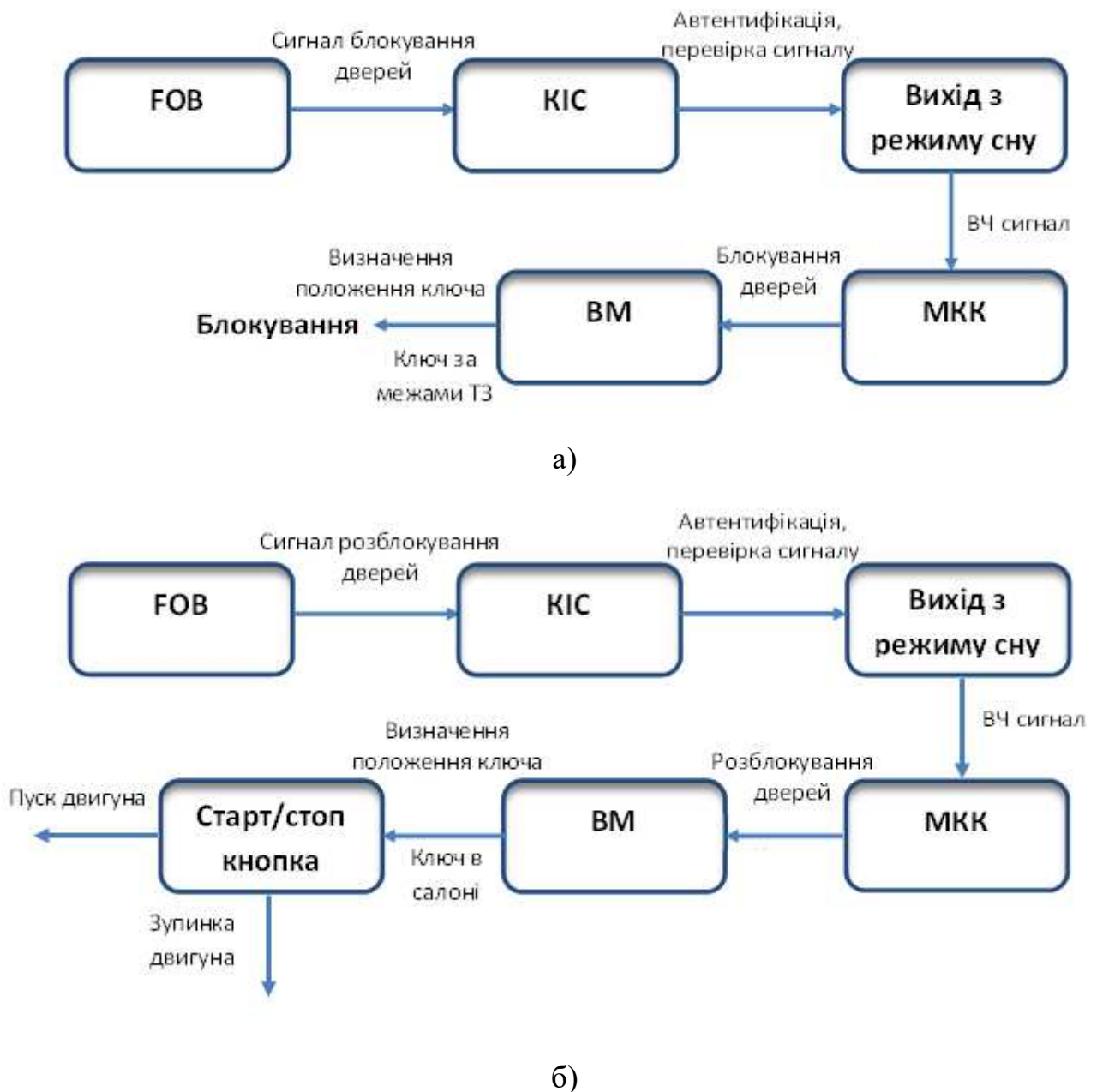


Рисунок 3.2 – Загальна схема роботи КІС

Запропонована КІС БДА включає наступні компоненти:

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. Безпроводний FOB ключ, який використовується для безконтактного відкриття дверей автомобіля та запуску двигуна. Ключ активується при наближенні власника до ТЗ.

2. Система автомобільного МКК, що встановлюється на ТЗ і співпрацює з FOB. Він визначає наближення власника та автоматично відкриває двері автомобіля.

3. Мікропроцесор ARM9 S3C2410 є головним керуючим елементом системи. Він забезпечує обробку сигналів та управління іншими компонентами.

4. РЧ модуль прийому/передачі nRF905, що забезпечує безпроводну комунікацію між ключем та автомобільною системою. Він підтримує частотний стрибок для підвищення стійкості до перешкод.

5. Антени MAX1470 для отримання радіосигналів між FOB та автомобільним МКК.

6. Інтерфейс SPI для забезпечення двосторонньої комунікації між мікропроцесором МКК та бездротовим радіочіпом FOB.

КІС БДА розділена на дві частини: FOB та МКК, вбудований у ТЗ. Їх схеми показані на рисунках 3.3 та 3.4 відповідно.

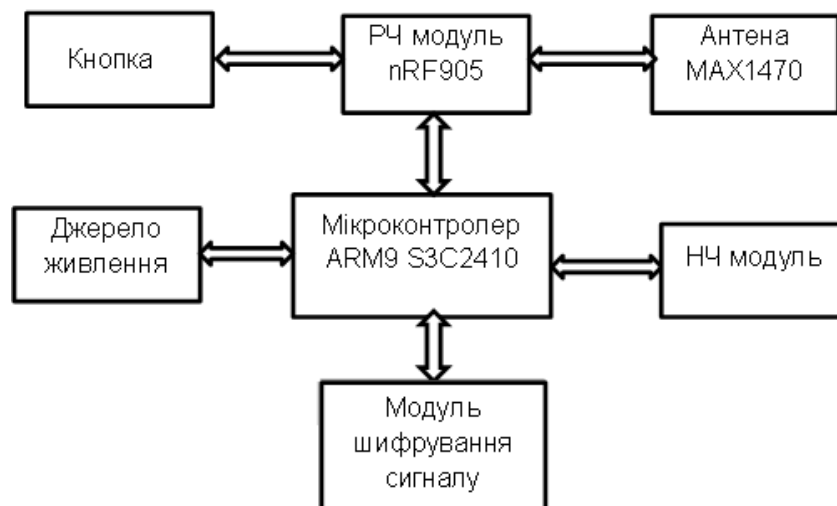


Рисунок 3.3 - Загальна схема FOB КІС

У проєктованій КІС БДА основний керуючий модуль МКК використовує низьку потужність, високу продуктивність, високомасштабований процесор ARM9 S3C2410, модуль радіотрансивера RF використовує одночиповий радіотрансивер, що дозволяє легко впровадити технологію частотного стрибка.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

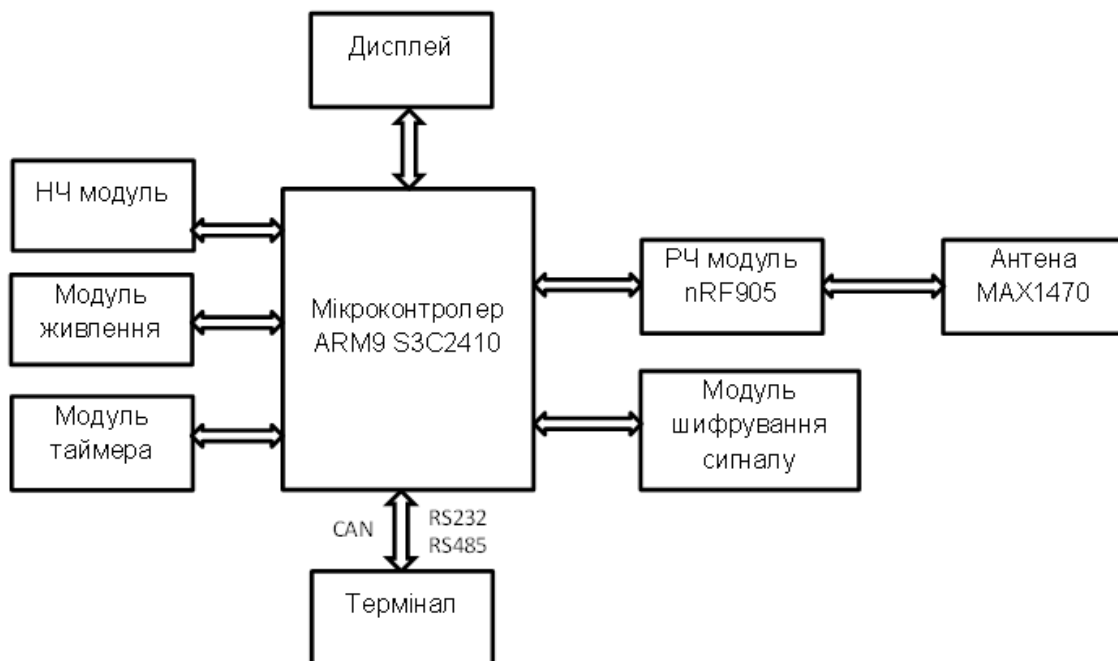


Рисунок 3.4 - Загальна схема МКК КІС

Модуль nRF905 використовує шину SPI для комунікації між основним керуючим чіпом та модулем радіотрансивера. Для забезпечення безпеки та конфіденційності процесу бездротової передачі інформації використовується технологія кодованого шифрування та дешифрування. Крім того, КІС, вбудована у автомобіль, використовує інтерфейс CAN, RS232/RS485 для забезпечення зв'язку з термінальним обладнанням.

3.2 Обґрунтування вибору компонентів проектованої системи

3.2.1 Модуль керування

Процесор S3C2410 - це вбудований 16/32-розрядний процесор RISC, розроблений компанією Samsung на основі ядра ARM920T (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Samsung ARM9 S3C2410

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Цей процесор надає економічне та енергоефективне рішення мікроконтролера для портативних пристроїв та різноманітних типів застосувань. Він реалізує MMU, AMBA шину та архітектуру кеш-пам'яті Гарвардська архітектура, забезпечуює продуктивність на рівні 1,1 MIPS/МГц. Для зниження вартості всієї системи процесор інтегрує багато компонентів на одному чіпі.

Для керування модулем живленням S3C2410 використовується схема типу А, щоб для кожної наданої задачі виконувалося оптимальне споживання енергії.

3.2.2 Модуль передачі даних

Безпроводний модуль RF nRF905 (рисунок 3.6) - це радіотрансиверний монолітний чіп. Робоча напруга становить від 1,9 до 3,6 В. Він працює на трьох каналах ISM (промисловому, науковому і медичному) на частотах 433, 868, 915 МГц, а час переключення між каналами менший 650 мкс.



Рисунок 3.6 - Модуль nRF905

nRF905 складається з частотного синтезатора, приймача-демодулятора, підсилювача потужності, кристалічного генератора. Він складається з модулятора і не потребує зовнішнього SAW-фільтра. В нього вбудований повний протокол комунікації, автоматично обробляються заголовки і контрольна хеш сума CRC (циклічна перевірка на стійкість до пошкоджень), а також автоматично виконується кодування/декодування, без потреби в додатковому програмному

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

забезпеченні, що дозволяє ефективно та швидко обробляти передані дані.. Крім того, nRF905 має режим роботи Shock-Burst. Його споживання енергії дуже низьке і становить лише 11 мА при передачі з вихідною потужністю -10 дБм. При роботі в режимі прийому - 12,5 мА, вбудований режим зниження споживання енергії та режим очікування, дозволяють реалізувати енергозбереження.

Струм nRF905 в режимі зниження споживання енергії становить 2,5 мкА, у режимі очікування. При частоті кристалу 16 МГц споживання енергії становить 32 мкА. nRF905 використовує метод модуляції зміни частоти за Гауссом (GFSK). Висока стійкість до перешкод, забезпечує зниження впливу шумів і середовища на продуктивність системи. nRF905 може проводити штучне керування несучою частотою, що дозволяє легко впровадити технологію частотного стрибка в комунікації.

3.2.3 Безпроводні канали комунікації

S3C2410 та nRF905 використовують інтерфейс SPI для двосторонньої комунікації. SPI шина nRF905 має SCK (SPI clock), MISO (SPI output), MOSI (SPI input), CSN (SPI enable). S3C2410 через керування високим та низьким рівнями трьома контактами (TRX_CE, PWR_UP, TX_EN) забезпечує роботу nRF905 у режимі прийому Shock Burst, режимі передачі Shock Burst, режимі вимкнення живлення та режимі очікування. CD (виявлення несучої), AM (відповідність адресі), DR (готовність даних) для трьох цифрових виводів, підключення між S3C2410 та nRF905, як показано на рисунку 3.7.

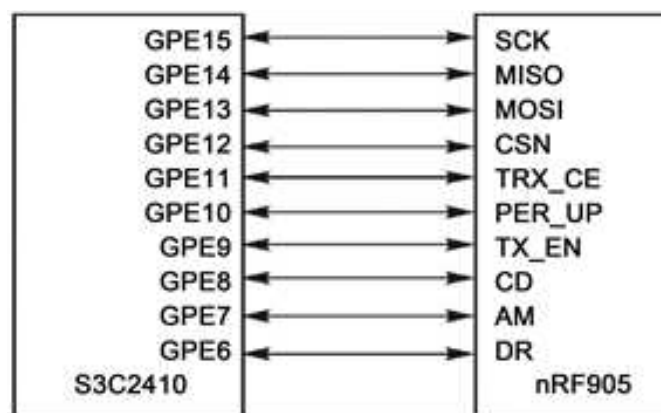


Рисунок 3.7 - Схема підключення S3C2410 і nRF905

3.2.4 Модуль передачі даних

Зазвичай передавач FOB відправляє чотири послідовні потоки даних тривалістю по 10 мс кожен, щоб гарантувати, що приймач перехопить хоча б один з них. Приймач проводить опитування стану кожні 20 мс, намагаючись декодувати як мінімум два потоки даних з метою захисту від помилок синхронізації в часі та шуму. Для декодування сигналу, йому необхідно 0,75 мс, тобто для цього достатньо 7-8 отриманих бітів.

Для моніторингу передач від FOB приймачу КІС БДА потрібно виділити час на вихід з режиму сну та стабілізацію перед декодуванням вхідного сигналу (риунок 3.8).

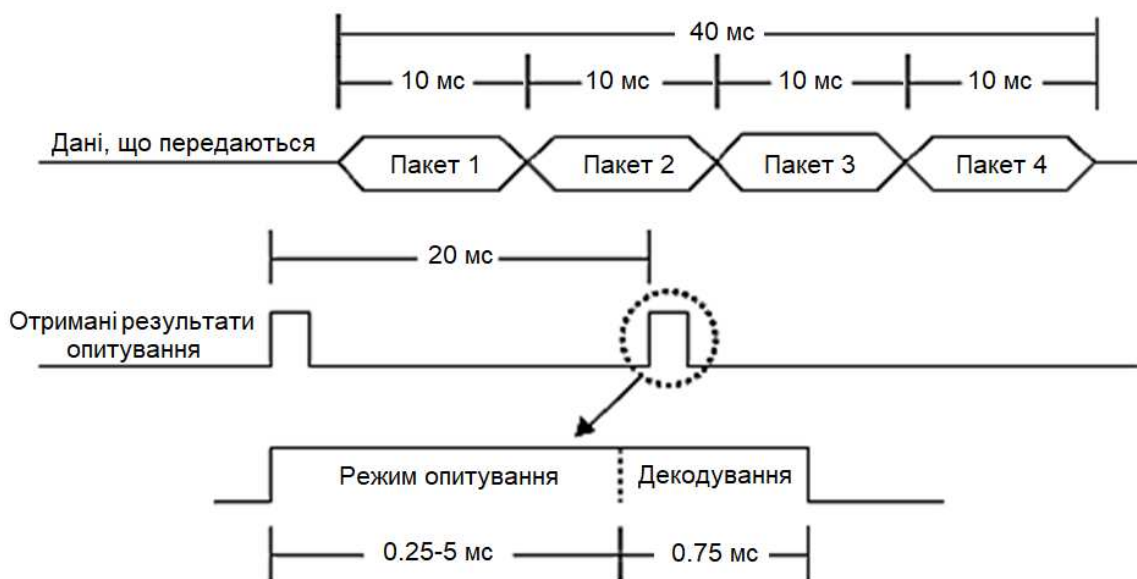


Рисунок 3.8 – Діаграма передачі та прийомку сигналів в СБДА

Більшість схем підсилювачів можуть швидко вийти в робочий режим, але кристал VCO є електромеханічним компонентом, якому потрібен час, для початку колювання і більше часу, для стабілізації на потрібній частоті. Зазвичай потрібно 2-5 мс для звичайних супергетеродинних приймачів. МАХ1470 (рисунок 3.9) для цього потрібно лише 0,25 мс, надаючи достатньо енергії енергії, щоб підтримувати вібрацію в кристалі. Тому, МАХ1470 дозволяє виявити передачу сигналу від FOB, прокидаючись лише на 1 мс (0,75 мс на декодування і 0,25 мс на стабілізацію) кожні 20 мс. Для роботи МАХ1470 необхідна напруга живлення 3,3 В замість стандартної 5 В, що забезпечує енергозбереження, та подовжує час роботи батареї до 4-5 разів.

						ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
							49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

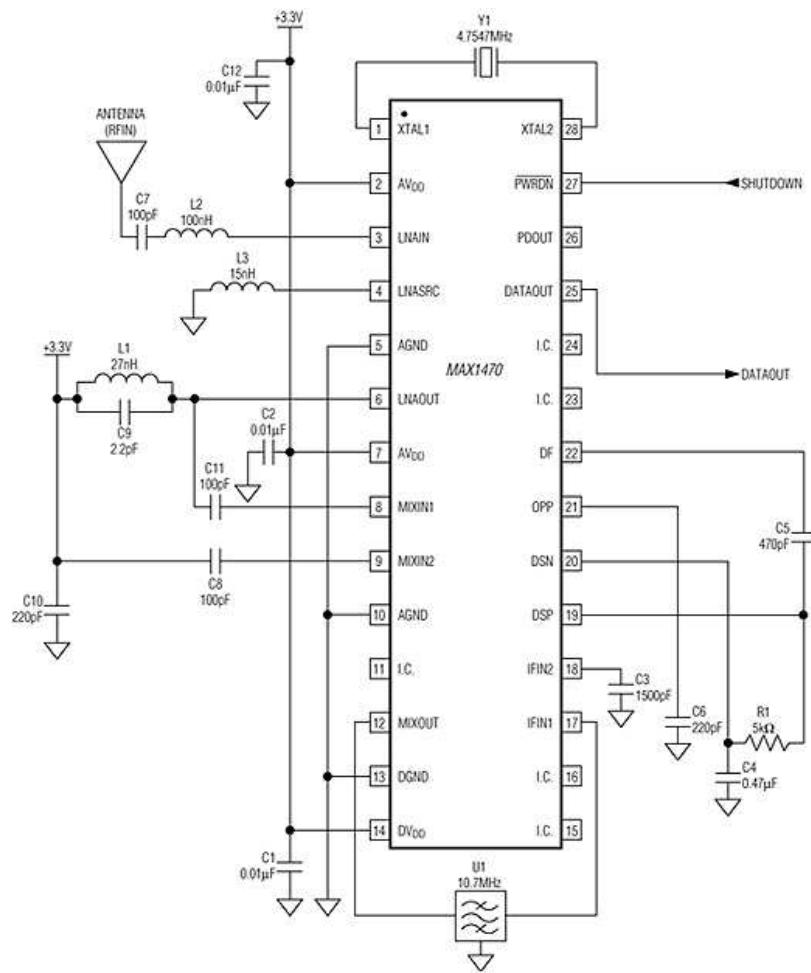


Рисунок 3.9 – Схема MAX1470

Максимальна напруга поля на відстані 3 метрів від передавальної антени має бути пропорційною до основної частоти (260-470 МГц), даючи діапазон від 3750 мкВ/м до 12500 мкВ/м. Ширина смуги пропускання не повинна перевищувати 0,25%, а побічні випромінювання повинні бути послаблені на 20 дБ від основної частоти.

3.3 Алгоритм роботи комп'ютерно-інтегрованої системи

У проєктованій КІС, лише тоді, коли кнопка на дверній ручці натиснута, активується вбудований в автомобіль МКК, що відправляє сигнали НЧ до FOB. Якщо інформація ідентифікації в ключі відповідає отриманому сигналу, ключ буде прийнятий. Цей процес дозволяє запобігти тому, щоб випадковий шум або інші перешкоди перевели ключ в режим роботи та дозволяє продовжити термін служби батареї.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Після виходу з режиму сну FOB відправляє відповідний ВЧ сигнал до МКК автомобіля, і кожен раз можлива лише валідна передача даних протягом дуже короткого періоду часу, решта часу ключ буде перебувати в режимі сну і низького споживання енергії.

Активація FOB і вихід з низькопотужного стану відбувається, наприклад, після того, як він отримав сигнал від автомобільної КІС або розпізнавання, що на дверях ТЗ була натиснута кнопка чи спрацював датчик. У цьому стані ключ готовий взаємодіяти з автомобільною КІС БДА, відправляючи відповідний сигнал, щоб заблокувати або розблокувати двері, або виконати інші функції залежно від вимог користувача чи конфігурації КІС.

Процес передачі даних відбувається наступним чином:

1. Мікроконтролер S3C2410 встановлює низький рівень на піні TRX_CE nRF905, щоб він перебував у режимі очікування, і взаємодіє з ним через інтерфейс SPI для конфігурації реєстрів.

2. Коли у S3C2410 є дані для відправлення на вказаний вузол, адреса отримувача записується у реєстр адреси передачі TX-адреси nRF905 через інтерфейс SPI.

3. S3C2410 через інтерфейс SPI відправляє дійсні дані, які слід записати в реєстр відправки даних TX-Payload nRF905.

4. Мікроконтролер встановлює високий рівень на пінах PWR_UP, TRX_CE та TX_EN, щоб nRF905 перебував у режимі передачі Shock Burst.

5. Внутрішній обробник Shock Burst TM nRF905 подає сигнал і безпроводна система автоматично вмикається, завершує формування пакету даних (додає підготовчий байт та байти перевірки), відправляє пакети даних (швидкість 100 кбіт/с, модуляція GFSK, кодування Манчестера), піднімається високий рівень на піні готовності даних (DR) після завершення передачі даних.

6. Встановлюється високий рівень на піні AUTO RETRAN, nRF905 безперервно передає дані, поки TRX_CE не буде встановлено на низький рівень.

7. Після завершення передачі даних мікроконтролер S3C2410 перевіряє пін TRX_CE nRF905, щоб модуль nRF905 знову перебував у режимі очікування.

Схема алгоритму режиму відправлення сигналу nRF905 наведена в

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

додатку А. Схема алгоритму процесу безпроводного прийому сигналу наведена в додатку Б.

3.4 Підвищення надійності роботи проекрованої системи

СБДА середнього і низького класу через використання фіксованих несучих частот піддаються впливу перешкод, перехоплення та зламу під час комунікації, що знижує їх надійність. Однак, перешкоди спричинені середовищем системи існують лише протягом певного часу, , як правило, відбуваються на відносно фіксованій частоті.

Використання технології зміни каналу дозволяє ефективно уникнути перешкод частотного діапазону і продовжити комунікацію на іншій частоті з меншою кількістю шумів. Проектована КІС використовує безпроводний модуль nRF905, який дозволяє здійснювати керування несучою частотою для забезпечення хорошої підтримки для частотно-стрибкової комунікації, оскільки забезпечує велику кількість каналів. Використання пінів HFREQ PLL та CH NO реєстра конфігурації модуля nRF905 дозволяє встановити необхідну частоту для досягнення частотного стрибка відповідно до

$$FPR = \left(422,4 + \frac{CH_{NO_d}}{10} \right) (1 + HFREQ_{PLL_d}) \text{MHz},$$

де індекс d вказує на те, що бінарні дані, збережені в відповідному реєстрі, перетворюються на десяткові дані; $HFREQ_{PLL}$ керує PLL для роботи на частоті 433 МГц або 868/915 МГц: якщо він рівний 0, це означає, що він працює в діапазоні 433 МГц і різниця між каналами становить 100 кГц; коли він дорівнює 1 використовується діапазон 868/915 МГц і різниця між каналами складе 200 кГц.

При практичних застосуваннях для певної фіксованої антени лише один діапазон частот дозволяє модулю забезпечити оптимальну комунікаційну продуктивність. Тому антена може підтримувати до 29 каналів зв'язку, коли на одному каналі виникають перешкоди, можна використовувати частотний стрибок та перехід до іншого каналу для продовження комунікації.

У проектованій КІС БДА модуль nRF905 використовує діапазон 433 МГц, і

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 каналів від 420.1 до 440.1 МГц для зв'язку, інтервал між двома сусідніми каналами рівний 5 МГц.

У випадку комунікації з частотним стрибком, щоб уникнути помилок під час обміну інформацією між сторонами, використовуються спеціальні таблиці частотних стрибків. Якщо отримано несумісні дані, це перешкоджає ефективній комунікації, тому як спосіб підвищення надійності зв'язку використовується попередньо визначена частота комунікації 420.1 МГц для обох сторін. Коли виникають проблеми або комунікація між сторонами переривається, КІС автоматично повертається до частоти 420.1 МГц. Перезапуск таблиці відновлює комунікацію. Інші чотири канали використовуються як канали передачі даних для комунікації з частотним стрибком. Ці дані включають в себе інформацію від FOB до автомобільного МКК та сигнали підтвердження від МКК.

Якщо FOB отримує дані від МКК після того, як поточний канал даних відправив інформацію на автомобільний МКК, то FOB завершить свою частину комунікації та перейде у режим очікування до наступного циклу роботи. У разі, якщо не отримано підтвердження від МКК, ключ намагатиметься повторно відправити дані МКК. Якщо протягом трьох спроб не вдалося отримати підтвердження, він автоматично змінить канал передачі даних. Це робиться для того, щоб у наступному циклі передачі FOB міг продовжити комунікацію на новому каналі і завершити цикл переходів по каналах зв'язку.

Коли МКК переходить на новий канал даних, він очікує прийом інформації від FOB. Якщо отримано відповідні дані, відправляється сигнал підтвердження до ключа, після чого завершується цикл комунікації та переходиться на канал 420.1 МГц, щоб чекати наступного запиту на підключення від FOB.

У випадку, якщо МКК не отримує жодних даних від FOB протягом певного інтервалу часу, він відмовляється від цієї комунікації і повертається на канал 420.1 МГц. Схема алгоритму комунікації з переходом на іншу частоту комунікаційного каналу наведена у додатку В.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи систему безключового доступу до ТЗ з низьким споживанням енергії та високою надійністю.

Проведений аналіз технологій доступу до ТЗ дозволив провести їх класифікацію.

Проаналізовано методи безключового доступу, що дозволило зрозуміти особливості кожної технології, визначити їх переваги та недоліки.

Досліджено принцип роботи СБДА. Визначено частотні діапазони роботи таких систем та методи цифрової обробки сигналів, які у них застосовуються.

Проведено дослідження структури СБДА. Визначено основні компоненти систем, їх розміщення на ТЗ для забезпечення реалізації функціональних можливостей системи.

Досліджено функції та параметри СБДА, зокрема односторонньої та двосторонньої перевірки, а також розглянуто додаткові функції систем.

Проведені дослідження дозволили сформулювати вимоги до проектованої системи. Обґрунтовано вибір технічних засобів для реалізації КІС на основі їх відповідності вимогам та здатності забезпечити необхідну функціональність та надійність. Розроблено структуру КІС БДА, яка включає схеми приймача та ключа, який передає сигнал до приймача розміщеного у ТЗ. Розроблено загальну схему роботи КІС. Розроблено схеми алгоритмів роботи системи при передачі та прийомі сигналу.

Запропоновано схему алгоритму роботи КІС з частотним переходом, що забезпечує додатковий рівень безпеки та надійності роботи. Перехід на іншу частоту каналу відбувається автоматично за необхідності, що дозволяє уникнути перешкод та забезпечити надійну та безперервну комунікацію у разі спотворення даних на поточній частоті. Відстань зв'язку в проектованій системі у відкритому середовищі може досягати 180 метрів, що відповідає практичним вимогам до СБДА. КІС має низьке споживання енергії у режимі сну, що сприяє продовженню терміну служби батареї та ефективному використанню її заряду.

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Любицький С.В., Новіков П.В. Основи побудови комп'ютерно-інтегрованих систем.- Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 77 с.
2. Терещенко Т.О. Розподілені мікропроцесорні систем.- Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.
3. Леунг Дж. Майбутнє підключених автомобілів: як чутлива до часу мережа покращує автомобільні вбудовані системи. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://fiberroad.com/uk/resources/new-trends/how-time-sensitive-networking-is-enhancing-automotive-embedded-systems/>
4. Вільямс Л. Підручник із вбудованих систем: що таке, історія та характеристики. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.guru99.com/uk/embedded-systems-tutorial.html>
5. Як працює безключовий доступ. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://narscars.com.ua/ua/blog/nuzhnoznat/kak-rabotaet-besklyuchevoj-dostup>
6. Як працює безключовий доступ до авто? . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://ukr-prokat.com/blog/yak-pratsyuye-bezklyuchovyj-dostup-do-avto.html>
7. KeyLess – переваги та недоліки системи безключового доступу. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zahyst-avto.com.ua/bezklyuchovyy-dostup-keyless-perewagy-nedoliky/>
8. Passive Keyless Entry (PKE): Hands-Free Car Access System. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.sic.co.th/passive-keyless-entry-pke-hands-free-car-access-system/>
9. Everything You Need To Know About Keyless Entry For Carsharing. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://invers.com/en/blog/keyless-entry-carsharing/>
10. Для чого потрібна сигналізація з автозапуском та безключовим доступом? . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://agent-security.com.ua/blog/zakhist-vid-ugonu/zakhist-bezklyuchovogo-dostupu-pri-vikradenni->

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

22. How to Use Ford Remote Start . [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<https://www.cornerstoneford.com/service/service-and-parts-tips/how-to-use-ford-remote-start/>

23. RFID and digital ID for the automotive industry. [Електронний ресурс] -
Режим доступу: https://rfid.averydennison.com/en/home/industry-segments/industrial/automotive.html?kw=industrial%20rfid&cpn=17725593022&utm_term=industrial%20rfid&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_campaign=RFID-Leads-Search-1&hsa_cam=17725593022&hsa_grp=144003388452&hsa_mt=b&hsa_src=g&hsa_ad=609913549194&hsa_acc=9721391235&hsa_net=adwords&hsa_kw=industrial%20rfid&hsa_tgt=kwd-345730367&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLM0hNK7w2UvZ4RM507FYNMkEO7ArIZ2DHqoi_jxYZIveMZWj7pKLG0aAshqEALw_wcB

24. What is Immobilizer? Is it safe?. [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<https://www.sic.co.th/whatisimmobilizer/>

25. Пакет комфортних функцій KEYLESS-GO. [Електронний ресурс] -
Режим доступу: https://www.mercedes-benz.dp.ua/cars/models/electro-s/eqs_suv/equipment/comfort/keyless-go.html

26. Smartkey Toyota Lexus. [Електронний ресурс] - Режим доступу:
<https://smartkey.com.ua/blog/izgotovlenie-klyuchej-toyota-lexus>

27. Trends and developments in vehicle access control. [Електронний ресурс] -
Режим доступу: <https://www.nedapidentification.com/insights/trends-and-developments-in-vehicle-access-control/>.

28. Vehicle Access Systems of the Future | ATZelectronics worldwide - Springer.
[Електронний ресурс] - Режим доступу:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s38314-016-0041-7>.

29. Connected Car Technology: The Future of Automotive Connectivity. .
[Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.automotive-technology.com/articles/connected-car-technology-the-future-of-automotive-connectivity>.

									ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
										57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

30. The evolution of vehicle access | FutureMotiv . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://rle-futuremotiv.com/the-evolution-of-vehicle-access>

31. Ваш авто у вашому смартфоні. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.bmw.ua/uk/topics/fascination-bmw/mybmw-ua.html>

32. MyBMW app. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.bmw.com/en/footer/mybmw-app.html>

33. myChevrolet Mobile App. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.chevrolet.com/support/vehicle/smartphone-connections/mychevrolet-mobile-app#:~:text=The%20myChevrolet%20Mobile%20App%E2%80%A0,more%20on%20properly%20equipped%20vehicles.>

34. Mobile App. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_us/GUID-F6E2CD5E-F226-4167-AC48-BD021D1FFDAB.html

35. Who are the leading innovators in biometric vehicle access for the automotive industry?. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.just-auto.com/data-insights/innovators-cybersecurity-biometric-vehicle-access-automotive/>.

36. Hyundai Reveals World's First Smart Fingerprint Technology to Vehicle . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-reveals-worlds-first-smart-fingerprint-technology-to-vehicles.html>

37. Tesla незабаром навчаться говорити з людьми. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://tehnofan.com.ua/2020/01/14/tesla-will-soon-learn-to-talk-to-people/>

38. Advanced Key. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.audi.ca/ca/web/en/search-terms/Advanced-Key.html>

39. Система Keyless Drive - безпечне поводження з ключем ДК. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.volvocars.com/uk-ua/support/car/v40/article/f203d3f6544eb7bec0a801e8000e1db1>

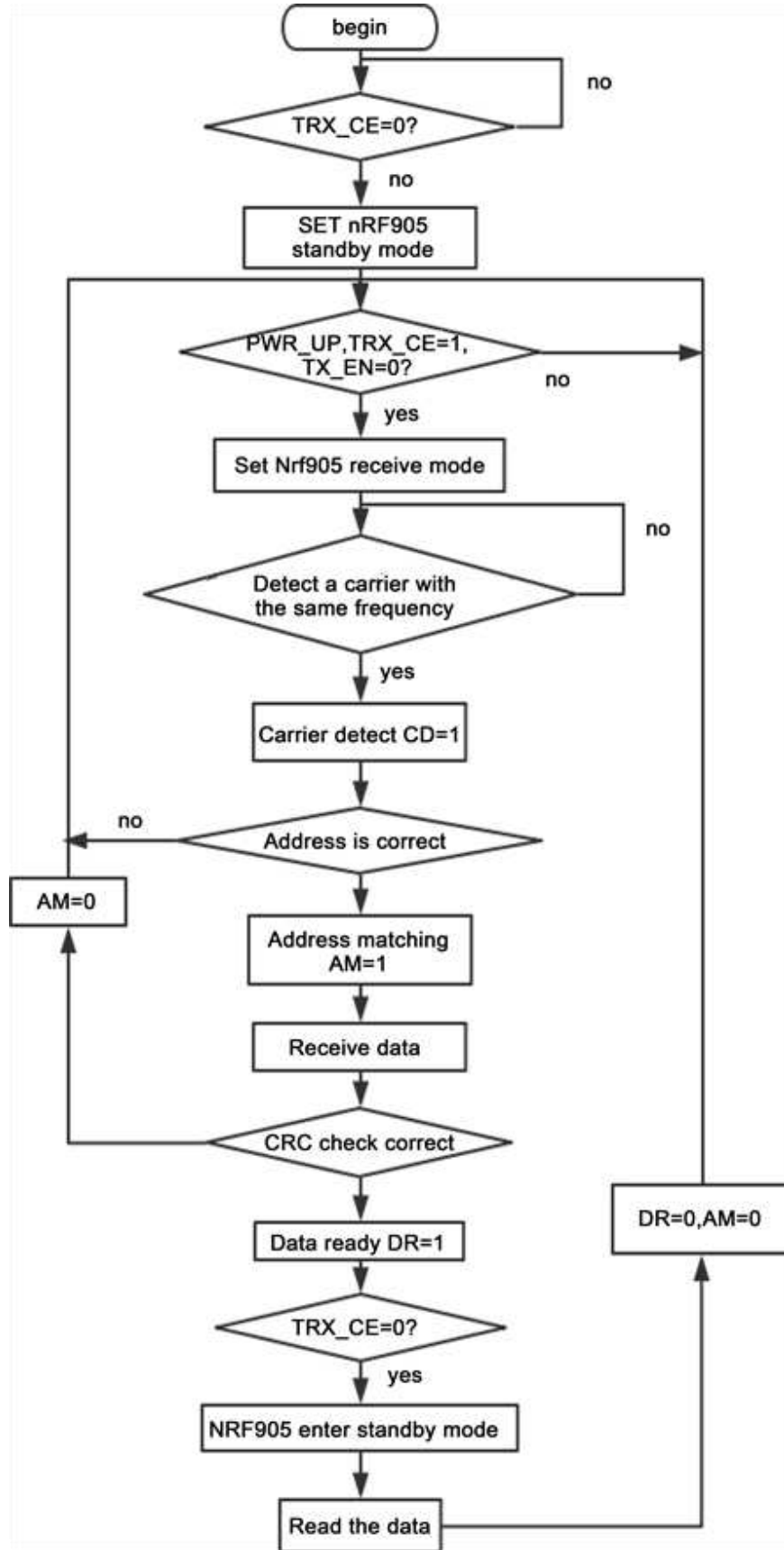
40 What is Toyota Smart Entry System? . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.toyotaknoxville.com/blogs/1021/what-is-toyota-smart-entry-system/>

					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

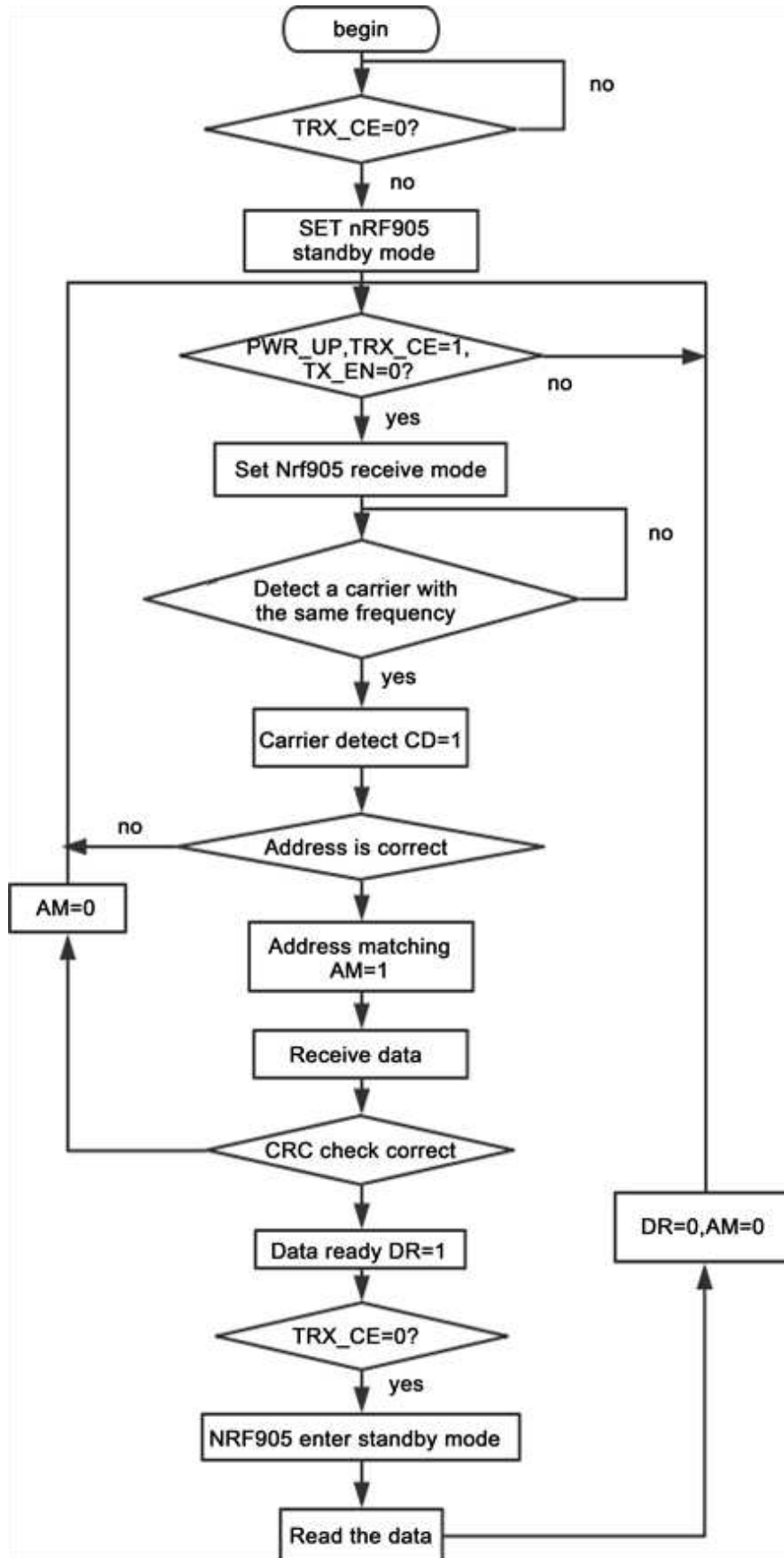
41. Antenna locations for the start and lock systems. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.volvocars.com/en-th/support/car/xc60/article/a67ce968a0315f37c0a801515cf5f07e>

42. PKE (Passive Keyless Entry System)/RKE (Remote Entry System). [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.grupopremo.com/en/content/110-pke>

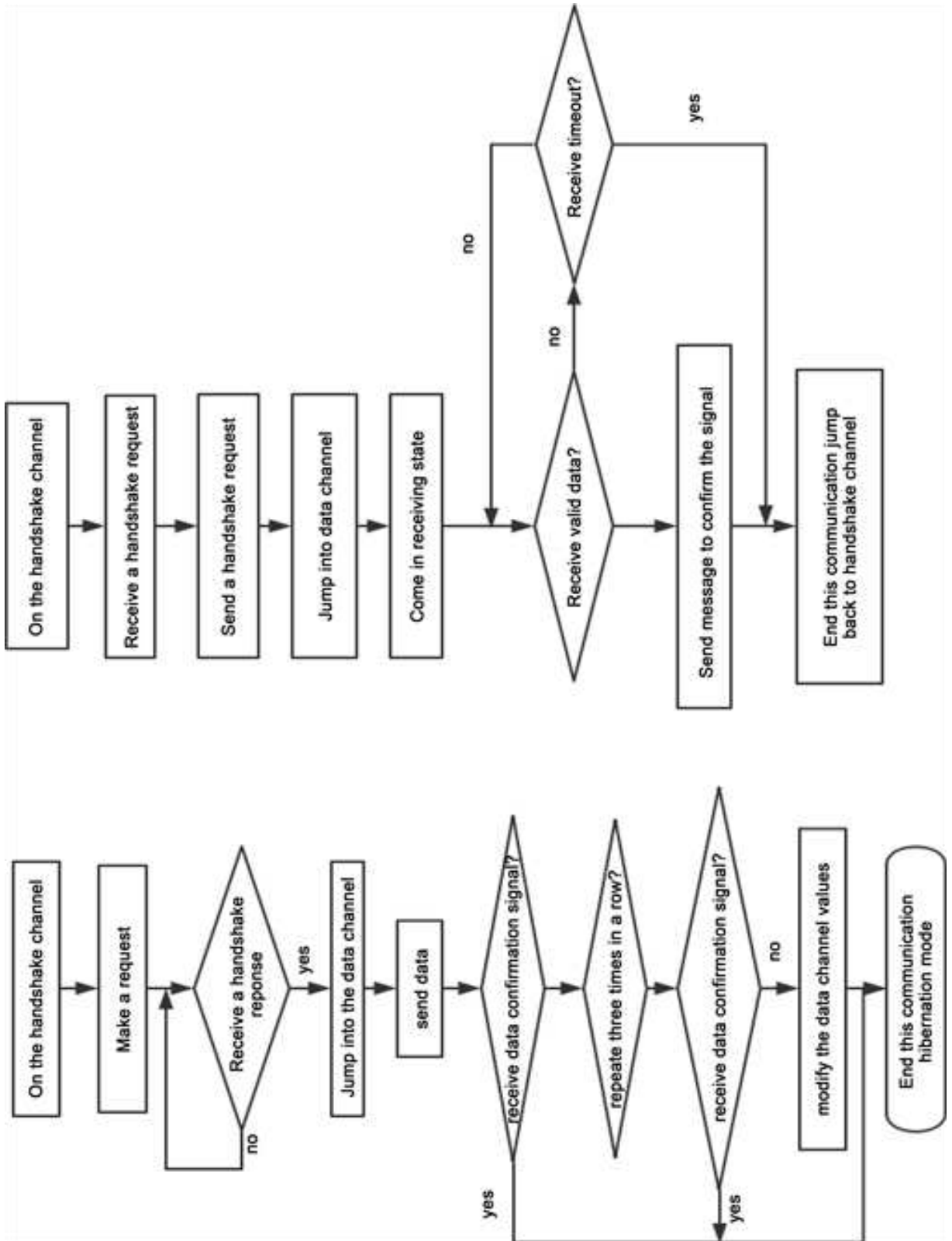
					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурик О.М.				Схема алгоритму безпроводної передачі сигналу	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Пітух І.Р.						5	60
Консульт.						ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.	Заставний О.М.							
Затверд.	Сегін А.І.							



					ДП.АКІТ.8872436.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурик О.М.				Схема алгоритму безпроводного прийому сигналу	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Пітух І.Р.						5	61
Консульт.						ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.	Заставний О.М.							
Затверд.	Сегін А.І.							



ДП.АКІТ.8872436.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Гурик О.М.				
Перевір.	Пітух І.Р.				
Консульт.					
Н. Контр.	Заставний О.М.				
Затверд.	Сегін А.І.				
Схема алгоритму роботи КІС зі стрибками частоти			Літ.	Арк.	Акрушів
				5	62
			ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		