

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра біомедичної інженерії та телекомунікацій

УДК 621.37

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій
к.т.н., доц. Нікітчук Т.М.

(підпис)

« 14 » грудня 2020 р.

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Дослідження функціональної ефективності охоронних сигналізацій
малих об'єктів
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Виконавець роботи:

14.12.20

(підпис, дата)

Кротюк О.С.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник

к.т.н., доц.

(науковий ступінь, вчене звання)

14.12.20

(підпис, дата)

Бенедицький В.Б.
(ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему: «Дослідження функціональної ефективності охоронних сигналізацій малих об'єктів»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ЗТРм-19
спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Кротюк О.С.

Керівник Бенедицький В.Б.

Рецензент Нікітчук Т.М.

Житомир
2020

«Затверджено»

Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій

 Т.М. Нікітчук

« 15 » червня 2020 р.

Завдання на атестаційну магістерську роботу

Кротюк Олександра Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження функціональної ефективності охоронних сигналізацій малих об'єктів»

затверджено наказом по університету від 15 червня 2020 р. № 366/с

2. Мета дослідження: дослідити ефективність елементів для систем охоронних сигналізацій _____

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.) Ардуїно та датчики для сингналацій _____

4. Основні задачі дослідження розробка структурної схеми системи спостереження, розробка і розрахунок охоронної системи _____

5. Термін подання роботи до захисту грудень 2020

6. Дата видачі завдання « 15 » 06 2020 р.

Науковий керівник

Завдання прийняв
до виконання


(підпис)

Бенедицький В.Б.
(прізвище, ініціали)

Кротюк О.С.
(прізвище, ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена дослідженню функціональної ефективності охоронних сигналізацій за будівлею, коли власників немає в дома. В роботі розглянута побудова автономної машини, в якій є рухоме шасі з автоматично керованими приводами як засіб пересування охоронної системи. В роботі був виконаний вибір та аналіз елементної бази. В основу роботи покладена платформа Arduino ATmega2560, розглянуто його властивості та характеристики. Також проведені основні розрахунки приладу, його параметрів, розроблено програмне забезпечення.

Annotation

In the thesis work the principles of construction of automatic machines, which are movable chassis with automatically controlled drives. As a means of protection villages. This thesis is devoted to developing the device automatically tracking building owners when not at home. In this thesis work was performed selection and analysis components. The work was based microcontroller ATmega2560, examined its properties and characteristics. Also basic calculations carried his instrument parameters developed software.

Зміст

Вступ	7
Розділ 1 Аналітичний огляд літературних джерел.....	9
1.1 Огляд відомих систем охоронних сигналізацій.....	9
1.1 Охоронна система на базі GSM на Arduino MINI PRO.....	11
1.1.2 Охоронна система, яка складається з мікроконтролера Arduino Uno...	12
1.1.3 Охоронна система на базі Arduino Leonardo	14
1.2 Аналіз завдання. Основа для виконання роботи.....	16
Розділ 2 Розробка структурної схеми системи спостереження за житлом.....	18
2.1 Розробка функціональної схеми системи спостереження за житлом	22
Розділ 3 Дослідження охоронної системи.....	23
3.1 Модулі керування двигунами постійного струму.....	32
3.2 Блок спостереження	36
3.2.1 Датчики перешкод.....	36
3.2.2 Датчик виявлення людини.....	39
3.3 Розрахунок ультразвукового датчика.....	40
3.4 Підключення до комп'ютера.....	41
3.5 Блок живлення.....	41
3.6.Фотоелектричні перетворювачі	43
3.7. Перетворювач напруги.....	45
Розділ 4. Оцінка ефективності системи охорони периметру.....	53
4. 1. Оцінка ефективності охорони периметру	53
4.2. Методика оцінювання ефективності системи охоронної сигналізації.....	57
Висновки.....	67
Перелік літератури.....	68
Додаток А	69

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

МК – Мікроконтролер

АБ – акумуляторна батарея

ВАХ – вольт-амперна характеристика

КЗ – коротке замикання

ККД – коефіцієнт корисної дії

МСІ – потужність сонячного випромінювання

СЕ – сонячний елемент

ФС – фотоелектрична система

ФЕП – фотоелектрична панель

ПЕП – переріз електричного провідника

ЕРС – електрорушійна сила

Вступ

Інтенсивний розвиток сучасних технічних засобів безпеки, постійне розширення виконуваних ними функцій дозволяє ефективно використовувати їх у різних сферах діяльності. Тому ми розглянемо основи основ, найнеобхідніші технічні засоби безпеки, якими можна мінімізувати чинники, здатні призвести до додаткових фінансових втрат для власника.

Мета роботи – провести аналіз різних систем охоронної сигналізації та окремих її компонентів, зорієнтувати їх застосування в приміщеннях та оцінити ефективність використання систем охорони. На основі цього зробити власну систему безпеки.

Автоматична система охоронної сигналізації широко використовується при оснащенні різних типів приміщень. Мета охоронної сигналізації - абсолютне уникнення будь-якої можливості незаконного проникнення в приміщення або на територію, що охороняється. Основою охоронної системи служать контрольні датчики, які передають інформацію на центральний контрольний пункт. При цьому, охоронна сигналізація може бути не тільки автономною, але і функціонувати в комплексі з іншими системами безпеки об'єкту, що охороняється. Система охоронної сигналізації дозволяє контролювати приміщення, що охороняється або територію 24 години на добу. Актуальність моєї роботи обумовлена тим, що в сучасних умовах, коли елементи кримінального середовища присутні у всіх сферах діяльності, досить високий ризик протиправних дій з боку третіх осіб, коли технічна оснащеність лиходіїв найчастіше крокує вже вперед, в 22 століття, вкрай важливо йти в ногу з часом і удосконалювати системи охоронної сигналізації, системи інформаційної безпеки.

Завдання на роботу

1. Провести огляд систем побудови охорони об'єктів.

2. Розробити автономну систему стеження за будинком, яка буде долати перешкоди, буде керуватися мікроконтролером і фіксувати все, що відбувається на даний час в оселі.
3. Розробити методику оцінки ефективності охоронної системи.

Розділ 1

Аналіз функціональної ефективності охоронних сигналізацій

1.1 Огляд відомих систем охоронних сигналізацій

Охоронна сигналізація – система складових комплексів пристроїв необхідних для організації безпеки об'єкту, що охороняється і своєчасного оповіщення при несанкціонованому проникненні на об'єкт.

На таких об'єктах, як квартири, будинки, дачі, складські та офісні приміщення охоронна сигналізація стане незамінним засобом для забезпечення безпеки і збереження майна.

Для побудови ефективної сигналізації варто підібрати компоненти охоронної сигналізації, що відповідають вимогам, що охороняється.

Сигналізація складається з таких компонентів:

Приймально-контрольний прилад (ППК) – є незамінним технічним засобом охоронної сигналізації, основним завданням пристрою є аналіз отриманих сигналів від охоронних сповіщувачів (датчиків), крім цього забезпечує харчуванням охоронні датчики і подає сигнали на пристрою світлового і звукового оповіщення. При виборі ППК варто враховувати той факт, що ППК мають своєму арсеналі різну кількість охоронюваних зон (шлейфів охоронної сигналізації). По типу передачі сигналу приймально-контрольні прилади варто розділити на два типи. Дротові здійснюють зв'язок компонентів охоронної сигналізації з прийомо-контрольним приладом через кабельно-провідникову трасу.

Бездротові – здійснюють зв'язок через передачу сигналу по бездротових каналах таким чином необхідність в прокладанні кабельної траси відпадає.

Охоронні сповіщувачі виконують ключову функцію в роботі охоронної

сигналізації, так як вони виконують детектування тривожних подій. Серед пристроїв варто виділити такі охоронні сповіщувачі:

Датчики руху – пристрій виконує фіксацію теплової енергії рухомого об'єкту для подальшої передачі тривожного сигналу на ППК. Головними відмінностями серед датчиків руху є такі технічні особливості як призначення для зовнішньої або внутрішньої установки, дальністю і радіусом дії, а також способом передачі сигналу (по бездротових каналах зв'язку або по кабельно- провідниковій трасі).

Датчики розбиття – компонент охоронної сигналізації використовується для подачі тривоги при розбитті скла в радіусі дії датчика. Функціонування такого пристрою відбувається за допомогою мікрофона, який встановлений на платі датчика. СМК (магнітоконтатні датчики) – це пристрій, що складається з двох частин, магніту і герконового реле. Такі датчики охоронної сигналізації застосовують для захисту від несанкціонованого розкриття вікон і дверей.

Датчик вібрації – сповіщуючий пристрій, який здатний відреагувати на удари і вібрації на тих поверхнях, на яких вони встановлені (вікна, вітрини магазинів).

Комбіновані датчики – поєднує в одному корпусі два типи датчиків. Це пристрій виконує не тільки фіксацію об'єктів, що рухаються, але також здійснює роботу датчика розбиття скла. Такі датчики часто застосовуються для приміщень, в яких присутня вікно або двері зі склом.

Тривожні кнопки – пристрій, основним завданням якого є передача сигналу тривоги на пульт охорони. Застосування тривожної кнопки стає необхідним в таких ситуаціях як проникнення сторонніх осіб на територію, що охороняється, а також при спробі пограбування, за допомогою даного пристроїв можна викликати охорону.

Джерела резервного живлення є незамінну частину охоронної сигналізації, в зв'язку з тим, що завдяки їй забезпечується автономна робота

навіть при тривалій відсутності електроенергії. В провідних системах сигналізації джерелами живлення є: перетворювач змінної напруги 220 В в постійне 12 В (блок живлення), а також акумуляторна батареї, яка виконує живлення системи при відключенні електроенергії. В бездротових системах джерелами живлення є батарейки, термін роботи їх становить від одного до п'яти років.

Світлозвукові і звукові сповіщувачі – являють собою пристрої звукового і світлового оповіщення при несанкціонованому проникненні на об'єкт, що охороняється. Такі пристрої реалізують функцію тривожного сповіщення для залучення уваги оточуючих і виробляє психологічний тиск на порушника.

Пульт управління (клавіатура, зчитувач) – прилад необхідний для управління охоронною сигналізацією, використовується при знятті і постановці об'єкта на охорону, включення і відключення груп датчиків.

1.1.1 Охоронна система на базі GSM на Arduino MINI PRO.

Розглянемо найпопулярніші рішення виконання системи безпеки на платформі Ардуіно. Охоронна система на базі GSM на Arduino MINI PRO знімається і ставиться з допомогою СМС. Відправляємо "on" на номер сигналізації - отримуємо звіт про тестування портів і включену сигналізацію. "Off" - вимикаємо стеження за об'єктом (природно краще перевіряти за списком фіксованого набору). [1]

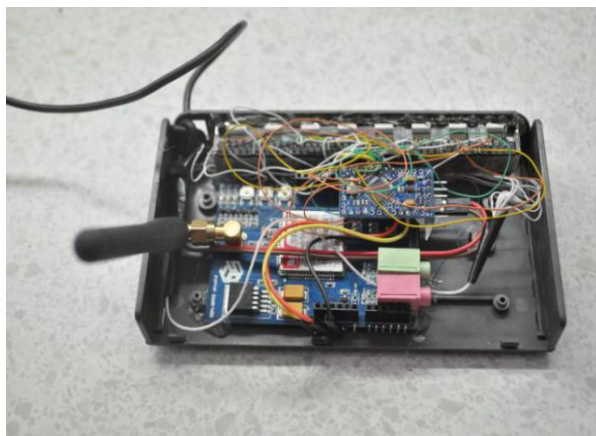


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд охоронної система на базі Arduino MINI PRO



Рисунок 1.2 – Блок схема Arduino MINI PRO

1.1.2 Охоронна система, яка складається з мікроконтролера

Arduino Uno. Дана система розроблена для запобігання/контролю будь-яких спроб проникнення злодіїв. Розроблений охоронний пристрій використовує вбудовану систему (включає апаратний мікроконтролер з використанням відкритого програмного коду і gsm модем) на базі технології GSM (Глобальна система рухомого зв'язку). Загальний вигляд охоронної системи зображений на рисунку 1.3

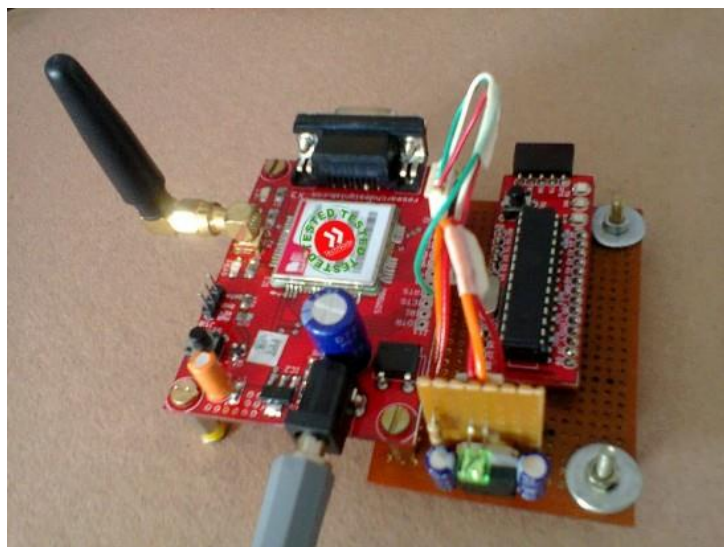


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд охоронної системи на базі Arduino Uno

Охоронний пристрій може бути встановлено в будинку. Інтерфейсний датчик охоронної сигналізації також приєднаний до охоронної системи на базі контролера [2].

При спробі проникнення система передає попередження (наприклад, sms) власнику на мобільний телефон або на будь-який заздалегідь конфігурований мобільний телефон для подальшої обробки.

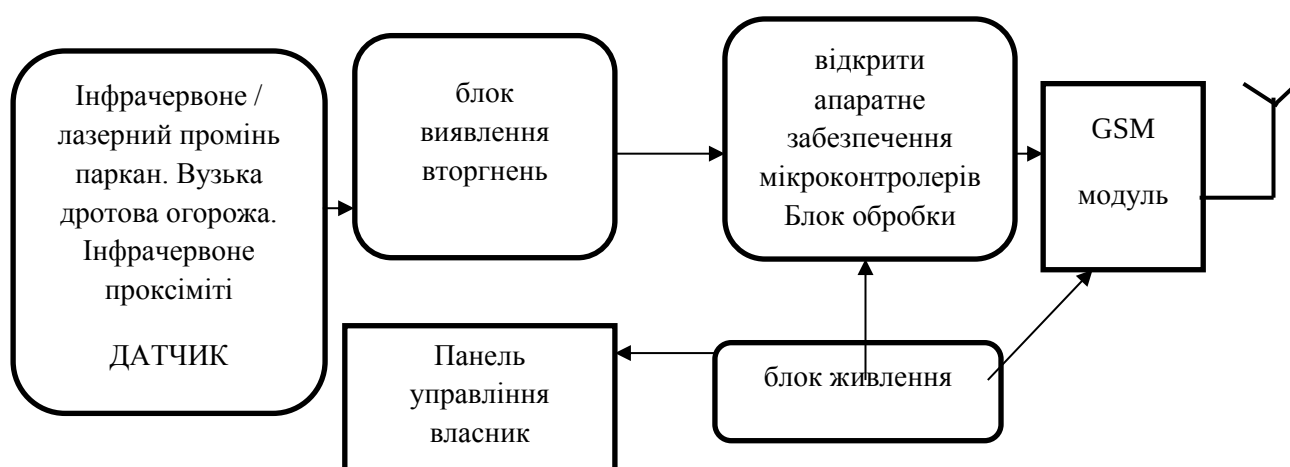


Рисунок 1.4 – Блок схема охоронної системи на базі Arduino Uno

Охоронна система складається з мікроконтролера Arduino Uno і стандартного модему SIM900A на базі GSM / GPRS. Вся система може харчуватися від будь-якого джерела живлення / батареї 12В 2А.

Робота системи дуже проста і не вимагає роз'яснень. Коли система підключена до джерела живлення, вона переходить в черговий режим. Коли висновки коннектора J2 закорочені, заздалегідь запрограмоване попередження передається на необхідний мобільний номер. Ви можете під'єднати будь-який детектор виявлення проникнення (такий як світлове захисне пристосування або датчик руху) до вхідного коннектора J2. активний-низький (L) сигнал на виводі 1 коннектора J2 активує спрацювання охоронної сигналізації.

Більш того, в систему додано опціональне пристосування "виклик - тривога". Воно активує телефонний дзвінок, коли користувач натисне кнопку

S2 (або коли інший електронний блок ініціює сигналізацію). Після натискання кнопки "call" (S2), виклик можна скасувати, натиснувши іншу кнопку S3 - кнопку "end". Дана опція може використовуватися для подачі сигналу тривоги в разі "пропущеного дзвінка" в разі проникнення.

Схема дуже гнучка, тому може використовувати будь-який SIM900A модем (і, звичайно, плату Arduino Uno).

1.1.3 Охоронна система на базі Arduino Leonardo. Управління сигналізацією здійснюється через веб-сайт [makridenkov.ru / signals](http://makridenkov.ru/signals), з будь-якого пристрою, Android, iPhone, на Arduino з низькою вартістю.

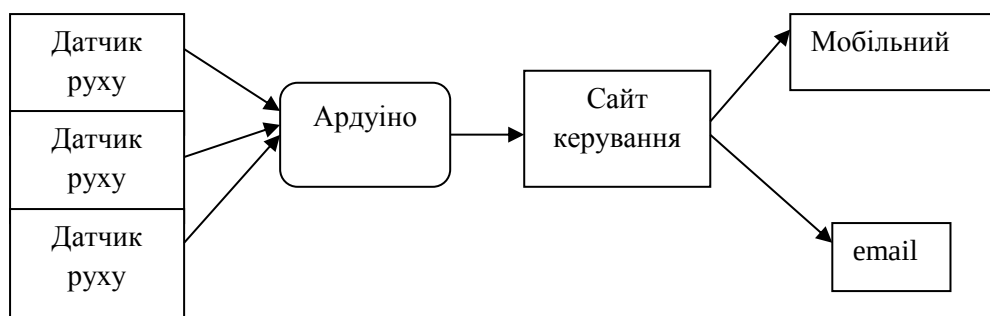


Рисунок 1.5 – Блок схема: Охоронна система на базі Arduino Leonardo

Як видно з рисунка 1.5. Arduino передає всю інформацію з датчиків на сайт керування. На сайті в залежності від стану "включена" або "відключена" сигналізація приймається рішення піднімати тривогу чи ні.

Arduino кожні 20 секунд відправляє сигнал "є зв'язок". Це дозволяє оповістити власника приміщення про ситуацію: якщо зловмисник вимкнув електрику або яким-небудь чином вивів сигналізацію з ладу, злавав, або застосував радіо-перешкоди "gsm глушилки", оповіщення повністю незалежне від стану приладу в приміщенні [3]. Структурна схема зображена на рисунку 1.6.

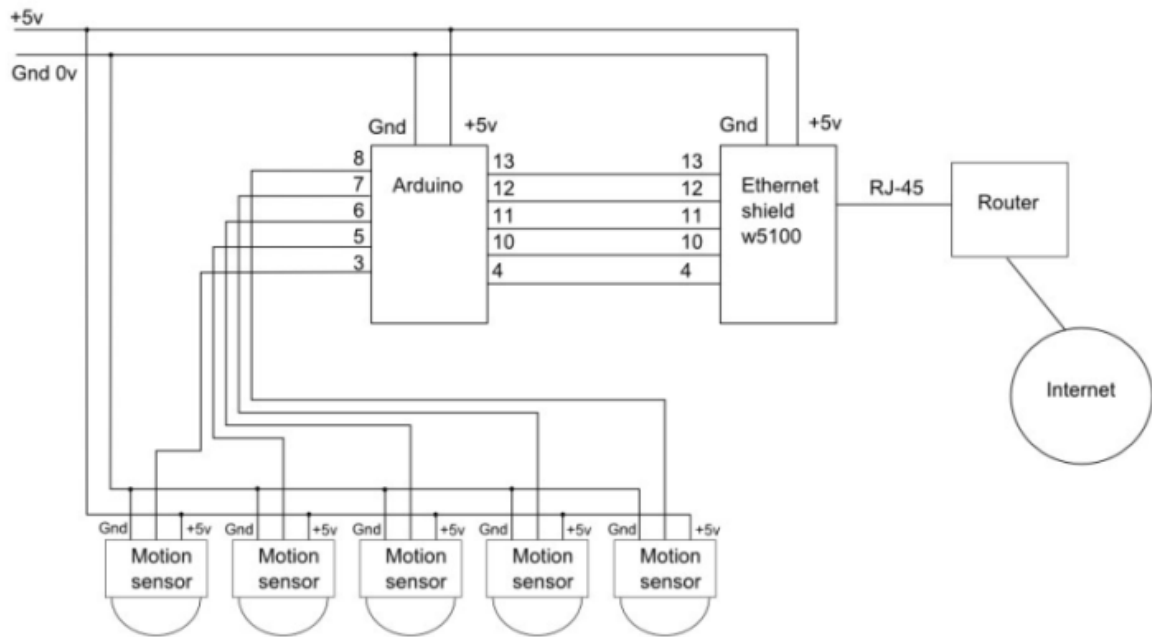


Рисунок 1.6 – Структурна схема

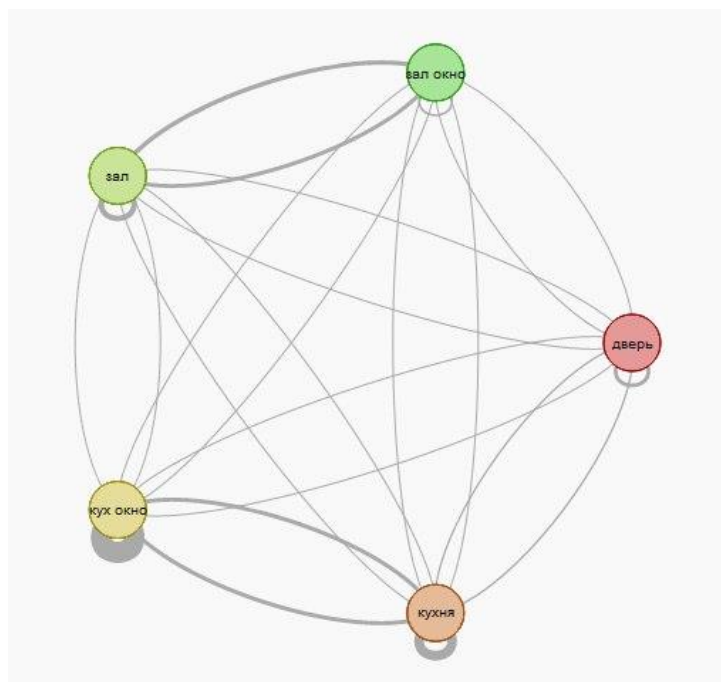


Рисунок 1.7 – Графи алгоритму стеження за житлом

В роботі проведено огляд трьох систем на базі Ардуіно. Недоліком систем на базі Arduino MINI PRO і Arduino UNO є поява випадкової перешкоди на вхідних цифрових каналах при не підключеному датчику на MINI. Ця проблема вирішується дописуванням в setup, перевіркою входів і

виключенню непідключених з роботи (постійне інформуванням смс-кою при непідключених і замкнутих каналах) .Також системи є стаціонарними і для захвату (огляду) всіх приміщень використовують багато датчиків і сенсорів, що призводить до зайвих витрат.

Оскільки для передачі інформації використовують можливості сотового зв'язку можна застосувати радіо-перешкоди для порушення функції охоронної системи

На основі розглянутих рішень пропоную власну систему спостереження з житлом як використовує невелику кількість датчиків, що значно здешевлює систему, але не зменшує її ефективність.

Автоматизована система безпеки являє собою єдину систему керування датчиками спостереження . У кожній кімнаті розташовані датчики і сенсори, що зчитують інформацію про стан житла і формують вхідні дані для обчислювальної системи.

Система безпеки розумного будинку інтегрується з охоронними системами, по тривозі висилає групи реагування. У більшості країн ринок охоронних систем існує досить давно, в той час як системи розумного будинку стали широко розповсюджуватися лише в 2010-х роках. Окремі постачальники охоронних послуг дозволяють інтегрувати свою сигналізацію з розумними пристроями, які встановлює сам користувач, або погоджуються висилати групи реагування за сигналами тривоги з таких пристроїв.

Система безпеки має мати групу датчиків, сенсорів, камер спостереження, сирени для контролю руху в будинку. Ці пристрої дозволяють сконструювати відповідну систему безпеки, від порівняно простих до досить складних.[4]

Серед основних вимог до систем спостереження:

- 1) реєстрація небажаного проникнення;
- 2) повідомлення власників про порушення;
- 3) включення сирени;

- 4) запуск відеозйомки;
- 5) блокування вхідних або міжкімнатних дверей.

«Система безпеки» надає можливість управління в режимі реального часу за допомогою будь-якого мобільного пристрою або ПК, розташованого в локальній мережі або має доступ в Інтернет.

Монтаж структурованих кабельних систем - досить складний і дорогий процес, тому передача даних від системи і до користувача здійснюється за допомогою бездротових технологій (табл. 1.1.).

Обчислювальна частина «системи безпеки» представлена мікрокомп'ютером, що приймає сигнали датчиків і сенсорів, і реагує на них відповідним чином, шляхом передачі сигналів виконуючим модулів. Так, наприклад, при отриманні мікрокомп'ютером сигналу від датчика перешкод, він повинен передати команду мікроконтролеру-виконавцю системи керування про те, що приладу треба відхилитися від курсу вліво або вправо в залежності який датчик спрацював [5].

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик бездротових технологій передачі даних

Wi-Fi		Bluetooth	GSM
Діапазон (м)	50-100	10-100	Не обмежений
Частота (ГГц)	2,4	2,4	890-915 МГц
споживання потужності	Високий рівень	Низький рівень	Високий рівень
Передбачувана область застосування	Передача відеопотоку з камер	Передача аудіо сигналу (домашній кінотеатр, аудіосистема)	Передача SMSигналу

Порівняння найбільш популярних пристроїв обробки даних представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння апаратних характеристик пристроїв обробки даних

Arduino Pro Mini		Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Mega 2560
Мікропроцесор	ATmega168	ATmega328	ATmega32u4	ATmega2560
Оперативна пам'ять	1 Кб	2 Кб	2 Кб	8 КБ
Підтримувані інтерфейси	USB	USB	USB	USB
Вбудована пам'ять	16 Кб	32 Кб	32 Кб	256 КБ
Входи-виходи для підключення датчиків	14	14	20	54
Напруга живлення	3.5-12 В	6-20 В	6-20 В	6-20В

Розділ 2

Розробка структурної схеми системи спостереження за житлом

Розглянувши огляд літературних джерел і технічне завдання розробимо структурну схему охоронної системи як зображує роботу системи на блочному рівні. Блок спостереження призначений для аналізу сигналів датчиків і передачі його далі на базовий блок. Блок спостереження складається з чотирьох датчиків перешкод, теплового PIR датчика і ультразвукового датчика.

Основним елементом системи є базовий блок, який контролює датчики, здійснює постановку і зняття охорони, контролює переміщення приладу у просторі. У разі виникнення тривожної ситуації (спрацювання датчика) блок

за допомогою WI-FI сигналу посилає повідомлення (SMS, фото або серію фотографій) господарям або на пульт охоронної організації. Немає необхідності підводити телефонну лінію, яка не завжди присутня. Система може здійснювати операції: відсилати sms на номер, вислати фото, при з'єднанні з приладом показувати відео. Блок дозволяє огляд бездротових зон (наприклад, спальня, кухня, гараж,), що дозволяє відразу визначити місце виникнення тривоги в будинку. Прилад покриває зону всього будинку, може бути підключеним до вашого телефону і показувати зображення у реальній час.

Блок відеоспостереження призначений для відтворення подій у приміщенні, яке охороняється і фіксування обличчя або дії злоумисника складається з камери спостереження, редуктора і двигуна постійного струму.

Блок передачі даних призначений для передачі даних про стан системи і приміщення або об'єкта під охороною. В блок передачі даних входить Wi-fi модуль і Wi-fi роутер.

Блок живлення призначений для живлення модуля, здійснюється від акумулятора 7В, аварійний блок живлення, який живить систему при низькому рівні заряду акумулятора здійснює дві фото-панелі і перетворювача напруги. Структурна схема наведена нижче на рисунку 2.1.

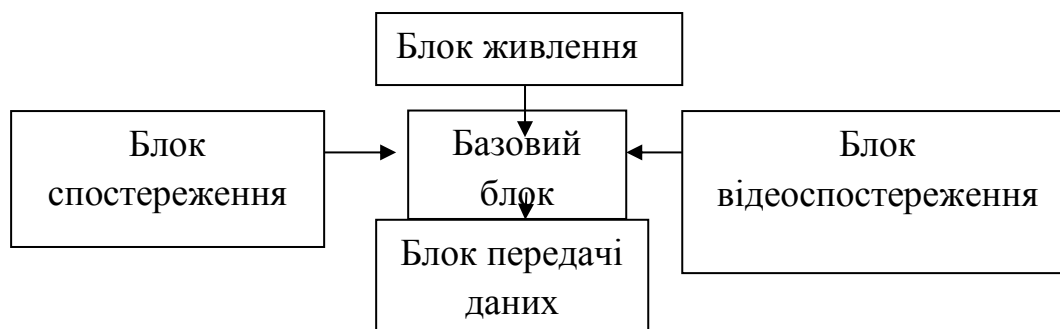


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи спостереження за житлом

2.1 Розробка функціональної схеми охоронного пристрою

Функціональна схема роз'яснює процеси, що відбуваються у певних функціональних ланцюгах устаткування. Функціональний коло— це лінія, канал, тракт певного призначення.

Функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи. Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи. Дана схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блоку, в результаті з окремих функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкту.

Функціональними схемами користуються для вивчення принципу роботи виробів (устаткування), а також при їх налагодженні, контролі чи ремонті. На такій схемі зображують всі функціональні частини виробу та основні зв'язки між ними. Функціональні частини на схемі зображують у вигляді умовних графічних позначень згідно з вимогами державних стандартів. Дозволяється окремі функціональні частини, на яких немає умовних графічних позначень, зображувати у вигляді прямокутників, а також розкривати до рівня принципових схем.

На основі структурної схеми була розроблена така функціональна схема як зображена на рисунку 2.2.

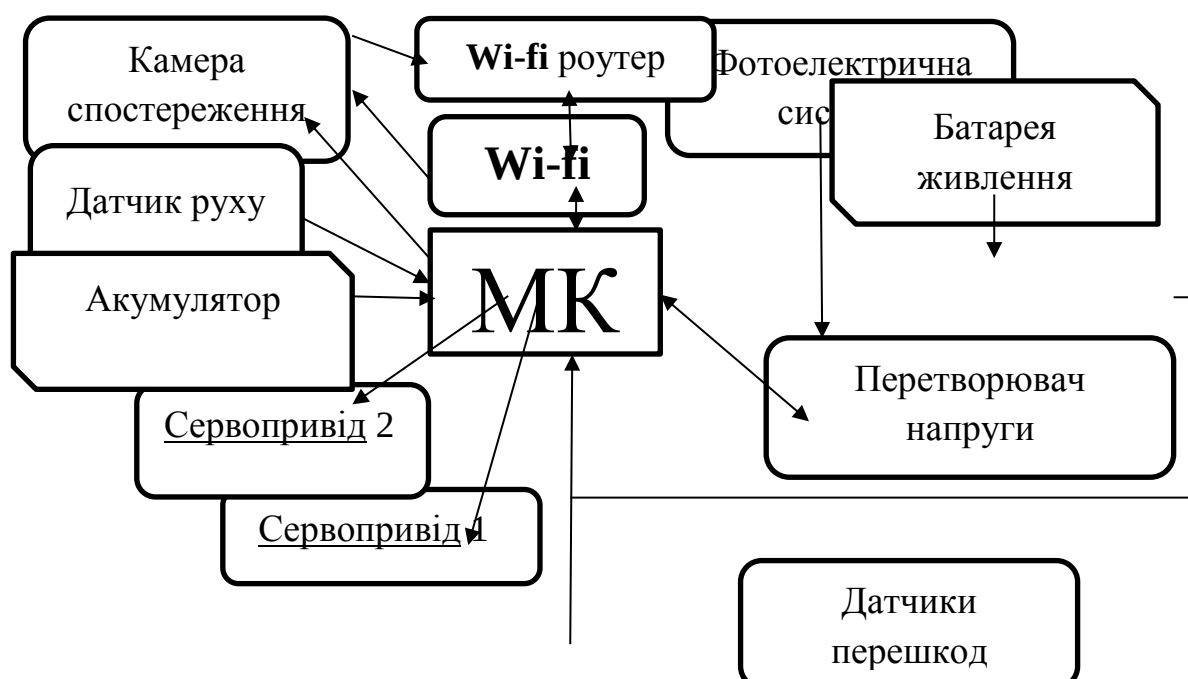


Рисунок 2.2. Функціональна схема охоронної системи

Розділ 3

Дослідження охоронного пристрою

Оскільки в роботі використано платформу Ардуіно, розглянемо деякі зазначені параметри в [6]. Напруга зовнішнього джерела живлення приладу - 7В. Струм, який споживається від джерела в звичайному режимі 100 мА, під час з'єднання з комп'ютером він збільшується до 500 мА. Батарея із чотирьох гальванічних елементів типу розміру ААА забезпечує повноцінну роботу до двох діб без зовнішнього живлення.

Основний елемент схеми - мікроконтролер ATmega2560

Робоча напруга - 5В

Напруга живлення (рекомендована) - 7-12В

Напруга живлення (граничне) - 6-20В

Цифрові входи / виходи - 54 (з яких 15 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)

Аналогові входи - 16

Максимальний струм одного виведення - 40 мА

Максимальний вихідний струм виводу - 3.3V 50 мА

Flash-пам'ять - 256 КБ, з яких 8 КБ використовуються завантажувачем

SRAM - 8 КБ

EEPROM - 4 КБ

Тактова частота - 16 МГц. [6]

Зробивши огляд літературних джерел та технічного завдання робимо висновок, що платформа Ардуіно на мікроконтролері ATmega2560 задовольняє наші потреби. Вона має: рекомендовану напругу живлення 7 В, Flash-пам'ять на 256 КБ та п'ятдесят чотири цифрові входи і виходи, що більш ніж достатньо для розробки системи спостереження за житлом і дає змогу модернізувати її у майбутньому.

3.1 Розрахунок ультразвукового датчика

Для запобігання випадкового реагування датчика перешкод будемо використовувати ультразвуковий датчик. Для того, щоб обрати датчик, який мені підійде проведемо розрахунок.

Для простого сигналу відоме співвідношення

$$\delta_R \geq \frac{c\tau_u}{2}, \quad (1)$$

де δ_R – роздільна здатність за дальністю, м;

c – швидкість ультразвуку в повітрі, м/с;

τ_u – тривалість зондуючого імпульсу, с.

Тоді

$$\tau_u \leq \frac{2\delta_R}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{340} = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ с.}$$

Період проходження імпульсів обчислюється за відношенням:

$$T_u \geq \frac{2 \cdot R}{c}, \text{ де} \quad (2)$$

T_u – період проходження імпульсів, с;

R – дальність дії локатора, м.

Тоді

$$T_u \geq \frac{2 \cdot 10^{-2}}{340} = 0,059 \text{ с.}$$

Огляд робочої зони проходить поступово. При відповідному випромінювачі ультразвук розповсюджується вузьким променем, що дозволяє приладу отримувати інформацію з необхідного напрямку. Пристрій обробки повинен обробляти інформацію таким чином, щоб сигнал на вході цього пристрою міг оцінювати дальність до цілі.

В якості варіанту обробки можна використовувати обробку за допомогою перетворення інформації про дальність.

Проведемо системний розрахунок локатора. Зазвичай, в якості випромінювачів ультразвуку використовуються п'єзокерамічні пластини, діаметром 5см. Геометрична площа такої пластини обчислюється за формулою:

$$S = \pi r^2, \text{ де} \quad (3)$$

r - радіус пластини, м;

S – площа пластини, м^2 .

Тоді

$$S = 3,14 \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{м}^2$$

Візьмемо коефіцієнт використання антени (ККД) рівним 70%. Тоді ефективна площа антени $S_{\text{еф}}$, обчислюється за формулою

$$S_{\text{еф}} = \text{ККД} \cdot S = 0,7 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{м}^2$$

Коефіцієнт підсилення антени:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot S_{\text{еф}}, \text{ де} \quad (4)$$

λ – довжина хвилі зондуючого сигналу.

Потужність зондуючого сигналу і потужність відбитого сигналу пов'язані співвідношенням:

$$P_{\text{відб}} = \frac{P_{\text{зонд}} \cdot G^2 \sigma_n \cdot \lambda}{(4\pi)^3 \cdot R_{\text{втр}} \cdot R^4}, \quad (5)$$

де $P_{\text{відб}}$ – потужність відбитого сигналу, Вт;

$P_{\text{зонд}}$ – потужність зондуючого сигналу, Вт;

G – коефіцієнт підсилення антени;

$\sigma_n = 1 \text{м}^2$ – задана ефективна площа розсіювання, м^2 ;

λ – довжина хвилі зондуючого сигналу;

R – максимальна дальність дії локатора, м;

$R_{\text{втр}}$ – втрати в атмосфері.

$R_{\text{втр}}$ обчислюється за формулою:

$$R_{\text{втр}} = 2R\alpha \cdot e, \text{ де}$$

$$e = 2,73 (\text{const})$$

α – коефіцієнт затухання ультразвуку в повітрі

Відомо, що $\alpha \sim \frac{1}{\lambda^2}$. Відомо, що при $\lambda = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, коефіцієнт затухання $\alpha = 0,7 \text{ 1/м}$.

Можна знайти коефіцієнт пропорційності k :

$$k = \alpha \cdot \lambda^2 = 0,7 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2 = 1,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

Якщо підставити в формулу для $P_{\text{відб}}$ всі співвідношення, наведені після неї

$$P_{\text{відб}} = P_{\text{зонд}} \cdot \frac{\sigma_n \cdot S_{\text{еф}}^2}{8\pi \cdot R^5 \cdot k \cdot e} \quad (6)$$

Тоді

$$P_{\text{відб}} = \frac{P_{\text{зонд}} \cdot \sigma_n \cdot S_{\text{еф}}^2}{7,65 \cdot 10^{-4} \cdot R^5}. \quad (7)$$

Знайдемо потужність відбитого сигналу при потужності зонduючого

$$P_{\text{зонд}} = 1,5 \text{ Вт}.$$

$$P_{\text{відб}} = \frac{1,5 \cdot 1 \cdot (1,4 \cdot 10^{-3})^2}{7,65 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5} = 3,84 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}.$$

Розрахуємо вимоги для підсилення вхідного сигналу в приймачі, якщо чутливість п'єзоелектричної пластини, як мікрофона, рівний $E = 100 \text{ мкВ/Па}$ [15]

Інтенсивність звуку відбитого сигналу:

$$I_{\text{отр}} = \frac{P_{\text{відб}}}{S_{\text{еф}}} = \frac{3,84 \cdot 10^{-8}}{1,4 \cdot 10^{-3}} = 2,74 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м}^2$$

Гучність $L_{\text{відб}}$ відбитого сигналу:

$$L_{\text{відб}} = 10 \lg \left(\frac{I_{\text{відб}}}{I_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{2,74 \cdot 10^{-5}}{10^{-12}} \right) = 74,4 \text{ дБ, де} \quad (8)$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ – порогова інтенсивність звуку

Звуковий тиск відбитого сигналу

$$p_{\text{відб}} = p_0 \cdot 10^{0,05L_{\text{відб}}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,05 \cdot 74,4} = 0,105 \text{ Па}$$

Напруга на вході підсилювача:

$$U_{\text{вх min}} = p_{\text{відб}} \cdot E = 0,105 \cdot 10^{-4} = 10,5 \text{ мкВ.}$$

Для роботи детектора цю напругу потрібно посилити до $U_{\text{вих}} = 0,6 \text{ В.}$

Тоді коефіцієнт підсилення $K_{\text{підс}}$ дорівнює

$$K_{\text{підс}} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{0,6}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 57143 \text{ рази} \quad (9)$$

Тепер припустимо, що вся потужність, що випромінюється потрапляє на приймальну антену, що можливо при випромінюванні зондуєчого імпульсу в безпосередньому контакті від перешкоди, яка має велику ЕПР і хорошу відбивну здатність. В цьому випадку інтенсивність звуку

$$I_{\text{відб}} = \frac{1,5}{1,4 \cdot 10^{-3}} = 1,07 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2.$$

Гучність обчислюється за формулою:

$$L_{\text{відб}} = 10 \lg \left(\frac{1,07 \cdot 10^3}{10^{-12}} \right) = 150,3 \text{ дБ.}$$

Звуковий тиск обчислюється за формулою:

$$p_{\text{відб}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,05 \cdot 150,3} = 654,7 \text{ Па.}$$

Напруга на вході підсилювача обчислюється за формулою:

$$U_{\text{вх max}} = 654,7 \cdot 10^{-4} = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ В.}$$

В цьому випадку $K_{\text{підс min}} = \frac{0,6}{6,5 \cdot 10^{-2}} = 9,23 \text{ рази.}$

Динамічний діапазон підсилювача

$$M = 20 \lg \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}} = 20 \lg \frac{0,065}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 75,9 \text{ дБ}$$

Розглянемо простий сигнал. Як було показано раніше, довжина імпульсу для забезпечення потрібної роздільної здатності $\delta_R = 0,01 \text{ м}$ повинна бути рівна 59 мкс, що можна реалізувати технічно [16], [17].

Спектральна щільність потужності шуму в реальних умовах на ультразвукових частотах становить $N_0 = 4 \cdot 10^{-17} \text{ Вт/Гц}$ [2].

Звідси знайдемо відношення сигнал/шум на виході узгодженого з імпульсом фільтра:

$$q = \sqrt{\frac{2E}{N_0}}, \text{ де} \quad (10)$$

E – енергія сигналу на вході узгодженого фільтра, Дж;

N_0 – спектральна плотність шуму, Вт/Гц.

E можна знайти за формулою:

$$E = P_{\text{відб}} \cdot \tau_u, \text{ де} \quad (11)$$

$P_{\text{відб}}$ – потужність відбитого сигналу, Вт;

τ_u – тривалість зондуючого імпульсу, с.

Тоді

$$q = \sqrt{\frac{2,26 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{4 \cdot 10^{-17}}} = 336,14.$$

В децибелах $q \approx 25 \text{ дБ}$, що є достатньо великою величиною, так як для розрізнення вистачає $\approx 7 \text{ дБ}$.

Структурна схема приймача для виявлення простого сигналу з невідомою початковою фазою і амплітудою наведена на рисунку 3.10.

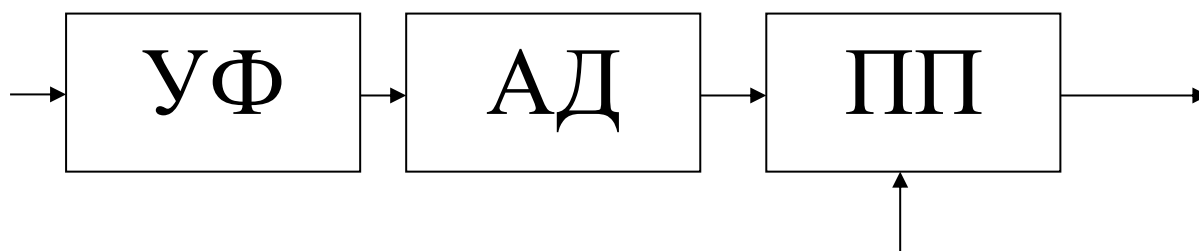


Рисунок 3.10 – Структурна схема приймача

УФ – узгоджений фільтр;

АД – амплітудний детектор;

ПП – пороговий прилад.

До «плюсів» застосування простого сигналу потрібно віднести найбільш просту схему приймачів і передавачів. До «мінусів» - низька захищеність при перешкодах, особливо, якщо присутні імпульсні перешкоди.

Несучу частоту зонduючого сигналу обираю із діапазону від 20 кГц до 100 кГц. Виходячи з того, що в передавачі буде застосований генератор, який генерує коливання з частотою 500 кГц, а також присутній дільник частоти, реалізований на лічильнику, який ділить частоту, яка генерується на 7, то несуча частота зонduючого імпульсу відповідно рівна

$$f = \frac{F}{7} = 5 \cdot 10^5 / 7 = 71,428 \text{ кГц}$$

Ширина діаграми напрямку може бути знайдена за формулою:

$$\sin \Delta\alpha_{0,5p} = \frac{0,61 \cdot c}{f \cdot r}, \text{ де}$$

$\Delta\alpha_{0,5p}$ – ширина діаграми напрямку, градус;

c – швидкість звуку в повітрі, м/с ;

f – несуча частота зонduючого імпульсу, кГц;

r – радіус випромінювача, мм.

Тоді

$$\Delta\alpha_{0,5p} = \arcsin\left(\frac{0,61 \cdot c}{f \cdot r}\right)$$

$$\Delta\alpha_{0,5p} = \arcsin\left(\frac{0,61 \cdot 340}{71,428 \cdot 25}\right) \approx 6,6\%$$

Припустимо, що середній час огляду вздовж лінії, тобто час проходження рядку

$$T_{\text{ряд}} = 3\text{с}$$

Тоді швидкість переміщення променя

$$\Omega = \frac{\Delta\alpha}{T_{\text{ряд}}}, \text{ де } (12)$$

$\Delta\alpha$ – секторний кут огляду

$$\Omega = \frac{120^\circ}{3} = 40^\circ\text{с}$$

Час опромінення цілі

$$t_{\text{опр}} = \frac{\Delta\alpha_{0,5\text{р}}}{\Omega} = \frac{6,67}{40} = 0,167\text{с}.$$

Число накопичуваних імпульсів

$$N_c = \frac{t_{\text{опр}}}{T_u} = \frac{0,167}{0,059} \approx 2,8, \text{ де}$$

Визначимо полосу пропускання приймача. Полоса пропускання приймача визначається з урахуванням частоти доплерівського зсуву.

Величина доплерівського зсуву:

$$F_d = \frac{2 \cdot v}{c} \cdot f, \text{ де } (13)$$

f – несуча частота зонduючого імпульсу, Гц;

v – максимальна швидкість руху перешкоди, м/с;

c – швидкість звуку в повітрі.

Тоді

$$F_d = \frac{2 \cdot 20}{340} 71428 = 8403 \text{ Гц}$$

Оскільки можливо як віддалення, так і наближення цілі до локатора, то потрібна частотна полоса, яка рівна подвоєній величині F_d .

$$\text{Тоді } \Delta F = F_d \cdot 2 = 16806 \text{ Гц.}$$

Але спектр імпульса займає полосу частот

$$\Delta f = \frac{1}{T_u} = \frac{1}{5,9 \cdot 10^{-5}} \approx 16950 \text{ Гц.} \quad (14)$$

Тому полосу пропускання приймача обираємо

$$\Delta F = 16,95 \text{ кГц.}$$

Потужність шуму на вході приймача

$$P_{\text{ш}} = N_0 \cdot \Delta F, \text{ де}$$

ΔF – ширина полоси пропускання приймача, Гц;

N_0 – плотність шуму на вході приймача, Вт/Гц.

Тоді

$$P_{\text{ш}} = 4 \cdot 10^{-17} \cdot 16950 = 6,78 \cdot 10^{-13} \text{ Вт.}$$

Мінімальна потужність відбитого імпульсу:

$$P_{\text{відб min}} = 3,84 \cdot 10^{-8} \text{ Вт.}$$

Як видно, $P_{\text{відб min}} \gg P_{\text{ш}}$.

Передавач випромінює короткі імпульси з періодом повторення

$$T_u = 0,059c$$

і відносністю імпульса

$$\tau_u = 5,9 \cdot 10^{-5}c$$

при потужності в імпульсі 1,5 Вт.

Тоді середня потужність випромінюваного коливання обчислюється за формулою:

$$P_{\text{сер}} = P_u \cdot \frac{\tau_u}{T_u}, \text{ де} \quad (15)$$

P_u – потужність в імпульсі, Вт.

Тоді

$$P_{\text{сер}} = 1,5 \cdot \frac{5,9 \cdot 10^{-5}}{5,9 \cdot 10^{-2}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт.}$$

Різниця в рівні отримуваних сигналів визначається відмінністю ефективних площ розсіювання цілей і дальностей до них.

Розглянемо структурну схему приймача, зображену на рисунку.

В схемі є узгоджений фільтр. Так як АЧХ фільтра повинна співпадати із спектром імпульсного сигналу, що реалізувати технічно важко, то на практиці використовують квазіузгоджені фільтри. Це фільтри, полосу пропускання яких вибирають, виходячи з того, щоб відношення сигнал/шум на виході було максимальним.

Для цього можуть використовуватись також типи фільтрів:

- прямокутний
- гауса
- багатокаскадний підсилювач з одиничними контурами та ін.

До порогового приладу підведено порогову напругу $U_{оп}$. Оптимальне значення порогу можна знайти за формулою

$$q_{n\,opt} = 2 + q/2. \quad (16)$$

$$\text{Тоді } q_{n\,opt} = 2 + \frac{336,14}{2} = 170,07.$$

Обчислимо похибки, які обумовлені вибраними сигналами і структурою приладу.

Похибка по дальності знаходиться за формулою

$$\delta_R = \frac{c}{2\sqrt{\pi}q\alpha_\varepsilon\Delta F}, \text{ де} \quad (17)$$

α_ε – сумарні втрати в тракті прийому, рази;

q – відношення сигнал шум на виході узгодженого фільтру .

ΔF -смуга пропускання приймача, Гц.

Зазвичай сумарні втрати в тракті прирівнюють до 10

Тоді

$$\delta_R = \frac{340}{2\sqrt{3.14 \cdot 336.14 \cdot 10 \cdot 16950}} = 1.69 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

На основі проведених розрахунків і отриманих даних обираю уже готовий модуль HC–SR04, який підходить для виконання роботи.

3.2 Модулі керування двигунами постійного струму

Для пересування платформи на гусеничному шасі на базі двигунів які використовують у радіо моделях із струмом споживання 1А [18].

Найпростіша схема управління двигуном постійного струму складається з польового транзистора, на затвор якого подається ШІМ сигнал. Транзистор в даній схемі виконує роль електронного ключа, комутуючого

один з контактів двигуна на землю. Транзистор відкривається на момент тривалості імпульсу.

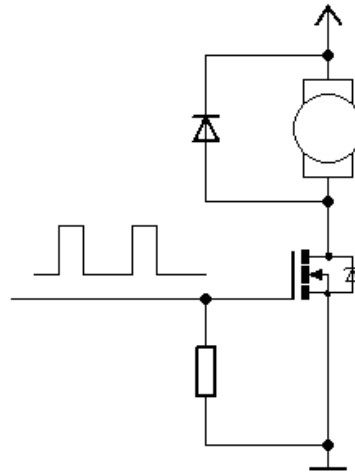


Рисунок 3.1 – Вигляд транзисторного включення

Замість польового транзистора можна використовувати біполярний n-p-n транзистор, транзистор Дарлінгтона, або реле відповідної потужності рисунку 3.2 [7].

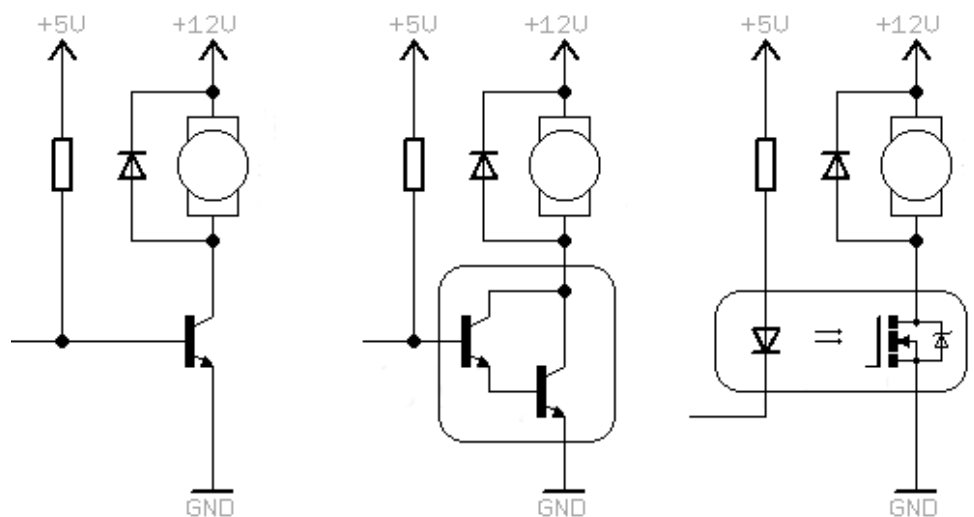


Рисунок 3.2 – Схеми включення біполярний n-p-n транзистор та реле

Н-міст – це електронна схема, яка дає можливість прикласти напругу до навантаження в різних напрямках. Ця схема дуже часто використовується

в робототехніці і іграшкових машинах, щоб змінювати напрямок обертання мотора зображений на рисунку 3.3.

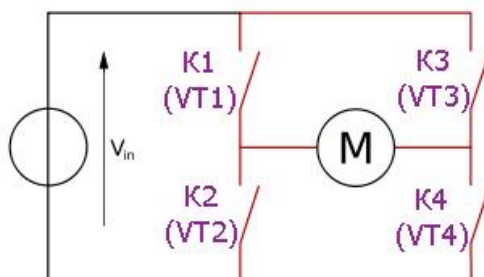


Рисунок 3.3 – Н-міст

Оскільки з розглянутих схем керування можливість реверса дає тільки Н-міст тому користуватися я буду Н-мостом, в основу якого покладений транзисторний ключ таке рішення є дуже практичне, ним легко керувати і всі елементи просто дістати в радіотехнічних магазинах.

Зазвичай, Н-міст використовується для зміни полярності живлення мотора (реверс), але також він може і гальмувати мотор, коротко замикаючи його виводи (у випадку простого мотора постійного струму). показує, чого можна домогтися, змінюючи стан ключів К1-К4 табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Комбінацій керування ключів

K1	K2	K3	K4	Результат
1	0	0	1	Мотор крутиться вправо
0	1	1	0	Мотор крутиться вліво
0	0	0	0	Вільне обертання мотора
0	1	0	1	Мотор гальмується
1	0	1	0	Мотор гальмується
1	1	0	0	Коротке замикання джерела живлення
0	0	1	1	Коротке замикання джерела живлення

Крім зміни полярності, h-міст, в разі керування електродвигуном, додає нам і ще один бонус - можливість закоротити кінці обмоток, що веде до різкого гальмування нашого движка. Такий ефект можна отримати замкнувши одночасно або ключі K1 і K3, або ключі K2 і K4. Назвемо такий випадок "режимом гальмування". Справедливості заради варто відзначити, що цей бонус Н-моста використовується значно рідше, ніж просто зміна полярності.

Як ключі може виступати все, що завгодно: реле, польові транзистори, біполярні транзистори, спеціалізовані мікросхеми.

Напруга живлення 7В, максимальний струм двигуна 1А і сигнал управління 5 В(станом "1" відповідає рівень напруги близько 7В, станом "0" - рівень близько нуля вольт).

Спочатку вибираємо транзистори для реалізації K1, K2, K3, K4. Підійдуть будь-які транзистори, здатні витримати напругу 7В і струм 1А, наприклад, КТ815 (pnp) [11] і його компліментарний пара – КТ940а (pnp). Ці транзистори розраховані на струм до 1,5 Ампер, напруга до 25 Вт і мають коефіцієнт підсилення 40.

Розраховуємо мінімальний струм управління транзисторів K1, K4:

$$1A / 40 = 25 \text{ мА.}$$

Розраховуємо резистор R1, як що на p-n переходах БЕ транзисторів K1, K4 і на відкритому транзисторі K5 падає по 0,5 В:

$$(7-3 * 0,5) / 25 = 100\text{Ом.}$$

Це максимальний опір, при якому ми отримаємо потрібний струм управління. При цьому наш струм управління буде

$$(7-3 * 0,5) / 100 = 25 \text{ мА,}$$

а розсіюється на резисторі потужність:

$$U2 / R = 5 \text{ мВт.}$$

Резистор треба ставити на 0,5 Вт

Транзистор К5 повинен витримувати 7В і струм 25 мА. Підійде, наприклад, КТ КТ940а (25 Вольт, 100 мА, мінімальний коефіцієнт підсилення 30).

Розраховуємо його струм управління: $25 \text{ мА} / 30 = 0,83 \text{ мА}$.

Розраховуємо резистор R2, вважаючи, що на переходах БЕ транзисторів К5 і К4 падає по 0,5 В:

$$(7-2 * 0,5) / 0,83 = 3 \text{ кОм.}$$

$$U_2 / R = 16,6 \text{ мВт.}$$

При цьому, струм управління К5 буде 1,1 мА і на ньому буде розсіюватися 16,6 мВт тепла (тобто підійде звичайний резистор на 0,125 Вт) [12].

3.3 Блок спостереження

3.3.1 Дослідження датчиків перешкод. Щоб наш прилад міг орієнтуватися і не врізався у все, ми встановимо на нього чотири інфрачервоних датчика. Найпростіший датчик складається з ІК-діода, який випромінює в інфрачервоному спектрі і фотодіод, який прийматиме сигнал з ІК-діода. Принцип такий: коли перед датчиком немає перешкоди, то ІК-промені не потрапляють на фотодіод і він не відкривається. Якщо перед датчиком перешкода, тоді промені від нього відбиваються і потрапляють на фотодіод він відкривається і починає текти струм принцип роботи можна побачити на рисунку 3.4.

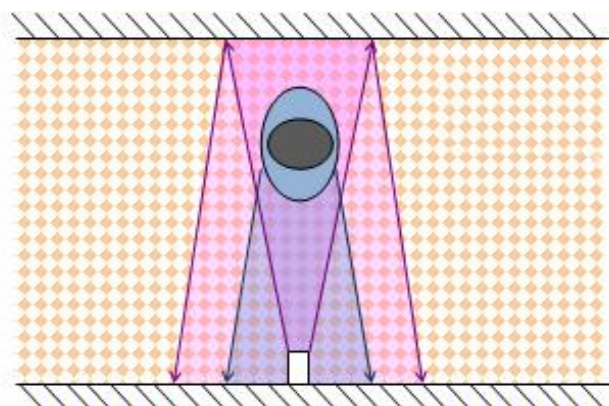


Рисунок 3.4 – Принцип роботи датчиків перешкод

Такі датчики побудовані на компараторах. Компаратор (АЦП елементарний) – це елемент порівняння, який широко використовується в системах контролю та автоматичного керування. Компаратори відносяться до елементів імпульсної техніки. Компаратор, виконаний на базі операційного підсилювача (ОП), порівнює вимірювану напругу $U_{\text{вх}}$, яка подається на один із входів (переважно на інвертувальний), із опорною напругою (наперед заданою) $U_{\text{оп}}$, яка подана на інший вхід. Опорна напруга є незмінною в часі, додатньої чи від'ємної полярності, а вхідна напруга — змінюється. Коли $U_{\text{вх}} = U_{\text{оп}}$ вихідна напруга ОП змінює свій знак на протилежний (з $U_{\text{вих.макс}}$ на $U_{\text{вих.мін}}$ чи навпаки). Тому компаратор має ще назву «нуль-орган», оскільки зміна полярності вихідної напруги (перемикання) відбувається за умови, що $U_{\text{вх}} - U_{\text{оп}} = 0$, де $U_{\text{оп}}$ — задана напруга.

Аналоговий компаратор - це пристрій, призначений для порівняння двох сигналів. Найпростіша схема компаратора може бути побудована на операційному підсилювачі без зворотного зв'язку. На один із входів операційного підсилювача подається відоме опорне напруга, на інший - порівнюваний аналоговий сигнал, наприклад сигнал з датчика. компаратор зображений на рисунку 3.5.

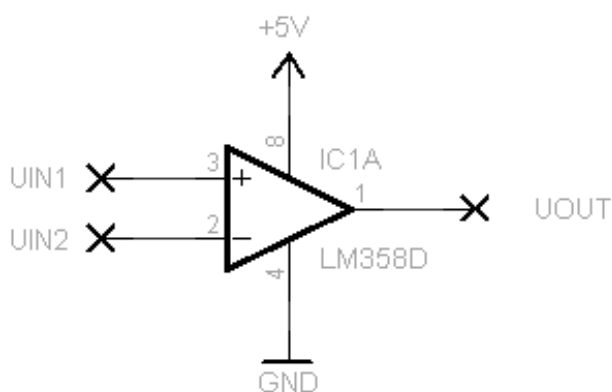


Рисунок 3.5 – Схема включення компаратора

Поведінка операційного підсилювача без зворотного зв'язку описується рівнянням: $U_{out} = (U_{in1} - U_{in2}) \cdot G$, де U_{out} - напруга на виході операційного підсилювача, U_{in1} - напруга на не інвертується на вході, U_{in2} - напруга на інвертується вході, G - коефіцієнт посилення з розімкненою петлею зворотного зв'язку. Існує декілька схем включення комутаторів, а саме:

Пряме: зображене на рисунку 3.6.

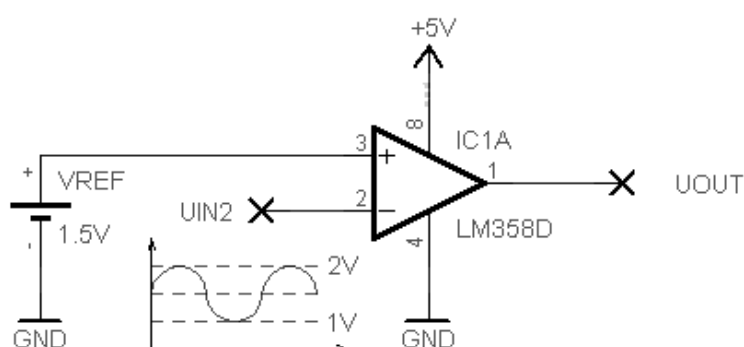


Рисунок 3.6 – Пряма схема включення компаратора

Інверсне: зображене на рисунку 3.7.

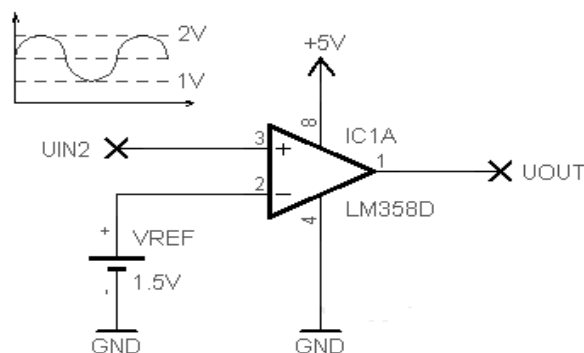


Рисунок 3.7 – Інверсна схема включення компаратора

Принцип роботи таких датчиків полягає в тому, що на один з виходів компаратора подається еталонна напруга, яка порівнюється з напругою яку перетворив фотодіод, якщо напруга менше за еталонну, то перешкоди немає

якщо ж напруга перетворена збігається з еталонною - компаратор перетворює напругу у одиничний код і посилає його на МК, говорячи йому проте, що попереду перешкода.

3.3.2 Дослідження датчиків виявлення людини

Інфрачервоний датчик руху - це електронний пристрій, здатний реагувати на зміну інтенсивності фонових теплових випромінювань в зоні його дії. Тепловим випромінюванням мають абсолютно будь-які об'єкти, а не тільки людина.

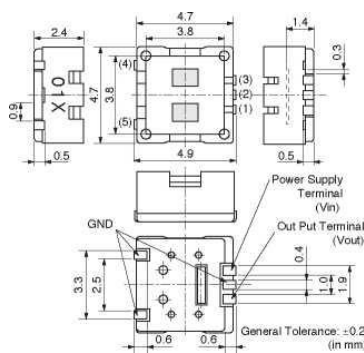
Якщо об'єкт достатнього розміру переміщається з достатньою швидкістю, перетинаючи робочу зону такого датчика, то відбувається спрацювання, і датчик подає сигнал на електронну схему управління для виконання тієї чи іншої дії тих чи інших пристроєм. Таким пристроєм може бути як вимикач або регулятор освітленості приміщення, так і охоронна сигналізація, або що-небудь ще.[8]

Очевидно, що такий інфрачервоний датчик може бути застосований для різних цілей автоматизації, як в домашніх умовах, так і на виробничих і інших підприємствах і об'єктах. Принципово немає обмежень на області застосування інфрачервоних датчиків.

Види датчиків виявлення

Типу SMD. Піроелектричні інфрачервоні датчики, серії IRS, мають високу чутливість і надійність роботи стало можливим завдяки керамічній технології Murata і технології упаковки, розробленої протягом багатьох років.

Серії IRS-B складає приблизно 50% менше за обсягом і 10% тонше, ніж попередньої моделі поверхневого монтажу. У порівнянні з моделями загального вступного



типу, це значно менше, з більш низьким профілем приблизно на 20% менше за обсягом і по товщині на 50% менше, ніж перший. Вигляд датчика зображений на рисунку 3.8.[8]

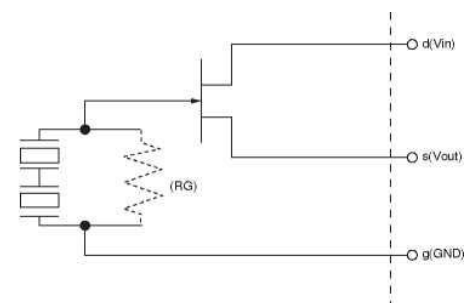


Рисунок. 3.8 – Трьохвимірний вигляд датчика

Особливості:

1. Оплавлення поверхневого монтажу.
2. Найменший і ультра тонкий (4.7x4.7x2.4mm).
3. Висока чутливість.
4. Досягає чудових характеристик опору електромагнітного шуму.

Піроелектричні інфрачервоні датчики, серія IRA, PIR мають високу чутливість і надійність роботи стало можливим завдяки Murata керамічна технологія і гібридна технологія IC, досвід, накопичений протягом багатьох років.

Серія IRA-E700 реалізує фінансові вигоди і вищу продуктивність з новим інфрачервоним датчиком елемента поліпшені параметри матеріалу і виготовлення.

Серія IRA-E700 випускається в двох типах.

IRA-E710ST0 підвищила імунітет до RFI (Radio частота перешкод).

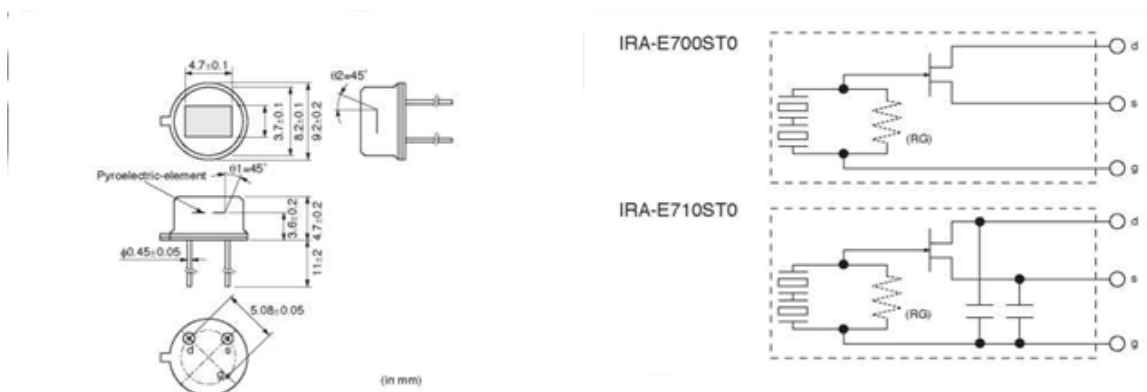


Рисунок.3.9 – Трьохвимірний вигляд датчика

Особливості

1. Висока чутливість і відмінне відношення сигнал / шум.
2. Висока стійкість до змін температури.
3. Незначний рух може бути виявлено.
4. Висока стійкість до зовнішніх перешкод (вібрації, RFI і т. д.).
5. Дизайн користувача доступний.
6. Вищий в економічній продуктивності.

Таблиця 3.2. Характеристика ІРАта PIR

Найменування	ІРА-	PIR E710ST0
Чутливість (500K, 1Hz, 1Hz)	4.3mVp.p	
Поле зору	0 ₁ =02=45°	
Оптичний фільтр	5pm long-pass	
Електрод	(2.0X1.0mm)X2	
Напруга живлення	2 to 15V	
Робоча температура	-40 to 70°C	
Температура зберігання	-40 to 85C	

3.4 Підключення до комп'ютера

Захист USB від перевантажень.

В Arduino Mega 2560 є відновлювані запобіжники, що захищають USB-порт комп'ютера від коротких замикань і перевантажень. Незважаючи на те, що більшість комп'ютерів мають власний захист, такі запобіжники забезпечують додатковий рівень захисту. Якщо від USB-порту споживається струм більше 500 мА, запобіжник автоматично розірве з'єднання до усунення причин короткого замикання або перевантаження.

Фізичні характеристики та сумісність з платами розширення

Максимальна довжина і ширина друкованої плати Mega2560 становить 10.2 см і 5.4 см відповідно, з урахуванням роз'єму USB і роз'єму живлення, які виступають за межі плати. Три кріпильних отвори дозволяють прикріплювати плату до поверхні або корпусу. Зверніть увагу, що відстань між цифровими висновками 7 і 8 не кратне традиційним 2.54 мм і становить 4 мм.

Arduino Mega2560 спроектований таким чином, щоб бути сумісним з більшістю плат розширення для Ардуіно Uno, Diecimila і Duemilanove. Для цього цифрові висновки 0 - 13 (а також суміжні з ними висновки AREF і GND), аналогові входи 0 - 5, роз'єм живлення і ICSP-роз'єм на всіх платах розташовані однаково. Крім того, в перерахованих пристроях лінії основного приймача UART з'єднані з одними і тими ж висновками (0 і 1), як і лінії зовнішніх переривань 0 і 1 (висновки 2 і 3 відповідно). Лінії інтерфейсу SPI виведені на роз'єм ICSP на обох платах - як на Mega2560, так і на Duemilanove / Diecimila. Слід мати на увазі, що на Arduino Mega розташування висновків інтерфейсу I2C відрізняється від плат Duemilanove / Diecimila: на Arduino Mega це висновки 20 і 21, а на Duemilanove / Diecimila - аналогові входи 4 і 5.

3.5. Блок живлення

Аварійний блок живлення

Фотоелектричні системи будуть використовуватися як аварійне живлення системи у разі того, якщо сяде акумулятор.

Основним елементом фотоелектричних систем є фотоелектричний перетворювач (фотоелемент) - напівпровідниковий прилад, який перетворює енергію фотонів, що випускаються Сонцем в електричну енергію [9]. Фотоелементи з'єднуються між собою в фотоелектричний модуль (сонячна панель), потужність якого зазвичай становить від 10 до 250 Ватт. У свою чергу, сонячні панелі з'єднуються між собою послідовно і паралельно в сонячні батареї, утворюючи фотоелектричні системи потужністю до декількох кВт.

Будова сонячних панелей. Отже, плавно перейдемо до сонячних панелей, а саме до їх пошарової будови. Сонячна панель складається з з'єднаних ФЕП послідовно і паралельно. Все фотоелементи розташовуються на каркасі з непровідних матеріалів. Така конфігурація дозволяє збирати сонячні батареї необхідних характеристик (струму і напруги). Крім того, це дозволяє замінювати вийшли з ладу фотоелементи простою заміною. Пошарова будова сонячної панелі представлена на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Пошарова будова сонячної панелі

Механізм перетворення в ФС енергії сонячного випромінювання в електрику полягає в наступному [9]. Коли промені світла потрапляють на p- шар, за рахунок фотоефекту утворюються вільні електрони. Крім цього, вони отримують додаткову енергію і здатні «перестрибнути» через потенційний бар'єр p- переходу. Концентрація електронів і дірок змінюється і утворюється різниця потенціалів, і якщо замкнути зовнішній ланцюг через неї почне текти струм.

Фотоелектричні системи в частині конструктивного виконання і практичного застосування, діляться на дві великі групи, Мобільні ФЕС і Стационарні ФЕС. Мобільні системи представляють малогабаритні швидко розгортаються модулі, що мають такі особливості:

- Вагові характеристики виробів, як правило, не перевищують значень, що допускають їх транспортування способом перенесення або будь-яким доступним транспортом.

- Потужність виробів не перевищує 2000 - 10000 мА, з розрахунку на одну систему.

Наша мета орієнтована в першу чергу на мобільні фотоелектричні системи загального призначення, доступні широкому колу споживачів в якості невід'ємної частини створення систем автономного та резервного енергопостачання різних приладів.

3.6 Фотоелектричні перетворювачі (ФЕП)

В даний час на світовому ринку впевнено займають лідируючі місця три основних типи ФЕП, з яких в подальшому виготовляються сонячні модулі [9]:

- Монокристалічні кремнієві;
- Полікристалічні (мультикристалічні) кремнієві;
- Аморфні кремнієві

Кожен з цих видів фотоелектричних перетворювачів має свої переваги і недоліки. Упустимо тонкощі технологічних процесів виготовлення елементів, і опишемо основні переваги кожного з них:

Монокристалічні кремнієві пластини мають більш високий ККД у порівнянні з іншими доступними видами ФЕП, проте витрати на виробництво таких елементів істотно більше, що в свою чергу позначається на роздрібній ціні кінцевих виробів (сонячних модулів). За рахунок більш високого ККД знижується площа виготовляються сонячних панелей, це має значення при обмеженому просторі для розміщення сонячної установки.

Виробництво полікристалічних кремнієвих елементів навпаки вимагає менших витрат, відповідно кінцева ціна сонячних панелей на основі цього виду кремнієвих пластин для споживача набагато вигідніше ніж з монокристалічних пластин. Також виробники заявляють, що полікристали здатні краще збирати енергію сонячного випромінювання в похмуру погоду, тим самим підвищуючи енергоефективність всієї системи, що актуально для середньої смуги Казахстану, де число сонячних днів так не велика.

Елементи з аморфного кремнію менш схильні до впливу високих температур, т. Е. Енергоефективність в дуже спекотні дні не знижується на відміну від полі- і монокристалів. Краща здатність перетворювати сонячне випромінювання в електроенергію в умовах недостатньої освітленості або високої хмарності навіть у порівнянні з полікристалічними перетворювачами. Єдиний і найголовніший недолік - дуже низький ККД, близько 6%, тому якщо проблема з площею розміщення сонячних батарей не так значна, то є сенс розглянути даний вид перетворювачів представлених на рисунку 3.12.

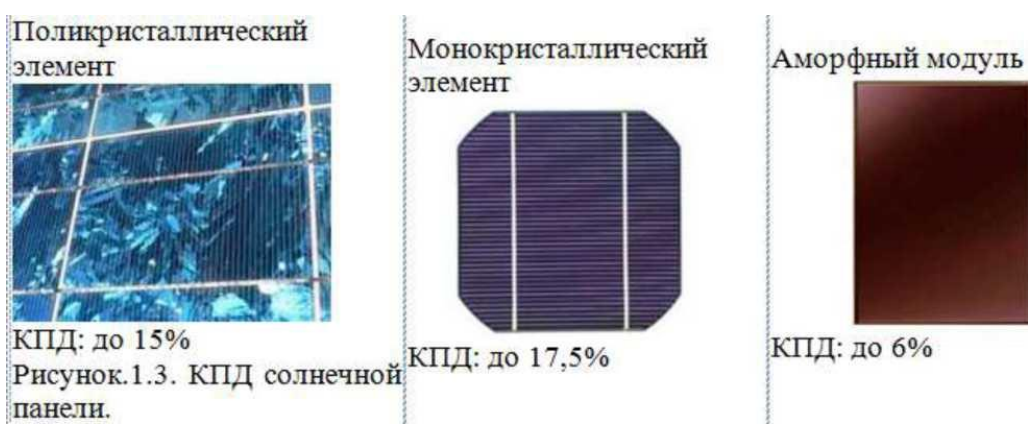


Рисунок 3.12 – Види фотоелектричних перетворювачів

Термін експлуатації фотоелектричних перетворювачів в основному обумовлений якістю виготовлення сонячних модулів, де ФЕП є основними структурними елементами. Якісна збірка сонячних модулів, яка може бути забезпечена тільки в заводських умовах, гарантує захист ФЕП від впливу факторів навколишнього середовища, які впливають на тривалість роботи елементів, таких як атмосферний тиск, вологість повітря.

і різна пил. Проте, з роками потужність фотоелектричних модулів падає в середньому на 10% через 10 років і 20% через 25 років.

Отже, яка сонячна батарея краще - монокристалічна або полікристалічна? Щоб відповісти на це питання, потрібно спочатку розібратися, а чим же вони відрізняються?

На фото нижче представлені два основних типи:



Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд сонячного елемента

Перше, що кидається в очі, це зовнішній вигляд. У монокристалічних елементів закруглені кути і поверхня однорідна. Закруглені кути пов'язані з тим, що при виробництві монокристалічного кремнію отримують циліндричні заготовки. Однорідність кольору і структури монокристалічних елементів пов'язана з тим, що це один вирощений кристал кремнію, а кристалічна структура є однорідною.

У свою чергу, полікристалічні елементи мають квадратну форму через те, що при виробництві отримують прямокутні заготовки. Неоднорідність

кольору і структури полікристалічних елементів пов'язана з тим, що вони складаються з великої кількості різнорідних кристалів кремнію, а також включають в себе незначну кількість домішок.

Друге і напевно головна відмінність - це ефективність перетворення сонячної енергії. Монокристалічні елементи і відповідно панелі на їх основі мають на сьогоднішній день найвищу ефективність - до 22% серед серійно випускається і до 38% використовується в космічній галузі. Монокристалічний кремній виробляється з сировини високої міри очищення (99,999%). Серійно випускаються полікристалічні елементи мають ефективність до 18%. Більш низька ефективність пов'язана з тим, що при виробництві полікристалічного кремнію використовують не тільки первинний кремній високого ступеня очищення, але і вторинну сировину (наприклад, перероблені сонячні панелі або кремнієві відходи металургійної промисловості). Це призводить до появи різних дефектів в полікристалічних елементах, таких як кордону кристалів, мікродефекти, домішки вуглецю і кисню. Ефективність елементів в кінцевому рахунку відповідає за фізичний розмір сонячних панелей. Чим вище ефективність, тим менше буде площа панелі при однаковій потужності.

Третя відмінність - це ціна сонячної батареї. Природно, ціна батареї з монокристалічних елементів трохи вище в розрахунку на одиницю потужності. Це пов'язано з більш дорогим процесом виробництва і застосуванням кремнію високого ступеня очищення. Однак ця різниця незначно і становить в середньому близько 10%.

Отже, перерахуємо основні відмінності монокристалічних і полікристалічних сонячних батарей:

- Зовнішній вигляд.
- Ефективність.
- Ціна.

Як видно з цього переліку, для сонячної електростанції не має ніякого значення, яка сонячна панель буде використовуватися в її складі. Головні параметри - напруга і потужність сонячної панелі не залежать від типу застосовуваних елементів і часто можна знайти в продажу панелі обох типів однакової потужності. Так що остаточний вибір залишається за покупцем. І якщо його не бентежить неоднорідний колір елементів і трохи більша площа, то ймовірно він вибере дешевші полікристалічні сонячні панелі. Якщо ж ці параметри мають для нього значення, то очевидним вибором буде трохи дорожча монокристалічна сонячна панель.

Виробництво сонячних батарей по типу застосовуваного в них кремнію розподілилася таким чином:

- 1) полікристалічні - 52,9%
- 2) монокристалічні - 33,2%
- 3) аморфні та ін. - 13,9%

Тобто полікристалічні сонячні батареї за обсягом виробництва займають лідируючі позиції в світі.

Для визначення характеристик сонячної панелі при хмарних і похмурих доцільніше використовувати полікристалічні сонячні панелі, так як полікристали здатні краще збирати енергію сонячного випромінювання в похмуру погоду, тим самим підвищуючи енергоефективність всієї системи, що актуально для середньої смуги Казахстану де число сонячних днів не так велике. А також полікристали вимагають менших витрат, відповідно кінцева ціна сонячних панелей на основі цього виду кремнієвих пластин для споживача набагато вигідніше, ніж з монокристалічних пластин.

3.7 Перетворювач напруги

Так як наші сонячні панель видають всього лише 1.5 В. для живлення приладу без підзарядки від мережі або USB нам знадобиться перетворювач напруги, Їх поділяють на Імпульсний і трансформаторні.

Імпульсний

Імпульсний перетворювач напруги - це стабілізатор напруги, в якому регулювальний елемент працює в ключовому режимі, тобто більшу частину часу він знаходиться або в режимі відсічення, коли його опір максимально, або в режимі насичення - з мінімальним опором, а значить може розглядатися як перемикач (ключ). [10]

Імпульсний перетворювач напруги ділять на групи :

- 1 Безтрансформаторний стабілізатор зі зменшенням напруги.
- 2 Безтрансформаторний стабілізатор з підвищенням напруги.
- 3 Трансформаторний імпульсний стабілізатор.

Безтрансформаторний стабілізатор зі зменшенням напруги

Окрім ключа S , найпростіша схема з дроселем L включає діод D і конденсатор C . Коли ключ S замикає коло, струм від джерела тече через дросель L в навантаження. ЕРС самоіндукції дроселя скерована проти напруги джерела напруги. В результаті напруга на опорі навантаження дорівнює різниці напруг джерела і ЕРС самоіндукції дроселя, струм через дросель росте, як і напруга на конденсаторі C і навантаженні. При розімкнутому ключі S струм продовжує текти через дросель в тому ж напрямку через діод D і навантаження, а також конденсатор C . ЕРС самоіндукції прикладена до опору R через діод D , струм через дросель зменшується, як і напруга на конденсаторі C і на навантаженні. В якості перемикача S може бути використаний польовий чи біполярний транзистор, або тиристор. Напруга на опорі навантаження не може перевищувати напругу джерела еквівалентна схема зображена на рисунку 3.14.

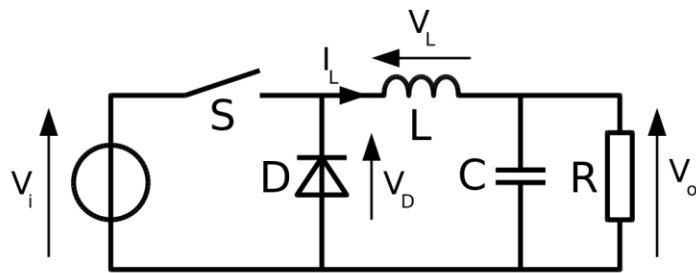
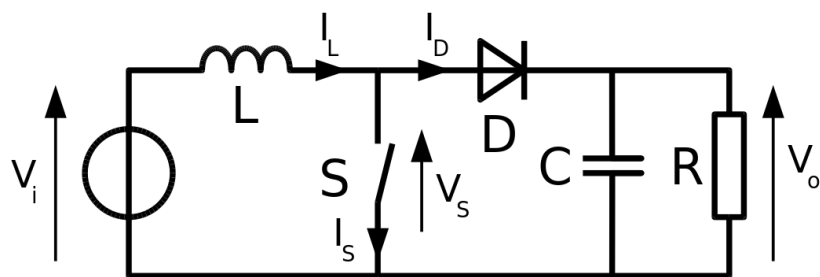


Рисунок 3.14 – Еквівалентна схема

Безтрансформаторний стабілізатор з підвищенням напруги

В цій схемі комутуючий елемент S ввімкнутий після дроселя. Коли він замкнутий, струм від джерела тече через дросель L ; струм через нього збільшується, в ньому накопичується енергія. При роз'єднанні кола струм від джерела тече через дросель L , діод D і опір навантаження. Напруга джерела і ЕРС самоіндукції дроселя прикладені в одному напрямку і сумуються на опорі навантаження. Струм поступово зменшується, дросель віддає енергію в навантаження. Поки перемикач замкнутий, навантаження живиться напругою конденсатора C . Діод D не дає йому розрядитися через ключ S . зображено на рисунку рисунок 3.15.

Рисунок 3.15 – Протікання струму через ключ S

Трансформаторний імпульсний

Трансформаторний імпульсний включає (див. Блок-схему імпульсного перетворювач напруги). Випрямляч змінного струму побутової частоти (50

або 60 Гц) з накопичувальним конденсатором значної ємності. Інвертор - перетворює постійний струм в змінний високої частоти (звичайно в діапазоні 10-100 кГц). Схему управління інвертором, яка забезпечує стабілізацію вихідної напруги (в окремих випадках також захист, спеціальні режими пуску тощо). Високочастотний вихідний трансформатор для гальванічної розв'язки та пониження напруги з інвертора до необхідного рівня або рівнів. Вихідний випрямляч з фільтром (може бути кілька). Змінна напруга електричної мережі (в залежності від регіону світу між 100-240В і 50-60Гц) випрямляється на входному діодному мості і згладжується конденсатором великої ємності, після чого подається на високочастотний інвертор. Регулювання вихідної напруги відбувається шляхом широтно-імпульсної модуляції в схемі управління - порівнянням вихідної напруги з пилоподібними імпульсами. При цьому час, поки ключ виявляється закритим, виявляється пропорційним вихідній напрузі, і таким чином зміна енергії в вихідному високочастотному трансформаторі забезпечує стабілізацію вихідної напруги стабілізатора схема стабілізатора зображена на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Блок схема стабілізатора

Грунтуючись на вольт-секундному балансі енергії дроселя, на ступне спрощене вираз може бути виведено для отримання значення робочого циклу

в безперервно-провідному режимі і безперервно-провідному режимі роботи перетворювача:

$$D = (V_0 - V_{in}) / V_0;$$

$$D_{max} = (V_0 - V_{in_min}) / V_0.$$

Баланс потужності перетворювача описується наступним виразом:

$$P_0 = P_{in} \times \eta; I_0 \times V_0 = I_n \times V_{in} \times \eta.$$

Середнє значення вхідного струму I і середній струм фази I_{ph} можуть бути знайдені як функція від вихідного струму і робочого циклу D :

$$I_{in} = I_0 / [(1 - D) \eta];$$

$$I_{ph} = I_0 / N [(1 - D) \eta].$$

Переваги та недоліки імпульсного стабілізатора напруги

У порівнянні зі стабілізатором напруги на силовому трансформаторі імпульсний стабілізатор має наступні переваги:

- Вхідний конденсатор працює при напрузі, яка становить , де - напруга в мережі (для мережі 220 В напруга на конденсаторі становить біля 310 В). Зважаючи на те, що енергія конденсатора пропорційна квадрату напруги , конденсатор здатен запасати значну енергію при відносно невеликій ємності. [10]
- Розсіювана на ключовому елементі інвертора потужність складає . Зважаючи на те, що цей елемент більшу частину часу знаходиться або в режимі малого току (коли він закритий), або в режимі малої напруги (коли відкритий), розсіювана на ключі потужність є незначною.
- Вихідний трансформатор та вихідні фільтри працюють на високій частоті, тому їх розміри можуть бути незначними.

Як наслідок, імпульсні стабілізатори напруги мають високий ККД при невеликих розмірах, вазі і вартості.

Недоліком таких стабілізаторів є значне високочастотне випромінювання і, як наслідок, необхідність екранування в чутливій апаратурі. Крім того, на виході стабілізатора можуть бути присутні пульсації,

які виникають через високочастотні наведення ЕРС від трансформатора та з'єднуючих провідників.

Свій вибір я зупинив на такому виді як трансформаторно імпульсний перетворювач напруги, який з 1,5В, при випрямленому струмі, до 9 В - 60 мА (з його допомогою ми будемо жити прилад коли підсяде акумулятор від одного гальванічного елемента або однієї батарейки). Трансформатор намотаний на сердечнику перетином близько 0.7 см², Рисунок 3.17.

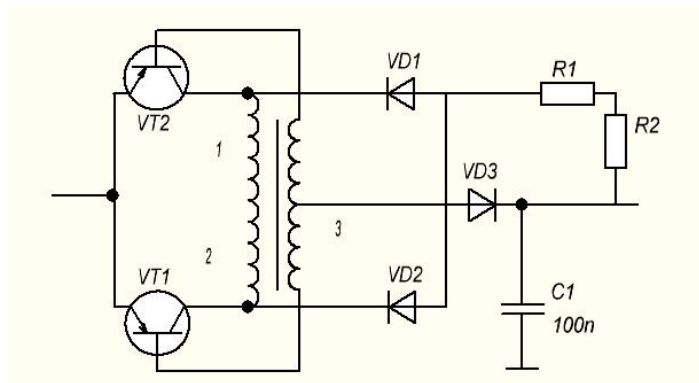


Рисунок 3.17 – Принципова схема перетворювача.

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 1.5 \cdot 9 = 13.5 \text{ мВт}$$

$$S = 0.7 \sqrt{P_2} = 0.7 \times \sqrt{13.5} = 2.5 \text{ см}^2$$

Кількість витків, що припадають на 1 В:

$$H_0 = \frac{50}{S} = \frac{50}{2.5} = 20 \text{ витків/В.}$$

$$\omega_1 = n_0 \cdot U_2 = 20 \cdot 1.5 = 30 \text{ витків.}$$

$$\omega_2 = n_0 \cdot U_2 = 20 \cdot 4.5 = 90 \text{ витків}$$

$$\omega_3 = n_0 \cdot U_2 = 20 \cdot 9 = 180 \text{ витків}$$

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 300 \text{ витків}$$

Діаметр проводу первинної обмотки при навантаженні 1.5 В

$$d_1 = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{U_1}} = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{2.5}{1.5}} = 1 \text{ мм}$$

Діаметр проводу первинної обмотки при навантаженні 4.5 В

$$d_2 = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{U_1}} = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{2.5}{4.5}} = 0.5 \text{ мм}$$

Діаметр проводу первинної обмотки при навантаженні 9 В

$$d_2 = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{P_2}{U_1}} = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{2.5}{9}} = 0.4 \text{ мм}$$

U_H -напруга на навантаженні 1.5В;

I_H -струм на навантаженні 60мА;

$$R_H = \frac{U_H}{I_H} = \frac{1.5\text{В}}{60\text{мА}} = 0.025 \text{ Ом}$$

Далі визначаються наступні параметри вентилів:

- зворотна напруга на діоді $U_{ЗВ}$ (В);
- середнє значення струму, який протікає через діод I_{CP} (А);
- амплітудне значення струму, який протікає через діод I_m (А).

$$I_{cp} = \frac{I_H}{2} = \frac{0.60\text{А}}{2} = 0.3(\text{А})$$

$$I_m = 3.5 * I_H = 3.5 * 0.60(\text{А}) = 2.1(\text{А})$$

$$U_{ЗВ} = 1,5 * U_H = 1,5 * 9\text{В} = 13,5(\text{В})$$

Активний опір обмоток трансформатора приймається рівним.

$$R_{тр} = 0.07 * R_H = 0.07 * 50\text{м} = 0.35 \text{ Ом}$$

Прямий опір діода у складі випрямляча знаходять за наближеною формулою

$$R_{пр} = \frac{U_{пр}}{3 * I_{cp}} = \frac{1.2\text{В}}{3 * 0.3\text{А}} = 1.30\text{м}$$

Активний опір фази випрямляча визначається за співвідношеннями

$$R = R_{\text{тр}} + R_{\text{пр}} = 0.7 \text{ Ом} + 1.3 \text{ Ом} = 2 \text{ Ом}$$

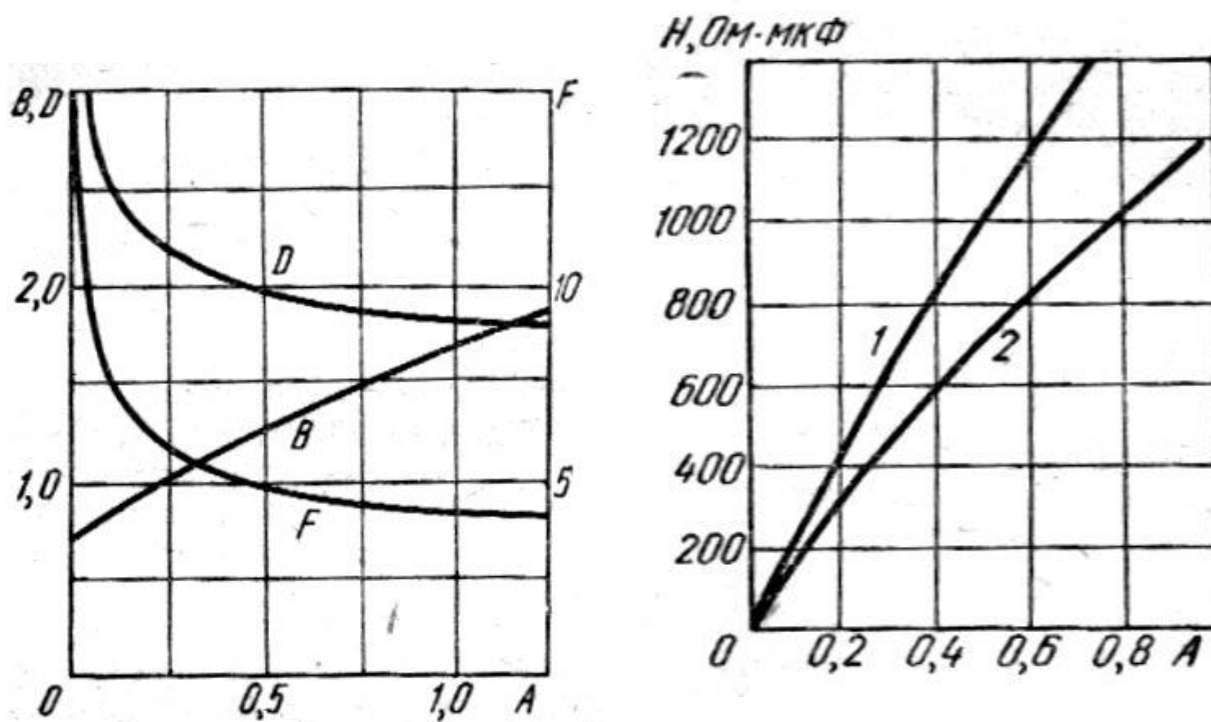


Рисунок 3.17 – Графік допоміжних коефіцієнтів B , D , F , H

У залежності від значення A із графіків на рис.3.17,а,б знаходять допоміжні коефіцієнти B , D , F , H .

Розрахунковий коефіцієнт A визначається за формулою

$$A = 1.6 * \frac{R}{R_H} = 1.6 * \frac{2 \text{ Ом}}{0.025 \text{ Ом}} = 128 \text{ Ом}$$

$$B=0.75; D=2.3; F=1.5; H=100.$$

Далі визначаються параметри U_{2x} та I_2 – відповідно напруга холостого ходу та ефективне значення струму вторинної обмотки трансформатора.

$$U_{2x} = B * U_H = 0.75 * 9V = 6,75(V)$$

$$I_2 = \frac{D * I_H}{2} = \frac{2.3 * 0.60A}{2} = 0.69A$$

Вихідну ємність випрямляча визначають за формулою.

$$C_0 = \frac{H}{R * K_{п0}} = \frac{100}{2 * 0.66} = 75(\text{мкФ})$$

Таблиця 3.3 – Кінцеві дані

и	Обмотк	Кількіс ть витків	Діаметр проводу d	U _н	I _н
	1	30	1мм	1.5В	60мА
	2	90	0.5мм		
	3	180	0.4мм		

Розділ 4

Оцінка ефективності системи охорони периметру

Оцінка ефективності охорони периметру

Для систем фізичного захисту (СФЗ) об'єктів ключовим є поняття уразливості, тобто можливості вторгнення порушників для досягнення своїх цілей – розкрадання, диверсії і т.п., яка може бути оцінена величиною потенційного збитку. Оптимально всі частини об'єкта повинні бути захищені технічними засобами охорони (ТСО) в ступені, що відповідає потенційній загрозі порушника. Під ефективністю СФЗ об'єкта розуміється кількісна оцінка здатності системи протистояти загрозам [1 - 3].

Існують різні підходи і методики до оцінки функціональної ефективності СФЗ і її складових частин [4, 5]. Як правило, вони розроблені для великих, важливих об'єктів державного значення, де є значні сили охорони (особовий склад). Їм і відводиться основна роль в ланцюжку подій:

- виявлення ймовірного порушника,
- передача інформації на пост охорони і її оцінка,
- прийняття рішення помилкова/справжня загроза,
- затримання/припинення дій порушника.

Показник ефективності визначається, як правило, через ймовірність P з кінцевого події, охоплюючи всі дії і складові СФЗ і, найперше, засоби сигналізації та інженерні загородження, що забезпечують виявлення порушника (з ймовірністю P_0) і його затримку. Дія сил охорони визначається ймовірністю правильної дистанційної оцінки ситуації (так/ні), часом висунення сил охорони і ймовірності перемоги в зіткненні. Існують різні підходи до визначення показника ефективності:

- проведення навчань;
- ігрове моделювання ситуації в системі «охорона-порушник»;

математичне моделювання.

Найкращий метод – це проведення реальних навчань на об'єкті, але він має суттєві недоліки: дезорганізація поточної роботи; можливість проникнення порушника «на тлі»; використання великої кількості особового складу; руйнування і подальше відновлення фізичних бар'єрів.

Близьким до нього є метод ігрового моделювання; для нього необхідний план (карта) місцевості, на якому моделювання вторгнення порушника відбувається в режимах покрокового або реального часу, «тактичний» контроль залишається за користувачем.

Метод реалізується програмами JTS, JCAT і методикою TableTop (США). З урахуванням того, що число можливих шляхів порушника велике, ігрове моделювання займає досить великий час [1].

Метод математичного моделювання використовується найбільш часто через наочність швидкості отримання результатів. В його основу покладається модель розвитку конфлікту і зрівняння часів дії порушника і реакції охорони. Однак підготовчий етап, коли складаються математичні вирази для визначення часів і ймовірностей, досить трудомісткий, вираження в загальному випадку є досить складними і громіздкими, навіть для невеликого об'єкта кількість маршрутів руху порушника може обчислюватися десятками. Тому така оцінка ефективності являє собою досить об'ємний і рутинний процес, де користувач спочатку вводить численні дані про об'єкт.

Програми EASY, SAVI, ASSESS (США) виявляють можливі сценарії дій порушника, і для кожного визначається ймовірність припинення акції [1]. Використовуються два способи опису вихідних даних:

граф, що відображає інформацію про структуру об'єкта, вкладеності охоронюваних зон і рубежах, які поділяють їх;

план (території, поверхові планування всіх будівель).

Для найбільш відомої програми ASSESS (Sandia, Livermore Labs) характерно вимога докладного опису маршруту руху порушника, а протидія характеризується часом дії особового складу щодо припинення руху до мети порушника (наприклад, блокування об'єкта по периметру). Однак найбільш виграшна тактика охорони на практиці може бути нездійсненною через низку обмежень, наприклад, чисельності особового складу.

Ці програми, що реалізують метод математичного моделювання, застосовуються до опису, як правило, великих за площею об'єктів, на яких існує 3 - 4 рубежу охорони: периметр, зовнішній контур будівель і споруд, приміщення і внутрішні укріплення предмети, наприклад, сейфи. Якщо розміри об'єкта (часи затримок порушника) зменшуються, адекватність методу математичного моделювання та результатів програм різко знижується.

У таких випадках найчастіше взагалі неможливо вирівнювати часи руху порушника до мети і реакцію сил охорони, а обчислена ефективність СФЗ прагне до нуля. Цей метод не можна автоматично перенести на оцінку ефективності найважливішої частини СФЗ - системи охоронної сигналізації, де таких часів немає. Крім того, відомі програми не передбачають навчання користувачів раціонального розміщення на рубежах охорони ТСО, що важливо для вирішення супутніх педагогічних завдань.

Тому розробка методики оцінки функціональної ефективності системи охоронної сигналізації для будь-яких, переважно малих, об'єктів представляється актуальною, на окрему увагу заслуговує оцінка економічної ефективності систем безпеки [6].

За основу нової методики може бути прийнято не зрівняння характеристичних часів порушника і сил охорони, а інтегральна важливість проміжних і кінцевих цілей порушника – зон проникнення або можливого вторгнення, які повинні блокуватися відповідними (придатними) засобами виявлення (СО) або сповіщувачами охоронної сигналізації. Причому їх

загальна кількість L обов'язково повинна бути обмежена, оскільки в іншому випадку надлишковий потік помилкових спрацьовувань може повністю дезорганізувати дії сил охорони.

Як правило, на реальному об'єкті використовується кінцеве число $j = 1 \dots M$ видів (типів) СО, причому для блокування будь-якої i -ї зони їх кількість типово не перевищує

$$M(i) \leq 4$$

(наприклад, вельми важлива зона – кімната зберігання зброї), а для звичайних зон $M(i) = 1 \dots 2$ (наприклад, сповіщувач розбиття скла і магніто-сповіщувач на двері).

Набір $j = 1 \dots M(i)$ видів і типів СО для блокування всіх $i = 1 \dots N$ зон є регульованим, від його правильного вибору (при загальному обмеження

$$\sum_{i=1}^N M(i) = L),$$

в першу чергу і залежить ефективність функціонування СФЗ об'єкта. При цьому стає можливою оцінка якості знань учнів з проектування охоронної сигналізації.

Необхідно відзначити, що типовий об'єкт, як правило, огорожений парканом і позначений, отже, частка можливих зовнішніх випадкових або непідготовлених порушників відносно мала, більшу частину складають так звані підготовлені [7]. Для них властива знижена ймовірність виявлення, ніж це прописується в технічних умовах (ТУ) на СО (типово $\geq 0,95$), що становить $P_0 = 0,1 \dots 0,8$.

За кількісний показник технічного оснащення можна взяти сумарну ймовірність виявлення P_{0i} порушника $1 \dots M$ засобами, що блокують дану зону (площа, предмет). За умови незалежності дії СО, розташованих в i -й зоні (логіка «АБО»), ймовірність виявлення порушника становить:

$$P_{oi}^* = 1 - \prod_j^{M(i)} (1 - P_{oj}) . \quad (1)$$

Однак (1) не враховує правильності застосування виду СО в конкретній i -й зоні охорони. Наприклад, сповіщувач сигналізації для внутрішніх приміщень, застосований для блокування периметра, має практично нульову ефективністю внаслідок непрацездатності, вібраційне кабельне СО, яке виявляє вторгнення порушника по викликається ним коливань сіткового загородження, будучи застосованим для захисту стін і стелі від пролому, непрацездатних внаслідок інших спектра і інтенсивності корисних сигналів. Нарешті, існують умови застосування, не прописані в ТУ на виріб, які знижують сигналізаційну надійність СО, в основному ймовірність виявлення.

З урахуванням вищесказаного, оцінка правильності застосування j -го типу (виду) СО в i -й зоні охорони може бути здійснена шляхом множення показника P_{oj} на умовний поправочний коефіцієнт застосовності K_{ij}^{np} :

$K_{ij}^{np} = 1$, якщо застосування СО повністю відповідає умовам зони,

$K_{ij}^{np} = 1/2$, якщо застосування СО можливе, але не зовсім бажане внаслідок певних умов експлуатації,

$K_{ij}^{np} = 0$, якщо застосування СО не може застосовуватися в даних умовах.

З урахуванням цих викладок вираз (1) для комплексного показника здатності охоронної сигналізації по виявленню порушника в i зоні набуває вигляду:

$$P_{oi} = 1 - \prod_j^{M(i)} (1 - K_{ij}^{np} \cdot P_{oj}) . \quad (3)$$

Якщо в зоні, яка повинна охоронятися, немає СО (сповіщувача), то відповідний $P_{oi} = 0$.

Кількісний показник важливості або, іншими словами, необхідний коефіцієнт K_i^3 захищеності i -ї зони може визначатися за допомогою

експертних оцінок, які даються, наприклад, в діапазоні 0 - 10 за всіма N цілями (потім усереднюються по групі). Менший коефіцієнт відповідає меншій значущості мети, а значить і меншою необхідної захищеності при обмеженні на склад ТСО. При цьому приватна мультиплікативна функція K_{ij} ^{пр} P_{oi} буде одночасно відображати значимість і якість надійного захисту i -ї зони.

За цільовий показник ефективності СФЗ об'єкта приймається функціонал E_o як сума мультиплікативний складових $K_i^3 \times P_{oi}$ по всіх локальних зон охорони $i = 1 \dots N$, при цьому критерій має вигляд:

$$\mathcal{E}_o = \sum_{i=1}^N K_i^3 \cdot P_{oi} \rightarrow \max ,$$

де K_i^3 – експертний коефіцієнт важливості або необхідної захищеності зони, що змінюється в межах від 0 до 10; P_{oi} – комплексний показник визначення порушника по i -й зоні.

Потенційно досяжна величина E про для заданої кількості $\{L\}$ і типів $\{j = 1 \dots M\}$ СО, виду об'єкта – периметра, кількості $\{i = 1 \dots N\}$ і типів приміщень забезпечується при виконанні наступних 6 основних положень.

СО (сповіщувачі) повинні застосовуватися строго за призначенням, відхилення від вимог ТУ, наведені нижче, зменшують ефективність СФЗ:

невідповідність умов функціонування, наприклад, по навколишній температурі;

невідповідність умов застосування, наприклад, по навколишньому середовищі;

невідповідність необхідних розмірів зони, що охороняється реальним габаритам зони виявлення (ЗО).

2. При обмеженості кількості засоби виявлення повинні застосовуватися, в першу чергу, для блокування зон (периметра, приміщень), які мають максимальну необхідну захищеність або важливість.

3. Хороша захищеність периметра об'єкта є досить важливою, оскільки забезпечує час для адекватної реакції сил охорони.

4. При блокуванні важливих зон нераціонально використовувати боєм 3 ... 4 різних типів СО («рубевів охорони») – відбувається «насичення» показника визначальної здатності по (1) і (3).

5. Максимально досяжна (по ТУ) СО повинна відповідати або перевищувати розміри зони, що захищається. В іншому випадку ефективність СФЗ знижується, приблизно пропорційно відношенню максимальних лінійних (або майданних) розмірів цих зон. На периметрі одне СО з великою зоною виявлення може блокувати дві і більше зон захисту.

6. Насичення однаковими СО однієї зони захисту дає менший ефект, ніж їх розподіл по всьому відповідним зонам.

Максимальна величина $E_0^{\text{макс}}$ може бути отримана за допомогою імітаційного моделювання, наприклад, використанням методу генетичних алгоритмів. На практиці вона може бути обчислена по близькою до оптимальної схеми розміщення СО, запропонованої досвідченим проектувальником ТСО.

Для застосування методики в педагогічних цілях величина $E_0^{\text{макс}}$ може бути обчислена за схемою, запропонованою викладачем. Той, якого навчають, в залежності від ступеня вивчення та засвоєння матеріалу з основ проектування СФЗ, розставляє СО на плані об'єкта, а програма автоматично відповідно до (4) обчислює показник E^* . Його знання когуть бути оцінені по 5-бальній системі відповідно до величини відносини E^*/E_0 . Для опису необхідні креслення або поверхові плани об'єкта (і всіх його приміщень), характеристики архітектурних елементів, подоланні для порушника найбільш легко, наприклад: вікна, двері, вентиляційні отвори, люки та ін. З метою навчання на плані вказуються захищаються зони.

Методика оцінювання ефективності системи охоронної сигналізації

На основі запропонованого критерію (4), пропонується методика оцінки ефективності системи охоронної сигналізації об'єктів, перш за все, малих. Її положення даються нижче на основі прикладу організації системи власної безпеки на «малому» об'єкті прикордонної служби - прикордонному відділенні (ПО).

1. Здається поверховий масштабований план об'єкта із зазначенням всіх зон, що захищаються периметра - забору, хвіртки, ворота, водопропуску, каналізаційного люка і т.д., а так-же приміщень - кімнати зберігання зброї, канцелярії, їдальнею, туалету тощо. Вказуються і ті зони, які в конкретному випадку з тієї чи іншої причини не захищаються (наприклад, туалет без вікна, який завжди повинен бути відкритий).

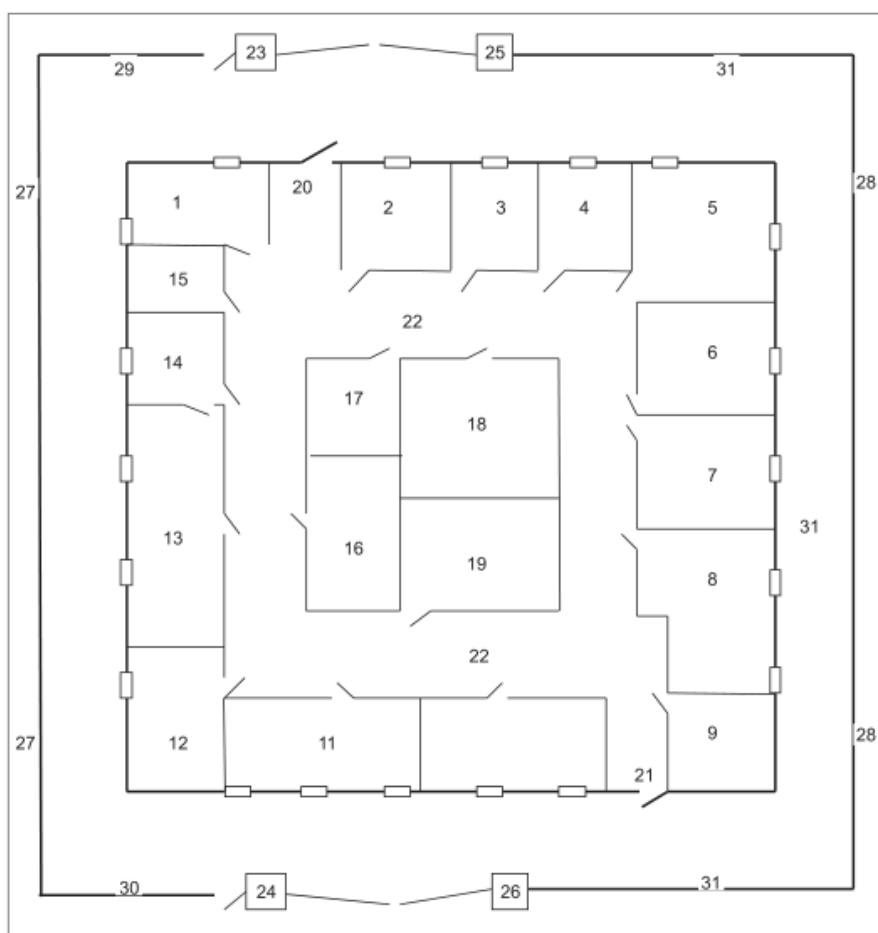


Рисунок 4.1 – План приміщення

1 – Операторська, 2, 3 – робоче приміщення, 4 – зам.нач відділення, 5 – начальник відділення, 6, 7, 8 – робоче приміщення, 9 – склад речей, 10, 11 – спальне приміщення, 12 – туалет, 13 – столова, 14 – кухня, 15 – душ, 16 – склад, 17- кімната тимчасово затриманих, 18 – склад зброї, 19 – кімната зберігання зброї, 20 – вхідні двері, 21 – запасні двері, 22 – коридор, 23, 24 – калітки, 25, 26 – ворота, 27 -32 – забор.

2. Задаються коефіцієнти ($K_i^3 = 0...10$) важливості або необхідної захищеності всіх зон, отримані методом експертних оцінок. При вирішенні педагогічних завдань коефіцієнти до учнів доводяться. У табл. 4.1, 4.2 представлені коефіцієнти, відповідні до рис.4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики об'єктів охорони

i	K_i^3	Характеристика об'єкта
1	0	Завжди присутній особовий склад, охорона не потребується, двері блокуються системою контролю та управління доступом
2	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
3	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
4	3	Важлива кімната, потребує охорони вночі
5	7	Важлива кімната, потребує охорони вночі та за відсутності начальника
6	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
7	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
8	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
9	4	Важлива кімната, постійно на охороні, знімається за вимогою
10	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
11	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
12	1	Звичайна кімната, потребує охорони вночі
13	3	Цінні речі, потребує охорони
14	2	Цінні речі, потребує охорони
15	0	Приміщення завжди відкрите, вікна немає
16	3	Звичайна кімната
17	4	Посилена охорона затриманих
18	9	Найважливіший об'єкт, потребує цілодобової охорони
19	10	Найважливіший об'єкт, потребує цілодобової охорони
20	0	Двері блокуються системою контролю доступу
21	4	Одне з місць проникнення злочинця, потребує охорони

22	0	Двері блокуються системою контролю доступу
23	5	Одне з місць проникнення злочинця, потребує охорони
24	5	Одне з місць проникнення злочинця, потребує охорони
25	5	Одне з місць проникнення злочинця, потребує охорони
26	5	Одне з місць проникнення злочинця, потребує охорони
27	3	Периметр має охоронятися
28	3	Периметр має охоронятися
29	4	Підсилення охорони периметру
30	4	Підсилення охорони периметру
31	4	Підсилення охорони периметру
32	4	Підсилення охорони периметру

3. Здається набір $j = 1...M$ типів і кількість по кожному типу СО (сповіщувачів), які здійснюють блокування зазначених зон, наприклад, у вигляді табл. 3 (по об'єкту рис. 4.1). При вирішенні педагогічних завдань в залежності від рівня випробовуваних вид СО і спосіб блокування зони можуть не розкриватися.

Таблиця 4.2 – Характеристики датчиків охорони

j	Тип СО	Кількість
1	Магнітно-контактний підсилений	11
2	Магнітно-контактний	9
3	Ударно-контактний	17
4	Акустичний	3
5	ІЧ пасивний	4
6	Радіопроменевий	5
7	Вібраційний кабельний	2
8	Вібраційний п'єзоелектричний точковий	3
9	Ємнісний	2
10	Вібраційний кабельний протипідкопний	2

Разом 58 датчиків на об'єкт.

4. На основі методу експертних оцінок (або викладачем самостійно в разі навчання) задаються значення ймовірності P_{Oj} виявлення всіх типів (видів) СО по табл. 3 з урахуванням дії не звичайних, а під- виготовлених порушників, по крайній мірі, знайомих з фізичними принципами виявлення і відповідними способами «обходу».

На практиці це призводить до помітного зменшення P_0 по порівнянню ТУ, прописаних для «роботизованих» дій порушника.

Ці значення для розглянутого прикладу наведено в табл. 4.3; в цілому СО, що мають об'ємну зону чутливості, володіють меншою вразливістю до «обходу».

Таблиця 4.3 – Імовірність визначення датчиків охорони

j	Тип СО	Імовірність визначення
1	Магнітно-контактний підсилений	0,2
2	Магнітно-контактний	0,1
3	Ударно-контактний	0,3
4	Акустичний	0,4
5	ІЧ пасивний	0,7
6	Радіопроменевий	0,8
7	Вібраційний кабельний	0,5
8	Вібраційний п'єзоелектричний точковий	0,6
9	Ємнісний	0,5
10	Вібраційний кабельний протипідкопний	0,4

4. Здається матриця коефіцієнтів застосовності $\|K_{ij}^{np}\|$ (Таблиця розміром 32×10), яка враховує правильність застосування j -го типу СО для захисту i -ї зони. Коефіцієнти можуть бути отримані методом експертних оцінок (або досвідченим викладачем основ ТСО) на основі знання ТТХ розглянутих СО і співвіднесення їх з можливим застосуванням на об'єкті.

Для розглянутого прикладу (рис. 1, табл. 1) такі коефіцієнти відображені в табл. 5, де дані додаткові коментарі по умовної застосовності виробів, корду До i_j $p_r = 0,5$ і деяким іншим, що вимагає пояснень.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти застосування СО до об'єкту

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0,5	1	0,5	0	1	0	0
2	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
3	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
4	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0,5	0	1	1	0
6	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
7	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
8	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0
9	1	0	0	0	1	0,5	0	1	0	0

10	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0
14	1	1	1	1	0,5	0,5	0	0	0	0

15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	1	0,5	0	1	0	0
17	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
19	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0
24	1	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0
25	1	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0
26	1	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
30	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
31	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

6. За допомогою методу імітаційного моделювання (наприклад, генетичного алгоритму) оптимальним чином розставляються $L = 58$ засобів виявлення за всіма захищеними зонам. Для цього з усього набору можливих реалізацій (для обраного прикладу - по 32 зонам, 10 типам СО, табл. 4.4) шукається та комбінація, яка забезпечує максимум функціоналу (4)

Ця комбінація і годиться в якості оптимального рішення.

7. Досвідчений проектувальник ТСО або викладач може самостійно, керуючись знаннями і вміннями, знайти рішення по розміщенню СО, близьке до оптимального, при цьому отриманий по (4) показник E_o^* приймається за оптимум. У табл. 4.5 показаний кращий варіант розміщення всіх СО на даному об'єкті ПО.

Таблиця 4.5 – Оптимізована кількість СО

Номера зон защиты	Количество СО в зоне	Типы (виды) СО по табл. 3									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
5	6	1	0	2	1	1	0	0	0	1	0
6	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
11	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13	5	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0
14	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
19	4	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	2	1	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0
24	2	1	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0
25	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
26	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
27	2	0	0	0	0	0	0	2/3	0	0	2/3
28	2	0	0	0	0	0	0	2/3	0	0	2/3
29	3	0	0	0	0	0	1/2	1/6	0	0	1/6
30	3	0	0	0	0	0	1/2	1/6	0	0	1/6
31	2	0	0	0	0	0	0	1/6	0	0	1/6
32	2	0	0	0	0	0	0	1/6	0	0	1/6
$\Sigma = 68/58$		11	9	17	3	4	5	2	3	2	2

Дробове число в графах по захищеним зонам 23 - 24, 27 - 32 (табл. 4.5) означає, що одне СО блокує 23 зони, при цьому локальний показник по кожній зоні збільшується.

Тому при обліку СО по кожній зоні у формулі (1) їх кількість збільшується з 58 до 68. Отриманий на підставі табл. 2, 4 - 6 показник E_o^* є умовно максимальним.

8. Ефективність проекту системи охоронної сигналізації оцінюється виходячи з розстановки СО по табл. 6. У разі перевірки випробувань, керуючись отриманими знаннями про основи побудови СФЗ, розставляє СО по захищеним зонам рис. 1, складаючи типову табл. 4.6. Процес розстановки може бути автоматизований, наприклад, за допомогою комп'ютера, мнемоплана об'єкта і умовних символів -позначення.

Таблиця 4.6 – Оцінка ефективності проекту

Ефективність	Оцінка
0,86 – 1,0	5 - відмінно
0,71 – 0,85	4 – добре
0,5 – 0,7	3 – задовільно
0,3 – 0,49	2 – погано
Менше 0,3	1 – дуже погано

Ефективність розробленої системи склала 0,76 що є дуже хорошим результатом.

Висновки

В магістерській роботі була проведена дослідження функціональної ефективності сигналізацій за житлом, розглянуто найпопулярніші охоронні системи на базі Ардуіно, різні види датчиків та власна охоронна система, відповідно до основних вимог і стандартів, друкована плата для даного пристрою. Також в роботі були розраховані ультразвуковий та інфрачервоний датчики, перетворювач напруги та зроблені розрахунки надійності. Розрахунки показали, що використання даної системи в якості сигналізації досить раціональне, тому що система пристрою досить проста, але в той же час є ефективною в застосуванні. Вона має велику перевагу в тому, що вона є автономною і мобільною, використовує невелику кількість датчиків, що значно здешевлює систему, але не зменшує її ефективність. Ще одним плюсом системи є те, що в будь-який час можна оновити її програмне забезпечення через USB-порт.

В роботі запропоновано методику визначення ефективності роботи охоронної системи. За даною методикою визначено ефективність розробленої системи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

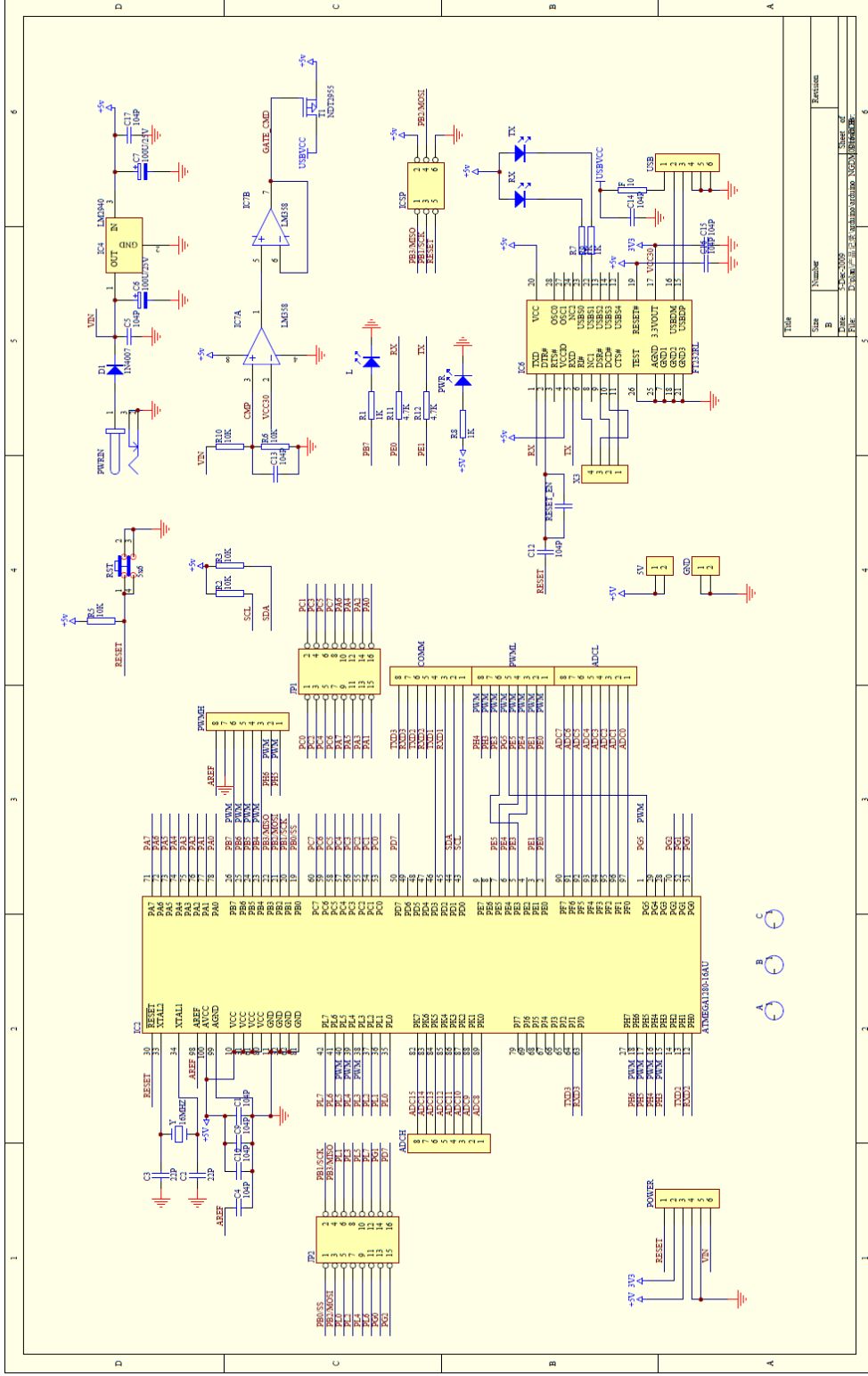
1. Котик С. М. Основи робототехніки на базі Arduino. – Київ: Наукова думка, 2016. – 320 с.
2. Сидоренко В. П. Розумні технології на основі Arduino. – Київ: Техніка, 2015. – 360 с.
3. Зозуля А. В. Сенсори та їх використання в Arduino. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 280 с.
4. Коваль О. Ю. Проектування електронних систем на базі Arduino. – Одеса: ОНПУ, 2019. – 400 с.
5. Білуха М. Т. "Застосування датчиків руху у системах охорони на базі Arduino". Вісник комп'ютерних наук та інформаційних технологій. 2016. № 2. С. 45-50.
6. Мельник О. В. "Інтеграція сенсорів руху в проекти на Arduino". Електроніка та інформаційні технології. 2018. № 4. С. 70-75.
7. Теорія електропривода / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін. – К.: Вища шк., 1993. – 494 с
8. Monk, Simon. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 272 p.
9. Igoe, Tim. Making Things Talk: 3D Printing and Embedded Electronics for Artists and Makers. – Boston: O'Reilly Media, 2016. – 300 p
10. Dyer B. R., White M. C. Motion Detection and Tracking Using Arduino. Journal of Engineering Science and Technology Review. 2018. 11(3). pp. 96-100.
11. Котик С. М. Схемотехніка електронних датчиків. – Київ: Наукова думка, 2017. – 320 с
12. Гончаренко Т. В. Основи схемотехніки для датчиків. – Харків: ХНУРЕ, 2015. – 350 с.
13. Данилюк О. М. Сенсори в електронних системах. – Київ: Вища школа, 2016. – 400 с.
14. Москвін А. Безконтактні ємнісні датчики. - Радіо, 2002, № 10, с. 38-39.
15. Семенюк Р. А. "Електронні датчики руху: принципи роботи та схеми". Технічні науки та технології. 2017. № 3. С. 40-46.

16. S. P. Agarwal, A. K. Singh. "Motion Detection System using Arduino." International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. 2016. 6(5). pp. 67-72.

17. B. K. Dutta, M. S. Bhattacharya. "Design of Motion Sensors using Arduino." International Journal of Computer Applications. 2017. 162(1). pp. 5-8.

18. Лавріненко А. В. "Проектування датчиків руху: аналіз схем". Вісник комп'ютерних наук та інформаційних технологій. 2019. № 1. С. 78-83.

Додаток А



Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File

Title		Revision	
Size	Number	Size	Number
B	B	B	B
File	File	File	File