

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Когут (Яруш) Світлана Богданівна

**Бездротовий заряджаючий пристрій / Wireless
charging device**

спеціальність: 123 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерна інженерія

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КСМ-43/2
Когут (Яруш) Світлана Богданівна

Науковий керівник:
к.т.н., доцент Масляк Б.О.

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

" ___ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри
О. М. Березький

ТЕРНОПІЛЬ - 2019

РЕЗЮМЕ

Дипломний проект містить 57 сторінок пояснюючої записки, 17 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою дипломного проекту є апаратна реалізація бездротового заряджаючого пристрою.

Методи досліджень – методи побудови моделей та електричних схем цифрових пристроїв.

Основою для апаратної реалізації схеми захисту та випрямляча є структурні схеми приведені в другому розділі. Враховуючи переваги схеми захисту по струму, обумовленні автоматичним відключенням схеми від напруги живлення при різкому зменшенні опору навантаження, здійснено її апаратну реалізацію. Вибір транзисторів здійснювався виходячи з того, що вони повинні бути невеликої потужності та мати високий коефіцієнт пізсилення сируму бази, приблизно 80-100 раз. Для цих цілей підійшов транзистор 2N2714.

Ключові слова: МІКРОСХЕМА, СТРУКТУРНА СХЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, КОМБІНАЦІЙНА ЛОГІКА, ШИФРАТОР, ЛІЧИЛЬНИК, МУЛЬТИПЛЕКСОР, ПРОГРАМОВАНА ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ, КОНТРОЛЕР.

SUMMARY

The diploma project contains 57 pages of explanatory note, 17 figures, 8 tables, 1 appendix. Volume of graphic material 2 sheets of A3 format.

The purpose of the diploma project is the hardware implementation of a wireless charger.

Research methods - methods of building models and electrical circuits of digital devices.

The basis for the hardware implementation of the protection circuit and the rectifier are the structural diagrams given in the second section. Given the advantages of the current protection circuit, due to the automatic disconnection of the circuit from the supply voltage with a sharp decrease in load resistance, its hardware implementation. The choice of transistors was based on the fact that they should be low power and have a high gain of the base base, about 80-100 times. For these purposes, suitable transistor 2N2714,

Keywords: MICROSCHHEME, STRUCTURAL SCHEME, ELECTRICAL SCHEME, COMBINATION LOGIC, CODER, COUNTER, MULTIPLEXOR, PROGRAMMED LOGGING.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Бездротова передача енергії.....	11
1.1 Особливості використання бездротових заряджаючих пристроїв .	11
1.2 Стандарти побудови бездротових заряджаючих пристроїв	15
1.3 Постановка задачі по розробці бездротових заряджаючих пристроїв	18
2 Проектування бездротового заряджаючого пристрою	20
2.1 Використання магнітної індукції для побудови бездротового заряджаючого пристрою	20
2.2 Структура бездротового заряджаючого пристрою	23
2.3 Структури передавального та приймального вузлів бездротового заряджаючого пристроїв	30
.....	36
3 Апаратна реалізація бездротового заряджаючого пристрою	39
3.1 Розробка та налаштування генеруючого вузла	42
3.2 Розробка схеми випрямляча	42
3.3 Моделювання схеми захисту пристрою	48
4 Техніко-економічний розділ	49
4.1 Розрахунок витрат на розробку апаратного модуля	51
4.2 Визначення експлуатаційних витрат	52
4.3 Розрахунок зведених економічних показників	55
Висновки	
Список використаних джерел	
Додаток А Довідка про використання	

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Яруш С.Б.			Бездротовий заряджаючий пристрій	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив		Масляк Б.О.						
Консульт.		Паздрій І.Р.						
Н. Контр.		Гураль І.В.				ТНЕУ, ФКІТ, КСМ-43/2		
Затв.		Березький О.						

ВСТУП

Порівняно нова технологія безпроводової зарядки є одним з численних напрямків технології безпроводової передачі електроенергії. В останні роки внаслідок насичення ринку мобільними інтелектуальними гаджетами різного призначення виробники і споживачі звернули пильну увагу на технологію безпроводової зарядки.

За роки експлуатації різних пристроїв, накопичується велика кількість різних кабелів і зарядних пристроїв. На сьогоднішній момент все більшу кількість пристроїв оснащують вбудованою бездротовою зарядкою, а зарядні пристрої вбудовують в побутові предмети, такі як лампи і монітори, і розміщують в громадських місцях, наприклад в таких як Starbucks і зали очікування аеропортів. Бездротова зарядка є зручною і простою у використанні

Процес безпроводової зарядки відбувається завдяки магнітному полю, створюваному зарядним пристроєм, який оточує як зарядку так і пристрій, що дозволяє проводити передачу енергії. Користувачам не потрібне фізичне з'єднання між пристроєм і зарядкою, але обидва пристрої повинні бути дуже близько, не далі 5 сантиметрів один від одного, включаючи товщину корпусу пристрою. У більшості випадків, користувач може покласти пристрій на зарядну платформу. Основна перевага безпроводової зарядки, відсутність шнурів живлення.

Цей процес не є повністю бездротовим, так як і раніше необхідно підключитися до зарядної станції (електричної мережі). Але користувачу буде потрібна тільки одна зарядна станція для всіх пристроїв, і їх можна буде зарядити один і той же час, використовуючи тільки одну зарядну базу. Бездротові зарядки, як правило, повільніше, ніж провідні, хоча технології не стоять на місці, і незабаром вони будуть досягати швидкості, яка дозволить їм змагатися з провідними конкурентами.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільшим недоліком безпроводової зарядки в даний час є існування багатьох бездротових стандартів зарядки. Мобільні пристрої використовують один або комбінацію з трьох основних стандартів: Qi by the Wireless Power Consortium (WPC), PMA by the Power Matters Alliance (PMA) and Rezence by the Alliance for Wireless Power (A4WP). Qi і PMA вбудовуються в смартфони, смарт-годинник, Bluetooth колонки і зарядні станції у вигляді годинника, лампи, комп'ютерні монітори, а так само автомобільні пристрої. Обидва стандарти вимагають, щоб ви помістили свій пристрій на зазначене для зарядки місце.

Нова версія стандарту Qi, дозволяє випускати зарядні пристрої з потужністю передачі до 15 Вт, що означає більш швидку зарядку. Вони підтримують зарядку від 0 до 60 відсотків всього за 30 хвилин - швидше, ніж навіть провідні зарядні пристрої. A4WP Rezence найбільш надійна технологія безпроводової зарядки. Зарядні пристрої можуть передавати до 50 Вт на відстані до 5 см, так що пристрій не повинен перебувати безпосередньо на зарядці, що робить технологію зручною для великих пристроїв, таких як ноутбуки. На відміну від інших бездротових стандартів зарядки, зарядні пристрої Rezence не вимагають в розміщувати пристрій належним чином дозволяють розмістити до восьми пристроїв одночасно. На них не впливає метал, тому вони працюють з пристроями які мають металевий корпус.

PMA і A4WP оголосили, що вони будуть об'єднувати свої стандарти в так званій A4WP / PMA. Так що скоро буде два стандарти, Qi і A4WP / PMA. Найбільш широко використовуваним стандартом є Qi, з понад 770 різновидів Qi готових пристроїв, включаючи смартфони, смарт-годинники, Bluetooth колонки, і інші мобільні пристрої від таких виробників як Apple, Nokia, HTC, Samsung, Motorola, LG, Google, Panasonic, Philips і Sony. Всі Qi-сумісні пристрої мають логотип Qi і будуть працювати з будь-якими сумісним Qi-зарядними пристроями, незалежно від виробника. Якщо пристрій не має логотипу Qi, слід перевірити список PMA сертифікованої продукції, щоб з'ясувати, чи підтримує пристрій бездротовий стандарт PMA. Для деяких

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гаджетів, які не відповідають вимогам, можна придбати відповідний. Якщо ваш телефон не має вбудованої підтримки безпроводової зарядки, ви можете придбати чохол, який підключається до порту зарядки вашого пристрою, і дозволяє користуватися всіма зручностями пов'язаними з відсутністю проводів. Технологія Rezence на даний момент вбудована в кілька пристроїв, в тому числі HTC One M9, LG G Flex 2 і ZTE Axon Pro.

В першому розділі роботи здійснено аналіз ринку бездротових заряджаючих пристроїв та проаналізовано технології їх створення. В результаті аналізу обґрунтовано вибір методу їх розробки та здійснена постановка задачі.

В другому розділі роботи спроектовано структуру пристрою та його складових, зокрема, передаючого та приймаючого пристроїв зарядки. На основі спроектованої структури та її складових, розроблено методику налаштування передаючого та приймаючого пристроїв.

В третьому розділі розроблено електричну функціональну схему бездротового заряджаючого пристрою та здійснено її налаштування.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 БЕЗДРОТОВА ПЕРЕДАЧА ЕНЕРГІЇ

1.1 Особливості використання бездротових заряджаючих пристроїв

В останні роки ряд авторитетних аналітичних агентств представив прогнози розвитку світового ринку бездротових зарядних пристроїв аж до 2020р. І хоча вони мають певні відмінності, згідно з усіма дослідженнями передбачається стійке підвищення доходів в цьому сегменті ринку. Очікується, що сумарний дохід в 2019р складе приблизно 10 млрд дол., а в 2020 р - 15 млрд дол. При середньорічному темпі зростання (CAGR) в період 2013-2018 рр. від 42 до 56%. Частка ринку бездротових зарядних пристроїв для мобільних телефонів в 2020 р складе 5 млрд дол. Очікується також зростання доходів в сегменті зарядних пристроїв для автомобілів, який згідно з прогнозами складе 4,6 млрд дол. В 2019 г. На рисунку 1.1 приведена діаграма розподілу зростання доходів від продажів бездротових зарядних пристроїв в залежності від їх призначення за минулі роки та прогноз на недалеке майбутнє [].



Рисунок 1.1 - Діаграма розподілу зростання доходів від продажів бездротових зарядних пристроїв в залежності від їх призначення

Термін «бездротова передача електроенергії» є широко поширеним і стосується багатьох сфер застосування, в тому числі і безпроводової зарядки акумуляторів. в наш час існують як комерційно вигідні для масового застосування рішення, так і інші підходи, що в даний час виглядають нереально. В останні роки виробники і споживачі звернули увагу на можливість безпроводової передачі електроенергії в додатках, орієнтованих на масового споживача, в першу чергу, на технологію безпроводової зарядки акумуляторів.

Можливі варіанти технології безпроводової передачі електроенергії, які використовуються для зарядки акумуляторів, представлені на рисунку 1.2 [1]. Беручи до уваги уявну «всюдисущність» електромагнітних хвиль, що випромінюють багатьма радіочастотними передавачами (телевежі, антени стільникового зв'язку, точки Wi-Fi-доступу), привабливою представляється ідея використовувати для зарядки «вільну енергію з повітря».

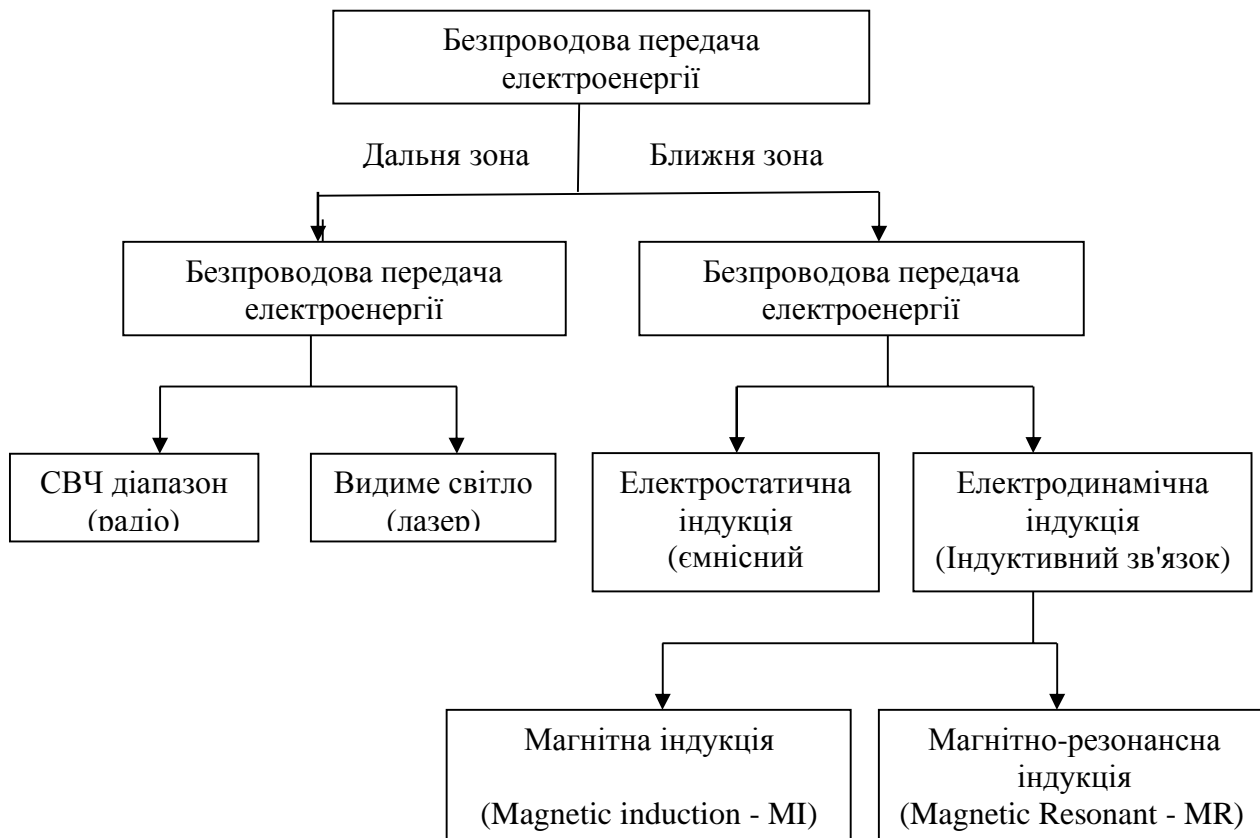


Рисунок 1.2 – Класифікація технологій безпроводової передачі електроенергії

Тим не менш, компанія Powercast Corporation (США) одна з небагатьох випускає електронні компоненти для реалізації безпроводової передачі енергії з використанням електромагнітного випромінювання в частотному діапазоні 850 .. 950 МГц. Це передавач TX91501 і приймачі P1110 / P2110. Основні сфери їх застосування: бездротова зарядка, будівельна автоматизація, медицина, промисловий моніторинг, малопотужна електроніка, інтелектуальні мережі та бездротові датчики.

Передавач TX91501 має розміри 171,45 × 158,75 × 41,4 мм (маса 450 г). Джерело живлення - 5 В / 1 А. Випромінювання здійснюється на центральній частоті 915 МГц із застосуванням технології розширення спектру методом DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Вихідна потужність - 1 або 3 Вт. На рисунку 3 наведена область покриття передавача TX91501 (3 Вт). Для обміну даними з приймачем використовується амплітудна маніпуляція виду ASK (Amplitude Shift Keying). Передавач TX91501 призначений для роботи в діапазоні температур -20 .. 50 ° С.

Однак, в даний час найбільшого поширення набули пристрої безпроводової зарядки, в яких для передачі енергії використовується індуктивний зв'язок. Спочатку на ринку з'явилися пристрої, в основу створення яких покладено метод магнітної індукції (Magnetic Induction, MI), а останнім часом ряд компаній готується приступити до виробництва пристроїв, в яких використовується магнітно-резонансний метод (Magnetic Resonant, MR).

Бездротові зарядні пристрої можуть успішно застосовуватися в різних сферах побуту та промисловості. Одна зі сфер застосування, якої, по суті, зобов'язана назва технології - бездротові зарядні пристрої. Багато користувачів є власниками смартфонів, планшетних комп'ютерів, мобільних телефонів, цифрових фото- і відеокамер та інших інтелектуальних гаджетів. Одна з проблем споживачів - перехід до універсальних зарядних пристроїв, оскільки їх власникам в даний час доводиться користуватися різнотипними адаптерами і зарядними пристроями через відмінності в електричних

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

характеристиках і конструкціях пристроїв різних виробників. Очікується, що впровадження універсального зарядного пристрою позбавить користувачів від необхідності заміни старого в разі придбання нової моделі мобільного телефону або іншого високотехнологічного пристрою. Крім того, це дозволить уникнути проблем розплутування «павутини» проводів в пошуках потрібного зарядного пристрою при необхідності заряджати кілька різних пристроїв одночасно.

1.2 Стандарти побудови бездротових заряджаючих пристроїв

Виходячи з узагальненої класифікації методів безпроводової передачі електроенергії розглянемо особливості реалізації кожного методу.

Ультразвуковий спосіб передачі енергії винайдений студентами університету Пенсільванії і вперше широкому загалу представлено на виставці «The All Things Digital» (D9) в 2011 році. Як і в інших способах безпроводової передачі чого-небудь, використовувався приймач і передавач. Передавач випромінював ультразвук; приймач, в свою чергу, перетворював чутне в електрику. На момент презентації відстань передачі досягало 7-10 метрів, і була необхідна пряма видимість приймача і передавача. Передане напруга сягала 8 вольт; одержувана сила струму не повідомляється. Використовувані ультразвукові частоти ніяк не діють на людину. Також немає відомостей і про негативний вплив ультразвукових частот на тварин.

Практичне застосування ультразвуку для передачі енергії неможливо через дуже низького ККД, обмежень у багатьох державах на максимальний рівень звукового тиску, який дозволить передавати прийнятну потужність, і інших обмежень [32].

При безпроводової передачі енергії методом електромагнітної індукції використовується ближнє електромагнітне поле на відстанях близько однієї

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

шостої довжини хвилі. Енергія ближнього поля сама по собі не є випромінює, проте деякі радіаційні втрати все ж відбуваються. Крім того, як правило, мають місце і резистивні втрати. Завдяки електродинамічній індукції, змінний електричний струм, що протікає через первинну обмотку, створює змінне магнітне поле, яке діє на вторинну обмотку, індуючи в ній електричний струм. Для досягнення високої ефективності взаємодія має бути досить тісним. У міру віддалення вторинної обмотки від первинної, все більша частина магнітного поля не досягає вторинної обмотки. Навіть на відносно невеликих відстанях індуктивний зв'язок стає вкрай неефективною, витрачаючи велику частину переданої енергії даремно.

Електричний трансформатор є найпростішим пристроєм для безпроводової передачі енергії. Первинна і вторинна обмотки трансформатора прямо не пов'язані. Передача енергії здійснюється за допомогою процесу, відомого як взаємна індукція. Основною функцією трансформатора є збільшення або зменшення первинної напруги. Безконтактні зарядні пристрої для мобільних телефонів і електричних зубних щіток є прикладами використання принципу електромагнітної індукції. Індукційні плити також використовують цей метод. Основним недоліком методу безпроводової передачі є невелика відстань його дії. Приймач повинен перебувати в безпосередній близькості до передавача для того, щоб ефективно з ним взаємодіяти.

Використання резонансу дещо збільшує дальність передачі. При резонансній індукції передавач і приймач налаштовані на одну частоту. Продуктивність може бути поліпшена шляхом зміни форми хвилі струму від синусоїдальних до несинусоїдальних перехідних форм. Імпульсна передача енергії відбувається протягом декількох циклів. Таким чином, значна потужність може бути передана між двома взаємно налаштованими LC-ланцюгами з відносно невисоким коефіцієнтом зв'язку. Передавальна і приймальна котушки, як правило, представляють собою одношарові

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

соленоїди або плоску спіраль з набором конденсаторів, які дозволяють налаштувати приймаючий елемент на частоту передавача.

Сферою застосування резонансної електромагнітної індукції є зарядка акумуляторних батарей портативних пристроїв, таких, як портативні комп'ютери і стільникові телефони, медичні імплантати і електромобілі. Техніка локалізованої зарядки використовує вибір відповідної передавальної котушки в структурі масиву багат шарових обмоток. Резонанс використовується як в панелі безпроводової зарядки (передавальному контурі), так і в модулі приймача (вбудованого в навантаження) для забезпечення максимальної ефективності передачі енергії. Техніка прийнята в якості частини стандарту безпроводової зарядки Qi.

Резонансна електродинамічна індукція також використовується для живлення пристроїв, що не мають акумуляторних батарей, таких, як RFID-мітки і безконтактні смарт-карти.

Електростатичний або ємнісний зв'язок забезпечує проходження електроенергії через діелектрик. На практиці це градієнт електричного поля або диференціальна ємність між двома або більше ізольованими клемми (пластинами, електродами або вузлами), що підносяться над провідною поверхнею. Електричне поле створюється за рахунок заряду пластин змінним струмом високої частоти і високого потенціалу. Ємність між двома електродами і живиться пристроєм утворює різницю потенціалів. Електрична енергія, що передається за допомогою електростатичної індукції, може бути використана в приймальному пристрої, наприклад бездротові лампи. Н.Тесла продемонстрував бездротове живлення ламп освітлення енергією, яка передається змінним електричним полем.

Радіохвильову передачу енергії можна зробити більш спрямованою, значно збільшивши відстань ефективної передачі енергії шляхом зменшення довжини хвилі електромагнітного випромінювання, як правило, до мікрохвильового діапазону. Для зворотного перетворення мікрохвильової енергії в електрику може бути використана ректенна, ефективність

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

перетворення енергії якої перевищує 95%. Ректенна (від англ. Rectifying antenna - випрямляюча антена) - пристрій, що представляє собою нелінійну антену, призначену для перетворення енергії поля падаючої на неї електромагнітної хвилі в енергію постійного струму. Даний спосіб був запропонований для передачі енергії з орбітальних сонячних електростанцій на Землю і живлення космічних кораблів, які покидають земну орбіту. Складністю в створенні енергетичного мікрохвильового променя є те, що для використання його в космічних програмах через дифракцію, що обмежує спрямованість антени, необхідна діафрагма великого розміру. Наприклад, згідно з дослідженням НАСА, для мікрохвильового променя частотою 2,45 ГГц, знадобиться передавальна антена діаметром в 1 км, а діаметр приймаючої ректенни становитиме 10 км. Ці розміри можуть бути знижені шляхом використання більш коротких довжин хвиль, однак короткі хвилі можуть поглинатися атмосферою, а також блокуватися дощем або краплями води. Існують і інші обмеження застосування радіохвиль, наприклад щільність пучка. Безпечний для людини і навколишнього середовища рівень щільності потужності становить 1 мВт/см², що на площі кола діаметром 10 км відповідає потужності в 750 МВт. Цей рівень відповідає потужності сучасних електростанцій.

У тому випадку, якщо довжина хвилі електромагнітного випромінювання наближається до видимої області спектра (від 10 мкм до 10 нм), енергію можна передати шляхом її перетворення в промінь лазера, який потім може бути направлений на фотоелемент приймача. Лазерна передача енергії в порівнянні з іншими методами безпроводової передачі має низку переваг:

- передача енергії на великі відстані (за рахунок малої величини кута розходження між вузькими пучками монохроматичної світлової хвилі);

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зручність застосування для невеликих виробів (завдяки невеликим розмірам твердотілого лазера - фотоелектричного напівпровідникового діода);
- відсутність радіочастотних перешкод для існуючих засобів зв'язку, таких, як Wi-Fi і стільникові телефони (лазер немає створює таких перешкод);
- можливість контролю доступу (отримати електроенергію можуть тільки приймачі, освітлені лазерним променем).

У даного методу є і ряд недоліків:

- перетворення низькочастотного електромагнітного випромінювання в високочастотне, яким є світло, неефективно. Перетворення світла назад в електрику також неефективно, тому що коефіцієнт корисної дії фотоелементів досягає 40-50%, хоча ефективність перетворення монохроматичного світла значно вище, ніж ефективність сонячних панелей;
- втрати в атмосфері;
- необхідність прямої видимості між передавачем і приймачем (як і при мікрохвильовій передачі).

Технологія передачі потужності за допомогою лазера раніше, в основному, досліджувалася при розробці нових систем озброєнь і в аерокосмічній промисловості, а в даний час розробляється для комерційної та споживчої електроніки в малопотужних пристроях. Системи безпроводової передачі енергії із застосуванням в споживчих цілях повинні задовольняти вимогам лазерної безпеки стандарту ІЕС 60825. Для кращого розуміння лазерних систем слід брати до уваги те, що лазерний промінь набагато меншою мірою залежить від дифракційних обмежень, як просторове і спектральний узгодження характеристик лазерів дозволяють збільшити робочу потужність і дистанцію, як довжина хвилі впливає на фокусування.

Драйденский льотно-дослідний центр НАСА продемонстрував політ легкого безпілотного літака-моделі, що живиться лазерним променем. Це

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

довело можливість періодичної підзарядки за допомогою лазерної системи без необхідності приземлення літального апарату. Крім того, підрозділ НАСА «Lighthouse DEV», спільно з Університетом штату Меріленд розробляє лазерну систему живлення невеликих БПЛА, безпечну для очей.

Однопровідна електрична система SWER (англ. Single wire with earth return) ґрунтується на струмі землі і одному ізольованому проводі. В аварійних випадках високовольтні лінії постійного струму можуть працювати в режимі SWER. Заміна ізольованого проводу на атмосферну зворотний зв'язок для передачі потужного високочастотного змінного струму стала одним з методів безпроводової передачі електроенергії. Крім того, досліджувалася можливість безпроводової передачі електроенергії тільки через землю.

Протягом останніх років організації зі стандартизації і промислові консорціуми активно займалися розробкою стандартів і специфікацій, пов'язаних з бездротовою передачею енергії. Одним з важливих аспектів, що враховуються при виробленні стандартів, є комерціалізація. Один з комітетів, що входять в асоціацію інженерів автомобілебудування (Society of Automotive Engineers, SAE), представив стандарт для безпроводової зарядки електромобілів і гібридних електротранспорту засобів (автомобілів і автобусів). Розробкою стандартів займаються також авторитетні міжнародні та регіональні організації зі стандартизації. У їх числі - міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), німецька комісія з електроустаткування, електроніці та інформаційних технологій, японський науково-дослідний інститут автомобільної промисловості.

Асоціація споживачів електроніки (Consumer Electronics Association, CEA) також бере активну участь в розробці стандартів, при цьому головний акцент робиться на застосуванні технології в споживчих додатках. В асоціації CEA створено кілька робочих груп по розробці стандарту, в тому числі WG4 і WG5. Робоча група WG4 займається розробкою стандарту на базі MR-технології, група WG5 - технології MI. Відповідно до класифікації,

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

запропонованої СЕА, основна відмінність цих технологій полягає у величині коефіцієнта (k) зв'язку котушок. У магнітно-резонансному методі $k < 0,1$ (хоча допускається також $k = 1$), тобто використовуються слабо-зв'язані котушки (loosely-coupled). В індуктивному - коефіцієнт зв'язку котушок повинен бути якомога ближче до одиниці, тобто використовуються Сильнозв'язані котушки (tightly-coupled).

Крім того, в останні роки були створені міжнародні галузеві об'єднання з розробки та просування специфікацій, а також компонентів і обладнання для безпроводової зарядки - консорціум Wireless Power Consortium (WPC), а також альянси Power Matters Alliance (PMA) та Alliance for Wireless Power (A4WP).

До консорціуму WPC, заснований в 2008 р, входить більше 200 компаній. Завдання консорціуму - розробка специфікацій малопотужних бездротових пристроїв електроживлення та зарядки акумуляторів, а також відповідної технології. В кінці 2010 р консорціум представив перші специфікації для реалізації систем безпроводової передачі електроенергії потужністю до 5 Вт. Специфікації отримали назву Qi 1.0 (Quality Interface). Версія специфікацій Qi 1.1 (120 Вт) була опублікована в 2012 р.

Членами створеного в 2012 р альянсу PMA є понад 100 організацій. В альянсі є кілька технічних робочих груп, в т.ч. Inductive Power Working Group (IPG) і Resonance Power Working Group (RPG). Перша займається технологією передачі електроенергії з використанням методу магнітної індукції, друга - індуктивно-резонансного методу.

Альянс A4WP був заснований в 2012 р січні 2013 р альянс представив першу версію специфікацій A4WP Version 1.0 BSS (Baseline System Specification), часто згадуваних під назвою Rezence. Разом з тим продовжується активна робота по їх доопрацювання. Передбачається, що ці специфікації складуть серйозну конкуренцію більш раннім специфікаціям Qi і Power 2.0, запропонованим альянсами WPC і PMA, відповідно.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

В даний час активно просуваються, по суті, два різновиди специфікацій безпроводової зарядки. Це специфікації, розроблені альянсами WPC і PMA, в основу яких покладено принцип магнітної індукції (MI), а також пропонується альянсом A4WP специфікація, що базується на використанні магнітно-резонансного методу (MR), що активно просувається під брендом Rezence.

У січні 2014 року на міжнародній виставці споживчої електроніки CES 2014 консорціум WPC продемонстрував можливості зарядних пристроїв, створених на базі магнітно-резонансної технології відповідно до нових модифікованими Qi-специфікаціями.

Такі відомі корпорації як Intel і Qualcomm Incorporated, що орієнтуються на застосування технології безпроводової зарядки в своїх мобільних пристроях, запропонували власні варіанти цієї технології. Це Intel's Wireless Charging Technology і Qualcomm's WiPower, в яких також використовується індуктивно-резонансний метод. Специфікації альянсу A4WP багато в чому базуються на технології Qualcomm's WiPower. Компанія IDT має партнерські угоди з Intel і Qualcomm Incorporated, що передбачають виконання компанією IDT розробку і виробництво мікросхем, що підтримують ці технології.

Компанії PowerbyProxu і WiTricity, які пропонують різне обладнання для безпроводової передачі електроенергії і вже давно заявили про себе на ринку промислових і військових програм. В даний час вони активно впроваджують свої досягнення і на споживчому ринку.

Аналіз методів безпроводової передачі електроенергії та розроблених міжнародних стандартів дозволяє виділити використання магнітної індукції як найбільш доступний та перспективний метод, що не вимагає значних матеріальних затрат.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.3 Постановка задачі по розробці бездротових заряджаючих пристроїв

Для успішного впровадження нової технології в електроніку масового попиту нові пристрої, призначені для заміни існуючих, повинні мати привабливі споживчі якості:

- пристрої повинні бути зручними в експлуатації хоча б за рахунок відмови від «павутини» проводів живлення або усунення необхідності заміни батарей;
- пристрої повинні бути більш надійними, що забезпечується зменшенням відмов електронних систем, що викликані використанням рознімних з'єднувачів і проводів живлення;
- пристрої повинні бути екологічно чистими завдяки відмові від застосування одноразових батарей. Використання мережевої безпроводової структури для передачі енергії набагато дешевше і крім того не приведе до забруднення навколишнього середовища, як це відбувається при виробництві та використанні батарей, що базуються на традиційних хімічних джерелах електроенергії;
- повинна бути підвищена безпека користування пристроями, що досягається вилученням проводів і роз'ємів, які можуть стати джерелами іскроутворення. Крім того, відсутність роз'ємів дозволяє реалізувати пристрої в водонепроникному і вибухозахищеному виконаннях;
- пристрої повинні бути недорогими. Передбачається можливість зарядки декількох приладів від одного пристрою.

Крім того, пристрої, що підтримують бездротову передачу електроенергії, повинні забезпечувати роботу в діапазоні потужності від менш 1 Вт (бездротові датчики і малопотужні електронні пристрої) до більш 3 кВт (промислові системи і електричні транспортні засоби) як в режимі безпосереднього використання (наприклад, в світлодіодних світильниках),

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

так і в режимі накопичення енергії в акумуляторах інтелектуальних гаджетів, транспортних засобів.

В даній роботі пропонується розробка та моделювання схеми бездротового заряджаючого пристрою на основі використання магнітної індукції. З цією метою в наступних розділах слід розробити структурні схеми передавального та приймаючого пристроїв. З метою перевірки їх працездатності слід запропонувати методикау їх верифікації. Важливим компонентом, що супроводжуватиме розробку буде обґрунтування та вибір програмного середовища (системи автоматизованого проектування). Реалізацію системи слід провести в середовищі системи автоматизованого проектування та з візуалізацією результатів.

Як допоміжні, але дуже важливі функції, в системі передбачається реалізувати контроль напруг та струмів. Це дозволить забезпечити відключення пристрою в аварійних випадках.

Таким чином, виходячи з постановки задачі, в наступному розділі пропонується здійснити проектування основних компонентів пристрою.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗАРЯДЖАЮЧОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Використання магнітної індукції для побудови бездротового заряджаючого пристрою

Магнетизм – особлива форма взаємодії як між електричними струмами, так і між електричними струмами та магнітами а також між магнітами. Магнітні властивості характерні для всіх без виключення тіл. В загальному вигляді магнетизм можна визначити як форму матеріальної взаємодії, що виникає між рухомими електрично зарядженими частинками. Передача магнітної взаємодії, що реалізує зв'язок, який відбувається між тілами, здійснюється магнітним полем. Широкий діапазон явищ магнетизму, що тягнеться від магнетизму елементарних частинок до магнетизму космічного простору, обумовлює його велику роль в науці і техніці.

Здатність магнітного поля виявляти силову дію на провідники зі струмом характеризує фізична величина, яка називається вектором магнітної індукції. Тобто, магнітна індукція (\vec{B}) – це векторна фізична величина, яка є силовою характеристикою магнітного поля і чисельно дорівнює відношенню максимального обертаючого моменту, що діє на контур зі струмом в однорідному магнітному полі, до добутку сили струму I в контурі на його площу S (формула 2.1).

$$\vec{B} = \frac{M_{max}}{I * S} \quad (2.1)$$

Окрім вектора магнітної індукції для характеристики магнітного поля використовують допоміжну величину (\vec{H}), яку називають напруженістю

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магнітного поля. Магнітна індукція і напруженість зв'язані між собою співвідношенням:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}. \quad (2.2)$$

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнітна стала;

μ – відносна магнітна проникність середовища;

\vec{H} – напруженість магнітного поля.

Магнітна проникність середовища μ – це фізична величина, яка показує, у скільки разів магнітна індукція поля в даному середовищі відрізняється від магнітної індукції поля у вакуумі. Для вакууму $\mu=1$. Напруженість магнітного поля \vec{H} – це векторна величина, яка є кількісною характеристикою магнітного поля. Напруженість магнітного поля визначає той внесок в магнітну індукцію, який дають зовнішні джерела поля, вимірюється в А/м .

У системах безпроводової зарядки для передачі енергії від джерела (передавача) до приймача використовується явище електромагнітної індукції, яке полягає у виникненні електричного струму в замкнутому контурі при зміні магнітного потоку, що пронизує цей контур. На сайтах консорціумів WPC, PMA і A4WP можна знайти інформацію про принцип дії систем передачі енергії без проводів. Система складається з первинної котушки L1 (джерела) і вторинної котушки L2 (приймача). Котушки утворюють систему з індуктивним зв'язком. Змінний струм, протікаючи в обмотці первинної котушки, створює магнітне поле, що індукує напругу в приймальній котушці, яка може бути використано як для зарядки акумулятора, так і для живлення електричної схеми пристрою. У міру віддалення вторинної котушки від первинної все більша частина магнітного поля розсіюється і не досягає вторинної котушки. навіть при відносно малих відстанях індуктивний зв'язок

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

стає неефективним. Спрощена еквівалентна схема бездротового пристрою передачі електроенергії на основі магнітно-зв'язаних котушок приведена на рисунку 2.1.

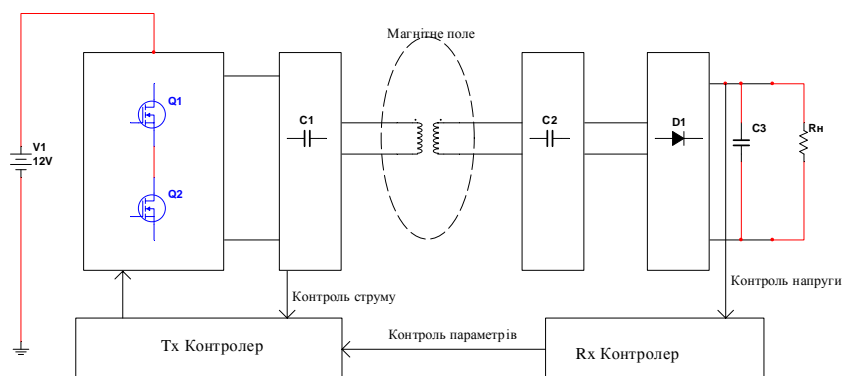


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема безпроводового заряджаючого пристрою

Узагальнена структурна схема безпроводового заряджаючого пристрою будується на основі ще більш ускладнених підходів. Це в першу чергу викликано тим, що як було показано в розділі 1.2, має місце несумісність пристроїв побудованих за різними стандартами. Тому в узагальнену схему вводять блоки ідентифікації приймаючих пристроїв. Зарядна поверхня (передавальна котушка) передає енергію тільки у випадку виявлення сумісного пристрою. Цей процес здійснюється за рахунок попередньої синхронізації. Розробники стандарту Qi називають схему управління передавача Tx контролером, а схему управління приймача енергії на портативному пристрої Rx контролером. З метою зменшення паразитних втрат потоку магнітної індукції передбачається екранування передавальної та приймаючої котушок.

Таким чином, в даному розділі здійснено аналіз можливостей використання магнітної індукції для побудови бездротового заряджаючого

пристрою. Розроблено його узагальнену схему, на якій передбачено необхідність доповнення її можливостей функціями захисту від аварійних ситуацій.

2.2 Структура бездротового заряджаючого пристрою

Виходячи з особливостей функціонування узагальненої структурної схеми, приведеної на рисунку 2.1, доопрацюємо її шляхом введення в схему блоків захисту безпроводової зарядки по струму та напрузі – рисунок 2.2.

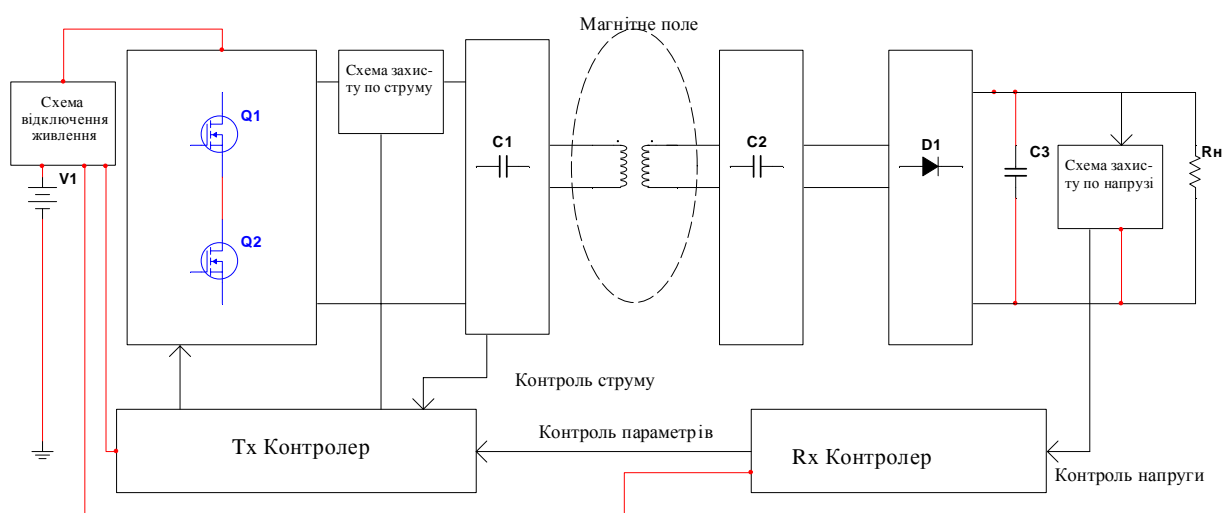


Рисунок 2.2 – Структурна схема безпроводового заряджаючого пристрою

Виходячи з даної структури передбачається, що у випадку перевищення порогових значень струму в передавальному пристрої та напруги в приймаючому, відповідний сигнал поступає на контролери T_x та R_x . Це буде свідчити про наявність аварійної ситуації і керуючий сигнал контролерів повинен відключити безпроводовий заряджаючий пристрій від

напруги живлення. Дана функція реалізується шляхом введення в схему блоку відключення живлення.

В загальному випадку, найпростішим захистом по струму є використання плавких вставок. Однак відчутним недоліком плавких запобіжників є їх одноразовість, необхідність подальшої ручної заміни на інший запобіжник, розрахований на той же струм захисту. Найчастіше, коли під рукою немає відповідного, ставлять саморобні (сурогатні) запобіжники або просто масивні перемички, що вкрай негативно відбивається на надійності роботи апаратури і небезпечно в пожежному відношенні.

Забезпечити автоматичну багаторазову захист пристрою і одночасно підвищити її швидкодію можна за рахунок використання електронних запобіжників. Ці пристрої можна поділити на два основні класи: перші з них самовідновлюють коло живлення після усунення причин аварії, другі - тільки після втручання людини. Відомі також пристрої з пасивним захистом - при аварійному режимі вони тільки ініціюють світловий або звуковий сигнал про наявність небезпечної ситуації.

Для захисту радіоелектронних пристроїв від перевантажень по струму зазвичай використовують резистивні або напівпровідникові датчики струму, включені послідовно в ланцюг навантаження. Як тільки падіння напруги на датчику струму перевищить заданий рівень, спрацьовує захисний пристрій, що відключає навантаження від джерела живлення. Перевагою такого способу захисту є те, що величину струму спрацювання захисту можна легко змінювати. Найчастіше цього досягають за допомогою датчика струму.

Іншим ефективним методом захисту навантаження є обмеження величини граничного струму через неї. Навіть при наявності в ланцюзі навантаження короткого замикання струм ні за яких обставин не зможе перевищити заданий рівень і пошкодити навантаження. Для обмеження граничного струму навантаження використовують генератори постійного струму. В якості схеми захисту по струму пропонується використати схему

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

обмежувача струму. В обмежувачі струму (рисунок 2.3) працюють біполярні транзистори з коефіцієнтом передачі по струму не менше 80 .. 100.

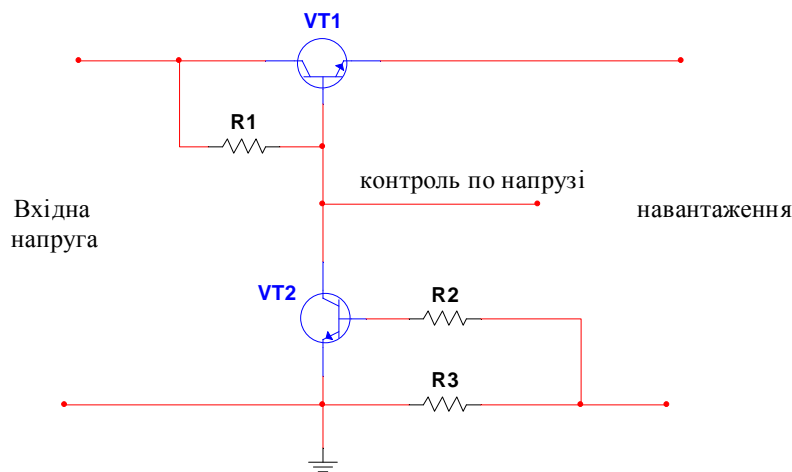


Рисунок 2.3 – Схема захисту по струму

Вхідна напруга через резистор R1 поступає на базу транзистора VT1 і відкриває його. Транзистор працює в режимі насичення, тому більша частина вхідної напруги надходить на вихід (навантаження). При струмі менше порогового транзистор VT2 закритий і на виході сигналу "контроль по струму" знаходиться високий рівень сигналу. Резистор R3 виконує роль датчика струму. Як тільки падіння напруги на ньому перевищить поріг відкривається транзистор VT2, зменшується напруга на базі VT1. Транзистор VT1 почне закриватися і струм через навантаження обмежиться. Одночасно на виході сигналу "контроль по струму" буде низький рівень сигналу, що поступить на вхід T_x контролера.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.3 Структури передавального та приймального вузлів бездротового заряджаючого пристроїв

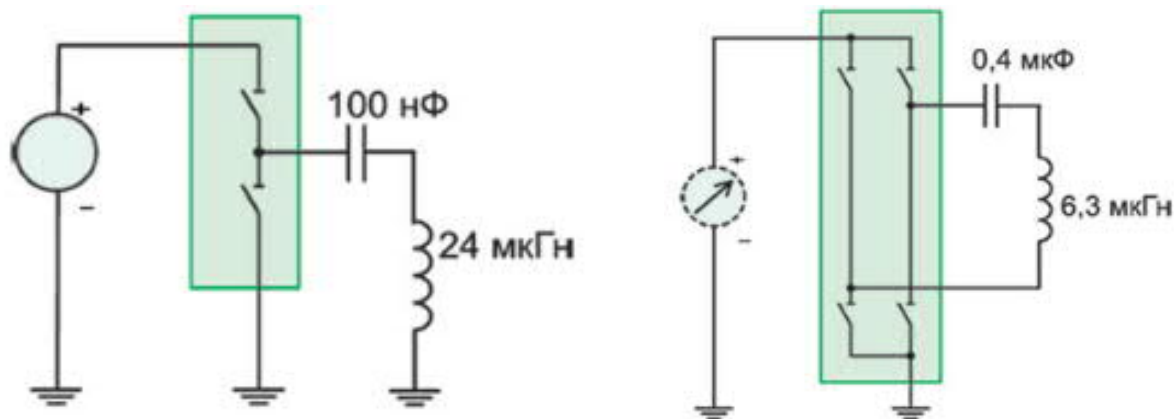
Стандарти, особливості яких були розглянуті в розділі 1.2, містять вимоги до потужності передавача, в них наведуться значення індуктивності передавальних котушок, діаметра і марки проводу обмотки, розмірів котушок, а також дані рекомендації з вибору матеріалу магнітних екранів і їх розташуванню. У деяких випадках для більш точного позиціонування котушок передбачається наявність постійних магнітів. Їх тип, розташування і орієнтація полюсів також регламентується специфікаціями. Крім того, для кожного типу передавача дані розміри передавальних котушок та наведено рекомендації щодо структури перетворювача, що формує струм в первинній котушці. Наведено також параметри PID-регулятора і його структурна схема.

Згідно WPC-стандарту передавач містить мостовий або напівмостовий DC/AC-перетворювач, що формує струм, і власне обмотку. У WPC-специфікаціях передбачено використання двох типів передавачів - А (А1 .. А18) і В (В1 .. В5), кожному з яких відповідає свій типорозмір котушок.

Передавачі типу А, як правило, містять всього одну обмотку, вона ж завжди використовується як активна. Якщо передбачено кілька або реалізований лінійний масив обмоток (наприклад, як в А6 з частковим перекриттям), то тоді тільки одна з обмоток підключається до перетворювача. Причому, саме та з масиву, яка в поточний момент забезпечує найбільш ефективну передачу енергії приймача. Вибір необхідної обмотки виконується на початковому етапі обміну даними з приймачем. Такий підхід дозволяє певною мірою реалізувати концепцію вільного позиціонування приймача і передавача, що дає можливість споживачам не турбуватися про точне суміщення мобільного пристрою з певною ділянкою поверхні зарядного пристрою. У передавачах типу А підтримується робота тільки з однією активною обмоткою.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

У передавачах типу В передбачається можливість роботи з декількома обмотками з масиву (тобто допускається одночасне їх підключення паралельно або послідовно), що забезпечує можливість вільного позиціонування приймача на поверхні передавача. Один перетворювач обслуговує тільки один приймач, однак не виключається можливість реалізації декількох перетворювачів, при цьому можна використовувати незадіяні обмотки з масиву. На рисунку 2.4 наведено структурна схема передавачів типу А1 і А5.



а) передавач типу А1

б) передавач типу А5

Рисунок 2.5 - Структури передавальних пристроїв

У передавачах типу В передбачається можливість роботи з декількома обмотками з масиву (тобто допускається одночасне їх підключення паралельно або послідовно), що забезпечує можливість вільного позиціонування приймача на поверхні передавача. Один перетворювач обслуговує тільки один приймач, однак не виключається можливість реалізації декількох перетворювачів, при цьому можна використовувати незадіяні обмотки з масиву.

Власне структура передавача електроенергії є достатньо простою – рисунок 2.6. Вона передбачає перетворення постійної енергії на змінну на

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

основі використання генераторних схем. В принципі можливе використання мультівібраторів різної структури.

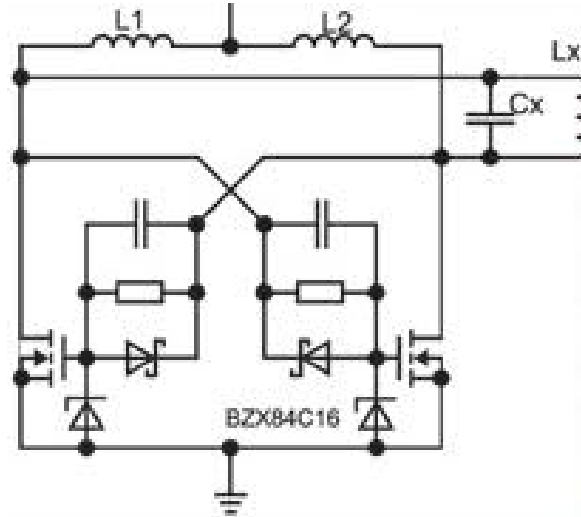


Рисунок 2.6 – Структура передавального блоку

Структура приймального блоку теж будується відносно просто – рисунок 2.7.

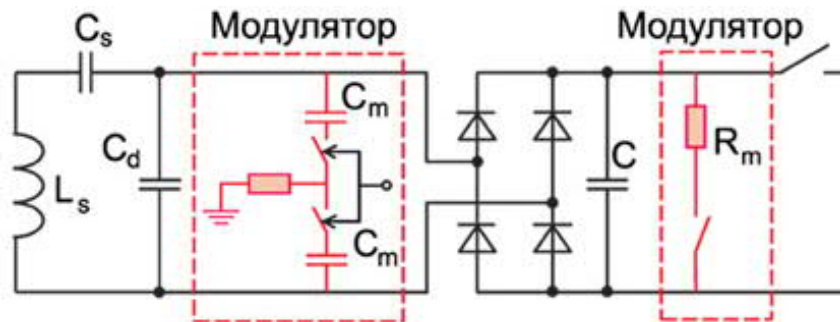


Рисунок 2.6 – Структура приймального блоку

Сигнал контролю напруги (рисунок 2.2) використовується для управління переданою напругою (ШІМ-модуляція). Модуляція

навантаженням може передбачати зміну кількості підключених елементів споживання струму.

Таким чином, в даному розділі спроектовано схеми передавального та приймаючого пристроїв.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗАРЯДЖАЮЧОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Розробка та налаштування генеруючого вузла

Як було показано в другому розділі, типовим значенням напруги живлення пристроїв бездротової зарядки є 12В. Звичайно, можна виконати генеруючий вузол різними способами. Однак, перспективним є застосування мікросхеми таймера LM555 (NE 555). Мікросхема таймера LM 555 включає близько 20 транзисторів, 15 резисторів, 2 діоди. Вихідний струм 200 мА, струм споживання приблизно на 3 мА більше. Напруга живлення від 4,5 до 18 вольт. Точність таймера не залежить від зміни напруги живлення і становить не більше 1% від розрахункового значення []. Вітчизняними аналогами даної мікросхеми є КР1006ВИ1, а в МОН-виконанні КР1441ВИ1.

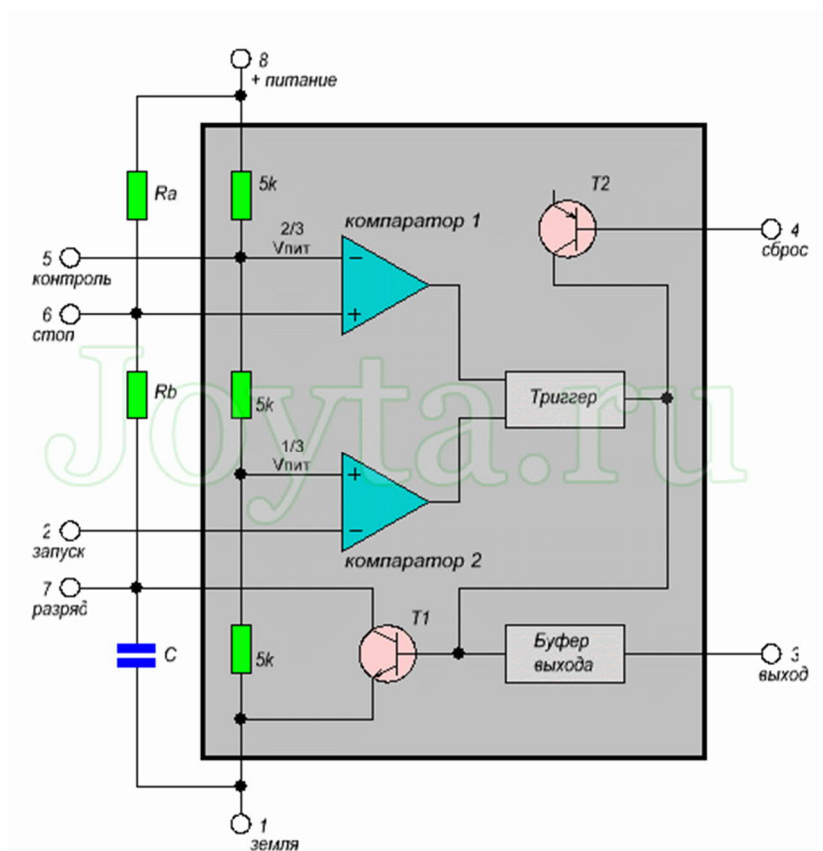


Рисунок 3.1 – Будова мікросхеми таймера LM 555

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Внутрішня структура LM555 включає в себе п'ять функціональних вузлів, які можна бачити на рисунку 3.2.

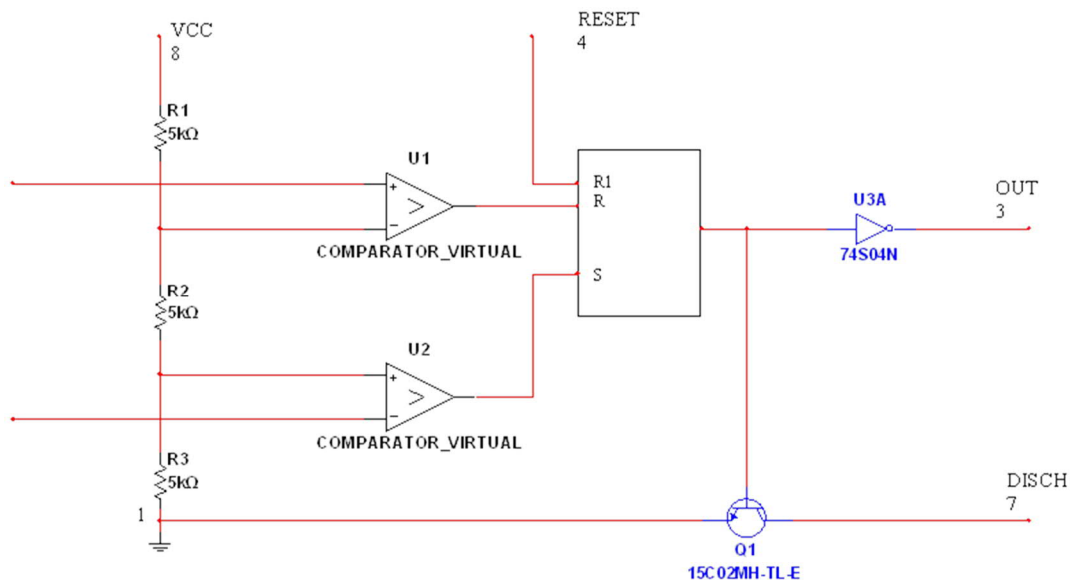


Рисунок 3.2 - Внутрішня структура LM555

На вході розташований резистивний дільник напруги, який формує дві опорні напруги для прецизійних компараторів. Вихідні контакти компараторів надходять на наступний блок - RS-тригер з зовнішнім виводом для скидання, а потім на підсилювач потужності. Останнім вузлом є транзистор з відкритим колектором, який може виконувати кілька функцій, в залежності від поставленого завдання. Рекомендоване напруга живлення для ІМС типу NA, NE, SA лежить в інтервалі від 4,5 до 16 вольт, а для SE може досягати 18В. При цьому струм споживання при мінімальному $U_{пит}$ дорівнює 2-5 мА, при максимальному $U_{пит}$ - 10-15 мА. Деякі ІМС 555 КМОП-серії споживають не більше 1 мА. Найбільший вихідний струм імпоротної мікросхеми може досягати значення в 200 мА. Для КР1006ВІ1 він не вище 100 мА. Якість збірки і виробник сильно впливають на умови експлуатації таймера. Більш детально ознайомитися з електричними

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

параметрами, дізнатися типові значення напруги і струму на входах CONT, RESET, THRES, і TRIG можна в datasheet на ІМС серії XX555.

LM555 і її аналоги переважно випускаються в восьмививідному корпусі типу PDIP8, TSSOP або SOIC. Розташування виводів незалежно від корпусу - стандартне. Умовне графічне позначення таймера є прямокутником з написом G1 (для генератора одиночних імпульсів) і GN (для мультівібраторів).

Перший вивід щодо ключа підключається до мінуса живлення пристрою. Подача імпульсу низького рівня (запуск TRIG) на вхід другого компаратора призводить до запуску і появи на виході сигналу високого рівня, тривалість якого залежить від номіналу зовнішніх елементів R і C. На виході OUT з'являються генеровані імпульси. Вивід скидання RESET має найвищий пріоритет і здатний керувати роботою таймера незалежно від напруги на інших виводах. Щоб дозволити роботу необхідно, щоб на ньому був присутній потенціал більше 0,7 вольт. З цієї причини його через резистор з'єднують з живленням схеми. Поява імпульсу менше 0,7 В забороняє роботу LM555. Вивід контроль CTRL, як видно з внутрішнього устрою мікросхеми безпосередньо з'єднаний з дільником напруги і під час відсутності зовнішнього впливу видає $2/3 V_{cc}$. Подаючи на CTRL керуючий сигнал, можна отримати на виході модульований сигнал. У простих схемах він підключається до зовнішнього конденсатору. Вивід THR є входом першого компаратора, поява на якому напруги більше $2/3 V_{cc}$ зупиняє роботу тригера і переводить вихід таймера в низький рівень. При цьому на виводі 2 повинен бути відсутнім сигнал запуску, так як TRIG має пріоритет перед THR (крім KP1006B11). Вивід DIS з'єднаний безпосередньо з внутрішнім транзистором, який включений по схемі із загальним колектором. Зазвичай до переходу колектор-емітер підключають часозадаючий конденсатор, який розряджається, поки транзистор знаходиться у відкритому стані. Рідше використовується для підвищення навантаження таймера. Живлення VCC відключається до плюса джерела живлення 4,5-16В.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Мультивибратор є генератором періодичних імпульсів прямокутної форми із заданою амплітудою, тривалістю або частотою, залежно від поставленого завдання. Його відмінність від одновібратора полягає у відсутності зовнішнього впливу, що обурює для нормального функціонування пристрою. Принципова схема мультивібратора на базі LM555 показана на рисунку 3.3.

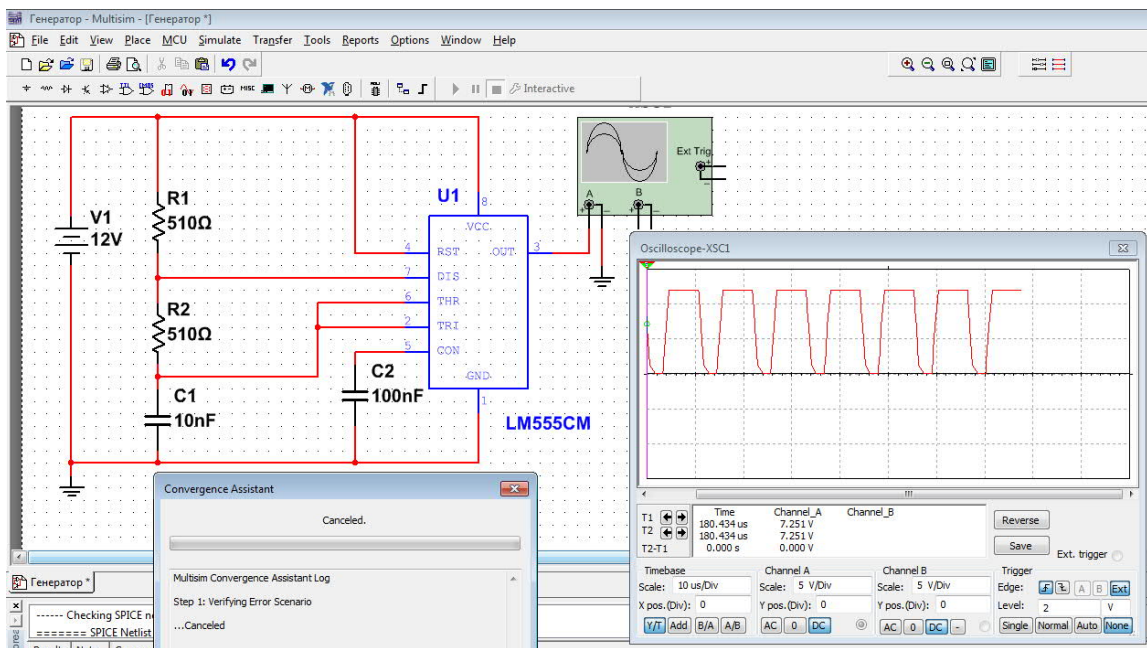


Рисунок 3.3 – Генератор на мікросхемі LM555

У формуванні повторюваних імпульсів беруть участь резистори R1, R2 і конденсатор C1. Час імпульсу (t_1), час паузи (t_2), період (T) і частоту (f) розраховують за нижченаведеними формулами:

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \ln 2 * (R1 + R2) * C ; \\
 t_2 &= \ln 2 * R2 * C ; \\
 T &= \ln 2 * (R1 + 2R2) * C ;
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

З даних формул нескладно помітити, що час паузи не зможе перевищити час імпульсу, тобто досягти скважності ($S = T / t_1$) більше 2 одиниць не вдасться. Для вирішення проблеми в схему додають діод, катод якого з'єднують з висновком 6, а анод з висновком 7. Схема працює в такий спосіб. У момент подачі живлення конденсатор C1 розряджений, що переводить вихід таймера в стан високого рівня. Потім C1 починає заряджатися, набираючи ємність до верхнього граничного значення $2/3 V_{cc}$. Досягнувши порога мікросхема перемикається, і на виході з'являється низький рівень сигналу. Починається процес розряду конденсатора (t_1), який триває до нижнього порогового значення $1/3 V_{cc}$. За його досягнення відбувається зворотне перемикання, і на виході таймера встановлюється високий рівень сигналу. В результаті схема переходить в автоколивний режим.

Осцилограма на рисунку 3.3 ілюструє процес формування імпульсів. Однак частота імпульсів для безпроводової зарядки згідно стандарту Qi становить 100-200кГц, а для стандарту PMA 250-350кГц. На жаль NI Multisim не може забезпечити моделювання для таких частот.

3.2 Розробка схеми випрямляча та схеми захисту пристрою

Основою для апаратної реалізації схеми захисту та випрямляча (приймач) є структурні схеми приведені на рисунках 2.2 та 2.3 в другому розділі. Враховуючи переваги схеми захисту по струму, обумовленні автоматичним відключенням схеми від напруги живлення при різкому зменшенні опору навантаження, здійнимо її апаратну реалізацію. Вибір транзисторів здійснювався виходячи з того, що вони повинні бути невеликої потужності та мати високий коефіцієнт пізсилення сируму бази, приблизно

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

80-100 раз. Для цих цілей підійшов транзистор 2N2714, що має наступні параметри:

- максимально допустима напруга колектор-емітер (U_{ce}) 18 В;
- максимальний постійний струм колектора (I_c) 0.1 А;
- гранична частота коефіцієнта передачі току 200 МГц;
- статический коефіцієнт передачі струму (h_{21}) 80.

Розроблена схема захисту по струму приведена на рисунку 3.4.

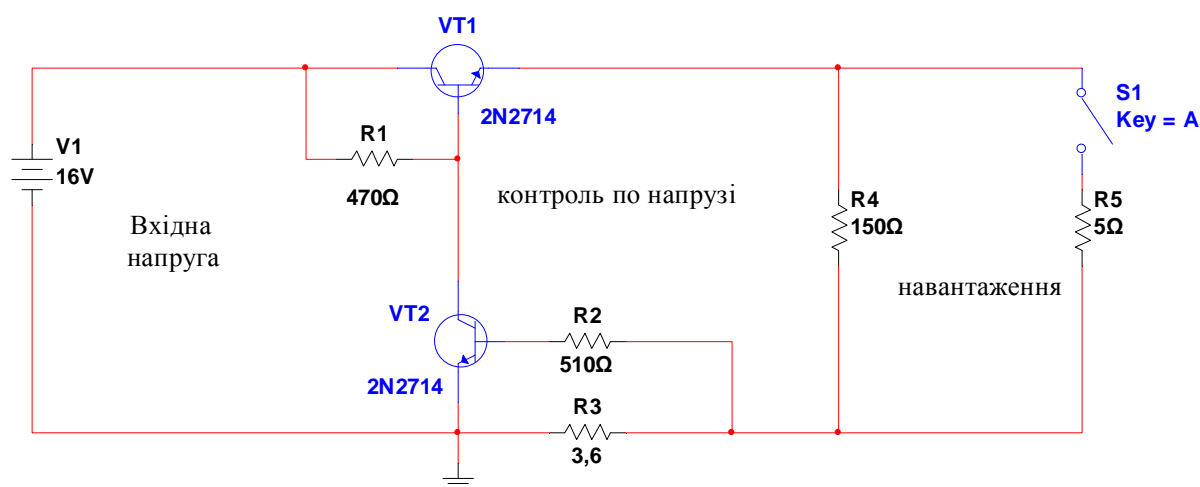


Рисунок 3.4 – Схема автоматичного захисту пристрою безпроводового живлення по струму

В даній схемі пропонується навантаження відтворити за допомогою двох резисторів – R4 та R5. Значення опору R4 відповідає номінальному режиму роботи пристрою, а R5 – аварійному. Для відтворення обох режимів роботи будемо за допомогою перемикача S1 різко зменшувати опір навантаження. Це повинно викликати зростання спаду напруги на резисторі R3, а значить і струму бази VT2. Відкриття VT2 викличе зменшення напруги на базі VT1, а значить і його закриття. Таким чином вхідна напруга не буде поступати в навантаження. Результати дослідження схеми захисту приведені на рисунках 3.5, 3.6.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

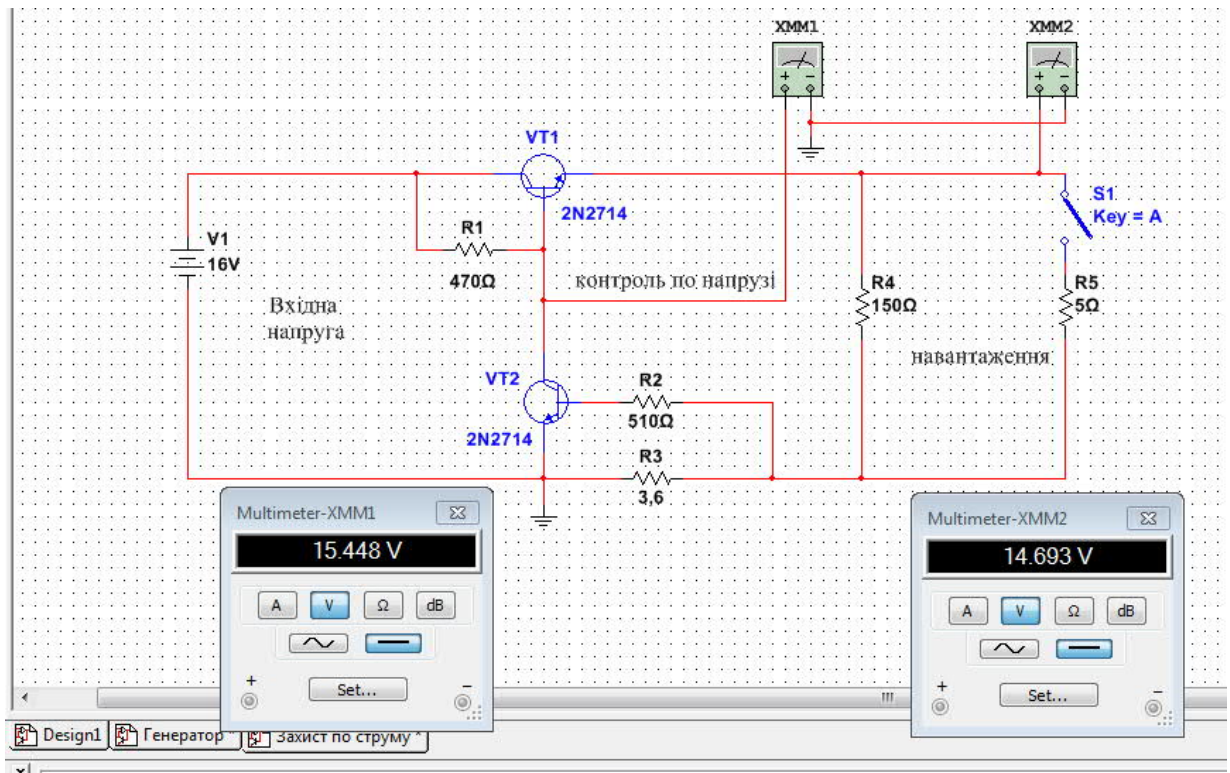


Рисунок 3.5 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту по струму в номінальному режимі роботи

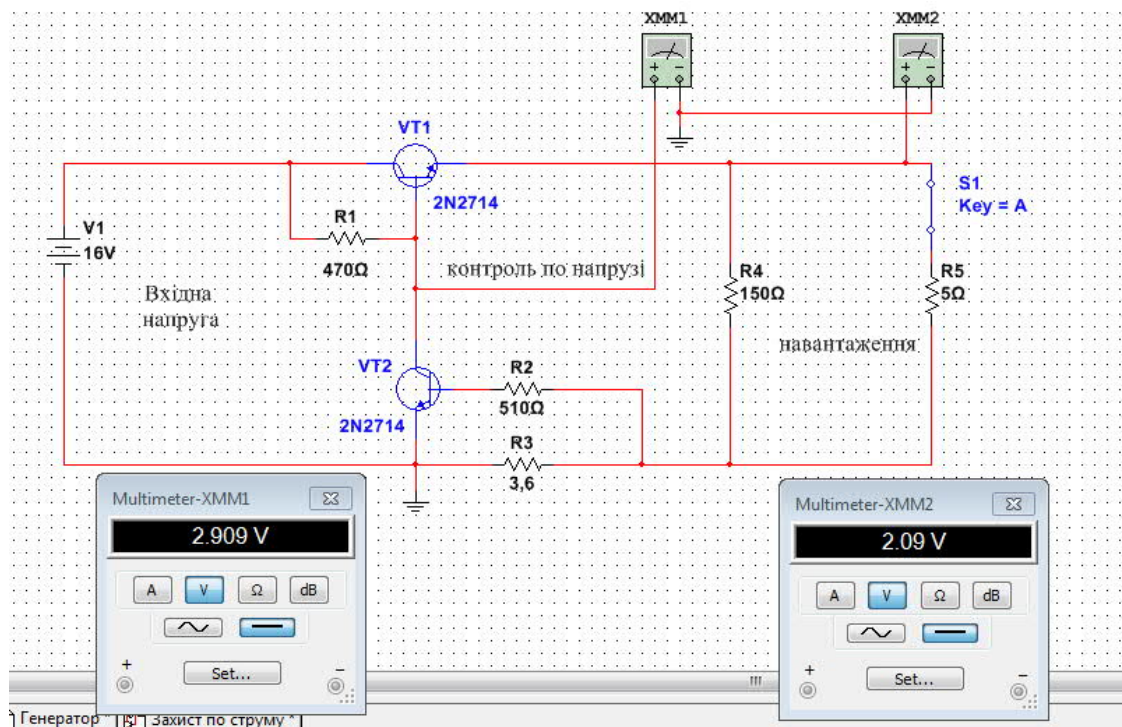


Рисунок 3.5 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту по струму в аварійному режимі роботи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як видно з приведених рисунків в номінальному режимі роботи напруга, яка повинна поступати на магнітно-зв'язані котушки рівна приблизно 15В, а в аварійному режимі 3В.

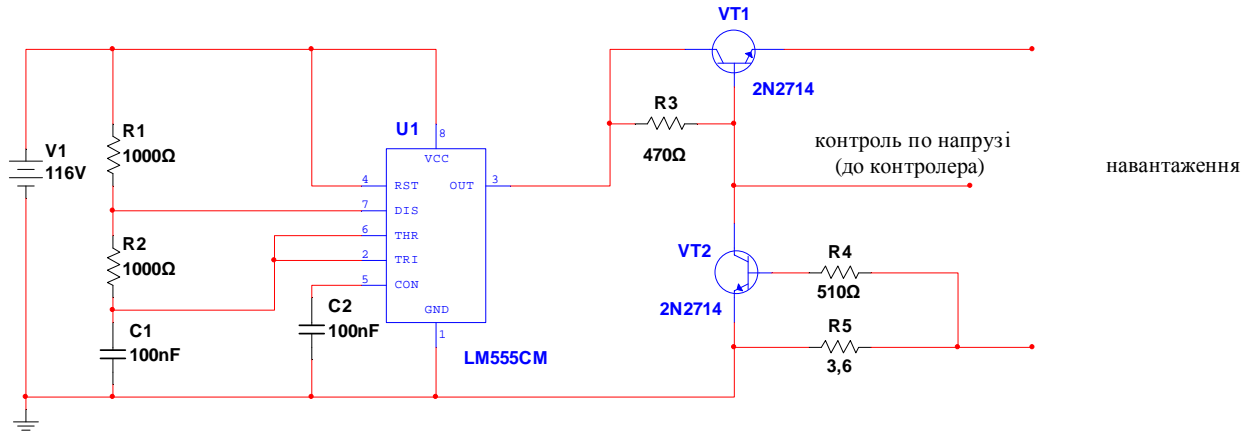


Рисунок 3.6 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту

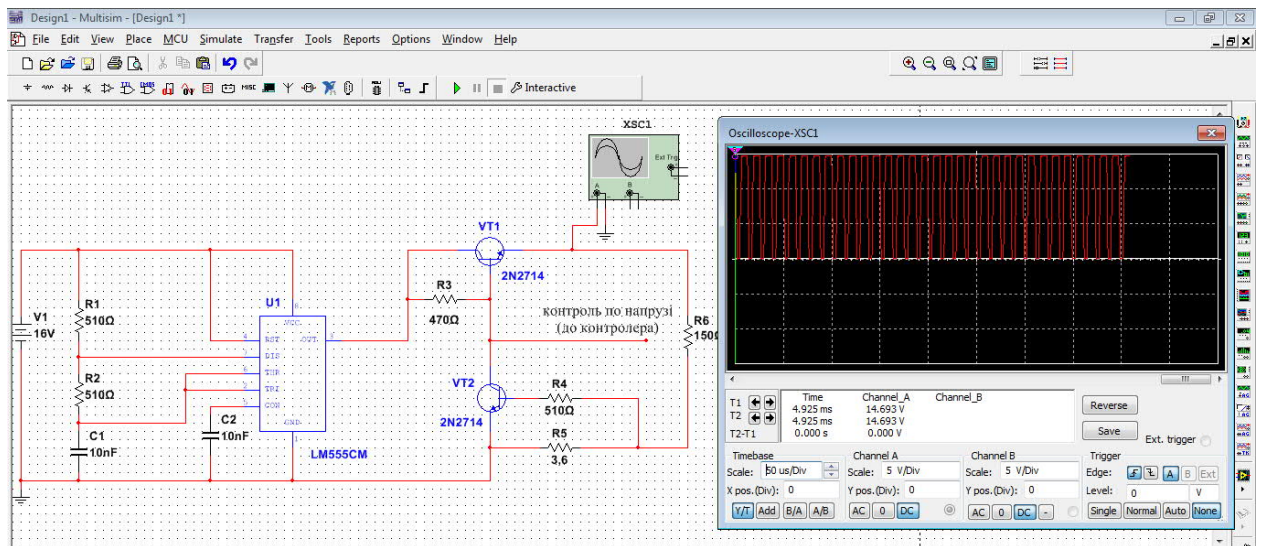


Рисунок 3.7 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту

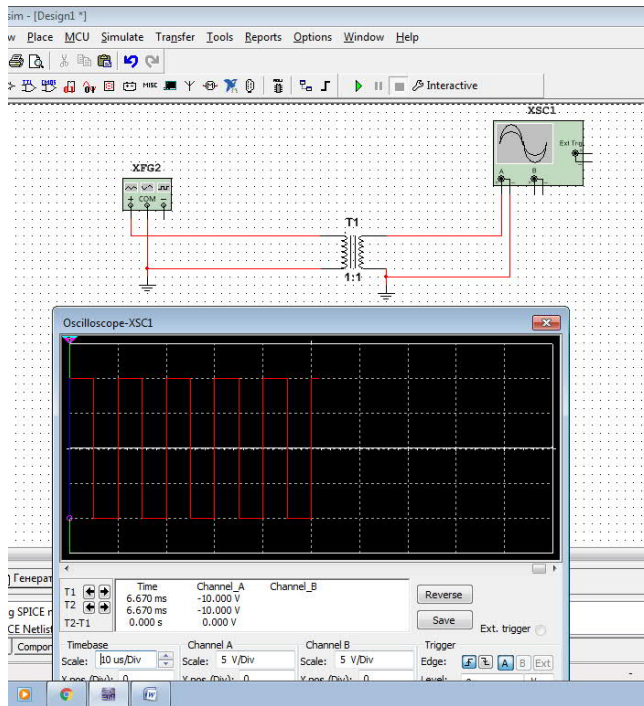


Рисунок 3.8 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту

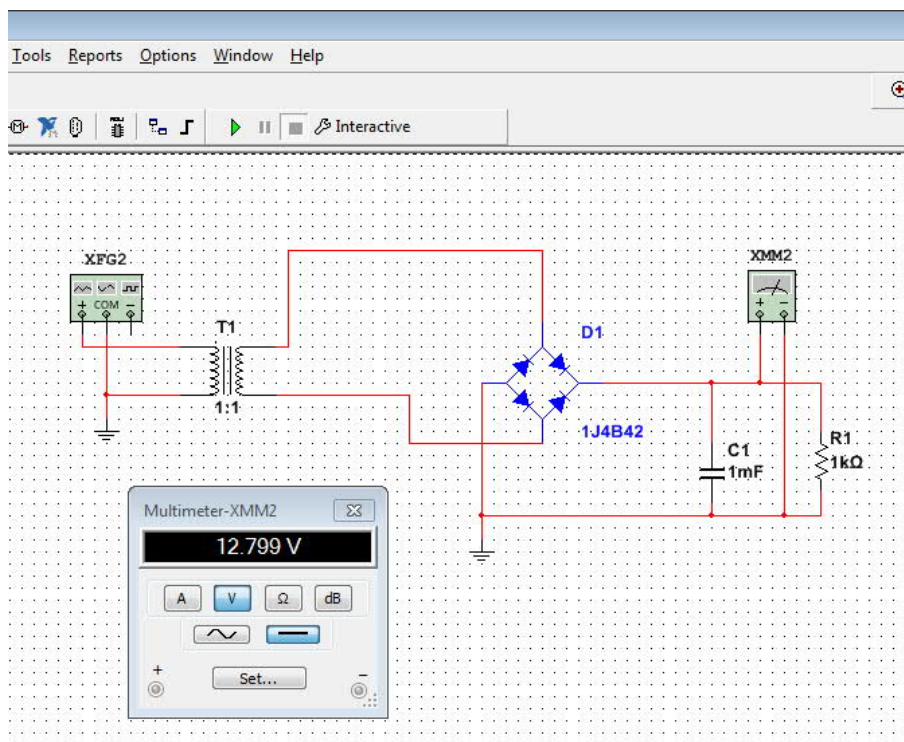


Рисунок 3.9 – Результати дослідження схеми автоматичного захисту

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою техніко – економічного розділу дипломного проекту є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної доцільності апаратного засобу дешифрації за алгоритмом Рабіна. Потрібно визначити доцільність вибраного обладнання, провести розрахунок витрат на розробку даного проектного рішення, визначити прогнозовану ціну апаратного засобу, визначити показники економічної ефективності, зробити відповідні висновки.

4.1 Розрахунок капіталовкладень на розробку апаратного засобу

При загальному підході до розрахунку капіталовкладень, які необхідні на розробку та впровадження апаратного засобу дешифрації, можна записати:

$$K = K_{np} + B_{np} + B_m \quad (4.1)$$

де K – капіталовкладення на створення і впровадження;

K_{np} – витрати на виконання проектних робіт;

B_{np} – кошторисна вартість приладів та обладнання проектованого рішення;

Основними факторами при розрахунку витрат на виконання проектних робіт, що впливають на суму є: затрати часу на виконання проекту, необхідна кількість спеціалістів, їхня заробітна плата.

4.1.1 Розрахунок витрат на оплату праці

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування. Розмір ЗП обчислюється на основі трудоемності відповідних робіт та середньої ЗП відповідних категорій працівників.

У розробці проектного рішення задіяні наступні спеціалісти - розробники, а саме: керівник проекту; студент-дипломник; консультант техніко-економічного розділу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

Посада виконавців	Місячний оклад, грн.
Керівник ДП, викладач	6026
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	6026
Студент	1100

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою (4.1):

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (4.1)$$

де n_{ij} – чисельність розробників i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, осіб;

t_{ij} – затрачений час на розробку проекту співробітником i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, год;

C_{ij} – годинна ставка працівника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, грн.,

Годинну ставку працівника можна розрахувати за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0 (1 + h)}{PЧ_i}, \quad (4.2)$$

де C_{ij} – основна місячна заробітна плата розробника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, грн.;

h – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$РЧ_i$ – місячний фонд робочого часу працівника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, год. (приймаємо 168 год.).

Коефіцієнт h , який визначає розмір додаткової заробітної плати, для керівника та консультанта техніко-економічного розділу дорівнює 1,47.

Середня годинна ставка керівника та консультанта техніко-економічного розділу бакалаврської роботи дорівнює:

$$C_{ij} = \frac{5470 \cdot (1 + 1,47)}{168} = 80,42 \text{ грн./год.}$$

Середня годинна оплата студента дорівнює:

$$C_{ij} = \frac{1200}{168} = 7,14 \text{ грн./год.}$$

Витрати на оплату праці складають:

$$B_{оп} = 20,5 \cdot 80,42 + 2 \cdot 80,42 + 144 \cdot 7,14 = 2837,45 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку записують до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців	Час розробки, год	Погодинна заробітна плата, грн/год.	Витрати на розробку, грн
Керівник ДП, доцент	16	80,42	1648,61
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	2	80,42	160,84
Студент	144	7,14	1028
Разом			2837,45

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4.1.2 Відрахування на соціальні заходи

Величну відрахувань у спеціальні державні фонди визначають у відсотковому співвідношенні від суми основної та додаткової заробітних плат. Згідно діючого нормативного законодавства єдиний соціальний внесок складає 16,4% від суми заробітної плати:

$$B_{\phi} = 0,164 \cdot B_{\text{оп}}$$

$$B_{\phi} = \frac{16,4}{100} \cdot 2837,45 = 465,34 \text{ грн.}$$

4.1.3 Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

Загальна сума витрат на матеріальні ресурси (ВМ) визначається за формулою:

$$B_M = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i, \quad (4.3)$$

де K_i - витрата i -го типу матеріалу, натуральні одиниці вимірювання;

C_i - ціна за одиницю i - го типу матеріалу, грн.;

i - тип матеріального ресурсу;

n - кількість типів матеріальних ресурсів.

Таблиця 4.3 - Зведені розрахунки матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. витрачено матеріалів	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн	Транспортні витрати (10% від суми)	Загальна сума, грн
М/сх. середньої складності	шт	18	45	810	81	891
М/сх. логіки	шт.	5	10	50	5	55
Папір (формат А4)	уп	2	80	160	16	176
Р а з о м						1041

4.1.4 Витрати на використання комп'ютерної техніки

Витрати на використання комп'ютерної техніки складаються з витрат на амортизацію комп'ютерної техніки, витрат на користування програмним забезпеченням, витрат на електроенергію, що споживається комп'ютером. За даними обчислювального центру ТНЕУ для комп'ютера типу IBM PC/ATX вартість години роботи дорівнює 5,23 грн. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки приведений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4- Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер	Час використання комп'ютера, год.	Витрати на використання комп'ютера грн.
Проведення досліджень та оформлення їх результатів	60	313,8
Оформлення техніко-економічного розділу	8	41,84
Оформлення ДП	12	62,76
Разом	80	418,4

Якщо для розробки КС купується і монтується спеціальне обладнання, то необхідно врахувати також витрати на доставку і монтаж. Ці витрати (в залежності від складності монтажу) можуть бути прийняті у розмірі 10-25% від витрат на придбання обладнання.

4.1.5 Накладні витрати

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати.

Вони розраховуються за встановленими відсотками до витрат на оплату праці.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Середньостатистичний відсоток накладних витрат прийемо 150% від заробітної плати:

$$H = 1,5 \cdot 2837,45 = 4256,17 \text{ грн.}$$

4.1.6 Інші витрати

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони складають 10% від заробітної плати:

$$I = 2837,45 \cdot 0,1 = 283,75 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку проектного рішення дорівнюють:

$$K_{ПР} = V_{ОП} + V_{\Phi} + V_{M} + V_{ЕЛ} + H + I,$$

$$K_{ПР} = 2837,45 + 465,34 + 510,82 + 418,4 + 4256,17 + 283,75 = 8771,93 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних за окремими статтями складається кошторис витрат на розробку КС за формою, наведеною в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Кошторис витрат на розробку, відлагодження та дослідну експлуатацію КС

Статті витрат	Сума, грн.
1. Матеріальні витрати, в тому числі: матеріали	1041
електроенергія	418,4
2. Витрати на оплату праці	2837,45
3. Відрахування на соціальні потреби	465,34
4. Накладні витрати	283,75
5. Інші витрати.	4256,17
РАЗОМ по кошторису	9030

4.2 Визначення прогнозованої ціни

Величина можливої (договірної) ціни КС повинна визначатися з урахуванням ефективності, якості і термінів її виконання на рівні, що відповідає економічним інтересам замовника (споживача) і виконавця. Договірна ціна (C_d) для прикладних КС розраховується за формулою:

$$C_d = B_{КС} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right), \quad (4.4)$$

де $B_{КС}$ – кошторисна вартість КС, грн.;

p - середній рівень рентабельності КС, % (приймається в розмірі 20-30% за погодженням з керівником).

$$C_d = 9030 \cdot 1.3 = 11739 \text{ грн.}$$

4.2.1 Економічне обґрунтування вибору комплексу технічних і програмних засобів

Для впровадження більшості КС необхідно:

- придбання та встановлення засобів комп'ютерної техніки;
- придбання та інсталяція системного програмного забезпечення;
- інсталяція і адаптація спеціалізованого програмного забезпечення

Кожен з перерахованих пунктів допускає безліч різних варіантів, так як існує велика кількість конфігурацій комп'ютерів, обладнання та різноманітних програмних продуктів. Кожен з варіантів передбачає різні за величиною і структурою витрати.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

4.3 Розрахунок зведених економічних показників

Економічна ефективність – це співвідношення між отриманим прибутком та затраченими коштами. Вона обчислюється за формулою (4.6):

$$E_{\phi} = \Pi_p / K_B \quad (4.6)$$

де Π_p – очікуваний прибуток ;

K_B – кошторисна вартість.

Очікуваний прибуток можна розрахувати із співвідношення:

$$\Pi_p = C_d - K_B.$$

$$\Pi_p = 11739 - 9030 = 2709 \text{ грн.}$$

Після проведених розрахунків отримуємо:

$$E_{\phi} = 2709 / 9030 = 0.3$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається як :

$$T = 1 / E_{\phi} = 1 / 0.3 = 3.3 \text{ роки.} \quad (4.7)$$

Таблиця 4.6 - Зведені економічні показники розробки

Показник	Значення
Собівартість, грн.	9030
Плановий прибуток, грн.	2709
Ціна, грн.	11739
Економічна ефективність	0,3
Термін окупності, рік	3,3

Провівши аналіз розрахованих значень економічних показників робимо висновок, що розробка апаратного засобу дешифрації за алгоритмом Рабіна є економічно доцільною.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту на тему "Надперативна пам'ять на основі архітектури кластерного розподіленого файлу" отримано наступні результати.

Основою для апаратної реалізації схеми захисту та випрямляча є структурні схеми приведені в другому розділі. Враховуючи переваги схеми захисту по струму, обумовленні автоматичним відключенням схеми від напруги живлення при різкому зменшенні опору навантаження, здійснено її апаратну реалізацію. Вибір транзисторів здійснювався виходячи з того, що вони повинні бути невеликої потужності та мати високий коефіцієнт пізсилення сируму бази, приблизно 80-100 раз. Для цих цілей підійшов транзистор 2N2714,

Техніко-економічне обґрунтування показало економічну доцільність розробки лабораторного стенду дослідження імпульсних блоків живлення.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.
2. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп'ютерні системи та мережі» / О.М.Березький, Л.О.Дубчак, Р.Б.Трембач, Г.М.Мельник, Ю.М.Батько, С.В.Івасьєв / Під ред. О.М.Березького. – Тернопіль: ТНЕУ, 2016. – 65с.
3. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу для дипломних проектів на здобуття освітньо - кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» / І.Р.Паздрій. - Тернопіль: ТНЕУ, 2015. – 36с.
4. Подробное описание, применение и схемы включения таймера LM555 - Режим доступа: <https://ledjournal.info/spravochnik/LM555-datasheet.html>. - Заголовок з екрану
5. Бабич М.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: Навчальний посібник.- К.:МК-Прес, 2004.-412с
6. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем. Цифрова схемотехніка. Підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я Жуйков - К.:Вища школа, 2004.-423с.
7. Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – СПб.Корона принт; М.: Бином – Пресс, 2006.- 416с.
8. Терехин В.Б., Соловьев Ю.А. Моделирование электронных схем в программе Electronics Workbench. Ч. 1. Создание схем. Ч.2. Элементная база: лабораторный практикум. – Северск: СТИ ТПУ, 2000. – 244 с.
9. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. 2 - е изд., испр. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отд., 1989.- 352 с.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

10. Лещенко М.Є. Основи мікроелектроніки / М.Є. Лещенко, В.Є. Овчаренко. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2005. – 312с.

11. Комп'ютерна електроніка: Навч. посібник. Частина I/II А.П.Оксанич, С.Е.Притчин, О.В.Вашерук.- Харків: "Компанія СМІТ", 2006.- С200 - 256.

12. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифрова схемотехніка: Навч. Посібник. - Львів: Видавництво «Новий світ 2000», 2009.-736с.

13. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, комутационные устройства РЭА: Справочник./ Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок. – Мн.:Беларусь, 1994.- 591с.

14. Токхейм Р. Основы цифровой электроники.- М.:Мир, 1989.

15. Хернитер М. Е. MULTISIM. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. – М.: Издательство: ДМК-Пресс. – 2009. – 409с.

16. Марченко А. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов. / А. Марченко, С. Освальд. – М.: НИЯУ МИФИ, 209. – 364 с.

17. Алексенко А. Г. Основы микросхемотехники — М.: Юнимедиастайл, 2009. — 448 с.

18. Никитин В.А. Схемотехника интегральных схем ТТЛ, ТТЛШ и КМОП: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 64 с.

					ДП.КСМ.07184/17.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55