

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра кібербезпеки


ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи
електромобіля
Назва теми

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

ДРКІ. 170268.21.01.05 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІІМ-21-1  _____ Калужський В.В.

Керівник доц., к. т. н, доцент кафедри КБ  _____ Кльбоц Ю.П.

Нормоконтролер ст. викладач кафедри КБ  _____ Мостовий С.В.

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КБ к.т.н., доц

 _____ Кльбоц Ю.П.
Підпис

_____ 2022р.

Хмельницький, 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ МАГІСТРА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри кібербезпеки

к.т.н. доцент Кльоц Ю.П.

“ ” 2022 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Калужський Віталій Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля

Науковий керівник Кльоц Юрій Павлович, к.т.н., доцент

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

затверджена наказом № _____ ректора університету додаток № _____ від _____ .2022

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру _____ .2022



3. Вихідні дані до проекту (роботи) Аналізувати роботу систем сонячних панелей. Виявити сильні та слабкі сторони використання технології. Покращити роботу та ефективність роботи панелей у використанні їх у різних енергетичних системах.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Огляд методів та інформаційних технологій систем заряду електромобілів. Математична модель Buck-Boost. Імітаційне моделювання. Інформаційна технологія системи заряду.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1.Огляд методів та інформаційних технологій систем заряду електромобілів 2.Шлях розвитку технологій зарядки акумуляторів електромобілів 3. Технології заряджання автомобіля за допомогою відновлювальних джерел енергії 4. Математична модель Buck та модель Boost 5. Модель Buck 6. Модель Boost 7. Математична модель Buck-Boost 8. Теоретичне моделювання 9. Реалізація керування 10. Інформаційна модель системи заряду електромобіля 11. Проектування модуля заряду 12. Конструювання модуля топології Buck-Boost 13. Висновки

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Відповідальний за оформлення ДП	Мостовий С.В., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання: « 1 » лютого 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Грунтовне ознайомлення з предметною галуззю	1.02.2022	Виконано
2	Визначення структури магістерської роботи	7.03. 2022	Виконано
3	Робота над першим розділом магістерської роботи	3.04. 2022	Виконано
4	Робота над першою статтею за результатами обробки літературних джерел	8.05. 2022	Виконано
5	Робота над другим розділом магістерської роботи	3.06. 2022	Виконано
6	Робота над третім розділом магістерської роботи	12.09. 2022	Виконано
7	Робота над четвертим розділом магістерської роботи	22.10. 2022	Виконано
8	Підготовка ілюстративного матеріалу	1.11. 2022	Виконано
9	Оформлення текстової і графічної частини магістерської роботи	14.11. 2022	Виконано
10	Попередній захист магістерської роботи	25.11. 2022	Виконано
11	Захист ДРМ на засіданні ЕК	8.12. 2022	Виконано

Студент


Підпис

Калужський В.В.
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Кльоц Ю.П.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської роботи: «Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля».

Автор роботи: Калужський Віталій Вячеславович.

Керівник роботи: Кльоц Юрій Павлович.

Пояснювальна записка: 80 с., 58 рис., 0 табл., 2 дод., 21 джерело.

Графічна частина: 3 плакати.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ, BUCK, BOOST, BUCK-BOOST

Під час написання роботи було досліджено пристрої та системи заряду електромобіля. Метою магістерської роботи було створення пристрою на базі мікроконтролера STM32F334 із керуванням силовими транзисторами за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої роздільної здатності. Усі поставлені задачі було виконано.



Підпис студента

30.11.22

Дата

ANNOTATION

A master's degree work of Kaluzhskiy Vitalii

Entitled «The method and information technology of increasing the efficiency of the electric car»

Mentor: Yurii Klots

Total volume of work: 80 pages, 58 figures, 0 tablets, 2 appendices, 21 references.

MICROCONTROLLER, PULSE-WIDTH MODULATION, BUCK, BOOST, BUCK-BOOST

During the writing of the work, the devices and systems of electric car charging were investigated. The aim of the master's thesis was to create a device based on the STM32F334 microcontroller with control of power transistors using high-resolution pulse-width modulation. All tasks were completed.

30.11.22



ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	5
1.1 Шлях розвитку технологій зарядки акумуляторів електромобілів.....	5
1.2 Технології заряджання автомобіля за допомогою відновлювальних джерел енергії.....	27
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ BUCK ТА МОДЕЛЬ BOOST.....	32
2.1 Модель Buck.....	32
2.2 Модель Boost.....	42
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ BUCK–BOOST.....	54
3.1 Теоретичне моделювання.....	54
3.2 Реалізація керування.....	57
4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ.....	60
4.1 Проектування модуля заряду.....	60
4.2 Конструювання модуля топології Buck-Boost.....	65
Висновки.....	81
Додаток А.....	82
Додаток Б.....	85
Додаток В.....	89

ВСТУП

У світі достатньо впевнено набирає популярність зелена енергетика. На кожному континенті стараються по максимуму знайти і використовувати відновлювальні природні ресурси, для використання їх та створення, за допомогою них, енергії. Найбільш пріоритетним є використання енергії сонця. Для її видобутку не потрібно спеціальних географічних умов, на відміну від інших видів. Вітровим електростанціям потрібне розміщення біля води, у горах, у місцях із швидкими та неперервними потоками повітря, інакше електростанція просто не буде працювати. Гідроелектростанціям потрібна бурхлива і повноводна річка, вода якої буде проходити через дамбу і приводити в рух її турбіни, які в свою чергу будуть виробляти енергію. У випадку із вітровими електростанціями також крутяться турбіни, які виробляють енергію. Сонячна енергетика позбавлена будь-яких рухомих частин.

У сонячній електростанції відсутні турбіни, відсутній будь-який ротор і статор, уся енергія виробляється за допомогою чутливих фотоелементів, які реагують на світло. Фотони потрапляють на фотоелемент і приводять в рух електрони, які знаходяться у кремені, матеріалі сонячних елементів. Велика сонячна панель складається із окремих маленьких елементів, сукупність яких, в свою чергу, створює знайому усім панель. Такими панелями покриваються великі площі суходолу, утворюючи цим самим великі сонячні електростанції. Площі таких станцій можуть вимірюватися гектарами, а потужності мегаватами. Проте кожна така станція все рівно програє по потужності будь-якій тепловій електростанції, яка використовує, для видобутку енергії, спалювання газу, вугілля, дерева. Проте сонячні електростанції неодмінно займуть перші позиції у списках пріоритетності джерел енергії. Зовсім нещодавно сонячні електростанції здавалися дуже дорогими, малоефективними, складними у виготовленні та обслуговуванні.

Зараз така станція - звичайне діло і не дивує нікого, це стало нормою для кожного. Практично кожна людина може дозволити собі хоча б примітивну сонячну панель, яка буде заряджати телефон. Та сама ситуація склалася і з електромобілями. Особливу популярність вони набули всього років 15 тому, коли провідні автомобільні компанії почали створювати свої перші електромобілі. Підтримувати такі розробки почали і різні країни, які піклуються за свою екологію. Деякі з них знизили податки на покупку таких авто, знизили податки на користування такими авто, знизили ціну на парковку, або зовсім зробили парковку для електромобілів безкоштовною. Все це є чудовим заохоченням від держави, щоб її громадяни переходили на екологічно чистий транспорт і допомагали своїй країні. Після таких спрощень від країн, виробники надали більший пріоритет на виготовлення персонального електротранспорту.

Кожен такий транспорт має на своєму борту акумулятор, який дозволяє житися енергією всієї системи. Акумулятор вимагає заряджання і так як він має в собі специфічні напруги, аніж усі інші побутові, то вимагає свого, окремого способу заряджання. В кожному електромобілі встановлено інвертор струму із побутового 220 вольт, промислового 380 вольт до спеціального постійного струму. Проте виробники не рекомендують використовувати будь-яку розетку, тільки підготовлену спеціально для заряджання електромобіля і більше ні для якого використання. Надають цілий список вимог до такого джерела струму, його я напишу далі, у своїй роботі.

Проте, метою моєї роботи є використання сонячних панелей для зарядки батареї електромобіля. Створити систему сонячних панелей, які б заряджали електромобіль і були розташовані на ньому. Мало того, щоб встановити панелі на авто, потрібно розробити контролер, який дозволить працювати панелям на повну потужність і використовувати максимум своїх можливостей і віддавати максимально можливу потужність при різних

погодних умовах, аби зарядка відбувалась постійно. Такий оптимізатор роботи дозволить працювати не тільки в системі електромобіля, а і в будь-якій іншій системі де будуть використовуватися сонячні панелі. За основу роботи такий оптимізатор буде використовувати технологію пониження і підвищення напруги Buck-Boost. Ця технологія дозволяє знизити, або підвищити напругу, яка приходить на плату оптимізатора. Завдяки такому регулюванню завжди можна отримати задане значення напруги на виході, для подальших використань споживачами, або активними компонентами.

В роботі буде описано детальний алгоритм технології Buck, детальний алгоритм технології Boost, та детальний алгоритм взаємодії обох цих технологій - Buck-Boost. Кожен із цих алгоритмів вимагає детального пояснення специфіки своєї роботи, аби в кінці отримати синхрону роботу, в парі, обох цих алгоритмів, для отримання найкращих результатів. Також після теоретичного опису роботи алгоритмів буде написано код, який дозволить перевірити роботу кожного з них, на платі для розробників, від компанії СТ. На борту тієї плати буде розміщено процесор, який дозволить працювати із технологіями Buck і технологіями Boost. Для цього будуть використовуватися влаштовані на плату компоненти, які підключені напряму до процесора, з якого буде виконуватися керування силовими частинами. Силова частина буде складатися із двох пар транзисторів, які будуть пропускати через себе вхідний струм та підвищувати його, або знижувати, відповідно. Вхідна і вихідна напруга буде аналізуватися процесором, так як вхід плати автоматично буде розподілятися на декілька шляхів. Один із них буде йти на підвищувальну частину, з транзисторами. Інша частина буде направлена на аналізування процесором, адже від значення вхідної напруги залежить уся робота алгоритму.

Ще один вхідний шлях направлений на формування напруги живлення. Вона прямує на своєрідний блок живлення, який знаходиться на платі, та може працювати у дуже широкому діапазоні живлення, це важливо, в рамках цього проекту. Сонячна панель працює у широкому діапазоні напруг і важливо увесь цей діапазон стабілізувати до потрібного значення. Таке значення для схеми є 12 вольт, від яких будуть живитися драйвери силових транзисторів. Також напруги потребують операційні підсилювачі, які мінімізують втрати напруги і сили току. Мінімізація таких втрат важлива, так як алгоритм коригування роботи силових транзисторів є дуже точним і вимагає точності, і швидкості роботи. Безпосередньо і сам процесор потребує напруги живлення. Для цього у частині перетворення вхідної напруги на напругу живлення використовується додатковий стабілізатор на напругу живлення процесора, це 3,3 вольта. Такий дворівневий метод стабілізації дозволяє не використовувати всього лише одну мікросхему, яка стабілізує у широкому діапазоні. Із виходу 12 вольт широкодіапазонної мікросхеми можна стабілізувати потрібні 3,3 вольта для процесора і таким чином зекономити. Такий варіант є дуже зручним, так як із 12 вольт можна безпроблемно знизити напругу до потрібної за допомогою мікросхеми із простішою топологією, вони значно дешевші і так само чудово справляються із своєю задачею, просто для їх коректної роботи їм потрібні умови, які зовсім не важко реалізувати у рамках цього проекту.

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1 Шлях розвитку технологій зарядки акумуляторів електромобілів

Цікаво розпорядився час, а саме тим, що електродвигун з'явився раніше за двигун внутрішнього згорання, приблизно на 30 років, у 1821 році. Створення такого двигуна приписують фізику Майклу Фарадею, який вперше продемонстрував його роботу, а конкретно перетворення електричної енергії у механічну, на виставці у Франції. Ротор такого двигуна приводився у дію за допомогою електричного поля, яке створювалося мідними котушками, намотаними на статор. На котушки подавався змінний струм і навколо них створювалося електричне поле, яке приводило в рух ротор такого двигуна. Для того часу це була проривна технологія, так як перетворення електричної енергії в механічну означало прорив у багатьох галузях, де для руху різних механічних частин використовували пару, яка вимагала випаровування великої кількості води та її нагрівання різними горючими матеріалами: нафта, мазут, вугілля, дерево. Для того, щоб ротор такого двигуна привести до руху потрібна була окрема котельня, та команда людей, які б займалися нагріванням води. та підтримкою потрібного тиску у трубах. Тоді почався розвиток електродвигунів, адже вони дозволяли значно простіше налагодити виробництво без особливих втрат по потужності.

Електротранспорт також отримав свої перші вигляди саме в той час. Його принцип був дуже схожий на теперішні електрокари, принцип і логіка їх роботи мало змінилася, а тільки була покращена за допомогою сучасних технологій. Перші електромобілі мали у своїй конструкції систему акумуляторів, які дозволяли їм рухатися дистанційно, між різними точками, підзаряджатися та їхати далі, точно такий самий спосіб, як тепер.

Перший електромобіль мав запас ходу всього 20 кілометрів, в середньому. Дальність поїздки залежала від ландшафту на шляху авто. Максимальна швидкість його була 12 кілометрів за годину. Наступні моделі електромобілів були створені значно потужнішими. Вони їхали швидше, могли проїхати більшу відстань, та перевезти більше вантажів. Було створено навіть електричний громадський транспорт, який возив людей, а його батареї забезпечували йому запас відстані у 80 кілометрів. Це дозволяло курсувати між двома містами без додаткової підзарядки, а заряджатися тільки на одній станції, яка була побудована спеціально для цього транспорту. Таких громадських транспортів було побудовано більше десяти.

Але швидкість і довжина шляху не давали спокою розробникам. Наприкінці дев'ятнадцятого століття було встановлено рекорд по швидкості руху автомобіля, який було розігнано до швидкості 105 кілометрів на годину. Для того часу це був абсолютний рекорд, який не вдалося поставити жодному авто, але це вдалося електромобілю. Це авто називалося “La Jamais Contente”, або ж “Вічно невдоволена”, на знак того, що авто створювалося як символ роботи наввипередки між двома конструкторами, які не могли вирішити, хто створює швидші автомобілі. Електромобіль “La Jamais Contente” зображено на рисунку 1, разом із своїм пілотом і розробником – Камілем Женатці.

Вага електромобіля була майже 1500 кілограм, а половину всієї ваги займали батареї, за допомогою яких авто приводилось до руху. Саме з моменту розвитку електромобілів почав просуватися у сторону зменшення ваги, та покращення якості батарей акумуляторів.



Рисунок 1 - “La Jamais Contente”, або ж “Вічно невдоволена”. Найшвидший електричний автомобіль XIX століття

Зарядка електромобілів того часу відбувалася дуже не зручним методом. Риторики про шкоду екології тоді ще не було, так як вона не була зіпсована і ніхто не цурався заряджати електромобіль від бензинових генераторів. Відбувалося це так: до бензинового мотору, який виконував роль генератора змінного струму, приєднувались батареї. Генератор запускався і заряджав батареї змінним струмом.

З початку швидкість та запас можливої відстані не відрізнявся від авто на бензині, вони були майже однакові. Головним недоліком електрокарів була саме підзарядка батарей на ходу, вона була дуже складна. На той час випрямлення струму за допомогою діодного мосту ще не існувало, воно з'явилося пізніше, але суттєво не допомогло. Зарядка за допомогою бензинового генератора залишилася актуальною, та

використовувалась. Не дивлячись на свою незручність, що для підзарядки потрібно було використовувати бензиновий генератор, який крутив електромотор, а він виробляв змінний струм, який заряджав акумулятори, такий спосіб використовувався ще декілька років. Тоді поширення набувають авто на паровій тязі, вони стрімко набирають популярність серед водіїв, але за електромобілі ніхто не забував, вони також були дуже популярними та нараховували десятки тисяч одиниць в у одному великому місті. Особливу популярність вони займали у сферах громадського транспорту, та комунального. Наприклад служби таксі були тільки електричними, та деяка техніка, що виконувала роботи по місту, також. Особливою проблемою тоді була якраз таки вага і об'єми батарей, адже джерело живлення завжди треба було возити із собою, воно займало багато місця, було важке, та ненадійне, недостатньо міцне.

В інших питаннях електромобілі усім дуже подобались. Відзначали їх тишу при роботі, відсутність вихлопних газів, відсутність кіптяви, зручність при водінні, та потужність, так як потужність не втрачалась при нагріванні, та спалюванні палива. Вже на початку ХХ століття електромобіль називали: “Найбільш зручним, придатним до користування, типом автомобіля для світу майбутнього”, – проте також всі відзначали, що він ще недостатньо розвинутий і вдосконалений. Питання розвитку якраз було в батареях акумуляторів і системі заряджання авто. Батареї були важкі та великі, а зарядка відбувалась довго та із втратами, що вимагало багато часу на заряджання. Маленькими кроками у розвитку акумуляторів було досягнуто зменшення їх ваги та розмірів, але це не дало потрібного результату, вони все ще були великими та важкими.

Було змінено тип та склад акумулятора, вони називалися газоліно-електричними. Принцип їх роботи і зарядки базувався на встановлення системи динамо-машин, які приводилися в рух шляхом спалювання газоліну, але все ж це ще була система, яка вимагала возити із

собою додатковий генератор. На жаль розвиток електромобілів в той час було припинено, так як розвиток двигунів внутрішнього згорання був значно швидший і перегнав у доступності та обслуговуванні електродвигуни. Навколо двигунів внутрішнього згорання почала будуватися ціла інфраструктура та уся увага світових розробників та інженерів була направлена на двигуни внутрішнього згорання.

Увага до персонального електротранспорту відродилася знову у шістдесятих роках, на фоні початку екологічних проблем, пов'язаних із парниковим ефектом та кризою на пальне. Проте увага протрималася недовго і розвиток знову припинився. Інженери зрозуміли, що проблеми, які були раніше – не вирішенні. А саме проблеми із вагою та розміром батарей, які все ще були важкі та великі.

Наступна хвиля розвитку електромобілів повернулася у дев'яностих. На той час технології вже дозволяли робити компактні батарей та надавати їм різні форми, зокрема пласкі, які були потрібні для конструювання автомобілів звичної нам форми. Батарея акумуляторів повинна була розміщуватися в нижній частині авто, виступаючи дно, як показано на рисунку 2. Таким чином можна було компактно і зручно розмістити великий акумулятор потрібної, пласкої форми, в угоду конструкції авто.

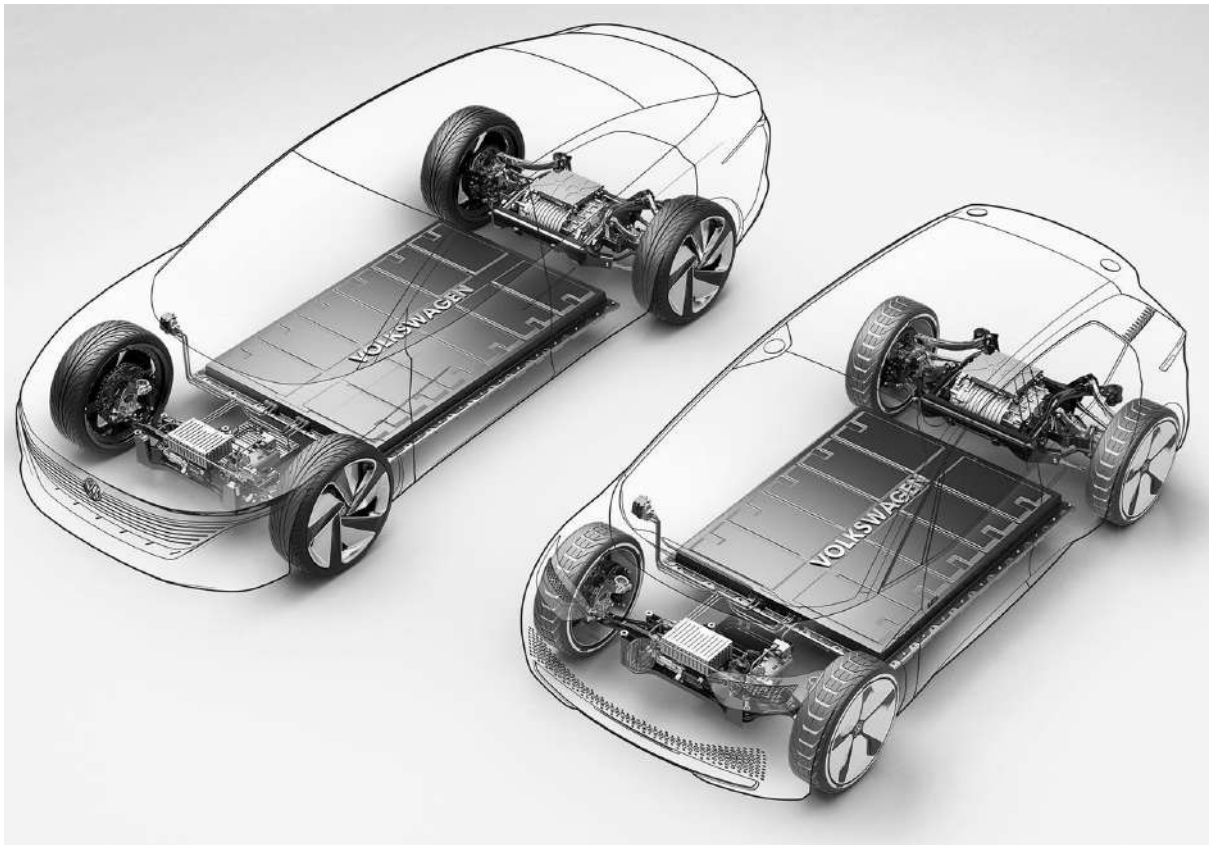


Рисунок 2 – Підлога електромобіля вистелена системою акумуляторів

Також важливою складовою комфортного використання електромобіля є можливість його швидко та доступно заряджати. На початку серйозного розвитку цієї галузі із цим були найбільші проблеми, адже потрібно було будувати нову інфраструктуру, яка була б направлена на покращення умов використання тільки електромобілів. Для них вимагалось побудувати зарядні станції, які були б розумно і зручно розташовані по місту. Щоб можна було у кожній частині міста підзарядити своє авто і при тому не заважати іншим авто, з двигунами внутрішнього згоряння. Тоді між електромобілями і авто із двигунами внутрішнього згоряння почалася справжня війна. Адже це не просто боротьба якоїсь нової моделі авто з іншою. Це була боротьба за абсолютно новий спосіб користування авто та боротьба за новий ринок, який усі компанії вважали важливим. Кожен хотів

зайти першим на нього і бути лідером чи монополістом у ньому. Символом цієї боротьби стало авто General Motors EV1, рисунок 3.



Рисунок 3 – General Motors EV1, символ часу і боротьби між електромобілями та авто з двигунами внутрішнього згорання

EV1 – перший електромобіль широкого масового вжитку, який вперше зміг бути конкурентоспроможним з автомобілями із двигуном внутрішнього згорання. Його особливість в тому, що його інженери і конструктори змогли позбавити цю модель усіх “дитячих хвороб” електромобілів, які тягнулися за ними вже як сторіччя. Було виправлено велику вагу, а саме тим, що в авто було встановлено акумулятори тонкого типу, які вистилияли собою підлогу автомобіля. Окрім того акумулятори вже мали легку вагу, що дозволяло поставити їх більше, для більшого запасу ходу. Запас ходу такого авто був в районі сто двадцяти кілометрів, на одній підзарядці. Варто зазначити, що шлях в сто двадцять кілометрів

електромобіль міг подолати на акумуляторі свинцево-кислотного типу, який встановлювався в авто із однією з комплектацій, яка була дешевшою. При виборі дорожчої комплектації авто могло проїхати до двохсот сорока кілометрів на одній підзарядці. Для подолання такого шляху використовувався акумулятор нікель-металогідридного типу, яким комплектувався електромобіль дорожчої комплектації. Проте в основному покупці обирали комплектацію дешевшу, із акумуляторами свинцево-кислотними.

В основному цей електромобіль обирали для поїздок містом: на роботу, в магазини, на прогулянки. Тому більшості покупців абсолютно вистачало запасу хоча до ста двадцяти кілометрів. Кожен з них навіть не використовував більшу половину зарядки, а дехто міг навіть заряджати електромобіль один раз на декілька днів. В основному заряджання відбувалося вночі. користувач паркував авто у своєму гаражі, під'єднував кабель зарядної станції та залишав заряджатися авто на цілу ніч. Цього часу абсолютно вистачало, щоб авто зарядилося повністю. Ніяких технологій швидкої зарядки тоді не існувало, усі вони з'явилися пізніше.

Варто зазначити, що General Motors EV1 була доступна лише в США, в штаті Каліфорнія та Арізона. Цей електромобіль був створений групою ентузіастів, яких цікавило питання збереження екології, рисунок 4, але через суди з іншими компаніями та їх небажанням і запереченнями, що електромобілі шкодять більше, ніж допомагають. Серію EV1 було знищено.



Рисунок 4 – Група людей, які були відповідальні за створення електромобіля EV1

Серія авто EV1 була справжнім проривом та ковтком свіжого повітря для електромобілів, хоч за рішенням суду вони були знищені, це показало, усім компаніям, що прийшов час розвивати цей напрям автомобілебудування.

1.2 Сучасні технології та методи зарядки електромобіля

Кожен сучасний електрокар вимагає регулярного зарядання. За останні роки розвитку цієї галузі було створено перелік умов, які необхідні для підтримання життєдіяльності акумулятора в нормальному стані. Це необхідно не тільки для його тривалої служби, але і для безпеки самого користувача. Неправильна експлуатація може викликати сильне нагрівання батарей і авто може спалахнути, такі випадки бувають. Навіть особисто мені довелося спостерігати, як догорав на парковці електрокар. Тому для кожного виду зарядки, та для конкретно для кожного електромобіля вимоги прописані жорсткі, дотримуватися яких обов'язково і обов'язково потрібно ці умови забезпечувати.

Найпоширеніший спосіб зарядки електромобіля зараз — зарядка від звичайної мережі, із розетки 220 вольт. Таке джерело можна знайти практично будь-де на своєму шляху, де є будь-які будівлі. Важче буде домовитися із власником мережі про зарядку, аніж знайти ту саму розетку. Звісно зарядка із будь-якої мережі небезпечна для електромобіля, такий варіант можна використати тільки в крайньому випадку, коли обрати просто більше немає з чого. В такому випадку можна піддатися ризику і спробувати зарядку від мережі, що доступна. Найкращим варіантом буде не допускати таких ситуацій і слідкувати. Але, якщо це необхідно, то існує простий прилад, який дозволяє відслідкувати якість невідомої розетки, до якої має підключатися електромобіль. Це дозволить заздалегідь забезпечити себе від неякісного джерела живлення та залишити свій електромобіль у робочому стані. Один із таких простоїв-аналізаторів розеток показано на рисунку 5.

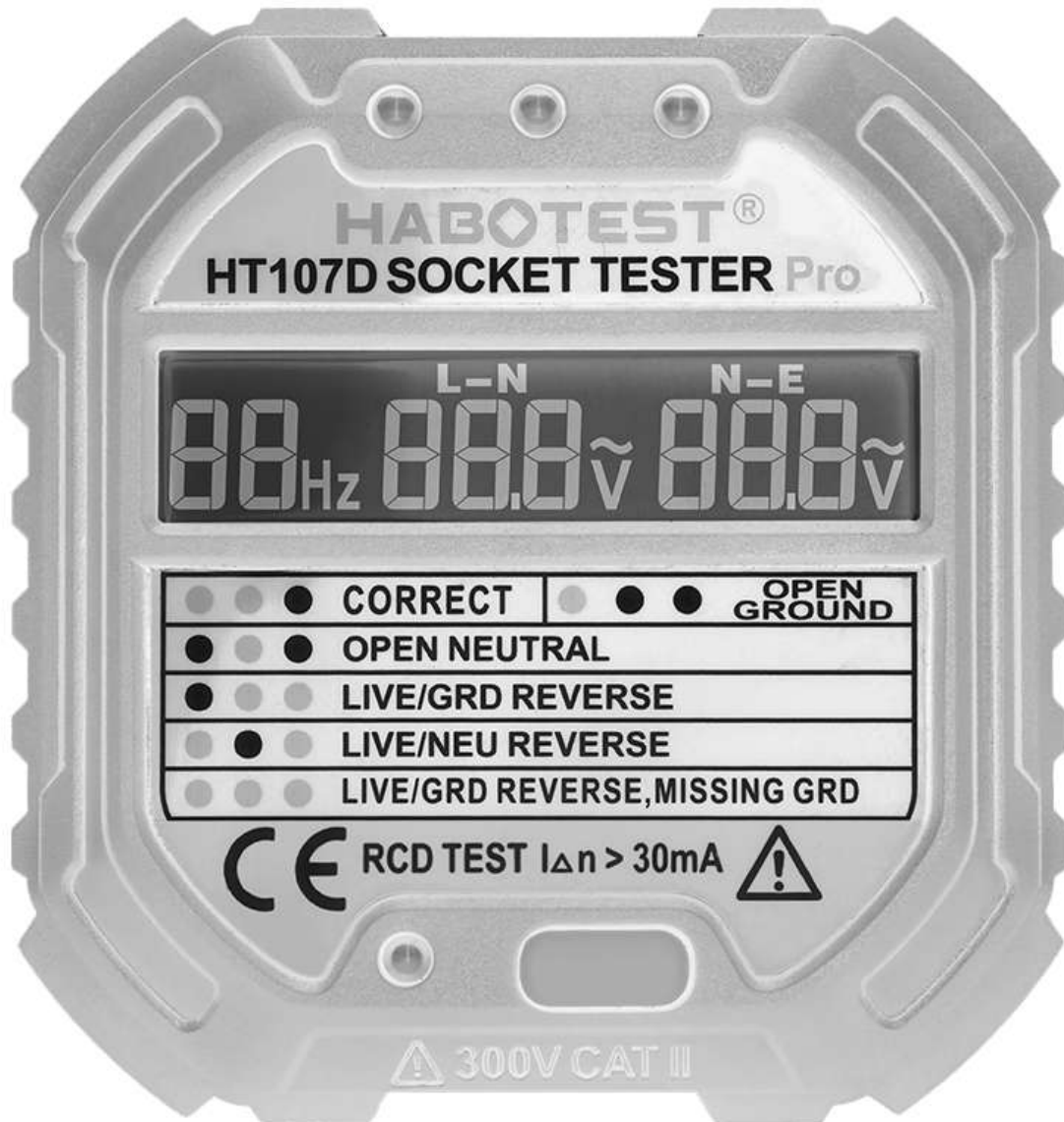


Рисунок 5 – Пристрій перевірки якості і наявності усіх з'єднань у розетці електричної мережі 220 вольт

Якість електричної мережі напряму буде впливати на якість заряджання, на швидкість заряджання, на безпеку використання електромобіля користувачем та на життєдіяльність автомобіля загалом. Для найпростішої зарядки від мережі 220 вольт, встановленої в користувача вдома, в гаражі, на підвір'ї, а у випадку проживання у багатоквартирному будинку, на балконі – існують певні вимоги, які повинні бути дотримані.

Стабільна напруга в 220 вольт змінного струму із частотою 50 герц. Якщо говорити за регіон України.

В розетці обов'язково повинно бути заземлення, виконане за стандартом ДСТУ Б В.2.5–82:2016.

Кабель до розетки, яка повинна заряджати електроавтомобіль, повинен бути прокладений напряму від електрощитової, до якої приходять кабелі фази та нуля із загальної, користувацької мережі.

Кабель повинен витримувати 16 ампер при напрузі 220 вольт. Або не менше 3.5 кіловат. Для цього його площа поперечного перерізу повинна бути не меншою за 1,5 мм², а краще 2 мм².

Для захисту від надлишкового споживання та короткого замикання потрібно встановити автоматичний вимикач на 16А.

Для захисту від ураження зворотніми токами людини потрібно встановити пристрій захисного відключення

Розетка повинна бути захищена від вологи та пилу, також вона повинна закриватися захисною кришкою.

Цей перелік вимог допоможе захистити свій автомобіль, допоможе захистити свій будинок, допоможе захистити користувача. Також можна перевірити свою розетку пристроєм зображеним на рисунку 5. Такий пристрій дозволяє виявити стабільність напруги, стабільність частоти, наявність заземлення, наявність фази та нуля, відсутність обриву нуля, наявність захисного автоматично вимикача, реагування розетки на витік току та спрацювання пристрою захисного відключення. На момент написання цієї роботи такий пристрій коштує приблизно десять доларів. Ця невелика сума дозволить зберегти від пошкодження електромобіль та його власника, тому це необхідна річ, яка необхідно завжди возити із собою та перевіряти мережу на наявність усіх обов'язкових вимог, для стабільної роботи. Час заряджання від звичайної розетки 220 вольт буде становити до дванадцяти годин, що підійде не кожному. Але для зарядки на цілу такий

варіант може підійти. На рисунку 6 зображено приклад розетки 220 для зарядки електромобіля. А на рисунку 7 зображено її внутрішні частини.



Рисунок 6 – Приклад правильної розетки 220 вольт для зарядки електромобіля

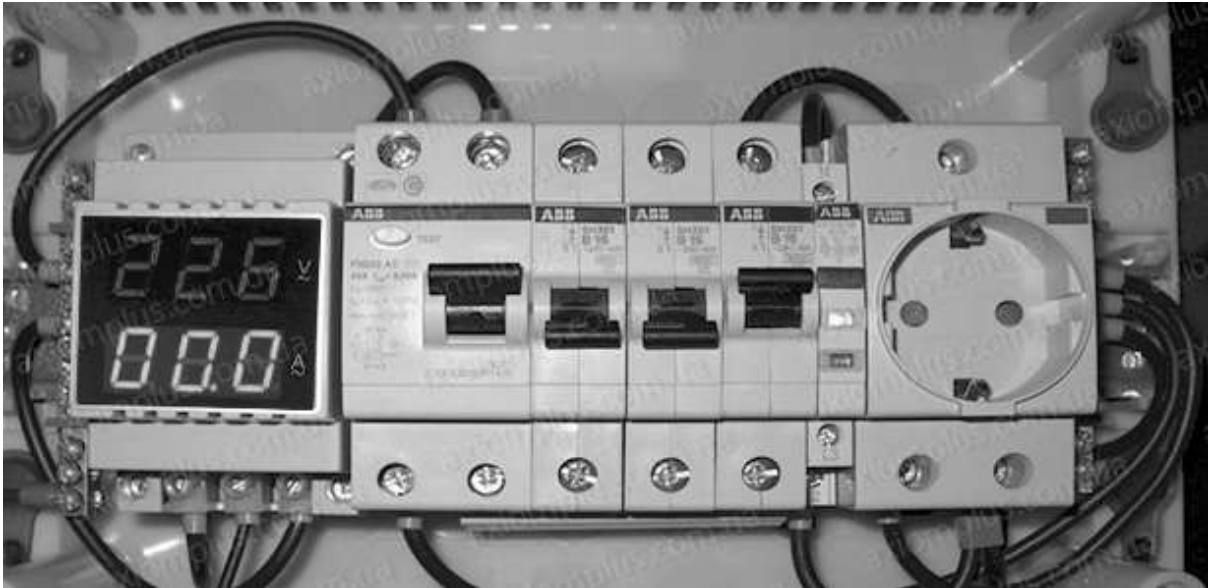


Рисунок 7 – Приклад правильної розетки 220 вольт для зарядки електромобіля

Другий варіант заряджання не сильно відрізняється від першого, так як теж використовує заряджання від розетки 220 вольт, але у цьому випадку на спеціальному кабелі заряджання вже встановлено захисний модуль, який розміщується прямо на кабелі, в перерізі. Такі захисні блоки встановлюються для моніторингу температури кабеля та напруги, яка йде по ньому. Усе це потрібно для правильної регуляції заряджання, для регуляції температури електромобіля та захисту мережі будинку від перевантаження. У випадку перевантаження мережі, такий кабель знизить потужність споживання електрокаром і надасть перевагу споживанню приладам будинку, а вночі, коли більшість приладів вимкнена, блок захисту збільшить споживання напруги і току. Тим самим буде відбуватися зарядка за усіма нормами, без перевантаження усієї мережі будинку. Зазвичай такий кабель виробники кладуть у комплекті до електромобіля, навіть до найпростішої комплектації і, як правило, такі кабелю вже йдуть хороші, і не вимагають заміни, якщо вони пошкоджені. Такий кабель із захисним модулем зображено на рисунку 8.

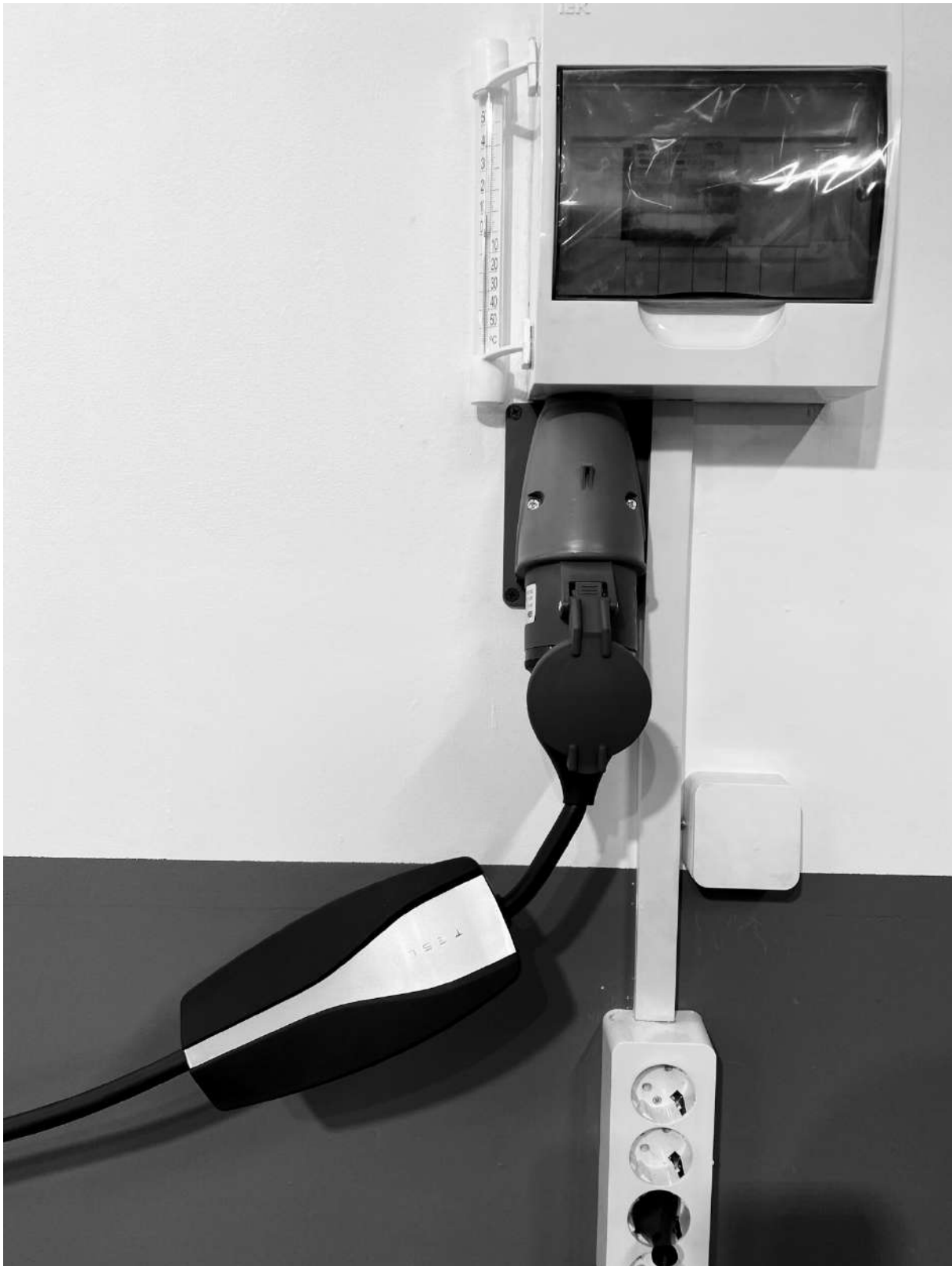


Рисунок 8 – Модуль захисту зарядання електромобіля

Третій варіант зарядки – зарядка змінним струмом високої потужності. Це, напевно, один із найпоширеніших методів зарядки

електромобілів, на даний момент. Використовується у приватних будинках, паркінгах, автозаправних станціях, парковках придорожніх закладів та й загалом по містах. Такі місця створюють спеціально для зарядки електромобілів, або підключення спеціальної техніки, тому усі вимоги, зазначені раніше, виконуються там безпосередньо. Така розетка може мати одну потужну фазу, і використовувати однофазні вилки, або така розетка може бути трифазною і використовувати спеціальну вилку та кабель, який буде приєднуватися до такої розетки. Такі вилки зображені на рисунках 9 та 10.



Рисунок 9 – Однофазна вилка



Рисунок 10 – Трифазна вилка

Завдяки такому підключенню можна отримати не 220 вольт і 16 ампер, як у випадку із звичайним домашнім підключенням, навіть із модулем захисту заряджання, а значно більшу потужність. Такі спеціальні розетки, які розраховані на підключення зарядки електромобілів, або спеціальної техніки, можуть віддати від семи кіловат потужності до сорока трьох кіловат. Потужність залежить від підключення: однофазного, або трифазного. Час зарядки від такого підключення значно зменшується і може зайняти від тридцяти хвилин до чотирьох годин активного заряджання.

Україна підтримує рух електромобілів та загалом зелену енергетику. Саме тому заряджання такими потужностями є безкоштовним, у громадських місцях. Може бути, що доступ до такої розетки буде надаватися за спеціальною картою, яка буде розблоковувати замок на такій розетці, або відкривати захисну кришку. Зазвичай такі картки є від системи, яка підтримує RFID ідентифікацію. Така система підтримує наявність RFID-карти та дозволяє відкривати доступ до розетки за допомогою прикладення карти до спеціального сканера. Такі умови уточнюються в працівників паркінгів, парковок, або працівників закладів, де встановлена така розетка.

Четвертий варіант зарядки, найтехнологічніший та найшвидший – зарядка постійним струмом високої потужності. На сьогоднішній день це найкращий та найшвидший варіант зарядки електромобіля. Установка виглядає немов би колонка заправки автомобіля на автозаправній станції, зображена на рисунку 11. Кожен електромобіль вкомплектований своєю, влаштованою, зарядною станцією. До такої влаштованої станції приєднується вилка із змінним струмом, як у попередніх варіантах зарядки. Від внутрішньої зарядної станції змінний струм випрямляється і від неї йде на батареї акумуляторів, на заряджання. Таке випрямлення напруги відбувається постійно, так як сучасні акумулятори заряджаються тільки постійним струмом. В такому способі присутній навіть свій, унікальний роз'єм живлення, найпопулярніший з них – CHAdeMO. На такій зарядній станції, такої потужності можна зарядити електромобіль всього лише за тридцять хвилин. І це не дивно, адже потужність такої станції може досягати п'ятидесяти кіловат. Електромобілі із великою ємністю акумулятора і запасом ходу в п'ятсот кілометрів, така станція може зарядити за дев'яносто хвилин. На сьогоднішній день таке рішення є найшвидшим, та найкращим. Проте таких станцій досить мало і є вони тільки у великих містах та на трасах регіонального значення. Проблема

частішого їх розміщення викликана високою ціною на створення таких станцій, поки що вони не стали стандартом, а тому є дуже рідкісними. Також ще однією особливістю станцій зарядки постійним струмом високою потужності є швидкісна зарядка до вісімдесяти відсотків за технологією швидкої зарядки і остальні двадцять заряджаються повільно, щоб продовжити життя акумулятору.



Рисунок 11 – Станція зарядки електромобіля постійним струмом високої потужності

Також не можна не згадати за майбутні концепти зарядки електромобілів. Одним із цікавих та найбільш незвичайних є приклад, який дозволить заряджати електромобіль на ходу, за принципом бездротової

зарядки прямо влаштованої в асфальт. Планується на шосе створити ще одну смугу, в яку буде влаштована безпроводна зарядка, яка буде заряджати автомобіль немов сучасний смартфон від бездротової зарядки. Система такої автомагістралі буде вираховувати, що за авто рухається по ній та скільки енергії воно споживає, поки авто рухається по такій смузі, буде запущено лічильник, який буде рахувати кількість споживчої потужності та конвертувати її у ціну, яку водій буде змушений заплатити за користування підзарядкою.

Інженери надихнулися роботою Ніколи Тесли, його передачею енергії на відстані. А конкретно, запалювання електричних ліхтарів на вулицях, які не були напряму під'єдна до електричної мережі, а живилися дистанційно. Ця, нова технологія, планується втілюватися в життя через декілька років, на одній із трас в США, де буде побудована одна така смуга із безпроводною зарядкою. По своїй суті в дорожнє покриття будуть влаштовуватися пластини, які будуть під'єднуватися до лінії електропередач і високовольтного інвертора. Під дією струму ці пластини будуть створювати електричне поле та передавати енергію на електромобіль. Таким чином буде здійснюватися заряджання авто.

Інженери вже змогли досягти певних результатів, та запевняють, що технологія робоча. Наприклад прямо зараз можна зарядити акумулятор невеликого електромобіля всього лише за п'ять годин руху по такій дорозі. Концепт такої дороги показано на рисунку 12.

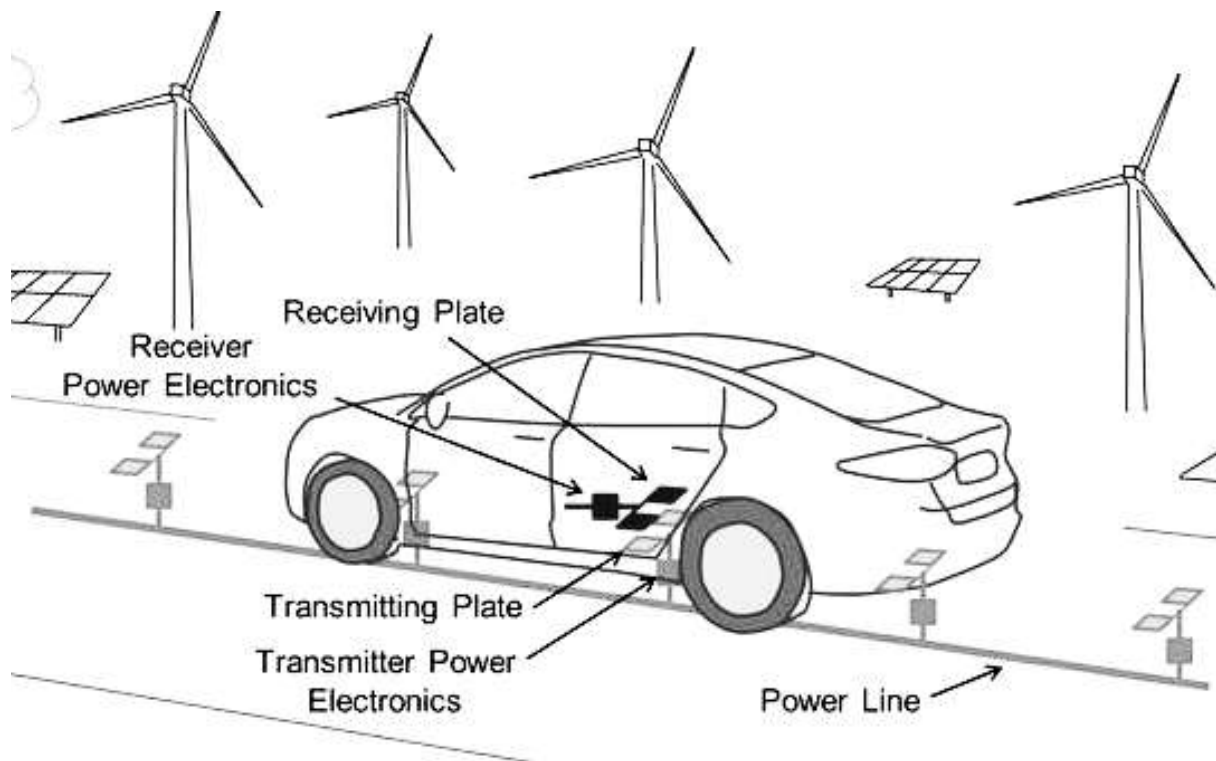


Рисунок 12 – Концепт дороги із безпроводною зарядкою електромобіля

Також мета моєї роботи – створення системи заряджання електромобіля від сонячних панелей, які будуть встановлені прям на ньому, на криші, на капоті, та на багажнику. Це дозволить заряджати акумулятор прямо під час руху, або на парковці, в місці, де немає розетки, або зарядної станції. Приклади покривання електромобілів сонячними панелями вже існують і застосовуються. Такі системи дозволяють збільшити шлях руху авто на п'ятнадцять, двадцять відсотків. Окрім цього система сонячних панелей, яка буде зроблена під час виконання цієї роботи, буде підкріплена модулем оптимізації, який дозволить не втрачати потужності системі панелей, а дозволить їй працювати завжди в точці максимальної потужності. Точка максимальної потужності буде розраховуватися за допомогою контролю вхідної напруги, вихідної напруги, вхідної сили току, вихідної току. Це ті дані, які необхідні для розрахунку потужності. Для розрахунку потужності буде використовуватися формула 1.

$$P = IU \quad (1)$$

Де P – потужність. I – сила току. U – напруга. Модуль буде підлаштовувати вхідні і вихідні значення напруги і сили току так, щоб P завжди мав найбільше значення. Це буде означати, що підтримується максимальна потужність сонячної панелі.

Прикладом вдалого застосування таких технологій можна вважати електромобіль від Hyundai, рисунок 13.



Рисунок 13 – приклад застосування сонячних панелей на відкритих частинах електромобіля

Таке рішення дозволяє використовувати енергію сонця для підтримання стану акумулятора, що може бути дуже важливим в деяких моментах, коли зарядної станції немає поблизу. Таке сонячна панель є хорошим доповненням до рекуперації в електромобілях.

1.2 Технології заряджання автомобіля за допомогою відновлювальних джерел енергії

Відновлювальні джерела енергії набрали особливу популярність в двадцять першому столітті. Така зацікавленість не оминула і електромобілі, адже сама конструкція електромобіля передбачає, що він повинен бути екологічним і ніяким чином не шкодити природі, а працювати лише на її ресурсах. Із цим сучасні електромобілі справляються добре, вони працюють виключно на електроенергії та конструюються із повністю перероблювальних матеріалів. Додатково в електромобілі влаштовують технології, які допомагають використовувати природну енергію та фізику, у підзарядці себе ж. Однією та найпоширенішою із таких технологій є рекуперація. Рекуперацією називають повернення енергії для того ж технічного процесу, для використання цим процесом її ще раз. Це пояснення описує принцип рекуперації у електромобілях дуже точно. Рекуперація може працювати як гальма, в той час повертати енергію і заряджаючи акумулятор. Або може вмикатися в моменти, коли електромобіль їде з гірки. Тоді, під дією сили тяжіння, мотори електромобіля будуть працювати вже не як мотори, а як генератори і тим самим будуть заряджати акумулятор і повертати частину енергії назад, до акумулятора. Проста схема рекуперації зображена на рисунку 14, а загальна, спрощена схема рекуперації, на рисунку 15.

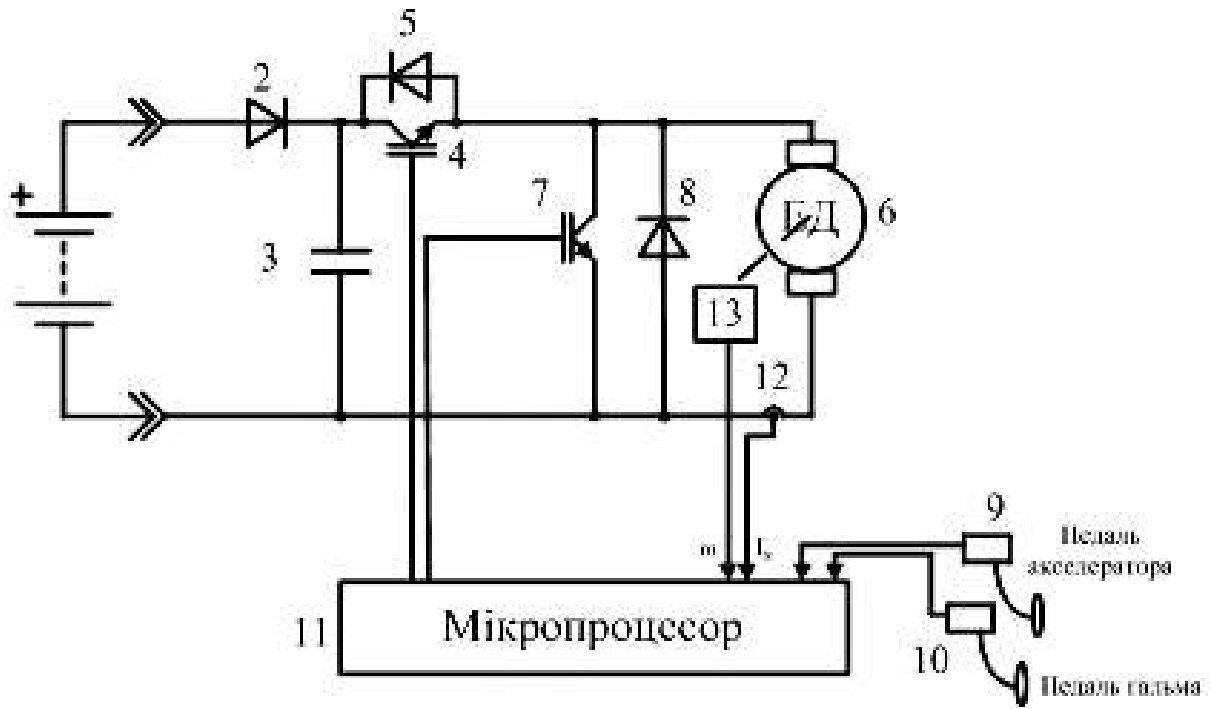


Рисунок 14 – принципова схема рекуперації електромобіля



Рисунок 15 – загальна схема рекуперації електромобіля

Рекуперація відбувається за рахунок можливостей електродвигунів працювати як генератори. Таку їх властивість було відкрито практично відразу, коли було винайдено електродвигуни. Такий двигун є точно таким самим, що використовується в промислових варіантах, там також якась сила крутить ротор, а на обмотках статора виникає електрична напруга. Простішими словами кінетична енергія перетворюється в електричну. За створення кінетичної енергії виступає якраз таки сам електромобіль, який рухається, коли педаль газу не натиснута, в такий момент вмикається система рекуперації. Мотори електромобіля починають генерувати електроенергію, яка далі спрямовується на модулі перетворення та стабілізації напруги. Тоді готова напруга подається на контакти акумуляторних батарей і відбувається їх підзарядка. Ця система дозволила збільшити шлях, який може подолати електромобіль за звичайних умов. Водії із досвідом починають читати карту рельєфу, де вони їдуть, це дозволяє вчасно віджати педаль газу, що перевести мотори в режим рекуперації і підзарядити акумулятори.

Дуже цікаво обіграли цей момент інженери із Audi. Педаль гальмування не впливає на гальмування на пряму. Педаль натискає на спеціальну м'яку платформу, схожу на подушечку, за якою розміщений датчик, який розуміє силу натискання водієм. Якщо водій вирішує, що гальмування повинно відбуватися повільно і він тисне на педаль гальмування легенько і плавно, то система гальмування вловлює це бажання водія і тоді гальмування відбувається за рахунок рекуперації. Рекуперація не працює плавно і легко. Під час рекуперації створюється електричне поле, яке ніби пручається руху ротора і при великих оборотах виникає своєрідний опір системи, своєрідна віддача. Саме через цей ефект під час рекуперації може здійснюватися гальмування, яке відбувається плавно, ніби водій сам плавно зупиняє електромобіль, хоча насправді створюється опір електродвигунів і гальмування відбувається за рахунок

цього. При тому, під час такої рекуперації здійснюється гальмування. Дуже вдале поєднання потрібного з корисним. Також може бути ситуація, коли необхідно здійснити різке гальмування. У такій ситуації водій рефлекторно буде сильно, швидко та різко тиснути на педаль гальмування. Система вловить таке рішення водія і тоді гальмування буде відбуватися за рахунок гальм, гальмівних дисків. Система рекуперації буде обійдена в силу важливості швидкої зупинки.

Іншим способом використання відновлюваної енергії є використовувати систему сонячних батарей, які будуть встановлені безпосередньо на вільні частини електромобіля: на дах, на капот, на багажник. Практично завжди ці частини електромобіля знаходяться в прямій видимості сонця і зарядка може відбуватися постійно, при наявності хороших погодних умов, а саме - наявності сонця. Сонячні елементи зараз досягли високого рівня розвитку, вони довговічні, витривалі до різних погодних умов, можуть гнутися та приймати різну форму, яка потрібна для покриття таких форм на кузові електромобілів, можуть бути тонкими та формувати собою великі кластери, так як вони ж модульними. Сучасний елемент може мати різну структуру, але основний його склад залишається незмінним, зображений на рисунку 16.

На рисунку можна побачити, що така панель дуже схожа на складову транзистора, що насправді так і є, адже принцип дії дуже схожий. Через властивості кременю цей матеріал має в собі вільні електрони, які можуть бути приведені в рух коли фотони потрапляють на нього, тобою при потраплянні світла ці вільні електрони активізуються та шукають збідненні області, щоб заповнити їх собою. Такою областю виступає кремій N-типу до якого стрімко хочуть направитися електрони із області N-типу, проте вони не можуть цього зробити через наявний розділяючий шар, який роз'єднує ці дві частини кременю. В такій ситуації можна підключити навантаження між цими двома шарами, і тоді електрони потечуть через

навантаження тим самим зможуть створити різницю потенціалів між точками, чим і являється напруга, яка так потрібна.

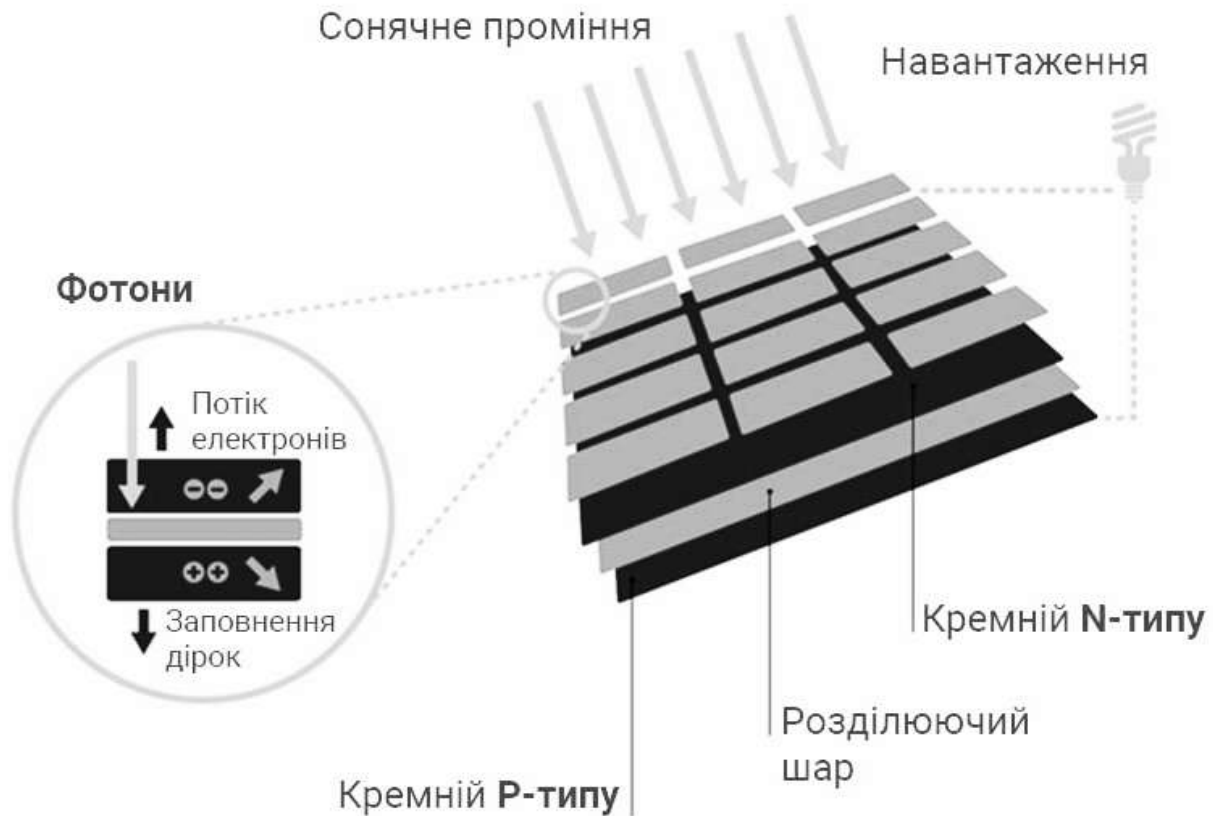


Рисунок 16 – склад сонячного елемента

Використання сонячних елементів не новина в світі електромобілів, але новизна моєї роботи буде здійснюватися саме за рахунок створення модуля оптимізації напруги із сонячної панелі.

2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ BUCK ТА МОДЕЛЬ BOOST

2.1 Модель Buck

Абсолютно кожна людина в сучасному світі стикається і користується технологією Buck, навіть не підозрюючи цього. Ця технологія створена для того, щоб знизити вхідну напругу до потрібної, для користування. Найпоширенішим прикладом користування цією технологією є живлення процесорів комп'ютерів, телефонів, зарядка телефону та живлення будь-яких електронних приладів із процесорним керуванням, тобто майже кожен прилад. Ця технологія є основою і базою для живлення сучасних пристроїв. Тому для реалізації мого модуля-оптимізатора, який буде використовувати модель Buck-Boost, важливо розглянути кожен з цих технологій, принципи їх роботи і особливості, і тільки тоді заставляти працювати ці дві технології в парі.

Технологія, яка буде використовуватися у оптимізаторі називається “синхронний Buck”. Її особливість у тому, що вона є модифікованою і покращеною версією стандартної технології Buck. Стандартна топологія реалізується на одному мосфеті, діоді Шоттки, котушки індуктивності і вихідному конденсаторі. Така топологія зображена на рисунку 17. Така проста топологія реалізується в простих перетворювачах, які не вимагають високої потужності та великої різниці у перетворенні напруги та сили току. Її використовують наприклад для живлення малопотужних пристроїв та цифрових мікросхем. Різного роду понижуючі перетворювачі постійного току DC-DC ймовірно будуть використовувати таку технологію при своєму перетворенні. Прикладом такої реалізації буде мікросхема сімейства LMR моделі 16006.

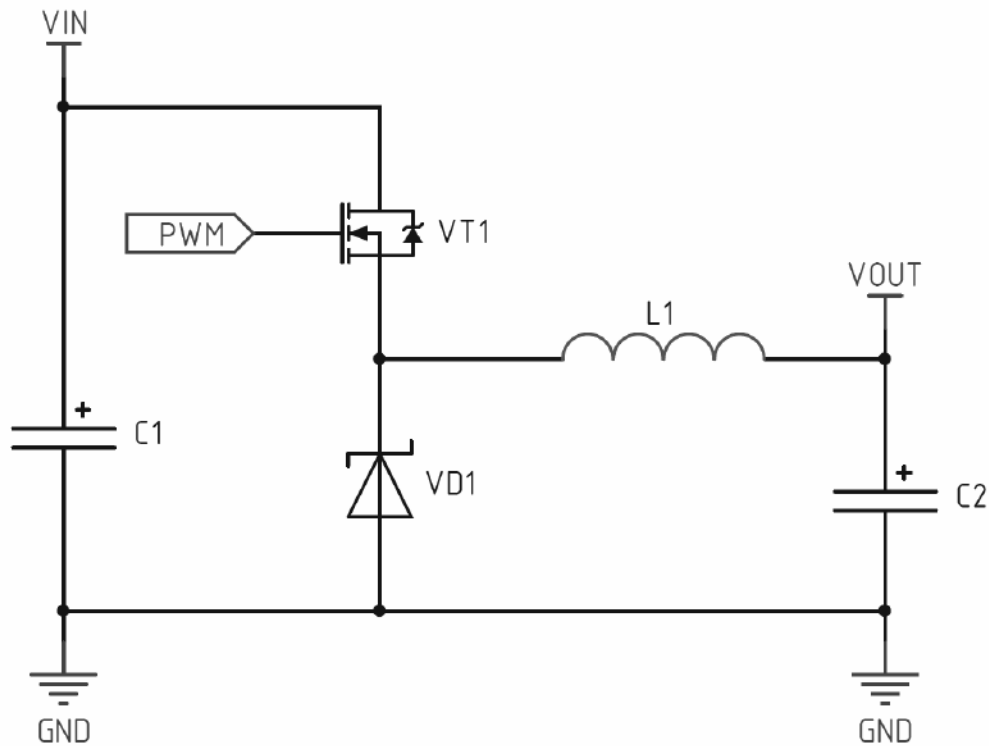


Рисунок 17 – Топологія Buck

Принцип роботи у такої схеми досить примітивний, але водночас дієвий. На транзистор подається сигнал широтно-імпульсної модуляції, а сама схема працює по чергово, у дві черги.

Першою стадією є накопичення заряду в контурі LC. При такій роботі транзистор пропускає струм і є відкритим, ток протікає через нього на навантаження в той самий час накопичуючи заряд і потенціал в котушці індуктивності, і у вихідному конденсаторі. Рух струму по схемі зображено на рисунку 18. Котушка індуктивності в цій схемі виконує головну роль, а саме від режиму її роботи залежить ступінь зниження вихідної напруги, або ступінь бусту, підвищення напруги, у топології Boost. При цьому важливо правильно розрахувати індуктивність котушки, щоб вона працювала і заряджалась синхронно з роботою транзистора, адже тільки

тоді можливо гарантувати правильну і коректну роботу схеми, без неприємних моментів у вигляді зіпсованих компонентів.

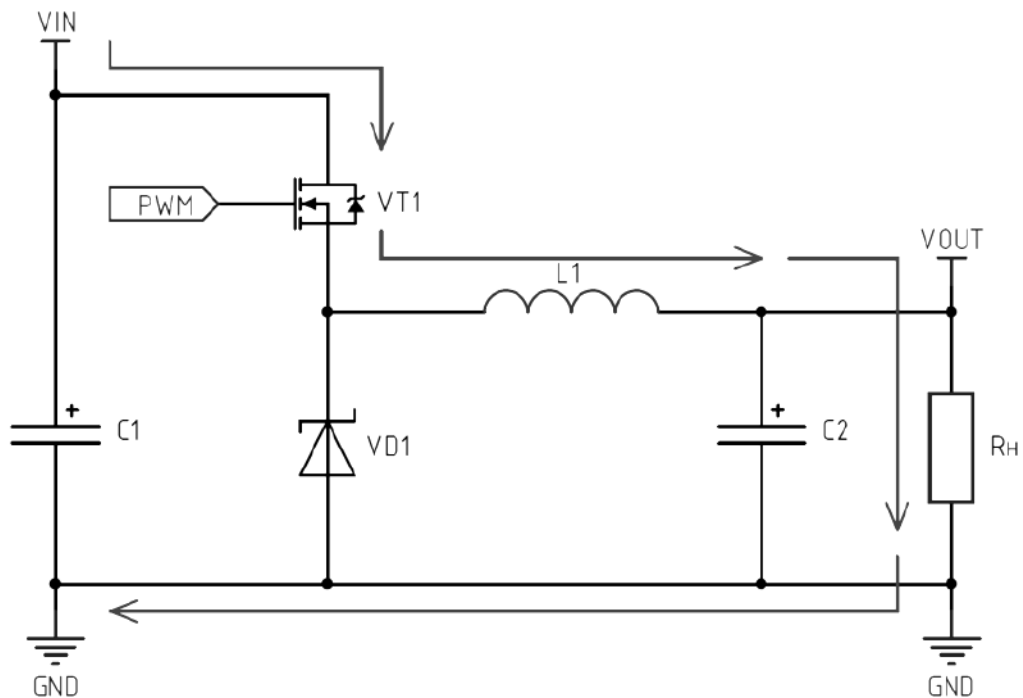


Рисунок 18 – Шлях струму під час відкритого транзистора у топології Buck

Після заряду котушки слідує стадія її розрядження. Транзистор закривається і тоді в гру вступає котушка індуктивності. Сама котушка має такі фізичні властивості, як накопичення енергії, якщо через неї пропустити напругу, в нашому випадку ми пропускаємо струм через транзистор і тим самим заряджаємо котушку. Якщо транзистор закрити, тоді на котушку не буде подаватися струм і не буде її підзаряджати, тоді котушка буде віддавати заряджений у ній струм. Окрім того котушка не просто віддає напругу, але і намагається зберегти сили струму, яка через неї проходила, разом із збереженням напрямку струму. Тому, щоб зберегти цю властивість і захистити транзистор від зворотного току, в схему додається діод, для того, щоб замкнути коло, бо транзистор розімкнений.

Це все робиться тому, що струм протікає тільки у замкненому колі. Тоді шлях струму буде таким, як зображено на рисунку 19.

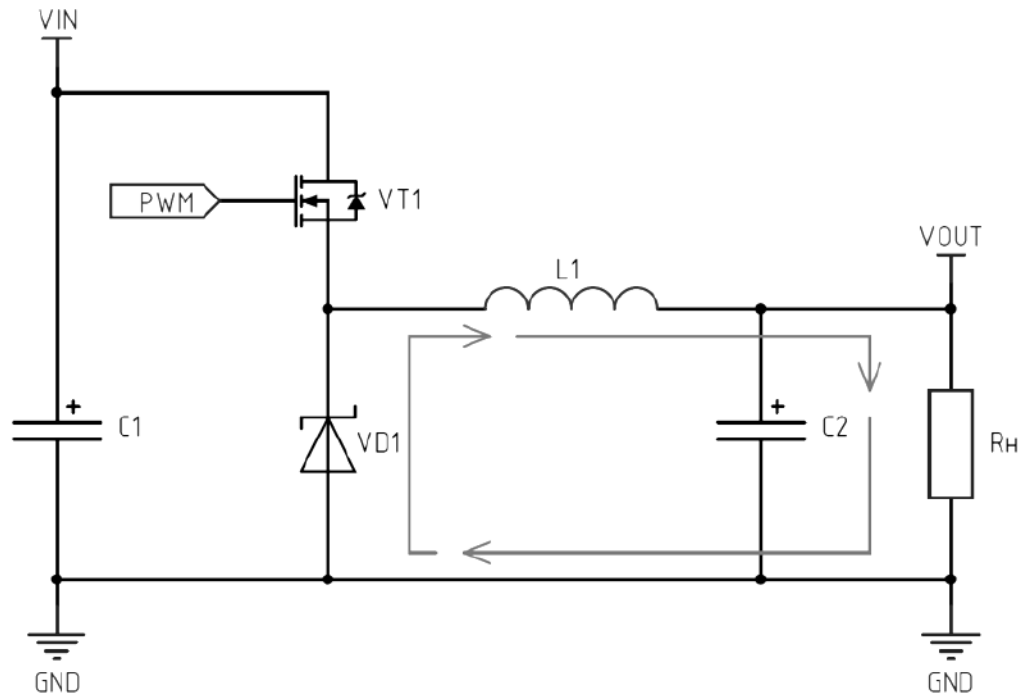


Рисунок 19 – Шлях струму при розімкненому транзисторі у топології Buck

При такій схемі можна розрахувати, якою буде вихідна напруга, для цього розрахунку потрібно використати формулу 2

$$V_{out} = D \cdot V_{in} \quad (2)$$

З формули зрозуміло, що напруга на виході залежить від лінійного коефіцієнту заповнення сигналу широтно-імпульсної модуляції, який подається на транзистор. Цей коефіцієнт є відношенням часу, коли транзистор залишається відкритим, до часу періоду. Такий коефіцієнт може бути тільки двійковим, тільки може приймати два значення: один, або нуль,

нуль відсотків, або сто відсотків. Цими значеннями я буду оперувати при проектуванні і керуванні перетворювача.

Частота роботи Buck-перетворювача має постійну величину і задається при проектуванні, під час роботи вона не змінюється, а це значить, що вона є постійною. Це означає, що вихідна напруга буде залежати від двох фізичних величин, напряму. Залежати буде від часу, на який буде відкрито транзистор. Ця залежність означає, що чим довше буде відкритий транзистор, тим більше енергії котушка індуктивності зможе накопичити на LC фільтрі і від кількості накопиченого заряду буде залежати напруга, яку та сама котушка зможе віддати. Другою залежністю є вхідна напруга, відповідно якої буде залежати вихідна напруга, яка буде керуватися коефіцієнтом заповнення. Наприклад якщо вхідна напруга буде в рамках від десяти до двадцяти вольт, при коефіцієнті заповнення п'ятдесят відсотків, то на виході напруга буде змінюватися в рамках від п'яти до десяти вольт.

Всі ці теоретичні принципи роботи були підтверджені на досліді. На макет топології Buck було подано напругу в розмірі двадцяти вольт постійного струму. При коефіцієнті заповнення в п'ятдесят відсотків напруга на виході перетворювача дорівнювала десяти вольтам. Результати спостереження на осцилографі зображені на рисунку 20.

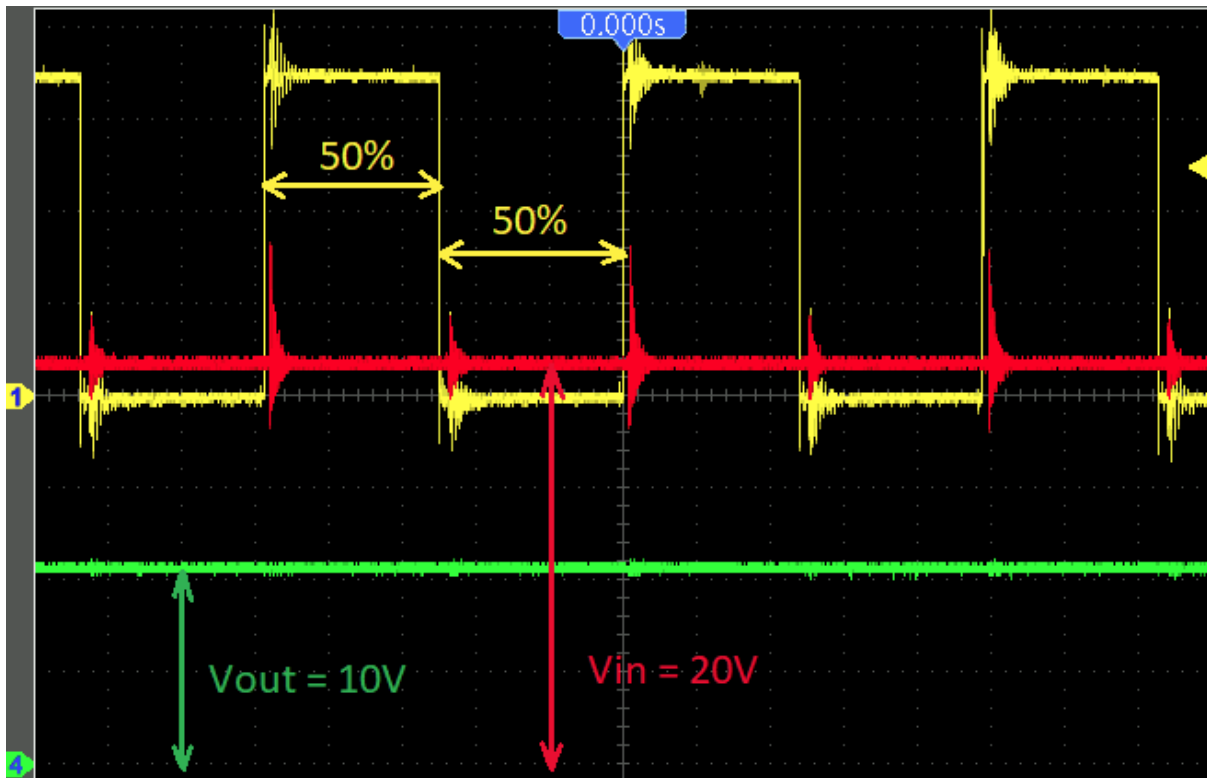


Рисунок 20 – Результат роботи топології Виск зображений на осцилографі, при коефіцієнті заповнення п'ятдесят відсотків

Як можна побачити на осцилограмах – топологія працює правильно і співвідношення, яке розраховувалося формулою, є правильним. Звісно цей експеримент відбувався у ідеальних, стерильних умовах, адже в реальному використанні із сонячними панелями такого не буде ніколи, панель не має своєї сталої напруги і завжди буде змінювати її, тим самим змінюючи вихідну напругу, адже вихідна напруга залежна від вхідної. Якщо буде змінена вхідна напруга, що і буде відбуватися, якщо до схеми підключити сонячну панель, то вихідна напруга буде змінюватися пропорційно, відповідно до коефіцієнту заповнення. Тому важливо контролювати коефіцієнт заповнення сигналом широтно-імпульсної модуляції. Це дозволить змінюватися коефіцієнту заповнення і тим самим підтримувати вихідну напругу на заданому значенні. Такий динамічний контроль можна

зробити за допомогою спеціалізованої мікросхеми, або мікроконтролера, якому можна задати відповідну генерацію частоти на якомусь піну.

Ця топологія, про яку велась мова раніше, є базовою і один із її недоліків є серйозні втрати коефіцієнту корисної дії. Все це через наявність діода в схемі. Але при різних входніх значеннях втрати коефіцієнту корисної дії можуть досягати до п'ятнадцяти відсотків, а це серйозні втрати, з якими потрібно боротися. При використанні діода в схемі я отримую втрати на ньому в 0,7 вольт. Все це через його фізичні властивості P-N переходу, такі втрати будуть завжди і забрати їх неможливо. Навіть при використанні діода Шоттки, в якого втрата при P-N переході рівна 0,4 вольт, при проходженні через схему току в двадцять ампер втрати будуть рівні восьми ватам потужності, всі ці втрати будуть виділятися у вигляді тепла, яке кудись потрібно буде відводити, або охолоджувати. Новіша реалізація Топології Buck пропонує замість діода поставити ще один мосфет, схема на рисунку 21.

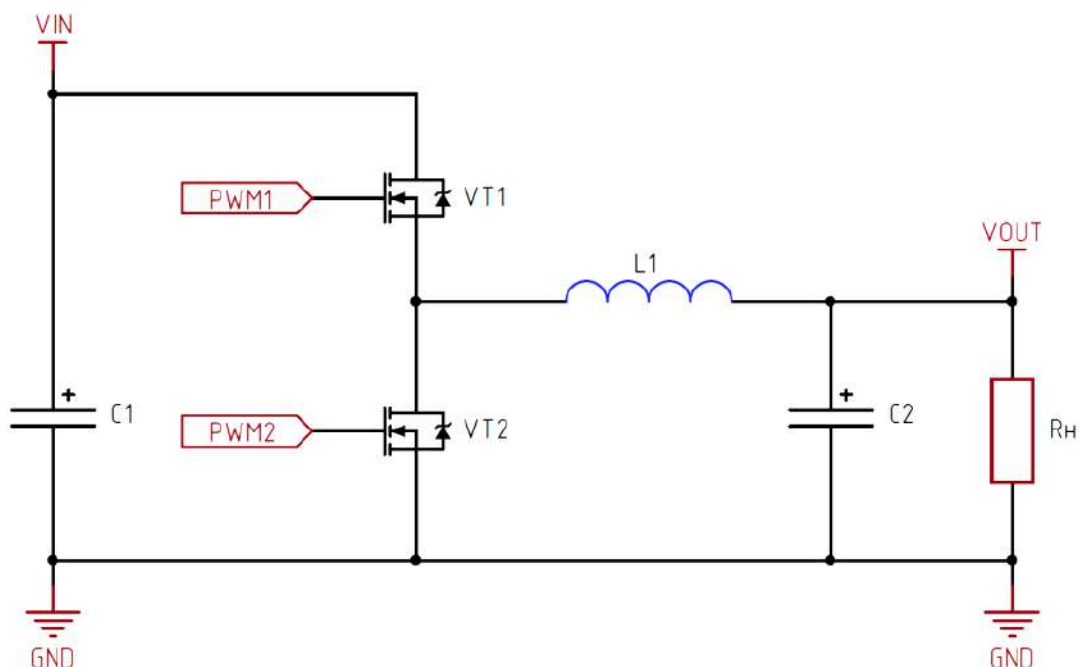


Рисунок 21 – Схема Buck із використанням мосфету, замість діода

Тепер на себе роль діода взяв мосфет, він буде проводити струм, коли вхідний транзистор буде закритим. Але так як попередній діод був просто пасивним компонентом і не вимагав додаткового керування, то ще один транзистор вже буде вимагати керування, інакше він не буде проводити струм, як мені потрібно. Схема стала складнішою, але значно ефективнішою. Для керування доведеться використати ще один канал в генераторі широтно-імпульсної модуляції. При обрахунку вигоди встановлення транзистора, замість діода, можна визначити, що втрати мінімізувалися. Опір прохідного каналу будь-якого сучасного мосфету може вимірюватися всього декількома міліомами. Наприклад транзистор, який я буду застосовувати у проектуванні, має опір 8,3 мОм. При такому опорі і току в двадцять ампер втрати будуть в районі чотирьох ват потужності. Проста заміна компонента вже дала приріст в коефіцієнті корисної дії в два рази. Але при такій схемі потрібно реалізувати правильне керування транзисторами, адже це два ключі. При тому, що транзистори мають здатність відкриватися і вони підключені послідовно, то при неправильній подачі сигналу на обидва, можна направити вхідну напругу на землю схеми і зробити коротке замикання. В такому випадку транзистори згорять і їх потрібно буде замінити, та змінити модель керування. Мені потрібно заставити працювати транзистори позмінно, щоб в один момент часу один був закритий, а інший відкритий і навпаки. Також потрібно врахувати час затримки їх відкривання, адже транзистори не повинні перетинатися відкриванням один з одним. Для цього потрібно створити штучну затримку сигналів, щоб один транзистор встиг відкритися, а інший закритися. Якщо транзистори не будуть працювати із затримкою, то в кращому випадку буде проста втрата ефективності роботи схеми, а в гіршому компоненти можуть згоріти. Неправильна осцилограма включення транзисторів зображена на рисунку 22.

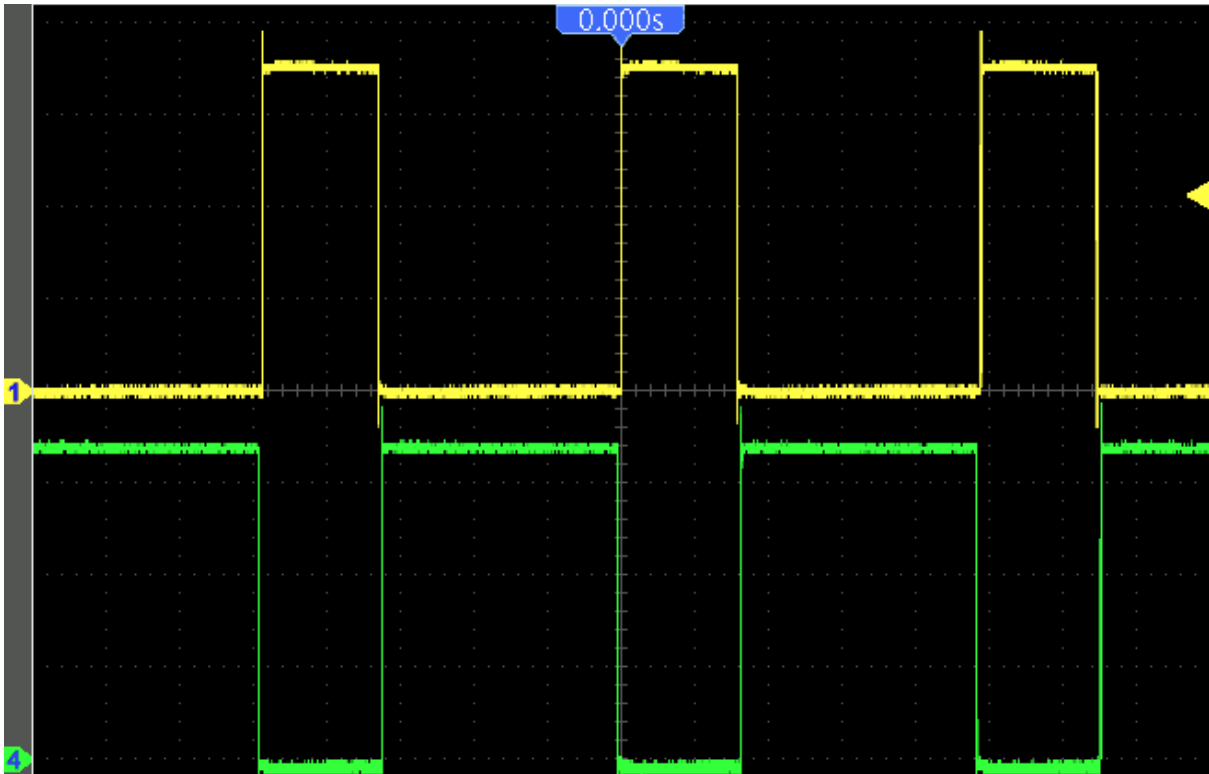


Рисунок 22 – Синхронне перемикання транзисторів, яке є неправильним

На рисунку 23 зображено перемикання транзисторів із затримкою.

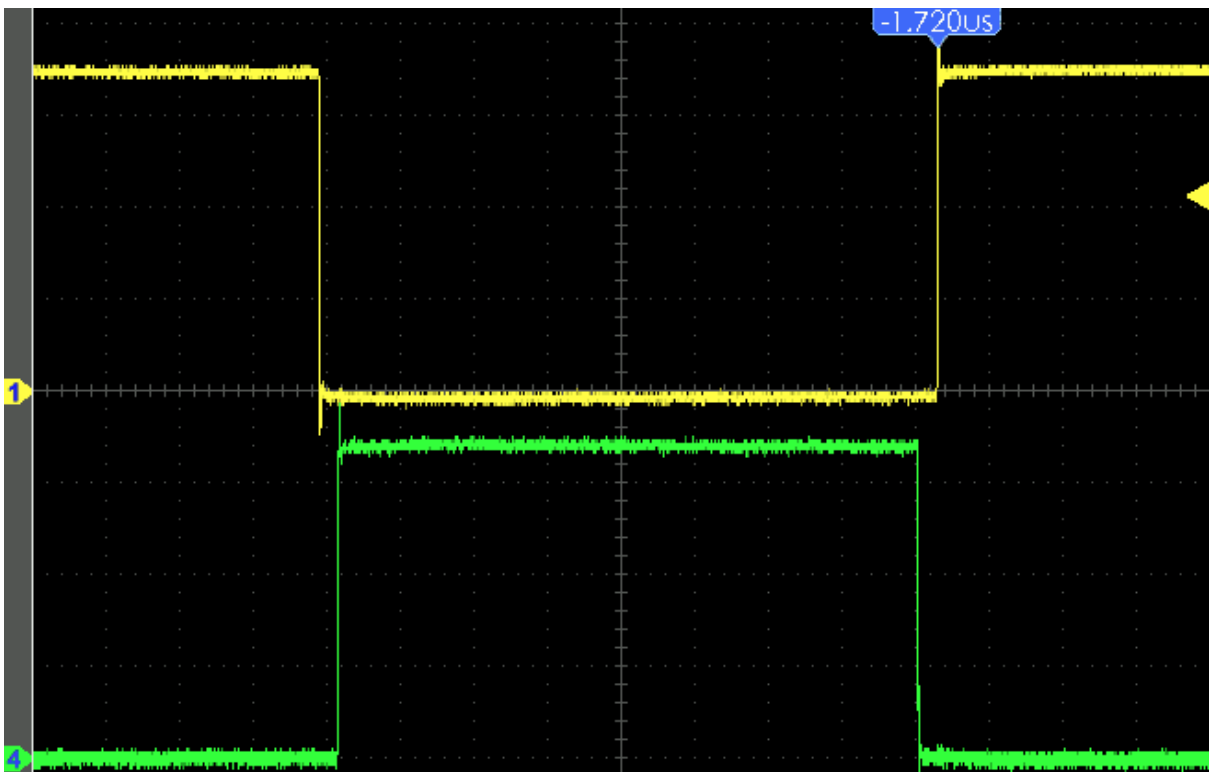


Рисунок 23 – Перемикання транзисторів із затримкою

Можна помітити, на рисунку 23, що границі перемикання транзисторів наявний невеликий пробіл. Цей пробіл і є затримка перемикання транзисторів. На макеті він встановлений великий із дуже великим запасом, який дорівнює приблизно трьом відсоткам, щоб його можна проілюструвати в даній роботі. В реальному застосуванні такий пробіл можна ставити сміливо меншим, зображено на рисунку 24.

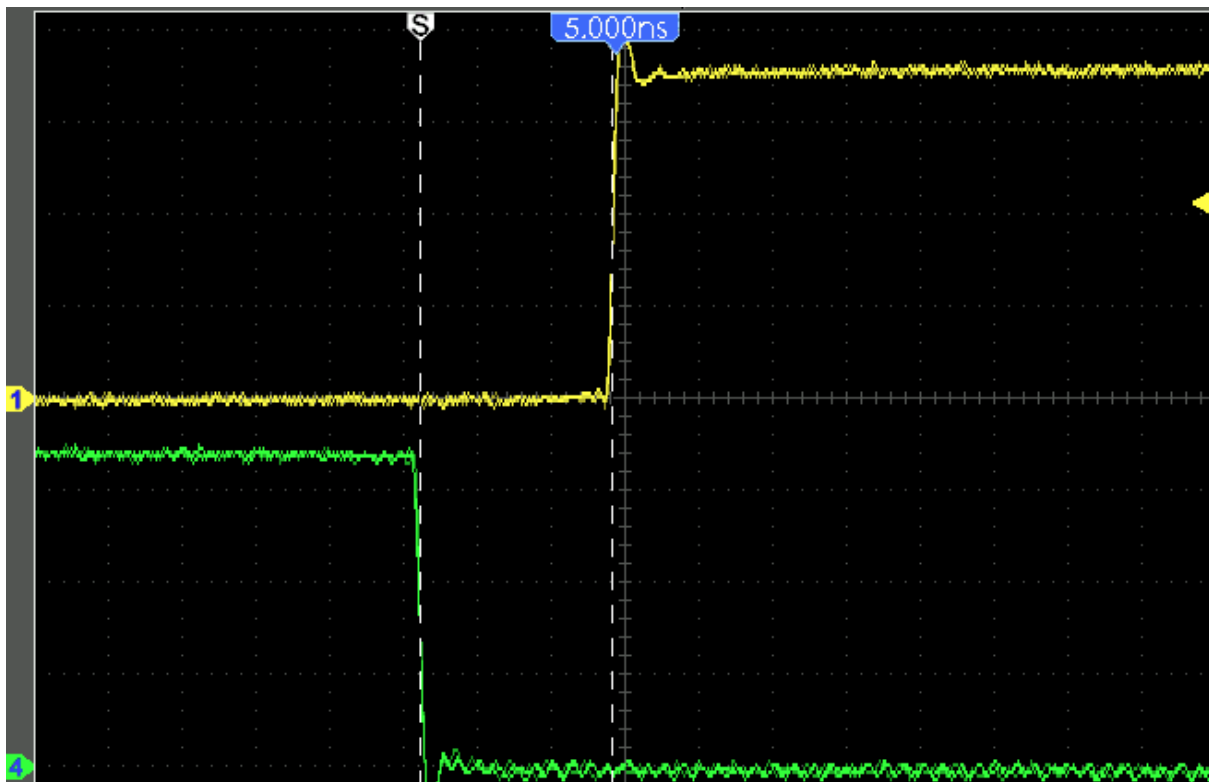


Рисунок 24 – Час затримки зменшено до п'яти наносекунд

Час затримки коефіцієнта заповнення на ділі встановлюється мінімальний можливий, для використаних транзисторів, це робиться для того, щоб максимально ефективно заставити працювати схему. Такий коефіцієнт можна розрахувати на формулі, або підібрати методом підбору і при тому моніторити значення на осцилографі, при якому значенні коефіцієнту затримки і заповнення, схема дасть найкращі результати.

2.2 Модель Boost

Підвищуючий модуль Boost є зеркально-оберненим до системи Buck. Він будується із тих самих компонентів, тільки інакше здійснюється керування і отримання високої напруги. У обох топологіях є дві стадії роботи. Перша з них – накопичення енергії в дроселі, а навантаження живиться від вихідного конденсатора. Друга стадія роботи характеризується передаєю заряду із котушки на навантаження, на вихід схеми. при цьому заряджається вихідний конденсатор, який буде віддавати прийнятий на себе заряд і саме від буде віддавати від себе заряд, поки котушка буде заряджатися знову. Схема такого перетворювача буде відрізнятися від топології Buck і зображена на рисунку 25.

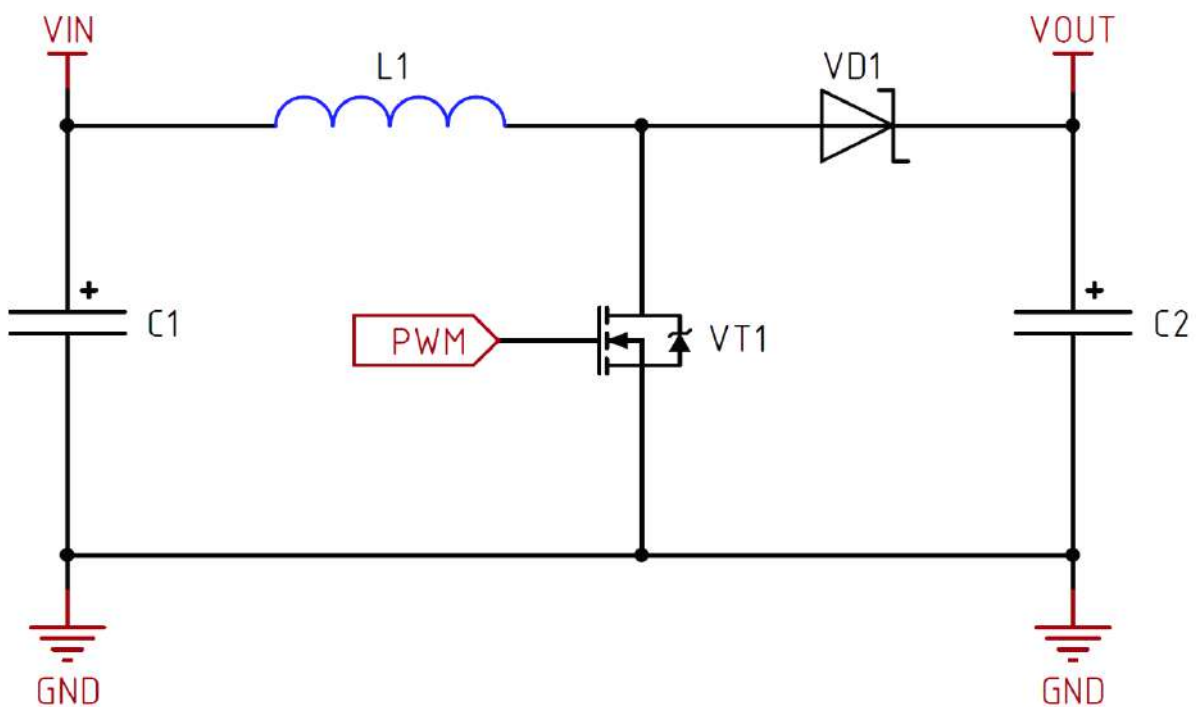


Рисунок 25 – Топологія Boost

На перший погляд може здатися, що схема не схожа на топологію Buck, але це не так. При детальному розгляді і аналізі висновок буде іншим, що схеми все ж працюють ідентично, просто ніби в різні сторони.

При своїй роботі схема першою справою накопичує заряд. В момент увімкнення схеми перетворювача вихідний конденсатор знаходиться під вхідною напругою. Струм буде проходити через котушку індуктивності і діод. До цієї схеми також потрібно підключити мікроконтролер, який буде генерувати широтно-імпульсний сигнал, який буде керувати транзистором, його затвором. При відкритті транзистора електричне коло замикається, струм проходить через котушку індуктивності, через транзистор і на землю. В той час у котушці накопичується заряд. Через діод струм не проходить. Схема руху струму зображена на рисунку 26.

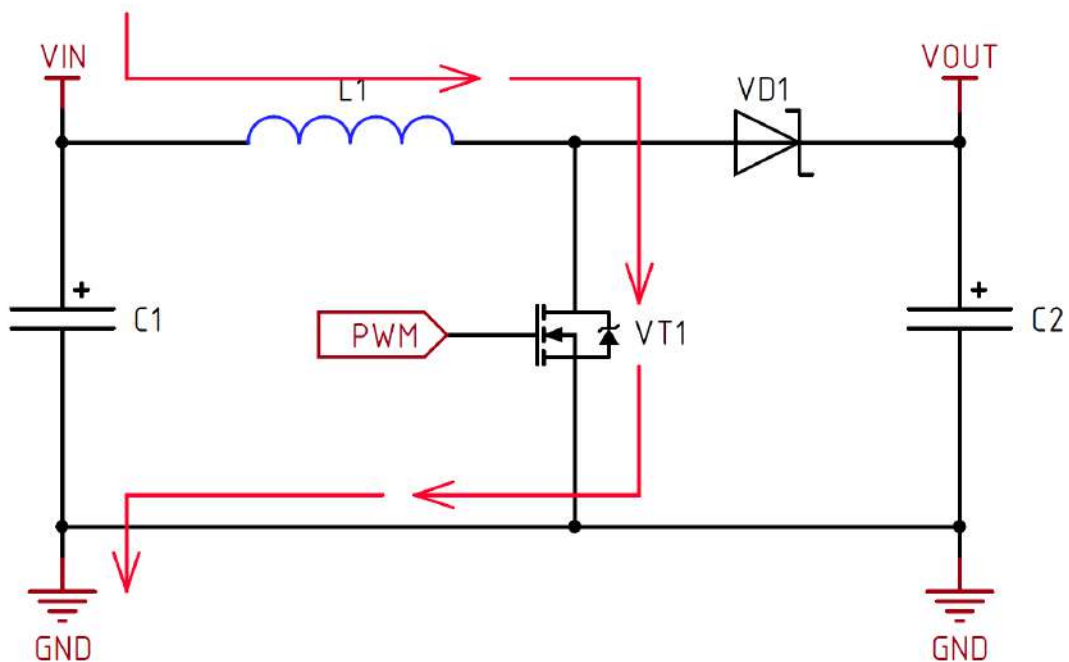


Рисунок 26 – Шлях струму при відкритому транзисторі у топології Boost

Струм через діод не проходить, адже на його катоді електричний потенціал більший, ніж на аноді, тому коло замикається перед перед ним.

Наступною стадією є стадія розряду накопиченого заряду. Сигнал широтно-імпульсної модуляції перемикає діод на логічний нуль і транзистор закривається. В цей момент часу котушка індуктивності, за рахунок своїх фізичних властивостей, намагатиметься підтримати ток заряду в ній шляхом збільшення напруги. Коли напруга в цій частині схеми стане більшим, аніж на катоді діода, тоді струм починає протікати через діод, на навантаження, яке підключено після нього. Також паралельно навантаженню підключений конденсатор, який збирає імпульси від котушки і заряджається, тим самим згладжуючи вихідну напругу і усі пульсації у ній. Схема шляху при такому перемиканні на рисунку 27.

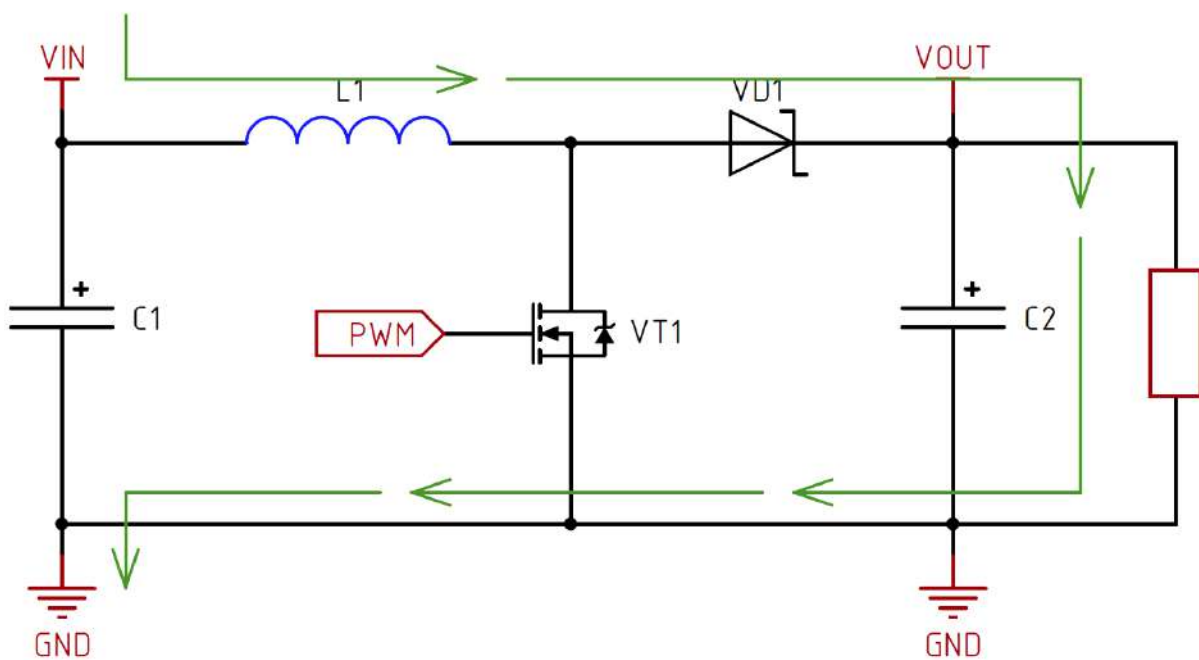


Рисунок 27 – Шлях струму при закритому транзисторі і підключеному навантаженні

Далі увесь алгоритм повторюється раз за разом і таким чином ця схема працює. В момент закриття транзистора котушка індуктивності починає віддавати накопичений заряд. Для того, щоб зберегти силу струму,

напруга на котушці збільшується і саме цей момент обирається для заряджання конденсатора високим струмом, адже струм, теоретично, прямує до нескінченності. До нескінченності він може прямувати в ідеальному світі, а насправді його максимальне значення буде обмежене опором вихідного навантаження, опором діода, опором котушки індуктивності і керування зворотнім зв'язком.

Стадія накопичення енергії має один цікавий нюанс. В момент запуску схеми, у вихідному конденсаторі немає ніякого заряду, адже потенціал не проходить через діод на конденсатор. Але після закриття транзистору увесь накопичений заряд у котушці індуктивності пройде через діод до частини схеми із конденсатором, де заряд пройде до ємності конденсатора, а навантаження буде брати напругу із конденсатора. Схема роботи топології зображена на рисунку 28.

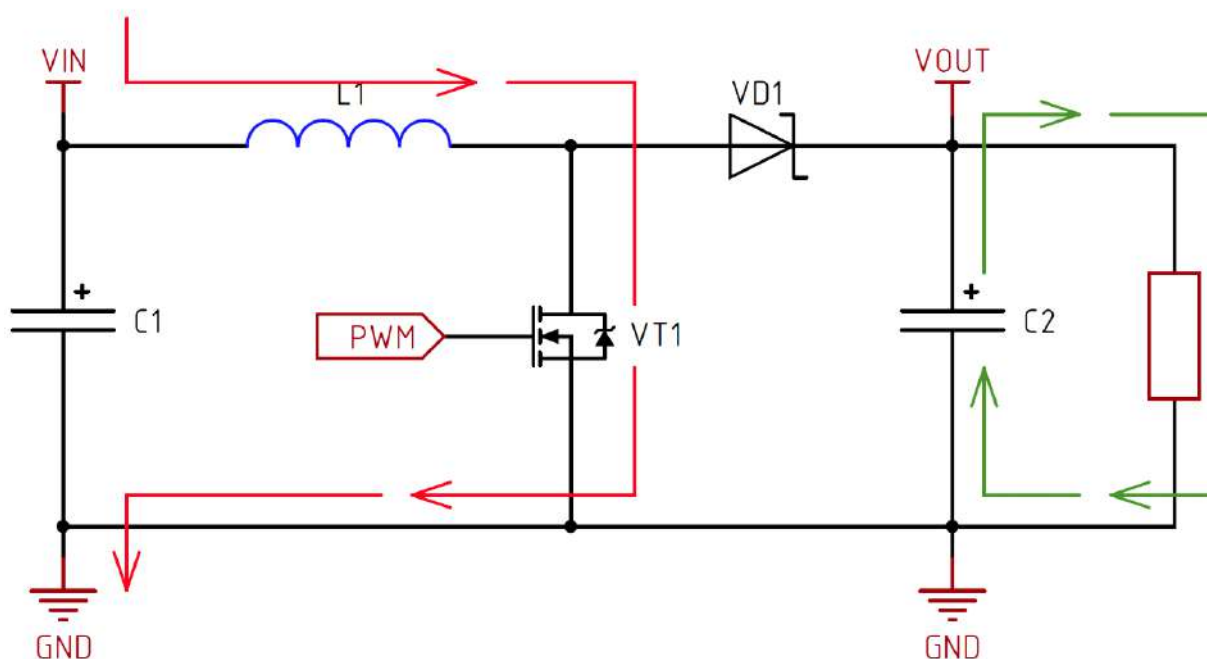


Рисунок 28 – Робота двох контурів у топології Boost

Судячи зі схеми на рисунку 28 у топології Boost виходить два замкнених контура. Зона ліворуч замикається через транзистор і таким чином відбувається заряд котушки індуктивності, а частина схеми праворуч замикається через навантаження. Злиття процесів не відбувається через наявність діода в схемі, він виступає роздільним компонентом, який необхідний для формування лівої і правої частини схеми, щоб кожна з них працювала у своєму режимі.

У схемі, звісно ж, є і недоліки. Основним недоліком є те, що вхідну напругу не можна збільшити більше, аніж в три, або в чотири рази. Це потрібно виконувати для того, щоб не перевантажити схему і стабілізатор працював справно, у заданому режимі. Також потрібно цього дотримуватися, через те, щоб підтримувати задовільний коефіцієнт корисної дії. Схему можна розігнати, що і з дванадцяти вольт можна отримати триста п'ятдесят, але коефіцієнт корисної дії при такому навантаженні буде мізерним і нормально використовувати таку схему тоді буде неможливо. Все тому, що при таких значеннях коефіцієнт заповнення буде дорівнювати практично одиниці, і пробіл між його роботою буде дуже маленьким. Це означає, що генератор широтно-імпульсної модуляції буде генерувати дуже складні для себе сигнали і може не справлятися із такою роздільною здатністю сигналу, яка від нього буде намагатися. При такій роботі, в такому режимі, можуть початися помилки в роботі генератора. При такому керуванні з боку процесора і генератора в ньому це буде означати, що транзистор буде практично завжди відкритий, струм буде практично завжди проходити крізь нього, а це буде означати низький коефіцієнт корисної дії. При цьому розумно буде підсумувати, що такий модуль потрібно буде використовувати тільки в тому випадку, коли потрібно збільшити вихідну напругу тільки в три чи чотири рази, збільшувати її далі буде вже недоцільно, адже будуть дуже великі втрати по

ефективності роботи самого перетворення, а втрати по ефективності і потужності нікому непотрібні.

2.3 Розрахунок дроселя для моделі Boost

Як можна було помітити, що велику роль в реалізації цієї технології відіграє котушка індуктивності. Уся ця технологія будується навколо неї і навколо її фізичних можливостей заряджатися, тримати в собі заряд та створювати електричне поле. Від розрахунку такої котушки буде залежати уся робота перетворювача, тому цьому важливо приділити достатньо уваги, щоб не зіпсувати усю попередню роботу по проектуванню.

Для прикладу я візьму прості, загальні вхідні значення і значення, які потрібні на виході. Відносно цих значень буде побудовано котушку індуктивності. За вхідну напругу я візьму дванадцять вольт, вихідна напруга буде дорівнювати тридцяти шести вольтам, номінальна потужність перетворення буде шістдесят ват, частота перетворення буде виставлена в сто кілогерц. Варто зазначити, що значення котушки буде розраховуватися для режиму не розривних струмів. З початку потрібно визначити максимальне значення коефіцієнту заповнення, з яким буде працювати перетворювач. Таке значення буде встановлюватися частотою широтно-імпульсної модуляції, при напрузі, яка буде можлива при мінімумі вхідної напруги. У своєму експерименті я буду заживлювати модуль від лабораторного блоку живлення, в такому випадку вхідна напруга буде дорівнювати номінальній, адже розкиду по напруги при живленні від такого блоку живлення, немає. В іншому випадку якщо живити модуль не від стабільного джерела, а від акумулятора, батарейки, або сонячної панелі, то потрібно вказувати найменше можливе значення, в розумних діапазонах, звичайно ж. В своєму випадку я буду ставити значення стабільне,

дванадцять вольт постійної, стабілізованої напруги. Формула 3 для такого розрахунку виглядає так:

$$D_{max} = 1 - \frac{V_{in(min)}}{V_{out}} = 1 - \frac{12V}{36V} = 0,67 \quad (3)$$

Для виготовлення котушки я обрав сердечник з матеріалу Kool Mu із проникністю 60, рисунок 29.



Рисунок 29 – Сердечник для котушки індуктивності

Для розрахунку потрібно знати кількість витків намотаних на цей сердечник. Для цього допоможе формула 4.

$$w = \sqrt{\frac{L_{min}}{A_L}} = \sqrt{\frac{53.24 * 10^{-6} \text{ Гн}}{75 * 10^{-9} \frac{\text{Гн}}{\text{виток}^2}}} = 26,64 \quad (4)$$

Така кількість витків є мінімальною при яких перетворювач залишиться в режимі не розривних струмів, при номінальній входній напрузі у дванадцять вольт. При такій кількості витків, при такому сердечнику, при такому входному навантаженню в мене залишається запас у п'ять разів, що не перевантажувати сердечник. Це означає, що він не буде працювати і в половину своїх можливостей і буде працювати правильно і довговічно. Фото готової котушки зображено на рисунку 30.



Рисунок 30 – Готова котушка індуктивності

Провід для обмотки був обраний діаметром 0,6 міліметра, мідний у лаковій ізоляції. Його у мене є багато, тому іншого вибору немає. Площа

поперечного перерізу такого проводу буде дорівнювати 0,283мм в квадраті. Сила току в такому провіднику буде протікати в районі 5А. З цих даних можна розрахувати густину струму. За формулою 5.

$$\frac{5\text{A}}{0,289\text{мм}^2} = 17,5 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2} \quad (5)$$

Така густина струму для одного провідника є зavelикою, пи інй можливий нагрів котушки. Рятує те, що сам сердечник є досить великого розміру, тому можна намотати котушку двома такими проводами, в дві жили. Така намотка зменшить густину струму в два рази, то значення 8,80 А/мм. Замір характеристики на рисунку 31.



Рисунок 31 – Замір характеристики реальної котушки

Значення котушки вийшло 62μН, це те, що потрібно для схеми. Далі необхідно розрахувати вихідний конденсатор для схеми, з якого і буде живитися навантаження. Поставити конденсатор будь-якої великої чи малої ємності не можна, тому його потрібно розрахувати. Для цього допоможе формула 6.

$$C_{out} = \frac{(V_{out} - V_{in}) * I_{out}}{V_{out} * f * V_{p-p}} = \frac{(36В - 12В) * 1,67А}{36А * 10^5 Гц * 0,1В} = 111,3 \mu F \quad (6)$$

Користуючись формулою 6 я отримав значення вихідного конденсатора, який буде використовуватися у схемі. Підсумовуючи усі дві топології, їх різниця зображена на рисунку 32 та на рисунку 33.

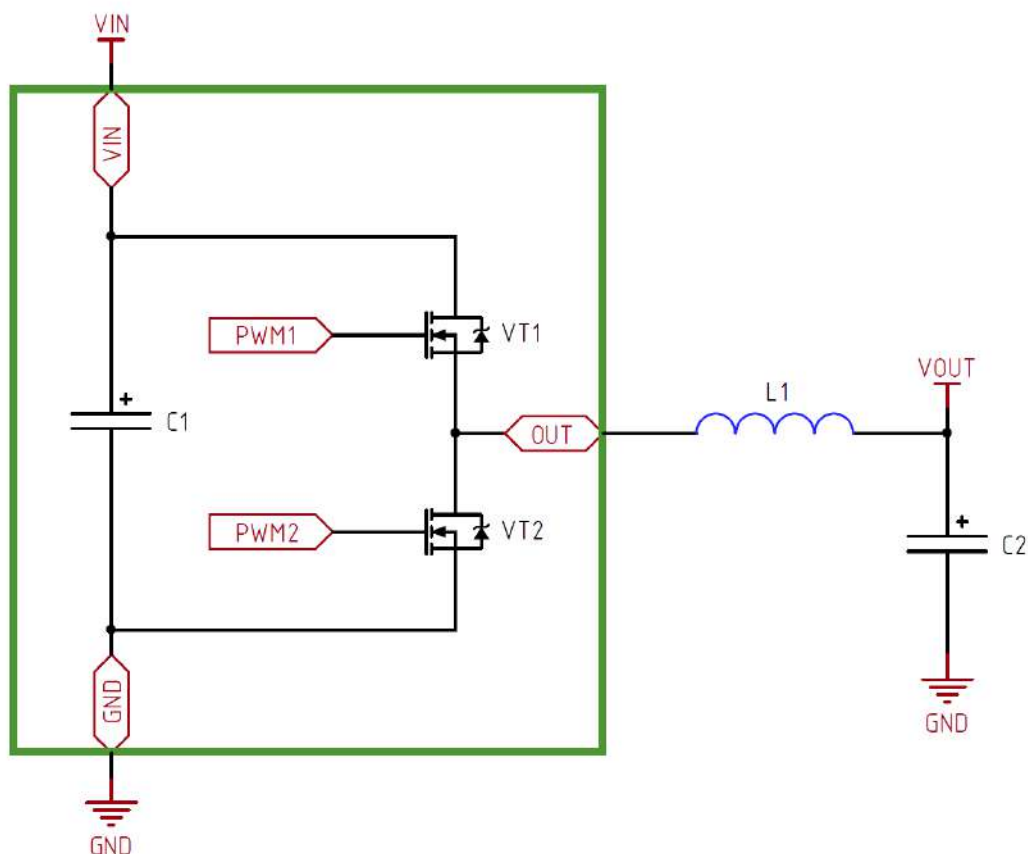


Рисунок 32 – Топологія Виск

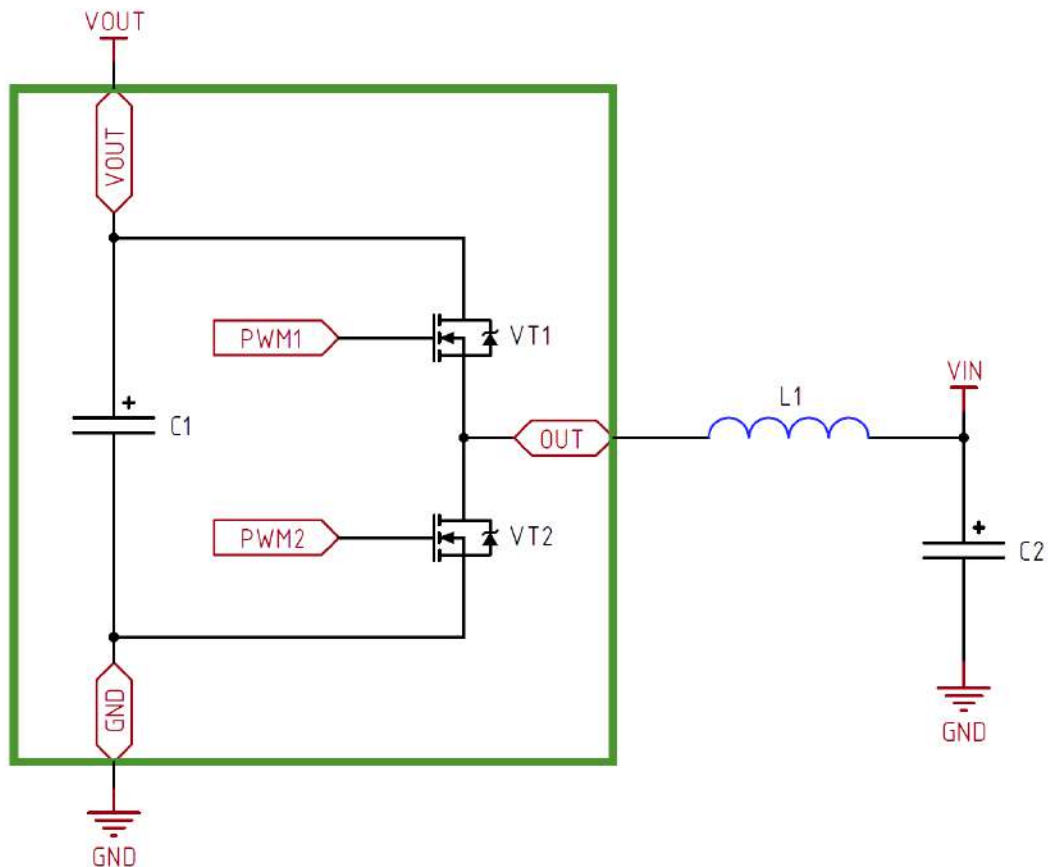


Рисунок 33 – Топологія Boost

Як мною було зазначено раніше – ці дві топології походять одна від однієї і напряму від неї залежать. Керування ними виконується однаково, лише з різними параметрами. Загалом уся відмінність полягає у тому, що кінцель однією топології є початком другої, це основне, що потрібно знати та тримати в голові, при розробці таких модулів перетворення.

Для підтвердження роботи топології Boost я виконав моніторинг осцилографом та зробив такі осцилограми, зображені на рисунку 34. На вхід подам все ті ж 12 вольт постійного, стабілізованого струму. У коді зазначено збільшення струму у 3 рази.

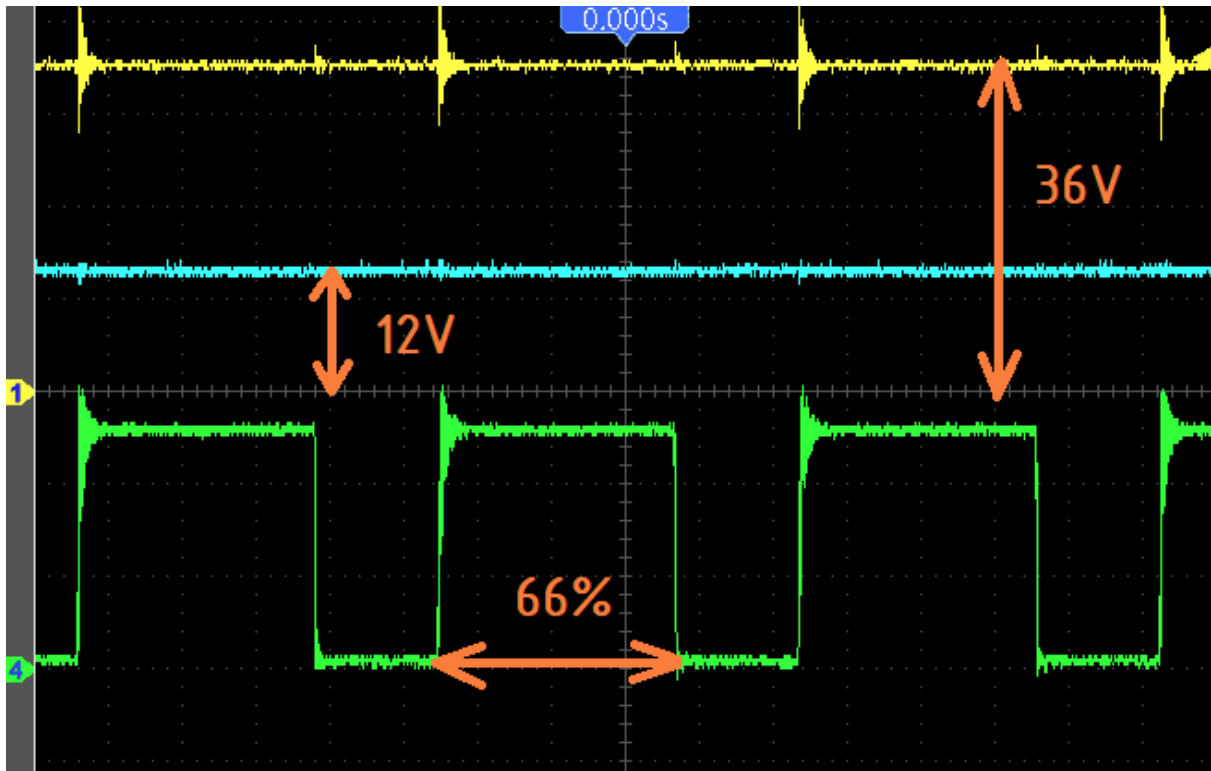


Рисунок 34 – Осцилограма роботи моделі Boost

Осцилограф показує прогнозовані значення, а це означає, що модель працює справно і підвищує напругу у задану кількість разів, без втрат потужності, усе розраховано вірно.

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ BUCK—BOOST

3.1 Теоретичне моделювання

Модель Buck–Boost дуже часто можна зустріти у вигляді перетворювачів постійного струму DC-DC. Також часто стається ситуація коли вхідна напруга не є постійною, а розкидана у діапазоні і постійно змінюється. Якраз таке спостерігається на виході сонячної панелі, якраз ситуація та рішення, яке мені підходить. Оглядаючись на попередні рішення можна було б підвищити напругу за допомогою моделі Boost, а потім опустити напругу за допомогою моделі Buck, якщо вхідна напруга нижча за потрібну. А якщо вхідна напруга вища за потрібну, то тоді використовується тільки модель Buck. Теоретично звучить чудово, потрібно спробувати реалізувати схему із вдома такими контурами.

Якщо комбінувати схеми, зображені на рисунку 32 та на рисунку 33, то одразу буде видно недолік, точніше дивне рішення. Я описував раніше, що кінець однієї схеми є початком для іншої, і якщо підставити їх одна з другою, то відразу буде видно дві котушки індуктивності, які переходять одна в іншу, та ще й між ними буде встановлено конденсатор, який являвся виходом для топології Buck, та входом для топології Boost. Таке рішення буде означати не оптимальний режим роботи, а як наслідок – зменшення коефіцієнту корисної дії, що не можна допустити ні в якому разі. Схема простого комбінування зображена на рисунку 35.

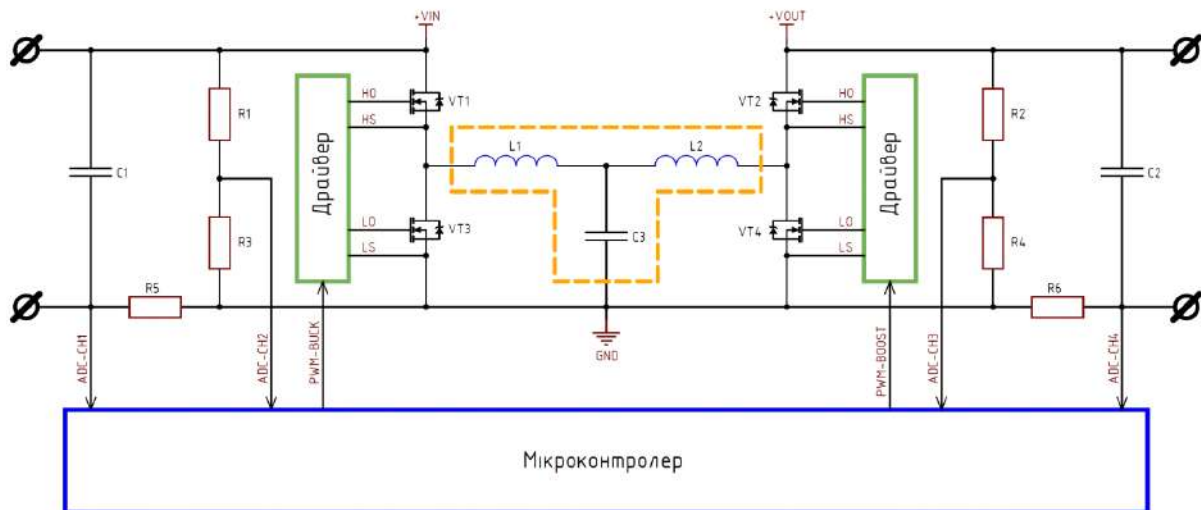


Рисунок 35 – Комбінація топологій Buck та Boost

На схемі окремо зображено топологію Buck, ліворуч, та топологію Boost, праворуч. Кожна з них має свою котушку індуктивності, розраховану на роботу у конкретно своєму випадку. А також конденсатор, який є вихідним для топології Buck та входним, для топології Boost. Конденсатор разом із котушкою індуктивності утворюють LC-фільтр, при тому конденсатор являється входною ємністю для схеми Boost. Виходячи з цих даних можна створити формулу для Buck-Boost топології.

Але для цього потрібно згадати формулу топології Buck.

$$V_{out} = V_{in} * D \quad (7)$$

А також формула для топології Boost.

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{(1-D)} \quad (8)$$

Використовуючи ці дані і розуміючи те, що вихідна напруга Buck є вхідною напругою Boost, можна підставити одну формулу в другу та отримати наступну формулу.

$$V_{out-boost} = \frac{V_{in-buck} * D_{buck}}{1 - D_{boost}} \quad (9)$$

Із формули можна побачити, що напруга на виході Buck-Boost перетворювача залежить від трьох компонентів: вхідної напруги, коефіцієнту заповнення на першому напів мосту і коефіцієнту заповнення на другому напів мосту. На схемах, коефіцієнт заповнення позначається PWM-BUCK і PWM-BOOST. Вхідну напругу я ніяк не можу контролювати, тому задача стоїть тільки у тому, щоб контролювати і підтримувати вихідну напругу, а вхідну залишати такою, яка вона є і ніяк на неї не впливати, щоб не створити втрат.

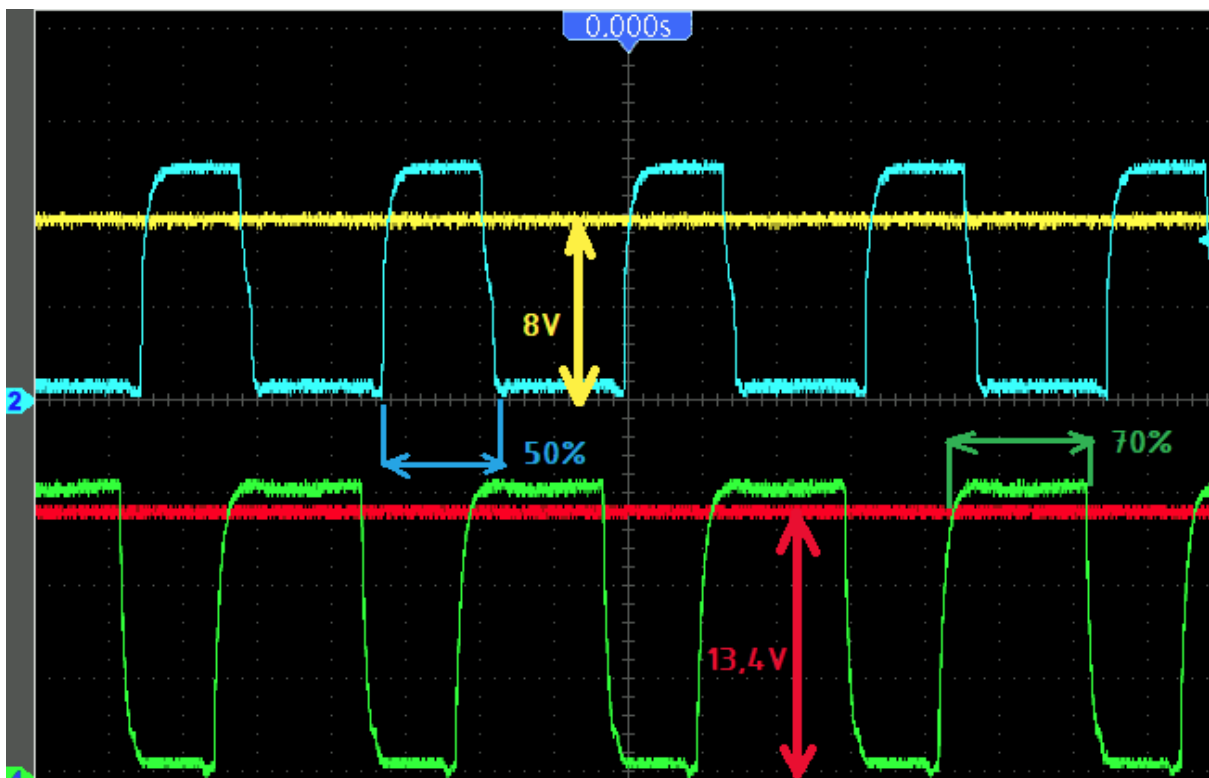


Рисунок 36 – Перша проба алгоритму Buck Boost

На рисунку 36 зображено перший експеримент, в якому використано схему Buck-Boost. На вхід схеми я подав стабілізовані 8 вольт напруги. В кодї виставив коефіцієнт заповнення 70%. На виході схеми я отримав 13,4В напруги, що відповідає теоретичним розрахункам. Як видно, що теорія відповідає практиці, можна рухатися далі. Виходячи з результатів мені потрібно змінювати коефіцієнт заповнення широтно-імпульсної модуляції, щоб керувати вихідною напругою. А також потрібно автоматизувати змінення коефіцієнту заповнення широтно імпульсної модуляції, щоб він залежав від вхідної напруги і змінювався еквівалентно із вхідною напругою. Це все необхідно для того, щоб вихідна напруга завжди залишалася сталою, при змінній вхідній напрузі.

3.2 Реалізація керування

Для початку розгляну два простих режима роботи: режим стабілізації по напрузі і режим стабілізації по току. Зручно буде реалізувати ці два режими незалежно один від одного, щоб детальніше вивчити їх роботу, а потім об'єднати у один. Схема зображена на рисунку 37 детально показує роботу обох режимів, коли і де який режим застосовується.

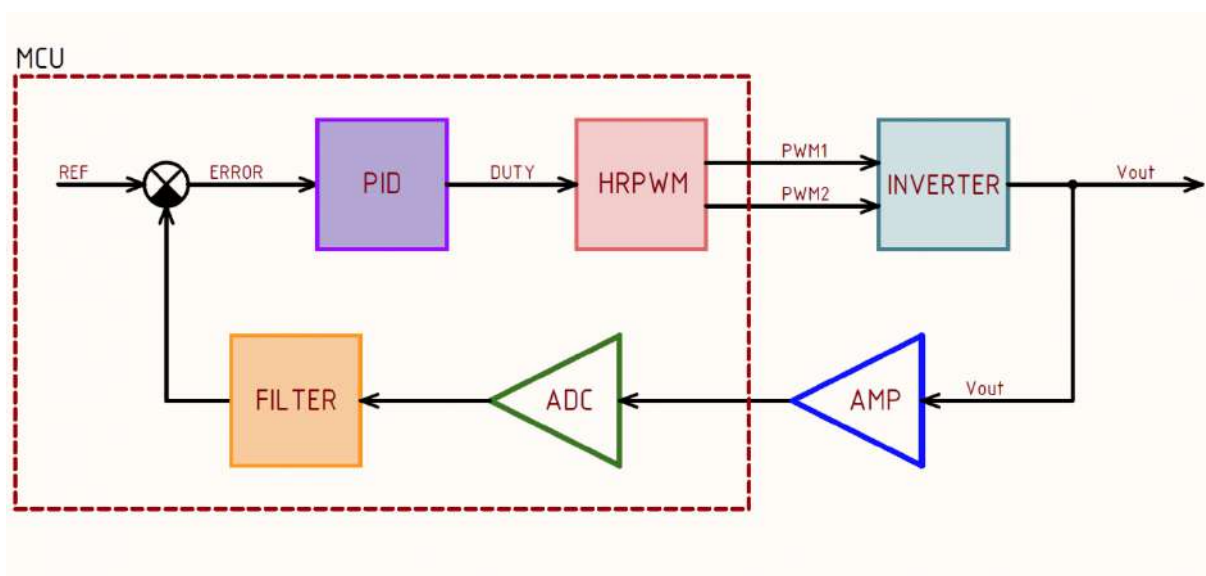


Рисунок 37 – Схема керування для режиму виміру струму на для режиму виміру напруги

І для режиму виміру току, і для режиму виміру напруги принцип керування є однаковим. Єдиний нюанс - будуть підтримуватися різні режими. У випадку контролю напруги на REF буде встановлюватися значення, яке потрібно підтримувати на виході. В цьому випадку аналого-цифровий перетворювач буде вимірювати вихідну напругу, у випадку коли треба контролювати струм, за порівняльне значення буде братися сила струму яке джерело повинно утримувати на виході і вимірюватися буде вже не напруга і струм, на виході.

Також в схемі присутній сигнал, який береться за референсний, на рисунку 37 він підписаний REF. Він задає значення параметру, який потрібно отримати на виході системи, нехай це буде 10 вольт. Наявний інвертор, напруга на виході якого вимірюється схемою Buck-Boost, вимірюється за формулою та залежить від коефіцієнту заповнення. Змінюючи коефіцієнт заповнення широтно-імпульсної модуляції на транзисторах я буду впливати безпосередньо на усю систему та на режим її роботи. Також необхідно ввести зворотній зв'язок у схему, вимірюючи напругу і струм на виході системи. Таке вимірювання дасть зрозуміти відхилення роботи системи і через цей коефіцієнт буде додано сигнал у систему, що потрібно змінити режим, підняти, або опустити напругу. При такому коефіцієнті алгоритм вимірює помилку і якщо реальне вимірне значення напруги буде більше за задане, то коефіцієнт помилки прийме від'ємне значення, а далі він буде сумуватися до коефіцієнту заповнення широтно-імпульсної модуляції. Якщо помилка набуде значення у режимі схеми Buck, то цей коефіцієнт призведе до зменшення напруги на виході, так як коефіцієнт заповнення широтно-імпульсної модуляції стане меншим, що і призведе до зменшення напруги на виході схеми. Якщо коефіцієнт

REF набуде значення при роботі схеми в режимі Boost, то його вже буде додано до коефіцієнту заповнення широтно-імпульсної модуляції і як наслідок напругу буде збільшено, що ця похибка зникла. Фінальна теоретична схема зображена на рисунку 38.

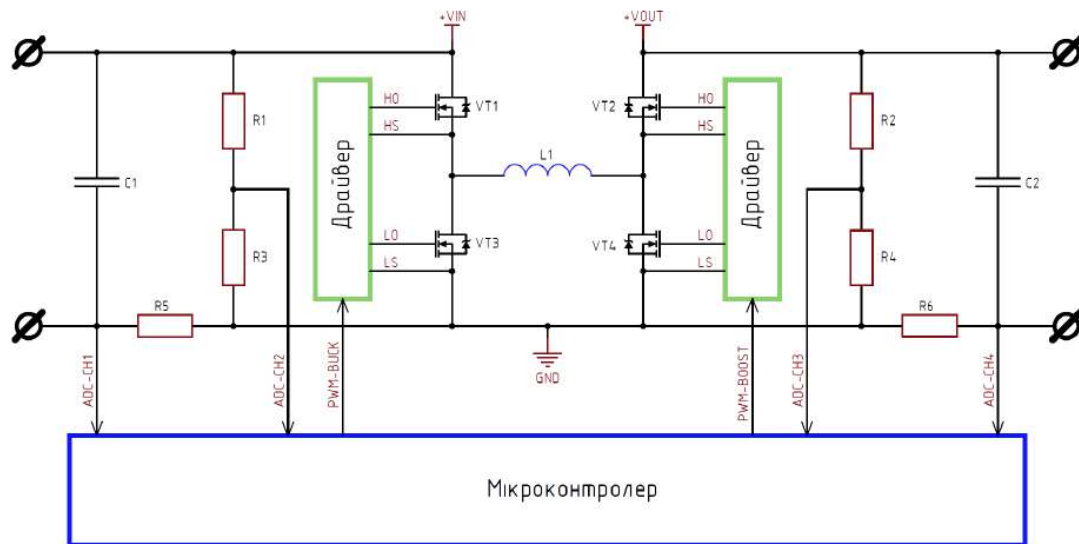


Рисунок 38 – Фінальна теоретична схема Buck-Boost

4. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

4.1 Проектування модуля заряду

Для реалізації топології Buck-Boost знадобиться два транзистори та два діоди. Але я вирішив створювати синхронну топологію, тому замість двох діодів я візьму ще два транзистора. Два транзистори будуть створювати один напівміст. А так як таких транзисторів в мене є 4 на схемі, то буде створюватися два напівмости. Схема такого перетворювача буде виглядати так, рисунок 39.

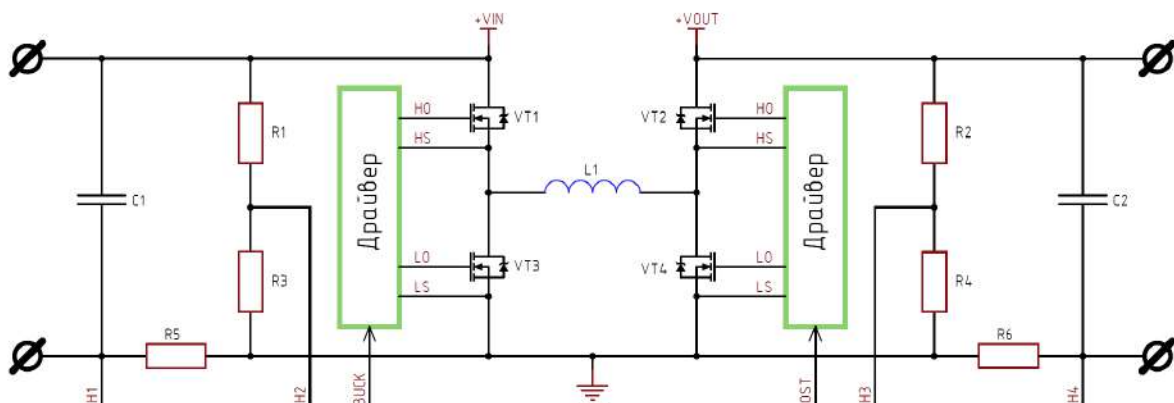


Рисунок 39 – Силова частина схеми Buck-Boost

Також варто зазначити, що для повноцінної реалізації перетворювача з різними захистами і алгоритмами, які буде виконувати мікроконтролер, знадобиться два незалежних канали широтно-імпульсної модуляції, або дві комплементарні пари, це буде залежати від типу драйвера транзистора, який буде встановлено. Чотири канали аналого-цифрового перетворювача для вимірювання вхідної і вихідної напруги, а також для вимірювання вхідного і вихідного токів. В ідеалі ще не завадив би один канал на

вимірювання температури модуля і пара компараторів, для вимірювання струму для захисту входу і виходу модуля. Два їх необхідно для того, щоб одним захистити від короткого замикання сам модуль, а другим захистити навантаження, яке буде підключене до модуля.

Із самих мікроконтролерів логічно буде використовувати ті, в яких вже є влаштовані якісь компоненти і інструменти, які потрібні в проекті. Такими процесорами можуть бути STM32F334, XMC4108, STM32G474. Усі вони мають на своєму борту високочастотну імпульсно-широтну модуляцію, необхідну для керування коефіцієнтом заповнення транзистора, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, компаратори та операційні підсилювачі.

Цього набору компонентів вистачить, щоб реалізувати велику частину схеми лише з використанням самого процесора. Це значно зменшує вартість проекту та прощує проектування. Окрім того будь-які параметри по входу і виходу можна змінити за допомогою переписування коду, а не зміни компонентів на схемі, що є дуже зручно.

Коли вся елементна база обрана і теорія підтвердилась експериментами на макетах, то можна розпочати робити власний модуль, чистовий варіант із повною потужністю і повним функціоналом. Розпочну роботу із огляду процесора, на якому вся система буде побудована. Я обрав мікроконтролер STM32F334R8T6. У ньому якраз є все необхідне, що зазначалося вище. Розгляну його документацію на ніжки процесора, зображено на рисунку 40.

Декілька слів про високочастотну широтно-імпульсну модуляцію. В проектах вона використовується рідко, так як це вузьконаправлений інструмент, але за собою він має абсолютно звичайний модуль широтно-імпульсної модуляції, який може встановлювати більше розширення коефіцієнту заповнення і до того ж має більш гнучкі налаштування.

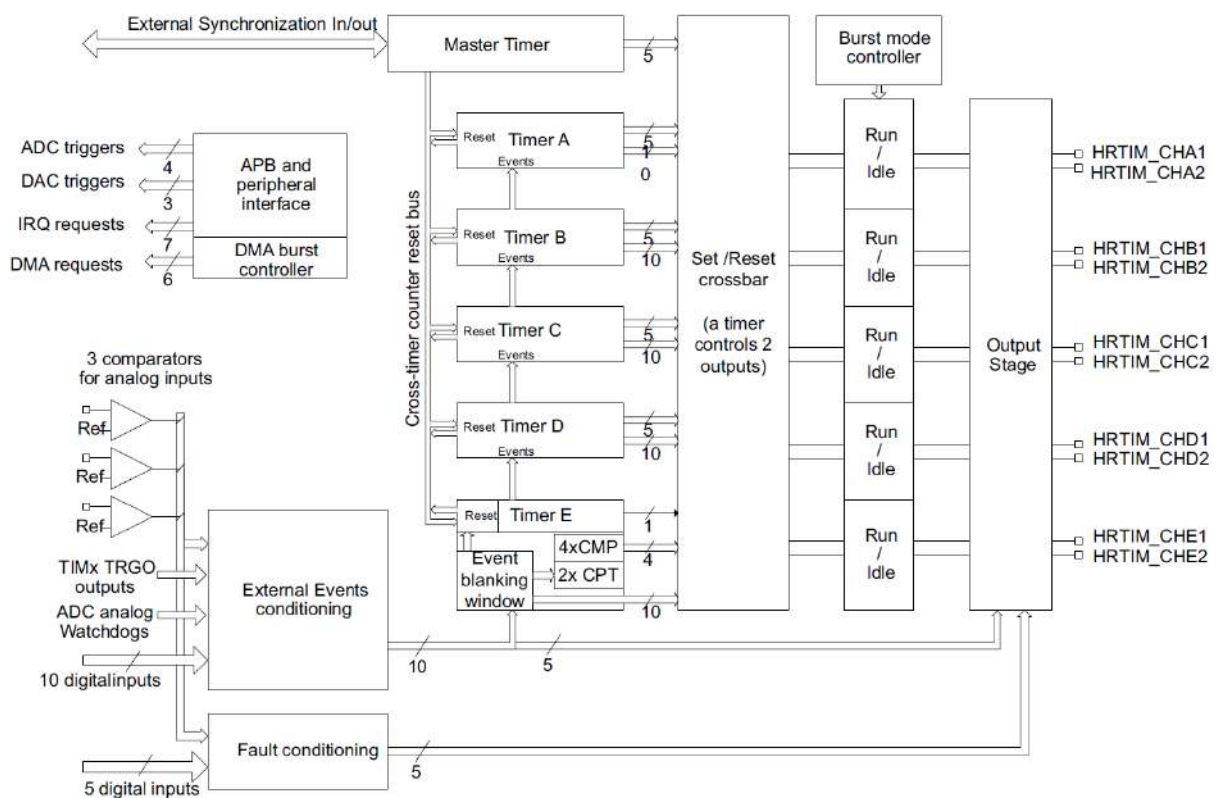


Рисунок 41 – Властивості високочастотного широтно-імпульсного перетворювача

У сімейства мікроконтролерів STM32F334 на борту присутньо десять таких каналів високочастотного широтно-імпульсного перетворювача. Кожен з них може працювати окремо та незалежно один від одного. Але вони об'єднані в п'ять груп по два канали. А вже ці два канали можуть працювати незалежно, або створювати комплементарну пару, саме така можливість мені і потрібна у цьому проекті.

В кожному такому каналі можна встановити внутрішню затримку між сигналами широтно-імпульсної модуляції, для захисту від наскрізного струму.

Всі ці десять каналів тактуються від одного таймера. Завдяки одному таймеру на всі канали, вони завжди працюють синхронно, не потрібно налаштовувати кожен канал окремо, для синхронної роботи та не потрібно будувати ланцюжки із таймерів окремо на кожен канал. Для нормальної, синхронної роботи буде достатньо увімкнути один, загальний таймер, а усі інші, додаткові, будуть тактувати від нього.

Частота генерації на високочастотній широтно-імпульсній модуляції йде подвоєна. Такий чином при частоті ядра в 75МГц на високочастотну широтно-імпульсну модуляцію йде 150МГц після додаткових множників, які є в PLL. Це дає можливість керування в сотні мегагерц, що може дати далеко не кожен мікроконтролер.

Процесора має багато налаштувань керування широтно-імпульсною модуляцією. Наприклад, окрім можливості починати генерацію на початку і в кінці періоду, процесор пропонує ще чотири події які дозволяють перевести широтно-імпульсну модуляцію в стан логічного нуля, або логічної одиниці, незалежно від стану генерації в момент часу.

Всі ці перелічені можливості лише мала частина того, що дозволяє робити високочастотна широтна модуляція. В проекті буде реалізовуватися взаємодія із аналого-цифровим перетворювачем, влаштованим в процесор, робота з компараторами. Окрім того наявно ще багато різних, задокументованих можливостей такого інструменту.

4.2 Конструювання модуля топології Buck-Boost

Усі підготовки та теоретичні роботи завершено, можна починати конструювати модуль із окремих компонентів. Першочергово потрібно розробити схему, за якою буде будуватися модуль. Так як модуль буде складатися із двох частин: Buck і Boost, потрібно розглянути реальні схеми цих двох пристроїв, щоб поєднати їх, як це було здійснено у теорії.

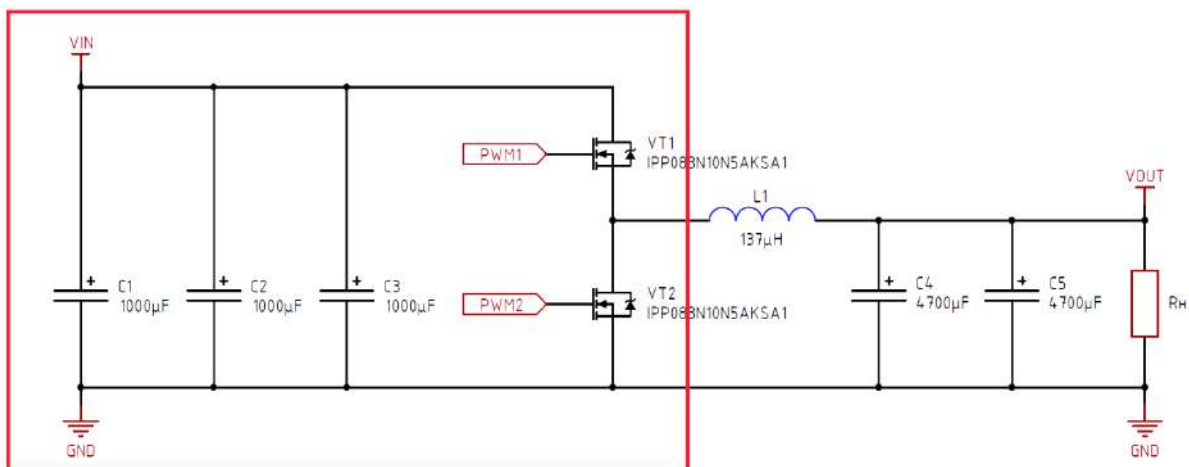


Рисунок 42 – Реальна схема перетворювача Buck

На рисунку 42 зображена реальна схема перетворювача Buck, із усіма додатковими компонентами та номіналами на них. Така схема вже є робочою і буде працювати, якщо на неї подати вхідну напругу та керувати транзисторами із мікроконтролера. Червоним виділено силову та вхідну частину схеми. Праворуч можна побачити два конденсатори по 4700µF кожен. Їх ємність розрахована для такого, щоб поглинати імпульси від котушки індуктивності і передавати прийнятну напругу на навантаження, яке на схемі позначено у вигляді резистора. Котушка індуктивності розрахована конкретно під цю схему, та намотана двойним проводом, витримувати велику густину струму.

Реальна схема топології Boost зображена на рисунку 43.

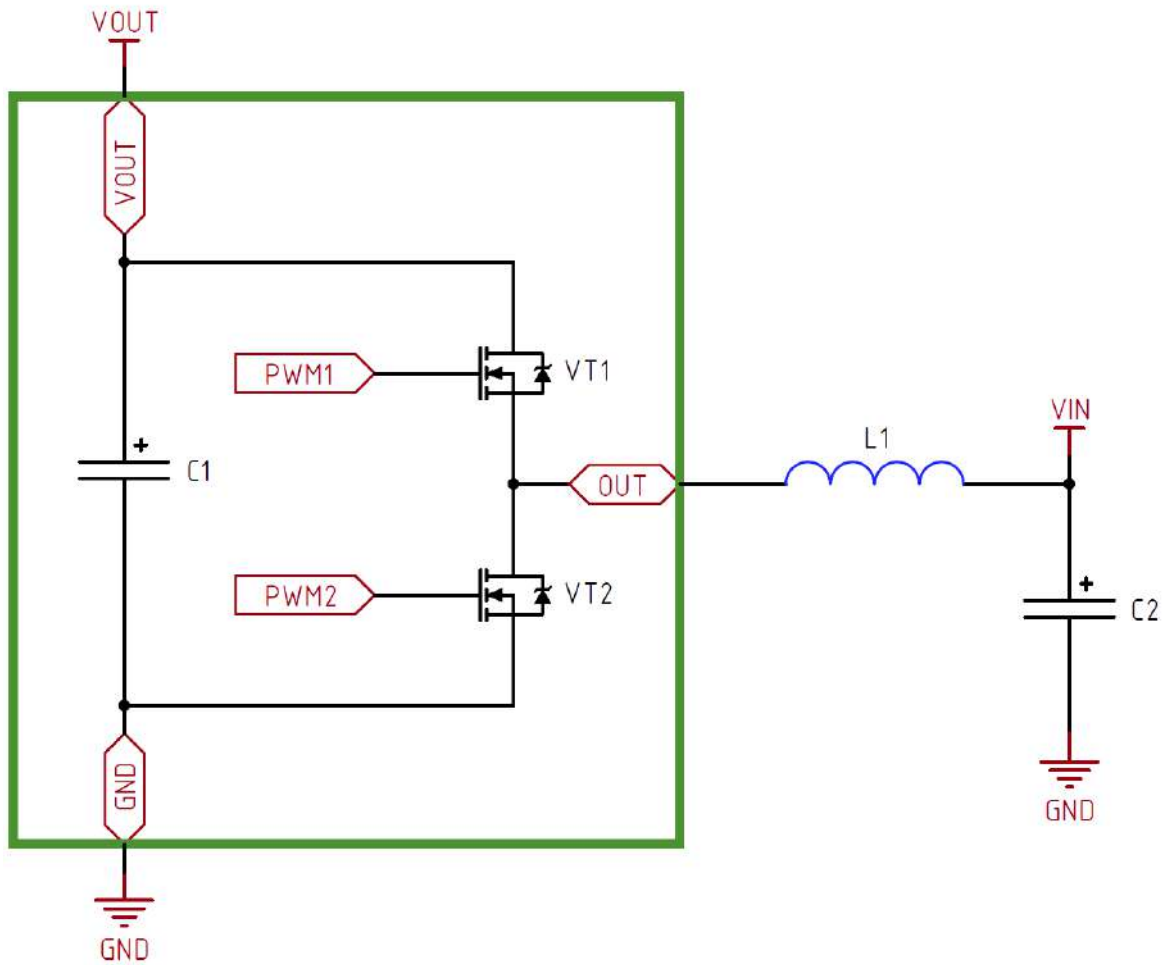


Рисунок 43 – Реальна схема топології Boost

На схемі зображено реальний вигляд топології Boost. Схема не має номіналів компонентів, так як вони розраховуються конкретно під кожен випадок топології. Для кожної вхідної напруги, бажаної вихідної напруги. Тому таке має розраховуватися власноруч, відповідно до формул, що наведені в розділі, присвяченому топології Boost. Схема подібна до схеми топології Buck. Силова частина також обведена, але на цей раз зеленим кольором. Можна побачити, що вхід і вихід схеми змінений місцями, відносно схеми Buck. Це зроблено тому, що схема саме так і працює. Вихід схеми топології Buck є входом для топології Boost.

Крім того на схемі буде присутній процесор, який буде вимагати обв'язки компонентами, для своєї роботи. Схему обв'язки процесора зображено на рисунку 44.

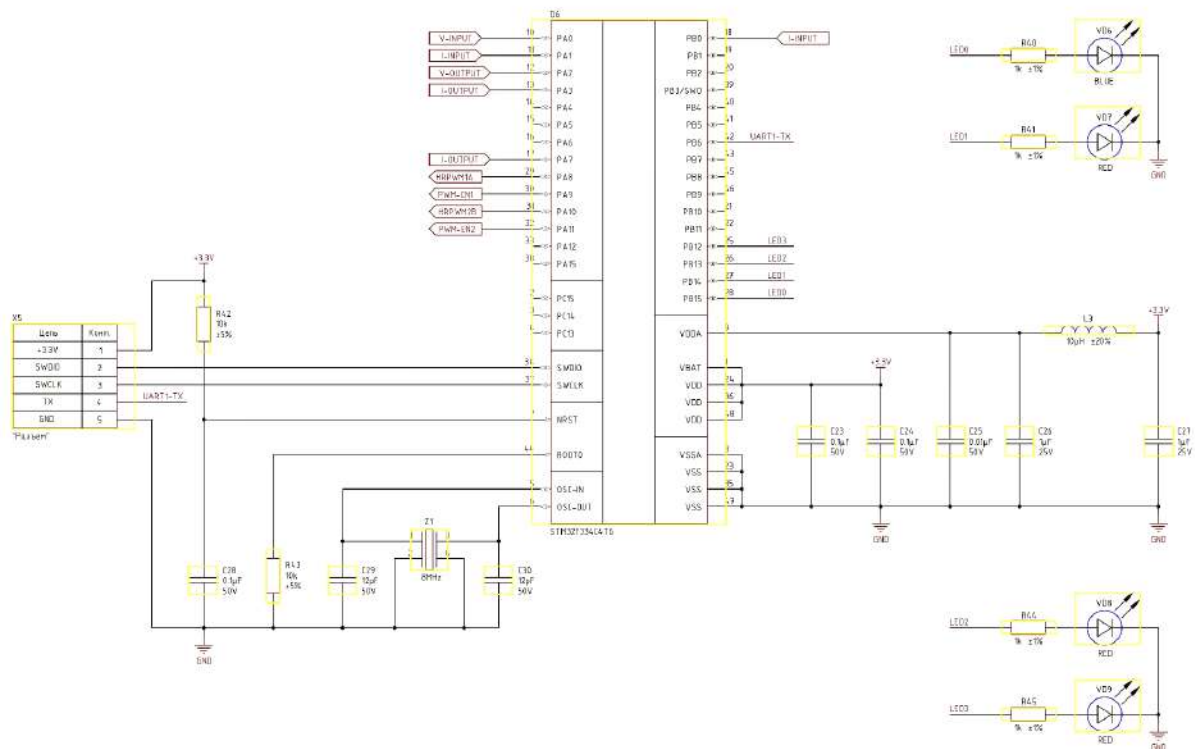


Рисунок 44 – Схема живлення і налаштування процесора

Процесор використовується STM32F334R8T6, який має усі необхідні інструменти для роботи у цій схемі. Також в проєкті доступний інтерфейс для програмування процесора UART1-TX. Цей інтерфейс має п'ять конекторів, за допомогою яких підключається до процесора і дає можливість перепрограмувати його тим самим використовуючи різні прошивки, де будуть виставлені різні значення коефіцієнтів заповнення широтно-імпульсної модуляції. Це дозволить змінювати налаштування модуля відповідно до нової задачі і таким чином модуль стає універсальним. Адже зможе працювати не тільки у топології Buck-Boost, але і у топологіях Buck та Boost окремо, за кожною з них. При такій конфігурації модуль стає універсальним DC-DC перетворювачем.

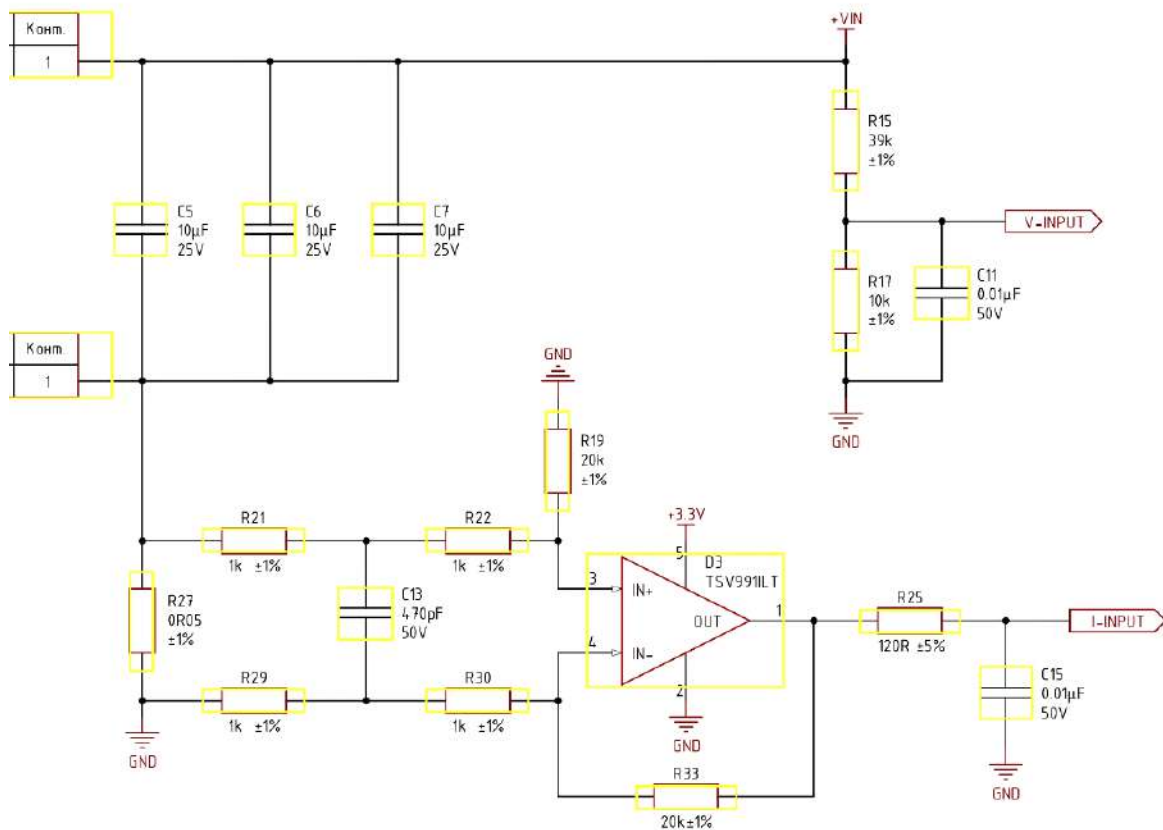


Рисунок 45 – Вхідна частина схеми перетворювача Buck-Boost

На рисунку 45 зображено вхідну частину реальної схеми Buck-Boost. Паралельно контактам входу встановлено три конденсатора, які згладжують вхідну напругу, яка може бути із пульсаціями. Також ці конденсатори є вхідними ємностями для топології Buck, їх розташування необхідне в цьому місці, так як вони приєднані напряму до транзисторів, через точку + V in. Також в точці + V in реалізований дільник напруги із фільтром живлення. Середня точка цього дільника під'єднана до контакту процесора, для того, щоб вимірювати вхідну напругу і за допомогою цього значення впливати на коефіцієнт заповнення.

Нижче, по схемі на рисунку 45, реалізовано повторювач на операційному підсилювачі моделі TSV991ILT. Цей операційний підсилювач характеризується високою якістю передачі сигналу, без втрат, тому в такій чутливій до змін схемі, потрібно використовувати саме такий

підсилювач, для збереження коректної передачі даних. Каскад на такому підсилювачі реалізує передачу вхідної сили струму на аналого-цифровий перетворювач процесора. Це допомагає у створенні похибки модуля і реагуванні його на зміни, разом із значеннями із вихідної частини схеми.

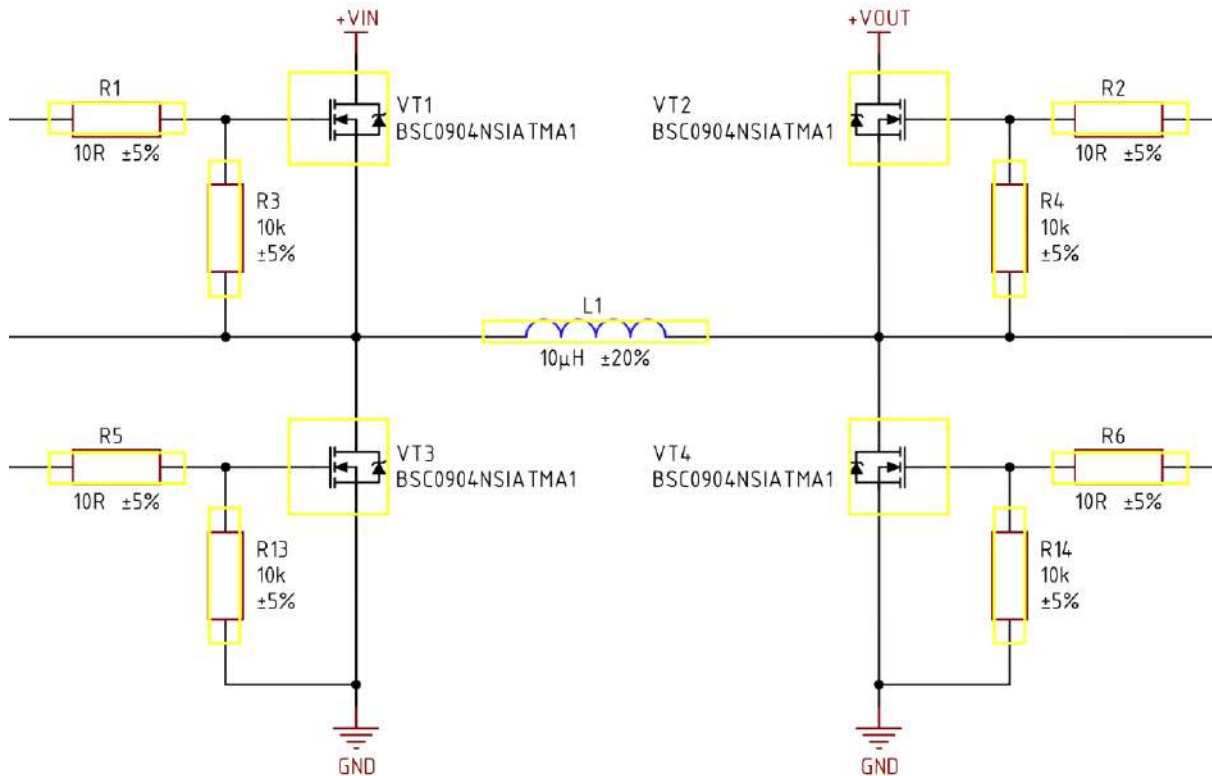
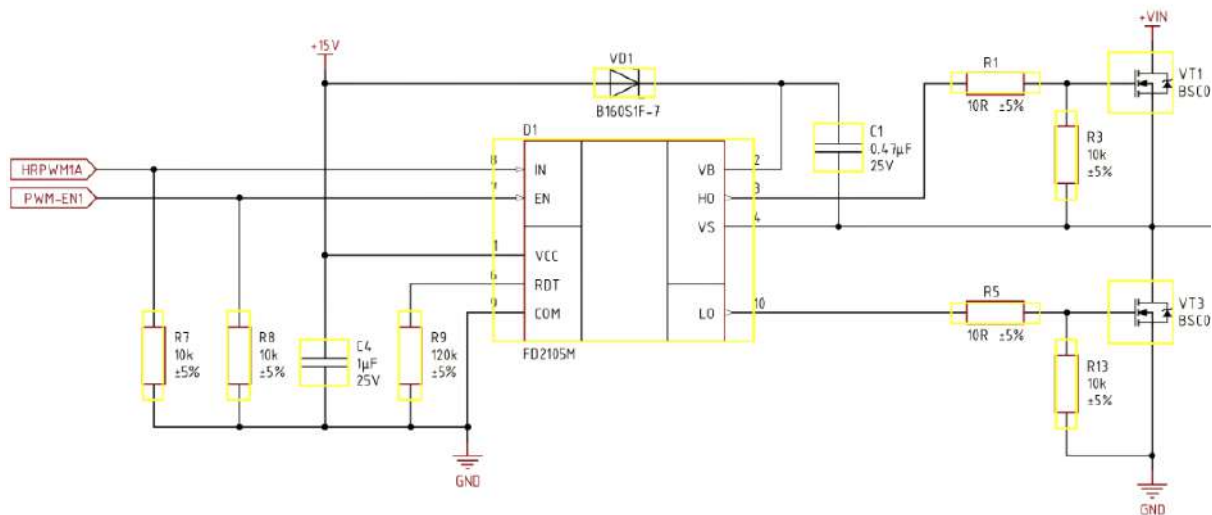


Рисунок 46 – Силова частина моделі Buck Boost

Силова частина представляє із себе чотири силових транзистори, які і виконують усі функції топології по перемикачню і заряджанню та розряджанню котушки індуктивності. Потужність цих транзисторів рівноцінна потужності самого модуля. Чим більшу потужність зможе витримати транзистор, тим потужнішим буде вважатися і сам модуль.

Тому для збільшення потужності я планую замінити транзистори, що вказані на схемі зараз, на транзистори IRL540N. Вони можуть витримувати навантаження в 100 вольт, 300 ампер. Така їх потужність дозволить

використовувати модуль оптимізатора із великими, потужними сонячними панелями.



Рисунком 47 – Драйвер лівого плеча транзисторів

На рисунку 47 зображено драйвер для силових транзисторів та схема його встановлення в систему, разом із необхідними компонентами. Драйвер виконує роль підсилювача сигналу.

Справа в тому, що сам процесор не зможе розкочити силові транзистори, у нього просто не вистачає потужності імпульсу, щоб відкрити транзистор, тому для підсилення імпульсу використовується драйвер. Ця модель драйвера є здвоєною і використовується для одного плеча транзисторів, що досить зручно.

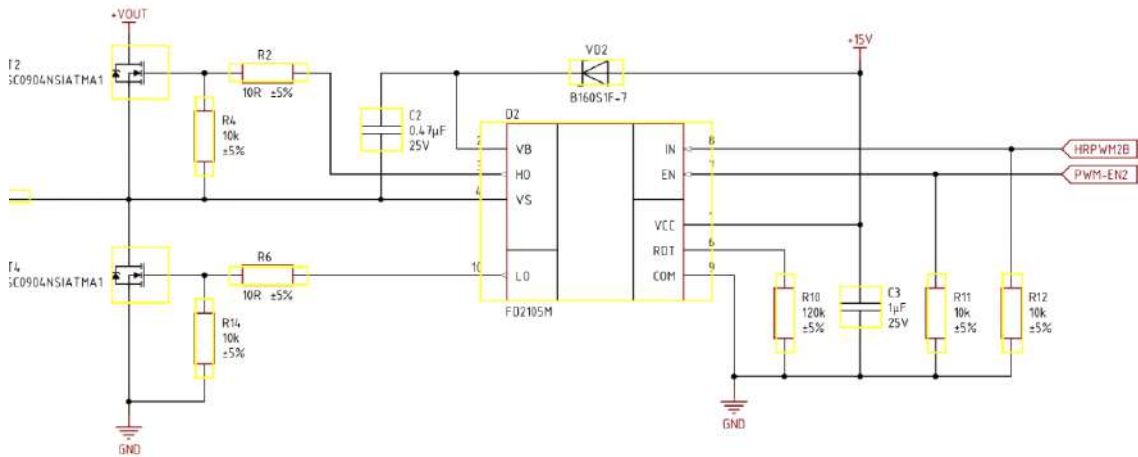


Рисунок 48 – Драйвер правого плеча транзисторів

У правому плечі транзисторів також встановлено такий самий драйвер. Ця схема є симетричною тому важливо, щоб компоненти також використовувалися такі самі. Не можна допустити розкиду по параметрах компонентів, інакше схема перестане працювати.

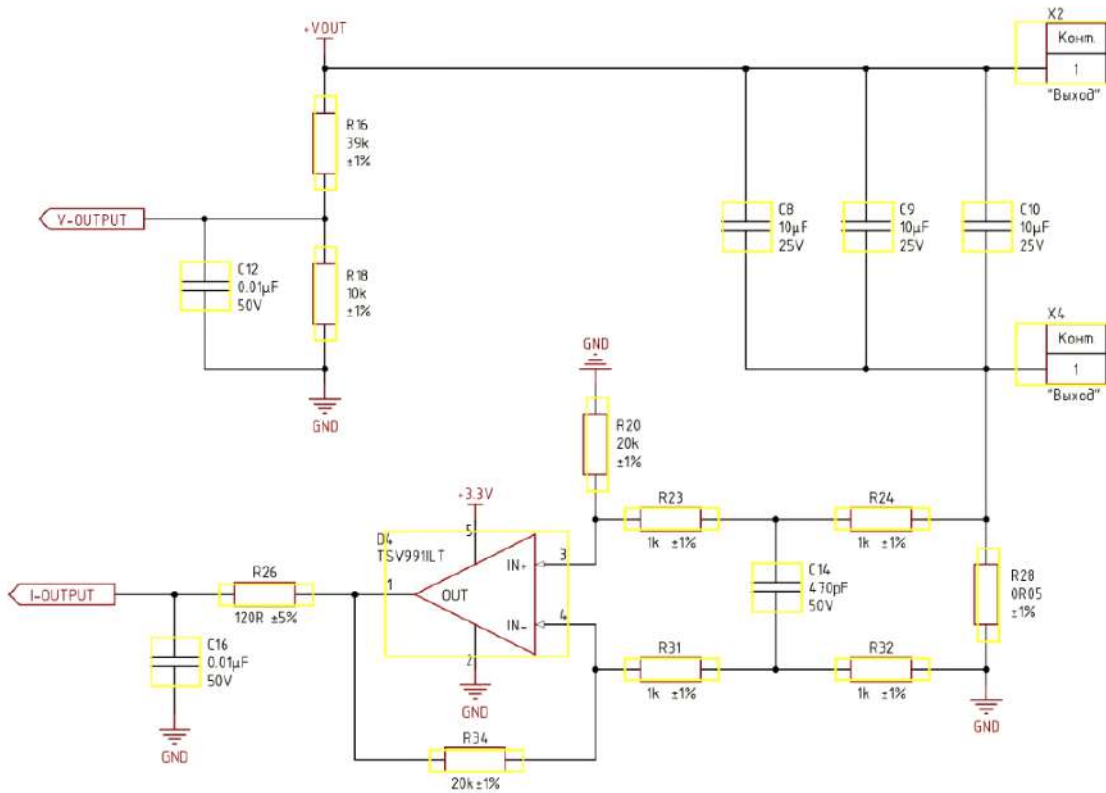


Рисунок 49 – Схема вихідної частини модуля

Як можна побачити із рисунку 49, вихідна частина схеми точно така сама, як і вхідна. На виході також присутні конденсатори, такої самої ємності, що і на вході. Реалізований дільник напруги, на двох резисторах та ємнісному фільтрі. Через цей дільник сигнал відправляється на процесор, де приймається як вихідна напруга. Нижче по схемі реалізовано повторювач на операційному підсилювачі, який формує сигнал на вимірювання сили струму і відправляє його на процесор. Операційний підсилювач тут необхідний для збереження рівня сигналу, адже по провідниках і під впливом інших провідників, сигнал починає забруднюватись та зменшуватись, а таке неприпустимо в такій схемі, тут необхідно, щоб все було точно. Вихідні конденсатори слугують буферною зоною між схемою та навантаженням, на виході вони збирають увесь заряд на себе і потім віддають його навантаженню.

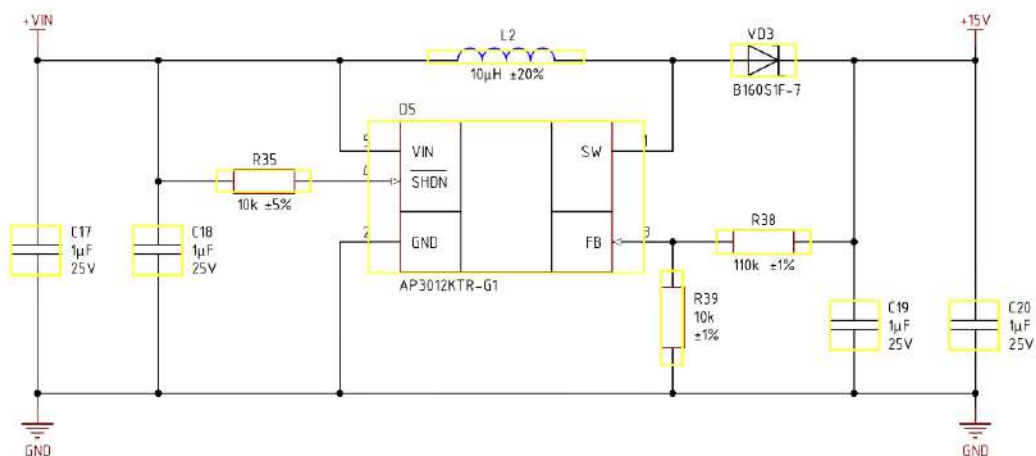


Рисунок 50 – Схема живлення драйверів

Важливим залишається живлення самих компонентів, адже схема розрахована так, що живитися вона буде сама від себе ж, від свого

перетворення і не буде потребувати додаткового живлення. Для цього напруга береться із +Vin та подається на мікросхему стабілізації, яка стабілізує напругу живлення до 15 вольт, які необхідні на живлення драйверів. Однієї такої мікросхеми стабілізації вистачає на живлення двох мікросхем драйверів, що значно економить простір на платі, та економить кошти на виготовлення. Але від 15 вольт живляться лише драйвери. Процесор живиться від постійних 3.3 вольт, тому для процесора буде встановлено окрему мікросхему стабілізації. Зображена на рисунку 51.

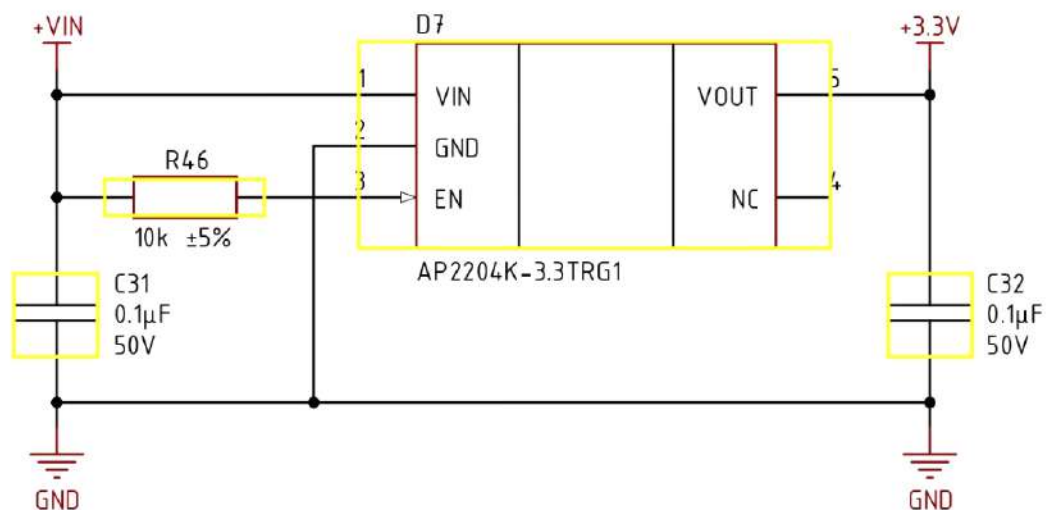


Рисунок 51 – Мікросхема стабілізації напруги для процесора

Ця мікросхема лінійної стабілізації була встановлена мною ще на стадії експериментів із топологією Buck-Boost. При невеликих частотах і при нескладних розрахунках на процесорі виділялося небагато тепла, але при збільшенні навантаження на процесор, йому потрібно було більше енергії. Тому було вирішено замінити мікросхему AP2204K на потужнішу мікросхему-стабілізатор TPS54160ADGQR. При роботі процесора від неї ніяких зменшень потужності не спостерігалось. Схема живлення на мікросхемі TPS54160ADGQR зображена на рисунку 52.

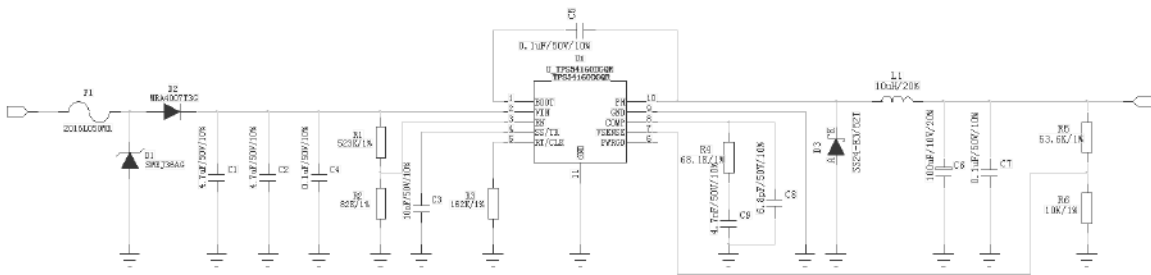


Рисунок 52 – Схема живлення процесора на мікросхемі TPS54160ADGQR

Мною було розроблено першу тестову плату: рисунок 53, рисунок 54. На ній була розміщена тільки силова частина топології Buck-Boost.

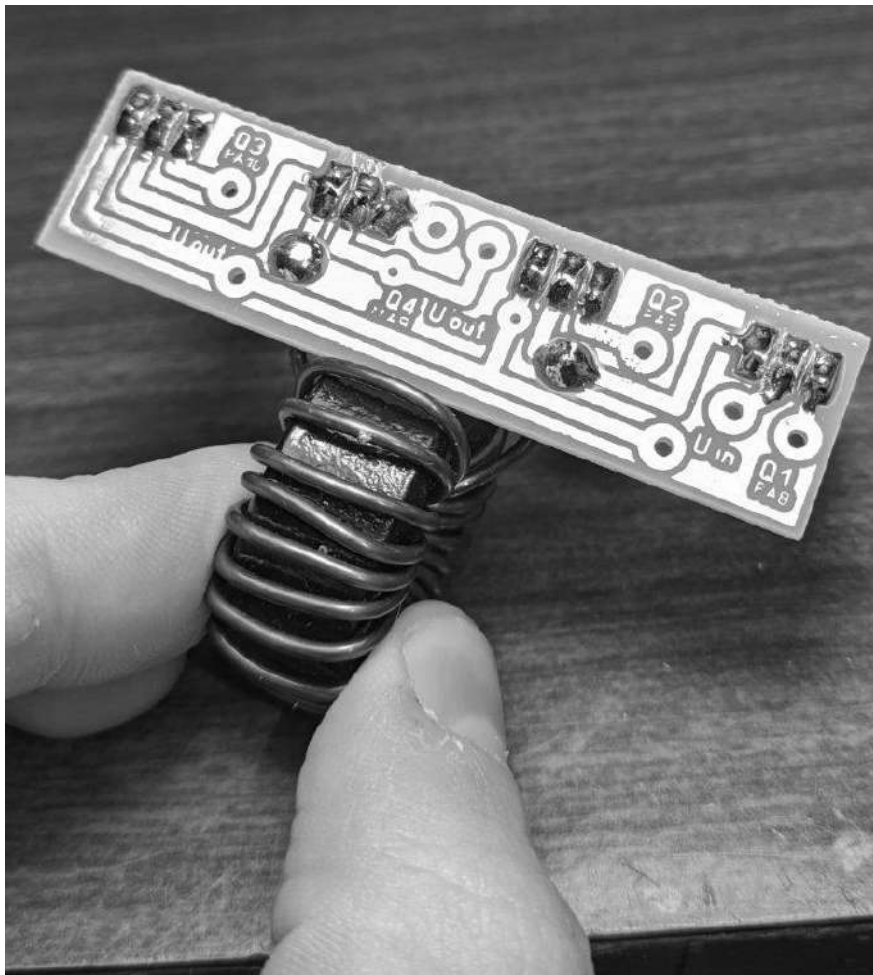


Рисунок 53 – Тестова плата топології Buck-Boost. Силова частина.

Зворотня сторона плати



Рисунок 54 – Тестова плата топології Buck-Boost. Силова частина. Передня сторона плати

Як можна побачити, що на тестовій платі уже розташовані змінні транзистори IRL540N. Вони показали себе чудово у експериментах, та будуть далі розміщені у топології Buck-Boost.

Керуючі сигнали на тестовій платі бралися із плати розробника STM Discovery. Ця плата надає можливості вивчати програмування із мікропроцесорами від STM. Особливістю плати є те, що на ній реалізована технологія Buck-Boost у мініатюрі, на малі потужності, але вона добре дає зрозуміти, як працює алгоритм Buck, Boost, Buck-Boost. Усі вони реалізовані на платі, де можна навіть подати свою напругу на вхід і побачити, як змінює алгоритм вхідні дані. Сама плата STM Discovery зображена на рисунку 55.

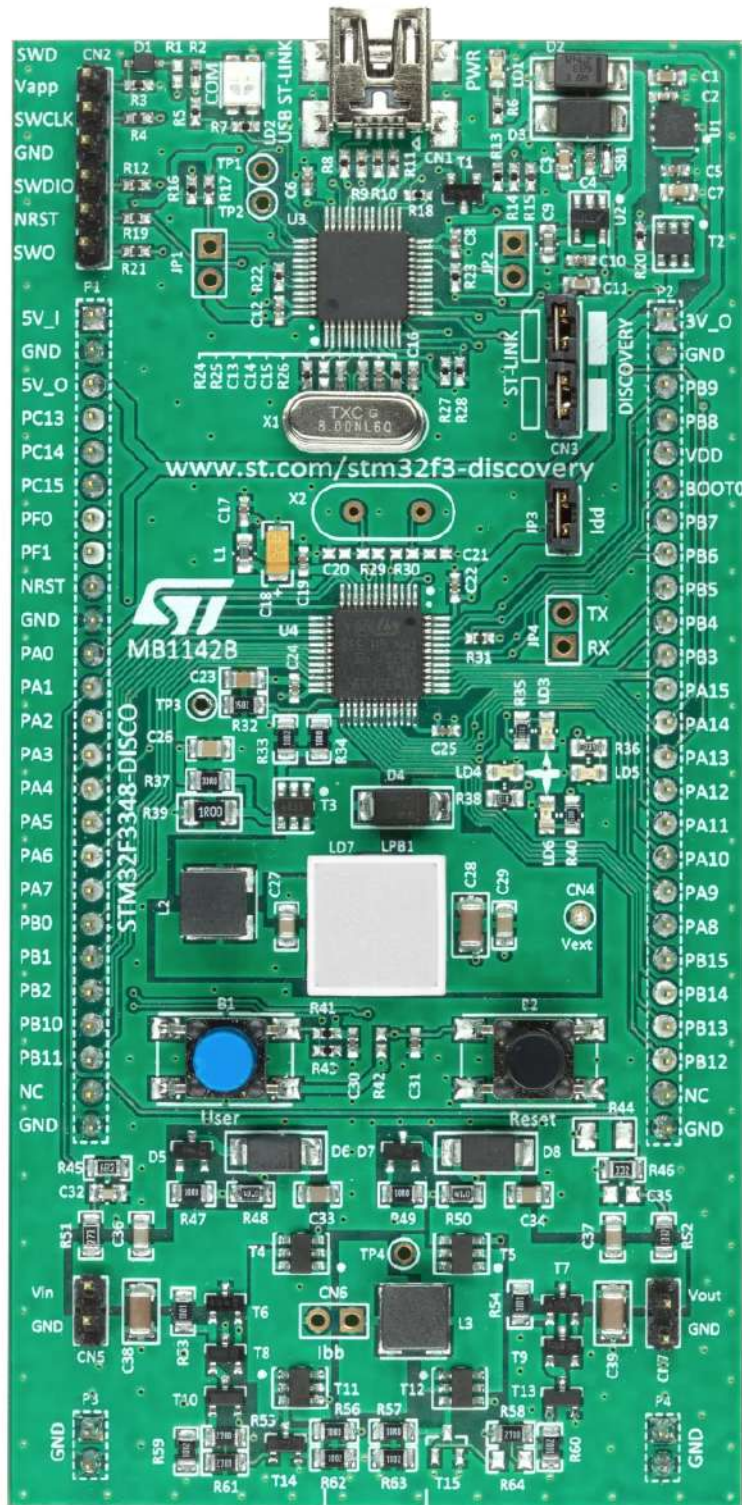


Рисунок 55 – Плата розробника STM32F3348 DISCOVERY

Секція Buck-Boost розташована у нижній частині плати, та має силову частину на транзисторах T4, T11, T5, T12, та котушку індуктивності L3. Проте це була лише тестова плата, аби впевнитися, що все працює коректно на 100%.

Основна плата модуля, де розведено усі самостійні компоненти, була мною розроблена у програмі Sprint Layout 6. При проектуванні була поставлена задача розвести плату односторонньою, для легшого виготовлення першого повноцінного макету. Плата зображена на рисунку 56.

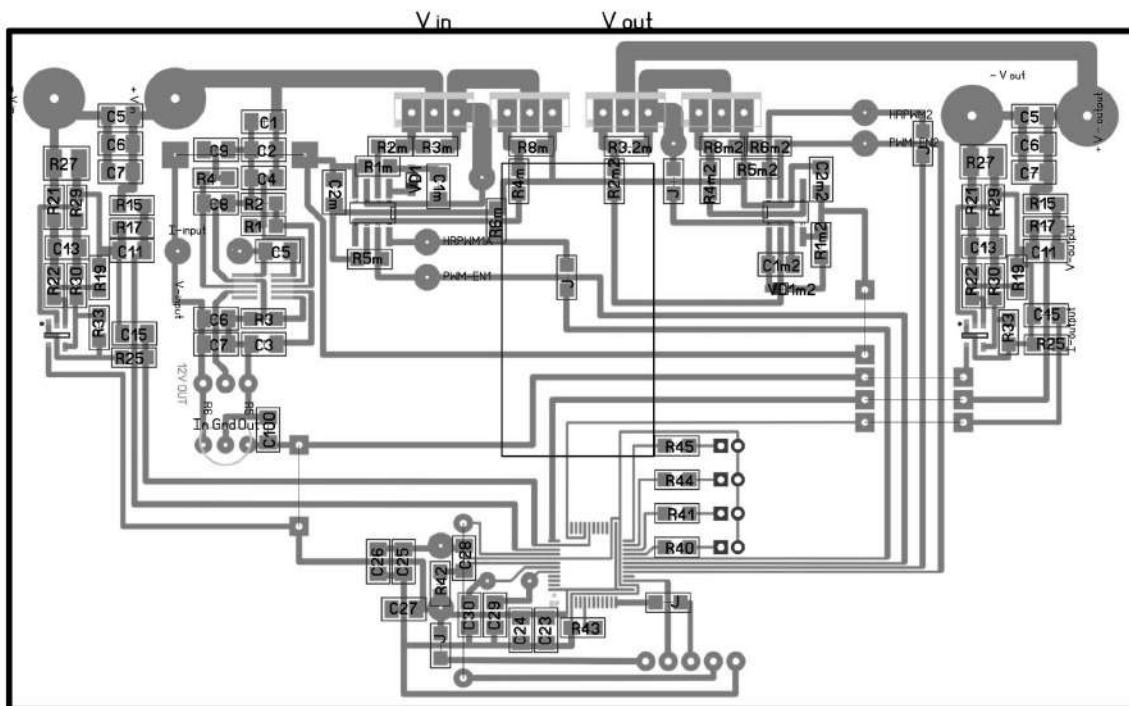


Рисунок 56 – Фінальна версія плати тестового макету

Усе вийшло як і планувалося. Плата розведена односторонньою. Усі компоненти розмістилися вдало. Силові транзистори розміщені на краю плати, щоб в разі потреби на них можна було розмістити радіатор. На протилежному краю плати розмістився роз'єм для програмування мікроконтролера. Перетворювач працює так як і планувалося, це доводять дані з осцилограм на рисунку 57.

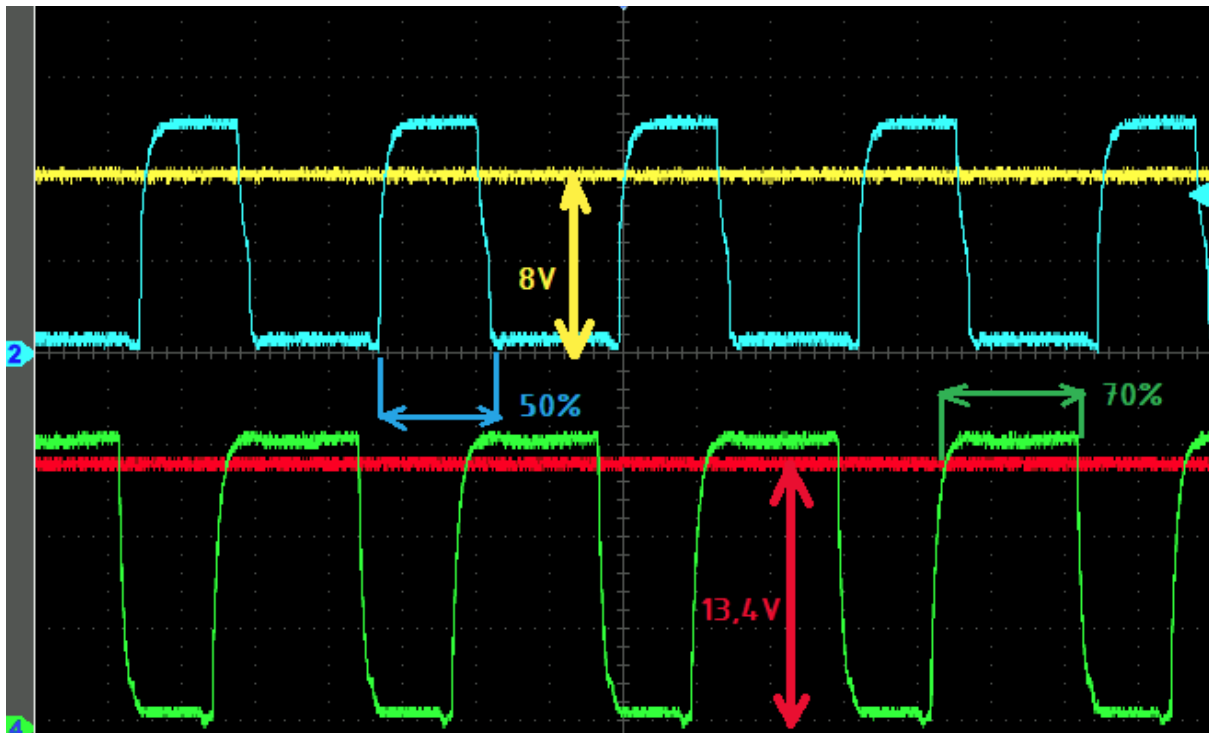


Рисунок 57 – Осцилограма роботи алгоритму Buck-Boost на фінальній версії плати.

Як можна бачити із осцилограми на рисунку 57 Buck-Boost працює справно і точно так само як і на експериментальних макетах. Настав час втілити роботу оптимізатора в серйозному проекті, як і задумувалося з самого початку, а саме - встановити на електромобіль.

Насправді цей модуль може працювати не тільки із електромобілем, але і з будь-якою сонячною панеллю, із будь-яким джерелом постійного живлення, стабільним чи не стабільним. Модуль оптимізатора зможе переварити усі типи постійного струму, видавши на виході стабільну напругу із значенням зазначеним в коді.

Встановлення системи на електромобіль починається із визначенням місця розташування панелей. У максимальному розмаху проекту можна встановити панелі на капот, дах та багажник електромобіля. Так і реалізується. Панелі для такого встановлення потрібні не прості, а гнучкі. Адже звичайні плоскі панелі зіпсують вигляд кузова та змінять аеродинамічні властивості авто. Гнучка панель ляже на кузов авто плавно

та підкреслить його вигини, при тому втрати на такій панелі і з таким розташуванням будуть зовсім незначні, в угоду зовнішньому вигляду електромобіля. Гнучкі сонячні панелі, які будуть використовуватися у проекті, зображено на рисунку 58.



Рисунок 58 – Гнучка сонячна панель Dokio Solar DFSP-50M

Максимальна потужність такої панелі 50W, що здається невеликою, але її плюс у моєму проекті в тому, що вона має невеликі розміри і її можна буде зручно розмістити на поверхні кузова. Покриття поверхні електромобіля такими панелями діло зовсім не нове, а існує практично з того ж самого часу, коли електромобілі почали набирати популярність. Тому на ринку вже є декілька моделей, які укомплектовані такою системою підзарядки.

Після настилання поверхні електромобіля сонячними панелями, їх потрібно підключити до системи живлення електромобіля. Зазвичай підключення відбувається за допомогою буферного акумулятора, та інверторів. Такий акумулятор є гелевим, як правило. Сонячні панелі підключається до модуля оптимізатора, в якому налаштовується вихідна напруга в 12.6 вольт. вихід оптимізатора підключається до акумулятора і так відбувається заряджання. Варто зазначити, що зазвичай таку систему використовують як аварійну, коли не вистачило енергії доїхати до станції заряду, або додому. Тоді такий акумулятор підключається до іншого інвертора, вихід якого підключений безпосереднього до контактів батареї електромобіля, тоді струм протікає до більшого акумулятора, та врівноважує напруги на них, а отже заряджає. така система із сонячних панелей дозволяє додати звичайній дальності ходу електромобіля приблизно додаткових 25-35 кілометрів. У деяких бюджетних електромобілях це може бути додатково чверть, або третина шляху, тому така система точно має право на життя і використання, адже точно стане у нагоді практично у будь-яких умовах. Якщо відстань поїздки на електромобілі невелика, у межах міста, то можна їздити тільки на енергії із сонячних панелей і зовсім не витратити коштів на оплату підзарядки електромобіля вдома, або на парковках.

Висновки

За час написання цієї роботи я створив модуль оптимізації постійної напруги. Його також можна назвати розумним перетворювачем DC-DC, який вміє приймати значення вхідної напруги, вихідної напруги, вхідної сили струму та вихідної сили струму. Ці всі дані необхідні для керування силовою частиною модуля, яка реалізує собою топологію Buck-Boost, яка дозволяє приймати на себе різні значення напруги та підвищувати їх, використовуючи топологію Boost. Або понижуючи напругу, використовуючи топологію Buck. Перемикання між використанням цих двох технологій відбувається якраз таки за допомогою системи штучного інтелекту, яка збирає вхідні і вихідні дані, формуючи цим самим коефіцієнт похибки, який, в свою чергу, впливає на керування транзисторами. Керування транзисторами відбувається за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої частоти, яка дозволяє працювати режиму Buck-Boost.

Цей модуль було впроваджено у використанні в системі заряду електромобіля, укомплектованого сонячними панелями. Використання такої системи дозволить збільшити запас ходу на 25-35 кілометрів, а при виїзді на невеликі дистанції, наприклад по місту, можна зовсім обійтись тільки зарядкою від сонця і таким чином економити на підзарядці електромобіля на загальних парковках, чи вдома.

Перелік джерел посилань

1. Jian, M.-S.; Yang, K. S.; Lee, C.-L. Modular RFID management system based on system integration. *WSEAS Trans. Syst.* 2018, 7, 706–716
2. Salcido A. Cellular Automata - Simplicity Complexity. InTech, 2017
3. Аулов, І. Ф. Аналіз еталонної моделі безпеки хмари NIST [Текст]: Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. / І. Ф. Аулов, І. Д. Горбенко // Радіотехніка. - 2018. - Вип. 176. - С. 131-137
4. Creating of PWM [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com>
5. Аналого-цифрове перетворення [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://joiner.org.ua/3/2009-07-09-10-37-31/2009-09-05-20-33-01.html>
6. Solov'ev V.V. Minimization of Mealy finite-state machines variables for state assignment. *J. Comput. Syst. Sci.* 2017. Vol. 56. Pp. 96–104.
7. Demchenko Y. Defining inter-cloud architecture for interoperability and integration [Text] / Y. Demchenko, C. Ngo, M.X. Makkes, R. Strijkers, C. de Laat // Proceeding of the 3rd International Conference on Cloud Computing, GRIDs and Virtualization, Nice, France, July 22-27, 2012 y. - pp. 174-180
8. Herrick D.R. Google this!: using Google maps for collaboration and productivity / Dan R. Herrick // In Proceedings of the ACM SIGUCCS fall conference on User services conference (SIGUCCS '09). – ACM, New York, NY, USA, 2009. – pp.55-64.
9. Creating od HRPWM [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com>

10. Tang, V.W.S.; Zheng, Y.; Cao, J. Intelligent STM management system.

11. Steffen B., Isberner M., Naujokat S. et al. Property-driven benchmark generation: synthesizing programs of realistic structure. *Int J Softw Tools Technol Transfer*. 2014. Vol. 16. Pp. 465–479.

12. STM32 Discovery Kit [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/32f3348discovery.html>

13. Salcido A. Cellular Automata - Simplicity Complexity. InTech, 2019. 580 pp.

14. Ratkowska, J. A tutorial on learning for NT Kern: Technical Report MSR-TR-95-06 / J. Ratkowska, D. Heckerman // Microsoft Research: Advanced Technology Division. - 2013. - pp. 123-125.

15. Scherer J.J. Cavity Ringdown Neurotechnologies: History and Application/ J.J. Scherer, J. B. Paul, A. O’Keefe, R. J. Saykally // Technical Rev. - 2015.- pp. 25-51. Shvartsburg , A. INTEL 3000: Look inside / A. Shvartsburg, M. F. Jarrold, // J. Phys. Rev. Lett. - 2015.- pp. 2530-2532

16. Плата розробника STM [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/steval-dps334c1.html>

17. Barkalov A.A., Titarenko L.A., Barkalov A.A. Structural decomposition as a tool for the optimization, implementation of FSM. *Cybern Syst* . 2012. Vol. 48. Pp. 313–322

18. Allen, M.P. Computer Simulation / M.P. Allen , D.J. Tildesley, Computer Simulation // J. Clarendon Press, Oxford. - 2014. - pp. 10 -22.

19. Bush , W.R.. A static analyzer for finding dynamic programming errors W. R. Bush, I D. Pincus, and D. J. Sielaff / In Proceedings of Software Practice. 2000.- pp. 775-802.

20. Плата програматора STM32F103 [электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://reblog.dk/wordpress/wp-content/uploads/2016/07/The-Generic-STM32F103-Pinout-Diagram.pdf>

21. Choo, K. A Cloud Security Risk-Management Strategy [Text] / K. Choo // IEEE Cloud Computing. - 2014. - Vol. 1, Issue 2. - P. 52-56. doi:0.1109/mcc.2014.27

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Код для мікроконтролера STM32F334

```
void sTim3::handler (void) {
    TIM3->SR &= ~TIM_SR_UIF;
    float resultPID = 0.0f;
    float inputVoltage = Feedback::GetInputVoltage();
    if (inputVoltage <= (Application::referenceOutputVoltage * 0.9)) {
        Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::buck, 29000);
        float outputVoltage = Feedback::GetOutputVoltage();
        float outputCurrent = Feedback::GetOutputCurrent();
        if (outputVoltage < (Application::referenceOutputVoltage - 0.2f)) {
            pidCurrentMode
                .SetReference(Application::referenceOutputCurrent)
                .SetSaturation(-29800, 29800)
                .SetFeedback(outputCurrent, 0.001)
                .SetCoefficient(20,0,0,0,0)
                .Compute();
            resultPID = pidCurrentMode.Get();
        }
        if ((outputCurrent < 0.05f) || (outputVoltage >=
(Application::referenceOutputVoltage - 0.2f))) {
            pidVoltageMode
                .SetReference(Application::referenceOutputVoltage)
                .SetSaturation(-29800, 29800)
                .SetFeedback(outputVoltage, 0.001)
                .SetCoefficient(50,0,0,0,0)
                .Compute();
            resultPID = pidVoltageMode.Get();
        }
    }
}
```

```

    }
    Application::dutyBoost += resultPID;
    Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::boost, Application::dutyBoost);
}
if (inputVoltage >= (Application::referenceOutputVoltage * 1.1)) {
    Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::boost, 1000);
    float outputVoltage = Feedback::GetOutputVoltage();
    float outputCurrent = Feedback::GetOutputCurrent();
    if (outputVoltage < (Application::referenceOutputVoltage - 0.2f)) {
        pidCurrentMode
            .SetReference(Application::referenceOutputCurrent)
            .SetSaturation(-29800, 29800)
            .SetFeedback(outputCurrent, 0.001)
            .SetCoefficient(20,0,0,0,0)
            .Compute();
        resultPID = pidCurrentMode.Get();
    }
    if ((outputCurrent < 0.05f) || (outputVoltage >=
(Application::referenceOutputVoltage - 0.2f))) {
        pidVoltageMode
            .SetReference(Application::referenceOutputVoltage)
            .SetSaturation(-29800, 29800)
            .SetFeedback(outputVoltage, 0.001)
            .SetCoefficient(50,0,0,0,0)
            .Compute();
        resultPID = pidVoltageMode.Get();
    }
    Application::dutyBuck += resultPID;
    Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::buck, Application::dutyBuck);
}

```

```

}
if ((inputVoltage > (Application::referenceOutputVoltage * 0.9)) &&
(inputVoltage < (Application::referenceOutputVoltage * 1.1))) {
    Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::boost, 6000);
    float outputVoltage = Feedback::GetOutputVoltage();
    float outputCurrent = Feedback::GetOutputCurrent();
    if (outputVoltage < (Application::referenceOutputVoltage - 0.2f)) {
        pidCurrentMode
            .SetReference(Application::referenceOutputCurrent)
            .SetSaturation(-29800, 29800)
            .SetFeedback(outputCurrent, 0.001)
            .SetCoefficient(20,0,0,0,0)
            .Compute();
        resultPID = pidCurrentMode.Get();
    }
    if ((outputCurrent < 0.05f) || (outputVoltage >=
(Application::referenceOutputVoltage - 0.2f))) {
        pidVoltageMode
            .SetReference(Application::referenceOutputVoltage)
            .SetSaturation(-29800, 29800)
            .SetFeedback(outputVoltage, 0.001)
            .SetCoefficient(50,0,0,0,0)
            .Compute();
        resultPID = pidVoltageMode.Get();
    }

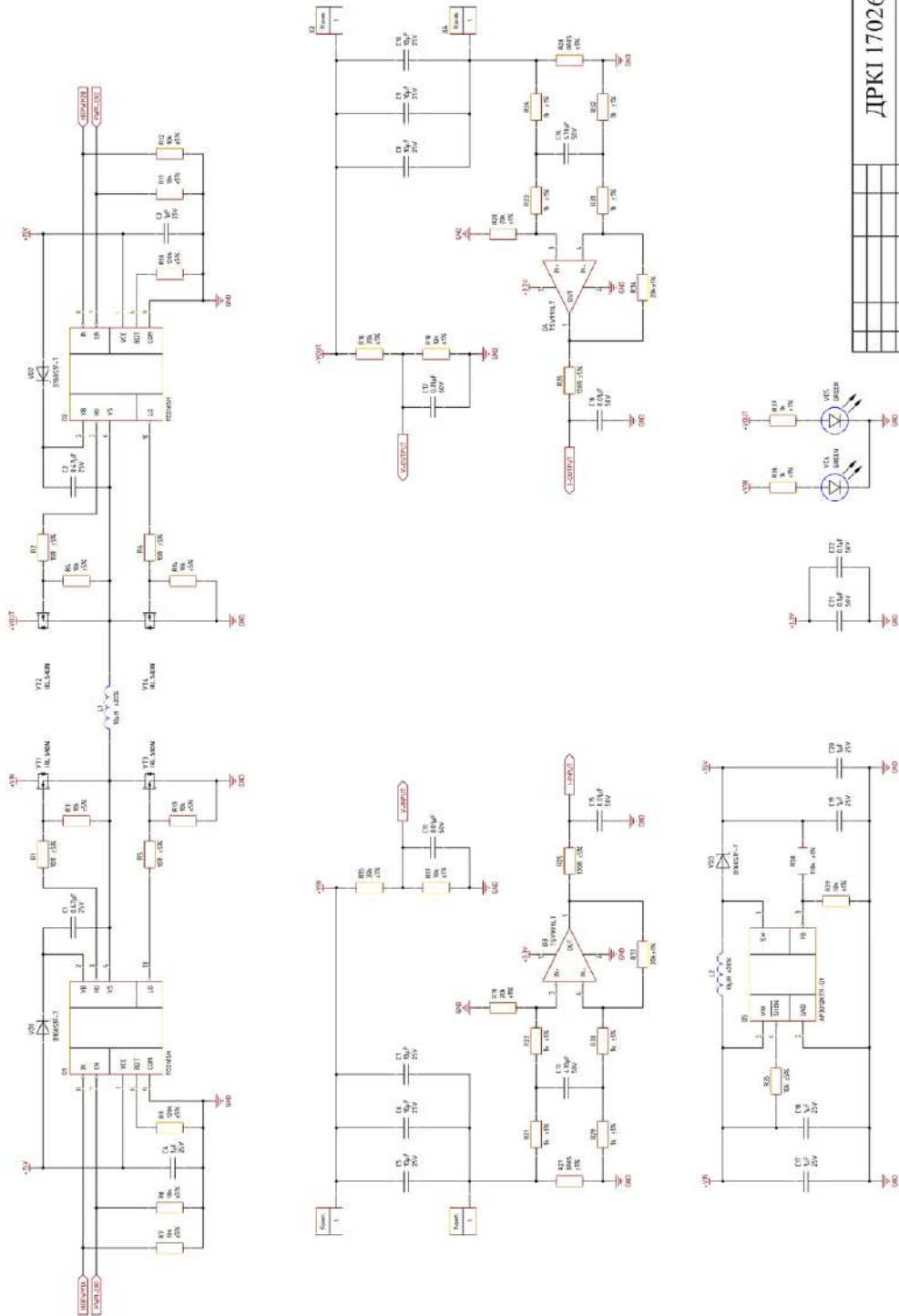
    Application::dutyBuck += resultPID;
    Hrpwm::SetDuty(Hrpwm::Channel::buck, Application::dutyBuck);
}

```

Додаток Б (обов'язковий)

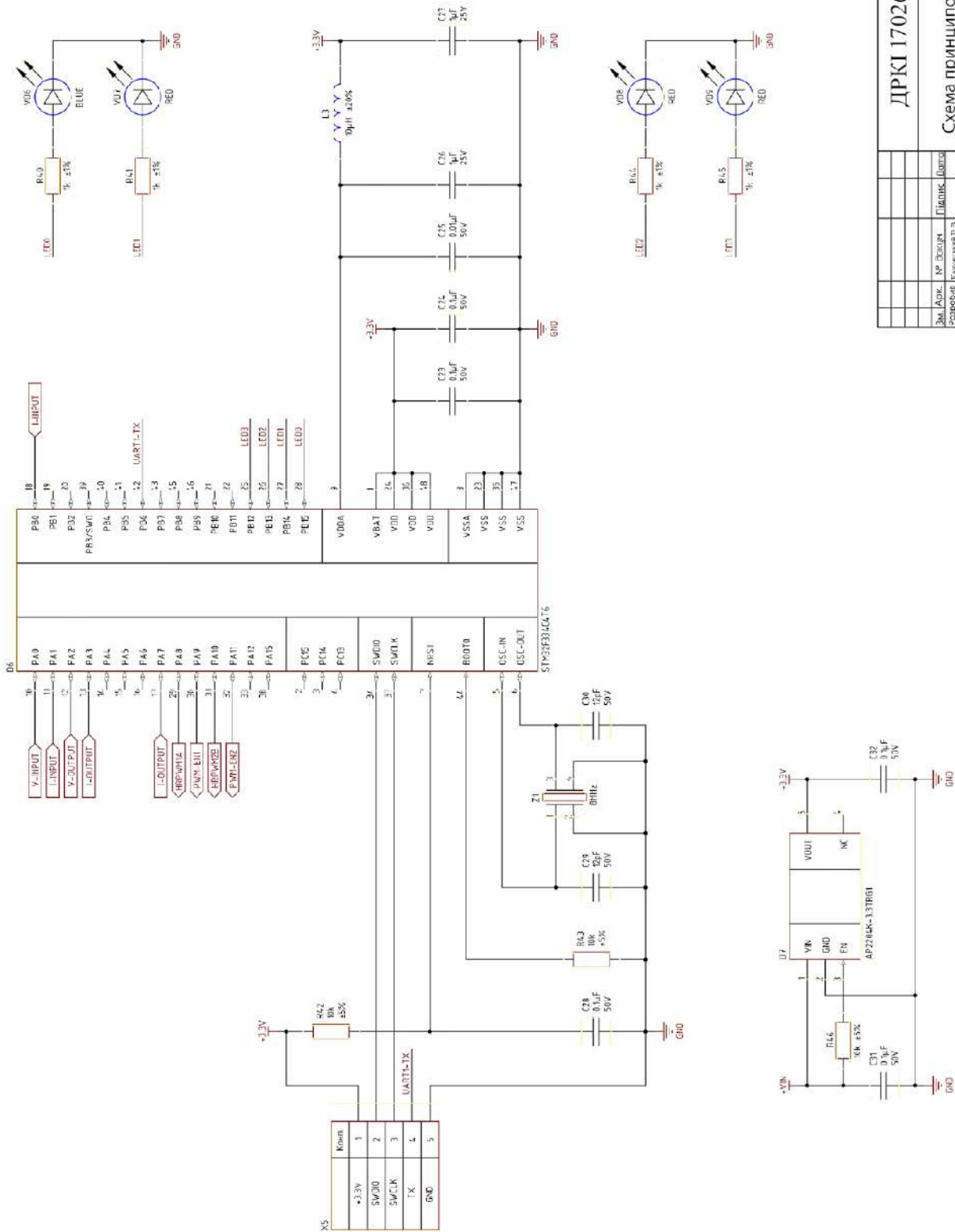
Копія креслення «Схема принципова силова»

ДРКІ 170268.21.01.05 Е8



ДРКІ 170268.21.01.05 Е8			
Листа	Маса	Ріс.шматк	
Схема принципова СИЛОВА			
Вид. Арк. №	Вид. Арк. №	Підпис	Підпис
Розробив	Виконав	В.В.	
Перевірив	Зав. Д.П.		
Рисув.	Г. конст.		
Р. конст.	В. конст.		
Загвард.			
КІМ-21-1			

Копія креслення «Схема принципова керуюча»



ДПКІ 170268.21.01.05 Е8

ДПКІ 170268.21.01.05 Е8		Літера	Міся	Число
Схема принципова керуюча		Дня Арх.	№ Докум.	Підпис
		Розробл.	Виконав	
		Перевірл.	Затверд.	
		Т. Копр.	Архив	
		Редис.	Архив 1	Архив 2
		Н. Копр.		
		Затверд.		КІМ-21-1

Додаток В
(обов'язковий)

УДК 371.64:378.14:004

Юрій КЛЬОЦ

Хмельницький національний університет

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3914-0989>

klots@khnmu.edu.ua

Віталій КАЛУЖСЬКИЙ

Хмельницький національний університет

e-mail: vitalykaluzhskyi@gmail.com

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ BUCK—BOOST

В роботі описуються принцип роботи та створення сучасної математичної моделі Buck–Boost. Приділено увагу двом складовим цих технологій, технології Buck та технології Boost. Так як технологія Buck направлена на зниження напруги, а технологія Boost направлена на збільшення напруги, то в роботі описано як об'єднати ці дві технології для синхронної і послідовної роботи. Така реалізація дозволяє створити універсальний перетворювач постійної напруги (DC-DC) та використовувати його у різних випадках, коли джерело напруги нестабільне і має великий діапазон. В такому випадку технологія Buck–Boost дозволить стабілізувати напругу до потрібного значення. Силова частина схеми виконана на потужних транзисторах та котушці індуктивності, через фізичні властивості якої технології Buck, Boost та Buck–Boost можливі.

Ключові слова: стабілізація, перетворення

Yurii KLOTS

Vitalii KALUZHSKYI

Khmelnytskyi National University

THE BUCK—BOOST MATHEMATICAL MODEL

The work describes the principle of operation and the creation of a modern Buck–Boost mathematical model. Attention is paid to two components of these technologies, Buck technology and Boost technology. Since the Buck technology is aimed at reducing the voltage, and the Boost technology is aimed at increasing the voltage, the work describes how to combine these two technologies for synchronous and sequential operation. This

implementation allows you to create a universal constant voltage converter (DC-DC) and use it in various cases when the voltage source is unstable and has a large range. In this case, the Buck-Boost technology will stabilize the voltage to the required value. The power part of the circuit is made of powerful transistors and an inductor, due to the physical properties of which the Buck, Boost and Buck–Boost technologies are possible.

Key words: stabilization, transformation

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

При використанні різних джерел живлення виникають ситуації, коли потрібно змінити вихідну напругу, але це не завжди можливо, особливо тоді, коли джерело стабілізоване та не може зробити цього фізично, без втручання у схему. Або протилежна ситуація – джерело не стабілізоване по виходу напруги, але потрібно отримати стабільну напругу, наприклад таким джерелом може бути сонячна панель, на виході якої потрібно отримати стабільну напругу, для якогось певного використання. Вирішити такі потреби може модуль з технологією стабілізації Buck–Boost. Ця технологія дозволяє змінювати вхідну напругу до потрібної напруги на виході зі схеми, байдуже, чи на вході буде нижча чи вища напруга – технологія Buck–Boost змінить її на потрібну, яка буде запрограмована в коді програми, яка буде керувати технологією.

Постановка задачі

Задача полягає у аналізі технології Buck–Boost та використанні її для стабілізації нестабільних джерел живлення.

- Розробити модель керування технологією.
- Реалізувати її на базі сучасного процесора.

Основна частина

Модель Buck–Boost дуже часто можна зустріти у вигляді перетворювачів постійного струму DC-DC. Також часто стається ситуація коли вхідна напруга не є постійною, а розкидана у діапазоні і постійно змінюється. Якраз таке спостерігається на виході сонячної панелі, якраз ситуація та рішення, яке мені підходить. Оглядаючись

на попередні рішення можна було б підвищити напругу за допомогою моделі Boost, а потім опустити напругу за допомогою моделі Buck, якщо вхідна напруга нижча за потрібну. А якщо вхідна напруга вища за потрібну, то тоді використовується тільки модель Buck. Теоретично звучить чудово, потрібно спробувати реалізувати схему із вдома такими контурами.

Якщо комбінувати схеми, зображені на рисунку, то одразу буде видно недолік, точніше дивне рішення. Кінець однієї схеми є початком для іншої, і якщо підставити їх одна з другою, то відразу буде видно дві котушки індуктивності, які переходять одна в іншу, та ще й між ними буде встановлено конденсатор, який являвся виходом для топології Buck, та входом для топології Boost. Таке рішення буде означати не оптимальний режим роботи, а як наслідок – зменшення коефіцієнту корисної дії, що не можна допустити ні в якому разі. Схема простого комбінування зображена на рисунку 1.

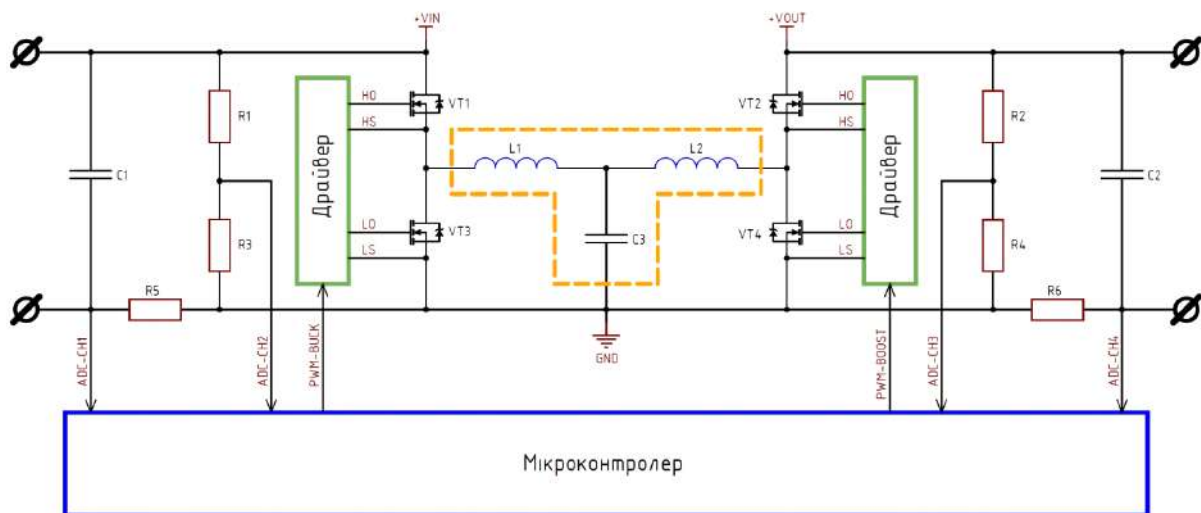


Рисунок 1 – Комбінація топологій Buck та Boost

На схемі окремо зображено топологію Buck, ліворуч, та топологію Boost, праворуч. Кожна з них має свою котушку індуктивності, розраховану на роботу у конкретно своєму випадку. А також конденсатор, який є вихідним для топології Buck та вхідним, для топології Boost. Конденсатор разом із котушкою індуктивності утворюють LC-фільтр, при тому конденсатор являється вхідною ємністю для схеми Boost. Виходячи з цих даних можна створити формулу для Buck-Boost топології.

Але для цього потрібно згадати формулу топології Buck.

$$V_{out} = V_{in} * D \quad (1)$$

А також формула для топології Boost.

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{(1-D)} \quad (2)$$

Використовуючи ці дані і розуміючи те, що вихідна напруга Buck є вхідною напругою Boost, можна підставити одну формулу в другу та отримати наступну формулу.

$$V_{out-boost} = \frac{V_{in-buck} * D_{buck}}{1 - D_{boost}} \quad (9)$$

Із формули можна побачити, що напруга на виході Buck-Boost перетворювача залежить від трьох компонентів: вхідної напруги, коефіцієнту заповнення на першому напів мосту і коефіцієнту заповнення на другому напів мосту. На схемах, коефіцієнт заповнення позначається PWM-BUCK і PWM-BOOST. Вхідну напругу я ніяк не можу контролювати, тому задача стоїть тільки у тому, щоб контролювати і підтримувати вихідну напругу, а вхідну залишати такою, яка вона є і ніяк на неї не впливати, щоб не створити втрат.

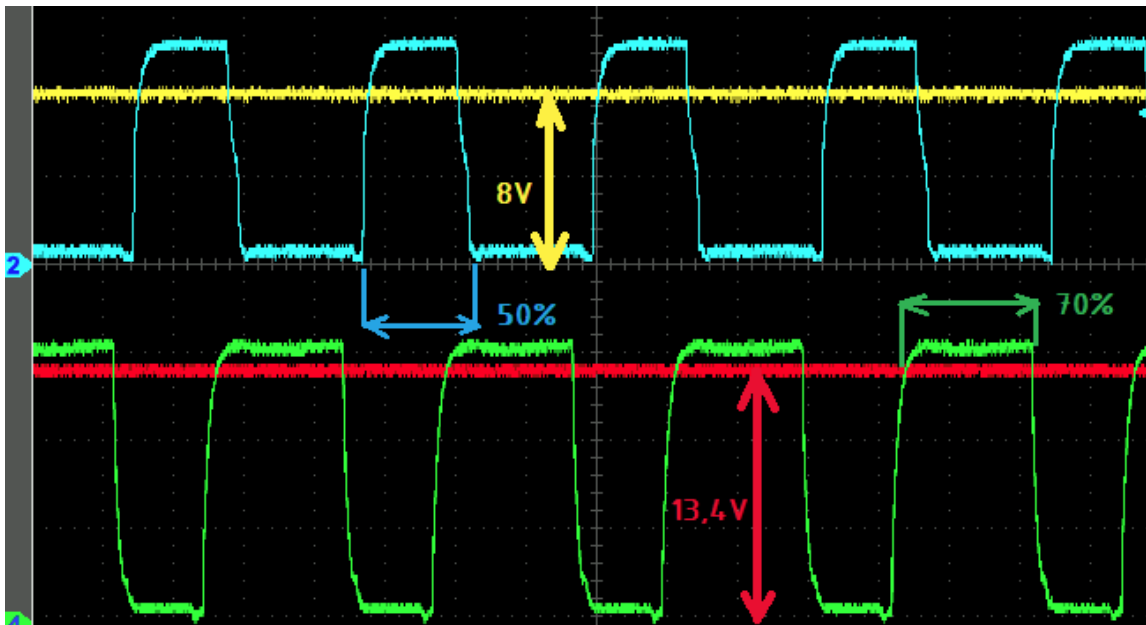


Рисунок 2 – Проба алгоритму Buck–Boost

На рисунку 2 зображено перший експеримент, в якому використано схему Buck-Boost. На вхід схеми я подав стабілізовані 8 вольт напруги. В кодї виставив коефіцієнт заповнення 70%. На виході схеми я отримав 13,4В напруги, що відповідає теоретичним розрахункам. Виходячи з результатів мені потрібно змінювати коефіцієнт заповнення широтно-імпульсної модуляції, щоб керувати вихідною напругою. А також потрібно автоматизувати змінення коефіцієнту заповнення широтно імпульсної модуляції, щоб він залежав від вхідної напруги і змінювався еквівалентно із вхідною напругою. Це все необхідно для того, щоб вихідна напруга завжди залишалася сталою, при змінній вхідній напрузі.

Література

1. Jian, M.-S.; Yang, K. S.; Lee, C.-L. Modular RFID management system based on system integration. *WSEAS Trans. Syst.* 2018, 7, 706–716
2. Salcido A. Cellular Automata - Simplicity Complexity. InTech, 2017
3. Аулов, І. Ф. Аналіз еталонної моделі безпеки хмари NIST [Текст]: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. / І. Ф. Аулов, І. Д. Горбенко // Радіотехніка. - 2018. - Вип. 176. - С. 131-137
4. Creating of PWM [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com>
5. Аналого-цифрове перетворення [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://joiner.org.ua/3/2009-07-09-10-37-31/2009-09-05-20-33-01.html>
6. Solov'ev V.V. Minimization of Mealy finite-state machines variables for state assignment. *J. Comput. Syst. Sci.* 2017. Vol. 56. Pp. 96–104.
7. Demchenko Y. Defining inter-cloud architecture for interoperability and integration [Text] / Y. Demchenko, C. Ngo, M.X. Makkes, R. Strijkers, C. de Laat // Proceeding of the 3rd International Conference on Cloud Computing, GRIDs and Virtualization, Nice, France, July 22-27, 2012 y. - pp. 174-180
8. Herrick D.R. Google this!: using Google maps for collaboration and productivity / Dan R. Herrick // In Proceedings of the ACM SIGUCCS fall conference on User services conference (SIGUCCS '09). – ACM, New York, NY, USA, 2009. – pp.55-64.
9. Creating od HRPWM [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com>
10. Tang, V.W.S.; Zheng, Y.; Cao, J. Intelligent STM management system.
11. Steffen B., Isberner M., Naujokat S. et al. Property-driven benchmark generation: synthesizing programs of realistic structure. *Int J Softw Tools Technol Transfer.* 2014. Vol. 16. Pp. 465–479.
12. STM32 Discovery Kit [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/32f3348discovery.html>



Ім'я користувача:
Кафедра кібербезпеки

Дата перевірки:
07.12.2022 21:40:09 EET

Дата звіту:
07.12.2022 21:42:24 EET

ID перевірки:
1013234372

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100008300

Назва документа: Магістерська_Калужський

Кількість сторінок: 81 Кількість слів: 11493 Кількість символів: 81805 Розмір файлу: 20.13 MB ID файлу: 1012994256

0% Схожість

Збіги відсутні

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 0.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 6%

ID: 109046 Название: Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля Добавлено в БД: 2022-12-07 Авторы: Калужський В.В. Руководители: Кльоц Ю.П. Консультанты: Олоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных		
	Символы	Лексемы		Символы	Лексемы
	67272	1140		62 (0%)	1 (0%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
освітнього ступеня «магістр»

Студент Калужський Віталій Вячеславович

Тема Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Обсяг кваліфікаційної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»:

кількість листів креслень 4; кількість сторінок записки 80.

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У кваліфікаційній роботі розроблено мікропроцесорний пристрій стабілізації, підвищення, зниження напруги технологіями Buck, Boost, Buck-Boost.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню Кваліфікаційна робота у повній мірі відповідає поставленому завданню як в теоретичній, так і в практичній частині.

3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У вступі подана загальна характеристика поставленої задачі, сформульована актуальність. Визначені задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети, практична цінність отриманих результатів, У першому розділі проведено огляд використовуваних систем керування заряду акумулятора електромобіля та основні підходи до його проектування, виконане обґрунтування актуальності теми дослідження і виконана постановка задачі. В другому розділі проведено обґрунтування обраного методу рішення та описано будову пристрою на рівні структурної схеми. В третьому розділі описано пристрій на рівні функційної та принципової схеми та розроблено алгоритми її роботи, спроектовано принципову схему та розроблено друковану плату. В четвертому розділі створений пристрій застосовується на реальній системі заряду електромобіля із системою сонячних елементів.

4. Позитивні сторони роботи Кваліфікаційна робота має комплексну практичну цінність. Практична цінність результатів кваліфікаційної роботи полягає у створенні мікропроцесорного пристрою стабілізації, підвищення, зниження напруги технологіями Buck, Boost, Buck-Boost. Використовується складне керування силовою частиною за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої дискретизації.

5. Негативні сторони роботи Не виявлено

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи Графічне оформлення виконане відповідно до теми кваліфікаційної роботи з дотриманням стандартів. Графічне оформлення виконане якісно, пояснювальна записка відповідає нормам оформлення.

7. Відгук про роботу в цілому Кваліфікаційна робота заслуговує позитивної оцінки. Весь матеріал кваліфікаційної роботи структурований, чіткий та послідовний. Усі розділи роботи послідовні та логічні, що дозволяє чітко розуміти викладений матеріал. Графічний матеріал дозволяє наочно побачити доцільність та ефективність рішень.

8. Інші зауваження Окремі описи в пояснювальній записці подано занадто деталізовано, що ускладнює сприйняття матеріалу не фахівцями в обраній предметній галузі

9. Оцінка кваліфікаційної роботи Враховуючи всі позитивні сторони представленої кваліфікаційної роботи, можна зробити висновок, що вона заслуговує оцінку «відмінно».

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Бедрашук
Леонід Петрович д.ср.-м.н. професор, зав. кафедрою
інженерії програмного забезпечення.

« 7 » 12 _____ 2022.



(підпис)

ANNOTATION

A master's degree work of Kaluzhskyi Vitalii

Entitled «The method and information technology of increasing the efficiency of the electric car»

Mentor: Yurii Klots

Total volume of work: 80 pages, 58 figures, 0 tablets, 2 appendices, 21 references.

MICROCONTROLLER, PULSE-WIDTH MODULATION, BUCK, BOOST, BUCK-BOOST

During the writing of the work, the devices and systems of electric car charging were investigated. The aim of the master's thesis was to create a device based on the STM32F334 microcontroller with control of power transistors using high-resolution pulse-width modulation. All tasks were completed.

30.11.22



АНОТАЦІЯ

Тема магістерської роботи: «Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля».

Автор роботи: Калужський Віталій Вячеславович.

Керівник роботи: Кльоц Юрій Павлович.

Пояснювальна записка: 80 с., 58 рис., 0 табл., 2 дод., 21 джерело.

Графічна частина: 3 плакати.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ, BUCK, BOOST, BUCK-BOOST

Під час написання роботи було досліджено пристрої та системи заряду електромобіля. Метою магістерської роботи було створення пристрою на базі мікроконтролера STM32F334 із керуванням силовими транзисторами за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої роздільної здатності. Усі поставлені задачі було виконано.


Підпис студента

30.11.22
Дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ
Освітній рівень МАГІСТР
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ
Освітня програма ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ МАГІСТРА

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри кібербезпеки
к.т.н. доцент Кльоц Ю.П.
" " 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)**

Калужський Віталій Вячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля

Науковий керівник Кльоц Юрій Павлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом № _____ ректора університету додаток № _____ від _____, 2022

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру _____, 2022

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Аналізувати роботу систем сонячних панелей. Виявити сильні та слабкі сторони використання технології. Покращити роботу та ефективність роботи панелей у використанні їх у різних енергетичних системах.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Огляд методів та інформаційних технологій систем заряду електромобілів. Математична модель Buck-Boost. Імітаційне моделювання. Інформаційна технологія системи заряду.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1. Огляд методів та інформаційних технологій систем заряду електромобілів 2. Шлях розвитку технологій зарядки акумуляторів електромобілів 3. Технології заряджання автомобіля за допомогою відновлювальних джерел енергії 4. Математична модель Buck та модель Boost 5. Модель Buck 6. Модель Boost 7. Математична модель Buck-Boost 8. Теоретичне моделювання 9. Реалізація керування 10. Інформаційна модель системи заряду електромобіля 11. Проектування модуля заряду 12. Конструювання модуля топології Buck-Boost 13. Висновки

Назва роботи: «Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля».

Автор роботи: Калужський Віталій Вячеславович.

Керівник роботи: Кльоц Юрій Павлович.

Пояснювальна записка: 80 с.

Анотація: Метою магістерської роботи було створення пристрою на базі мікроконтролера STM32F334 із керуванням силовими транзисторами за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої роздільної здатності.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ, BUCK, BOOST, BUCK-BOOST

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра кібербезпеки

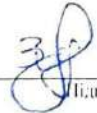
ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА


Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи
електромобіля
Назва теми


Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

ДРКІ. 170268.21.01.05 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІІМ-21-1  Підпис Калужський В.В.

Керівник доц., к. т. н, доцент кафедри КБ  Підпис Кльоц Ю.П.

Нормоконтролер ст. викладач кафедри КБ  Підпис Мостовий С.В.



До захисту допускаю:
Зав. кафедри КБ к.т.н., доц

 Підпис Кльоц Ю.П.

_____ 2022р.

Хмельницький, 2022

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Відповідальний за оформлення ДП	Мостовий С.В., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання: « 1 » лютого _____ 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Грунтовне ознайомлення з предметною галуззю	1.02.2022	Виконан
2	Визначення структури магістерської роботи	7.03. 2022	Виконан
3	Робота над першим розділом магістерської роботи	3.04. 2022	Виконан
4	Робота над першою статтею за результатами обробки літературних джерел	8.05. 2022	Виконан
5	Робота над другим розділом магістерської роботи	3.06. 2022	Виконан
6	Робота над третім розділом магістерської роботи	12.09. 2022	Виконан
7	Робота над четвертим розділом магістерської роботи	22.10. 2022	Виконан
8	Підготовка ілюстративного матеріалу	1.11. 2022	Виконан
9	Оформлення текстової і графічної частини магістерської роботи	14.11. 2022	Виконан
10	Попередній захист магістерської роботи	25.11. 2022	Виконан
11	Захист ДРМ на засіданні ЕК	8.12. 2022	Виконан

Студент


Підпис

Калужський В.В.
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Кльоц Ю.П.
Ініціали, прізвище

Завідувачу кафедри кібербезпеки
к.т.н., доц. Кльоцу Ю.П.
Калузьського Віталія Вячеславовича
ІІІІ здобувачів вищої освіти
студента ФІТ, 2 курсу, групи КІІ м-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

5.12.2022

дата


підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Калужський Віталій Вячеславович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 123 - Комп'ютерна інженерія

На тему: Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



Олександр Савченко
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Калужський В. В. за період навчання на факультеті інформаційних технологій з 2021 по 2021 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 12,50 %, добре 37,50 %, задовільно 50,00 %. шкалою ЄКТС: А 23,08 %, В 15,38 %, С 15,38 %, D 15,38 %, E 30,77 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Калужський Віталій Вячеславович
в повному обсязі з заданими вимогами

Оцінка дипломного проєкту (роботи) сорок

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(підпис)

Клиш В.Г.
(ім'я, прізвище)

" 7 " 12 2022 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Калужський В. В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

КБ

(назва)

[Signature] Клиш В.Г.

(підпис, ім'я, прізвище)

" 7 " 12 2022 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля.

Автор: Калужський Віталій Вячеславович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: Програмування та захист комп'ютерних систем і мереж

Керівник: Кльоц Юрій Павлович, д. т. н. доц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 0 % що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



Ю.П. Кльоц

Завідувач кафедри КБКСМ, гарант ОП



Ю.П. Кльоц

Дата: 06.12.2022

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

На тему: Метод та інформаційна технологія ефективної роботи електромобіля

Виконав: Студент групи КІ21м-21-1 Калужський В. В.

Керівник: Доц., к. т. н. зав. кафедри КБ Кльоц Ю. П.

Завдання

Розробити пристрій перетворення напруги, використовуючи сучасні технології стабілізації та перетворення енергії. Використати сучасне керування.

Теорія

- Використання сучасних технологій Buck, Boost, Buck-Boost.
- Створення програми керування.
- Вибір силової частини.
- Використання технології широтно-імпульсної модуляції високої дескриптації.

Реалізація

- Тестування технології на платі розробника від компанії ST.
- Створення тестового макету силової частини.
- Створення плати модуля стабілізації (Оптимізації)

Впровадження

- Встановлення модуля на джерела живлення із нестабільним виходом напруги.
- Встановлення модуля в систему заряджання електромобіля.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля.

Автор: Калужський Віталій Вячеславович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: Програмування та захист комп'ютерних систем і мереж

Керівник: Кльоц Юрій Павлович, д. т. н, доц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 0 % що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



Ю.П. Кльоц

Завідувач кафедри КБКСМ, гарант ОП



Ю.П. Кльоц

Дата: 06.12.2022

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
освітнього ступеня «магістр»

Студент Калужський Віталій Вячеславович

Тема Метод та інформаційна технологія підвищення ефективності роботи електромобіля

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Обсяг кваліфікаційної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»:

кількість листів креслень 4; кількість сторінок записки 80.

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У кваліфікаційній роботі розроблено мікропроцесорний пристрій стабілізації, підвищення, зниження напруги технологіями Buck, Boost, Buck-Boost.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню Кваліфікаційна робота у повній мірі відповідає поставленому завданню як в теоретичній, так і в практичній частині.

3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У вступі подана загальна характеристика поставленої задачі, сформульована актуальність. Визначені задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети, практична цінність отриманих результатів, У першому розділі проведено огляд використовуваних систем керування заряду акумулятора електромобіля та основні підходи до його проєктування, виконане обґрунтування актуальності теми дослідження і виконана постановка задачі. В другому розділі проведено обґрунтування обраного методу рішення та описано будову пристрою на рівні структурної схеми. В третьому розділі описано пристрій на рівні функційної та принципової схеми та розроблено алгоритми її роботи, спроектовано принципову схему та розроблено друковану плату. В четвертому розділі створений пристрій застосовується на реальній системі заряду електромобіля із системою сонячних елементів.

4. Позитивні сторони роботи Кваліфікаційна робота має комплексну практичну цінність. Практична цінність результатів кваліфікаційної роботи полягає у створенні мікропроцесорного пристрою стабілізації, підвищення, зниження напруги технологіями Buck, Boost, Buck-Boost. Використовується складне керування силовою частиною за допомогою широтно-імпульсної модуляції високої дискретизації.

5. Негативні сторони роботи Не виявлено

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи Графічне оформлення виконане відповідно до теми кваліфікаційної роботи з дотриманням стандартів. Графічне оформлення виконане якісно, пояснювальна записка відповідає нормам оформлення.

7. Відгук про роботу в цілому Кваліфікаційна робота заслуговує позитивної оцінки. Весь матеріал кваліфікаційної роботи структурований, чіткий та послідовний. Усі розділи роботи послідовні та логічні, що дозволяє чітко розуміти викладений матеріал. Графічний матеріал дозволяє наочно побачити доцільність та ефективність рішень.

8. Інші зауваження Окремі описи в пояснювальній записці подано занадто деталізовано, що ускладнює сприйняття матеріалу не фахівцями в обраній предметній галузі

9. Оцінка кваліфікаційної роботи Враховуючи всі позитивні сторони представленої кваліфікаційної роботи, можна зробити висновок, що вона заслуговує оцінку «відмінно».

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Бедрастюк
Леонід Петрович д.ср.-м.н. професор, зав. кафедрою
інженерії програмного забезпечення.

« 7 » 12

2022.



(підпис)

Завідувачу кафедри кібербезпеки
к.т.н., доц. Кльоцу Ю.П.
Калужського Віталія Вячеславовича
ІІІБ здобувача вищої освіти

студента ФІТ, 2 курсу, групи КІІМ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

5.12.2022

дата



підпис

Ім'я користувача:
Кафедра кібербезпеки

ID перевірки:
1013234372

Дата перевірки:
07.12.2022 21:40:09 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.12.2022 21:42:24 EET

ID користувача:
100008300

Назва документа: **Магістерська_Калужський**

Кількість сторінок: 81 Кількість слів: 11493 Кількість символів: 81805 Розмір файлу: 20.13 MB ID файлу: 1012994256

0% Схожість

Збіги відсутні

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел