

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1004052687

Дата перевірки:
15.06.2020 16:26:37 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.06.2020 16:28:55 EEST

ID користувача:
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD_Movchan_DC-DC_fch

ID файлу: 1004065576 Кількість сторінок: 17 Кількість слів: 5373 Кількість символів: 39728 Розмір файлу: 77.95 KB

3.28% Схожість

Найбільша схожість: 2.81% з джерело <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B2%>.

3.28% Схожість з Інтернет джерелами 12 Page 19

0.3% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 11 Page 19

0.5% Цитат

Цитати 1 Page 20

Вилучення переліку посилань вимкнено

0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

Підміна символів

Не знайдено заміненних символів

Мовчану Ігору Вікторовичу

DC-DC перетворювач в різних режимах роботи АНАТОЦІЯ

В процесі виконання дипломного проекту було досліджено принцип будови та роботи SEPIC перетворювача і різних систем керування ним. Розраховано елементи схеми перетворювача та побудована його модель в програмному середовищі MATLAB Simulink. Досліджено вплив пошкодження вихідного конденсатора на рівень пульсацій напруги навантаження. Тематика проекту є актуальною, оскільки SEPIC перетворювач застосовується в пристроях, які працюють від батареї, таких як мобільні телефони, ноутбуки тощо, і для яких пошкодження конденсатора є однією з поширених проблем, що може призвести до їх виходу з ладу або до порушення їх роботи. Тому вивчення впливу зміни ємності на вихідну напругу перетворювача є важливою задачею.

Ключові слова: SEPIC, Система керування, MATLAB Simulink, модель, пошкодження конденсатора.

ANNOTATION

The SEPIC converter structure and operation with various control systems were investigated in this project. The elements of circuit were calculated and converter model was built in the MATLAB Simulink software environment. The influence of the output capacitor damage on the level of load voltage ripples was studied. The following project is relevant because the SEPIC converter is used in devices that run on batteries such as mobile phones, laptops, etc., and capacitor damage is one of the common problems of electronic devices. Therefore, studying the effect of capacitance change on the output voltage of the converter is an important task.

Keywords: SEPIC, Control system, MATLAB SIMULINK, Model, Capacitor damage.

ВСТУП

Під час проектування електронних приладів та пристроїв виникає ситуація, коли різним функціональним блокам необхідна напруга, яка відрізняється за рівнем від напруги живлення пристрою, а нове джерело живлення з економічних чи інших причин недоцільно чи неможливо купити. У таких випадках використовують різні DC-DC (*direct current*) перетворювачі.

Оскільки виникають потреби як понижувати, так і підвищувати рівень напруги, то залежності від задач розрізняють основні три типи перетворювачів: понижувальні, підвищувальні та інвертуючі (універсальні) [1]. Назви перших двох типів перетворювачів говорять про характер їх роботи, а останній тип перетворювача може як підвищувати, так і понижати вхідну напругу, але вихідна напруга в нього інвертована.

Топологією DC-DC перетворювача, яка дозволяє отримати неінвертовану вихідну напругу, підвищувати і понижати вхідну напругу, є топологія SEPIC (*single ended primary inductance converter*), вона і буде досліджена в проекті з різними системами керування та варіантами пошкодження вихідного конденсатора.

Метою дипломного проекту є дослідження впливу зміни жмності конденсатора на вихідну напругу перетворювача.

Для цього було виконано розрахунок елементів перетворювача відповідно до заданих в технічному завданні параметрів, отримано та проаналізовано осцилограми вихідної напруги перетворювача при пошкодженні конденсатора за допомогою програми моделювання MATLAB Simulink.

SEPIC перетворювач знаходить застосування в приладах, які живляться від батареї [2], а саме в мобільних телефонах, ноутбуках. Оскільки рівень заряду батареї змінюється з часом, виникає потреба в пониженні, а згодом у підвищенні напруги залежно від рівня заряду. Також дані перетворювачі знаходять застосування в автомобілях для отримання потрібної напруги з від 12-ти вольтноо дежерела живлення, тому дослідження та покращення роботи даних перетворювачів є актуальною задачею.

1. ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА РОБОТИ DC-DC ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЗА ТОПОЛОГІЄЮ SEPIC

1.1 Принцип роботи імпульсних перетворювачів

На даний момент існує велика кількість перетворювачів постійної напруги, які відрізняються як кількістю і типом реактивних елементів, так і алгоритмами перетворення напруги. Але найбільш простими і, відповідно, найбільш поширеними рішеннями є декілька перетворювачів: понижувальний, підвищувальний, інвертуючий (рис. 1.1) [3]. Такі перетворювачі використовують подібний принцип роботи, мають однакову кількість компонентів і відрізняються тільки способом комутації дроселя, від режиму якого і залежать характеристики схеми [3].

Рис. 1.1. Схеми найпоширеніших перетворювачів

Для представлених на рис 1.1 перетворювачів, перетворення електричної енергіє здійснюється у два етапи. На одному з етапів ключ

замкнений (напівпровідниковий елемент знаходиться у відкритому стані), і до дроселя

прикладається напруга

. Під дією напруги

за час відкритого стану ключа

струм дроселя збільшується на величину

– індуктивність дроселя.

На цьому етапі до діода

прикладена зворотна напруга, тому через нього не проходить струм. По завершенню часу відкритого стану напівпровідникового ключа

струм дроселя досягає максимального значення

, а енергія накопичена в магнітопроводі розраховується за формулою:

На другому етапі ключ

закривається, і на виводах дроселя формується електрорушійна сила (ЕРС) самоіндукції з полярністю протилежною тій, яка була на першому етапі. На даному проміжку часу

дросель

є джерелом електричної енергії. Оскільки полярність напруги змінилась, це призводить до відкриття діода, який забезпечує коло протікання струму через навантаження на другому етапі роботи перетворювача. За час під дією сформованої на рівні напруги дроселя, його струм зменшується на величину. На рис.1.2 показані діаграми струму і напруги дроселя на двох етапах перетворення енергії [3]. Оскільки на першому етапі енергія в дроселі зростає, то його часто називають етапом накопичення або заряду дроселя, а другий етап, на якому енергія зменшується – етапом розряду [3].

Рис.1.2. Діаграми струму і напруги дроселя

1.1.1 Понижувальний перетворювач

Понижувальний перетворювач (рис.1.3) зазвичай має одну котушку індуктивності в схемі [3]. На першому етапі роботи схеми до дроселя прикладається напруга, яка визначається різницею вхідної та вихідної напруг:

а на другому етапі напруга дроселя рівна вихідній напрузі:

Рис. 1.3. Схема та етапи роботи понижувального перетворювача

Щоб отримати регульовальну характеристику даного перетворювача застосовується формула:

де

– коефіцієнт заповнення імпульсів.

З формули (1.1) видно, що вихідна напруга перетворювача не може перевищувати вхідну напругу, інакше до дроселя на двох етапах перетворення буде прикладена однополярна напруга і схема не буде працювати [4].

1.1.2 Підвищувальний перетворювач

Підвищувальний перетворювач (рис.1.4), як і понижувальний, зазвичай також має один дросель у схемі. На першому етапі перетворення, коли ключ відкритий, до дроселя прикладається напруга джерела живлення:

а на другому етапі, коли ключ

закритий, напруга дроселя визначається різницею напруг

як показано на рис. 1.4 [3].

Рис. 1.4. Схема та етапи роботи підвищувального перетворювача

Формула регульовальної характеристики даного перетворювача має наступний вигляд:

звідки слідує, що при

права частина формули змінює знак на протилежний і дросель перестає віддавати енергію, тому даний перетворювач здатен тільки збільшувати вхідну напругу [3].

1.1.3 Інвертуючий перетворювач

В інвертуючому перетворювачі на першому і другому етапі перетворення до дроселя прикладається повна вхідна і вихідна напруга відповідно:

як показано на рис. 1.5 [3].

Рис.1.5. Схема та етапи роботи інвертуючого перетворювача
Формула регулювальної характеристика такого перетворювача має вигляд:
Для інвертуючого перетворювача вихідна напруга
може бути як вище, так і нижче вхідної. Але вона завжди буде інвертованою,
оскільки тривалість як відкритого стану ключа
, так і закритого стану
, не може бути від'ємною [3].

1.1.4 SEPIC перетворювач

Виникають випадки, коли в пристрої, залежно від значення вхідної напруги, її необхідно як підвищувати, так і понижати та залишати її полярність неінвертованою. З цією метою, можна використати перетворювач з двох каскадів: один каскад зі зниженням напруги і другий – з підвищенням напруги. Але для цього необхідно два окремих контролери і два силових ключі. Також присутнє нераціональне використання елементів схеми, оскільки один з каскадів не буде задіяний під час роботи іншого [5].
Одна зі схем перетворювача, яка задовольняє зазначені вище вимоги – це SEPIC (рис. 1.6) [2].

Рис 1.6. Перетворювач SEPIC

В даному перетворювачі присутні дві котушки індуктивності,
Ці котушки можуть бути намотаними на одному осерді, оскільки до них протягом циклу перемикання прикладена одна і та ж сама напруга. Таке рішення дозволяє зекономити розміри плати і зменшити вартість перетворювача. Конденсатор
ізолює вхід схеми від виходу та забезпечує захист від короткого замикання.
На рис. 1.7 наведено схему для випадку, коли силовий ключ
замкнений [2]. В даному випадку, вхідна індуктивність
заряджається від джерела напруги, а індуктивність
заряджається від конденсатора
. Вихідний конденсатор
розряджається і забезпечує протікання струму навантаження. В цей час енергія від джерела живлення в навантаження не поступає.

Рис. 1.7. Перетворювач SEPIC з замкненим силовим ключем

Коли ключ розімкнений, індуктивність
заряджає конденсатор
, а також підтримує струм в навантаженні (рис. 1.8) [2]. Індуктивність
в цей час також підключена до навантаження.

Рис. 1.8. Перетворювач SEPIC з розімкненим силовим ключем

На рис. 1.9 наведені часові діаграми напруги і струмів в перетворювачі [2].

Рис. 1.9. Часові діаграми напруги і струмів в перетворювачі SEPIC

При розмиканні ключа VT (див. рис.1.6) у вихідному конденсаторі в схемі виникає імпульс струму. Він викликає специфічну заваду, через яку SEPIC створює шум більший, ніж в перетворювачі з підвищенням напруги, але у вхідному струмі, при цьому, пульсації відсутні, що дає важливу перевагу при роботі від батареї [2].

Здатність SEPIC перетворювачів як підвищувати, так і знижувати вхідну напругу та залишати її неінвертованою, визначає сферу їх застосування, а саме в приладах з живленням від батареї, де залежно від заряду батареї потрібно то підвищувати, то понижувати вхідну напругу; в автомобілях для отримання потрібної напруги від джерела живлення в ; як додатковий блок, що під'єднується до виходу блока живлення комп'ютера або ноутбука і без додаткового перероблення схеми блоку живлення дозволяє отримувати на виході потрібні напруги; також такий перетворювач використовується для виготовлення лабораторних блоків живлення.

1.2 Системи керування перетворювачами та їх особливості

1.2.1 Лінійне та імпульсне регулювання

Фундаментальну різницю між лінійним та імпульсним способом регулювання можна побачити на рис.1.10 для перетворювача з пониженням напруги [2]. Лінійний спосіб регулювання діє за принципом дільника напруги. Для такого способу регулюючий елемент діє в активному режимі і забезпечує відповідне падіння напруги між стоком та витоком, щоб напруга на виході перетворювача лишалась у заданих межах. Недоліком такого регулювання є невисокий коефіцієнт корисної дії (ККД). Оскільки весь струм навантаження протікає через , то ККД такої схеми напругу залежить від різниці напруг на вході та виході [2]:

- відповідно, вхідна і вихідна потужність,
- напруга,
- струм перетворювача.

Рис. 1.10. Порівняння лінійного та імпульсного способу керування

Чим більша різниця напруг у (1.4), тим менший ККД перетворювача, і тим більша частина енергії виділяється у вигляді тепла на регулюючому елементі. Це спричиняє ще один недолік у вигляді великих габаритів за рахунок встановлення радіатора для розсіювання тепла. Також одним з вагомих недоліків такого регулювання є здатність тільки понижати напругу:

де

- відповідно опір навантаження та опір регулюючого елемента.

Для підвищення чи інвертування напруги використовують імпульсне керування.

При імпульсному регулюванні

працює в ключовому режимі (рис.1.10) періодично підключаючи навантаження до джерела живлення на час

де

- відповідно час відкритого та закритого стану керуючого елемента.

Завдяки ключовому режиму роботи, виділення потужності на силових напівпровідникових компонентах невелика і не залежить від різниці напруг між входом та виходом, тому ККД таких перетворювачів зазвичай перевищує 80-90%. Але таке рішення не позбавлене недоліків, а саме пульсуючого характеру вихідної напруги. Тому для перетворювачі з імпульсним

регулюванням у схемі завжди присутній вихідний фільтр з використанням реактивних елементів, які здатні накопичувати енергію [2].

Залежно від закону модуляції імпульсне регулювання поділяється на: широтно-імпульсне регулювання (ШІР), частотно-імпульсне регулювання (ЧІР) та комбіноване.

Широтно-імпульсне регулювання передбачає зміну тривалості (ширини) імпульсів

, при незмінному періоді їх повторення

. На даний момент ШІР найбільш широко використовуване регулювання в силових вентильних перетворювачах. Оскільки частота перемикання силових вентилів не змінюється, то спектр пульсацій вихідної напруги має відомі складові, що значно полегшує задачу погашення пульсацій.

При частотно-імпульсному регулюванні змінюється період повторення імпульсів, за рахунок зміни тривалості паузи (вимкненого стану транзистора). Найчастіше застосовується в системах керування резонансними інверторами і стабілізаторами на їх основі [6].

При комбінованому регулюванні змінюють всі параметри імпульсів.

Регулювання в перетворювачі постійної напруги (рис. 1.11) здійснюється шляхом подачі на імпульсний модулятор (ІМ) опорного сигналу та сигналу керування, після чого ІМ формує імпульси, які подає на формувач-розподільник (ФР) [7].

Рис. 1.11. Узагальнена структура блоку керування перетворювача постійної напруги ФР в структурі рис.1.11 здійснює розділення імпульсів керування, якщо в схемі присутні два і більше керованих елементів, та подає ці сигнали на блок силових вентилів (БСВ).

1.2.2 Система керування вертикального типу

Принцип роботи системи керування вертикального типу полягає в порівнянні двох напруг: опорної – з генератора пилкоподібної напруги (ГПН) – та напруги керування –

, які подаються на пристрій порівняння (ПП) (рис.1.12). У момент рівності цих напруг, ПП виробляє імпульс керування, який надходить на транзистор. Змінюючи напругу керування, міняється довжина імпульсів, що в свою чергу призводить до зміни напруги на виході перетворювача [6, 7].

Рис. 1.12. Структура системи керування (а), часові діаграм роботи системи керування (б)

1.2.3 Системи керування, які мають зворотний зв'язок

Такі системи мають зворотний зв'язок по тій вихідній координаті вентильного перетворювача, по якій здійснюється спостереження за завданням (напруга, струм, потужність). Блок схема системи керування (СК) з спостереженням за вихідною напругою перетворювача постійної напруги наведена на рис. 1.13 [7]. До неї входить суматор (С) сигналу завдання та сигналу зворотного зв'язку

, пропорційного миттєвому значенню вихідної напруги перетворювача з коефіцієнтом пропорційності

, інтегратор (І) та релейний елемент (РЕ) [7].

Рис.1.13. Блок схема системи керування з зворотним зв'язком

На часових діаграмах роботи системи показано: сигнал зворотного зв'язку і сигнал завдання (рис.1.14.а), різниця цих сигналів (рис. 1.14.б), інтеграл різниці (рис. 1.14.в) та вихідний сигнал релейного елемента, який керує силовим ключем перетворювача (рис. 1.14.г) [7].

Рис. 1.14. Діаграми роботи системи керування з зворотним зв'язком

При зміні сигналу завдання буде змінюватись не тільки коефіцієнт заповнення імпульсів, а і частота імпульсів. Якщо ж зміна частоти небажана, то можна стабілізувати її зміною, відповідним чином, порогової напруги релейного елемента. Іншим способом фіксування частоти є перехід від релейного стеження до неперервного. При цьому, один з моментів переключення перетворювача задається від генератора фіксованої частоти, а другий момент – визначається спрацюванням релейного елемента [7].

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ

Вихідні дані SEPIC перетворювача:

- максимальна та мінімальна вхідна напруга
 - вихідна напруга
 - вихідний струм
 - частота переключення транзистора
- Схема перетворювача показана на рис. 2.1.

Рис. 2.1. Схема SEPIC перетворювача за завданням

Розрахунок коефіцієнта заповнення імпульсів.

Для SEPIC перетворювачів коефіцієнт заповнення імпульсів розраховується за формулою:

де

– пряме падіння напруги на діоді. Для мінімізації втрат потужності краще застосувати діод Шотткі, падіння напруги на якому менше ніж на кремнієвому діоді і знаходиться в межах 0,2 – 0,5В. Для подальшого розрахунку задамося падінням напруги рівним

. Враховуючи діапазон зміни вхідної напруги, отримуємо два значення коефіцієнту заповнення:

Розрахунок індуктивності.

Для більшості SEPIC перетворювачів є характерним застосування індуктивностей рівних за номіналом, тому задамося умовою:

Щоб визначити індуктивність застосовується правило, за яким розмах пульсацій струму від піку до піку становить приблизно 40% від максимального вхідного струму при мінімальній вхідній напрузі. Пульсації струму при однакових величинах індуктивності

розраховується за формулою [2]:

Індуктивності

в цьому випадку:

Для моделювання, обрано стандартне значення серійно випускаємої котушки індуктивності

Максимальний струм через

Максимальний струм через

Вибір силового ключа.

Максимальний струм між витокom і стоком:

Напруга переходу витік – стік:

Робоча частота

Для даних розрахунків обрано MOSFET транзистор IRLML6244TRPBF з параметрами:

Для діода розрахункова зворотна напруга повинна бути більшою за

З цих міркувань обрано діод Шотткі 60СРТ045 з параметрами:

та прямим падінням напруги

Вибір прохідного конденсатора

Ємність прохідного конденсатора визначається з умови, що пульсації напруги на конденсаторі не можуть перевищувати мінімальну вхідну напругу:

де

– ємність прохідного конденсатора.

Обрано керамічний конденсатор

з ємністю 10 мкФ, для якого

Розраховані пульсації на конденсаторі задовольняють умову

тому обрана ємність підходить для даного перетворювача.

Також конденсатор повинен витримувати середньоквадратичний струм, значення якого розраховується за формулою:

Вибір вихідного конденсатора.

Вихідний конденсатор обирається залежно від рівня пульсацій та від струму, який протікає через нього:

Задаємо розмах пульсацій від піку до піку в 1% від вихідної напруги в

Тоді ємність конденсатора буде вираховуватись за формулою:

Для даної схеми обрано електролітичний конденсатор серії RD компанії SAMWHA номіналом

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK

2.1 Відомості про використане програмне середовище

Програма *Simulink* є доповненням до пакету *MATLAB*. Моделювання в даному середовищі відбувається за принципом візуального програмування, відповідно до якого, користувач на екрані з бібліотеки стандартних блоків створює модель пристрою і виконує розрахунки. Даний принцип моделювання дозволяє користувачу спростити застосування середовища не заглиблюючись у досконале вивчення мови програмування. Для користування даною програмою цілком достатньо знань, які необхідні при роботі з комп'ютером та знань предметної області, задачі якої будуть вирішуватись шляхом моделювання [8].

Інтерфейс *Simulink* (рис. 3.1) зручний в користуванні, він складається з основного поля, де розміщуються елементи моделі. Ворі знаходяться клавіші, за допомогою яких створюється нова модель, зберігається побудована, відкривається бібліотека елементів, а також задаються параметри моделювання такі як час, крок моделювання, метод вирішення диференційних рівнянь тощо.

Рис. 3.1. Основний інтерфейс середовища *Simulink*

Для вирішення задач з моделювання електротехнічних пристроїв в середовищі присутня окрема бібліотека елементів *Power System Blockset*, яка була використана при моделюванні перетворювача в даному проекті. Також в ході моделювання програма дозволяє спостерігати за процесами, які відбуваються в системі за допомогою спеціальних пристроїв з бібліотеки *Simulink* [8].

2.2 Моделювання перетворювача

На рис. 3.2 показано модель перетворювача, який може керуватися за допомогою генератора прямокутних імпульсів, системи зі зворотним зв'язком та системи керування вертикального типу.

Рис. 3.2. Змодельована схема SEPIC перетворювача з трьома системами керування в середовищі *MATLAB Simulink*

Модель перетворювача (рис.3.2) містить наступні елементи:

- – джерело вхідної напруги;
- – індуктивності перетворювача;
- – прохідний конденсатор;
- – вихідний конденсатор;
- – MOSFET транзистор;
- – діод Шоттки;
- – опір навантаження;
- – ключі для переключення між системами керування;
- генератор прямокутних імпульсів;
- система керування зі зворотним зв'язком за напругою;
- система керування вертикального типу;
- Current – блок для вимірювання струму навантаження;
- Voltage – блок для вимірювання напруги навантаження;
- Scope – осцилограф.

Для моделювання перетворювача його елементам (рис. 3.3, 3.4) задано параметри, розраховані в розділі 2.

Рис. 3.3. Параметри елементів моделі SEPIC перетворювача

Рис. 3.4. Параметри елементів моделі SEPIC перетворювача

Параметри джерела вхідної напруги змінюються відповідно до завдання в межах:

Осцилограми вихідної напруги перетворювача, отримані в результаті моделювання з керуванням від генератора прямокутних імпульсів, показано на рис 3.5.

Значення коефіцієнта заповнення імпульсів та вхідної напруги задані відповідно до розрахунків:

Рис. 3.5. Осцилограми вихідної напруги та пульсації при:

Осцилограми (рис.3.5) показують, що розрахунки були проведені вірно оскільки вихідна напруга тримається на рівні 12В, а пульсації не перевищують 120мВ.

2.2.1 Система керування зі зворотним зв'язком

Модель системи керування (рис 3.6) побудована на основі ПІ контролера, тобто контролера, який працює за пропорційно-інтегральним законом:

- де
- пропорційний коефіцієнт,
 - інтегральний коефіцієнт,
 - вихідна функція.

Рис. 3.6. Модель системи керування зі зворотним зв'язком

Дана модель містить наступні елементи:

- Завдання – константа, яка визначає рівень напруги на виході перетворювача;
- Integrator – інтегратор;
-
- – коефіцієнти підсилення;
- Add – суматор;
- Repeating Sequence – генератор пилкоподібної напруги;
- Relational Operator – оператор порівняння.

Параметри елементів моделі керування вказані на рис. 3.7 та рис.3.8.

Рис. 3.7. Параметри елементів моделі системи керування зі зворотним зв'язком

Рис. 3.8. Параметри елементів моделі системи керування зі зворотним зв'язком

Осцилограми вихідної напруги та пульсацій при максимальній та мінімальній вхідній напрузі наведені на рис. 3.9.

Рис. 3.9. Осцилограми вихідної напруги та пульсацій при

Аналіз осцилограм показує, що вихідна напруга при стабілізується на інтервалі часу в 0,02 с та не відхиляється від 12В протягом решти часу моделювання з пульсаціями від піку до піку не більшими за 120мВ. При

результати аналогічні, але напруга стабілізується на інтервалі в 0,015с.

Проаналізуємо чи здатна система керування підтримувати рівень вихідної напруги, при моментальній зміні вхідної напруги з мінімальної до максимальної і навпаки, в межах

На рис. 3.10 наведені осцилограми вихідної напруги перетворювача при моментальній зміні вхідної напруги в момент часу моделювання

Рис.3.10. Осцилограми напруги на виході перетворювача з моментальною зміною вхідної напруги: з

З осцилограм видно, що система керування досить швидко стабілізує напругу на рівні 12В, і витрачає на це час, не більше

, але стрибок напруги у випадку рис. 3.10.а сягає 1,5В, що перевищує норму в 0,6В. У випадку рис. 3.10.б провал напруги не такий значний, як стрибок у попередньому випадку, але він сягає 1,1В, що також більше 0,6В. Оскільки при моделюванні було застосовано моментальну зміну, яка на практиці неможлива, а система швидко стабілізується на рівні 12В, то дана система повністю виконує свою функцію і прилад, який буде живитись від перетворювача не отримає пошкодження у разі швидкої зміни вхідної напруги.

2.2.2 Система керування вертикального типу

Модель системи показана на рис. 3.11.

Рис. 3.11. Модель системи керування перетворювачем вертикального типу

Модель рис.3.11 містить наступні елементи:

- Constant – блок, який задає напругу керування;
- Repeating Sequence – генератор пилкоподібної напруги;
- Add – суматор;
- Relay – релейний елемент;
- Logical Operator – блок логічної операції «НІ»;
- Data Type Conversion – блок перетворення типу даних;
- S-R Flip-Flop – RS тригер.

Параметри елементів моделі системи керування вертикального типу вказані на рис 3.12, 3.13.

Рис. 3.12. Параметри елементів моделі системи керування вертикального типу

Рис. 3.13. Параметри елементів моделі системи керування вертикального типу

Параметри елемента Constant змінюються відповідно до зміни вхідної напруги. Осцилограми вихідної напруги та пульсацій перетворювача з використанням системи керування вертикального типу наведені на рис. 3.14.

Рис. 3.14. Осцилограми вихідної напруги та пульсацій при

Аналіз осцилограм рис.3.14 показує, що система керування швидко виводить рівень вихідної напруги на

, але пульсації при мінімальній вхідній напрузі сягають майже

, а при максимальній перевищують даний показник на

, що не є критичним для пристроїв, які можуть жити від даного

перетворювача, але при використанні даної системи керування варто збільшити ємність вихідного конденсатора на **Дослідження впливу пошкодження вихідного конденсатора на характеристики перетворювача**

Одна з поширених несправностей електронних пристроїв – це вихід з ладу конденсатора. До основних несправностей конденсаторів відносять такі як:

- пробій;
- обрив;
- зменшення ємності;
- збільшення еквівалентного послідовного опору.

Діагностувати вихід з ладу конденсатора у багатьох випадках можливо без застосування мультиметра, для цього достатньо оглянути корпус елемента.

Вихід з ладу конденсатора може супроводжуватись такими дефектами:

- здуття або пошкодження корпусу;
- протікання електроліту;
- потемнінням на платі приладу біля контактів конденсатора;
- потемніння на корпусі.

На рис. 3.15 показано пошкодження конденсаторів, які можна виявити візуально [9].

Рис. 3.15. Пошкодження конденсаторів

Якщо візуально виявити пошкодження неможливо, для діагностики конденсаторів використовують мультиметр рис. 3.16 [9].

Рис. 3.16. Діагностика конденсатора мультиметром

Щоб проаналізувати як пошкодження конденсатора впливає на вихідні характеристики перетворювача, було проведено ряд моделювань з різними системами керування перетворювачем, у кожному з яких, ємність вихідного конденсатора

зменшується з номінальної розрахованої ємності в

до мінімальної ємності, за якої система здатна працювати, а результати зведено до таблиць. Оскільки, чим вища вхідна напруга, тим більші пульсації на виході перетворювача, то моделювання проводилось при максимальному вхідному значенні напруги

з часом моделювання

3.3.1 Моделювання з керуванням від генератора прямокутних імпульсів

Ряд моделювань було проведено зі зменшенням ємності конденсатора з кроком

від розрахованої ємності до значення

та додатковим моделюванням при значенні ємності 5% від номінального значення. Результати наведені до табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Залежність пульсацій струму та напруги на виході перетворювача з керуванням від генератора прямокутних імпульсів від ємності конденсатора

При зменшенні ємності конденсатора до 40% від розрахованої, окрім збільшення пульсацій з'являється імпульс напруги (рис. 3.17) на початковій ділянці осцилограми перед її встановленням на рівні

. Дані по зміні величини імпульса наведені до табл. 3.2.

Рис. 3.17. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора (50% від номінального значення)

Таблиця 3.2

Імпульс напруги залежно від заряду конденсатора з керуванням перетворювача від генератора прямокутних імпульсів

Дані, отримані при моделюванні, показують, що рівень постійних пульсацій знаходиться в межах

від

при зниженні ємності конденсатора майже до

від розрахованої ємності

. Але при зниженні до

ємності, імпульс на початковій ділянці осцилограми досягає

, що перевищує допустиму норму

від номінальної напруги. При нульовому значенні ємності конденсатора на осцилограмі спостерігаються імпульси, значення яких сягають

, і система працює на всьому відрізку часу моделювання

(рис. 3.18).

Рис. 3.18. Пульсації напруги на навантажені перетворювача при значенні ємності вихідного конденсатора

За даними таблиць 3.1 та 3.2 побудовано графіки залежності від ємності конденсатора (рис. 3.19, рис. 3.20).

Рис.3.19. Залежність пульсацій вихідної напруги перетворювача від ємності вихідного конденсатора представленої у відсотках від розрахованої

Рис.3.20. Залежність імпульса вихідної напруги перетворювача від ємності вихідного конденсатора представлені у відсотках

З графіка (рис. 3.19) видно, що після зменшення ємності вихідного конденсатора до

від номінального значення, пульсації напруги збільшуються повільно, після подальшого зменшення ємності – починають стрімко зростати. У даній системі присутній недолік у вигляді імпульса напруги, який перевищує допустиме значення при ємності конденсатора від номінальної.

3.3.2 Моделювання з системою керування зі зворотнім зв'язком

Ряд моделювань проведено аналогічно попередньому пункту, а результати занесені до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Залежність пульсацій струму та напруги на виході перетворювача з системою керування зі зворотнім зв'язком від ємності конденсатора

Отримані результати показують, що при зменшенні ємності конденсатора на пульсації напруги починають перевищувати допустимі в

від

, що становить

(рис. 3.21), але при подальшому зменшенні ємності не виникає імпульс, який присутній при керуванні від генератора прямокутних імпульсів (рис. 3.22).

Рис. 3.21. Осцилограма пульсацій вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

Рис. 3.22. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

При нульовому значенні ємності вихідного конденсатора, пульсації напруги сягають

, і система працює на відрізок часу

після чого відключається (рис. 3.23).

Рис. 3.22. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

Мінімальна ємність конденсатора, за якої система працює на повному відрізок часу моделювання і намагається залишити вихідну напругу на рівні становить

(рис. 3.23), але пульсації за даної ємності становлять

Рис.3.23. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

За даними табл. 3.3 побудовано графік залежності від ємності конденсатора (рис. 3.24).

З графіка (рис. 3.24) можна зробити аналогічний висновок, як і для попередньої системи керування, що зменшення ємності до

від номінальної призводить до незначного збільшення пульсацій вихідної напруги, а подальше зменшення веде до різкого збільшення пульсацій. Але дана система керування позбавлена недоліку у вигляді імпульсів напруги, що дає значні переваги над іншими.

Рис.3.24. Залежність пульсацій вихідної напруги перетворювача від ємності вихідного конденсатора представленої у відсотках від розрахованої

3.3.3 Моделювання з системою вертикального типу

Ряд моделювань проводився аналогічно попереднім пунктам, а результати занесені до табл. 3.4.

Для даної системи керування зменшення ємності конденсатора до від номінальної призводить до виникнення поодиноких імпульсів напруги, які сягають значення (рис. 3.25).

Мінімальна ємність вихідного конденсатора, за якої система працює на повному відрізку часу моделювання, становить

. За даної ємності система намагається встановити рівень вихідної напруги на рівні

, але пульсації на відрізку часу моделювання становлять

, після чого збільшуються до (рис. 3.26).

Таблиця 3.4

Залежність пульсацій струму та напруги на виході перетворювача з керуванням від генератора прямокутних імпульсів від ємності

Рис. 3.25. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

Рис. 3.26. Осцилограма вихідної напруги перетворювача при ємності вихідного конденсатора

При нульовому значенні ємності вихідного конденсатора в моделюванні виникає помилка, через яку система перестає працювати (рис.3.27).

Рис. 3.27. Помилка в моделюванні при ємності вихідного конденсатора перетворювача
За даними табл. 3.3 побудовано графік залежності від ємності конденсатора (рис. 3.28).

Рис. 3.28. Залежність пульсацій вихідної напруги перетворювача від ємності вихідного конденсатора представленої у відсотках від розрахованої

Аналіз графіка (рис. 3.28) дозволяє зробити аналогічні висновки, як і для попередніх систем керування перетворювачем. Але при даній системі керування рівень пульсацій перевищує допустимі в вже при номінальному значенні ємності вихідного конденсатора, тому при її використанні необхідно застосовувати конденсатори, ємність яких більша від розрахованої на відсотків 20 – 30. А також система керування вертикального типу не позбавлена недоліку у вигляді імпульсів вихідної напруги.

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було досліджено принцип роботи DC-DC перетворювача за топологією SEPIC. Досліджено різні системи керування імпульсними перетворювачами, та вплив пошкодження вихідного конденсатора перетворювача SEPIC на напругу навантаження при використанні цих систем.

Для дослідження було збудовано моделі перетворювача та систем керування з можливістю переключення між ними в програмному забезпеченні MATLAB Simulink.

Отримані дані показують, що при пошкодженні конденсатора, яке веде до зменшення його ємності, пульсації напруги навантаження змінюються нерівномірно.

При зменшенні ємності до 40% від номінального значення, пульсації напруги зростають з незначною різницею від пульсації при повністю справному конденсаторі.

Після зниження ємності до значень нижче 40% від номінального значення, пульсації починають значно зростати і їх вплив на пристрій, який живиться від перетворювача, призведе до його некоректної роботи.

Рекомендовано використовувати системи керування зі зворотним зв'язком, оскільки такі системи позбавлені недоліку у вигляді одиночних імпульсів напруги на навантаженні при пошкодженні конденсатора, які присутні при застосуванні генератора прямокутних імпульсів та системи керування вертикального типу, а пульсації напруги тримаються в заданих нормах до моменту зменшення ємності на 50% від номінальної, що задовольняє умову максимально допустимого відхилення ємності конденсатора в

SUMMARY

This project contains 3 theoretical drawings, 56 pages of explanatory note, 42 illustrations, 4 tables, 1 appendix. Some times, the different functional units of electronic device require a voltage that differs in level from the supply voltage of the device, and a new power supply is impractical or impossible to buy for economic or other reasons. In such cases, DC-DC (direct current) converters are used. Depending on the tasks, converters are divided into three main types: boost converter, buck converter and buck-boost (universal) converter. The names of the first two types of converters define the nature of their work, and the last type of converter can both increase and decrease the input voltage, but the output voltage is inverted. Topology SEPIC (single ended primary inductance converter) is the topology of DC-DC converter, which allows to obtain non-inverted output voltage, increases and decreases the input voltage. SEPIC was studied in this project with different control systems and for different changes of output capacitor.

The scheme has the following parameters:

- input voltage –
- output voltage –
- output current –
- transistor switching frequency -

The aim of the project is analysis the depending on output voltage of capacitance. For this purpose, the model of SEPIC was created in MATLAB Simulink.

The principle of construction and operation of dc-dc converter according to SEPIC topology

The scheme of the converter is presented in Fig.1.

Figure 1. SEPIC converter

There are two inductors in this converter, and these coils can be wound on the same core, as the same voltage is applied to them during the switching cycle. Such solution saves board size and reduces the cost of the converter. The capacitor $C1$ isolates the input of the circuit from the output and provides protection against short circuits. VT – power switch, which is a transistor. VD – diode, which provides current flow in the load with the power switch closed. $C2$ - capacitor for smoothing voltage ripples on the load.

When the power switch VT is closed, the input inductance $L1$ charges from the voltage source, and the inductance $L2$ charges from the capacitor $C1$. The output capacitor $C2$ discharges and provides the flow of load current. At this time, the energy from the power supply is not supplied to the load.

When the switch is open, the inductance $L1$ charges the capacitor $C1$ and also maintains the current in the load. The inductance $L2$ at this time is also connected to the load.

Regulation by the converter is carried out by means of Pulse-width modulation (PWM). PWM – regulation, in which the duration (width) of the pulses changes, but the period of their repetition remains constant

Currently, it's the most widely used regulation in power valve converters. Since the switching frequency of the power valves does not change, the spectrum of output voltage pulsing has known components, which greatly simplifies the task of dampening the ripple.

DC voltage converter control, the generalized structure of the control unit is shown in Fig. 2, is performed by applying a reference signal and a control signal to the pulse modulator (PM), after which the PM generates impulses that are fed to the shaper-distributor (SD).

Fig. 2. Generalized structure of the control unit of the DC voltage converter

Distributor separates the control impulses if there are two or more controlled elements in the circuit and sends these signals to the power valve block (PVB).

Calculation of scheme elements

In the following point, the following parameters are calculated from the original data of the converter:

Pulse duty factor:

Inductance $L1$ and $L2$:

Capacitance of capacitors $C1$ and $C2$:

The MOSFET transistor IRLML6244TRPBF and the Schottky diode 60SRT045 are selected.

Simulation of the converter and control system in the matlab simulink environment

MATLAB Simulink was used to build a converter model (Fig. 3) with different control systems.

Fig. 3. The simulated scheme of the SEPIC converter with three control systems in the MATLAB Simulink environment

With the help of the created model we investigated the influence of output capacitor damage of the converter on the output voltage when using control systems of vertical type, with feed-back and control from the generator of

rectangular pulses is. For this purpose, a number of simulations were performed in which the capacitance of the output capacitor decreased with a fixed step and oscillograms of voltage and load current were taken.

The simulation results are summarized in tables and graphs of the level of output voltage ripple dependence on the capacitor capacitance allow us to draw the following conclusions that when the capacitor capacitance is reduced to 40% of the nominal value, the output voltage ripple increases slowly and for the model with reverse control and controlled by the pulsation pulse generator are kept within the norm of $120mV$. The model with a vertical type control system gives the results of voltage ripples that exceed the norm even at the nominal value of the capacitor capacitance, but the tendency to increase the ripple remains the same. After the capacitance becomes below 40%, the ripples increase rapidly and the tendency remains. The larger the capacitance, the faster the ripple increases for all control systems.

Deviation of capacity by 20% will not lead to disruptions in work of a device which is fed from the converter, but the further decrease increases pulsations that leads to incorrect operation of the device, in most cases without having bad effect on it. In this case, it is recommended to inspect the device, because damage of the capacitor is often accompanied by external defects, which are easy to detect. Ignoring this problem will lead to an even greater reduction in capacity, which can cause significant damage to the device.

Keywords: SEPIC, Control system, MATLAB SIMULINK, Simulation, Capacitor damage.

Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету 12

1 <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%...> 2.81%

2 http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/10297/1/9_2017_Foshch.pdf 8 Джерело 0.3%

4 <https://www.BiblioFond.ru/view.aspx?id=788112> 2 Джерело 0.15%

5 http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/18457/1/Boliukh_Osnovy_elektrotehniky_2011.pdf 0.15%

Схожість по Бібліотеці акаунту 11

3 Студентська робота ID файлу: 2020659 Institution: Lviv Polytechnic National University 11 Джерело 0.3%

Цитати

Цитати

1

- 1 Simulation of the converter and control system in the matlab simulink environment MATLAB Simulink was used to build a converter model (Fig. 3) with different control systems.