

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1004063766

Дата перевірки:
16.06.2020 03:14:11 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
16.06.2020 03:22:19 EEST

ID користувача:
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD_Dolhoplov_Peretvoryuvach_fch

ID файлу: 1004076727 Кількість сторінок: 14 Кількість слів: 4316 Кількість символів: 32207 Розмір файлу: 69.80 KB

18% Схожість

Найбільша схожість: 12.8% з джерело бібліотеки. ID файлу: 1000078335

14.9% Схожість з Інтернет джерелами 4 Page 16

17.1% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 10 Page 16

0.93% Цитат

Цитати 2 Page 17

Вилучення переліку посилань вимкнено

0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

Підміна символів

Заміна символів 33

Долгополову Владиславу Сергійовичу

Паралельна робота перетворювачів

АНОТАЦІЯ

У ході виконання роботи за допомогою моделювання в програмному середовищі Simulink було проведено порівняння роботи різної кількості паралельних перетворювачів на спільне навантаження. Детально досліджено роботу та характеристики сонячних елементів. Розраховано параметри та проаналізовано режими роботи. Даний проект має високу ступінь актуальності, так як в наш час все частіше виникає потреба в екологічних чистих установках, призначених для різних потреб людства та потребу сонячної енергетики в паралельній роботі.

Ключові слова: Smart grid, паралельна робота, сонячна енергія.

ANNOTATION

In the course of performing the work with the help software environment simulation in the Simulink, a comparison of the operation of different numbers of parallel converters on the total load was performed. The work and characteristics of solar cells are studied in detail. Parameters are calculated and operating modes are analyzed. This project has a high degree of relevance, as nowadays there is an increasing need for environmentally installations designed for different needs of mankind and the need solar energy in parallel operation.

Keywords: Smart grid, parallel operation, solar energy.

ВСТУП

В наш час системи Smart Grid стають все більш актуальними. Більшість досліджень відкривають все більше можливостей для інтегрування розумних ідей до споживання потужності сонця та вітру і отримування від них найбільшої користі. З появою екологічних норм та через збільшення витрат на паливо відновлювальні джерела можуть викликати зацікавленість у багатьох людей.

Для збільшення потужності в навантаженні при роботі сонячних панелей які ніколи не працюють однаково через погодні умови та інші фактори доцільно використовувати паралельну роботу перетворювачів. Тому паралельна робота перетворювачів стала темою цієї роботи.

РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИПИ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У SMART GRID

1.1. Система SMART GRID

Технології SMART GRID можна визначити як самодостатні системи для вирішення багатьох проблем в інфраструктурі постачання електроенергії, що зменшують робочу силу та орієнтуються на стійку, надійну, безпечну та якісну електроенергію для всіх споживачів. У цьому відношенні різні перспективи застосування технологій можна побачити з точки зору дослідників та інвесторів. На рис.1.1 зображене візуальне представлення концепції Smart Grid.

Рис.1.1 Концепція системи Smart Grid

Іншими словами розумні мережі Smart Grid в електроенергетиці повинні відповідати критеріям гнучкості, доступності, надійності і економічності. Крім цього концепція Smart Grid містить ще один важливий аспект - каталізацію економічного підйому. Розгортання подібних проектів сприяє розвитку інноваційних технологій, стимулює виробництво високоінтелектуальної продукції, розширює можливості використання електричної тяги в транспортній інфраструктурі. Споживачі стають активними учасниками ринку, оскільки отримують можливість продавати електроенергію, вироблену на локальних генеруючих джерелах. Людство вступає в нову фазу гармонійної взаємодії з навколишнім середовищем. Створюються передумови для загального економічного підйому і поліпшення якості життя. [19].

Можливо виділити такі характеристики розумних мереж:

- оптимізація для оптимального використання ресурсів та обладнання;
- екологічно чисті;
- адаптивні та масштабовані;
- самостійне відновлення після збоїв; надійний і безпечний;

В Україні Smart Grid в даний час демонструється в якості інтелектуально активно-адаптивної мережі, яку можливо описати наступними визнаннями:

- система збору та обробки даних, а також засоби управління діючими елементами мережі та електроустановками користувачів;
- засоби автоматичної оцінки поточної ситуації та побудова прогнозованих систем роботи;
- високоефективна швидкість управління керованою системою та інформаційним обміном.

Проблеми SMART GRID

В даний час перехід від класичних електромереж до цифрових викликаний низкою факторів. Важливим питанням є глобальна зміна клімату. Крім того, зростання вартості палива та ефективність використання поновлюваних енергетичних ресурсів сприяють розвитку інтелектуальних мереж. У всьому світі для зняття даних мережі широко використовують цифрові, комп'ютерні та комунікаційні технології і з кожним роком все більше їх модернізують для більш економічного споживання енергії. Однак в мережах майбутнього статичні споживачі небажані, вони повинні бути активними, і, отже, подача енергії повинна динамічно перемикатися між користувачами і локальними поновлюваними джерелами енергії. [3].

У системах Smart Grid існує безліч проблем, основними з яких є проблеми інформаційної безпеки, проблеми впровадження та проблеми автоматичного управління. Завданням систем автоматизації в системах Smart Grid є підтримка стійкості системи при взаємозв'язку різних поновлюваних джерел енергії, а також управління даними джерелами таким чином, щоб задовольнити запити споживачів. Залучення побутових споживачів дозволить

управляти попитом, щоб знизити пікову навантаженість, тим самим знижуючи необхідну потужність і вартість, а також підвищити ефективність. [15].

Слід зазначити, що потужність, що генерується (ВЕС), (СЕС) і іншими альтернативними джерелами енергії, не є постійною величиною і залежить від природних умов - наявності вітру, активності сонячного випромінювання. У цьому випадку така нестабільність генерації поновлюваними джерелами енергії вносить свої негативні корективи в стійку роботу енергосистеми. Класичний принцип організації управління електроенергетичними системами не підходить для електроенергетичних систем з великою часткою поновлюваних джерел енергії.

Підводячи підсумок, можливо виділити такі проблеми:

- робота поновлюваних джерел енергії (вітер і сонце) обумовлена швидше погодними і кліматичними умовами, ніж потребами користувачів, що робить управління і розподіл електроенергії ще більш складним. Як наслідок, порушується стабільність мереж в частині напруги і частоти;
- проблеми виникають і у теплових електростанцій, які повинні працювати з максимально повним навантаженням. Проте, з огляду на зміни попиту і вироблення електроенергії від сонця і вітру, станції повинні регулювати виробництво енергії досить часто.

Оскільки Smart grid є системою з відновлюваними джерелами енергії, зокрема сонячними панелями, необхідно проаналізувати особливості їх роботи.

1.2. Особливості роботи сонячних панелей

Сонячна батарея - це структура, яка перетворює енергію сонячного випромінювання за допомогою фотоелектричного ефекту в електричну енергію. Це нероздільний модуль, що складається з декількох сонячних батарей. Перші сонячні батареї (фотоелектричні перетворювачі) були створені майже через 50 років після відкриття Беккерелем фотоелектричного ефекту. У 1883 році Чарльз Фрітц запропонував структуру селену (Se), покритого тонким шаром золота (Au). І хоча ефективність була надзвичайно низької, вважається, що саме це і започаткувало початок сонячної енергії. Проте до створення перших СЕ, які є зараз, було проведено багато досліджень та було зроблено багато відкриттів. Після розробки методом вирощування монокристалічного кремнію (Si) Чохральського в 1918 році погляд людства швидко вкинувся в бік цього матеріалу. І коли було встановлено, що кремній, легований необхідними добавками, набагато чутливіший до світла, ніж селен, у 1954 р. Фізики Дж. Пірсон, Д. Чапін та К. Фуллер запропонували першу сонячну батарею на основі кремнію з ефективністю майже 5% . Саме ці структури монокристалічних кремнієвих сонячних модулів вважаються сонячними елементами першого покоління. Таким чином, перше покоління по суті представляють звичайні напівпровідникові діоди з тією лише різницею, що вони повинні мати велику площу поверхні. Основою є монокристалічна

кремнієва пластинка р-типу, тобто з діропровідністю. Для цього кремній може бути легований елементами III групи періодичної системи хімічних елементів, наприклад, бором. [25].

На пластині напівпровідникового шару n створюється високотемпературна дифузія. Для цього використовується домішка V групи періодичної таблиці. В основному беруть фосфор. Залишилися застосувати металеві контакти до утвореного рп-переходу. Тут слід мати на увазі той факт, що сонячне світло повинно безпосередньо потрапляти в напівпровідник. Тому з освітленої сторони контакт наноситься тонкими смужками, утворюючи сітку з струмопровідними шинами.

Принцип роботи

Сама сонячна панель складається з з'єднаних між собою фотоелементів, буває рамочною і безрамною. Рами виробляють із алюмінію. В основі модулів, розташованих на металічній основі, лежать два види силіцію, відмінних між собою фізичними властивостями. На цих пластинах розміщуються металічні ребра жорсткості, зверху - прозоре скло.

Проте крім однієї панелі потрібні і додаткові елементи. Акумулятор, що накопичує перетворену фотоелементами енергію. Акб необхідна для забезпечення постійного електропостачання об'єкта навіть у похмуру погоду і холодну пору року. Контролер заряду, що розподіляє потоки електричної енергії, підтримує стабільну напругу на виході. Інвертор-перетворювач - перетворює постійний струм, що отримувався від установки, в змінний. Стабілізатор напруги - підтримує оптимальні показники напруги в системі. Щоб сонячні панелі працювали стабільно і на максимумі можливостей, компоненти системи повинні бути підібрані правильно, відповідати характеристикам один одного. При попаданні променів сонця на N шар електрони залишають атоми і переміщуються в P шар, де для них є вільні місця. Таким чином забезпечується рух електронів по замкнутому колу, сформованому фотоелементами і акумулятором. Поки йде цей процес, АКБ набирає заряд. [20].

З'єднання сонячних панелей

При підключенні між собою сонячних елементів виникає питання як саме потрібно їх підключити та як вони будуть відрізнятися. Існує 3 види підключення:

- послідовне;
- паралельне;
- паралельно-послідовне.

Розглянемо основні характеристики сонячних панелей:

- Номінальна напруга сонячної батареї - як правило 12В або 24В;
- Напруга при пікової потужності V_{mp} - напруга при якій панель видає максимальну потужність;
- Напруга холостого ходу V_{xx} - напруга в відсутності навантаження
- Струм I_{mp} - струм при максимальній потужності панелі

- Струм $I_{кз}$ - струм короткого замикання, максимально можливий струм панелі.

Наведемо приклад паралельно-послідовного підключення з сонячним елементом SV60-235 з характеристиками (рис. 1.2):

Максимальна потужність 235Вт,
Напруга в точці максимальної потужності 29.9В,
Струм в точці максимальної потужності 7.85А,
Напруга холостого ходу 37.2В,
Струм короткого замикання 8.4А.

Застосовуючи послідовно паралельну схему з'єднання панелей, ми можемо регулювати напругу і струм на виході з системи кількох панелей, що дозволить підібрати найбільш оптимальний режим роботи всієї сонячної електростанції. У разі такого підключення з'єднані послідовно ланцюжки панелей об'єднують паралельно.

Рис.1.2 Технічні дані сонячного модуля SV60-235

При послідовному з'єднанні декількох панелей, напруга всіх панелей буде складатися. Струм ланцюга буде дорівнювати току панелі з мінімальним струмом. З цієї причини не рекомендується з'єднувати послідовно панелі з різними значеннями струму максимальної потужності, оскільки працювати вони будуть не в повну силу. При паралельному з'єднанні ланцюгів напруга на виході буде рівна між собою і дорівнювати напрузі на виході з системи панелей. Струм від всіх панелей буде складатися.

Поєднавши по 2 панелі послідовно і потім з'єднавши ланцюжки панелей паралельно ми отримаємо таке з'єднання(рис.1.3.)

Проте довгі ланцюги комірок можуть принести із собою багато ускладнень. Проблеми виникають, коли навіть одна комірка в масиві затемнена хмарою частично або повністю. Через струму згенерованого в затіненій клітині, можливе падіння на 20% в усіх інших. [12].

Рис 1.3. Паралельно-послідовне з'єднання сонячних панелей

Обхідні діоди, як правило, розміщені паралельно навколо кожної 18 комірки (половині панелі), обмежуючи значення зворотньої напруги.

Струм точки максимальної потужності може бути постійно незбалансованими з інших причин. Сонячні модулі в рядку ніколи не бувають точно однакові.

Оскільки фотомодулі в рядковій послідовності обмежені проводити один і той же струм, найменш ефективний модуль встановлює його.

Загальна ефективність масиву зводиться до ефективності цього модуль. З подібних причин сонячні панелі повинні бути в рядку з однаковою напрямом та мати однаковий розмір. Це не завжди можливо або бажано через архітектурні причини. Приклад сонячних панелей з вигнутою поверхнею показано на (рис. 1.4) [11].

Рис.1.4 Приклад сонячних панелей з вигнутою поверхнею

Саме через такі проблеми потрібно розуміти як забезпечувати ефективність роботи при всіх режимах та недоліках системи.

1.3. Забезпечення ефективної роботи сонячних панелей

Ефективність сонячної панелі залежить від багатьох факторів так як мають не високий ККД: Вибору сонячного модуля, схеми перетворювача, відстеження точки максимальної потужності. Також для максимального відбору панелі мають бути завжди під прямим кутом до сонячних променів тобто мати певний елемент повороту в своїй конструкції та певний кут до сонця залежно від пори року та місцевої широти.

Відстеження точки максимальної потужності

Точка максимальної потужності дорівнює максимальному добутку струму до напруги на виході джерела

ВТМП спосіб отримання ТМП на виході фотомодулів аналізуючи цифровими пристроями ВАХ джерела. Принцип роботи ВТМП (рис1.5.) полягає в безперервному вимірі вихідних характеристик джерела і зміні струму, переданого в навантаження, що зазвичай служить вхід інвертора, для отримання максимальної потужності при зміні навантажувальних характеристик джерела енергії.

Рис1.5. Відстеження максимальної точки

Коли параметри МРРТ правильно відкалібровані, результати моделювання вказують на зміщення напруги. Резистивний контроль є найефективнішим для максимізації потужності модулів при незбалансованому освітленні.

Вибір сонячного модуля

Напруга при ТМП сонячних модулів впливає на діапазон напруги зарядки акумулятора та енергоефективність системи. При номінальному сонячному світлі при достатньо високій вхідній потужності акумулятор заряджається поблизу номінальної потужності. Коли напруга панелі при ТМП близька до напруги шини постійного струму, втрати потужності в перетворювачах малі. Однак коли є часткове затінення або низьке опромінення напруга шини постійного струму повинна бути нижче, щоб зарядити акумулятор. У цьому випадку напруга шини постійного струму повинна все ж бути вище, ніж напруга ТМП панелі для максимального отримання потужності. Якщо напруга в шині постійного струму нижче напруги ТМП, модуль все одно виробляє живлення, але не на максимальну точку. У деяких випадках загальна потужність, що виробляється, може бути занадто низькою, щоб зарядити акумулятор.

Схема перетворювача

Для перетворення високої напруги в більш низьку застосовують понижуючий перетворювач напруги (рис.1.6).

Рис1.6 Схема понижуючого перетворювача напруги

Ключовий елемент VT здійснює високочастотну комутацію струму, VD є розрядним для цього перетворювача (Цей діод пропускає струм дроселя L в ті

інтервали часу, коли транзистор VT закритий), дросель L та конденсатор C створюють вихідний LC-фільтр, схема управління СУ, для здійснення стабілізації за струмом та напругою, R_n опорне навантаження. У ключового елемента два стани - повної провідності і відсічення [14].

Якщо стани змінюються один одним з однакою періодичністю, яка дорівнює T, то, позначивши час знаходження ключа в відкритому стані - як час провідності (t_{on}), а час перебування ключа в закритому стані - як час паузи (t_{off}), можна ввести поняття коефіцієнта заповнення (duty cycle), рівний:

Фаза накачування енергії протікає протягом часу t_{on} , коли ключовий елемент VT відкритий, тобто проводить струм. Цей струм далі проходить через дросель L до навантаження, шунтуватися конденсатором C. Накопичення енергії відбувається як в дроселі, так і в конденсаторі.

Струм IL збільшується. Після того, як ключовий елемент VT переходить в стан відсічення, настає фаза розряду, що триває час t_{off} . Оскільки будь який індуктивний елемент прагне перешкодити зміни напрямку і величини струму, що протікає через його обмотку, в даному випадку струм дроселя IL миттєво зменшитися до нуля не може, і він замикається через розрядний діод VD [1].

Джерело живлення в фазі розряду відключений, і дроселя нізвідки поповнювати спад енергії, тому розряд відбувається по ланцюгу "діод навантаження".

Після закінчення часу T процес повторюється - знову настає фаза накачування енергії.

Система керування зі стабілізацією вихідної напруги та рівномірним розподілом струму

Кожен перетворювач має власну систему керування. Система керування має зворотній зв'язок по напрузі і струму (рис.1.7).

Рис.1.7 Схема перетворювача з системою керування

Схема містить наступні елементи:

E – джерело напруги; $R_{вн}$ – еквівалентний опір джерела напруги; VT – IGBT транзистор, що працює в ключовому режимі; VD – діод; L – індуктивність; R_e – еквівалентний опір перетворювача (опір відкритого стану транзистора, опір шини, тощо); Cf – конденсатор фільтру; R_n – активне навантаження; DC – датчик струму; ДН – датчик напруги; СК – Система керування ШІП перетворювача.

Принцип роботи системи керування

Структурна схема системи керування перетворювачем показана на рис.1.8. Сигнал зворотнього зв'язку по напрузі ($U_{зз}$) віднімається від опорного сигналу ($U_{оп}$ – задана напруга на навантаженні). Утворюється сигнал помилки по напрузі (dU), який множиться на коефіцієнт підсилення K_1 , який має розмірність провідності [См]. В результаті множення утворюється задаючий сигнал струму $I_{зад}$.

Рис.1.8 Структурна схема системи керування

Сигнал зворотнього зв'язку по струму (I_{zz}) віднімається від опорного сигналу ($I_{зад}$). В результаті віднімання утворюється сигнал помилки який підсилюється та подається на компаратор [10].

Компаратор порівнює сигнал з генератора пилоподібної напруги з підсилюваним сигналом помилки. На виході компаратора утворюються імпульси керування ключем силової частини перетворювача.

Система керування складається з наступних блоків: $U_{оп}$ – задана напруга на виході перетворювача; U_{zz} – зворотній зв'язок по напрузі; ΔU – сигнал помилки по напрузі; K_1 [См] – коефіцієнт підсилення; I_{zz} – зворотній зв'язок по струму; ΔI – сигнал помилки по струму; K_2 – коефіцієнт підсилення; ГПН – генератор пилоподібної напруги; Комп – компаратор.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Задані параметри для розрахунку елементів перетворювача:

Вхідна напруга
Вхідний струм
Вихідна напруга
Напруга холостого ходу
Частота

Також слід пам'ятати про скін ефект-проникнення електромагнітного поля в провідник на більш високих частотах. Протікання струму негативно впливає на великих частотах на опір провідника проте так як 50кГц звичайна частота для більшості приладів ми знехтуємо цим ефектом.

Внутрішній опір одної панелі
Внутрішній опір
Максимальний внутрішній опір
Напруга навантаження
Опір навантаження
Струм навантаження
Відносна тривалість відкритого стану транзистора
Граничне значення індуктивності, яке забезпечує режим неперервного

струму

де
За умови, що
, оберемо
Ємність конденсатора вихідного фільтру:
Оберемо танталовий конденсатор К8-68 8.7мФ $\pm 20\%$.
Зворотня напруга прикладена до діода
Оберемо кремнієвий діод – 1N5408, який має наступні характеристики:

Максимальна постійна зворотня напруга 1000В; Максимальний прямий струм 20 А.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

3.1. Система “сонячна панель-перетворювач”

Дослідження процесів у широтно-імпульсних перетворювачах, що мають систему керування зі зворотнім зв'язком по напрузі та струму, проведено в програмному середовищі Matlab R2019a Simulink який реалізує імітаційне моделювання динамічних систем з використанням графічних блоків із заданими параметрами. Схема моделі наведена на рис.3.1.

Рис.3.1.Схема моделі системи “Сонячна панель-перетворювач”

Схема містить наступні елементи:

- Solar – джерело напруги; Control System – Система керування ШПП перетворювача.; VT – IGBT транзистор, що працює в ключовому режимі; VD – діод; R2 – еквівалентний опір перетворювача ;L – індуктивність; C1 – конденсатор фільтру; Rn – активне навантаження; I Load – датчик струму; V Load – датчик напруги;

В системі керування використана Широтно-імпульсна модуляція 2 роду. Початок пилкоподібної напруги синхронізовано з моментом включення перетворювача. Втрати в індуктивності враховуються опором R2. Модель системи керування наведено на рис.3.2.

Рис.3.2Схема моделі системи керування

Модель складається з:Блок опорної напруги $-(300)$; Voltage-напруга зворотнього зв'язку; Current-струм зворотнього зв'язку; G1, G2-Посилувач похибки; Sub1, Sub2-Схеми порівняння. На рис.3.3 наведено додатковий блок “Solar” імітаційна схема паралельно-послідовного підключення сонячних панелей.

3.3 Імітаційне схема паралельно-послідовного підключення сонячних панелей

Схема містить наступні елементи: R_{вн}1-60-Еквівалентний опір сонячної панелі(3.82 Ом); E1-60-Напруга сонячної панелі(30 В)

На рис 3.4 наведено сигнали системи керування та входження до робочого стану

Рис.3.4 Сигнали системи керування

Рис.3.5 Сигнали системи керування в робочому стані

Моделювання процесів схеми с заданими параметрами проведено та результати наведені на рис. 3.6 - 3.8.

Рис. 3.6 Часова залежність напруги та струму на навантаженні від часу

З отриманих результатів моделювання видно, що тривалість перехідного процесу 0.012с. Значення напруги після закінчення перехідного процесу дорівнює 292.4В, значення струму після закінчення перехідного процесу 6.829А.

Рис. 3.7 Струм I Load

Струм датчика ILoad включає в себе струм навантаження і струму що протікає скрізь конденсатор. Від 0 до 0.002ms струм різко зростає і починає падати доки напруга на навантаженні не стає рівною опорній в 0.012ms. В 0.014ms струм через конденсатор зупиняє свій рух. На рис. 3.8 показано часову залежність струму.

Рис. 3.8 Форма пульсацій струму

Діюче значення струму $I=6.83A$. Під час роботи одного перетворювача відсутні жодні пульсації.

Рис.3.9. Імітація режиму холостого ходу

Також потрібно розуміти як поведе себе схема при режимах холостого ходу та короткого замикання. Значення напруги при режимі холостого ходу дорівнює 303.7В що не є критичним для данної схеми

Рис.3.10 Імітація режиму короткого замкнення

Значення струму при режимі короткого замкнення дорівнює 27.55А, що не передбачено розрахунками данної схеми і надалі потребує системи безпеки від короткого замкнення проте так як це не є головною темою розглядатись буде пізніше.

3.2. Паралельна робота двох перетворювачів

Далі потрібно підключити два перетворювачі до спільного навантаження (рис.3.11), для перевірки рівномірного розподілу струму.

Рис.3.11 Схема Моделі роботи двох перетворювачів на спільне навантаження

Часові залежності струму, отримані в результаті моделювання двох однакових джерел напруги та перетворювачів

Рис.3.12 Струм I Load

При роботі двох перетворювачів струм розділяється порівну між двома перетворювачами.

При цьому опір навантаження розділяється пропорційно кількості перетворювачів для забезпечення відповідного значення потужності кожного перетворювача.

Діюче значення струму перетворювача $I=6.83A$.

Діюче значення струму на навантаженні $I_n=13.66A$.

Рис.3.13 Форми пульсацій струму

Так як в струмі помітні незначні пульсації було додатково досліджено схему з спільною пилкоподібною напругою для систем керування(рис.3.14). Проте жодних змін в режимі роботи не відбувається. З початку модуляції усі генератори пилкоподібною напруги синхронізовані один з одним на відміну від реального життя тому важливо розуміти, що вони не є генератором чих пульсації. Максимальне значення $I_{max}=6.845A$ Мінімальне значення $I_{min}=6.818A$

Рис.3.14 Схема Моделі роботи двох перетворювачів на спільне навантаження з спільною пилкоподібною напругою

Також було досліджено коливання при первісному навантаженні в 42.8 Ом(при двох перетворювачах застосовувалось навантаження в 21.4 Ом)

Рис.3.15 Струм I Load при навантаженні для одного перетворювача

Час збільшення напруги на навантаженні до опорної зменшився до 0.009ms відносно попереднього в 0.011ms. Струм через конденсатор зупиняє свій рух в 0.012ms.

Рис.3.16 Форма пульсацій струму при навантаженні для одного перетворювача

В робочому стані коливання залишаються проте діюче значення струму перетворювача зменшилось $I=3.453A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=6.9A$. Що зменшує потужність схеми вдвічі.

3.3. Нарощування кількості перетворювачів

При нарощуванні кількості перетворювачів елементи які в реальності зазвичай не змінюють було переміщено в додаткову систему (рис.3.17).

Схема містить наступні елементи:

Solar – джерело напруги; Control System – Система керування ШІП перетворювача.; VT – IGBT транзистор, що працює в ключовому режимі; VD – діод; RL1 – еквівалентний опір перетворювача та індуктивність; C1 – конденсатор фільтру; IloadR – датчик струму; port1-2 – підключення додаткового навантаження ззовні перетворювача; Ip – порт на навантаження; Voltage – Зворотня напруга для системи керування.

Рис.3.17 Додаткова схема системи з перетворювачем

3.3.1 Паралельна робота трьох перетворювачів

Далі потрібно підключити три перетворювачі до спільного навантаження (рис.3.18), для перевірки рівномірного розподілу струму. Було досліджено роботу системи при різних значеннях опорів R_n , проаналізовано струм та коливання в датчику I Load. Максимальне значення $I_{max}=6.843A$ Мінімальне значення $I_{min}=6.814A$.

Схема містить наступні елементи: Subsystem1-3 – додаткова система з перетворювачем; R1-3 – додатковий опір перетворювача; R_n – Опір навантаження; V Load – датчик напруги; Було досліджено роботу системи при різних значення опорів R_n

Рис.3.18 Паралельне з'єднання для трьох перетворювачів

Часові залежності струму, отримані в результаті моделювання трьох однакових джерел напруги та перетворювачів.

Рис.3.19 Струм I Load

При роботі трьох перетворювачів струм розділяється порівну між трьома перетворювачами. Діюче значення струму перетворювача $I=6.815A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=20.48A$.

Рис.3.20 Форми пульсацій струму

Графіки зображені на рис 3.20 демонструють що на одному з перетворювачів помітні незначні пульсації, проте два інших працюють рівномірно. Також було досліджено коливання при первісному навантаженні в 42.8 Ом (при трьох перетворювачах застосовувалось навантаження в .14.27 Ом)

Рис.3.21 Струм I Load при навантаженні для одного перетворювача

Час збільшення напруги на навантаженні до опорної зменшився до 0.009ms відносно попереднього в 0.0119ms, що вказує на те як опір навантаження впливає на тривалість перехідного процесу.

Рис.3.22 Форма пульсацій струму при навантаженні для одного перетворювача

В робочому стані коливання залишаються проте діюче значення струму перетворювача зменшилось до $I=2.3A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=6.9A$. Що зменшує потужність схеми втричі.

3.3.2 Паралельна робота п'яти перетворювачів

Схема з'єднання підключити п'ять перетворювачів до спільного навантаження (Рис.3.23), для перевірки рівномірного розподілу струму. Було досліджено роботу системи при різних значеннях опорів R_n , проаналізовано струм та коливання в датчику I Load. Максимальне значення $I_{max}=6.845A$. Мінімальне значення $I_{min}=6.819A$.

Схема містить наступні елементи: Subsystem1-5 – додаткова система з перетворювачем; R1-5 – додатковий опір перетворювача; R_n – Опір навантаження; V Load – датчик напруги;

Рис.3.23 Паралельне з'єднання для п'яти перетворювачів

Часові залежності струму, отримані в результаті моделювання п'яти однакових джерел напруги та перетворювачів.

Рис.3.24 Струм I Load

При роботі п'яти перетворювачів струм розділяється порівну між п'ятьма перетворювачами. Діюче значення струму перетворювача $I=6.837A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=34.15A$.

Рис.3.25 Форми пульсацій струму

Графіки зображені на Рис.3.25 демонструють що на одному з перетворювачів помітні незначні пульсації, проте чотири інших працюють рівномірно. Також було досліджено коливання при первісному навантаженні в 42.8 Ом(при п'яти перетворювачах застосовувалось навантаження в .856 Ом)

Рис.3.26 Струм I Load при навантаженні для одного перетворювача

Час збільшення напруги на навантаженні до опорної зменшився до 0.009ms відносно попереднього 0.0119ms, що співпадає з схемою паралельного підключення трьох перетворювачів.

Рис.3.27 Форма пульсацій струму при навантаженні для одного перетворювача

В робочому стані коливання залишаються та збільшилась кількість перетворювачів, що почали давати пульсації з одного до трьох.

Діюче значення струму перетворювача зменшилось до $I=1.36A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=6.9A$.

3.3.3 Паралельна робота десяти перетворювачів

Далі потрібно підключити десять перетворювачів до спільного навантаження (Рис.3.28), для перевірки рівномірного розподілу струму. Було досліджено роботу системи при різних значеннях опорів R_n , проаналізовано струм та коливання в датчику I Load. Максимальне значення $I_{max}=6.77A$. Мінімальне значення $I_{min}=6.73A$

Схема містить наступні елементи: Subsystem1-10 – додаткова система з перетворювачем; R1-10 – додатковий опір перетворювача; R_n – Опір навантаження; V Load – датчик напруги;

Рис.3.28 Паралельне з'єднання для десяти перетворювачів

Часові залежності струму, отримані в результаті моделювання десяти однакових джерел напруги та перетворювачів.

Рис.3.29 Струм I Load

При роботі десяти перетворювачів струм розділяється порівну між ними. Діюче значення струму перетворювача $I=6.742A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=68.31A$.

Рис.3.30 Форми пульсацій струму

Графіки зображені на Рис.3.30 демонструють що на двох з перетворювачів помітні незначні пульсації, проте усі інші працюють рівномірно. Також було досліджено колювання при первісному навантаженні в 42.8 Ом (при десяти перетворювачах застосовувалось навантаження в 4.28 Ом)

Рис.3.31 Струм I Load при навантаженні для одного перетворювача

Час збільшення напруги на навантаженні до опорної зменшився до $0.009ms$ відносно попереднього в $0.0115ms$, що вказує на те як опір навантаження впливає на тривалість перехідного процесу.

Рис.3.32 Форма пульсацій струму при навантаженні для одного перетворювача

В робочому стані колювання залишаються проте діюче значення струму перетворювача зменшилось до $I=2.3A$. Діюче значення струму на навантаженні $I_n=6.9A$. Що зменшує потужність схеми втричі.

Для 10 перетворювачів досліджено як впливає різниця між опорами сонячних панелей на пульсації змінюючи його на додатковому опорі R1-10 з кроком в $0,1\text{Ом}$ (від 2.1Ом до 3Ом) та $0,5\text{Ом}$ (від 2Ом до $6,5\text{Ом}$). Промодульовано схеми з опором навантаження $R=4.28\text{Ом}$ та LC контуром з резонансною частотою 50кГц для розуміння роботи при різних завадах які можуть зменшувати, або збільшувати опір сонячної панелі яка також зменшить потужність віддану на навантаження. Та дані зворотнього зв'язку, що при збільшенні опору не зможуть задати значення для фази роботи системи керування.

Рис.3.33 Форма пульсацій струму при різному опорі сонячних панелей від 2.1Ом до 3Ом

Графіки зображені на рис 3.33 демонструють що у всіх перетворювачів помітні колювання.

Рис.3.34 Форма пульсацій струму при різному опорі сонячних панелей від 2.0Ом до 6.5Ом

Максимальне значення $I_{\text{max}}=6.778A$. Мінімальне значення $I_{\text{min}}=6.732A$. Графіки зображені на рис 3.34 демонструють що у всіх перетворювачів помітні колювання та те, що перетворювачі на такій частоті їх пропускають. Максимальне значення $I_{\text{max}}=6.79A$ Мінімальне значення $I_{\text{min}}=6.729A$

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного проекту досліджено паралельну роботу перетворювачів в системі Smart Grid. Було розраховано та підібрано елементи перетворювача та системи керування.

Досліджено роботу схеми при різних значеннях опору навантаження та опору джерела. Система керування в результаті моделювання показала здатність забезпечувати роботу декількох перетворювачів на одне навантаження. Різниця між коливаннями струмів не перевищувала більше 3%. Система має надзвичайно великий потенціал для розробників. Відсутність шин між перетворювачами спрощує роботу та експлуатацію для сонячної енергетики.

Цитати

Цитати 2

1 3.3.2 Паралельна робота п'яти перетворювачів Схема з'єднання підключити п'ять перетворювачів до спільного навантаження (Рис.3.23), для перевірки рівномірного розподілу струму.

2 3.3.3 Паралельна робота десяти перетворювачів Далі потрібно підключити десять перетворювачів до спільного навантаження (Рис.3.28), для перевірки рівномірного розподілу струму.