

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1004063763

Дата перевірки:
16.06.2020 03:15:58 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
16.06.2020 03:25:17 EEST

ID користувача:
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD_Bilinets_Dvokanalna_systema_fch

ID файлу: 1004076731 Кількість сторінок: 27 Кількість слів: 9882 Кількість символів: 71878 Розмір файлу: 87.70 KB

4.85% Схожість

Найбільша схожість: 1.46% з джерело бібліотеки. ID файлу: 1000785346

2.3% Схожість з Інтернет джерелами 19 Page 29

4.05% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 75 Page 29

0.59% Цитат

Цитати 1 Page 30

Вилучення переліку посилань вимкнено

0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

Підміна символів

Заміна символів 2

Білінцю Віталію Андрійовичу

Двоканальна система керування Micro Grid

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті було розглянуто принципи та особливості побудови та проведено імітаційне моделювання систем Micro Grid. Розглянуто принципи побудови систем Micro Grid. Проведено імітаційне моделювання системи «сонячна панель – перетворювач», системи «накопичувач – зарядний пристрій»; моделювання енергетичних процесів у двоканальній системі, у програмному середовищі Matlab Simulink. Розраховано параметри широтно-імпульсного перетворювача сонячної панелі і зарядного пристрою накопичувача та проаналізовано їх роботу. У роботі використовувались дані щодо величини сонячного випромінювання, а також характеристики сонячної панелі, надані сонячною електростанцією у місті Загреб, Хорватія. Дипломний проєкт є актуальним оскільки галузь сонячної енергетики з кожним роком все більше розвивається і стає доступнішою для використання.

Ключові слова: Micro Grid, системи розосередженої генерації, відновлювальні джерела енергії, локальні енергосистеми, автономні енергосистеми, перетворювачі.

ABSTRACT

During the diploma project, the principles and features of construction were considered and simulation of Micro Grid systems was performed. The principles of construction of Micro Grid systems are considered. Simulation modeling of the system "solar panel - converter", system "storage - charger" is carried out; modeling of energy processes in a two-channel system, in the software environment Matlab Simulink. The parameters of the pulse-width converter of the solar panel and the drive charger are calculated and their operation is analyzed. The paper used data on the magnitude of solar radiation, as well as the characteristics of the solar panel provided by a solar power plant in Zagreb, Croatia. The Diprom project is relevant because the solar energy industry is developing more and more every year and becomes more accessible for use.

Keywords: Micro Grid, distributed generation systems, renewable energy sources, local power systems, autonomous power systems, converters.

ВСТУП

На сьогоднішній день перед сучасною енергетикою стоїть багато ключових проблеми, серед основних – швидкий приріст населення, стрімкий розвиток промисловості і як наслідок зростання споживання енергії, при цьому обмежені джерела енергії.

Новим шляхом вирішення існуючих проблем в енергетиці змогла стати концепція Micro Grid.

Системи розосередженої генерації енергії під назвою Micro Grid можна назвати однією з найкращих концепцій, використовуючи які, з'являється можливість в подальшому розвитку та модернізації сучасних енергетичних систем по всьому світу. Серед основних елементів, які використовуються для побудови Micro Grid можна назвати: сучасні системи контролю,

відслідковування та перерозподілу енергії, підключення в систему поновлюваних джерел енергії, а також можливість підключення до локальної або централізованої мережі енергопостачання.

Загалом йдеться про розробку «інтелектуальної» енергосистеми з активно – адаптивною мережею, в якості якої визначається система, в котрій всі складові електроенергетичної системи (генерація, мережа, споживачі) беруть активну участь в передачі та перерозподілі електроенергії.

Головна перевага використання систем Micro Grid заключається в створенні локальних енергосистем в окремих, віддалених регіонах, в зв'язку з тим, що на таких територіях є деяких запас власних енергоресурсів, за допомогою яких можливо майже повністю забезпечити потреби споживачів в електроенергії і зменшити навантаження на загальну енергомережу.

Характерною особливістю систем Micro Grid є використання відновлюваних джерел енергії, які з кожним роком викликають все більшу зацікавленість. Важливою властивістю систем розосередженої генерації є те, що вони маю здатність автоматично переключатися в автономний режим роботи у випадку аварійного відключення електропостачання з централізованої мережі і відновлювати енергозабезпечення всієї системи підтримуючи належну якість електроенергії.

Тому зважаючи на це, розробка двоканальної системи керування Micro Grid є актуальною.

1. ПРИНЦИПИ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ MICRO GRID

На сьогоднішній день світові системи енергозабезпечення на основі відновлювальних джерел енергії дедалі більше розвиваються, стають більш екологічними (зменшення відходів від використання), децентралізованими і взагалі стають все більш популярними серед прихильників «зеленої» енергетики. Шлях, на який сьогодні стала сучасна енергетика, зумовлений в першу чергу тим, щоб втримати вартість електроенергії, змінити застарілу інфраструктуру, зменшити викиди шкідливих речовин задля зменшення впливу на зміну кліматичних умов, підвищити стійкість та надійність і загалом надійно забезпечувати електроенергією місця в найвіддаленіших куточках світу, де існують проблеми з система енергозабезпечення, або такі системи взагалі відсутні. Незважаючи на це, для того, щоб вирішити такі проблеми необхідно вдатися до різноманітних методів в залежності від різних факторів у різних місцях. Micro Grid має гнучку архітектуру, яка має на меті забезпечити розподіл енергоресурсів для всіляких потреб у різних куточках планети, від найрозвиненіших міст до найвіддаленіших поселень.

У розвинених країнах системи Micro Grid прийнято розглядати як складову величезної «Macro Grid». Така системи має свої властивості:

- 1) В склад таких систем включають гігаватні генератори потужності;
- 2) Високовольтні лінії електропередач протягнуті на сотні тисяч кілометрів;
- 3) Не здатність накопичувати енергію у великій кількості;
- 4) Як джерело енергії використовуються викопні види палива.

Мережі енергозабезпечення, які існують сьогодні пройшли свій розвиток протягом багатьох років, починаючи з дуже малих мереж, які передавали постійний струм наприкінці XIX століття. Через збільшення попиту на електроенергію, такі мережі розвивалися зростали та ставали централізованими.

В середині 20-го століття продовжувалася покращуватися надійність ліній електропередач за рахунок підключення різних джерел генерації енергії до різних навантажень, в наслідок чого знижувалася вартість такої конструкції для передавання енергії, а також ставало все більше можливостей для передачі енергії з віддалених електростанцій. Але, навіть системи з такими перевагами досягли свого максимуму і потроху втрачали свою актуальність через економічні проблеми, а також проблеми навколишнього середовища. Через постійний розвиток комунальних підприємств, розвиток технологій розподілу енергії, а також економічних ризиків у разі побудови великих за розмірами систем, які будуть генерувати та передавати електроенергію, великі компанії, що займаються енергозабезпеченням, почали більше схилитися до розробки набагато менших, децентралізованих систем енергозабезпечення. Така діяльність в першу чергу пов'язана із тими перевагами, що можуть запропонувати системи розподіленої генерації, серед яких: набагато менші витрати на генерацію, перерозподіл та передачу електроенергії; контроль напруги та споживання реактивної потужності; збереження електроенергії; підвищення надійності; покращення якості; поєднання теплової та електричної енергії.

Наприкінці 1990-х років, було почато дослідження децентралізованих підходів, які б мали почати керувати інтеграцією не однієї тисячі розподілених енергетичних ресурсів так, щоб надійність та стійкість перед фізичними атаками, стихійними лихами, кібер-атаками та збоями у постачанні електроенергії, була максимальною.

Вирішенням цього питання було використання сіткової архітектури, яка б мала змогу керувати виробництвом електроенергії та попитом на місцевому рівні у підрозділах сітки, які б автоматично були виділені з більш масивної мережі, аби забезпечити безперебійне постачання електроенергії, навіть коли мережа взагалі припинила роботу. Такий підхід називається «Micro Grid».

Micro Grid – це енергосистема для певної локації (житла, промислових виробництв), за допомогою якої можна створити власну енергомережу, яка може в будь-який час відключитися від мереж електропостачання та працювати самостійно.

Через свою концепцію, яку наведено на рис. 1.1, Micro Grid за останній час стала досить розповсюдженою за кордоном. Незважаючи на це ще більшої актуальності Micro Grid набуває через ті зміни, які зазвичай трапляються в енергетиці, особливо через популяризацію вироблення електричної енергії з використання відновлюваних джерел в певних країнах. Першочерговою задачею систем Micro Grid полягала в постійно, а головне, стабільному енергозабезпеченні споживачів електроенергією у тих місцях, де централізоване постачання недоступне або економічно не вигідне.

Існуючі технічні рішення вдало використовуються в локальних мережах багатьох країн світу, наприклад США. На сьогоднішній день вимоги до побудови та функціонування такого виду мереж на території України ще не були сформовані, через те, що специфіка таких енергосистем в кожній країні має свої особливості, тому досвід в цій сфері не завжди вдається вдало використати.

Рис. 1.1 Основні елементи Micro Grid

Вирішальним фактором для просування технології Micro Grid виявилася проблема забезпечення енергоефективності. На початку зародження цієї концепції вирішенням задачі вважався цілеспрямований пошук потенційних джерел енергозабезпечення. В якості таких джерел можуть слугувати встановлення низьковитратних силових трансформаторів, передача електроенергії по постійному струму в мережах, використання LED-технологій замість звичайних ламп. Серед прихильників відновлюваної енергетики активно підтримувалася ідея заміни традиційного пального, такого як: вугілля, газ на поновлювані джерела.

Через те, що ціни на викопні види палива почали зростати і їх запаси почали різко зменшуватися виникла необхідність в зниженні витрат на цю сировину. Через це відбулося багато змін, пов'язаних з кризою в енергетиці і її неготовністю до нових умов. За рахунок цього, згодом почали вводитися пільги на альтернативні джерела енергії.

Згодом, з появою субсидій на відновлювані джерела енергії, у розробників технологій з'явилося багато перспектив в цій області. Завдяки пільгам використання альтернативних джерел ставало все більш популярнішим.

Але оскільки існуюча інфраструктура не була готова до змін, багато джерел підключалися до мереж, нездатним до роботи з електростанціями подібного типу. Також через технічні особливості застосування нових джерел був потрібний інший досвід експлуатації. Потужності обчислювалися в більшій мірі в одиницях або десятках мегават, що теж негативно впливало на електричну мережу. При цьому в кожному випадку потрібний достатній активний резерв, який би реагував на зміни в роботі альтернативних джерел. Якщо у великих мережевих системах такі завдання більш-менш здійсненні, то в ізолюваних мережах (тих, які не підключені до магістральної мережі або в яких вона слабо підтримується) це було неможливо реалізувати або можливо тільки за рахунок поставки енергії невідповідної якості. У той час як основні якісні характеристики для споживачів - це постійна напруга і частота. Саме рішення цих проблем, пов'язаних з роботою традиційних і поновлюваних джерел в ізолюваних мережах, є сьогодні найбільш важливим питанням в електроенергетичній галузі.

Особливості керування в системах Micro Grid

Системи розосередженої генерації вимагають певних можливостей та умов для керування, щоб максимально збалансувати та покращити економічну вигідність. Існують певні критерії, яким системи керування Micro Grid повинні відповідати:

1. По-перше Micro Grid повинна бути одним самокерованим об'єктом в централізованій енергомережі;
2. По-друге система повинна забезпечувати керування за рахунок частоти, наприклад, як синхронний генератор;
3. Система повинна мати можливість для регулювання частоти та напруги в певних межах, які будуть прийнятні для роботи в ізолюваному режимі;
4. Micro Grid необхідно віддавати ресурси в центральну мережу для підтримки енергетичного балансу;
5. Уникати значень потужності, які будуть перевищувати певне задане значення;
6. При відключенні енергопостачання в комунальній мережі, система повинна переключатися в автономний режим плавно і мати змогу безперерійно відновити роботу під час повторної синхронізації з загальною мережею.

Системами РГ можна керувати аналогічно, як і головною централізованою мережею, тобто за допомогою трирівневого ієрархічного контролю. Первинний контроль – це контроль частоти, а вторинний – контроль напруги. Реалізувати такий контроль можливо використовуючи центральний мікро контролер, мета роботи якого заключається в посиланні команд до розподілених енергетичних ресурсів або децентралізовано, наприклад як системи CERTS, в яких кожний ресурс відповідає умовам місцевості, де вони встановлені. Але окрім первинного і вторинного контролю, в системи Micro Grid зазвичай додають ще третинний керуючий рівень, метою якого є здійснення економічних та оптимізаційних операцій для систем розосередженої генерації. Тобто таким чином третинний керуючий рівень забезпечує керування накопичувачем, планування РГ і керуванні обміном електроенергією між системою Micro Grid і централізованою мережею. Такі архітектури керування, які можуть управляти енергією в межах систем Micro Grid і здатні до обміну з комунальною мережею, були реалізовані в двох країнах Європи, в яких побудована система Micro Grid. Перша з них знаходиться на в Греції на острові Кітнос, а інша в Німеччині в рамках проекту «Am Steinweg». Наведені в прикладі системи побудовані з використання підходу так званої «мультиагентної системи». Все частіше проводять дослідження та реалізують системи Micro Grid в які додають «інтелект» для оптимізації операційного контролю.

Переваги мережі Micro Grid

З кожним днем кількість встановлених систем Micro Grid по всьому світу невпинно зростає. Швидкість цього зростання, а як наслідок і поява великої кількості технічних рішень в області Micro Grid вказує на її вигідність.

Виділяють декілька основних переваг мережі Micro Grid.

Перш за все – це економічна вигода. Micro Grid може бути вигідна не тільки для своїх безпосередніх власників, або споживачів, а й

постачальникам енергії. Серед основних економічних аспектів систем розосередженої генерації виділяють:

1) Збільшення попиту на системи з поновлюваними джерелами енергії: через використання декількох видів систем генерації та накопичувачам Micro Grid дозволяють зменшити споживання енергії з центральних мереж;

2) Зниження витрат на електроенергію: через те, що потужності системи забезпечують енергією багатьох споживачів, Micro Grid дає можливість зменшити в декілька разів закупівлю електроенергії з центральних мереж. Окрім цього використання джерел розосередженої генерації знижує залежність ціни на електроенергію від коливань вартості енергоресурсів (мережа Micro Grid в Фельдхаймі);

3) Продаж не використаної енергії в центральну мережу: Micro Grid також може приносити дохід, допомагаючи звичайним громадянам та бізнесу продавати надлишок згенерованої енергії, або енергію, яка збережена в накопичувачах в загальну мережу. Це ще називають зворотнім тарифом (feed-in-tariff), який запровадили в багатьох країнах, в яких виплачують кошти за надлишок електроенергії, що експортується в національну мережу;

4) Завдяки здатності Micro Grid контролювати споживання енергії, то вона може самостійно понизити споживання енергії всередині системи, шляхом відключення обладнання, яке не використовує, тим самим приносячи додаткову вигоду для Micro Grid;

5) Завдяки Micro Grid можна зменшити втрати енергії при передачі. Оскільки енергія генерується безпосередньо біля самого споживача, Micro Grid може понижувати навантаження та втрати в мережах при транспортуванні енергії на великі відстані;

Наступна перевага систем Micro Grid – це її надійність та якість.

6) Система Micro Grid позбавляє споживачів від переривання енергопостачання. Оскільки проблема стабільного постачання електроенергії є суттєвою для багатьох споживачів, тому завдяки Micro Grid можна знизити навантаження на централізовану мережу, тим самим зменшити ризики переривання енергопостачання.

7) Micro Grid покращує якість електроенергії. Коли відбувається відхилення рівня напруги або струму від заданих стандартів, то в результаті обладнання може почати виходити з ладу. Завдяки своїм технології Micro Grid здатна доставляти енергію стабільної якості та частоти, крім того, здатна віддавати додаткову потужність в центральну мережу, зрівнюючи якість електроенергії для споживачів, навіть тих, що знаходяться за межами системи Micro Grid;

Третя перевага систем Micro Grid – це її екологічність. Через постійний розвиток технологій в області контролю навантаження, систем накопичення із високою швидкістю реагування, прогнозування попиту, то використання переривчастої генерації з відновлювальних джерел перестає бути проблемою. Сучасні системи Micro Grid можуть бути побудовані на будь-якій комбінації джерел енергії, дозволяючи використовувати виключно відновлювальні, таким чином роблячи енергозабезпечення максимально екологічним.

Розповсюдження систем Micro Grid призводить до все більшого розповсюдження джерел розподіленої генерації з використання ВДЕ, знижує попит на енергію із централізованої мережі із значною долею викидів парникових газів, а також може призводити до зниження рівня локального забруднення повітря завдяки використанню когенерації на заміну застарілих генераторів на основі ВВП.

Для того, щоб забезпечити безперебійне функціонування Micro Grid необхідно мати у складі системи:

- генератори на основі твердопаливних елементів;
- вітростанції;
- сонячні електростанції;
- можливість підключення до локальної або центральної мережі.
- необхідно мати накопичувачі енергії, в якості яких, наприклад, можуть використовуватися акумулятори.

Концепція Micro Grid існує вже десятиліттями, але лише зараз починає широко використовуватися і отримала визнання за всі переваги, які вона має.

Оскільки Micro Grid під'єднується до загальної мережі, але має можливість функціонувати як невелика самостійна мережа, її доцільно встановлювати навколо критично інфраструктур, наприклад, лікарень, шкіл, поліцейських відділень та притулків та інших окремих закладах у будь-якому селі, місті чи містечку. Таким чином, якщо центральна мережа буде відключена, оператори мережі можуть спочатку відновити живлення за допомогою Micro Grid, доставляючи енергію до лікарень, шкіл і будинків, саме тоді коли це потрібно.

Після того, як Micro Grid запрацює, живлення в центральній мережі почне відновлюватись.

Розширення інтеграції відновлювальних джерел енергії у загальну мережу є суттєвим досягненням, що поряд з перевагою стійкості Micro Grid забезпечує такій системі гарні перспективи розвитку.

1.1 Принципи побудови Micro Grid

Micro Grid, як правило, працює при підключенні до загальних централізованих мереж, але в будь-який момент може відключитися і працювати за рахунок своєї власної згенерованої енергії. І досить важливо, що ці «розумні» електромережі здатні успішно використовувати відновлювані джерела енергії.

Мережа об'єднує будинки, підприємства та інші будівлі до централізованих джерел електроенергії, що дозволяє використовувати прилади, системи опалення або охолодження та електроніку. Але ця взаємопов'язаність означає, що коли частина мережі потребує ремонту, це впливає на всіх.

Система, як правило, працює під час підключення до електромережі, але важливо, що вона може відключатися та працювати самостійно, використовуючи місцеве виробництво енергії в кризові періоди.

Джерела розосередженої генерації можуть житись від генераторів, акумуляторів та відновлюваних ресурсів, таких як сонячні панелі. Залежно

від того, яким чином вона працює, і яким чином ним користуються, Micro Grid може працювати безстроково.

Систему можна підключати до мережі в точці загального з'єднання, яка підтримує напругу на тому ж рівні, що і в основній мережі, якщо не виникає якась проблема в мережі чи інша причина відключення. В разі цього існує можливість відключити Micro Grid вручну або автоматично за допомогою комутатора. Тому система Micro Grid може бути використана для резервного енергозабезпечення в разі надзвичайних ситуацій.

Micro Grid - це сегмент енергетичної галузі, що постійно розвивається, і представляє зміну центральних електростанцій до більш локалізованих, особливо у містах. Можливість відключення від основної мережі робить Micro Grid все більш популярнішою та конкурентно спроможною.

На сьогоднішній день існують різноманітні типи побудови систем Micro grid. Серед основних – це локальна та автономна системи.

Локальна енергосистема

Локальні електротехнічні системи (ЛЕС) вдало застосовуються в системах Micro Grid. Під час роботи з розосередженими джерелами енергії та децентралізованою архітектурою, локальні системи можуть бути більш простими у керування, а також, дозволяють децентралізовано керувати та розподіляти керуючі впливи між багатьма елементами, не покладаючись на централізовану систему енергозабезпечення. Однією з основних особливостей локальних систем в рамках системи Micro Grid є більш широкий діапазон режимів роботи та те, що ЛЕС орієнтовані на тривалий автономний режим роботи, для підтримки якого використовують складну структуру системи керування та розосереджену генерацію енергії, яка базується на поновлюваних джерелах енергії.

В сучасній конструкції локальних систем найбільш поширений набір розосереджених технологій, що складається з двигунів або генераторів на основі викопних видів палива, газових турбін, сонячних панелей, вітрових станцій та невеликих ГЕС.

Основні тенденції для розвитку локальних енергосистем з'явилися не так давно: це і розвиток пристроїв силової електроніки (ПСЕ); розвиток систем керування (СК); SCADA; технологій вимірювання електричних параметрів; приладів PMUs (прилади для вимірювання потужності), WARMS (вимірювальні системи), а також інформаційних і комунікаційних технологій.

Всі ці фактори запустили розвиток технологій, які на сьогодні є основою концепції Smart Grid. Системи Micro Grid були розроблені в якості мережевої архітектури розподільних мереж в рамках концепції Smart Grid. Системи Micro Grid мають перевагу через свою здатність по максимуму використовувати ті вигоди від встановлення великої кількості джерел розосередженої генерації загальною потужністю до 1 МВт в системах розподілу електроенергії на низькій напрузі для забезпечення необхідного рівня якості енергопостачання для споживачів.

Основними перевагами локальних енергосистем на основі джерел поновлюваної енергії в порівнянні зі звичайними традиційними джерелами

енергії можна назвати: екологічність – системи майже не забруднюють навколишнє середовище; невичерпність; зникає необхідність у видобутку, витратах на переробку та доставку палива; також зникає необхідність в тому, щоб транспортувати енергію; зникає необхідність у дефіцитних матеріалах, а також такі системи можуть працювати практично без будь-якого обслуговування.

Серед недоліків ЛЕС на основі поновлюваних джерел можна виділити непростійність їхнього енергетичного потенціалу.

Автономна енергосистема

Автономні системи енергозабезпечення з сонячними панелями, як правило, використовуються тоді, коли необхідно забезпечити досить невеликі потреби в електроенергії, приблизно до 20 кВт. Також автономні системи можуть застосовуватися у найвіддаленіших місцях, або там де немає можливості для забезпечення нормального електроживлення.

У автономних системах зазвичай використовують сонячні панелі, оскільки вони більш надійні в забезпеченні електроенергією, ніж вітрові системи, також вони не потребують встановлення щогли і займають набагато менше місця. Тому саме сонячні панелі доцільніше використовувати в таких системах, де електроенергії потрібно небагато.

Для підвищення ефективності автономних систем енергопостачання все більше застосовуються гібридні системи електропостачання, складові якої наведено рис. 1.2.

Гібридними системами називаються автономні системи енергозабезпечення, які складаються з більш ніж одного джерела енергії. Такі системи зазвичай використовуються для забезпечення надійного енергопостачання до найвіддаленіших споживачів і здатні забезпечити підвищені енергетичні потреби. На сьогодні найбільш розповсюдженими конфігураціями автономних систем вважають системи, що складаються з сонячних панелей і генераторів на основі викопних видів палива (ВВП) або з вітрових станцій і генераторів на основі викопних видів палива.

Рис. 1.2 Складові автономної гібридної енергосистеми

Також, до основної системи можна додати та інтегрувати гідроелектростанцію. Якщо виникають потреби в великій кількості енергії, то досить перспективні в економічному плані великі гібридні системи з використанням джерел відновлюваної енергії і генератора на основі ВВП. В основному через те, що вони більш дешеві в експлуатації, ніж системи, які побудовані тільки з використання одного генератора.

В якості основного джерела в гібридних системах виступають вітрові двигуни, через те, що він приблизно в два рази дешевший ніж сонячні електростанції, тому його доцільніше використовувати, якщо дозволяють умови. Систему сонячних панелей, як правило, застосовують в якості допоміжного джерела енергії, яке забезпечує енергією в періоди, коли енергії вітру для цього недостатньо (у випадках штилю). Якщо в таку систему додати ще генератор на основі ВВП може ще збільшити надійність всієї системи, а

також дозволить захистити себе від будь-яких перебоїв енергії пов'язаних з погодними умовами.

Системи, в яких комбінуються вітровий двигун і сонячні панелі вигідно використовувати насамперед через те, що вітер може стихнути, а сонячне випромінювання, у денну пору, буває майже завжди. Для того, що сонячні панелі виробляли електроенергію, наявність прямого сонячного випромінювання не обов'язкова, фотоелектрична система може використовувати і розсіяне сонячне світло, щоправда в пасмурну погоду енергії буде вироблятися менше. Навіть великий град, сніг або інші несприятливі погодні умови не мають впливу на роботу панелей. Незважаючи на це достатньо поширеною є технологія використання системи вітрового двигуна разом з генератором на основі ВВП замість сонячних панелей, через нижчу ціну. Але таке рішення, не зовсім виправдане для малопотужних автономних систем, тому що застосування сонячних панелей краще впливає на розрядку акумулятора, оскільки панелі можуть забезпечити постійну роботу, і продовжити ресурс акумуляторів. Також варто додати, що система сонячних панелей має високу надійність та ресурс, і здатна працювати не менше 40 років, якщо систему правильно експлуатувати. Основне обслуговування, якого потребують сонячні панелі, це періодичне очищення сонячного модуля від пилу, а взимку від снігу, щоб підвищити ефективність уловлювання сонячного випромінювання. Енергію, яку виробляють панелі можна збільшити майже у двічі, за умови, якщо користуватися системою для стеження за сонцем, яка в свою чергу буде повертати сонячну панель в напрямку сонця на протязі всього дня.

Автономні системи енергозабезпечення на основі гібридних технологій найбільш доцільно використовувати у випадку, коли необхідне цілорічне отримання енергії, тому що в зимовий час, коли сонячного випромінювання менше, основна робота припадає на вітрову установку, а в літню пору року більше навантаження приймають сонячні панелі. Такі системи дозволяють максимально повно використовувати відновлювані джерела енергії, оскільки поєднання двох альтернативних джерел дозволяє збільшити кількість згенерованої енергії.

Наведемо два яскравих приклади використання Micro Grid, які демонструють можливості застосування та побудови таких систем.

Система Micro Grid на острові Ейг, Шотландія

Micro Grid, генерує 357 кВт, автономна мережа.

Мешканці острова, що давно проживають на ньому, ще з моменту свого поселення забезпечували себе енергією за рахунок дизельних генераторів, але кожний житель особисто забезпечував тільки себе. Для того, щоб підключитись до центральної мережі, необхідно було виділити приблизно від 2 до 4,5 мільйонів фунтів.

1 лютого 2008 року, на острові Ейг була встановлена система, яка могла працювати без підключення до централізованої мережі, і яка повністю в змозі забезпечувати всю інфраструктуру на острові. Систему зображено на рис. 1.3.

А також, жителі острова Ейг стали першими в світі, хто встановив систему, яка абсолютно не залежить від централізованого електропостачання.

Система Micro Grid на острові Ейг – це перший приклад, коли було вдало інтегровано різні відновлювальні джерела в мережу, яка забезпечує весь острів безперебійною подачею електроенергії, а також в зменшенні використання викопних видів палив, які використовувалися в генераторах.

Рис. 1.3 Система сонячних панелей на острові

Характеристики системи Micro Grid на острові Ейг:

- 119 кВт гідроенергії, в сумі забезпечується за рахунок одного великого генератора, з потужністю 100 кВт, а також двома малими генераторами на 10 та 9 кВт;

- 24 кВт, які забезпечує система вітрових турбін;

- 54 кВт, які генеруються сонячними панелями;

- 2 дизельних генератора на 80 кВт, які працюють в режимі очікування.

Генератори автоматично включаються, якщо акумулятори мають заряд менший 50% і вимикаються в той момент, коли акумулятор буде заряджений на 90%.

- 48 В акумулятори, які мають сумарну ємність 4400 А/г і забезпечують безперервне енергопостачання.

11 кілометрів підземних кабелів з'єднують користувачів по всьому острову. Для того, щоб не виникало перевантажень, для домогосподарств обмежують потужність до 5 кВт, а інфраструктура, яка забезпечує життєдіяльність острова обмежена на 10 кВт. На острові функціонує система, коли кожен житель на острові сам може контролювати потужність.

На сьогоднішній день 95% всієї енергії на острові виробляється за допомогою відновлювальних джерел енергії

Система Micro Grid острова Гапа, Південна Корея

Micro Grid, яка генерує 674 кВт, автономна мережа.

Уряд Південної Кореї разом з національною енергетичною компанією КЕРКО, яка спеціалізується на побудові мереж, що працюють з відновлювальними джерелами, запустили тестовий проект з модернізації системи Micro Grid на острові. Модернізовану систему показано на рис. 1.4.

До модернізації система працювала лише за рахунок 3-х дизельних генераторів, потужність кожного з них по 150 кВт.

Характеристики системи:

- 2 вітрових генератора, кожний потужність по 250 кВт;

- 57 сонячних панелей, які встановлені на будинках, загальною потужністю 174 кВт;

- Акумулятор, який має ємність 3,86 МВт/г, який може забезпечувати електроживлення острова цілодобово.

Рис. 1.4 Модернізована система Micro Grid на острові

Дизельні генератори залишилися працювати в ролі резервних джерел енергії, на випадок, якщо через погані умови, джерела відновлюваної енергії будуть не в змозі генерувати стільки енергії, скільки потрібно для забезпечення цілодобового безперервного електроживлення.

Піковий попит на електроенергію на острові складає 230 кВт, тому можна сказати, що система Micro Grid на острові виробляє більше енергії ніж споживають мешканці.

Однією з особливостей системи енергозабезпечення острову є те, що для забезпечення електроенергією місцевої школи була побудована власна система Micro Grid, яка складається з вітрогенератора (3 кВт), акумуляторів (5 кВт) та сонячних панелей (3 кВт). Тому школа може працювати незалежно від основної системи енергоживлення і споживати енергію лише власної генерації з відновлюваних джерел. Фактично це «нано – мережа» всередині системи Micro Grid.

Таким чином, можна зробити висновок, що використання та розвиток таких систем, в майбутньому зможе забезпечувати електроенергію споживачів у найвіддаленіших куточках світу, але побудова таких систем неможлива без перетворювачів.

1.2. Перетворювачі в системах Micro Grid

Оскільки для побудови Micro Grid використовуються відновлювальні джерела енергії, то для стабілізації їх вихідних параметрів необхідно використовувати перетворювачі. Існує декілька типів перетворювачів для систем Micro Grid.

Понижуючий перетворювач (buck converter)

Найбільш популярний тип перетворювача це технологія buck. Адже на основі buck-перетворювача (він же buck converter) можна розробити багато проектів, серед них можуть бути контролери для сонячних панелей, зарядні пристрої і тд. Також дана технологія використовується в малопотужних перетворювачах напруги, наприклад, для живлення цифрових схем та інших малопотужних приладів.

Технологія buck являється понижуючою, а отже за рахунок неї можна розробити понижуючий перетворювач напруги. Також в перетворювачах понижуючого типу необхідно додавати зворотній зв'язок.

Принцип роботи технології buck

Принцип роботи понижуючого перетворювача напруги зображено на рис. 1.5.

Рис. 1.5 Понижуючий перетворювач

Принцип роботи понижуючого перетворювача дуже простий. Конденсатор С використовується для зниження пульсацій, діод VD для проходження зворотнього струму ЕРС, які іде від котушки, транзистор VT, для керування яким використовується ШІМ сигнал. У транзистора є вихід для контролю вихідної напруги та скважності сигналу. Якщо на виході перетворювача напруга буде нижче встановленої, то тоді змінюється скважність сигналу і час відкриття транзистора збільшується, і струм буде протікати безпосередньо на дросель L1, наповнюючи його енергією. Коли транзистор закривається струм починає протікати в зворотньому напрямку через діод VD. Струм зворотнього напрямку забезпечує сам дросель і вихідна напруга залишається постійною. Отже коли працює транзистор, то струм

через діод не проходить, лише після того, як транзистор закривається, струм починає проходити через діод, тобто вони працюють по чергову в 2 етапи.

Якщо ці етапи постійно змінюються з однаковою періодичністю (T), то, якщо позначити час коли ключ буде знаходитися у відкритому стані - як час провідності (t_u), а час коли ключ буде знаходитися у закритому стані - як час паузи (t_n), можна вивести коефіцієнт заповнення (duty cycle), який буде дорівнювати:

На рис. 1.6 графічно зображено інтерпретацію коефіцієнту заповнення.

Рис. 1.6 Графічне зображення коефіцієнту заповнення

На першому (t_u) етапі (рис 1.7) буде відбуватися накопичення енергії в LC – контурі. Під час цього етапу транзистор VT знаходиться у відкритому положенні і струм буде протікати через нього у навантаження, також запасючи енергію в дроселі L і на конденсаторі C.

Рис. 1.7 перший етап – транзистор відкритий

На другому (t_n) етапі (рис. 1.8) відбувається розряд. Тобто на цій стадії транзистор VT буде знаходитись в закритому положенні і струм буде протікати через діод VD.

Рис. 1.8. другий етап – транзистор закритий

Дросель L має властивість накопичувати енергію, якщо транзистор VT буде відкритий і потім віддавати її, коли транзистор буде закритий. Але при цьому він не тільки віддає енергію, а і забезпечує збереження значення струму і його напрям. Тому, оскільки дросель перешкоджає зміні напрямку і величині струму, що протікає через нього, то струм дроселя не може змінюватися миттєво до нуля, і він буде замкнений через розрядний діод. Джерело живлення, на етапі розряду відключене, тому дросель не може накопичувати енергію, отже розряд буде відбуватися через ланцюг «діод – навантаження».

Для того, щоб визначити вихідну напругу, можна скористатися формулою 1.1.

З формули можна побачити, що напруга на виході буде лінійно залежати від коефіцієнта заповнення

ШІМ сигналу, який керує транзистором VT. Коефіцієнт заповнення (D) - це відношення часу, коли транзистор знаходиться у відкритому стані до тривалості періоду. Цей коефіцієнт може змінювати значення в межах від 0 до 1 або у відсотках від 0 до 100%.

Частота роботи понижуючого перетворювача величина постійна і вибирається при проектуванні, у процесі роботи вона не змінюється.

Тому, можна зробити висновок, що напруга на виході перетворювача залежить насамперед від двох факторів:

- від часу на протязі якого транзистор (VT) буде знаходитися у відкритому стані — чим більший транзистор буде відкритий, тим більше енергії буде накопичено в LC – фільтрі, а це в свою чергу призведе до вищої напруги на виході;

- від напруги на вході. Тобто якщо коефіцієнт заповнення буде рівний 0.5 і вхідна напруга буде змінена, то вихідна напруга буде змінюватися аналогічно в такому самому діапазоні, як змінювалася напруга на вході.

Підвищуючий перетворювач (boost converter)

Boost перетворювач - це різновид блоку живлення, який принципово працює з двома діючими напівпровідниками (транзистор і діод) і як мінімум з одним пасивним компонентом у вигляді конденсатора або котушки індуктивності або обох для більшої ефективності. Котушка індуктивності, в основному, використовується для підвищення напруги, а конденсатор ставиться для фільтрації коливань та для зменшення пульсацій струму на виході перетворювача.

Принцип роботи перетворювача

Підвищуючий перетворювач по своєму принципу роботи дуже схожий на перетворювач понижуючого типу, через те, що обидва перетворювачі працюють в два етапи. Під час першого етапу енергія накопичується в дроселі, а навантаження живиться від конденсатора на виході. Під час другого етапу енергія, яка накопичувалася в дроселі віддається в навантаження і заряджає вихідний конденсатор, за рахунок якого навантаження буде забезпечуватися енергією в той час, як дросель буде «перезаряджатися».

Рис. 1.9 Схема boost-перетворювача

Коли ключ замкнутий, до котушки індуктивності прикладена вхідна напруга. Струм в дроселі наростає, і він накопичує енергію. Струм іде по контуру S1. Діод виключає розряд вихідного конденсатора C2 через замкнутий ключ. В цей період часу вихідний струм, споживаний навантаженням, підтримується за рахунок заряду, накопиченого на конденсаторі C2.

Рис. 1.10 Перший етап – транзистор відкритий

Так як моментально змінити струм через дросель неможливо, після розмикання ключа, струм дроселя через діод тече по контуру S2. Він заряджає вихідний конденсатор C2. При цьому напруга на цьому конденсаторі виходить більше, ніж вхідна.

Блок управління СК формує ШІМ-сигнал, тобто формує імпульси керування ключем. Час, протягом якого ключ залишається відкритим, залежить від напруги на конденсаторі C2.

Конденсатор C1 потрібен для того, щоб захистити вхідний ланцюг від пульсацій струму.

Рис. 1.11 Другий етап – транзистор закритий

Втрати енергії в підвищуючому перетворювачі, також як і в понижуючому, пропорційні відношенню вхідної і вихідної напруг. Підвищуюча технологія - найпростіша в реалізації, так як витік силового транзистора не поєднаний з загальним проводом.

1.3. Двоканальна система керування

Роботу систем Micro Grid, які працюють за рахунок відновлювальних джерел енергії, можливо ефективно оцінити лише враховуючи багато

факторів, які впливають на ефективність роботи всієї системи. Серед цих факторів можна виділити наступні:

1. Під час роботи систем завжди існує необхідність в забезпеченні максимального відбору енергії від сонячних панелей або інших джерел відновлюваної енергії.

2. А також виникає необхідність в тому, щоб визначити значення енергії, яка в середньому буде генеруватися відновлюваними джерелами в певний інтервал часу.

Для того, щоб забезпечити максимальний відбір енергії від поновлюваних джерел, необхідно застосовувати спеціальні методи та алгоритми аналізу вольт-амперної характеристики панелей для пошуку точки, в якій буде відбуватися відбір максимальної енергії сонячними панелями. А для того, щоб максимально і без втрат використати накопичену енергію, потрібно відбирати енергію в такий момент і інтервал часу, в який рівень енергії, який буде згенеровано за рахунок поновлюваних джерел буде перевищувати середнє значення, і буде повертати накопичену енергію назад в систему тоді, коли рівень згенерованої енергії буде нижчим ніж середнє значення.

Тому можна зробити висновок, що коли система буде рівномірно споживати енергію, виникає проблема, яка заключається в тому, щоб одночасно реалізувати відбір максимальної енергії і мати змогу забезпечити максимально правильне використання енергії від накопичувача. Але, якщо до систем Micro Grid застосувати принцип невизначеності Гейзенберга, то можна сказати про те, що майже неможливо за той інтервал, за який ведеться спостереження з мінімальною похибкою визначити: положення робочої точки на зовнішній характеристиці відновлюваного джерела для забезпечення роботи в режимі відбору максимальної енергії; середнє значення енергії для забезпечення ефективної роботи накопичувача. Отже метою дипломної роботи є розробка перетворювача, система керування якого за визначенням тривалості інтервалу спостереження, а також кількості інтервалів спостереження на базовому інтервалі реалізує двоканальне керування у системах розосередженої генерації при зміні потоку первинної енергії і забезпечує відбір максимальної енергії відновлюваних джерел, так і реалізацію раціонального використання енергії накопичувача.

Для того, щоб прогнозувати, яка мінімальна кількість енергії, що зберігається в накопичувачі, а потім надходить в навантаження, найкраще обирати певний інтервал часу, за який ведеться спостереження. Доречно вибирати за добу, тиждень, місяць.

Щоб розробити алгоритми для керування Micro Grid потрібно знати функцію, за якою можуть змінюватися потоки первинної енергії. Але така функція вимагає апроксимації, щоб проводити в подальшому розрахунок. Проводячи апроксимацію дискретної функції переважно найчастіше користуються або кусково – постійними наближеннями з використанням функцій Хаара і Уолша, або нелінійні наближення Ле-жандра, Чебишева.

Врахування принципу невизначеності Гейзенберга при керуванні системою розосередженої генерації вказує на необхідність розгляду як базового, так і мінімального інтервалів спостереження для визначення положення робочої точки, оскільки, розглядаючи базовий інтервал T , середнє значення енергії на цьому інтервалі визначається точно і є можливість точно визначити рівень енергії для заряду накопичувача. Але, все-одно важко максимально точно визначити положення робочої точки, щоб можна було забезпечити роботу поновлюваних джерел в режимі відбору максимальної енергії. І навпаки, якщо досить точно буде відомо положення робочої точки, тобто найменшу тривалість інтервалу, за який ведеться спостереження, досить складно точно визначити середнє значення енергії, а як наслідок той рівень енергії, який необхідний для заряду накопичувача. Тому можна з впевненістю сказати, що дослідження та розробка двоканальної системи керування Micro Grid є досить актуальною та необхідною.

2. РОЗРАХУНОК ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У MICRO GRID

2.1. Розрахунок широтно-імпульсного перетворювача сонячної панелі

За розрахункову схему силової частини широтно-імпульсного перетворювача виберемо схему, яка наведена на рис. 1.5. Необхідно провести розрахунок та вибрати відповідний конденсатор (C) та індуктивність (L).

В даний час найбільш поширеним є вибір частоти (f) в 50 кГц, тому для розрахунку перетворювача була обрана частота

Задані параметри для розрахунку елементів перетворювача:

Вхідна напруга:

Вихідна напруга:

Напруга холостого ходу:

Частота:

Внутрішній опір

Внутрішній опір розраховувався по нахилу вольт-амперної характеристики сонячної панелі, яку наведено на рис. 2.1

Рис. 2.1 Вольт-амперна характеристика сонячної панелі

Вольт-амперні характеристики будувалися для значень сонячного випромінювання, яке дорівнює 1000, 800, 600, 400 і 200 Вт/м²

Проаналізувавши ВАХ можна побачити, що при величині сонячного випромінювання в 1000 Вт/м² внутрішній опір буде дорівнювати 0.72 Ом, при 800 Вт/м² внутрішній опір буде рівний 0.84 Ом, при 600 Вт/м² дорівнює 1.03 Ом, при 400 Вт/м² – 1.45 Ом, при 200 Вт/м² – 2.58 Ом.

Отже, можна зробити висновок, що чим нижче буде величина сонячного випромінювання, тим вище буде внутрішній опір.

Опір навантаження

Опір навантаження, так само як і внутрішній опір буде змінюватись в залежності від того, як буде змінюватись сонячне випромінювання.

Проаналізувавши ВАХ можна поррахувати опір навантаження, тому:

1000 Вт/м² – 3.055 Ом; 800 Вт/м² – 3.83 Ом; 600 Вт/м² – 5.13 Ом; 400 Вт/м² – 7.77 Ом; 200 Вт/м² – 14.7 Ом.

Отже, так само як і в випадку з внутрішнім опором, чим нижче буде величина сонячного випромінювання, тим вище буде опір навантаження.

Струм навантаження

Аналогічно, як і описано вище, струм навантаження буде змінюватись в залежності від величини сонячного випромінювання. Тому

При $1000 \text{ Вт/м}^2 - 7.89 \text{ А}$; $800 \text{ Вт/м}^2 - 6.32 \text{ А}$; $600 \text{ Вт/м}^2 - 4.72 \text{ А}$; $400 \text{ Вт/м}^2 - 3.1 \text{ А}$; $200 - 1.6 \text{ А}$.

Тому, висновок такий, що чим менше сонячне випромінювання, ти менше буде струм навантаження.

Напруга навантаження

Спочатку проведемо розрахунок для середніх та мінімальних значень параметрів індуктивності. Тому знаходимо:

Відносна тривалість відкритого стану транзистора

З умови забезпечення режиму безперервності струмів дроселя визначаємо його мінімальну індуктивність:

Визначаємо середній струм дроселя:

Визначаємо діюче значення напруги індуктивності дроселя:

де

Граничне значення індуктивності, яке забезпечує режим неперервного струму

де

За умови, що

, оберемо 1 мГн

Кількість витків дроселя

- коефіцієнт індуктивності.

Оберемо порошковий тороїдальний сердечник (так як $f < 100 \text{ кГц}$), у якого наступні параметри.

Коефіцієнт індуктивності:

на 100 витків.

Довжина магнітопроводу:

Площа перерізу:

Об'єм:

Кількість витків обмотки при діаметрі провідника:

Ємність конденсатора вихідного фільтру:

Оберемо конденсатор CD60 $250 \text{ мкФ} \pm 20\%$.

Максимальна напруга прикладена до транзистора в закритому стані:

Максимальне значення струму протікаючого через транзистор:

Оберемо транзистор VT - R1H60F7DPQ з наступними параметрами:

Матеріал: кремній

Тип: p-p-n

600V

15A

Зворотня напруга прикладена до діода VD:

Оберемо кремнієвий діод – 1N5408, який має наступні характеристики:

- Максимальна постійна зворотня напруга 1000V;

- Максимальний прямиий струм 20 А.

2.2. Розрахунок зарядного пристрою накопичувача

Необхідно провести розрахунок та вибрати відповідний конденсатор (С) та індуктивність (L).

В даний час найбільш поширеним є вибір частоти (f) в 50 кГц, тому для розрахунку перетворювача була обрана частота

Параметри внутрішнього опору, опору навантаження та струму навантаження, вибиралися та розраховувалися аналогічно пункту 2.1, аналізуючи ВАХ.

Задані параметри для розрахунку елементів зарядного пристрою накопичувача:

Вхідна напруга:

Вихідна напруга:

Напруга холостого ходу:

Частота:

Внутрішній опір:

Опір навантаження:

Струм навантаження:

Напруга навантаження:

Відносна тривалість відкритого стану транзистора

З умови забезпечення режиму безперервності струмів дроселя визначаємо його мінімальну індуктивність:

Визначаємо середній струм дроселя:

Визначаємо діюче значення напруги індуктивності дроселя:

Граничне значення індуктивності, яке забезпечує режим неперервного струму

За умови, що

, оберемо 2 мГн.

Кількість витків дроселя

- коефіцієнт індуктивності.

Оберемо порошковий тороїдальний сердечник (так як $f < 100 \text{ кГц}$), у якого наступні параметри.

Коефіцієнт індуктивності:

на 100 витків.

Довжина магнітопроводу:

Площа перерізу:

Об'єм:

Кількість витків обмотки при діаметрі провідника:

Ємність конденсатора вихідного фільтру:

Оберемо конденсатор СВВ60 70мкФ $\pm 5\%$.

Максимальна напруга прикладена до транзистора в закритому стані:

Максимальне значення струму протікаючого через транзистор:

Оберемо транзистор VT - R1H60F7DPQ з наступними параметрами:

Матеріал: кремній

Тип: p-p-n

600В

15А.

Зворотня напруга прикладена до діода VD:

Оберемо кремнієвий діод – 1N5408, який має наступні характеристики:

- Максимальна постійна зворотня напруга 1000В;

- Максимальний прямий струм 20 А.

3. МОДЕЛЮВАННЯ ДВОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Моделювання двоканальної системи керування, що має систему керування зі зворотнім зв'язком по напрузі, було проведено в програмному середовищі Matlab R2019b Simulink, за допомогою якого можна змоделювати різні схеми та системи за допомогою використання графічних блоків і змінюючи параметри для свої потреб.

3.1. Система сонячна панель - перетворювач

На рис. 3.1 показано модель системи сонячна панель – перетворювач зі зворотнім зв'язком по напрузі.

Рис. 3.1 Система сонячна панель перетворювач

Модель системи містить:

1) Solar Radiation = 1000 Вт/м² – сонячне випромінювання. Блок дозволяє моделювати постійне значення сонячного випромінювання. Параметри блока можна змінювати самостійно;

2) Cell Temp = 25°C – температура навколишнього середовища. Блок дозволяє моделювати постійне значення сонячного випромінювання. Параметр блока можна змінювати самостійно;

3) PV Array – модель сонячної панелі. Параметри сонячної панелі наведені на рис. 3.2. Параметри надані сонячною електростанцією у місті Загреб, Хорватія;

Рис. 3.2 Параметри сонячної панелі

4) MPPT Solar charge controller – блок, який відслідковує потужність сонячної панелі в кожний момент моделювання;

Елементи силової частини перетворювача моделюються наступним чином:

5) MOSFET – транзистор, що працює в ключовому режимі;

6) Diode – напівпровідниковий діод;

7) L = 1 мГн – індуктивність;

8) C = 250 мкФ – ємність фільтру;

9) R_n = 3.055 Ом – опір навантаження;

10) Iload – блок, який вимірює значення струму;

11) Vload – блок, що вимірює значення напруги;

12) Control system – система керування широтно-імпульсним перетворювачем зі стабілізацією вихідної напруги. Схема системи керування зображена на рис. 3.3.

Рис. 3.3 Система керування

Модель системи керування містить:

1) Constant = 20 В – задаюче значення напруги. Параметр блоку задається в залежності від необхідного значення напруги на виході перетворювача;

2) Voltage – сигнал зворотнього зв'язку по напрузі;

3) Subtract – блок віднімання;

4) Gain = 1 См – коефіцієнт підсилення;

5) Repeating Sequence = 50 кГц – генератор пилкоподібного струму;

6) Relational Operator – блок порівняння.

На рис. 3.4 показано часову залежність сигналів в системі керування. Можна зробити висновок, що система знаходиться в стійкому режимі роботи.

На рис. 3.5 показано часові залежності струму та напруги на навантаженні. На виході перетворювача діюче значення струму $I = 6.3$ А. Значення напруги $U = 19.24$ В. Тривалість перехідного процесу 0.005 с.

Рис. 3.4 Сигнали в системі керування

Рис. 3.5 Форма напруги та струму на навантаженні

3.2. Система накопичувач - зарядний пристрій

Наступне, що було зроблено в дипломному проєкті – це моделювання системи накопичувач – зарядний пристрій. Роботу зарядного пристрою було досліджено при різних постійних значеннях струму та напруги заряду, а також при динамічній зміні струму заряду, який задавався блоком. На рис. 3.6 зображено систему накопичувач – зарядний пристрій, а на рисунку 3.7 показано схему зарядного пристрою накопичувача.

Рис. 3.6 Система накопичувач зарядний пристрій

Модель системи містить:

1) Charging current – струм заряду накопичувача;

2) Lithium Battery Charger – зарядний пристрій накопичувача;

3) Lithium-Ion Battery – літій-іонний акумулятор;

На рис. 3.6 показано схему зарядного пристрою накопичувача.

Рис. 3.7 Схема зарядного пристрою накопичувача

Зарядний пристрій заряджає літій-іонний акумулятор у два етапи.

На першому етапі зарядний пристрій працює за рахунок струму заряду, який можна задавати самостійно, від входу (Charging Current = 7 А) і переходить на другий етап заряду постійною напругою (Constant Charging Voltage = 21 В), коли напруга на акумуляторі досягає встановленого постійного значення напруги, яку можна задавати в блоці Lithium Battery Charger.

На рис. 3.8 зображено діаграми на виході накопичувача. Початковий заряд накопичувача 50%. Початковий заряд можна змінювати в блоці Lithium-Ion Battery в залежності від потреб.

Рис. 3.8 Осцилограми на виході накопичувача

3.3. Двоканальна система

Останній етап дипломного проєкту – це моделювання двоканальної системи керування. Двоканальна система була побудована після проведення послідовних досліджень систем сонячна панель – перетворювач та накопичувач-зарядний пристрій. Роботу двоканальної системи було

досліджено при різних значеннях сонячного випромінювання та температури навколишнього середовища.

На рис. 3.9 зображена модель двоканальної системи.

Рис. 3.9 Модель двоканальної системи

На рис. 3.10 показано структурну схему двоканальної системи керування Micro Grid

Рис. 3.10 Структурна схема двоканальної системи керування

Принцип роботи двоканальної системи полягає в наступному. Для того, щоб прогнозувати, яка мінімальна кількість енергії, що зберігається в накопичувачі, обирається певний інтервал часу, за який ведеться спостереження. В нашому випадку це 30 хвилин та сигнал за добу. Довший інтервал часу – за добу виробляється для керування накопичувачем, а короткий інтервал часу забезпечує відбір максимальної потужності від сонячної панелі.

Кожні 30 хвилин будуть надходити дані, яким буде сонячне випромінювання на наступні 30 хвилин.

За допомогою отриманих даних можна керувати зарядом акумулятора, який має бути заряджений, наприклад на 50%, і він повинен мати змогу на протязі дня в якісь момент розрядитись - зарядитись, так, щоб в кінці дня він був заряджений так само, як був заряджений на початку дня.

Часові діаграми на виході сонячної панелі. показано на рис. 3.11. Вихідні характеристики сонячної панелі знімалися при значенні сонячного випромінювання 1000 Вт/м^2 і температурі навколишнього середовища 25°C .

Рис.3.11 Часові діаграми на виході сонячної панелі

Як видно з рис. 3.11, в сонячній панелі виникають пульсації напруги і струму, які обумовлені моделлю сонячної панелі.

Але варто зазначити, що пульсації на виході сонячної панелі зникають (рис. 3.12), коли величина сонячного випромінювання буде меншою ніж 750 Вт/м^2 і температура навколишнього середовища 25°C .

Рис. 3.12 Часові діаграми на виході сонячної панелі, величина випромінювання 750 Вт/м^2

В результаті пульсацій напруги та струму на виході сонячної панелі з'являються пульсації напруги та струму на навантаженні, які зображено на рис. 3.13.

Рис. 3.13 Пульсації напруги на навантаженні

ВИСНОВКИ

Мережі Micro Grid здатні забезпечувати споживачів тією необхідною кількістю енергії з малими втратами на виробництво, передачу та накопичення.

Електроенергія до споживачів в таких системах розосередженої генерації приходить з загальної централізованої мережі, а ще від джерел відновлювальної енергії. В якості енергії відновлюваних джерел може використовуватись енергія вітру, сонця, гідроенергія, або будь-яких інших поновлюваних джерел. Використання електроенергії з централізованої мережі для систем Micro Grid повинна бути як можна меншою, що запропоновано екологічними та економічними вимогами до таких систем.

Під час виконання дипломного проєкту було розглянуто та досліджено: в першому розділі розглянуто принципи керування системами Micro Grid, особливості керування системами розосередженої генерації, переваги такої мережі, принципи побудови, такі як локальна та автономна енергомережі, наведено два приклади, які показують реалізації систем Micro Grid різних країнах світу, розглянуто перетворювачі для систем Micro Grid та описано принцип їх роботи.

Друга частина була присвячена розрахунку широтно-імпульсного перетворювача та зарядного пристрою накопичувача, за результатами розрахунків обрані відповідні варіанти конденсатора та індуктивності, проведено аналіз вольт-амперної характеристики сонячної панелі.

В третій частині досліджувалася двоканальна система керування Micro Grid в програмному середовищі Matlab. Дослідження проводилися послідовно, спочатку була змодельована модель «сонячна панель – перетворювач» та досліджено її роботу, наступним кроком досліджувалася модель системи «накопичувач – зарядний пристрій», а потім, проводилося моделювання двоканальної системи. Моделювання на кожному кроці проводилися при значенні сонячного випромінювання 1000 Вт/м² і температурою навколишнього середовища 25°C.

Незважаючи на розробку та моделювання двоканальної системи, все ще стоїть задача в реалізації алгоритму керування даними для накопичувача та сонячної панелі. Вирішення даної задачі допоможе забезпечувати відбір максимальної потужності поновлюваних джерел енергії та реалізацію раціонального використання енергії накопичувача.

S U M M A R Y

Two-channel control system for MicroGrid

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Electronic Systems Bilinets Vitalii. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DS-61. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - 53 p., Ill. 25, tables 0.

Keywords: Micro Grid, systems, renewable energy sources.

Summary of the project:

Today, modern energy faces many key problems, among the main - rapid population growth, rapid industrial development and, as a consequence, increasing energy consumption, while limited energy sources.

The concept of Micro Grid was able to become a new way to solve existing problems in energy.

Distributed energy generation systems called Micro Grid can be called one of the best concepts, using which, there is an opportunity for further development and modernization of modern energy systems around the world. Among the main elements used to build the Micro Grid are: modern control systems, tracking and redistribution of energy, connection to the system of renewable energy sources, as well as the ability to connect to a local or centralized power supply network.

In general, we are talking about the development of an "intelligent" power system with an active-adaptive network, which defines a system in which all components of the power system (generation, network, consumers) take an active part in the transmission and redistribution of electricity.

The main advantage of using Micro Grid systems is the creation of local power systems in separate, remote regions, due to the fact that in such areas there is some stock of own energy resources, which can almost completely meet the needs of consumers in electricity and reduce the overall load. power grid.

A characteristic feature of Micro Grid systems is the use of renewable energy sources, which are becoming more and more interesting every year. An important feature of distributed generation systems is that they have the ability to automatically switch to stand-alone mode in the event of an emergency power outage from the centralized network and restore power to the entire system while maintaining proper power quality.

Therefore, due to this, the development of a two-channel control system Micro Grid is relevant.

Today, the world's energy supply systems based on renewable energy sources are increasingly developing, becoming more environmentally friendly (reducing waste from use), decentralized and generally becoming increasingly popular among supporters of "green" energy. The way in which modern energy has taken today is primarily to keep the cost of electricity, change outdated infrastructure, reduce emissions to reduce the impact on climate change, increase resilience and reliability, and generally secure electricity in remote parts of the world, where there are problems with the power supply system, or such systems do not exist. Nevertheless, in order to solve such problems it is necessary to resort to different methods depending on different factors in different places. Micro Grid has a flexible architecture that aims to distribute energy resources for all needs in different parts of the world, from the most developed cities to the most remote settlements.

In developed countries, the Micro Grid system is considered to be part of the huge "Macro Grid". This system has its own properties:

- 1) Such systems include gigawatt power generators;
- 2) High-voltage power lines stretch for hundreds of thousands of kilometers;
- 3) Not the ability to store energy in large quantities;
- 4) Fossil fuels are used as an energy source.

The power grids that exist today have evolved over the years, from very small networks that transmitted direct current in the late 19th century. Due to the increasing demand for electricity, such networks developed, grew and became centralized.

In the middle of the 20th century, the reliability of power lines continued to improve due to the connection of different energy sources to different loads, resulting in reduced cost of such a structure for energy transmission, and more and more opportunities for energy transmission from remote power plants. However, even systems with such advantages have reached their maximum and are gradually losing their relevance due to economic problems as well as environmental

problems. Due to the constant development of utilities, the development of energy distribution technologies, and the economic risks of building large-scale systems that will generate and transmit electricity, large energy companies have become more inclined to develop much smaller, decentralized energy systems. Such activities are primarily related to the advantages that distributed generation systems can offer, including: much lower costs for generation, redistribution and transmission of electricity; control of voltage and reactive power consumption; saving electricity; increase reliability; quality improvement; combination of thermal and electric energy.

In the late 1990s, a study of decentralized approaches was launched to guide the integration of more than one thousand distributed energy resources so that reliability and resilience to physical attacks, natural disasters, cyber-attacks and power outages were maximized.

The solution was to use a grid architecture that would manage electricity generation and demand at the local level in grid units that would be automatically separated from a more massive grid to ensure uninterrupted power supply, even when the grid stopped shutting down altogether. This approach is called "Micro Grid".

Micro Grid is a power system for a specific location (housing, industrial production), with which you can create your own power grid, which can be disconnected from the power grid at any time and work independently.

Because of its concept, which is shown in Fig. 1.1, Micro Grid has recently become quite common abroad. Despite this, the Micro Grid becomes even more relevant due to the changes that usually occur in the energy sector, especially due to the promotion of electricity generation from renewable sources in certain countries. The priority of Micro Grid systems was a constant, and most importantly, stable energy supply to consumers in places where centralized supply is unavailable or economically unprofitable.

Existing technical solutions are successfully used in local networks in many parts of the world, such as the United States. To date, the requirements for the construction and operation of this type of network in Ukraine have not yet been formed, due to the fact that the specifics of such power systems in each country have their own characteristics, so experience in this area can't always be used successfully.

The decisive factor for the advancement of Micro Grid technology was the problem of energy efficiency. At the beginning of the origin of this concept, the solution of the problem was considered to be a purposeful search for potential sources of energy supply. Such sources can be the installation of low-power power transformers, transmission of electricity by direct current in networks, the use of LED-technologies instead of conventional lamps. Proponents of renewable energy actively supported the idea of replacing traditional fuels, such as coal and gas with renewable sources.

Due to the fact that prices for fossil fuels began to rise and their stocks began to decline sharply, there was a need to reduce the cost of these raw materials. As a result, many changes have taken place due to the energy crisis and its

unpreparedness for the new conditions. Due to this, benefits for alternative energy sources were later introduced.

Over time, with the advent of renewable energy subsidies, technology developers have many prospects in this area. Thanks to the benefits, the use of alternative sources has become increasingly popular.

But because the existing infrastructure was not ready for change, many sources were connected to networks unable to work with power plants of this type. Also due to the technical features of the use of new sources required a different operating experience. Power was calculated to a greater extent in units or tens of megawatts, which also negatively affected the electricity grid. In each case, a sufficient active reserve is needed to respond to changes in the work of alternative sources. If in large network systems such tasks are more or less feasible, then in isolated networks (those that are not connected to the backbone network or in which it is poorly supported) it was impossible to implement or possible only by supplying energy of inappropriate quality. While the main quality characteristics for consumers are constant voltage and frequency. It is the solution of these problems associated with the operation of traditional and renewable sources in isolated networks, is today the most important issue in the electricity sector.

Distributed generation systems require certain management capabilities and conditions to balance and improve cost-effectiveness as much as possible. There are certain criteria that Micro Grid control systems must meet:

1. First, the Micro Grid must be a single self-managed object in a centralized power grid;
2. Second, the system must provide frequency control, for example, as a synchronous generator;
3. The system must be able to regulate the frequency and voltage within certain limits that will be acceptable for operation in isolation;
4. Micro Grid must give resources to the central network to maintain energy balance;
5. Avoid power values that will exceed a certain setpoint;
6. When the power supply to the utility networks is disconnected, the system must switch to offline mode smoothly and be able to resume uninterrupted operation during re-synchronization with the general network.

WG systems can be managed in the same way as the main centralized network, ie by means of three-level hierarchical control. Primary control is frequency control, and secondary control is voltage control. Such control can be implemented using a central microcontroller, the purpose of which is to send commands to distributed energy resources or decentralized, such as CERTS systems, in which each resource corresponds to the conditions of the area where they are installed. But in addition to primary and secondary control, Micro Grid systems usually add a tertiary control level, the purpose of which is to perform economic and optimization operations for distributed generation systems. That is, the tertiary control layer thus provides drive management, WG scheduling and power exchange control between the Micro Grid system and the centralized network. Such control architectures, which can manage energy within Micro Grid systems

and are able to exchange with the utility network, have been implemented in two European countries where the Micro Grid system has been built. The first is located in Greece on the island of Kitnos, and the other in Germany as part of the project "Am Steinweg". The examples given in the example are built using the approach of the so-called "multi-agent system". Increasingly, research is being conducted and Micro Grid systems are being implemented, to which "intelligence" is being added to optimize operational control.

Every day the number of installed Micro Grid systems around the world is constantly growing. The speed of this growth, and as a consequence, the emergence of a large number of technical solutions in the field of Micro Grid indicates its profitability.

There are several main advantages of the Micro Grid network.

First of all, it is an economic benefit. The Micro Grid can be beneficial not only for its immediate owners or consumers, but also for energy suppliers. Among the main economic aspects of distributed generation systems are:

1) Increasing demand for systems with renewable energy sources: through the use of several types of generation systems and Micro Grid drives can reduce energy consumption from central networks;

2) Reduction of electricity costs: due to the fact that the system capacity provides energy to many consumers, Micro Grid makes it possible to reduce several times the purchase of electricity from central networks. In addition, the use of distributed generation sources reduces the dependence of electricity prices on fluctuations in energy costs (Micro Grid network in Feldheim);

3) Sale of unused energy to the central grid: Micro Grid can also generate revenue by helping ordinary citizens and businesses sell surplus energy generated, or energy stored in storage to the general grid. This is also called a feed-in-tariff, which has been introduced in many countries where surplus electricity is paid for exported electricity to the national grid;

4) Due to the ability of the Micro Grid to control energy consumption, it can independently reduce the energy consumption inside the system, by disabling equipment that I do not use, thus bringing additional benefits to the Micro Grid;

5) Thanks to the Micro Grid, you can reduce energy losses during transmission. Because energy is generated directly near the consumer, the Micro Grid can reduce network loads and losses when transporting energy over long distances;

Another advantage of Micro Grid systems is its reliability and quality.

6) The Micro Grid system saves consumers from power outages. Because the problem of stable power supply is significant for many consumers, the Micro Grid can reduce the load on the centralized network, thereby reducing the risk of power outages.

7) Micro Grid improves the quality of electricity. When the voltage or current level deviates from the specified standards, the equipment may start to fail as a result. Thanks to its technology, the Micro Grid is able to deliver energy of stable quality and frequency, in addition, it is able to deliver additional power to the central network, equalizing the quality of electricity for consumers, even those outside the Micro Grid system;

The third advantage of Micro Grid systems is its environmental friendliness. Due to the constant development of technologies in the field of load control, storage systems with high response speed, demand forecasting, the use of intermittent generation from renewable sources is no longer a problem. Modern Micro Grid systems can be built on any combination of energy sources, allowing the use of only renewable, thus making energy supply as environmentally friendly as possible.

The proliferation of Micro Grid systems leads to an increasing distribution of distributed generation sources for RES, reduces demand for energy from a centralized network with a significant share of greenhouse gas emissions, and can lead to a reduction in local air pollution through the use of cogeneration to replace obsolete GDP-based generators.

In order to ensure the smooth operation of the Micro Grid it is necessary to have in the system:

- Generators based on solid fuel cells;
- Wind farms;
- Solar power plants;
- Ability to connect to a local or central network.
- It is necessary to have energy storage devices, which, for example, can be used as batteries.

The Micro Grid concept has been around for decades, but is only now beginning to be widely used and recognized for all the benefits it has.

Because the Micro Grid connects to a shared network but has the ability to function as a small stand-alone network, it is advisable to install it around critical infrastructures, such as hospitals, schools, police stations and shelters, and other individual facilities in any village, town, or town. Thus, if the central network is disconnected, network operators can first restore power with the Micro Grid, delivering energy to hospitals, schools and homes, just when needed.

Once the Micro Grid is operational, power in the mains will begin to recover.

Expanding the integration of renewable energy sources into the general grid is a significant achievement, which, along with the advantage of micro Grid sustainability, provides such a system with good prospects for development.

Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

19

2	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28938/1/Tkach_bakalavr.pdf	1.16%
9	http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/158862/02-Osipenko.pdf?sequence=1	0.18%
11	http://um.co.ua/6/6-8/6-80667.html	0.16%
12	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28338/1/Zavalniuk_bakalavr.pdf	0.15%
15	https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/50439/25/Dekhthiar_state_finance.pdf	0.13%
16	https://www.renewableenergyworld.com/2018/02/08/creating-and-maintaining-a-microgrid-tools-to-get-you-from-concept-to-r...	0.12%
17	http://mining.kpi.ua/article/download/39705/46563	0.11%
19	https://courseresearchers.com/steam-engine-contributions-to-industrial-revolution	2 Джерело 0.09%
20	http://afgp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/05/Metod.-rekom.-do-napysannya-dyplomnyh-robot-OKR-spetsialist-Prav	2 Джерело 0.09%
21	https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2019-0174_EN.html	6 Джерело 0.09%
22	https://quizlet.com/131938459/chapter-13-theories-of-personality-flash-cards	0.08%
23	http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/6497/1/13.pdf	0.08%

Схожість по Бібліотеці акаунту

75

1	Живогляд Диплом основа_Батрак ID файлу: 1000785346 Institution: National Technical University of Ukraine "...	1.46%
3	Диплом_Ткач ID файлу: 1000078335 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institu...	0.89%
4	2020-bachelor-EDD_Dolhopolov_Peretvoryuvach_fch ID файлу: 1004076727 Institution: National Technical University ...	0.56%
5	2020-bachelor-EDD_Luminetsky_MicroGrid_fch ID файлу: 1004076724 Institution: National Technical Univer	31 Джерело 0.52%
6	2020-bachelor-EDD_Podobaylo_kvantovyy_element_fch ID файлу: 1004048803 Institution: National Technical Univers...	0.34%
7	ДИПЛОМ_на_плагиат_Корчака ID файлу: 1000079970 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv...	0.25%
8	Топалов_плагиат_перевірка ID файлу: 1000090732 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Pol...	0.22%

10	PolihovychRA_Rlp71_bachelor_2020	ID файлу: 1004042435	Institution: National Technical University of Ukra	2 Джерело	0.16%
13	Диплом Стрижеус А.І	ID файлу: 1000032450	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv P	30 Джерело	0.15%
14	Панасенко В С	ID файлу: 1000762492	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Instit...		0.14%
18	Студентська робота	ID файлу: 9462569	Institution: National University of Water Management and Natu	2 Джерело	0.11%
24	Студентська робота	ID файлу: 1000120683	Institution: National University of Life and Environmental Sciences of...		0.08%
25	ДИПЛОМ-гузов	ID файлу: 1000070101	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Insti...		0.08%
26	Семенюк В.А. _БС_62 ДР	ID файлу: 1004024696	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytech...		0.08%

Цитати

Цитати

1

- 1 In addition, the use of distributed generation sources reduces the dependence of electricity prices on fluctuations in energy costs (Micro Grid network in Feldheim); 3) Sale of unused energy to the central grid: Micro Grid can also generate revenue by helping ordinary citizens and businesses sell surplus energy generated, or energy stored in storage to the general grid.