

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

Автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка та дослідження пристрою резервного живлення на основі сонячної батареї (комплексна)

за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»

зі спеціальності: 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: АТ 2222

(підпис студента)

Нікіта ДУЛЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

завідувач кафедри

Володимир ГАВРИЛЮК

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2024 Рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Computer technology and systems

(faculty)

Automation and telecommunications

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis

(higher education degree)

on the topic: Development and research of a backup power supply device based on a solar battery (complex)

according to educational curriculum: "Automation and automation in transport"

in the Speciality: 151 "Automation and computer-integrated technologies"

(speciality and its code)

Done by the student of the group:

/ Nikita DULENKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Head of Department
Volodymyr Havryliuk /
(position, name, surname)

Normative controller:

/ _____ /
(position, name, surname)

Supervisors

(Chapter title heading)

/ _____ /
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

/ _____ /
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

/ _____ /
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

/ _____ /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет:

Кафедра:

Рівень вищої освіти:

Освітня програма:

Спеціальність:

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____

(ступінь вищої освіти)

студенту _____

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: _____

Керівник роботи: _____

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____

" ____ " ____ 202_ р. № ____

2. Строк подання студентом роботи: ____ . ____ . 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

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

4.1 Аналітична частина: _____

4.2 Основна частина: _____

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: _____

4.4 Економічна частина: _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _____

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

_____ (підпис)

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

57с., 29 рис., 4 табл., 11 джерел.

Об'єкт розробки: Розробка та дослідження пристрою резервного живлення на основі сонячної батареї (комплексна).

Мета роботи - Розробити модель роботи пристрою резервного живлення на основі сонячної батареї, провести моделювання і отримати залежності струму, напруги на пристрою резервного живлення і стану заряду батареї в процесі функціонування.

Методи дослідження – Побудова залежності струму від напруги і потужності для різних значень роботи системи. Розробка залежності сонячного опромінення від часу. Розрахунок моделювання заряджений батареї.

Ключові слова: ПРИСТРІЙ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ, СОНЯЧНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ МОДУЛІ, БАТАРЕЯ, ІНВЕРТОР, РЕЗЕРВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ФІЛЬТР.

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Відгук керівника

кваліфікаційної роботи _____
(ступінь вищої освіти)

Студент групи _____
(шифр групи) (Прізвище, Ім'я, По батькові)

Тема випускної роботи: _____

1. Якісні відмінності кваліфікаційної роботи: _____

2. Зауваження: _____

3. Висновок щодо дотримання академічної доброчесності _____

Комплексна оцінка кваліфікаційної роботи: _____

Керівник: _____
(посада) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Дата: _____

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

ВСТУП

1 ПРИСТРІЙ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ	-6
1.1 Класифікація пристроїв резервного живлення	-6
1.2 Проблеми електроживлення та способи їх вирішення за допомогою ДБЖ	-20
1.3 Висновки за розділом	-26
2 ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	-27
2.1 Загальна структура сонячних електростанцій	-27
2.2 Перерахунок сонячної енергії, що падає на поверхню ЕАЗС та вибір оптимального кута установки сонячних батарей	-37
2.3 Основні типи інверторів для сонячних електростанцій	-42
2.4 Висновки за розділом	-45
3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ	-46
3.1 Розробка моделі	-46
3.2 Модель підсистеми зарядження батареї від сонячної панелі	-47
3.3 Модель підсистеми роботи АКБ в режимі живлення навантаження під час аварійного відключення основного електроживлення	-51
3.4 Висновки за розділом	-55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	-56
ЛІТЕРАТУРА	-57

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

АБ	- Акумуляторна батарея
БД	- Безперебійне живлення
ДБЖ	- Джерело безперебійного живлення
ВАЗ	- Вольт амперна характеристика
ККД	- Коефіцієнт корисної дії
НП	- Напівпровідниковий перетворювач
ППН	- Перетворювач постійної напруги
СБ	- Сонячна батарея
СЕ	- Сонячний елемент
ФЕС	- Фотоелектрична станція
ФП	- Фотоелектричні панелі
ШІМ	- Широтно-імпульсна модуляція

ВСТУП

Сонячна енергія - це невичерпне джерело енергії, яке стає дедалі доступнішим та ефективнішим. Використання сонячної енергії для забезпечення резервного живлення може забезпечити надійну та екологічно чисту альтернативу традиційній електромережі.

Безперебійне живлення є критично важливим для багатьох секторів економіки, таких як робота агрегатів в лікарнях, банківські операції, інформаційні технології систем і т.д. і, як правило, постійне електропостачання є кардинально важливим для швидкого економічного зростання та сталого розвитку. Особливо зараз у нашій державі, де загроза відключення мережі край велика, де існує потреба у вдосконалених системах ДБЖ. Система електроживлення з використанням відновлюваного джерела енергії як описано в цій роботі, є життєздатним варіантом для подолання проблеми переривання незавершених робіт через збої в електропостачанні.

Нині пристрої резервного живлення на основі сонячної батареї є перспективним напрямком розвитку систем резервного живлення. Вони забезпечують надійну та екологічно чисту альтернативу традиційній електромережі.

1 ПРИСТРІЙ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Класифікація пристроїв резервного живлення

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) - це резервна система, що забезпечує живлення в разі збою електромережі. Забезпечуючи адекватний час для безпечного вимкнення чутливого обладнання, ДБЖ допомагає запобігти втраті даних і мінімізує навантаження від повного вимкнення електроніки. Але захист обладнання від повної втрати електроенергії - не єдина причина, чому вам потрібен ДБЖ. Залежно від моделі ДБЖ, ці системи також захищають під'єднані пристрої від звичайних проблем із живленням і небезпечних коливань вихідної напруги, які можуть пошкодити електроніку, скоротити термін служби та вплинути на продуктивність.

Залежно від розміру і систем блоку, ДБЖ здатний захистити один комп'ютер або цілий центр обробки даних. Важливий для критичних об'єктів, ДБЖ забезпечує безпечну роботу комп'ютерних систем та іншого обладнання під час зникнення електроживлення, поки не підключиться генератори або поки сервери та мережеві компоненти не будуть належним чином закриті, запобігаючи втраті даних.

Окрім резервного живлення під час збоїв електроенергії, ДБЖ також забезпечують різний захист від інших шкідливих проблем із живленням, зокрема провалів напруги, стрибків напруги, перебоїв у напрузі, завад у мережі, коливань частоти, умов перенапруги, а також перехідних процесів перемикавання та гармонійних спотворень.

Системи ДБЖ

Резервне джерело безперебійного живлення або автономне ДБЖ - є найпоширенішим типом ДБЖ, який можна знайти в комп'ютерних або офісних магазинах. Пристрій споживає струм з розетки і перемикається на живлення від батареї протягом декількох мілісекунд після виявлення збою живлення (Рисунок 1.1).

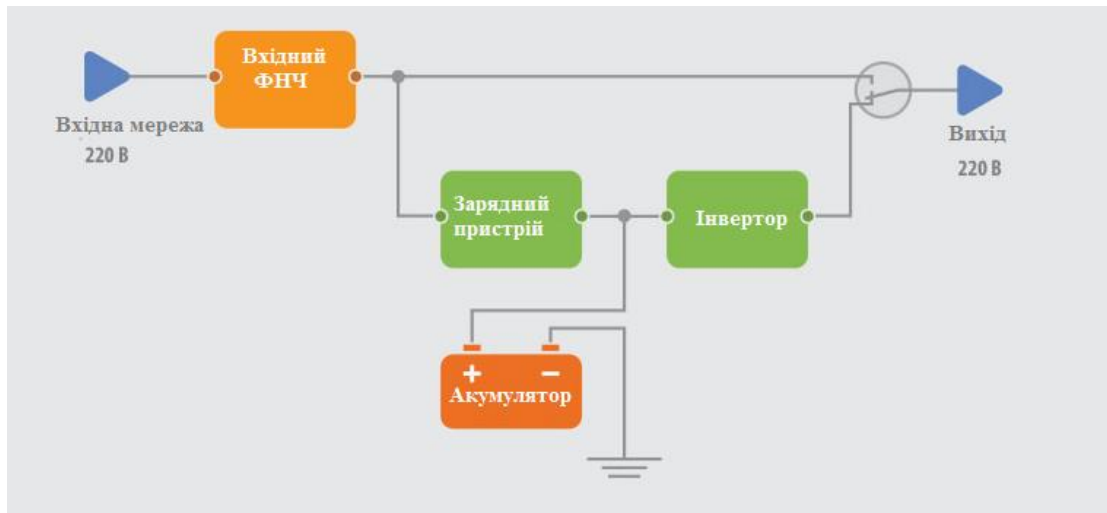


Рисунок – 1.1 Схема Резервного джерела безперебійного живлення

Лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення «взаємодіє» з лінією живлення змінного струму, щоб згладжувати форми хвиль і коригувати зростання і падіння напруги.

Онлайн ДБЖ є найсучаснішим і найдорожчим типом ДБЖ. Інвертор постійно забезпечує чисте живлення від батареї, а комп'ютерне обладнання ніколи не отримує живлення безпосередньо від розетки змінного струму. Однак онлайн-блоки містять вентилятори, які створюють шум і можуть вимагати певного планування місця розташування для домашнього користувача або невеликого офісу.

Усі системи ДБЖ перемикаються на акумулятор у разі збою живлення. Різниця полягає в тому, як вони обробляють енергію в звичайних умовах. Резервні блоки забезпечують обмежене загасання, тоді як лінійно-інтерактивні системи регулюють напругу і згладжують погані гармоніки. Онлайн-системи постійно відновлюють чисту енергію.

Розмір ДБЖ має значення, коли живлення вимикається, пристрій із більшими габаритами підтримуватиме роботу більшої кількості обладнання протягом тривалішого часу, ніж невеликий ДБЖ, оскільки має більший акумулятор. Розмір батареї також є важливим критерієм під час вибору системи ДБЖ.

Переваги застосування ДБЖ

Хоча застосування ДБЖ має численні переваги, перш за все, вони захищають від збоїв в електромережі, що відбуваються на різко зростаючій основі (надмірне навантаження на електромережі, несприятливі погодні умови тощо).

Крім підтримки роботи обладнання під час втрати електроенергії, ДБЖ також діє як фільтр для захисту пристроїв від перепадів в електроживленні, які можуть призвести до пошкодження чутливого обладнання, наприклад, комп'ютерів і мережевого обладнання. Залежно від топології ДБЖ дає змогу тільки постійному потоку чистої енергії досягати під'єднаних пристроїв, допомагаючи захистити від типових аномалій живлення, які можуть пошкодити обладнання.

Крім того, резервне живлення від батареї запобігає втраті даних і дає час для збереження незавершеної роботи під час збоїв, стрибків напруги або інших змін живлення.

Нарешті, ДБЖ забезпечує впевненість у тому, що організація зможе уникнути фінансових витрат, розчарування клієнтів і зриву бізнесу, викликаного простоєм мережі.

Існує три основні типи систем безперебійного живлення для повного спектра застосувань, що відповідають потребам підприємств і споживачів.

Резервний ДБЖ - це автономний пристрій, який може виявляти електричну невідповідність і автоматично перемикається на живлення від батареї. Кожен тип ДБЖ забезпечує працездатність мережевих пристроїв за відсутності живлення. Такі функції як облік електроенергії відрізняються залежно від моделі.

Базове резервне ДБЖ - це джерело безперебійного живлення, що забезпечує короткочасне живлення від акумулятора під час вимкнення. У цій категорії ДБЖ апаратне забезпечення отримує живлення від мережі у звичайних умовах через пряме підключення змінного струму. Резервний блок і його інвертор фактично перебувають у режимі очікування, поки не знадобиться резервне живлення. Залежно від моделі резервний ДБЖ також може захистити дані та чутливе обладнання від стрибків і провалів напруги. Для захисту домашньої мережі доступні компактні пристрої. Резервний ДБЖ зазвичай використовують для захисту комп'ютерів, модемів, принтерів та іншого обладнання. Ця категорія ДБЖ

є найдешевшою з трьох типів безперебійних джерел живлення. Резервне живлення від батареї ініціюється за допомогою резервного ДБЖ, який також називають офлайн ДБЖ. Після вимкнення електроенергії резервний ДБЖ подає електроенергію протягом короткого часу. При виявленні втрат комутатор передачі ініціює процеси резервного копіювання. Час перемикання відбувається в мілісекундах після збою, причому час реакції залежить від резервного ДБЖ. Час перемикання не миттєвий, але зазвичай не повинен переривати потік електроенергії в обладнання. Якщо очікується тривале вимкнення, резервне живлення ДБЖ від батареї забезпечить безпечне вимкнення пристроїв, тож обладнання та дані будуть захищені.

Офлайн ДБЖ забезпечує базове живлення для дому та офісу. ДБЖ у режимі офлайн також може називатися автономним ДБЖ, що відрізняє його від безперебійного ДБЖ онлайн. Незважаючи на те, що джерело безперебійного живлення в автономному режимі має фундаментальний характер, воно забезпечує резервний час роботи для менш вимогливих домашніх і професійних пристроїв.

Онлайн ДБЖ - це тип джерела безперебійного живлення, що використовує технологію подвійного або дельта-перетворення (Рисунок 1.2). При подвійному перетворенні мережеве обладнання не отримує електроенергію від розетки змінного струму. Водночас струм змінного струму надходить у випрямляч, де

перетворюється на постійний струм. Далі він рухається до акумулятора, а потім до інвертора. Після зворотної інверсії до змінного струму, живлення подається в обладнання. Завдяки цьому онлайн-процесу пристрою ДБЖ комп'ютерне обладнання отримує постійне чисте живлення. За допомогою дельта-перетворення певна кількість енергії передається безпосередньо для роботи комп'ютерів, маршрутизаторів та іншого обладнання. Це створює енергоефективну онлайн-систему ДБЖ, в якій частина електроенергії пропускає етапи обробки.



Рисунок – 1.2 Схема онлайн безперебійника з подвійним перетворенням

У разі збою в мережі онлайн-система ДБЖ підтримує постійний струм для захисту мережевого обладнання. У разі коливань або збою випрямляч у ДБЖ автоматично вимикається, а живлення подається від батареї, поки не відбудеться відновлення. Онлайн-схема ДБЖ безперебійна. Ось чому онлайн-системи безперебійного живлення коштують дорожче за інші моделі в категоріях безперебійного живлення в режимі офлайн або інтерактивного зв'язку.

Чутливе обладнання можна захистити за допомогою технології ДБЖ з подвійним перетворенням. Такі блоки ДБЖ доступні для широкого кола користувачів. За допомогою процесів ДБЖ з подвійним перетворенням можна захистити мережеві сервери, центри оброблення даних і повний спектр середовищ, а час переходу на живлення від батареї нульовий. Інтелектуальні онлайн-системи ДБЖ доступні для підтримки вимогливих навантажень і часу роботи. Більш доступні ДБЖ з подвійним перетворенням найкраще застосовувати для невеликих офісів. Зазвичай чим більший обсяг, тим довше обладнання може працювати.

Лінійно інтерактивний ДБЖ є одним із типів джерела безперебійного живлення (Рисунок 1.3), яке може автоматично регулювати напругу. Лінійно інтерактивна технологія реагує на умови високої та низької напруги. Пристрої також підтримують системи під час вимкнення без розрядки батареї. У лінійно-інтерактивному ДБЖ джерело електроенергії є першою лінією живлення, проте технологія інвертора/конвертора дає змогу заряджати батарею пристрою під час

нормальної роботи. Під час вимкнення цей ДБЖ перетворює енергію батареї в потік змінного струму для живлення обладнання.

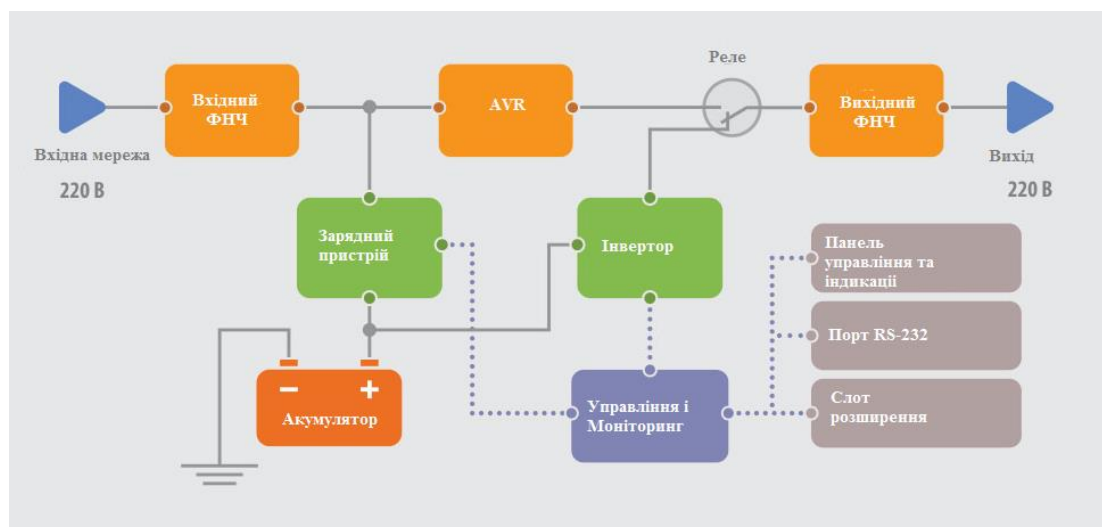


Рисунок 1.3 – Схема лінійно-інтерактивного джерела безперебійного живлення

У категорії засобів захисту лінійно-інтерактивні системи безперебійного живлення захищатимуть чутливе обладнання під час перебоїв і відключень.

Пристрої лінійно-інтерактивної класифікації ДБЖ дорожчі, ніж резервні моделі, але більш доступні, ніж ДБЖ у режимі онлайн. Лінійно-інтерактивний ДБЖ збереже продуктивність під час ситуацій низької напруги і короткочасних відключень живлення. Якщо очікується тривале вимкнення, заряд акумулятора дає змогу безпечно вимкнути пристрої. Деякі інтерактивні модулі пропонують також функції фільтрації. Перш ніж купувати блок захисту, ви можете порівняти технологію безперебійного живлення в режимі онлайн і лінійно-інтерактивного. Лінійно-інтерактивний ДБЖ додає автотрансформатор у базову резервну конструкцію. Він має можливість підвищувати або зменшувати вихідну напругу.

Цей трансформатор реагує на зміни напруги змінного струму й автоматично регулює проблеми. Для порівняння, онлайн-моделі ДБЖ використовують інвертор для передачі всієї або часткової потужності в будь-який час. Це означає, що онлайн-ДБЖ може відповідати терміну "безперебійний" з нульовим часом передачі.

Інтерактивному ДБЖ потрібні лічені мілісекунди, щоб перейти в режим резервного живлення від батареї в разі збою.

Функції ДБЖ

ДБЖ широко використовується населенням, оскільки має багато функцій. Основною функцією ДБЖ є забезпечення резервного живлення від батареї, коли електроенергія зникає або напруга падає до неприйняттого рівня. Це гарантує, що електричне обладнання отримує постійний струм, тому можна уникнути пошкодження, наприклад, пошкодження бази даних.

ДБЖ виконує такі функції:

Захист від вимкнення живлення. Коли живлення від мережі припиняється або вимикається, система ДБЖ негайно перетворює живлення постійного струму в акумуляторі на живлення змінного струму для живлення навантаження, щоб уникнути незручностей і втрат, спричинених збоєм живлення.

Стабілізація напруги. Надмірна або низька напруга може вплинути на термін служби використовуваних інструментів і обладнання. Впровадження системи ДБЖ може забезпечити стабільну напругу живлення призначеного для користувача обладнання, щоб забезпечити нормальну роботу обладнання та продовжити термін його служби.

Захист від перенапруги. Може захистити від стрибків напруги, оскільки системи живлення ДБЖ розроблено з точковими розчеплювачами для поглинання стрибків, що виникають, а також для уникнення стрибків, які можуть вплинути на ефективність обслуговування і термін служби обладнання.

Захист від високої або низької напруги. Коли напруга в мережі часто змінюється, регулятор напруги ДБЖ підтримує напругу в безпечному діапазоні, щоб забезпечити нормальне функціонування обладнання. Коли напруга висока або низька, система ДБЖ автоматично запускає живлення від батареї для безперервної роботи обладнання.

Захист від гармонійних спотворень. Наявна потужність повинна передаватися користувачеві через лінії передачі та розподілу, що тягне за собою спотворення форми напруги та фундаментальну зміну струму, що призводить до генерації

гармонік. Гармоніки впливатимуть на використання обладнання, і система ДБЖ впорається з цим.

Стабілізація частоти. Частота визначається як період зміни джерела живлення за секунду. Частота живлення зазвичай буде нестабільною залежно від споживання електроенергії користувачем. Потім ДБЖ перетворює потужність так, щоб виробляти стабільну частоту для забезпечення нормальної роботи обладнання.

Миттєвий захист. Стрибки або падіння напруги іноді відбуваються миттєво, що може вплинути на точність пристрою. Тому використовують ДБЖ, щоб забезпечити стабільну напругу для захисту обладнання.

Низький рівень шуму. ДБЖ захищає пристрої та дані, забезпечує нормальну роботу пристрою і подовжує термін служби, не створюючи надлишковий шум.

Типи та види джерел безперебійного живлення.

Є різні типи ДБЖ або джерел безперебійного живлення та підходи до проектування, які використовуються для впровадження систем ДБЖ, кожна з яких має свої характеристики продуктивності. Нижче наведено найпоширеніші:

Резервний ДБЖ - це конфігурація, в якій резервна батарея заряджається мережевою напругою і подається через інвертор на перемикач. Коли основне живлення втрачається, перемикач перемикає резервний шлях живлення. Інвертор зазвичай не працює, поки не станеться збій живлення, тому для опису цього типу ДБЖ використовують термін «режим очікування». Необхідність активного перемикання шляху живлення дійсно означає, що існує короткий збій, який відбудеться з моменту втрати основного живлення до завершення перемикання. Ноутбук можна вважати спрощеним типом резервного ДБЖ, де найкращим вихідним сигналом є постійний струм замість змінного струму, і перемикач перемикання не потрібен.

Лінійно-інтерактивний ДБЖ. Однією з найбільш часто використовуваних конструкцій джерела безперебійного живлення є лінійно-інтерактивне ДБЖ. Завдяки лінійному інтерактивному дизайну основне живлення подається через перемикач на інвертор, потім на навантаження. Інвертор у цій конструкції завжди активний, і коли основне живлення ввімкнене, він працює у зворотному напрямі,

перетворюючи вхідну потужність змінного струму на постійний, який використовується для підтримання заряду резервної батареї. Якщо мережеве живлення вимикається, перемикач розмикається й інвертор працює в нормальному напрямку, приймаючи живлення постійного струму від батареї та перетворюючи його на змінний струм для живлення навантаження.

Така конструкція, яка підтримує активний інвертор, забезпечує поліпшену фільтрацію і зменшує перехідні процеси перемикавання, які можуть бути присутніми в резервній конфігурації ДБЖ. Залежно від конструкції інвертора ця конфігурація може забезпечити два незалежні шляхи живлення для навантаження й усунути інвертор як єдину точку відмови. Отже, навіть якщо інвертор вийде з ладу, живлення змінного струму все одно може надходити на вихід. Цей тип ДБЖ пропонує низьку вартість, високу надійність і високу ефективність, а також може підтримувати застосування з низькою або високою напругою.

Резервний ферроматичний ДБЖ використовує трансформатор із трьома обмотками для під'єднання навантаження до джерела живлення. Основне живлення протікає через перемикач, зазвичай закритий на котушки в трансформаторі, де він з'єднується з вторинною котушкою трансформатора, а потім подає живлення на вихідне навантаження. Шлях резервного живлення передає напругу мережі на зарядний пристрій і підтримує резервну батарею, яка потім підключається до інвертора, що приєднується до третьої котушки трансформатора.

Коли основне живлення зникає, перемикач розмикається й інвертор подає живлення до навантаження від резервної батареї. У цій конструктивній конфігурації інвертор перебуває в режимі очікування і стає активним, коли живлення зникає, а перемикач розмикається.

Трансформатор, забезпечуючи ізоляцію навантаження від перехідних процесів напруги в мережі, може створити спотворення вихідної напруги та власні перехідні процеси, можливо, гірші, ніж ті, що виникають через погане з'єднання змінного струму. Крім того, неефективність ферротрансформатора може призвести до виділення значної кількості тепла, до того ж вони досить великі та важкі, що робить резервні феросистеми ДБЖ також громіздкими.

Цей тип ДБЖ зараз рідше використовують для живлення навантажень сучасних комп'ютерних систем, оскільки вони можуть виявитися нестабільними. Джерела живлення, що використовуються для живлення серверів і маршрутизаторів, мають коригований коефіцієнт потужності, щоб отримувати тільки синусоїдальну потужність. Онлайн ДБЖ із подвійним перетворенням. Для застосувань із потужністю понад 10кВА найчастіше обирають ДБЖ онлайн із подвійним перетворенням. ДБЖ із подвійним перетворенням подібний до резервного ДБЖ, за винятком того, що вихід інвертора представляє основний шлях живлення, тоді як у резервному ДБЖ це був вторинний або резервний шлях. Основна живильна мережа змінного струму живить випрямляч (перетворювач змінного струму в постійний), а потім подається назад до інвертора, який регенерує змінний струм з постійного струму. Резервна батарея під'єднується до мережі постійного струму і заряджається випрямлячем.

Типи UPS.

Виділяють два основні принципи роботи блока безперебійного живлення:

- З інвертором, що перебуває в режимі очікування;
- З постійно під'єднаним інвертором.

У першому випадку перетворювач постійного струму в змінний вмикається під час збоїв у подачі електричного сигналу по мережі. Це може бути повне зникнення струму, стрибки напруги, зміна параметрів сигналу, поява перешкод.

«StandbyUPS».

У цю схему включено додаткові елементи: обмежувач напруги «SURGESUPPRESSOR» і фільтр.

Такі ДБЖ називаються резервними «Standby». Для них потрібен деякий час, щоб перейти з одного виду роботи на інший. Затримки можуть становити до десятків мілісекунд.

У другому випадку UPS постійно конвертує змінний струм у постійний, а потім постійний у змінний. У цих пристроях час перемикання вважається нульовим, оскільки не відбувається затримки в подачі електроживлення для підключеного навантаження.

«OnlineUPS».

На схемі випрямляч «RECTIFIER» перетворює змінний струм на постійний, а «INVERTER» навпаки - постійний на змінний.

Інші типи є похідними від цих двох.

З погляду форм-фактора безперебійники можуть випускатися як у корпусі «Tower, так і RackMountable» (для встановлення в стійку 19").

Резервні ДБЖ

Цей тип UPS найчастіше використовують для настільних комп'ютерів та іншого обладнання.

Діапазон потужностей навантаження від 0 до 0,5кВА (Вольт-Ампер - повна потужність, добуток струму на напругу. Вона відрізняється від активної потужності на коефіцієнт, пов'язаний з реактивним навантаженням. Активна потужність вимірюється у Ватах. Повна потужність завжди більша за активну).

Резервні ДБЖ характеризуються ККД, що дорівнює шістдесяти відсоткам; невеликими розмірами і низькою вартістю. Більшість пристроїв здатні фільтрувати перешкоди, пригнічувати короточасні стрибки і провали напруги.

Рівень захисту навантаження - невисокий. Такий блок живлення не здатний видавати чисту синусоїду на виході.

До різновидів цього класу джерел безперебійного живлення можна віднести інтерактивні блоки живлення. Вони складаються з того самого набору компонентів, доповненого трансформатором із кількома точками підключення. Така конфігурація дає змогу виправляти зміни напруги в мережі без під'єднання батарей. Така схема виправляє відхилення величиною до двадцяти відсотків від номінального значення напруги та економить ресурс АКБ.

Ферорезонансні ДБЖ відрізняються від інтерактивних трансформатором, що має сталевий сердечник. Це дає змогу краще керувати вихідною напругою і витримувати великі навантаження. Але така конструкція призводить до подорожчання пристрою і створення додаткових перешкод у вихідному сигналі через індукцію, що наводиться в сердечнику.

ДБЖ із подвійним перетворенням

OnlineUPS здатні видавати повну електричну потужність від 5 до 5000кВА. Це найпоширеніший тип безперебійників.

На виході видає ідеальну синусоїду. За рахунок подвійного перетворення струму усуваються всі перешкоди і спотворення вхідного сигналу. Дуже добре підходять для захисту обладнання, чутливого до коливань потужності.

Початкова вартість «OnlineUPS» вища, ніж у Standby, але підсумкова ціна володіння краща. Це пов'язано з більш тривалим терміном служби батарей. Хоча інші пристрої «RECTIFIER і INVERTER» працюють безперервно і можуть швидше вийти з ладу. Але їхня ціна значно менша за вартість акумуляторів.

Для стійкої роботи таких «UPS» необхідно забезпечити безперешкодне надходження повітря.

До недоліків можна віднести шум під час роботи.

ККД ДБЖ з подвійним перетворенням - близько дев'яносто відсотків. Постійна подвійна конвертація струму та охолодження супроводжується втратами енергії. Але просідання ефективності незначне і цілком компенсується перевагами пристрою.

Близько десяти років тому компанія APC створила вдосконалену конструкцію ДБЖ з подвійним перетворенням. Цей тип називається «DeltaconversiononlineUPS», серія –«Symmetra».

Лінійно-інтерактивне ДБЖ - це джерело безперебійного живлення, виконане за схемою з комутувальним пристроєм «Off-Line» і доповнене автоматичним регулятором напруги «AVR» на основі автотрансформатора з обмотками, які можна перемикаєти (ступінчастим стабілізатором).

Основна перевага лінійно-інтерактивного ДБЖ, як порівняти з джерелом резервного типу, полягає в тому, що він здатний забезпечити нормальне живлення навантаження в разі підвищеної або зниженої напруги електромережі (найпоширеніший вид неполадок у вітчизняних електромережах) без переходу в автономний режим. У підсумку подовжується термін служби акумуляторних батарей.

Недоліком лінійно-інтерактивної схеми є ненульовий час перемикання (~4 мс) навантаження на живлення від батарей, а також грубіша стабілізація напруги (як порівняти з ДБЖ On-Line) у мережевому режимі - 5-22% (залежно від моделі ДБЖ).

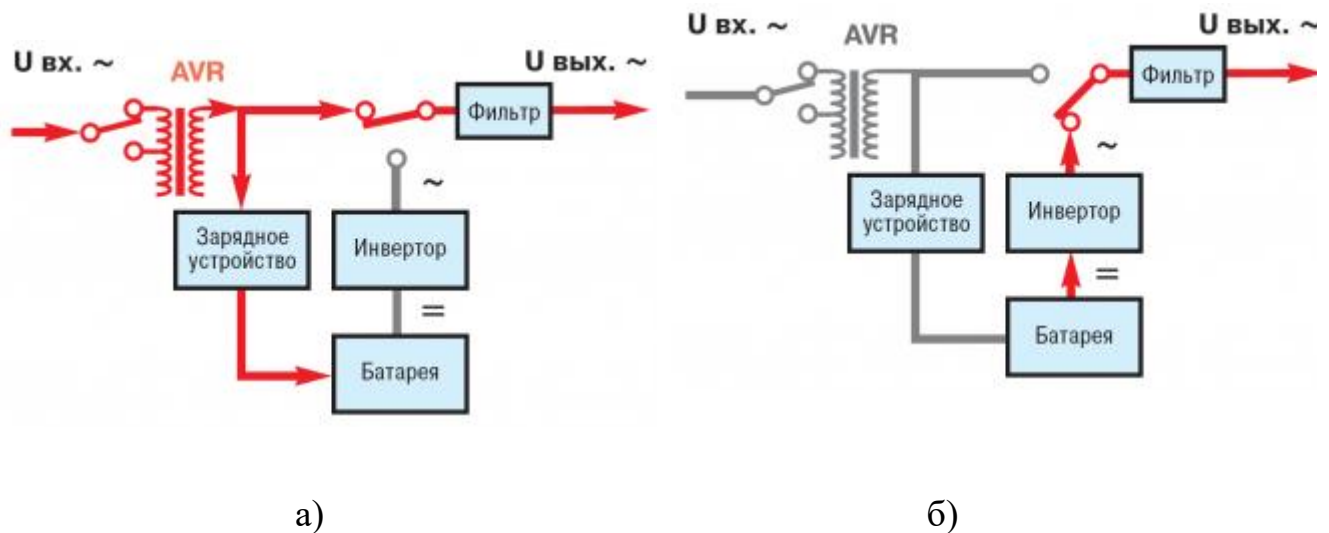


Рисунок 1.4 – а) Line-Interactive нормальний режим роботи,
б) Line-Interactive автономний режим роботи

За ефективністю лінійно-інтерактивні ДБЖ посідають проміжне становище між простими і відносно дешевими резервними джерелами «Off-Line» і високоефективними, але дорогими ДБЖ із подвійним перетворенням енергії «On-Line». Як правило, лінійно-інтерактивні ДБЖ застосовують для захисту персональних комп'ютерів, моніторів, робочих станцій, вузлів локальних обчислювальних мереж та іншого офісного обладнання.

До переваг лінійно-інтерактивної схеми також відносяться її порівняльна простота і надійність, нижча вартість, а також високий ККД в мережевому режимі. Лінійно-інтерактивні ДБЖ поділяють на дві основні групи за способом отримання вихідної напруги в батарейному режимі: ДБЖ з апроксимованою синусоїдою і ДБЖ із чистою синусоїдальною напругою. Пристрої першого типу призначені здебільшого для роботи з імпульсними джерелами живлення персональних комп'ютерів і найпоширеніші. Агрегати другого типу в багатьох випадках можна

використовувати як альтернативу ДБЖ із подвійним перетворенням «On-Line», наприклад, для живлення електродвигунів, циркуляційних насосів систем опалення та газових котлів.

Лінійно-інтерактивні ДБЖ прекрасно працюють з будь-якими електронними пристроями, оснащеними імпульсними джерелами живлення, включно з комп'ютерним обладнанням. Це відбувається завдяки тому, що імпульсні блоки живлення нечутливі до форми синусоїди живильної напруги, а також її короткочасних провалів.

1.2 Проблеми електроживлення та способи їх вирішення за допомогою ДБЖ







Основною причиною втрати актуальних даних у сучасних ІТ-інфраструктурах є погана якість електроенергії та її непостійна подача. Збої в системах електропостачання вкрай негативно позначаються на роботі високотехнологічного обладнання, а сильні перепади здатні на незворотні ушкодження блоків живлення і найскладніших систем. На розв'язання подібних проблем спрямовані сучасні ДБЖ, які виступають гарантом, що запобігає обладнанню від збоїв у роботі (Таблиця 1.1).

Радіоелектронна апаратура нині переважно живиться від мережі змінного струму 220 В. Тому дуже важливо уявляти, якими характеристиками володіє напруга в цій мережі. Відповідно до вимог до джерел електроенергії ~220 В відповідно до ГОСТ Р 54149 - 2010:

- відхилення напруги від номіналу не повинно перевищувати $\pm 10\%$;
- відхилення частоти мережі від номінального значення 50 Гц не має перевищувати $\pm 0,4$ Гц;
- живлення мережі не повинно пропадати більш ніж на 30 с.

Крім того, в мережі допустима поява імпульсного збільшення, або зменшення напруги тривалістю до 10 мс і швидкі зміни напруги з частотою до 8 Гц і напругою до 1,38 від номінального значення. Форма напруги теж може бути негармонійною та несиметричною. Усі ці явища можуть призвести до нестабільності роботи радіоелектронної апаратури, що живиться від мережі 220 В.

Таблиця 1.1 – Вирішування проблем електроживлення

№ п/п	Проблеми живлення	Напруга	Визначення	Причина	Рішення
1	Зникнення напруги		Повне відключення електромережі живлення	Удар блискавки, урвища мережі, навантаження мережі, аварії та стихійні лиха	Однофазні ДБЖ серії 3
2	Провал напруги		Короткочасне зниження напруги	Включенням великого навантаження, перемиканням живлення мережі, несправностями в мережі, блискавками, нездатністю мережі живлення забезпечити рівень навантаження. На додаток до вимкнення обладнання, провали живлення можуть призвести до його пошкодження	
3	Слеск напруги		Короткочасне підвищення напруги	Удар блискавки, у разі напруга може досягати 6кВ. Кидки напруги майже завжди викликають втрати даних та пошкодження обладнання	
4	Зниження напруги		Зниження напруги па період від кількох хвилин до кількох днів	Навмисне зниженням напруги мережі для збереження потужності під час пікових періодів або інших підвищень навантаження, що перевищують номінальні можливості мережі	Однофазні ДБЖ серії 5
5	Підвищення напруги		Зниження споживаної напруги	Відключенням потужного обладнання або послідовною комутацією електромережі. Може спричинити пошкодження обладнання.	
6	Електромагнітні перешкоди		Високочастотні перешкоди	Можуть бути викликані впливом високочастотних перешкод або електромагнітних випромінювань, що створюються передавачами, зварювальним обладнанням, блискавками тощо.	Одно- і трифазні ДБЖ серії 9

Закінчення таблиці 1.1

7	Відхилення чистоти		Порушення стабільності частоти	Викликається завантаженням та розвантаженням генераторів або невеликих когенераційних станцій. Відхилення частоти можуть спричинити помилки роботи обладнання, втрату даних, системні збої та пошкодження обладнання.			
8	Перехідні процеси при комутації		Короткочасне зниження напруги	Звичайна тривалість менша, ніж у імпульсних сплесків і в основному вимірюється в наносекундах			
9	Нелінійні спотворення напруги		Спотворення форми сигналу	Імпульсні джерела живлення, приводи і двигуни з чистотним регулюванням. Може спричинити помилки зв'язку, перегрів і пошкодження обладнання.			

Широко поширена класична схема електропостачання радіоелектронної апаратури забезпечує безперебійність електроживлення. Ці ж функції виконують й інші пристрої, які успішно розвиваються, виокремлені в окремий клас і дістали назву пристрої безперебійного живлення (БЖ), іноді їх називають ДБЖ.

Джерела БЖ дають змогу покращувати якість електроенергії для радіоелектронної апаратури та її окремих вузлів.

Найпростішою схемою БЖ є буферна схема. У ній як первинне джерело живлення постійного струму застосовується акумулятор або батарея хімічних елементів (Рисунок 1.5).

Як основну перевагу буферної схеми підключення акумулятора слід зазначити її простоту. У більшості схем сучасної портативної радіоелектронної апаратури використовується саме ця схема. У буферній схемі підключення акумулятор бере участь у придушенні перешкод від джерела мережевого живлення. Це є ще однією перевагою буферної схеми джерела безперебійного живлення постійного струму.

Як недолік буферної схеми слід зазначити труднощі здійснення режиму заряду-розряду акумулятора. У результаті акумулятори дуже часто виходять з ладу. До конструкції акумулятора теж висуваються підвищені вимоги - під час його роботи

не повинні виділятися гази, здатні зруйнувати радіоелектронну апаратуру. Наприклад, під час роботи кислотних акумуляторів можуть виділятися пари кислоти, тому цей тип акумуляторів, здатний забезпечувати значні струми за малих габаритів акумулятора, у джерелах безперебійного живлення не застосовується. Під час роботи з лужними акумуляторами дуже важливо забезпечувати повний розряд акумулятора, інакше акумулятор швидко вийде з ладу. Зараз зазвичай застосовуються або метал-гідридні, або літій-іонні акумулятори, які менше схильні до описаної проблеми. Проте час від часу потрібно виконувати прогонку акумуляторів - кілька повних циклів заряду-розряду акумуляторів.

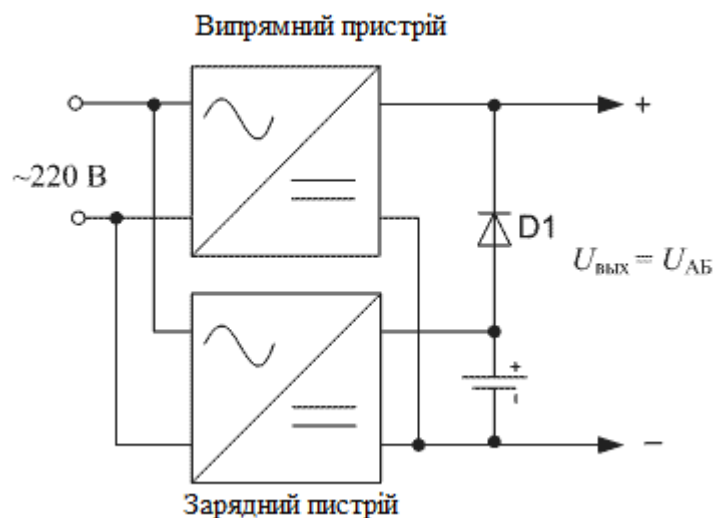


Рисунок 1.5 – Схема джерела безперебійного живлення постійного струму з відокремленою АБ

Неполадками в мережі живлення вважаються:

- аварія мережевої напруги (напруга в живильній мережі повністю зникла);
- високовольтні імпульсні перешкоди (різке збільшення напруги до 6 кВ тривалістю від 10 до 100 мс);
- довготривалі та короточасні підсадки і сплески напруги;
- високочастотний шум (високочастотні перешкоди, що передаються електромережею);
- втеча частоти (відхилення частоти більш ніж на 3 Гц).

Масове використання ДБЖ пов'язане із забезпеченням безперебійної роботи комп'ютерів, що дає змогу під'єднаному до ДБЖ обладнанню за умови пропажі

електричного струму або виходу його параметрів за допустимі норми деякий нетривалий (зазвичай - до 10-15 хвилин) час продовжити роботу. Крім комп'ютерів, ДБЖ забезпечують живленням й інше електричне навантаження, критичне до наявності живлення з нормальними параметрами електроживильної мережі, наприклад, схеми керування опалювальними котлами. ДБЖ здатний коригувати параметри (напругу, частоту) вихідної мережі. Вкрай рідкісні екземпляри можуть поєднуватися з різними видами генераторів електроенергії (наприклад, дизель-генератором).

Важливими показниками, що зумовлюють вибір схеми побудови ДБЖ, є час перемикання навантаження на живлення від акумуляторних батарей і час роботи від акумуляторної батареї.

Ноутбукам та іншим пристроям, що мають вбудовану акумуляторну батарею, ДБЖ не потрібен - акумулятор із вбудованими схемами перемикання сам є таким.

Резервна схема живлення

Резервна схема «англ. Off-Line, Standby» - у нормальному режимі живлення під'єданого навантаження здійснюється безпосередньо від первинної електричної мережі, яке ДБЖ фільтрує (високовольтні імпульси та електромагнітні перешкоди) пасивними фільтрами. У разі виходу електроживлення за нормовані значення напруги (або її зникнення) навантаження автоматично перепідключається до живлення від схеми, що отримує електричну енергію від власних акумуляторів за допомогою простого інвертора. При появі напруги в межах норми, знову перемикає навантаження на живлення від первинної мережі.

Вихідна потужність ДБЖ

Залежно від потужності, ДБЖ ділять на такі категорії:

- до 1000 ВА (вольт-ампери) - використовуються для захисту домашніх персональних комп'ютерів;
- від 1000 до 5000 ВА - використовуються для захисту серверів і локальних мереж;
- понад 5000 ВА - застосовуються для захисту великої кількості пристроїв і серверів.

Тут важливо уточнити, що, незважаючи на типові позначення в назвах пристроїв потужності у вольт-амперах, під час купівлі потрібно дивитися не на нього, а на вати (Вт). Різниця між ними така:

- ВА - величина, що дорівнює добутку сили струму на напругу (Ампер*Вольт);
- Вт - величина, що дорівнює добутку сили струму на напругу і на коефіцієнт навантаження (Ампер*Вольт*cosφ).

Коефіцієнт навантаження - це число, що вказує на те, скільки потрібно сили струму, щоб «запхати» його в пристрій, і він при цьому нормально працював (частина потужності під час передачі втрачається).

Для того щоб розрахувати мінімально необхідну потужність безперебійника для свого комп'ютера, потрібно оцінити його реальну потужність і додати до неї 20-30% на випадок апгрейда. Далі, до цього числа потрібно ще раз додати близько 30%, оскільки ДБЖ не варто навантажувати більш ніж на 80% від гранично допустимого навантаження.

На практиці це означає, що якщо ваш ПК споживає 300 Вт, то UPS потрібен на 507 Вт ($300 * 1,3 * 1,3$).

Активна потужність.

Корисна потужність, що відбирається навантаженням, зокрема й ДБЖ, з електромережі та перетворюється в енергію будь-якого іншого виду (механічну, теплову, електричну, електромагнітну тощо). Обчислюється як усереднений за періодом сигналу певний інтеграл добутку миттєвих значень вхідного струму і напруги (Рисунок 1.5). Одиниця вимірювання: Вт (ват).

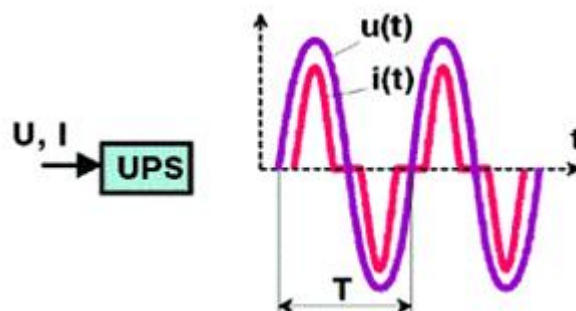


Рисунок 1.5 – Схема джерела безперебійного живлення з подвійним перетворенням

Час автономної роботи і швидкість переходу в режим ДБЖ.

Джерела безперебійного живлення для дому повинні перемикатися на автономну роботу протягом 7-10 мілісекунд і працювати в цьому режимі 5-10 хвилин. Однак, якщо на комп'ютері працюватимуть із важливою інформацією в інтернеті, то автономність потрібно підняти до 15 хвилин, а швидкість відгуку підвищити до 3-5 мілісекунд. І в цьому разі також потрібно врахувати не тільки час автономності під час під'єднання системного блока, монітора, мишки та клавіатури, а й під час під'єднання інших периферійних пристроїв: модему, роутера, сканера, принтера.

Висновки розділу

1. Розглянуто загальні структури ДБЖ.
2. Проведено аналіз основних типів ДБЖ.
3. Розглянуто переваги використання джерел безперебійного живлення.

2. ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

2.1 Загальна структура сонячних електростанцій

Сонячні фотоелектричні електростанції (СЕС, ФЕС, ФЕМ або ФЕС) - це тип електростанцій, які виробляють електроенергію шляхом прямого перетворення сонячної енергії в електричну. Для того, щоб надійно забезпечувати електроенергією споживачів, які використовують сонячну енергію, фотоелектрична станція, крім сонячних панелей, включає в себе ряд додаткових елементів, склад яких багато в чому залежить від типу і призначення сонячної електростанції.

Існує два основних типи сонячних фотоелектричних систем:

- автономні системи;
- системи, що працюють паралельно з мережею.

Автономна фотоелектрична система, крім сонячних панелей, зазвичай містить акумуляторні батареї (АБ) і контролер заряду і розряду (Рисунок 2.1).

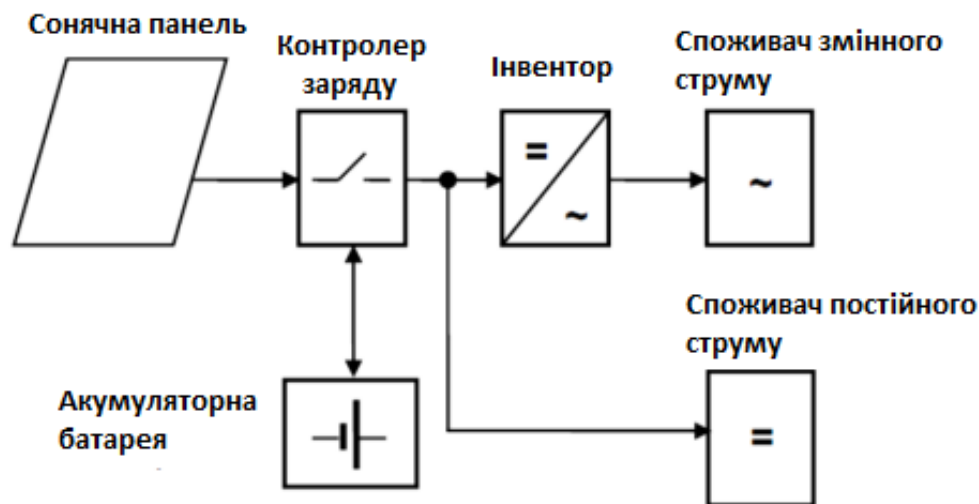


Рисунок 2.1 – Схема автономної фотоелектричної системи електропостачання

Якщо електроенергія повинна постачатися споживачам, які потребують стандартної напруги 220/380 В змінного струму, до складу фотоелектричної системи повинен входити інвертор. Інвертор - це пристрій, який перетворює постійний струм в змінний із заданими параметрами (напруга, частота). Крім того, як інтелектуальна система, він контролює і управляє роботою всієї енергетичної системи.

Параметри елементів фотоелектричної системи (тип і кількість сонячних модулів, ємність акумуляторних батарей, потужність інвертора), а отже, і їх вартість, залежать від багатьох факторів: складу електричного навантаження і середньодобового споживання електроенергії, характеру роботи фотоелектричної системи (сезонна або цілорічна), середньомісячної сонячної радіації і кількості днів без сонця поспіль в місцях встановлення фотоелектричних модулів, системи орієнтації сонячних панелей по відношенню до сонця і деяких інших факторів. Оскільки фотоелектричні модулі здатні генерувати електроенергію тільки в світлий час доби, їх встановлену потужність необхідно підбирати з розрахунком, що енергії, накопиченої за добу, буде достатньо для гарантованого забезпечення споживачів протягом однієї доби. Це призводить до необхідності суттєвого збільшення встановленої потужності СБ та ємності акумуляторних батарей. Очевидним недоліком автономних фотоелектричних систем є втрата надлишкової енергії в умовах мінімального навантаження. У більшості стандартних автономних фотоелектричних систем сонячна панель просто вимикається, коли батареї повністю заряджені. Можна використовувати надлишок енергії в баластах для нагріву води або повітря, що дозволяє трохи підвищити ефективність виробленої енергії, але не вирішує проблему повністю.

Основним недоліком автономних фотоелектричних установок є необхідність використання акумуляторних батарей, які працюють в циклічному режимі. Кількість робочих циклів звичайних свинцево-кислотних акумуляторів невелика (1500-2000), що вимагає їх частої заміни. Використання промислових акумуляторів з тривалим терміном служби, таких як нікель-кадмієві та літій-іонні батареї, вимагає значного збільшення фінансових вкладень в будівництво енергосистеми.

Крім того, необхідно враховувати, що батареї також мають втрати енергії. У кращому випадку ефективність процесів зарядки і розрядки акумуляторів становить 90%, і погіршується в міру їх старіння.

Використання фотоелектричної енергії в присутності мережі дозволяє уникнути багатьох, якщо не всіх, недоліків автономних систем. По суті, мережа - це велика батарея зі 100-відсотковою ефективністю, яка може приймати всю надлишкову енергію. Блок-схема фотоелектричної станції, підключеної до мережі (Рисунок 2.2).

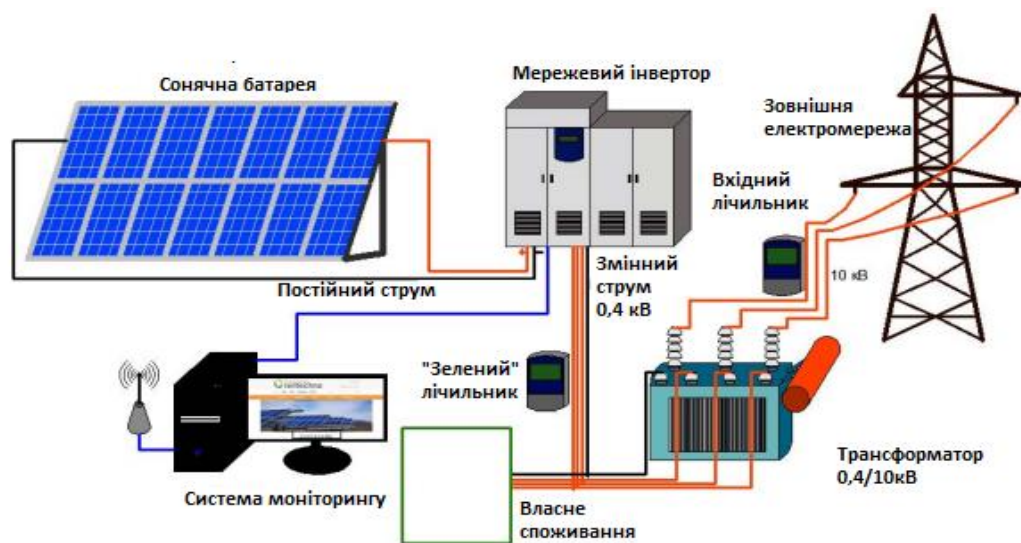


Рисунок 2.2 – Структурна схема мережевої фотоелектричної станції

Крім сонячних панелей, мережева фотоелектрична система зазвичай включає в себе

- мережеві інвертори, які перетворюють постійний струм (DC), що генерується сонячними панелями, в змінний струм (AC)
- контролери для максимального вилучення енергії з сонячних панелей;
- систему моніторингу для відстеження робочих параметрів сонячної електростанції;
- централізована мережа - лінія електропередач, до якої підключена електростанція;

- власні споживачі електроенергії (промислові або побутові прилади).

Зі свого боку, мережеві фотоелектричні електростанції поділяються на два основних типи, відповідно до способу їх побудови:

- без акумуляторів;
- з акумуляторами.

На практиці найбільшого поширення набули фотоелектричні системи без акумуляторів. Фотоелектричні системи без акумуляторів дуже надійні і практично не потребують обслуговування. Крім того, вони мають найвищу ефективність використання енергії сонячних панелей - від 90 до 98%. Для їх запуску та синхронізації використовуються спеціальні мережеві інвертори, які використовують мережу опорної напруги для запуску та синхронізації сонячних панелей. Недоліком цих систем є те, що енергопостачання споживачів переривається у разі збою в центральній мережі. Оскільки мережеві інвертори виробляють напругу, ідентичну напрузі мережі, інвертор припиняє роботу, якщо напруга в мережі зникає. Переривання виходу мережевих інверторів у разі збою в мережі також пов'язане із забезпеченням безпеки під час ремонтних робіт (необхідно переконатися, що на лінії відсутня напруга, якщо подача напруги відключена електриком на підстанції). У разі ненадійної електромережі використовуються фотоелектричні системи з акумуляторними батареями, які набагато складніші, але дозволяють створювати системи безперебійного енергопостачання споживачів. Потужність інвертора в таких системах визначається сумарною потужністю навантаження, яке необхідно жити під час збоїв в мережі, відстань між збоями визначає ємність акумуляторної батареї і встановлену потужність сонячної батареї. Для забезпечення максимально ефективної роботи підключеної до мережі фотоелектричної системи з акумуляторною батареєю необхідний спеціалізований автономний (акумуляторний) інвертор.

Існує 3 можливих способи побудови таких систем:

1) Сонячні батареї заряджають акумуляторну батарею через контролер заряду, а енергія передається в навантаження і мережу через інвертор.

2) Сонячні батареї живляться від фотоелектричного інвертора, підключеного до мережі, яка живить навантаження, надлишкова енергія використовується для заряду батарей і, якщо батареї заряджені, вона відправляється в мережу.

3) Гібридна система, що включає елементи обох перерахованих вище типів.

Структурну схему мережевої фотоелектричної системи з контролером заряду наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Схема мережева фотоелектрична система електропостачання контролером заряду постійного струму

Цей варіант конструкції системи є найпростішим і найпоширенішим. У цій системі батареї заряджаються від сонячних панелей через контролер заряду постійного струму. При використанні стандартного ДБЖ заряд батарей відбувається від мережі, коли мережа доступна, а сонячні панелі мало використовуються.

Для максимального використання енергії, виробленої сонячними панелями, використовується контролер MPPT і спеціальний інвертор з функцією передачі електроенергії в навантаження або мережу, коли напруга батареї вище заданої.

При цьому, навіть якщо акумулятори повністю заряджені, енергія від сонячних панелей передається на навантаження, тим самим зменшуючи споживання з мережі. Якщо навантаження споживає менше енергії, ніж виробляють сонячні панелі, такий інвертор може або віддати надлишок в мережу, або зменшити віддачу сонячних панелей, підвищивши напругу на акумуляторах. Перевагами таких систем є можливість використання сонячної енергії як при наявності мережі, так і під час перебоїв в ній; можливість відновлення роботи при тривалих відключеннях електроенергії і глибокому розряді акумуляторів за рахунок зарядки батареї від СБ. До недоліків можна віднести подвійне перетворення сонячної електроенергії, що призводить до додаткових втрат в контролері, інверторі та частково в акумуляторних батареях, циклічна робота акумуляторних батарей при перебоях в централізованому електропостачанні, що призводить до їх швидкого зносу. Для побудови такого типу фотоелектричних систем можна використовувати наступні моделі інверторів: Xtender XTH/XTM, SMA Sunny Island, Xantrex XW, RichElectric CombiPlus, Outback GFX/GVFX тощо. У разі збою в електромережі інвертор починає генерувати енергію від акумуляторів. Якщо сонячні панелі підключені до акумуляторів через контролер заряду, інвертор використовує сонячну електроенергію, а якщо її недостатньо - енергію від акумуляторів. Якщо сонячної енергії більше, ніж потрібно для споживачів, вона використовується для зарядки акумуляторів. Фотоелектрична система електропостачання з мережевим інвертором на вході ДБЖ (Рисунок 2.4).

Перевагами цієї фотоелектричної системи є можливість використання мережевих та автономних інверторів з мінімальним набором опцій, широко доступних на ринку від численних виробників. Батареї постійно заряджаються, працюють в буферному режимі і використовуються тільки при відключенні електроенергії з мережі. Цей тип ФЕС доцільно використовувати в системах електропостачання, де основне споживання сонячної електроенергії відбувається вдень, а централізовані відключення електроенергії трапляються рідко і нетривалі. Протягом дня мережевий інвертор забезпечує енергією всіх споживачів, включаючи резервних. Надлишок енергії відправляється в загальну мережу тільки

в тому випадку, якщо споживання менше, ніж генерують сонячні панелі, а енергія сонця також використовується для зарядки акумулятора. Коефіцієнт корисної дії мережевих інверторів зазвичай перевищує 90%, що забезпечує хороші енергетичні показники всієї системи електропостачання.

Єдиним недоліком є те, що використання сонячної енергії переривається в разі збою в електромережі.

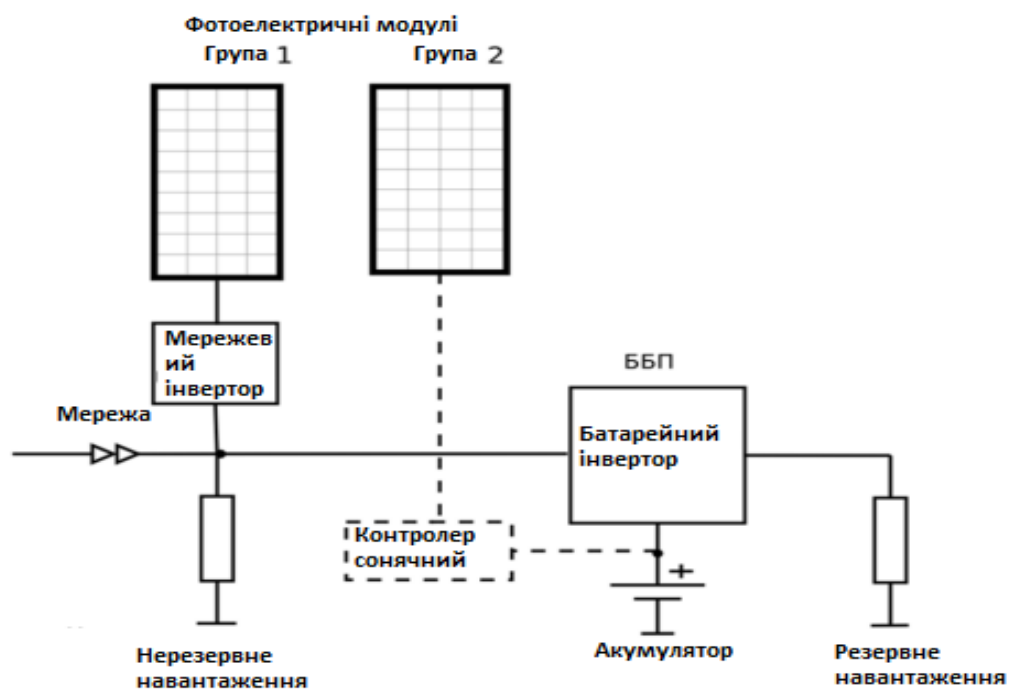


Рисунок 2.4 –Схема мережева фотоелектрична система електропостачання мережевим інвертором на вході ДБЖ

Потужність ДБЖ в таких системах підбирається відповідно до потужності резервного навантаження і не залежить від потужності сонячних панелей. Потужність мережевого інвертора може бути як більшою, так і меншою за потужність ДБЖ. Для відновлення роботи системи в разі глибокого розряду акумулятора в схемі електростанції можна передбачити невелику сонячну панель, яка підключається до акумулятора через контролер заряду (показано пунктиром). Якщо відключення нетривалі, ці елементи можна не використовувати. Найбільш

універсальними є фотоелектричні системи з мережевим інвертором на виході ДБЖ (Рисунок 2.5). У цій схемі побудови електростанції також використовується вискоелективний мережевий інвертор, але відмінність від попередньої схеми полягає в тому, що за відсутності напруги в мережі сонячні панелі продовжують живити резервне навантаження і заряджати акумулятори. У звичайному режимі, при наявності напруги в мережі, «grid-tie» інвертор забезпечує енергією резервне навантаження, при цьому ефективність перетворення інвертора дуже висока – понад 90-95%. Якщо навантаження споживає менше, ніж виробляють сонячні панелі, надлишок енергії використовується для зарядки акумуляторів. Якщо навантаження споживає більше, енергія, якої не вистачає, береться з мережі. Коли батареї повністю заряджені, надлишок енергії відправляється в загальну мережу і живить інше навантаження. У разі збою в мережі ДБЖ перемикається на роботу від батарей і одночасно забезпечує опорну напругу для мережевого інвертора. Таким чином, сонячна енергія продовжує використовуватися навіть у разі збою в мережі. Як і у випадку з мережею, надлишкова сонячна енергія використовується для заряджання акумуляторів.

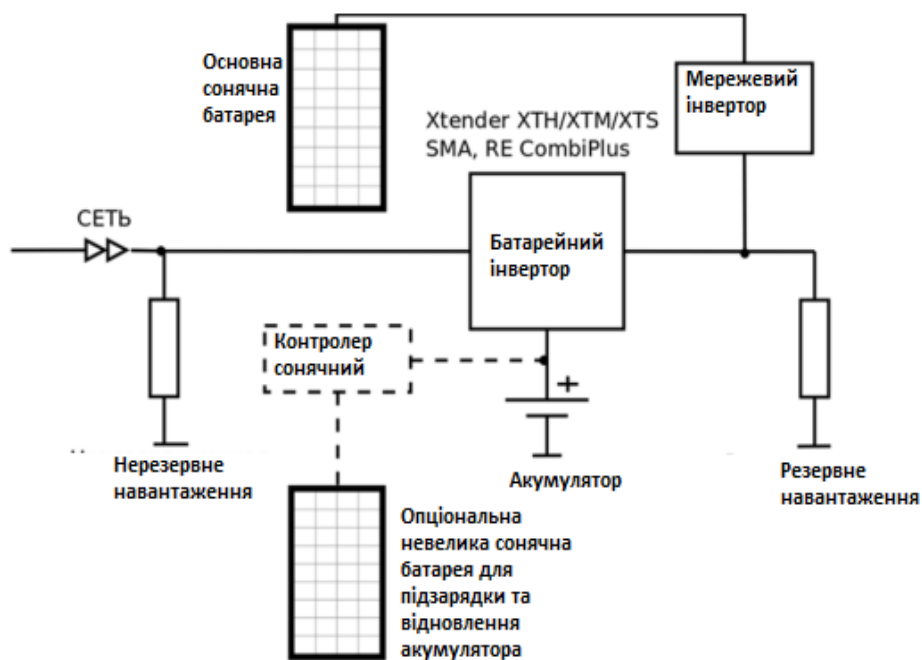


Рисунок – 2.5. Схема мережева фотоелектрична система електропостачання з мережевим інвертором на виході ДБЖ

Якщо напруга в мережі не зникає, але виходить за допустимі межі, інвертор відключається від мережі і продовжує жити відповідальне навантаження якісним струмом – від СБ і від акумулятора. Навантаження підключається до інвертора і живиться наявною в мережі напругою. Перевагами системи є ефективне використання акумуляторів (буферний режим), ефективне використання відновлюваної сонячної енергії, а також можливість відновлення в разі глибокого розряду батареї за допомогою невеликого акумулятора, підключеного до батареї через контролер заряду (показано пунктирною лінією). До недоліків можна віднести необхідність використання спеціальних гібридних автономних інверторів, які можуть заряджати батарею від виходу, а також відправляти надлишок сонячної енергії в мережу. Такий інвертор повинен або подавати сигнал на вимкнення мережевого інвертора, або підвищувати вихідну частоту для управління мережевим інвертором (більшість мережевих інверторів припиняють роботу, коли частотні параметри виходять за задані межі). Для побудови таких систем необхідні моделі інверторів, які забезпечують вищезазначені функції, наприклад, Steca Xtender XTH/XTM, SMA Sunny Island, Xantrex XW, RichElectric CombiPlus тощо. Порівняльний аналіз схем побудови фотоелектричних систем показує, що використання мережевих інверторів і схем підключення, показаних на (див. рис. 2.4 і 2.5), в більшості випадків підвищує ефективність системи, особливо якщо більша частина сонячної енергії споживається вдень. Використання спеціальних ДБЖ з можливістю заряду акумуляторної батареї від виходу дозволяє використовувати мережеві фотоелектричні інвертори навіть під час перебоїв в електропостачанні від централізованої мережі. Аналіз також показав, що схеми побудови фотоелектричних систем досить різноманітні і вимагають використання спеціалізованого енергетичного обладнання. При цьому ефективність всієї енергосистеми в значній мірі буде визначатися складом і характеристиками використовуваного енергетичного обладнання. SMA Solar Technology AG – одна з провідних світових компаній з розробки, виробництва та продажу енергетичного обладнання та пристроїв для побудови різноманітних систем електропостачання. Технології SMA, розроблені з використанням останніх досягнень електроніки,

дозволяють максимально підвищити ефективність автономних, мережових і резервних систем електропостачання, заснованих як на традиційних, так і на альтернативних джерелах енергії. Як технологічний лідер, SMA Solar Technology розробляє і виробляє високоефективні інвертори потужністю від 2 до 1000 кВт для установок будь-яких розмірів, класів потужності і специфікацій. Продажі компанії у 2020 році склали 1,5 млрд. Євро. Інвертори SMA характеризуються високою ефективністю. Наприклад, розроблений компанією інвертор Sunny Mini Central має ККД понад 98%. SMA пропонує різноманітні моделі інверторів, які можна розділити за трьома важливими характеристиками: потужність, спосіб підключення на стороні постійного струму (DC) і топологія електричного кола. Допустима потужність інвертора коливається від 1600 Вт до декількох мегават. Встановлена номінальна потужність може становити від 3 до 6 кВт (один кіловат дорівнює 1000 Вт) для енергосистем приватного сектора, від 10 до 20 кВт для комерційних фотоелектричних установок на дахах підприємств або господарських будівель і від 500 до 800 кВт для фотоелектричних електростанцій. Важливою технічною характеристикою інверторів є спосіб підключення з боку постійного струму, який визначає можливі варіанти підключення фотоелектричних модулів до інвертора. Ця проблема викликана тим, що в багатьох (особливо великих) фотоелектричних станціях сонячна батарея може містити кілька масивів фотомодулів з різною освітленістю і навіть різними типами, а отже, і різними енергетичними характеристиками. Для максимального використання сонячної енергії компанія SMA розробила спеціальні багатолінійні інвертори.

2.2 Перерахунок сонячної енергії, що падає на поверхню ЕАЗС та вибір оптимального кута установки сонячних батарей

Оскільки на запланованих панелях будуть встановлені безпосередньо на даху навісу електрозарядні пристрої, необхідно врахувати кут установки сонячних модулів. Розрахунок проводиться згідно з методикою. Для визначення добового опромінення похилого майданчика необхідно середньомісячне надходження сонячної радіації в кВт-год/місяць на майданчик, що має такий же кут нахилу, як і сонячні панелі, розділити на кількість днів у місяці. Планується, що сонячно-електрична система підзарядки буде енергоавтономною і повністю живитиметься від сонячних панелей. Розрахунок проведемо для серпня місяця, оскільки це середина року. Схилення Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця та її проекцією на екватор) в середній день місяця, град.

Перерахунок сонячної енергії та вибір оптимального кута установки сонячних батарей форми визначають за формулою:

$$\delta = 23.45 \times \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) = 23.45 \times \sin\left(360 \frac{284 + 228}{365}\right) = 22.10^\circ \quad (2.1)$$

де n – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня.

Для решти місяці в розрахунок проводиться аналогічно та занесений до таблиці 2.1, для наочності данні таблиці, за допомогою програмного Забезпечення «MS Excel» перенесено на графік (Рисунок 2.6).

Таблиця 2.1 – Кут відміни Сонця по місяцях

МІСЯЦЬ	СІЧЕНЬ	ЛЮТИЙ	БЕРЕЗЕНЬ	КВІТЕНЬ	ТРАВЕНЬ	ЧРВЕНЬ	ЛИПЕНЬ	СЕРПЕНЬ	ВЕРЕСЕНЬ	ЖОВТЕНЬ	ЛИСТОПАД	ГРУДЕНЬ
δ_c , град	- 21,2 8	- 13,2 7	-2,83	9,42	18,7 6	23,2 4	21,5 4	13,7 6	2,29	-9,61	- 19,0 4	- 23,3 6

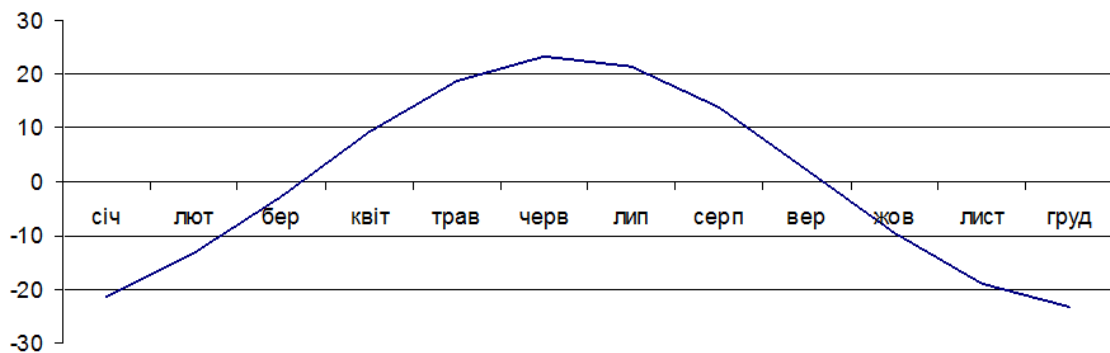


Рисунок 2.6 – Графік кута відміни Сонця по місяцях

Для забезпечення умов поглинання сонячної енергії сонячними панелями, його поглинаюча поверхня повинна бути орієнтована на південь кутом нахилу $\beta_{\text{опт}}$, який дорівнюватиме:

Кут нахилу визначають за формулою:

$$\beta_{\text{опт}} = \varphi_p - \delta_c \quad (2.2)$$

де - φ_p широта місцевості, де розглядається проектування ФЕС.

Розрахунки занесено до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Оптимальний кут установки фотоелементів

МІСЯЦЬ	СІЧЕНЬ	ЛЮТИЙ	БЕРЕЗЕНЬ	КВІТЕНЬ	ТРАВНЬ	ЧРВЕНЬ	ЛИПЕНЬ	СЕРПЕНЬ	ВЕРЕСЕНЬ	ЖОВТЕНЬ	ЛИСТОПАД	ГРУДЕНЬ
β _{опт} , град	26,65	34,76	45,87	57,98	66,56	71,85	69,23	61,94	50,54	38,36	29	24,86

Згідно з (Рисунком 2.7), оптимальний кут нахилу сонячних панелей для повністю автономного живлення електрозарядної станції становитиме 45 градусів, як показано на графіку.

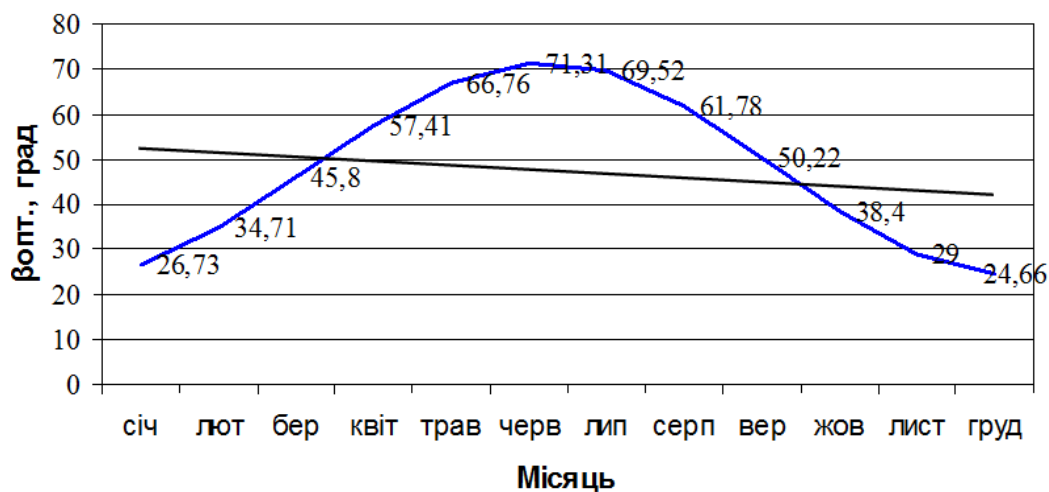


Рисунок 2.7 – Оптимальний кут встановлення фотоелементів

Розрахунок проводитимемо для зимового місяця, оскільки це найбільш несприятливий місяць.

Годинний кут заходу сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією визначають за формулою:

$$\omega_{zn} = \arccos[-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta] = \arccos(-tg(45 - 90) \cdot tg(22.10)) = 91,62 \quad (2.3)$$

де φ широта місцевості, град;

β – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту;

$\beta=45^\circ$, так як він най оптимальніший для нашої місцевості, згідно графіка рисунка 2.3.

Часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні визначають за формулою:

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\delta) = \arccos(-\operatorname{tg}(48) \cdot \operatorname{tg}(22.10)) = 116,8^\circ \quad (2.4)$$

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальною на похилою поверхню визначають за формулою:

$$R_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{3н} + \frac{\pi}{180} \omega_{3н} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \omega_3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta} =$$

$$\frac{\cos(48 - 45) \cdot \cos(22.10) \cdot \sin(91.62) + \frac{\pi}{180} 91.62 \cdot \sin(48 - 45) \cdot \sin(22.10)}{\cos(48) \cdot \cos(22.10) \cdot \sin(116.8) + \frac{\pi}{180} 116.8 \cdot \sin(48) \cdot \sin(22.10)} = 0,8689 \quad (2.5)$$

де β - кут нахилу сонячної батареї до горизонту, град;

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної площини на похилу площину з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, що відповідають

45

прямого, розсіяного та відбитому сонячному випромінюванню визначають за формулою:

$$R = \left(1 - \frac{Ep}{E}\right) \cdot R_n + \frac{Ep}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2} =$$

$$\left(1 - \frac{0,6}{0,96}\right) \cdot 0,8689 + \frac{0,6}{0,96} \cdot \frac{1 + 0,719}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - 0,719}{2} = 1,23 \quad (2.6)$$

де E_p – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню;

E_p/E – середньомісячна денна частка розсіяного сонячного випромінювання;

β – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту;

$\beta=45^\circ$, оскільки він най оптимальніший для розглянутої місцевості.

Середньомісячне значення за добу дифузне випромінювання, падаючого потоку на горизонтальну поверхню (Таблиця 2.3) згідно з даними NASA.

Таблиця 2.3 – Середньомісячне значення за добу дифузне випромінювання, падаючого потоку на горизонтальну поверхню

МІСЯЦЬ	СІЧЕНЬ	ЛЮТИЙ	БЕРЕЗЕНЬ	КВІТЕНЬ	ТРАВЕНЬ	ЧРВЕНЬ	ЛИПЕНЬ	СЕРПЕНЬ	ВЕРЕСЕНЬ	ЖОВТЕНЬ	ЛИСТОПАД	ГРУДЕНЬ	РАЗОМ
E_p , (кВт·ч /м ² день)	0,78	1,16	1,65	2,18	2,57	2,77	2,45	2,41	1,85	1,24	0,83	0,6	1,67

Кут нахилу розраховується відповідно до оптимальної роздільної здатності використання та генерації сонячної енергії, оскільки панелі стаціонарні і не обертаються разом з сонцем, а система нахилу відсутня. Тому взимку, коли сонце стоїть низько, панель повинна бути повернута в один бік, а влітку – навпаки.

Отже, кут становить 45° .

R – коефіцієнт відбиття (альbedo) земної поверхні і навколишніх тіл, який зазвичай приймається рівним 0,7 для зими і 0,2 для літа; ми беремо його для зимового часу, щоб уточнити кількість енергії, яка падає на Землю.

Якщо сонячні панелі встановлені під певним кутом β до горизонту.

Середньомісячну добову кількість прямої сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, можна знайти за формулою:

$$E_{авг} = R \cdot E = 1,23 \cdot 0,96 = 1,1808 \text{кВт} \cdot \text{ч/м}^2 \quad (2.7)$$

де $E_{авг}$ – середньомісячна денна сумарна кількість прямої сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню, кВт·ч/м²/день. Це в свою чергу показує, що під кутом 45°, наші панелі працюватимуть у номінальному режимі, відповідно ККД установки буде знижуватися через температуру, що в свою чергу вказує на необхідність проведення подальших досліджень. Але для проектування СЕС враховуємо лише перерахунок енергії на похилу поверхню.

2.3 Основні типи інверторів для сонячних електростанцій

Поява нових напівпровідникових приладів, таких як IGBT, MOSFET та високопродуктивних мікроконтролерів, сприяла впровадженню схемотехніки перетворювачів даних в електроенергетичних системах.

Розробкою та дослідженням різних аспектів пристроїв силової електроніки та систем генерації електроенергії в різний час займалися такі видатні вітчизняні та зарубіжні вчені, як А. Nabaе, L. G. Franquelo, Н. Akagi, D. Holmes, E. Gubia, F. Vlaabjerg, Т. Lipo та інші.

Як правило, інвертор містить, крім сонячних фотомодулів, напівпровідникових перетворювачів (ПК) DC/DC і DC/AC, акумуляторну батарею, фільтр і трансформатор (Рисунок 2.8), який виконує функції гальванічної розв'язки і узгодження рівня вихідної напруги з мережею або навантаженням у випадку автономного інвертора.

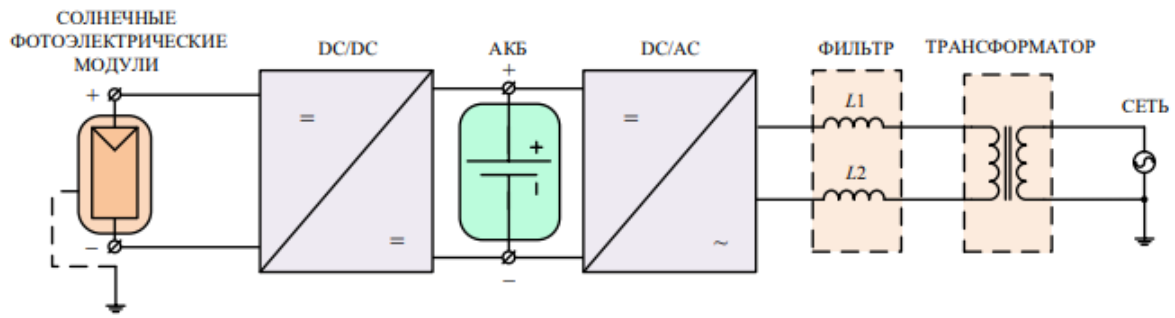


Рисунок 2.8 – Структура інвертора з трансформатором

За способом гальванічної розв'язки системи генерації електроенергії поділяються на два основні типи: трансформаторні інвертори та безтрансформаторні інвертори. Важко зменшити вагу та розміри інвертора, який містить трансформатор (див. рис. 2.8). Крім того, вартість таких систем генерації зазвичай вища порівняно з безтрансформаторними інверторами. Безтрансформаторні системи генерації електроенергії дозволяють підвищити ефективність і зменшити вагу та вартість. Структура такої системи генерації показана (Рисунок 2.9). Сьогодні у світі проводяться дослідження, спрямовані на покращення енергетичних показників якості перетворення електроенергії в інверторах. Серед іншого, до них відносяться коефіцієнт гармонік вихідного струму генеруючої системи, а також ККД напівпровідникового перетворювача, які характеризують енергоефективність інвертора. Крім того, ведуться роботи з поліпшення технічних характеристик інвертора, в першу чергу пов'язані зі зменшенням його ваги і габаритів. Ці роботи в основному пов'язані з дослідженням безтрансформаторних інверторів.

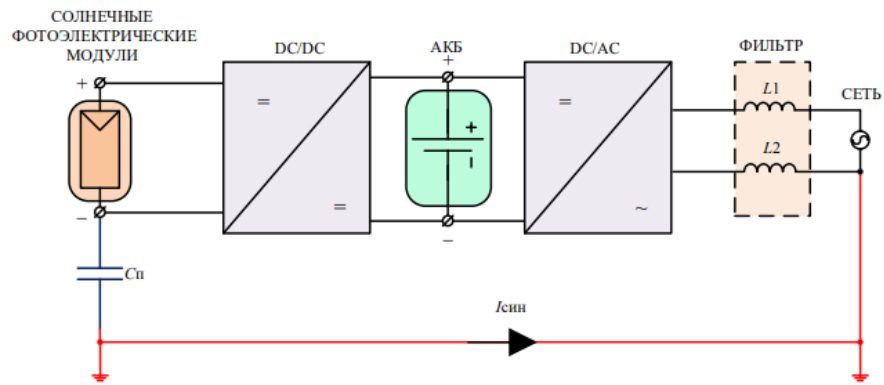


Рисунок 2.9 – Структура інвертора без трансформатора

Негативним фактором усунення структури трансформаторної системи генерації є поява паразитного синфазного струму витоку (ССВ). Струм витоку протікає по колах, які включають паразитні елементи схеми системи генерації (ємності та індуктивності) (див. рис. 2.9). Наявність СТС призводить до зниження якості вихідної напруги та струму, що генеруються перетворювачем, а також є причиною виходу з ладу деяких типів сонячних фотоелектричних модулів і створює загрозу ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу. На сьогоднішній день дослідженню безтрансформаторних інверторів приділяється велика увага, але рівень теоретичних та експериментальних досліджень щодо підвищення енергоефективності інвертора, а також розробка методів розрахунку якості перетворення електричної енергії, методів та алгоритмів придушення струму міжфазного витоку не відповідають сучасним тенденціям розвитку систем генерації з використанням відновлюваних джерел енергії.

Висновки розділу

1. Розглянуто загальні структури сонячних електростанцій.
2. Проведено розрахунок сонячної енергії, що падає на поверхню ЕАЗС при заданих умовах.
3. Проведено вибір оптимального кута встановлення сонячних батарей при заданих умовах.
4. Проведено аналіз основних типів інвенторів.

3. Розробка моделі пристрою резервного живлення

Проведення моделювання

3.1 Розробка моделі

З огляду, проведеного у попередньому розділі за основу розробки взята безтрансформаторна схема пристрою резервного живлення (Рис. 3.1).

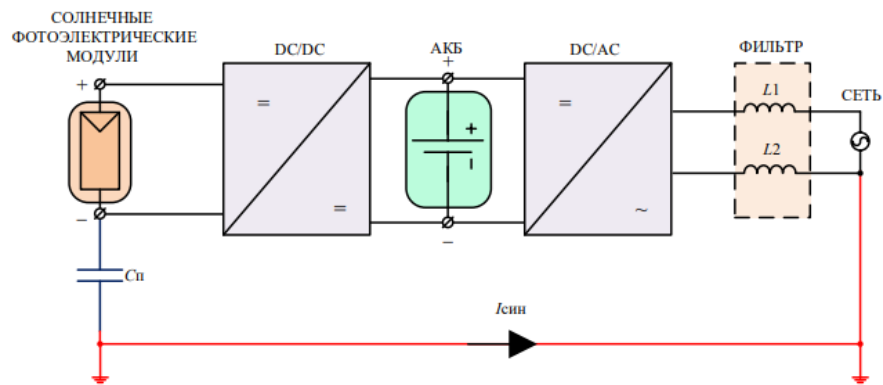


Рисунок 3.1 – Структура інвертора без трансформатора

Як видно з наведеної схеми пристрій містить такі електронні схеми як конвертор постійної напруги, що узгоджує напругу з виходу сонячної панелі з напругою акумуляторної батареї (АКБ) і інвертор, що перетворює постійну напругу з АКБ у напругу для резервного живлення споживачів. Розглянемо ці дві підсистеми окремо.

3.2 Модель підсистеми зарядження батареї від сонячної панелі

Тип і параметри сонячної панелі (МП) вказано у таблиці (Рисунок. 3.2)

Параметри сонячної панелі

Module:	SolarTech Universal HJTБ-W-325
Maximum Power (W)	329.5248
Cells per module (Ncell)	60
Open circuit voltage Voc (V)	44.07
Short-circuit current Isc (A)	9.51
Voltage at maximum power point Vmp (V)	37.92
Current at maximum power point Imp (A)	8.69
Temperature coefficient of Voc (%/deg.C)	-0.237
Temperature coefficient of Isc (%/deg.C)	0.035005

Рисунок 3.2 – Тип і параметри сонячної батареї.

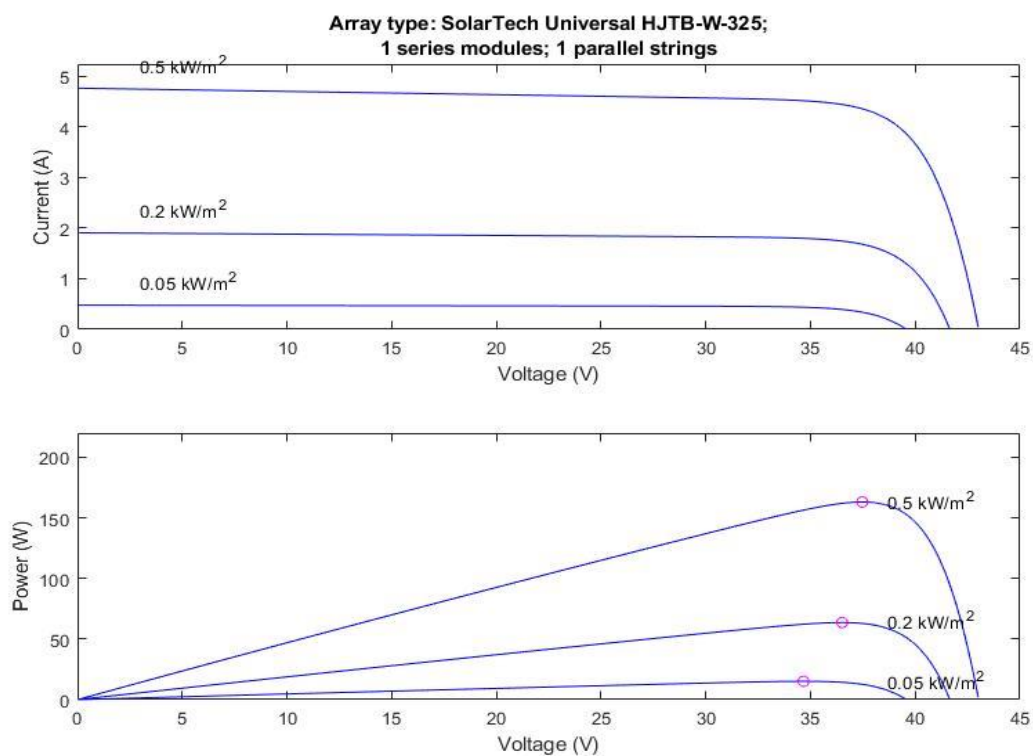


Рисунок 3.3 – Характеристики сонячної панелі.

Номінальна вихідна напруга сонячної батареї 60 В. Але в залежності від опромінювання, струму і потужності навантаження вихідна напруга може зменшуватися до 40 В (Рисунок 3.3).

У зв'язку з цим акумуляторна батарея (АКБ) взята з номінальною напругою 24 В. Для узгодження напруги СП і АКБ використано перетворювач постійної напруги, що зменшує її до 13..14 В для зарядження АКБ (Рисунок 3.4).

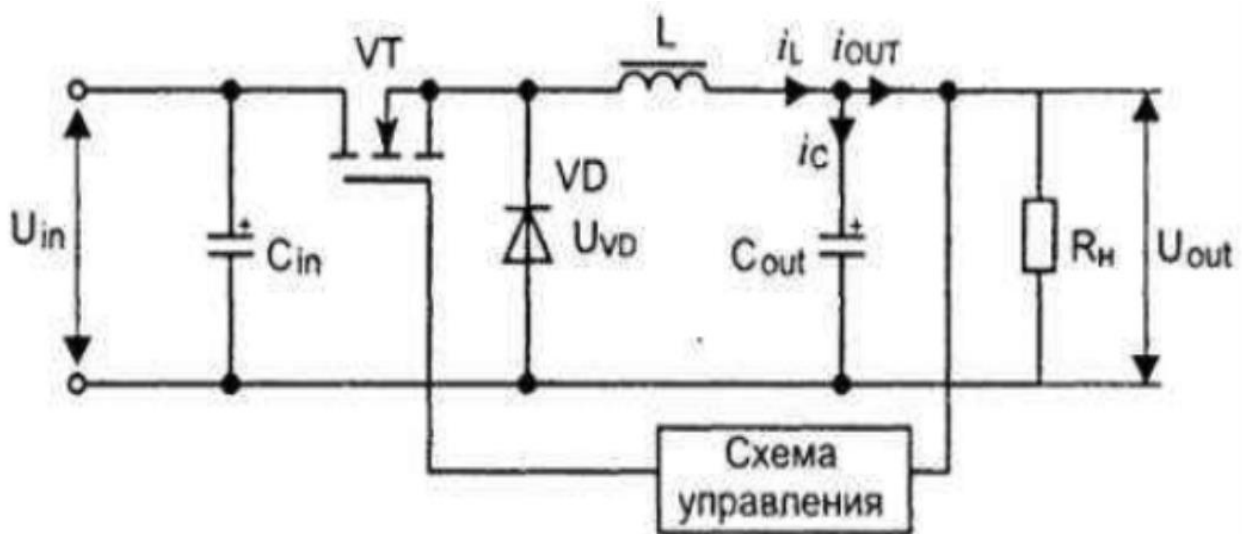


Рисунок 3.4 – Схема перетворювача постійної напруги

Розрахунок конвертора проведено за відомими формулами.

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{\Delta I_L \times f_S \times V_{IN}} \quad (3.1)$$

$$\Delta I_L = (0.2 \text{ to } 0.4) \times I_{OUT(max)} \quad (3.2)$$

$$C_{OUT(min)} = \frac{\Delta I_L}{8 \times f_S \times \Delta V_{OUT}} \quad (3.3)$$

В результаті розрахунків отримано $C=40$ мкФ, $D=30$ мкГн.

Модель для дослідження зарядження АКБ від сонячної батареї була розроблена у пакеті MatLab/Simulink (Рисунок 3.4).

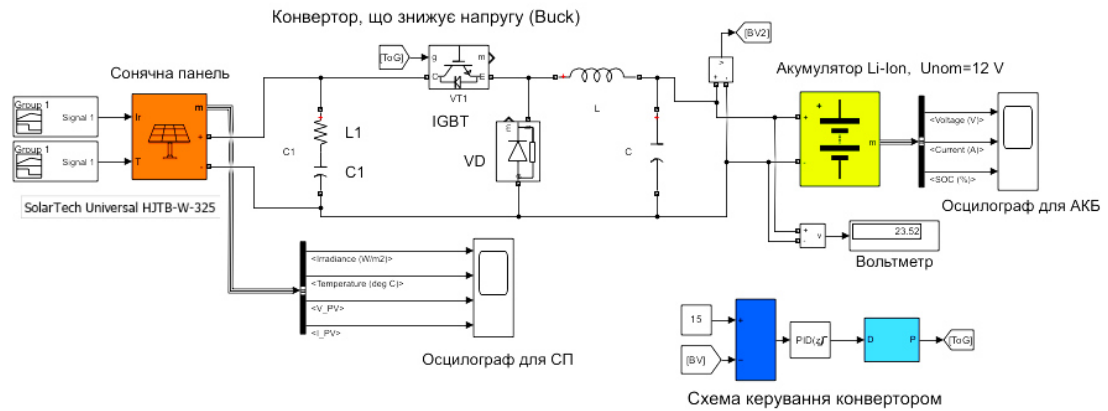


Рисунок 3.5 – Модель для дослідження зарядження АКБ від сонячної батареї

Результати дослідження заряда АКБ наведено на (Рисунках. 3.6, 3.7).

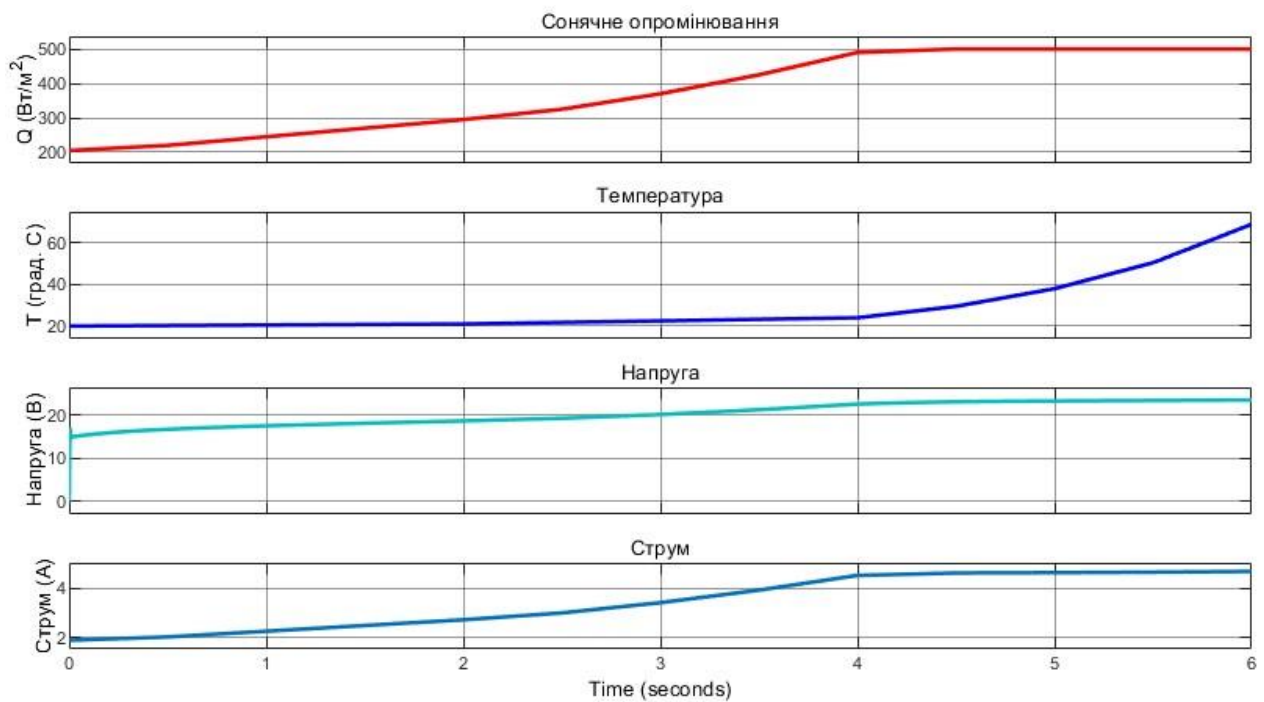


Рисунок 3.6 – Залежності параметрів СП від часу

На (див. рис. 3.6) наведено залежності сонячного опромінювання, температури, напруги та струму що генерує СП при прийнятих при моделюванні припущеннях. На (Рисунку 3.7) наведено результати дослідження параметрів АКБ в процесі зарядження.

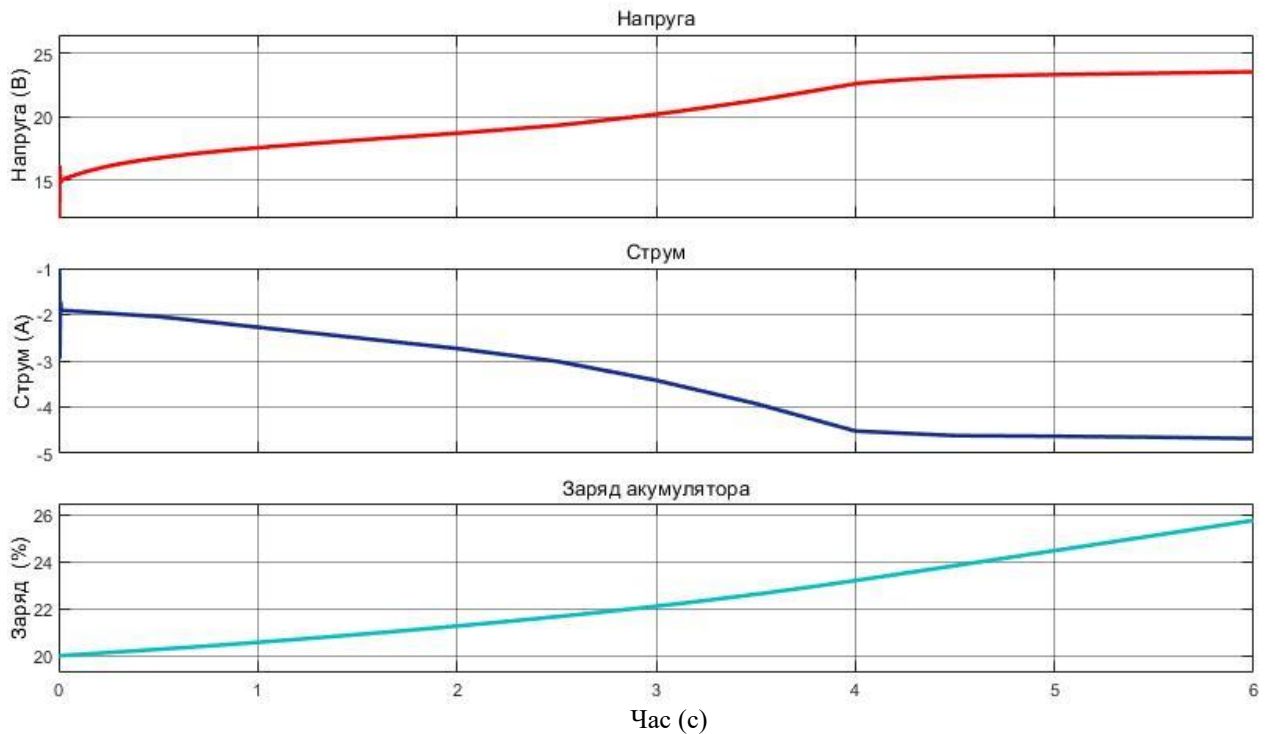


Рисунок 3.7 – Результати дослідження параметрів АКБ в процесі зарядження

Режим заряду взято за рекомендаціями для літій-іонних батарей, а саме, - на першому етапі напруга збільшується, але після досягнення номінальної напруги заряд іде при постійній напрузі. Оскільки заряд в реальному часі іде досить повільно, на рисунку 3.6 умовно показано процесу заряду для батареї меншої ємності, ніж у реальному пристрою, що дозволило показати збільшення заряду АКБ від 20 до 26 % на протязі 6 с.

В цілому модель дозволяє промоделювати різні варіанти роботи АКБ при підзарядці від різних значень залишкового заряду АКБ, а також різними значеннями струму.

3.3 Модель підсистеми роботи АКБ в режимі живлення навантаження під час аварійного відключення основного електроживлення

При аварійному відключенні основного електроживлення пристрій переключається в режим живлення навантаження від АКБ. Для нашого моделювання взято трифазне навантаження з активно-індуктивним характером.

Для перетворення постійної напруги від АКБ у трифазну напругу використано трифазний інвертор напруги з ступеневим керуванням напруги від шести генераторів. Індуктивний характер напруги згладжує струм і він є придатним для живлення, наприклад, трифазного двигуна. . Схема трифазного інвертора напруги наведена на (Рисунках 3.8, а на Рисунку 3.9).- діаграми роботи трифазного АІН. що пояснюють його роботу.

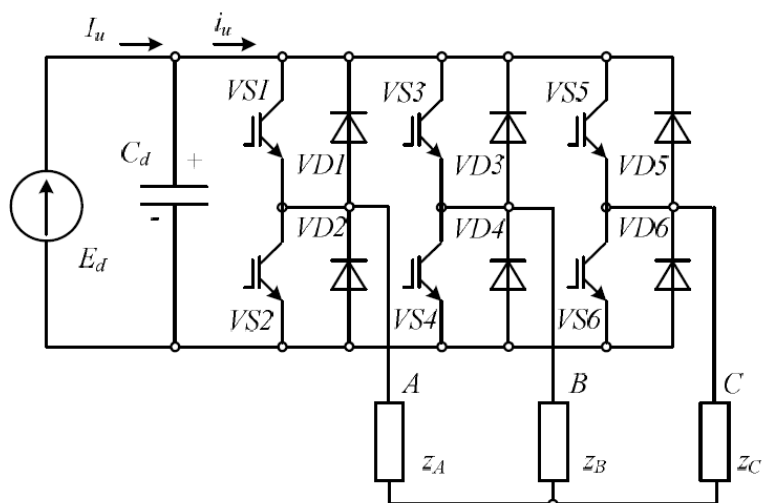


Рисунок 3.8 – Схема трифазного інвертора напруги

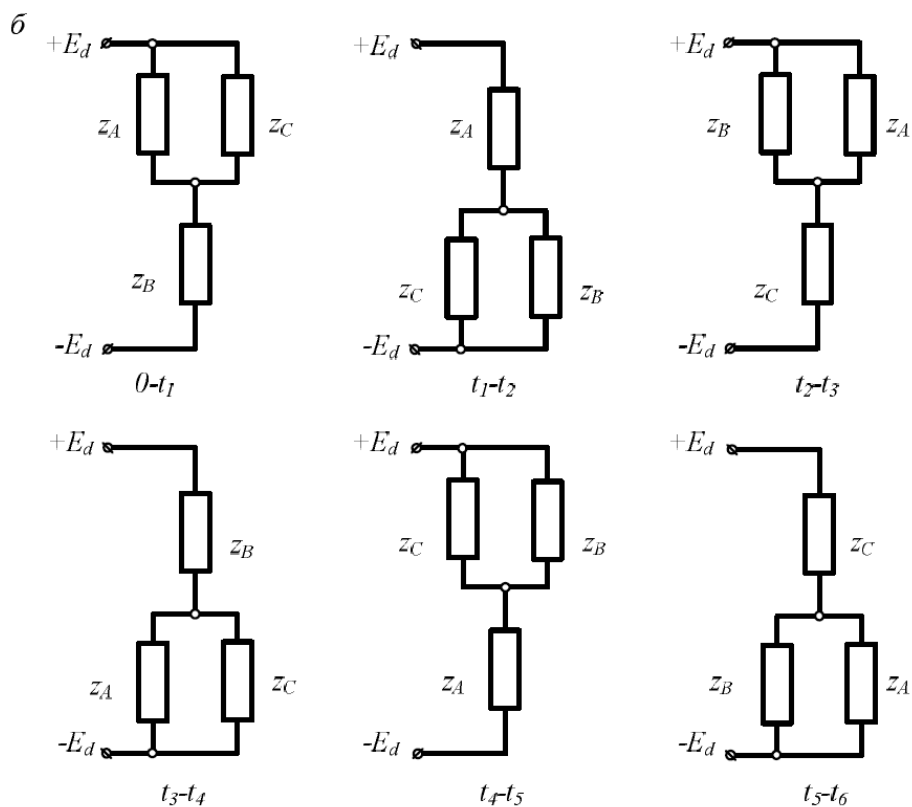


Рисунок 3.9 – Діаграми роботи трифазного АІН

У схему трифазного АІН входять транзистори VS1-VS6 і включені паралельно їм зворотні діоди VD1-VD4. Навантаження $zA - zC$ підключена до загальної точки з'єднання транзисторів VS1, VS3, VS5 анодної та VS2, VS4, VS6 катодної груп інвертора. Паралельно джерелу напруги E_d включений конденсатор C_d великої ємності, через який протікає найвищі гармоніки вхідного струму. В результаті роботи інвертора на його виході (фази А, В та С) формується трифазна симетрична система напруг u_A, u_B та u_C навантаження.

Модель для дослідження живлення трифазного навантаження від АКБ через інвертор показана на (Рисунку 3.10).

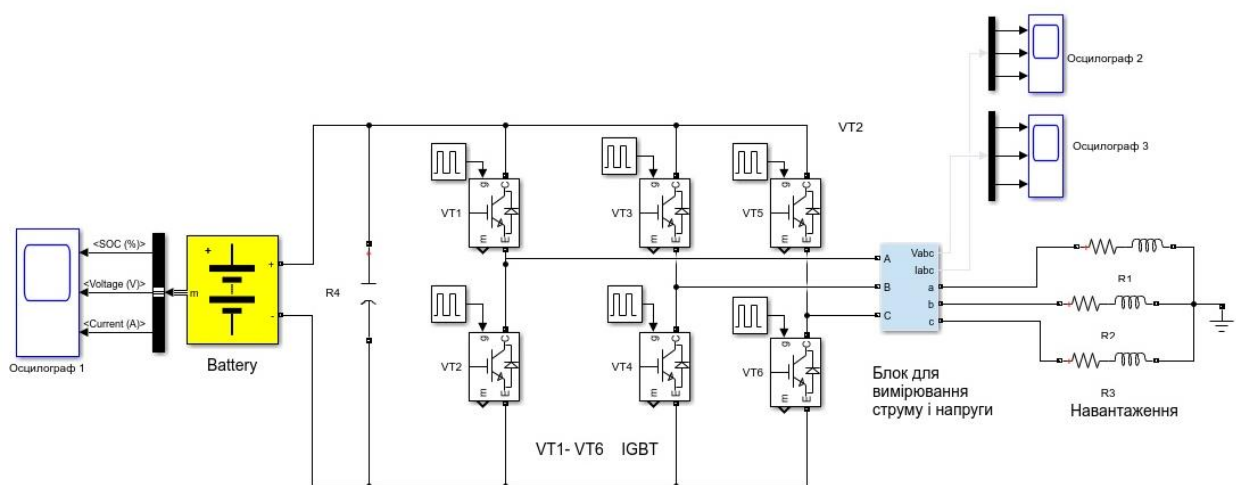


Рисунок 3.10– Модель для дослідження живлення трифазного навантаження від АКБ через інвертор

Результати дослідження наведено на (Рисунках 3.11, 3.12).

Залежність стану заряду акумулятора, напруги на ньому і струму під час живлення навантаження наведено на (Рисунку 3.11) параметри АКБ і навантаження вибрані таким чином, щоби було помітним розряд АКБ за час дослідження (5 с).

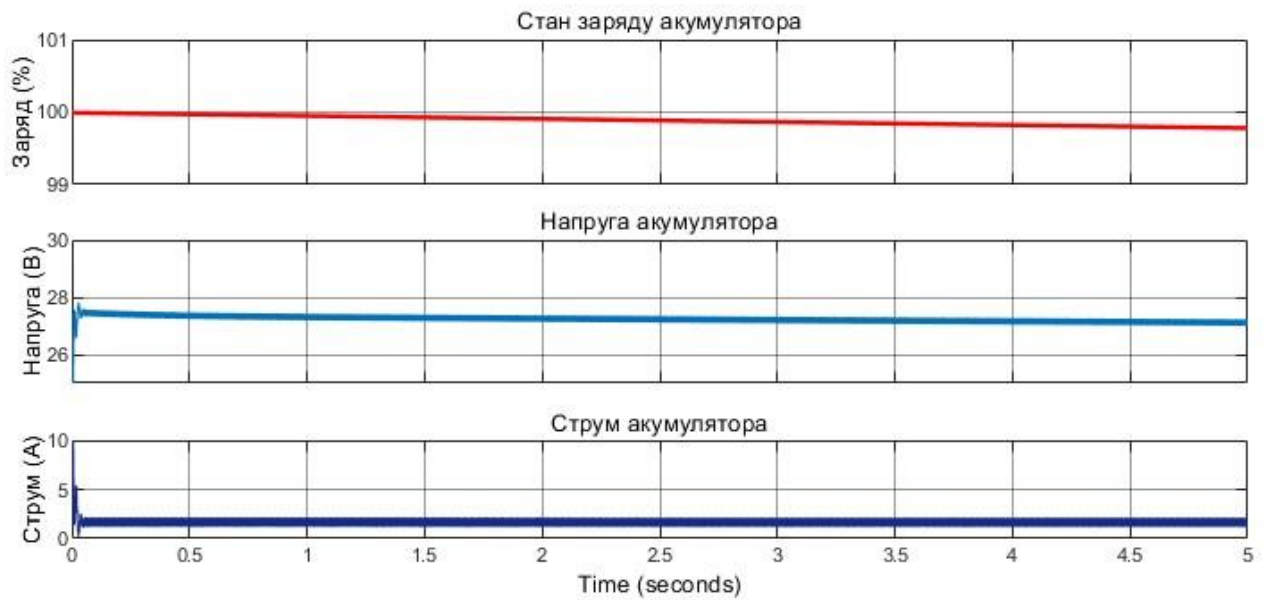


Рисунок 3.11 – Залежність стану заряду акумулятора, напруги на цьому і струму під час живлення навантаження.

Форма напруги і струму в навантаженні наведено на (Рисунках 3.12 і 3.13).

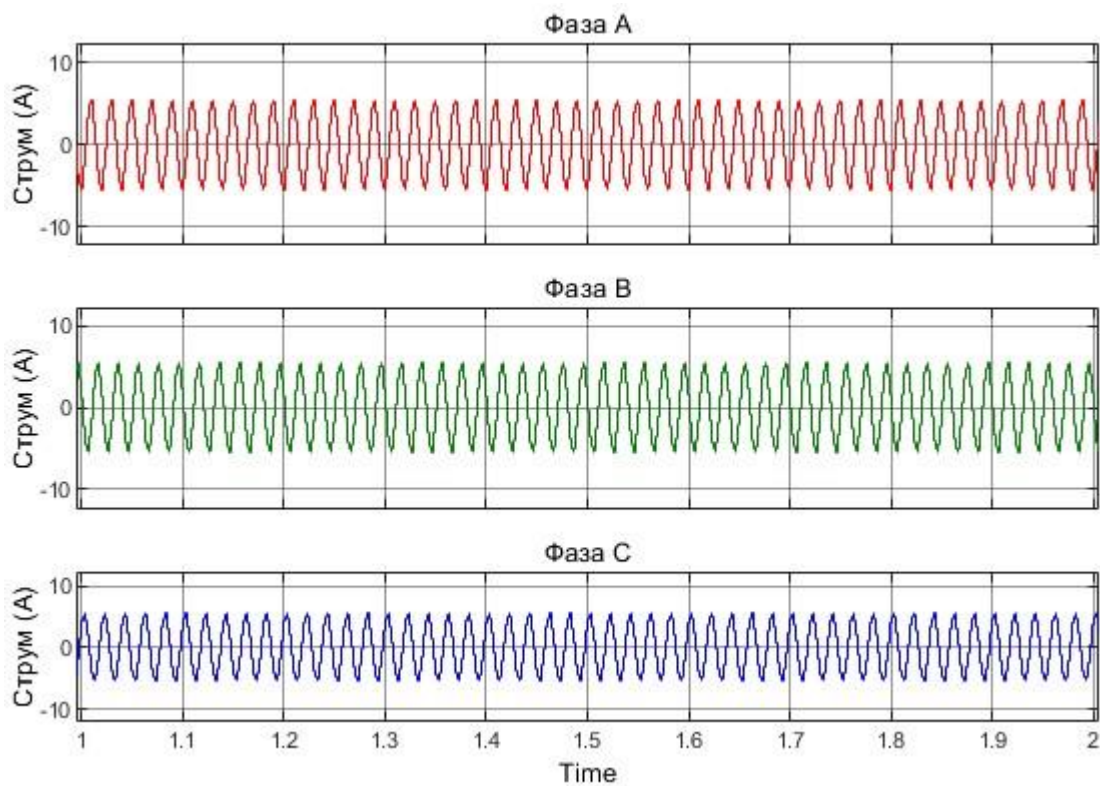


Рисунок 3.12 – Форма струму в навантаженні.

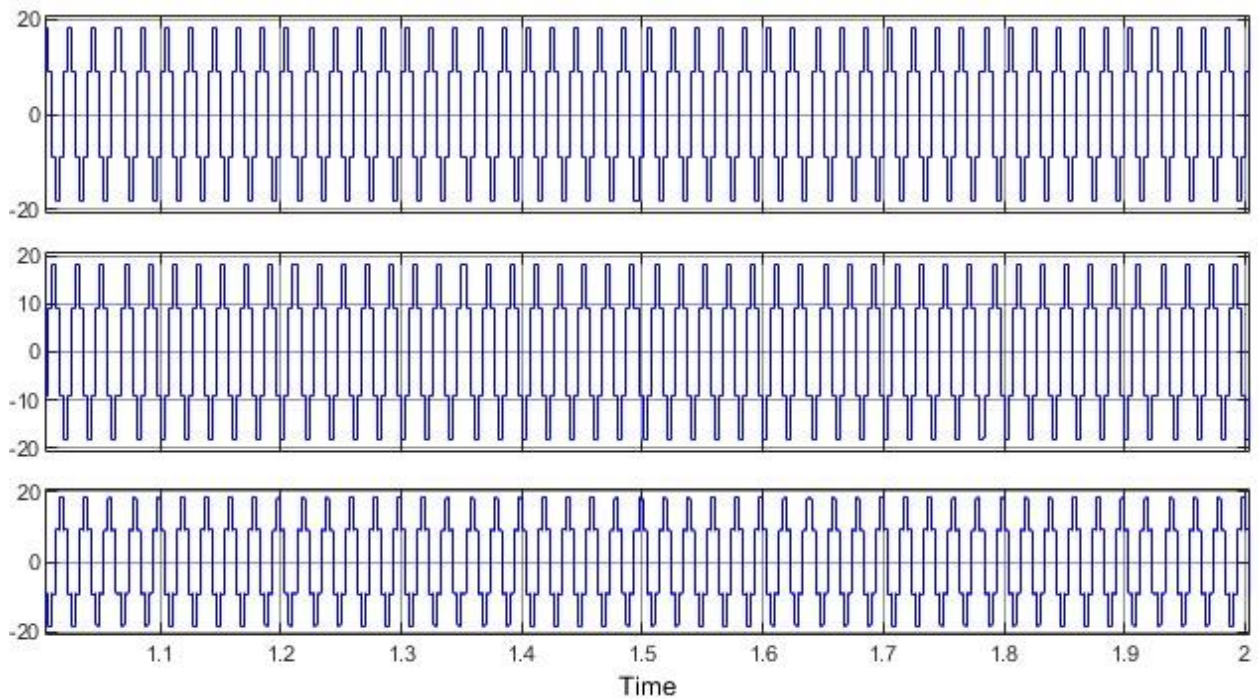


Рисунок 3.12 – Форма напруги на навантаженні.

Видно що струм I_a відміну від напруги має більш гладку форму завдяки індуктивному характеру навантаження.

Висновки за розділом

1. Розроблено модель роботи перетворювача напруги для сонячної батареї.
2. Проведено моделювання і отримано залежності струму, напруги на батареї і стану заряду батареї в процесі функціонування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведно аналіз розвитку відновлювальних джерел енергії. Розглянуті основні типи фотоелектричних модулів, проведена їх порівняльна характеристика з точки зору їх ККД, технології виготовлення, доступності на ринку та цінової політики. Розглянуті типи сонячних батарей та проведені розрахунки вольт-амперних характеристик СБ в залежності від зміни температури. Розглянуто загальні структури сонячних електростанцій. Проведено розрахунок сонячної енергії, що падає на поверхню ЕАЗС при заданих умовах. Проведено вибір оптимального кута встановлення сонячних батарей при заданих умовах. Проведено аналіз основних типів інвенторів. Розроблено модель роботи перетворювача напруги для сонячної батареї. Проведено моделювання і отримано залежності струму, напруги на батареї і стану заряду батареї в процесі функціонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електроніка та мікросхемотехніка (Електронний ресурс): навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»/ А. А. Щерба, К.К. Победаш, В.А. Святненко; - Київ: НТУУ «КПІ», 2013.-360с.
2. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. Закл. Освіти, що навчаються за напрямками «Електромеханіка» та «Електротехніка»: У 4-хт./Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. -К.: ТОВ «Видавництво Обереги», 2000. Т.1 Елементна база електронних пристроїв.- 300с.
3. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. Закл. Освіти, що навчаються за напрямками «Електромеханіка» та «Електротехніка»: У 4-хт./Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. - Харків.: Фоліо, 2002. Т.1 Аналогові та імпульсні пристрої.- 510с.
4. Основи промислової електроніки: Руденко В.С., Сенько В.І., Трофонюк В.В./ Підручник для ВНЗ. - Київ, Вища школа, 1985, -400с.
5. Промислова електроніка: Підручник/ В.С. Руденко, В.Я. Ромашко, В.В. Трофенюк. – Київ, Либідь, 1993, 432с.
6. Прилади та пристрої промислової електроніки. Руденко В.С., Сенько В.І., Трифонюк В.В. - Київ, Техніка, 1989, 354с.
7. Електроніка та мікросхемотехніка. Лабораторний практикум Скаржепа В.А., Новацький А.А., Сенько В.І. За ред. О.О. Краснопрошиної. - Виш школа, 1989.
8. Електроніка та мікросхемотехніка. Збірник задач. Скаржепа В.А., Сенько В.І. Під ред. А.А. Краснопрошиної. - Виш школа, 1989.
9. Основи перетворювальної техніки: Підручник для вузів. Руденко В.С., Сенько В.І., - М., Вища школа, 1980, -424с. Руденко В.С., Сенько В.І., Трифонюк В.В.
- 10.Промислова електроніка. - Київ, Техніка, 1975, -503с.
11. Основи промислової електроніки. /В.С. Руденко, Ю.А. Ісаков, А.П. Платонов, В.І. Санько та ін. / Київ, Техніка, 1976. / Київ, Техніка, 1976.