

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та телекомунікації

ДИПЛОМНА РОБОТА

Другий (Магістерський)

Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації


Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему «Підвищення ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо»

ДРТР.2015001.09.20.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група ТР_м-19-1  Я.В. Вержбицький
підпис Ініціали, прізвище

Керівник: д-р техн, наук, проф.  В.В. Мартинюк
підпис Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф.  В.В. Мартинюк
підпис Ініціали, прізвище

03 12 2020 р.

Хмельницький, 2020

Хмельницький національний університет

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та телекомунікацій

Освітній рівень другий (магістерський)

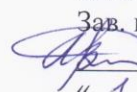
Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Освітня-професійна програма Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКІТсТК

 Мартинюк В.В.
« 1 » 09 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Вержбицькому Ярославу Вікторовичу

1 Тема роботи: Підвищення ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

керівник роботи Мартинюк Валерій Володимирович, д.т.н, професор.

Затверджено наказом по університету від «1» вересня 2020р. № 118.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 02.12.2019р.

3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи: підвищення ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Об'єкт дослідження: процес живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Предмет дослідження: удосконалення системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Математична модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Імітаційне моделювання компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Експериментальне дослідження системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Висновки.

Завдання отримав _____

Науковий керівник _____



КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2020р.	Виконано
2	Огляд літературних джерел та патентних даних	25.09.2020р.	Виконано
3	Математична модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо	15.10.2020р.	Виконано
4	Імітаційне моделювання компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо	30.10.2020р.	Виконано
5	Експериментальне дослідження системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо	10.11.2020р.	Виконано
6	Висновки	15.11.2020р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до ДР	20.11.2020р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2020р.	Виконано

Студент



Підпис

Коробецький Я.В.

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Підпис

Марченко В.В.

Ініціали, прізвище

Зміст

Вступ.....	6
1 Огляд літературних джерел та патентних даних.....	12
1.1 Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл».....	12
1.2 Особливості структурних схем автономних гібридних електростанцій.....	14
Висновки до першого розділу.....	23
2 Математична модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	25
2.1 Математичні моделі компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	25
2.2 Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	34
Висновки до другого розділу.....	44
3 Імітаційне моделювання компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	46
3.1 Імітаційне моделювання сонячної батареї.....	46
3.2 Імітаційна модель сонячної батареї в середовищі Simulink.....	54
Висновки до третього розділу.....	58
4 Імітаційне моделювання системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	60
4.1 Розробка структурної схеми системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.....	60
4.2 Розробка імітаційної моделі системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо	62
Висновки до четвертого розділу.....	69
ВИСНОВКИ.....	70
Перелік посилань.....	71

Додаток А Стаття у фаховому журналі.....	78
Додаток Б Презентація.....	86

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні інтенсивно досліджують, як теоретично так і експериментально, автономні системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії для використання у різних географічних частинах світу [1-4].

Однак для віддалених регіонів, де проведення центральної електромережі є економічно недоцільним, оптимальним варіантом є використання системи автономного електроживлення, яка містить кілька джерел генерації електроенергії: поновлюваних, як правило ФМ, та традиційних - зазвичай ДГ [2, 3].

Серед основних причин, що спонукають вчених всього світу до таких досліджень є зменшення викидів парникових газів завдяки вдосконаленню методів виробництва електроенергії [1, 5]; забезпечення можливості електроживлення віддалених регіонів з урахуванням економічних (пов'язаних із вартістю дизельного палива) аспектів, надійності та забруднення навколишнього середовища [4-6]; забезпечення електроенергією сільських районів слаборозвинених країн [7]; надійне джерело енергії групи швидкого реагування у віддалених місцях стихійного лиха для живлення вакцинного холодильника, системи очищення води та базової системи супутникового зв'язку [8], що має великий потенціал для порятунку людських життів. У публікаціях проводиться аналіз роботи продуктивності систем автономного електроживлення з урахуванням середньої погодинної інсоляції сонячного світла, температури навколишнього середовища та профілю потужності навантаження [3].

Розробляються математичні моделі, що можуть бути використані для оцінки розміру, контролю та оцінки працездатності систем автономного електроживлення, що містить ФМ, ДГ та АБ [3, 5].

В роботі [6] вивчають поведінку АБ під впливом змінного освітлення ФМ, а ДГ використовується як резервне джерело енергії, коли потужності ФМ

недостатньо. В літературі, в основному, проводяться дослідження систем автономного електроживлення невеликої потужності (до декількох кВт), які мають як постійну так і змінну вихідну напругу живлення [7, 8].

У публікаціях щодо систем автономного електроживлення практично відсутні дослідження процесів та методів збільшення ефективності відбору енергії від ФМ, компенсації струмів пікових (стартових) навантажень, балансування, контроль робочої температури та багатостадійний заряд АБ для довговічності їх експлуатації. Всі ці наукові проблеми вимагають поглиблених досліджень.

Актуальність роботи обумовлена проблемою, що в даний час дизельні генератори є основним джерелом виробництва електроенергії для реагування на аварії, у військових програмах та для живлення віддалених від електромережі господарств.

Однак у перелічених ситуаціях дорожня інфраструктура часто пошкоджується і постійне постачання дизельного палива є дорогою або непрактичною задачею. Реальною можливістю поліпшення техніко-економічних показників автономних систем електропостачання є використання відновлюваних джерел енергії.

Однак поновлювані джерела енергії носять переривчастий характер, тому важливо забезпечити надійність та максимальну ефективність системи енергоменеджменту, щоб уникнути відключення живлення, коли енергія з відновлюваних джерел енергії не є достатньою для підтримки всіх навантажень.

У роботі вирішено ряд актуальних і важливих задач та реалізація запропонованих ідей з використанням комплексного науково-практичного підходу. Зокрема: - нерівномірність параметрів різних ФМ, можливість затінення окремих модулів сторонніми предметами, їх забруднення чи пошкодження, нерівномірна деградація з плином часу, та інші фактори зумовлюють розбіжність параметрів ТМП окремих ФМ і призводять до втрат генерації енергії всього стрінгу; - зміна внутрішнього опору стеку кожної АБ та

СКБ в процесі їх роботи в буферному чи циклічному режимі призводить до нерівномірного розподілу напруги, і як наслідок до більш швидкого «старіння» АБ; - зміна внутрішнього опору може бути спричинена перепадами температур, вібраціями, ударами, їх регулярним недозарядом чи перерозрядом; - працездатність і довговічність роботи окремих АБ залежить не тільки від кількості циклів глибокого розряду, а й від робочої температури (при перевищенні 45 °С ресурс їх роботи може скоротитися втричі).

Створення пристрою компенсації пікових струмів та пульсації потужності навантаження (пускові струми двигунів та іншого обладнання, короткотривале включення навантаження, потужність якого перевищує номінальну та ін.) забезпечить надійність, ефективність та довговічність системи автономного електроживлення в цілому.

Метою роботи є розроблення системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо на основі фотоелектричних модулів, акумуляторів та дизельного генератора.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

- розробити структурну схему системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;
- розробити алгоритм взаємодії складових частин системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;
- виконати імітаційне моделювання складових частин системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Об'єктом дослідження є фізичні явища та процеси оптимізації роботи фотоелектричних модулів, побудови алгоритмів функціонування системи, процеси генерування та накопичення електричної енергії.

Предметом дослідження є комплекс, який включає фотоелектричні модулі, суперконденсаторні батареї, акумуляторні батареї, їх електрофізичні та фотоелектричні властивості, методи узгодження роботи джерел енергії – ФМ, АБ, СКБ, ДГ між собою та навантаженням, мінімізації втрат при перетворенні та розподілу енергії.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених задач в роботі були використані методи фізики, електроніки та теорії електричних кіл, методи обчислювальної математики, а також методи алгоритмізації та програмування.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено систему живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо шляхом введення до її складу суперконденсаторної батареї, яка забезпечує можливість отримувати велику миттєву вихідну потужність навіть за умов низького рівня інсоляції сонячного випромінювання (ефект підсилення потужності) завдяки її низькому внутрішньому опору, а також малим зарядним і великим розрядним струмами, що підвищує ефективність роботи сонячних батарей до 40%.

Практична значимість отриманих результатів:

В роботі розроблено автоматизовану систему живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо із мікропроцесорним керуванням.

Апробація результатів дослідження: Результати досліджень представлені у вигляді статті у фаховому журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» №1 2020р.

Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Загальний обсяг роботи складає 104 сторінки комп'ютерного тексту, у тому числі: 33 рисунок та 1 таблиця, список використаних джерел вміщує 60 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність наукової задачі, сформульовано мету та задачі досліджень, відображено основні наукові результати та їх практичне значення.

У першому розділі дипломної роботи магістра проаналізовано особливості автономних гібридних електростанції та системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Встановлено, що недоліком послідовної структури автономних гібридних електростанцій є те, що акумуляторна батарея постійно заряджується і розряджується, що призводить до зменшення терміну експлуатації акумуляторної батареї.

Іншим недоліком послідовної структури автономних гібридних електростанцій є втрати енергії, яку виробляють сонячні панелі та дизельний генератор, внаслідок її проходження через акумуляторну батарею, що призводить до низької загальної ефективності послідовної структури АГЕ

У другому розділі удосконалено математичні моделі компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Встановлено, що потужність компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо визначається співвідношенням між енергією, яка виробляється дизельним генератором та сонячними батареями.

Доведено, що в системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок сонячна батарея використовується для того, щоб максимально задовольнити середні потреби в навантаженні протягом місяця з найвищим сонячним випромінюванням.

Визначено, що максимальний коефіцієнт корисної дії або мінімальний коефіцієнт забруднення стосується кількості накопичуваної енергії в акумуляторних батареях. Ці параметри включаються в розрахунок ємності акумуляторних батарей, щоб гарантувати, що акумуляторна батарея ніколи не буде повністю розряджена під час роботи системи, оскільки це суттєво зменшить тривалість її роботи.

У третьому розділі дипломної роботи магістра проведено імітаційне моделювання компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Визначено, що для імітаційного моделювання сонячної батареї необхідні два типи вхідних параметрів. Перший тип вхідних параметрів - це параметри,

які представляють фізичні характеристики компонентів і їх, зазвичай, вводять лише один раз через графічний інтерфейс користувача (GUI) кожної моделі компонентів системи.

Доведено, що для моделювання сонячної батареї необхідні вольт-амперні характеристики сонячної батареї при різних рівнях сонячного випромінювання та температури сонячної батареї. Існують дві моделі сонячної батареї: однодіодна модель та дводіодна модель. В якості моделі сонячної батареї будемо використовувати однодіодну модель моделі сонячної батареї

У четвертому розділі магістерської роботи розроблена структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для такої системи, вся електроенергія виробляється сонячними батареями, а в ніч і похмуру погоду – відбувається розряд акумуляторів. Передбачається, що потужності сонячних батарей достатня для живлення навантаження і зарядки акумуляторів.

Розроблено імітаційну модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Модель описує процеси, які відбуваються за умов наявності в мережі різних типів навантажень.

Визначено, що приведена імітаційна модель дає можливість підвищити ефективність роботи системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо за рахунок розширення можливостей аналізу перехідних процесів при наявності нелінійного нестабільного навантаження. У моделі передбачена можливість безпосереднього відлагодження алгоритму відслідковування точки максимальної потужності сонячного модуля у вигляді функції MATLAB, яка може бути перетворена у двійковий код для контролера імпульсного перетворювача.

1. Огляд літературних джерел та патентних даних

1.1. Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл»

Пластикові відходи - це проблема 21 століття. Пластиковим відходам потрібно знайти повторне використання. Пластикові відходи збирають у лісах, їх виловлюють в морі та океані. І, в той же час, пластикові вироби продають в супермаркетах. Викорстати все сміття, яке використала людина, дуже важко: система очищення океану, яка мала зібрати пляму сміття в Тихому океані площею, яка дорівнює 2,5 територіям України, вийшла з ладу за півроку.

Звичайно, потрібно, щоб пластикові відходи не потрапляли в навколишнє середовище, а ліпше його переробити його в речовини, які можуть використовуватися людиною. Прикладом переробки пластикових відходів у паливо, яке є аналогом дизельного палива для транспортних засобів. Таку переробку здійснює "Оболонь Оіл" – нова компанія з України, яка впродовж 10 років розробляє технологію виробництва аналогу дизельного палива, що отримало назву «полієвродизель». Ця технологія була запатентованою компанією "Оболонь Оіл" і успішно використовується вже багато років.

«Полієвродизель» є екологічним аналогом традиційного дизельного палива, оскільки його виробництво не вимагає видобутку та переробки нафти. Компанія «Оболонь Оіл» розробила мобільну установку переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, а в якості вхідної сировини використовує полімерні відходи, які важко переробити та повторно використати. Мобільна установка переробляє пластикові пляшки у дизельне паливо, а також може переробляти поліетиленову упаковку та пакети, каністри, пластикові коробки.

Технологія переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії "Оболонь Оіл" зменшує викиди парникових газів та токсичних речовин від згоряння пластмас. Пластикові сміття перетворюються на полієвродизель, а

також на синтетичний газ. В результаті такої переробки утворюється 60% дизельного палива «полієвродизель», а також 40% синтетичного газу.

Синтетичний газ також може використовуватися в якості палива для бензинових двигунів. Мобільна установка переробляє пластикові пляшки у дизельне паливо не тільки утилізує пластикове сміття, а також зменшує усі забруднюючі речовини, які виникають при добуванні та переробці нафти. Ще однією перевагою «полієвродизеля» є менше викидів шкідливих газів при його згоранні.

Підприємство має власне сміттєзвалище, де отримує пластикове сміття, яке є вхідною сировиною. Компанія «Оболонь Оіл» переробляє відходи, які утворюються при виробництві ПрАТ «Оболонь», а також робить обмін пластикових відходів цієї компанії на «полієвродизель» для сільськогосподарської техніки. Однією із особливостей мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо є її автономність роботи, як показано на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл»

Хмельницький національний університет активно співпрацює з компанією «Оболонь Оіл» в рамках спільної угоди про наукову співпрацю. Основним напрямком наукової співпраці є розробка система електроживлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл».

В даний час інтенсивно розробляються автономні системи електропостачання (АСЕ) з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1, 2]. Відомо, що активне впровадження відновлюваної енергетики обумовлено трьома причинами: екологічними проблемами, пов'язаними з видобутком і переробкою енергетичних ресурсів атомної енергетики; обмеженістю їх запасів; необмеженістю ресурсів відновлюваної енергетики.

1.2. Особливості структурних схем автономних гібридних електростанцій

На сьогоднішній день зелені технології швидко вдосконалюються, а це дозволяє генераторам відновлюваної енергії використовувати високоефективні відновлювані джерела енергії. Сьогодні вже відомо, що значний економічний ефект виходить від автономних гібридних електростанцій (АГЕ), що використовують, як поновлювані, так і традиційні джерела електроенергії.

Оптимальним варіантом АГЕ є система, яка містить кілька джерел генерації електроенергії, два з яких є поновлюваними (як правило, сонячна і вітрова електростанції), а один традиційний - газопоршневі або дизельні електростанції [3-5].

Не зважаючи на те, що передові технології відновлюваних генераторів та блоків перетворення енергії здатні поліпшити кількість виходу енергії, енергія яка надходить до споживача, визначається шляхом її проходження по структурі АГЕ, яка пов'язана з розташуванням їх компонентів. Відомо, що АГЕ поділяють на послідовної структури та паралельної структури.

З'єднання компонентів у послідовній структурі АГЕ показано на рисунку 1.2. У послідовній структурі АГЕ складові шини постійного струму з'єднані послідовно, тому її також називають структурою постійного струму [24]. У послідовній структурі АГЕ інвертор та акумуляторна батарея повинні мати розміри, щоб задовольнити пікові потреби в навантаженні.

Електрична енергія, які виробляють сонячні панелі та дизельний генератор надходять до акумуляторної батареї, а лише потім надходять до навантаження змінного струму. У послідовній структурі АГЕ акумуляторна батарея постійно заряджується і розряджається, що призводить до зменшення терміну експлуатації акумуляторної батареї.

Іншим недоліком послідовної структури АГЕ є втрати енергії, яку виробляють сонячні панелі та дизельний генератор, внаслідок її проходження через акумуляторну батарею, що призводить до низької загальної ефективності послідовної структури АГЕ [25].

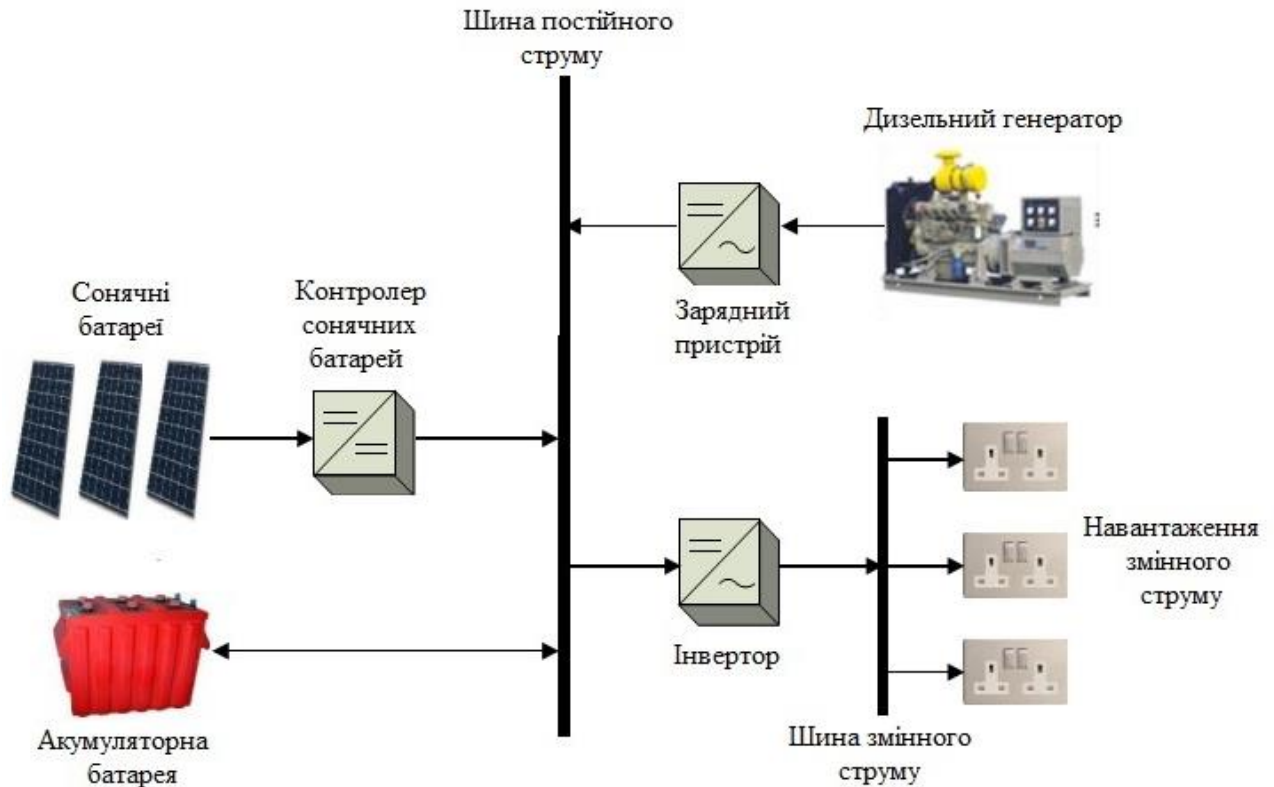


Рисунок 1.2 – Послідовна структура АГЕ

Паралельна структура АГЕ підходить для систем постійного струму, змінного струму або змішаних систем [23]. На рисунки 1.3 зображено паралельну структуру АГЕ. Однією з переваг паралельної структури АГЕ перед послідовною структурою АГЕ є те, що паралельній структурі АГЕ джерела енергії з'єднані таким чином, що дизельний генератор та сонячні панелі можуть забезпечувати живлення навантаження змінного струму окремо.

Коли дизельний генератор працює паралельно із сонячними панелями, енергія може подаватися у навантаження змінного струму безпосередньо, не переходячи через акумуляторну батарею. Тільки надлишок енергії, яка виробляється дизельним генератором та сонячними панелями, буде зберігатися у акумуляторній батареї для цілей забезпечення “пікового навантаження змінного струму”.

Піковим навантаження змінного струму називається навантаження, яке перевищує сумарну потужність дизельного генератора та сонячних панелей.

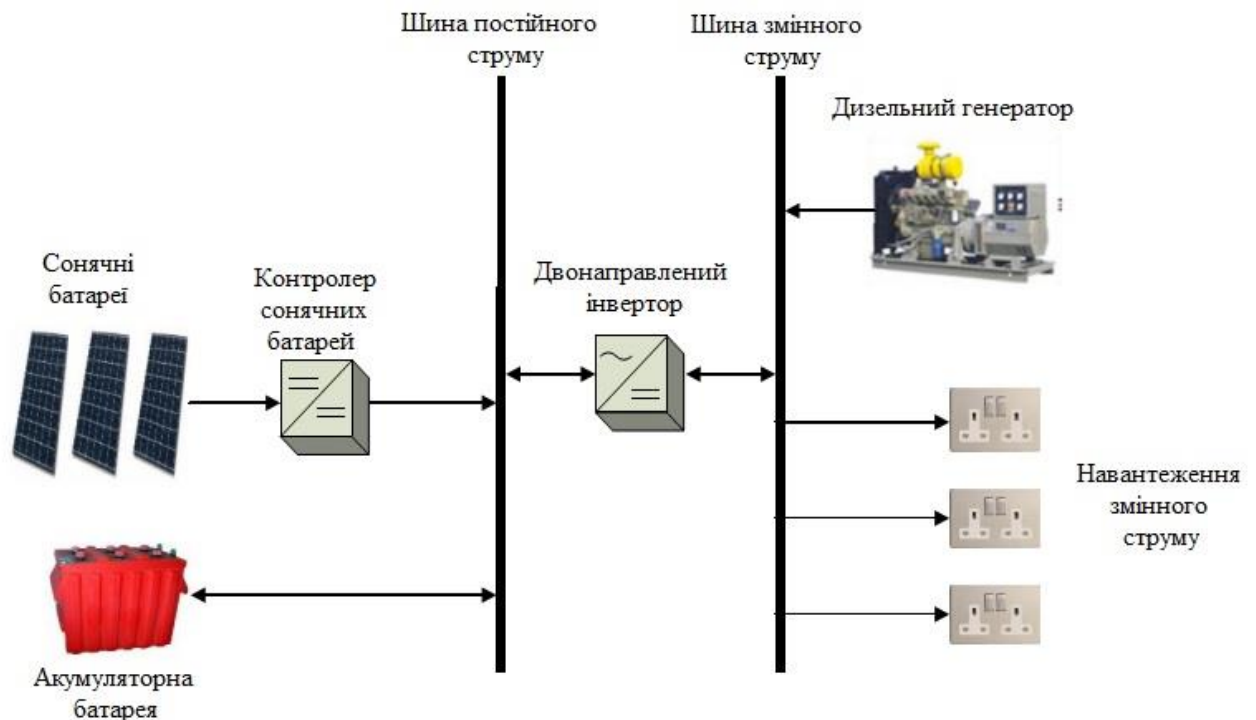


Рисунок 1.3 – Паралельна структура АГЕ

Пікове навантаження змінного струму виникає ввечері, коли споживання електричної енергії максимальне. З точки зору керованості, паралельна структура АГЕ є гнучкою, тому що в ній може бути реалізована вдосконалена стратегія управління АГЕ [26].

У паралельній структурі АГЕ використовується дизельний генератор з постійною швидкістю (ДГПШ), який працює разом із сонячними панелями для забезпечення надійного електропостачання. Однак існують деякі недоліки, пов'язані із використанням ДГПШ. Потужність ДГПШ повинна забезпечувати максимальну потужність навантаження змінного струму, яка триває лише короткий проміжок часу при щоденній експлуатації [27].

Як випливає з назви, ДГПШ працює з постійною швидкістю і повинен працювати вище мінімального рівня потужності приблизно на 40%...50% від номінальної потужності ДГПШ. Цей режим роботи ДГПШ рекомендується більшістю виробників для усунення таких проблем з двигуном, як накопичення вуглеводнів, а також застосування поршнів та стінок циліндрів.

Тривала робота двигунів з низьким навантаженням при їх постійній швидкості обертання призводить до їх передчасного старіння двигуна та неефективному витрачання палива [28].

Дизельний генератор зі змінною швидкістю (ДГЗШ) має ширший робочий діапазон і здатний працювати на оптимальних швидкостях для різної вихідної потужності, що призводить до більш високої ефективності роботи генератора [33]. У ДГЗШ двигун працює на відносно низьких обертах при низьких потребах у потужності навантаження змінного струму.

Коли потужність навантаження змінного струму зростає, тоді і зростають оберти двигуна, а отже і зростає потужність ДГЗШ. Регулювання швидкості роботи дизельного генератора також може сприяти оптимізації використання енергії сонячних панелей у системі. Крім того, ДГЗШ має кращу економію палива в порівнянні з ДГПШ, оскільки ДГПШ не працює на оптимальній швидкості відповідно до навантаження, яка відповідає мінімальному споживанню палива.

На відміну від несприятливого режиму роботи ДГПШ з невеликим навантаженням, термін служби ДГЗШ може бути збільшений за рахунок роботи двигуна на низьких оборотах при низькій потужності навантаження змінного струму [28].

Більшість АГЕ обладнані акумуляторними батареями великої ємності для зберігання надмірної енергії, яка виробляється сонячними батареями для задоволення потреб пікового навантаження. Початкові витрати на АГЕ з великою акумуляторною батареєю можуть включати витрати на корпус батареї, допоміжні компоненти, доставку та монтаж батареї.

Капітальні витрати на таку систему зростатимуть із збільшенням потужності сонячних панелей через необхідність зберігання надлишкової енергії в акумуляторній батареї. Більше того, акумуляторна батарея є найбільш чутливим компонентом у системі, де її стан заряду потрібно контролювати, щоб запобігти перезарядці або надмірному розряду.

Іншою проблемою ї тривалість експлуатації акумуляторних батарей, тому що ці елементи, як правило, мають короткий термін експлуатації в результаті частих циклів заряду та розряду. Крім того, використані батареї необхідно переробити або утилізувати відповідно до правил екологічної безпеки. На жаль, у більшості країн, що розвиваються, відсутні устаткування для переробки та утилізації акумуляторних батарей.

У деяких АГЕ дизельні генератори призначені для зарядки акумуляторної батареї, коли її стан заряду є низьким [42-46]. Це одна із стратегій керування енергією, яка використовується для підтримки мінімального навантаження дизельних генераторів [28]. Процес заряджування акумуляторної батареї, як правило, базується на контролі заданого значення зарядного струму, який припиняється лише тоді, коли акумуляторна батарея повністю заряджена.

Ця стратегія, швидше за все, призведе до втрати електричної енергії, а це означає, що надлишок енергії, яка виробляється сонячними батареями може не зберігатися в акумуляторній батареї, тому що вона була заряджена дизельним генератором протягом попередньої доби. Отже, це призведе до того, що

надмірна кількість енергії, яка виробляється сонячними батареями, буде втрачатися.

Крім того, втрати під час заряджування та розряджування акумуляторної батареї можуть виникнути під час енергетичного циклу через неефективність зарядного пристрою та акумуляторної батареї. Оптимізувати роботу системи можна, вибравши відповідну ємність акумуляторної батареї.

Розглянемо типову структурну схему АГЕ, яка наведена на рисунку 1.4. У загальному випадку вона працює за наступним принципом: вся перетворена сонячними батареями (СБ) сонячна енергія подається в систему електропостачання для живлення навантажень змінного струму через мережевий інвертор І1 з номінальною напругою 220 В.

Основними функціями двонаправленого інвертора І2 (здатний потоки енергії направляти в обох напрямках) є заряд акумуляторних батарей (АБ) від дизельного генератора і виробництво електроенергії для навантаження, перетвореної від АБ в разі нестачі або відсутності сонячної енергії.

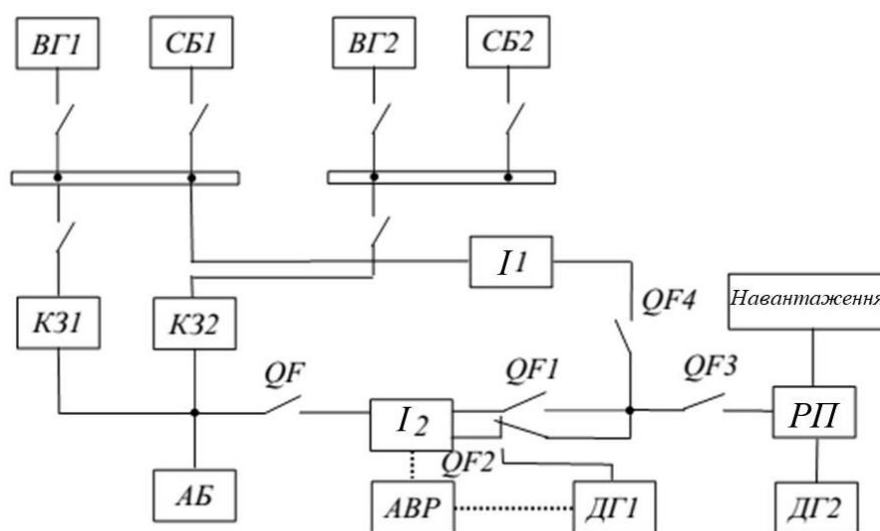


Рисунок 1.4 – Структурна схема АГЕ: ВГ1, ВГ2 - вітрогенератори; СБ1, СБ2 - сонячні батареї; К31, К32 - контролери заряду АБ; АБ - акумуляторні батареї; І1, І2 - інвертори; АВР - пристрій автоматичного включення резерву; ДГ1, ДГ2 - дизель-генератори; РП - розподільний пристрій

У разі коли одержуваної від СБ сонячної енергії занадто багато для живлення навантаження, її надлишок йде також на заряд АБ, і при повному їх заряді може жити додаткові навантаження.

Як правило, вибирається середній варіант між 2-добовим запасом енергії в АБ на випадок несонячної (похмурої) і безвітряної погоди при 50 % - му розряді АБ (а фактично - 3-добовий до глибокого розряду) або щоденний, але при 30% -му розряді (неприпустимо щодня розряджати АБ нижче 75%).

Працездатність і довговічність роботи АБ забезпечується не тільки обмеженням кількості циклів глибокого розряду, а й робочої температури АБ (при перевищенні 45 °С ресурс їх роботи скорочується втричі), а також якістю мережевого зарядного пристрою, який повинен забезпечувати як мінімум 3 - стадійний режим заряду АБ для досягнення його повноти. В іншому випадку при постійному недозаряді (більше одного місяця, що зазвичай відбувається в зимовий період) в АБ починається сульфатація свинцю, що в свою чергу, призводить до втрати ємності.

Крім того, особливі вимоги пред'являються до інвертору - пристрою, призначеного для перетворення напруги постійного струму АБ в змінну напругу 220 В, 50 Гц. Сумарна потужність навантажень повинна бути на 20-25% меншою від номінальної вихідної потужності інвертора, зазначеної в його паспортних даних.

Як правило, СБ поділяються на дві групи і комутуються послідовно для отримання максимального вироблення електроенергії за допомогою використовуваного МРРТ входу (МРРТ - контролер, що стежить за точкою максимальної потужності) в мережевому інверторі І1.

Інвертор І1 перетворює отриману від СБ енергію постійного струму в змінну, напругою 220 В. Вихід цього інвертора підключений в загальне коло навантажень через автоматичний вимикач QF4. Інвертор І1 може виробляти синусоїдальний струм тільки при наявності генерації змінного струму інвертором І2, який може відключатися в разі перевантаження, перегріву або через глибокий розряд АБ (наприклад 90%). Щоб не допустити останнього

система керування інвертором подає команду на запуск дизель-генератора (ДГ) при менш глибокому розряді, наприклад, при 40%. При нормальному пуску генератор продовжує живити підключені навантаження, а інвертор за допомогою вбудованого зарядного пристрою (ЗП) починає заряд АБ до встановленого рівня. Потужність зарядного пристрою може досягати 5 кВт.

При експлуатації електростанції необхідно враховувати умови нормальної роботи ДГ: сумарна потужність підключених навантажень повинна бути на 20% меншою його номінальної потужності. Автоматичний вимикач захисту QF3 запобігає використанню навантажень несанкціонованої потужності. У разі перевантаження подача напруги від ДГ відключиться, але через 20 с подача відновиться і, якщо перевантаження залишилося, генератор зупиниться. Повторний його запуск можливий при знятті навантаження і запуску вже в ручному режимі. А в разі виходу з ладу самого генератора передбачена можливість переключити АГЕ на роботу зі штатним генератором, розташованим біля споживачів електроенергії.

Таким чином, заряд АБ, з одного боку, здійснює інвертор I2, отримуючи в світлий час доби енергію від мережевого інвертора I1 потужністю, що дорівнює різниці одержуваної сонячної енергії і споживаної навантаженнями в реальному часі, але не більше дозволеної, яка задається за допомогою системного контролера (СК).

З іншого боку, при деякому розряді, який також задається програмно за допомогою СК, після запуску дизель-генератора заряд АБ здійснюється через вхід інвертора I2, який також задає обмеження зарядного струму. У першому випадку (денний заряд) АБ може отримати повний, 100 % заряд, якщо інвертору вдасться здійснити заряд за три етапи, що можливо в літній період, коли відбувається невеликий розряд вночі.

Алгоритм роботи АГЕ в осінньо-зимовий період повинен коригуватися за даними щомісячного моніторингу і генератор може запускатися при більш глибокому розряді АБ, а заряджати її на більшу величину, ніж влітку. Крім

того, потрібно щомісяця проводити примусовий заряд до 100% за допомогою генератора в ручному режимі.

У коло заряду АБ ввімкнено також контролери вітрогенераторів, в функції яких входять випрямлення вихідного напруги генератора, перетворення потужності генератора в зарядний струм АБ, забезпечення тріступінчатого режиму для досягнення повного заряду АБ, скидання надлишкової енергії при його досягненні і під час відсутності навантаження, контроль і відключення навантаження постійного струму при розряді АБ нижче допустимого рівня, гальмування генератора при максимальному розгоні.

Розрахункове енерговироблення вітроустановок ВГ1 і ВГ2 в осінньо-зимовий період частково компенсує брак сонячної енергії для підтримки заряду АБ (більше 70%).

Для підвищення ефективності роботи АГЕ, важливою є стратегія керування роботою АГЕ, яка визначає загальну продуктивність системи. Стратегії керування роботою АГЕ поділяється на дві категорії [50]:

1. Динамічна стратегія керування.

Ця стратегія керування базується на вимірюванні напруги та частоти для підтримки стабільності системи в будь-якій точці під час роботи системи. Часовий крок цієї стратегії зазвичай менше секунди.

2. Стратегія передавання потужності.

Ця стратегія підтримує баланс потужності системи на основі вимірювання потоку потужності. Часовий крок цієї стратегії коливається від хвилин до годин.

Стратегії керування АГЕ спрямовані на:

- балансування виробництва та споживання електроенергії на рівні системи;
- безпосереднє використання енергії сонячних панелей;
- зменшення споживання палива та викидів парникових газів дизельним генератором;
- зменшення кількості циклів запуску дизельного генератора;

- вирівнювання накопиченого часу роботи дизельного генератора.

У більш складних АГЕ керування роботою дизельного генератора та акумуляторною батареєю здійснюється прогнозуванням обсягом вироблення енергії сонячними батареями та прогнозування потужності споживання навантаженням змінного струму для покращення загальної ефективності роботи системи.

У роботі [26] запропоновано алгоритм тригодинного розподілу фотоелектричних ресурсів та прогнози попиту на навантаження для планування та керування роботою АГЕ.

Висновки до першого розділу

1. Проблема переробки пластикових відходів є надзвичайно актуальною для України. Мобільна установка «Оболонь Оіл» використовує для виробництва палива важкі для переробки і повторного використання полімерні відходи: поліетиленове пакування і мішки, каністри, пластикові ящики і пляшки.

2. На сьогоднішній день зелені технології швидко вдосконалюються, а це дозволяє генераторам відновлюваної енергії використовувати високоефективні відновлювані джерела енергії. Сьогодні вже відомо, що значний економічний ефект виходить від автономних гібридних електростанцій (АГЕ), що використовують, як поновлювані, так і традиційні джерела електроенергії.

3. Передові технології відновлюваних генераторів та блоків перетворення енергії здатні поліпшити кількість вироблення енергії. Енергія, яка надходить до споживача, визначається шляхом її проходження по структурі АГЕ та пов'язана з розташуванням їх компонентів. Сучасні АГЕ поділяють на АГЕ послідовної структури та АГЕ паралельної структури.

4. Недоліком послідовної структури АГЕ є те, що акумуляторна батарея постійно заряджується і розряджається, що призводить до зменшення терміну експлуатації акумуляторної батареї. Іншим недоліком послідовної структури

АГЕ є втрати енергії, яку виробляють сонячні панелі та дизельний генератор, внаслідок її проходження через акумуляторну батарею, що призводить до низької загальної ефективності послідовної структури АГЕ

5. Однією з переваг паралельної структури АГЕ перед послідовною структурою АГЕ є те, що у паралельній структурі АГЕ джерела енергії з'єднані таким чином, що дизельний генератор та сонячні панелі можуть забезпечувати живлення навантаження змінного струму окремо.

6. Для підвищення ефективності роботи АГЕ, важливими є стратегії керування роботою АГЕ, які визначають загальну продуктивність системи і поділяються на динамічні стратегії та стратегії передавання потужності.

2. Математична модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

2.1 Математичні моделі компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Потужність компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо впливає на її продуктивність. Потужність компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо визначається співвідношенням між енергією, яка виробляється дизельним генератором та сонячними батареями. В залежності від частки енергії, яка виробляється сонячними батареями, АГЕ можна розділити на дві категорії:

1. АГЕ з дизельним генератором, як основним джерелом живлення.

У таких АГЕ дизельний генератор призначений для щоденної роботи разом із сонячними батареями для подачі електроенергії безпосередньо до навантаження. Функції сонячних батарей полягають у зменшенні споживання палива та виробленню енергії під час механічного обслуговування дизельного генератора. У цих системах можна використовувати невеликі акумуляторні батареї для живлення пікової потужності навантаження, яка триває лише короткий час, а акумуляторні батареї можуть заряджатися дизельним генератором.

2. АГЕ з сонячними батареями, як основним джерелом живлення.

У таких АГЕ сонячні батареї призначені для забезпечення високої частки загальної потреби в енергії. Функції дизельного генератора полягають у заряджуванні акумуляторної батареї та доповненні енергії сонячних батарей, коли рівень сонячної інсоляції є недостатнім. Враховуючи високу частину енергії сонячних батарей у таких АГЕ їм потрібні великі акумуляторні батареї.

Параметри потужності складових компонентів АГЕ забезпечує задовільну роботу системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, використовуючи відповідну стратегію керування системою.

Надмірна потужність фотоелектричних панелей не тільки збільшить капітальні витрати системи, але й призведе до надлишкової потужності, особливо під час місяців високого сонячного опромінення, які в кінцевому підсумку доведеться скидати, якщо в системі не встановлені акумуляторні батареї достатньої ємності для накопичення зайвої електричної енергії.

Проектування компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо вимагає всебічного аналізу навантаження. Потужність навантаження змінного струму споживачів потрібно перерахувати на потужність навантаження постійного струму, використовуючи вираз (2.1).

$$P_{DC} = \frac{P_{AC}}{\eta_{інв}}, \quad (2.1)$$

де P_{DC} - потужність навантаження постійного струму;

P_{AC} - потужність навантаження змінного струму;

$\eta_{інв}$ - коефіцієнт корисної дії інвертора.

Величина постійного струму навантаження визначається у відповідності із виразом (2.2).

$$I_{DC} = \frac{P_{DC}}{U_{DC}}, \quad (2.2)$$

де I_{DC} - постійний струм навантаження;

P_{DC} - потужність навантаження постійного струму;

U_{DC} - постійна напруга навантаження.

У системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок сонячна батарея використовується для того, щоб максимально задовольнити середні потреби в навантаженні протягом місяця з найвищим сонячним випромінюванням. Для досягнення цього робочого стану потрібно оцінити частку сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією, яка визначається у відповідності із виразом (2.3).

$$f_{PV \min} = \frac{E_{PV \min}}{E_{нм}} = \frac{H_{м \min}}{H_{м \max}}, \quad (2.3)$$

де $f_{PV \min}$ - частка сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією;

$E_{PV\min}$ - середньомісячне енергопостачання сонячними батареями протягом місяця з найнижчою сонячною інсоляцією;

$E_{н.м}$ - середньомісячна потреба в енергії;

$H_{.m\min}$ - найменший рівень сонячної інсоляції за місяць;

$H_{.m\max}$ - найбільший рівень рівень сонячної інсоляції за місяць.

Після оцінки частки сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією потреба енергії в навантаженні постійного струму за місяць визначається у відповідності із виразом (2.4).

$$E_{DCM} = f_{PV\min} \cdot E_{DC\delta}, \quad (2.4)$$

де E_{DCM} - потреба енергії в навантаженні постійного струму за місяць;

$f_{PV\min}$ - частка сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією;

$E_{DC\delta}$ - потреба енергії в навантаженні постійного струму за день.

Кількість фотоелектричних модулів, необхідних для виконання вимог щодо проектного місяця, можна розрахувати за допомогою виразів (2.5) - (2.7).

$$N_{noc} = \frac{U_{DCн}}{U_{.м}}, \quad (2.5)$$

де N_{noc} - кількість послідовно-з'єднаних фотоелектричних модулів;

$U_{DCн}$ - напру навантаження постійного струму;

U_m - постійна напруга одного фотоелектричного модуля.

$$W_c = M_c \cdot I_m \cdot \eta_{бат} \cdot k_3, \quad (2.6)$$

де W_c - кількість електричної енергії, що виробляється стрінгом;

M_c - кількість годин максимальної сонячної інсоляції;

I_m - постійна струм фотоелектричного модуля;

$\eta_{бат}$ - коефіцієнт ефективності акумуляторної батареї;

k_3 - коефіцієнт зменшення, який враховує зменшення потужності в реальних робочих умовах порівняно з умовами, за яких оцінювали фотоелектричний модуль.

$$N_c = \frac{W_{DCн}}{W_c}, \quad (2.7)$$

де N_c - кількість стрінгів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;

$W_{DCн}$ - енергія навантаження постійного струму;

W_c - енергія постійного струму одного стрінгу.

Конструкція акумуляторної батареї системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо дуже залежить від

вимог замовника, беручи до уваги фінансові аспекти та кількість днів зберігання енергії.

Завдяки широкому розмаїттю доступних технологій акумуляторних батарей, кожен тип акумуляторної батареї має унікальні характеристики з точки зору номінальної ємності, номінальної напруги, ефективності та максимальної глибини розряду (DOD) або мінімального стану заряду (SOC).

Максимальний коефіцієнт корисної дії або мінімальний коефіцієнт забруднення стосується кількості накопичуваної енергії в акумуляторних батареях. Ці параметри включаються в розрахунок ємності акумуляторних батарей, щоб гарантувати, що акумуляторна батарея ніколи не буде повністю розряджена під час роботи системи, оскільки це суттєво зменшить тривалість її роботи.

Особливо важливо, щоб ємність акумуляторної батареї забезпечувала достатній час зберігання енергії, щоб задовольнити вимоги замовника. Рекомендується один день зберігання енергії для системи, що складається з комбінації сонячної батареї та дизельного генератора. Величина ємності акумуляторної батареї визначається у відповідності із виразом (2.8).

$$W_{\text{бат}} = W_{\text{DCн}} \cdot N_{\text{ДЗ}}, \quad (2.8)$$

де $W_{\text{бат}}$ - ємність акумуляторної батареї;

$W_{\text{DCн}}$ - енергія навантаження постійного струму;

$N_{\text{ДЗ}}$ - кількість днів зберігання електричної енергії.

Температура акумуляторної батареї безпосередньо впливає на корисну ємність акумулятора. Для приміщень із надзвичайно холодними погодними умовами ємність акумулятора залежить не тільки від швидкості розряду, а й від температури навколишнього середовища.

Чим нижча температура навколишнього середовища, тим більше часу заряду потрібно акумуляторній батареї для відновлення її енергії. Для вищих температур, навпаки, потрібно менше часу заряду акумуляторної батареї для відновлення її енергії. Однак тривала робота акумуляторної батареї при високій температурі зменшує термін її експлуатації.

Виробники акумуляторних батарей, зазвичай, надають технічні характеристики та таблиці даних на основі контрольної робочої температури 25°C. Користувачі повинні оцінити необхідну ємність акумуляторної батареї, використовуючи для розрахунку ємності акумуляторної батареї графіки корекції, які наведені на рисунку 2.1 та рисунку 2.2.

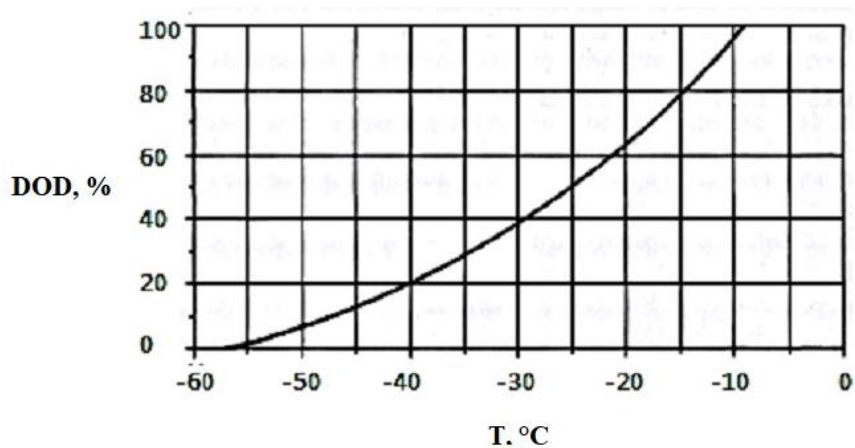


Рисунок 2.1 – Залежність максимальної глибини розряду DOD від температури T

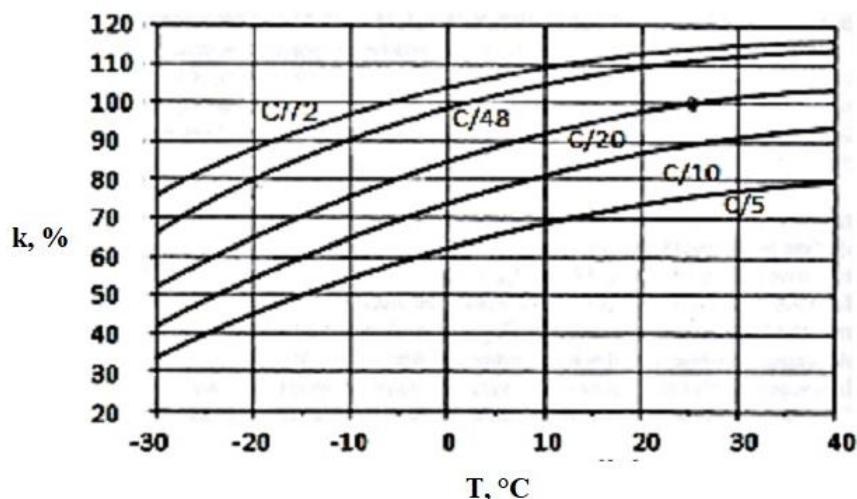


Рисунок 2.2 – Залежність коефіцієнта корекції ємності свинцево-кислотних акумуляторів DOD від температури T

Збільшена ємність акумуляторної батареї з урахуванням її максимальної глибини розряду DOD та швидкості розрядження визначається у відповідності із виразом (2.9).

$$W_{\text{бат.кор}} = \frac{W_{\text{бат}}}{DOD_{\text{max}} \cdot V_{\text{роз}}}, \quad (2.9)$$

де $W_{\text{бат.кор}}$ - відкоригована ємність акумуляторної батареї;

$W_{\text{бат}}$ - ємність акумуляторної батареї;

DOD_{max} - максимальна глибина розряду DOD акумуляторної батареї;

$V_{\text{роз}}$ - швидкість розряду акумуляторної батареї.

Кількість послідовно-з'єднаних акумуляторних батарей, необхідних для виконання вимог забезпечення постійної напруги навантаження, можна розрахувати за допомогою виразу (2.10).

$$N_{\text{бат.пос}} = \frac{U_{\text{DCн}}}{U_{\text{бат}}}, \quad (2.10)$$

де $N_{\text{бат.пос}}$ - кількість послідовно-з'єднаних акумуляторних батарей;

$U_{\text{DCн}}$ - напру навантаження постійного струму;

$U_{\text{бат}}$ - постійна напруга однієї акумуляторної батареї.

Кількість стрінгів акумуляторних батарей можна розрахувати за допомогою виразу (2.11).

$$N_{\text{с.бат}} = \frac{W_{\text{DCн}}}{W_{\text{с.бат}}}, \quad (2.11)$$

де $N_{\text{с.бат}}$ - кількість стрінгів акумуляторних батарей системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;

$W_{\text{DCн}}$ - енергія навантаження постійного струму;

$W_{\text{с.бат}}$ - енергія, яку накопичує один стрінг акумуляторних батарей.

У системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок без елемента накопичення енергії дизельний генератор має бути потужним, щоб задовольнити пікові потреби в навантаженні. Експлуатація декількох блоків дизельних генераторів може бути більш практичною в цьому типі конфігурації системи, щоб задовольнити потреби в навантаженні в різні періоди.

Коли у системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок враховується накопичення енергії, дизельний генератор повинен мати можливість заряджати акумуляторну батарею протягом розумного періоду часу. Вибір швидкості зарядки акумуляторних батарей є критичним.

1. Велика швидкість зарядки вимагає потужного дизельного генератора.

2. Низька швидкість зарядки, збільшить ризик відмови в забезпеченні попиту на навантаження в певний період.

Номінальну потужність дизельного генератора можна розрахувати за допомогою виразу (2.12).

$$P_{ДГ} = \frac{W_{заг.бат} \cdot U_{DCн}}{t_{зар.бат} \cdot \eta_{зар.прис}}, \quad (2.12)$$

де $P_{ДГ}$ - номінальна потужність дизельного генератора;

$W_{заг.бат}$ - загальна ємність акумуляторних батарей;

$U_{DCн}$ - напруга постійного струму навантаження;

$t_{зар.бат}$ - час заряду акумуляторних батарей;

$\eta_{зар.прис}$ - коефіцієнт корисної дії зарядного пристрою.

Дизельний генератор розрахована номінальна потужність може бути недоступним у продажу, тому, необхідно вибрати доступного дизельний генератор із більшою потужністю ніж розрахована.

2.2 Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо наведена на рисунку 2.3. До її складу входить сонячна батарея, акумуляторна батарея, дизельний генератор, інвертор, зарядний пристрій та випрямляч.

Електрична енергія, яка виробляється сонячною батареєю, поступає на інвертор для живлення навантаження змінного струму, а також на зарядний пристрій для заряджування акумуляторної батареї. Електрична енергія від

аккумуляторної батареї поступає на інвертор для живлення навантаження змінного струму.

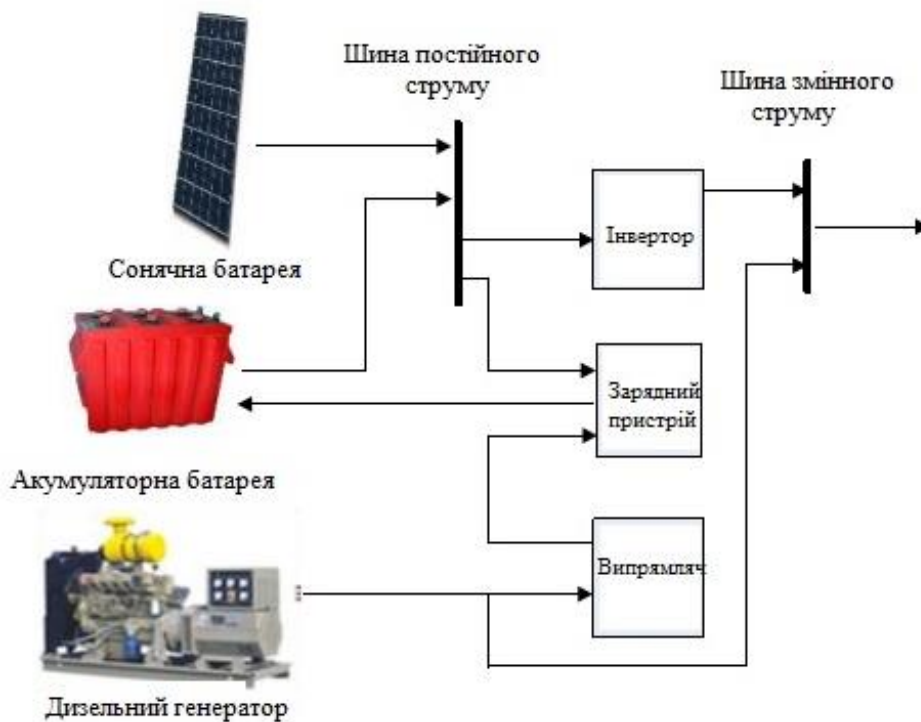


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

В структурній схемі системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо використовується дизельний генератор змінного струму, тому електрична енергія яка виробляється дизельним генератором поступає напряму для живлення навантаження змінного струму. Також, електрична енергія, яка виробляється дизельним генератором, поступає на зарядний пристрій для заряджування аккумуляторної батареї.

Вихідну потужність сонячної батареї можна розрахувати за допомогою виразу (2.13).

$$P_{CB}(t) = N_{\Phi M} \cdot I_{ТПМ} \cdot U_{ТМП} \cdot G(t), \quad (2.13)$$

де $P_{CB}(t)$ - вихідна потужність сонячної батареї;

$N_{\phi M}$ - загальна кількість фотомодулів;

I_{TMM} - струм в точці максимальної потужності;

U_{TMM} - напруга в точці максимальної потужності;

$G(t)$ - рівень сонячної інсоляції.

Різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі можна розрахувати за допомогою виразу (2.14).

$$\Delta P(t) = P_{CB}(t) - \frac{P_n(t)}{\eta_{инв}}, \quad (2.14)$$

де $\Delta P(t)$ - різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі;

$P_{CB}(t)$ - вихідна потужність сонячної батареї;

$P_n(t)$ - потужність навантаження;

$\eta_{инв}$ - коефіцієнт корисної дії інвертора.

Різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі подається в якості зарядної потужності акумуляторної батареї і описується виразом (2.15).

$$P_{\text{бат.зар}}(t) = \Delta P(t). \quad (2.15)$$

Загальна ємність акумуляторної батареї можна розрахувати за допомогою виразу (2.16).

$$C_{\text{бат.заг}} = N_{\text{бат}} \cdot C_{\text{бат.од}} \quad (2.16)$$

де $C_{\text{бат.заг}}$ - загальна ємність акумуляторної батареї;

$N_{\text{бат}}$ - кількість акумуляторів у акумуляторній батареї;

$C_{\text{бат.од}}$ - ємність одного акумулятора в акумуляторній батареї.

Потужність акумуляторної батареї можна розрахувати за допомогою виразів (2.17) та (2.18).

$$P_{\text{бат}}(t) = P_{\text{бат.роз}}(t) = -\Delta P_{\text{бат}}(t) \quad (2.17)$$

де $P_{\text{бат}}(t)$ - потужність акумуляторної батареї;

$P_{\text{бат.роз}}(t)$ - розрядна потужність акумуляторної батареї;

$\Delta P(t)$ - різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі.

$$P_{\text{бат}}(t) = P_{\text{бат.роз}}(t) = \frac{E_{\text{бат.зал}}}{1200} \quad (2.18)$$

де $E_{\text{бат.зал}}$ - енергія акумуляторної батареї, що залишилася вище мінімального стану заряду SOC.

Мінімальний стан заряду акумуляторної батареї SOC оновлюється щогодини відповідно до процесу заряджування та розряджування

аккумуляторної батареї. Параметри заряджування та розряджування аккумуляторної батареї змінюються залежно від мінімального стану заряду аккумуляторної батареї SOC у відповідності до виразу (2.19).

$$SOC(t) = SOC(t-1) + \frac{P_{\text{бат}}(t) \cdot k_{\text{бат}} \cdot 1200}{E_{\text{бат.заг}}} \cdot 100, \quad (2.19)$$

де $SOC(t)$ - поточний стан заряду аккумуляторної батареї;

$SOC(t-1)$ - попередній стан заряду аккумуляторної батареї;

$P_{\text{бат}}(t)$ - потужність аккумуляторної батареї;

$E_{\text{бат.заг}}$ - енергія аккумуляторної батареї, що залишилася вище мінімального стану заряду SOC;

$k_{\text{бат}}$ - коефіцієнт заряду/розряду аккумуляторної батареї.

Існує дві умови роботи дизельного генератора.

1. Потужність дизельного генератора дорівнює надлишку потужності, яка виробляється сонячною батареєю і описується виразом (2.20).

$$P_{\text{ДГ}}(t) = P_{\text{бат.роз}}(t) = -\Delta P(t), \quad (2.20)$$

де $P_{\text{ДГ}}(t)$ - потужність дизельного генератора;

$P_{\text{бат.роз}}(t)$ - розрядна потужність аккумуляторної батареї;

$\Delta P(t)$ - різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі.

2. Потужність дизельного генератора дорівнює сумі потужностей навантаження та зарядній потужності акумуляторної батареї і описується виразом (2.21).

$$P_{ДГ}(t) = P_n(t) + P_{бат.зар}(t), \quad (2.21)$$

де $P_n(t)$ - потужність навантаження;

$P_{бат.зар}(t)$ - зарядна потужність акумуляторної батареї.

Важливим блоком системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо є блок підвищення постійної напруги сонячної батареї, який побудований з використанням елементів L , C та комутаторів. З точки зору інженерної практики найбільш простою є схема, яка зображена на рисунку 2.4.

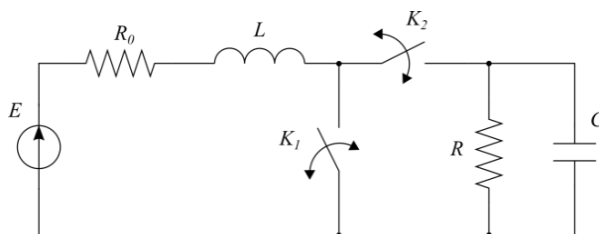


Рисунок 2.4 – Блок підвищення постійної напруги сонячної батареї

Аналогом схеми блоку підвищення постійної напруги сонячної батареї, яка зображена на рисунку 2.4 є схема, що зображена на рисунку 2.5. Аналіз схеми блоку підвищення постійної напруги сонячної батареї будемо проводити, використовуючи схему, яка зображена на рисунку 2.4.

Робота схеми розпочинається з фази 1, коли K_2 - розмикає коло, а K_1 - замикає коло. Для цієї фази 1 будемо використовувати початкові умови $i_L(0) = 0; U_C(0) = 0$.

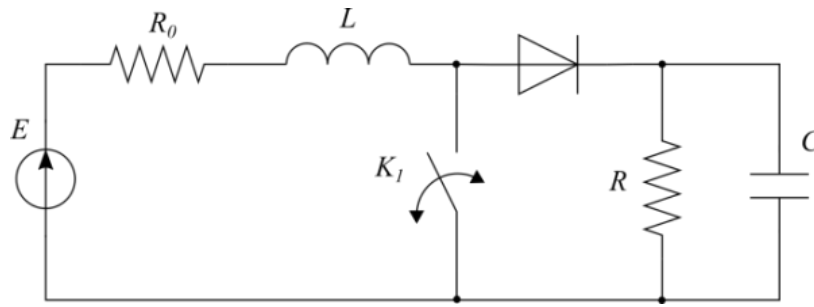


Рисунок 2.5 – Аналог схеми блоку підвищення постійної напруги сонячної батареї

Індуктивний струм можна записати у вигляді виразу (2.22).

$$i_L = \frac{E}{R_0} + (i_L(0) - \frac{E}{R_0})e^{-\frac{R_0}{L}t}, \quad (2.22)$$

де R_0 - загальний активний опір джерела, котушки індуктивності та комутатора K_1 . Струм, який проходить через опір R_H дорівнює ($U_C / 0 = 0$).

Для фази 2, яка настає через час $t = t_1$, комутатор K_2 замкнутий, а ключ K_1 розімкнутий. Тоді схема, яка зображена на рисунку 2.4 буде мати вигляд, як показано на рисунку 2.6.

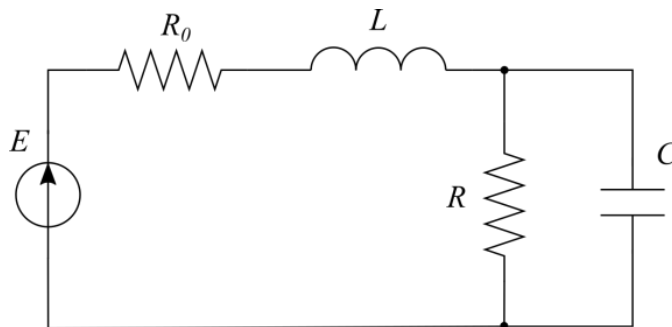


Рисунок 2.6 – Фаза 2 для схеми блоку підвищення постійної напруги сонячної батареї

Запишемо диференціальне рівняння схеми для фази 2. Це диференціальне рівняння, а йому відповідає характеристичне рівняння, яке описується виразом :

$$R_H L C p^2 + (R_0 R_H C + L)p + R_0 + R_H = 0. \quad (2.23)$$

Коренями цього характеристичного рівняння є вираз (2.24).

$$p_{1,2} = -\frac{R_0 R_H C + L}{2R_H LC} \pm \sqrt{\left(\frac{R_0 R_H C + L}{2R_H LC}\right)^2 - \frac{R_0 + R_H}{R_H LC}}. \quad (2.24)$$

Характерною особливістю RLC -кола, яке зображене на рисунку 2.5, є збільшення напруги на конденсаторі більше ніж напруга джерела у випадку, коливального характеру перехідного процесу. Коливальний характер перехідного процесу виникає при умові.

$$\frac{R_0 + R_H}{R_H L_C} > \left(\frac{R_0 R_H C + L}{2R_H LC}\right)^2. \quad (2.25)$$

Вираз (2.26) описує корені характеристичного рівняння.

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_B, \quad (2.26)$$

$$\text{де } \delta = \frac{R_0 R_H C + L}{2R_H LC};$$

ω_B - власна частота коливань кола.

$$(\omega_B = \sqrt{\frac{R_0 + R_H}{R_H L_C} - \left(\frac{R_0 R_H C + L}{2R_H LC}\right)^2}).$$

Індуктивний струм описується виразом (2.27).

$$i_L = \frac{E}{R_0 + R_H} + A e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_B t + \psi). \quad (2.27)$$

На навантаженні напругу можна описати виразом (2.28).

$$\begin{aligned}
U_C = U_H &= E - i_L \cdot R_0 - L \frac{di_L}{dt} = \\
&= E - \left(\frac{E}{R_0 + R_H} + Ae^{-\delta t} \cdot \sin(w_B t + \psi) \right) R_0 - \\
&- L \left(-\delta Ae^{-\delta t} \sin(w_B t + \psi) + w_B Ae^{-\delta t} \cos(w_B t + \psi) \right) - \quad (2.28) \\
&- E \frac{R_H}{R_0 + R_H} + Ae^{-\delta t} (L \cdot \delta - R_0) \sin(w_B t + \psi) - \\
&- w_B L \cdot Ae^{-\delta t} \cdot \cos(w_B t + \psi)
\end{aligned}$$

Значення A та ψ можна визначити, використовуючи початкові умови, коли фаза 1 та фаза 2 будуть змінюватися. Тоді $i_L(0) \neq 0$ і $U_C(0) \neq 0$.

Середні значення $I_{L.cp}$ і $U_{H.cp}$ будуть підвищуватися з кожним новим циклом. Особливістю усталеного періодичного режиму є те, що графіки струму та напруги $i_L(t)$ та $U_H(t)$ збільшуються, як показано на рисунку 2.6 та рисунку 2.7.

Математичну модель блока підвищення постійної напруги сонячної батареї можна записати у вигляді ітеративного відображення, яке наведено за допомогою виразі (2.29) і (2.30).

$$i_L(t) = F_L(t, t_k, E, i_L(t_k), u_C(t_k)), \quad (2.29)$$

$$u_C(t) = F_C(t, t_k, E, i_L(t_k), u_C(t_k)), \quad (2.30)$$

де t_k - відрізок часу до першої комутації;

t , F_L і F_C - вирази, що відповідають фазі 1 і фазі 2, також параметрам елементів схеми блоку підвищення постійної напруги сонячної батареї.

Миттєві значення струму і напруги, які відповідають фазі 1, можна описати за допомогою рівнянь (2.31) та (2.32).

$$i_L(t) = \frac{E}{R_0} - \frac{E}{R_0} \cdot e^{-\frac{R_0}{L}(t-t_k)} + i_L(t_k) \cdot e^{-\frac{R_0}{L}(t-t_k)}; \quad (2.31)$$

$$u_c(t) = u_c(t_k) \cdot e^{-\frac{1}{R_H C}(t-t_k)}. \quad (2.32)$$

По аналогії можна записати рівняння для фази 2, як показано у виразах (2.33) і (2.34).

$$\begin{aligned} i_L(t) = & \left(A_0 + A_1 e^{p_1(t-t_k)} + A_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot E + \\ & + \left(B_1 e^{p_1(t-t_k)} + B_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot i_L(t_k) + \quad ; \\ & + \left(C_1 e^{p_1(t-t_k)} + C_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot u_c(t_k) \end{aligned} \quad (2.33)$$

$$\begin{aligned} u_c(t) = & \left((1 - A_0 R_0) - (R_0 + L p_1) A_1 e^{p_1(t-t_k)} - (R_0 + L p_2) A_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot E + \\ & + \left((R_0 + L p_1) B_1 e^{p_1(t-t_k)} + (R_0 + L p_2) B_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot i_L(t_k) + \\ & + \left((R_0 + L p_1) C_1 e^{p_1(t-t_k)} + (R_0 + L p_2) C_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot u_c(t_k) \end{aligned} \quad (2.34)$$

У рівняннях (2.33) та (2.34) коефіцієнти А, В, С можна записати, використовуючи заміни, як наведено у виразах нижче.

$$b = \frac{R_H R_0 C + L}{R_H L C}, \quad c = \frac{R_H + R_0}{R_H L C}, \quad d = \frac{1}{R_H L C}, \quad (2.35)$$

$$D = |\sqrt{b^2 - 4c}|, \quad (2.36)$$

$$p_1 = (-b + D) / 2, \quad p_2 = (-b - D) / 2,$$

$$A_0 = \frac{d}{c}, \quad A_1 = \frac{d}{2c} \left(-1 - \frac{b}{D} \right) + \frac{1}{DL}, \quad A_2 = \frac{d}{2c} \left(-1 + \frac{b}{D} \right) - \frac{1}{DL}, \quad (2.37)$$

$$B_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b}{D} \right) + \frac{R_0}{DL}, \quad B_2 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b}{D} \right) - \frac{R_0}{DL}, \quad (2.38)$$

$$C_1 = \frac{1}{DL}, \quad C_2 = -\frac{1}{DL}, \quad (2.39)$$

Математичну модель блока підвищення постійної напруги сонячної батареї для k -го періоду перемикання, що містить фазу 1 та фазу 2, можна звести до ітеративного відображення (2.40).

$$\begin{aligned}
i_L(t) &= F_L(t, t_k, E, i_L(t_k), u_C(t_k)) = \\
&= \begin{cases} \frac{E}{R_0} - \frac{E}{R_0} \cdot e^{-\frac{R_0}{L}(t-t_k)} + i_L(t_k) \cdot e^{-\frac{R_0}{L}(t-t_k)}, & K \text{ закомутований} \\ \left(A_0 + A_1 e^{p_1(t-t_k)} + A_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot E + \\ + \left(B_1 e^{p_1(t-t_k)} + B_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot i_L(t_k) + \\ + \left(C_1 e^{p_1(t-t_k)} + C_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot u_C(t_k), & K \text{ розкомутований} \end{cases} \quad (2.40)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
u_C(t) &= F_C(t, t_k, E, i_L(t_k), u_C(t_k)) = \\
&= \begin{cases} u_C(t_k) \cdot e^{-\frac{1}{R_H C}(t-t_k)}, & K \text{ закомутований} \\ \left((1 - A_0 R_0) - (R_0 + L p_1) A_1 e^{p_1(t-t_k)} - (R_0 + L p_2) A_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot E + \\ + \left((R_0 + L p_1) B_1 e^{p_1(t-t_k)} + (R_0 + L p_2) B_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot i_L(t_k) + \\ + \left((R_0 + L p_1) C_1 e^{p_1(t-t_k)} + (R_0 + L p_2) C_2 e^{p_2(t-t_k)} \right) \cdot u_C(t_k), & K \text{ розкомутований, } i_L(t) \neq 0 \\ u_C(t_k) \cdot e^{-\frac{1}{R_H C}(t-t_k)}, & K \text{ розкомутований, } i_L(t) = 0 \quad (t_k - \text{ час рiноваги } i_L(t) = 0) \end{cases} \quad (2.41)
\end{aligned}$$

За допомогою послiдовних вiдображень (2.40) та (2.41) струм котушки iндуктивностi i_L i напруга га конденсаторi u_C можуть бути визначенi для часу t .

Висновки до другого роздiлу

1. Потужнiсть компонентiв системи живлення мобiльної установкi переробкi пластикових пляшок у дизельне паливо визначається спiввiдношенням мiж енергiєю, яка виробляється дизельним генератором та сонячними батареями.

2 У системi живлення мобiльної установкi переробкi пластикових пляшок сонячна батарея використовується для того, щоб максимально задовольнити середнi потреби в навантаженнi протягом мiсяця з найвищим сонячним випромiнюванням.

3. Максимальний коефiцiєнт корисної дiї або мiнiмальний коефiцiєнт забруднення стосується кiлькостi накопичуваної енергiї в акумуляторних батареях. Цi параметри включаються в розрахунок ємностi акумуляторних

батареї, щоб гарантувати, що акумуляторна батарея ніколи не буде повністю розряджена під час роботи системи, оскільки це суттєво зменшить тривалість її роботи.

4. Коли у системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок враховується накопичення енергії, дизельний генератор повинен мати можливість заряджати акумуляторну батарею протягом розумного періоду часу. Вибір швидкості зарядки акумуляторних

5. пляшок у дизельне паливо використовується дизельний генератор змінного струму, тому електрична енергія яка виробляється дизельним генератором поступає напряду для живлення навантаження змінного струму. Також, електрична енергія, яка виробляється дизельним генератором, поступає на зарядний пристрій для зароджування акумуляторної батареї.

6. Математичну модель блока підвищення постійної напруги сонячної батареї можна записати у вигляді ітеративного відображення, за допомогою якого можна визначити струм котушки індуктивності i_L і напруга на конденсаторі u_C можуть бути визначені для часу t .

3. Імітаційне моделювання компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

3.1 Імітаційне моделювання сонячної батареї

Для імітаційного моделювання сонячної батареї необхідні два типи вхідних параметрів. Перший тип вхідних параметрів - це параметри, які представляють фізичні характеристики компонентів і їх, зазвичай, вводять лише один раз через графічний інтерфейс користувача (GUI) кожної моделі компонентів системи.

Інший тип вхідних параметрів - це вхідні дані для моделювання, які отримуються або з вихідного файлу моделювання, або на основі розрахункових значень, отриманих на кожному етапі моделювання.

Моделювання сонячної батареї починається з розуміння взаємозв'язку між електричними параметрами сонячної батареї та параметрами навколишнього середовища. Для моделювання сонячної батареї необхідні вольт-амперні характеристики сонячної батареї при різних рівнях сонячного випромінювання та температури сонячної батареї.

Існують дві моделі сонячної батареї: однодіодна модель та дводіодна модель. В якості моделі сонячної батареї будемо використовувати однодіодну модель моделі сонячної батареї.

Еквівалентна схема заміщення однодіодної моделі сонячної батареї наведена на рисунку 3.1.

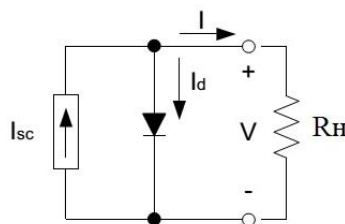


Рисунок 3.1 – Еквівалентна схема заміщення однодіодної моделі сонячної батареї

Типова вольт-амперна характеристика сонячної батареї наведена на рисунку 3.2.

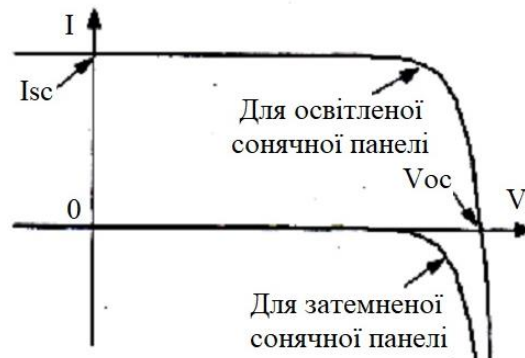


Рисунок 3.2 – Типова вольт-амперна характеристика сонячної батареї

Струм, який проходить через освітлену сонячну батарею, описується виразом (3.1).

$$I = I_{sc} - I_d, \quad (3.1)$$

де I_{sc} - струм короткого замикання;

I_d - струм, який проходить через діод.

Струм, який проходить через діод, описується виразом (3.2).

$$I_d = I_0 \left(\exp^{\frac{qV_d}{AkT}} - 1 \right), \quad (3.2)$$

де I_0 - струм насичення діода;

V_d - напруга діода;

q - заряд електрона;

A - фактор ідеальності діода;

T - температура діодного переходу.

Враховуючи вираз струму діода, струм, який проходить через освітлену сонячну батарею, описується виразом (3.3).

$$I = I_{sc} - I_0 \left(\exp^{\frac{qV_d}{AkT}} - 1 \right). \quad (3.3)$$

Напруга холостого ходу сонячної батареї описується виразом (3.4).

$$V_{oc} = \frac{AkT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right). \quad (3.4)$$

Модифікація еквівалентної схеми заміщення однодіодної модель сонячної батареї, яка зображена на рисунку 3.1, шляхом додавання паралельного опору дає удосконалену еквівалентну схему заміщення однодіодної модель сонячної батареї, що враховує ефект затінення і показана на рисунку 3.2.

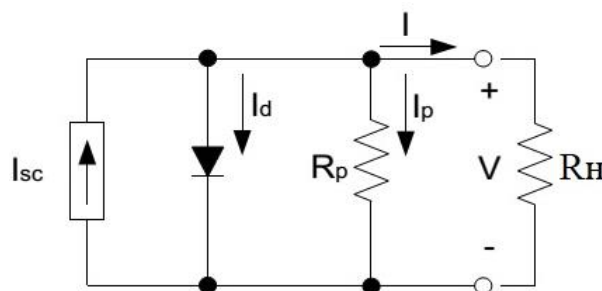


Рисунок 3.3 – Удосконалена еквівалентна схема заміщення однодіодної модель сонячної батареї, що враховує ефект затінення

Виходячи з першого закону Кірхоффа, струм сонячної батареї, що враховує ефект затінення, описується виразом (3.5).

$$I = I_{sc} - I_d - \frac{V}{R_p}, \quad (3.5)$$

де V - напруга сонячної панелі;

R_p - паралельний опір еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї.

Струм короткого замикання сонячної панелі описується виразом (3.6).

$$I_{sc} = G \cdot I_{ph}, \quad (3.6)$$

де G - рівень сонячного опромінення;

I_{ph} - фото струм.

Враховуючи вираз короткого замикання сонячної панелі (3.6), струм, який проходить через освітлену сонячну батарею, описується виразом (3.7).

$$I = G \cdot I_{ph} - I_0 \left(\exp^{\frac{qVd}{AkT}} - 1 \right) - \frac{V}{R_p}. \quad (3.7)$$

Паралельний опір еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї визначається нерівністю (3.8).

$$R_p > \frac{100V_{oc}}{I_{sc}}. \quad (3.8)$$

Вплив паралельного опору еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї на її вольт-амперну характеристику наведено на рисунку 3.4.

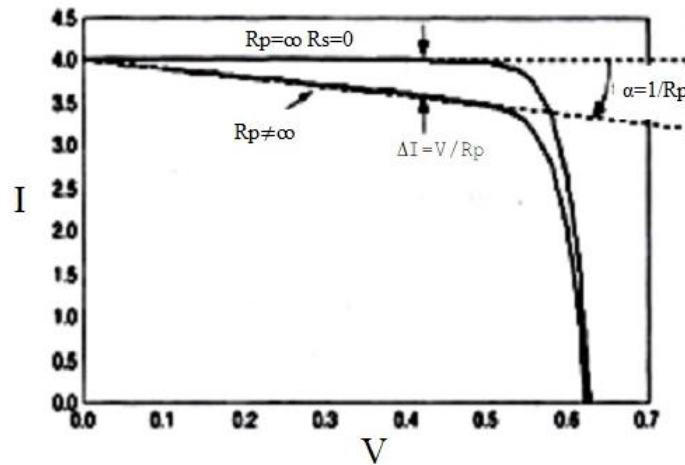


Рисунок 3.4 – Вплив паралельного опору еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї на її вольт-амперну характеристику

Подальше вдосконалення еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї полягає у додаванні послідовного опору, який показаний на рисунку 3.5.

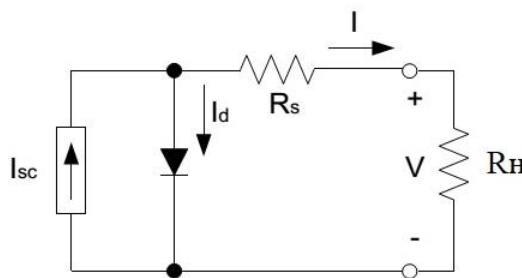


Рисунок 3.5 – Еквівалентна схема заміщення однодіодної модель сонячної батареї, що враховує послідовний опір

Виходячи з другого закону КірхOFFа, напруга на діоді сонячної батареї, описується виразом (3.9).

$$V_d = V + I \cdot R_s, \quad (3.9)$$

де V - напруга сонячної панелі;

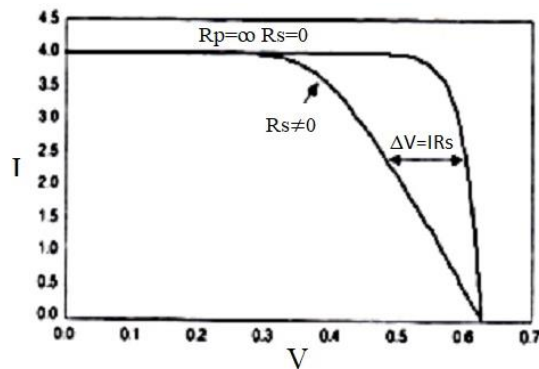
I - струм сонячної панелі;

R_s - послідовний опір еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї.

Підставляючи у вираз струму сонячної батареї (3.3) вираз напруги на діоді (3.9), отримаємо вираз (3.10).

$$I = I_{sc} - I_0 \left(\exp \frac{q(V+I \cdot R_s)}{A k T} - 1 \right). \quad (3.10)$$

Вплив послідовного опору еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї на її вольт-амперну характеристику наведено на рисунку 3.6.



Рисунк 3.6 – Вплив послідовного опору еквівалентної схеми заміщення однодіодної моделі сонячної батареї на її вольт-амперну характеристику

Враховуючи паралельний і послідовний опори еквівалентну схему заміщення однодіодної модель сонячної батареї можна зобразити, як наведено на рисунку 3.7.

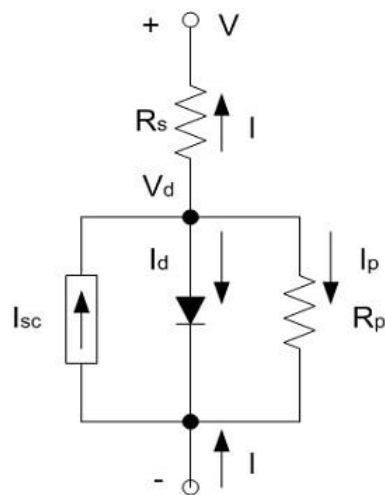


Рисунок 3.7 – Еквівалентна схема заміщення однодіодної модель сонячної батареї, що враховує паралельний і послідовний опори

Фотоелементи у сонячних модулях з'єднуються, як послідовно так і паралельно, щоб отримати задану напругу сонячного модуля V_{mod} та струм сонячного модуля I_{mod}

При послідовному з'єднанні фотоелементів, їх напруги додаються, а при паралельному з'єднанні фотоелементів додаються їх струми.

Напругу та струм сонячного модуля можна отримати за допомогою виразів (3.11) та (3.12) відповідно.

$$I_{mod} = N_{пар} \cdot I, \quad (3.11)$$

де I_{mod} - струм модуля;

$N_{пар}$ - кількість паралельно з'єднаних фото елементів у модулі.

$$V_{mod} = N_{пос} \cdot V, \quad (3.12)$$

де V_{mod} - напруга модуля;

$N_{пос}$ - кількість послідовно з'єднаних фото елементів у модулі.

Потужність сонячного модуля визначається шляхом обчислення добутку напруги та струму сонячного модуля, як зазначено у виразі (3.13).

$$P_{\text{мод}} = V_{\text{мод}} \cdot I_{\text{мод}} \cdot \quad (3.13)$$

Температура фото елемента визначається виразом (3.14).

$$T_{\text{ФЕ}} = T_{\text{НС}} + \left(\frac{T_{\text{РТФЕ}} - 20}{0,8} \right) \cdot G \quad (3.14)$$

де $T_{\text{НС}}$ - температура навколишнього середовища;

$T_{\text{РТФЕ}}$ - робоча температура фото елемента;

G - рівень сонячного випромінювання.

Потужність сонячної панелі можна розрахувати за допомогою виразу (3.15), який містить температуру температура фото елемента, кількість сонячних модулів та усереднений коефіцієнт зменшення фото модулів.

$$P_{\text{СП}} = M \cdot P_{\text{ФМ}} \cdot F_3 \cdot \left[1 + \alpha_P (T_{\text{ФЕ}} - T_{\text{НУТ}}) \right], \quad (3.15)$$

де M - кількість фото модулів;

$P_{\text{ФМ}}$ - потужність фото модулів;

F_3 - усереднений коефіцієнт зменшення фото модулів;

α_P - температурний коефіцієнт потужності;

$T_{\text{ФЕ}}$ - температура фото елемента;

$T_{\text{НУТ}}$ - температура нормальних умов тестування сонячної панелі.

3.2 Імітаційна модель сонячної батареї в середовищі Simulink

Технічні параметри фото модуля SunPower 210, які надає виробник цього модуля, наведені в таблиці 3.1. Ці дані вводяться в імітаційну модель для проведення обчислень потужності сонячної панелі.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики сонячної панелі SunPower 210

Кількість фото елементів	72
Номінальна потужність, $P_{ТМП}$	Пікова потужність 210 Вт при $G=1 \text{ кВт/м}^2$, $T=25 \text{ °C}$
Номінальна напруга, $V_{ТМП}$	40,0 В
Номінальний струм, $I_{ТМП}$	5,25 А
Напруга холостого ходу, V_{os}	47,8 В
Струм короткого замикання, I_{sc}	5,65 А
Температура нормальних умов тестування фото сонячної панелі	$46 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$

На рисунку 3.8 наведені вольт-амперні характеристики параметри фото модуля SunPower 210.

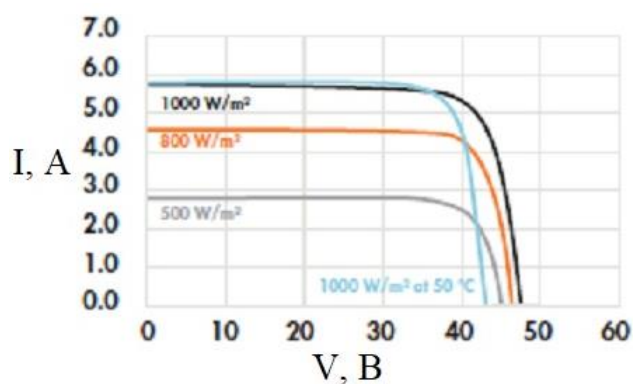


Рисунок 3.8 – Вольт-амперні характеристики фото модуля SunPower 210

Аналізуючи наведені на рисунку 3.8 вольт-амперні характеристики фото модуля SunPower 210 можна зробити висновок, струм є майже постійним в діапазоні напруг від 0 В до 35 В, після чого зміна струму стає значною. Для фото модуля SunPower 210 струм короткого замикання становить 5,75 А при 1000 Вт/м^2 , а напруга холостого ходу становить 47,7 В.

Як було зазначено раніше, для імітаційної моделі сонячної батареї моделюючі входи визначають основні електричні характеристики сонячної батареї. Зазвичай ці параметри містяться в технічних паспортах, що постачаються виробниками.

Основні електричні характеристики сонячної батареї виробниками наводяться для нормальних умов тестування (НУТ), для яких рівень сонячного випромінювання складає 1 кВт/м^2 та температура сонячної батареї $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

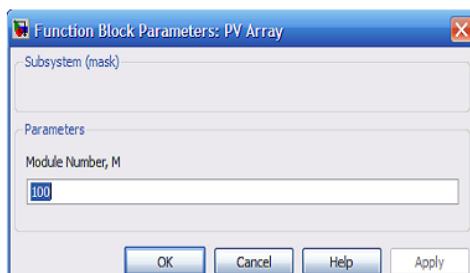
Ці параметри вводяться в імітаційну модель сонячної батареї на початку моделювання та залишаються незмінними протягом усього процесу моделювання. Існує ряд параметрів, що визначають електричні характеристики сонячної батареї.

1. Струм короткого замикання I_{sc} .
2. Напруга холостого ходу V_{oc} .
3. Температурний коефіцієнт потужності α_p .
4. Температурний коефіцієнт напруги холостого ходу.

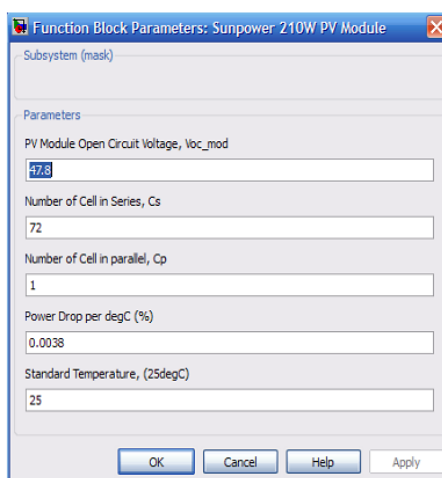
В імітаційну модель сонячної батареї в середовищі Simulink були введені декілька регульованих параметрів для можливості зміни умов моделювання. До регульованих параметрів відносяться.

1. Кількість фотомодулів M .
2. Температура нормальних умов тестування сонячної панелі $T_{НУТ}$.
3. Рівень сонячного випромінювання для нормальних умов тестування сонячної панелі $G_{НУТ}$.
4. Температура фото елемента $T_{ФЕ}$.

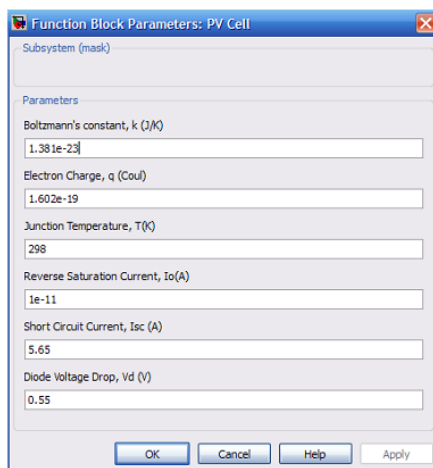
Інтерфейс користувача імітаційної моделі сонячної батареї в середовищі Simulink показано на рисунку 3.9.



а)



б)



в)

Рисунок 3.9 – Інтерфейс користувача імітаційної моделі сонячної батареї в середовищі Simulink:

- а) кількість фотомодулів M; б) параметри фото модуля SunPower 210;
- в) внутрішні параметри фото модуля

Виходами для моделювання сонячної батареї на кожному кроці часу були: струм, напруга та потужність сонячної батареї. На рисунку 3.10 наведена Simulink модель фото модуля SunPower 210.

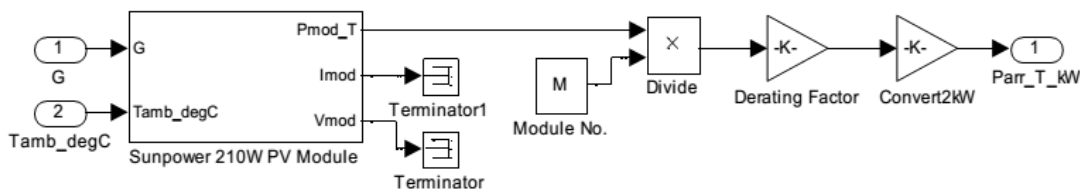


Рисунок 3.10 – Simulink модель фото модуля SunPower 210

На рисунку 3.11 наведена Simulink модель фото модуля.

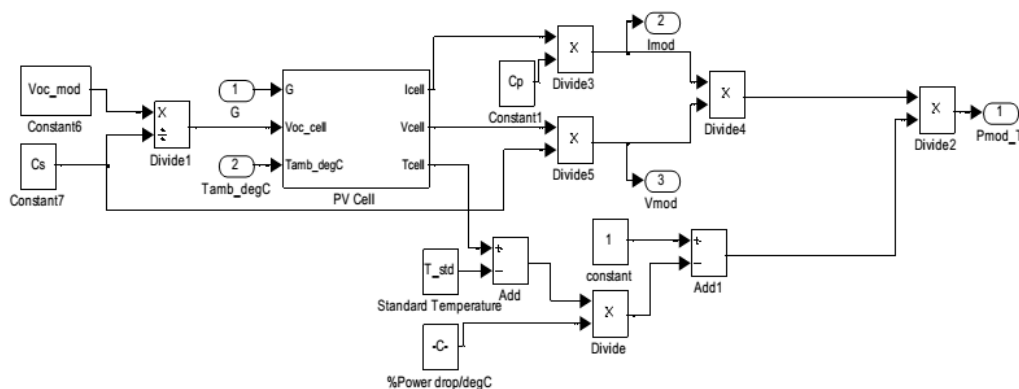


Рисунок 3.11 –Simulink модель фото модуля

На рисунку 3.12 наведена Simulink модель блоків для розрахунку послідовного опору R_s та паралельного опору R_p .

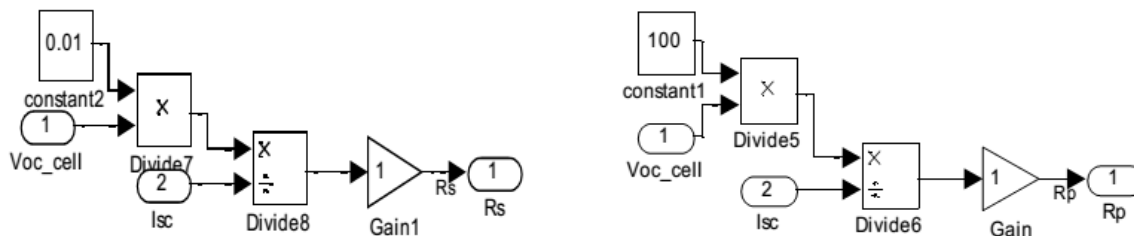


Рисунок 3.12 – Simulink модель блоків:

- а) для розрахунку послідовного опору R_s ;
- б) для розрахунку паралельного опору R_p

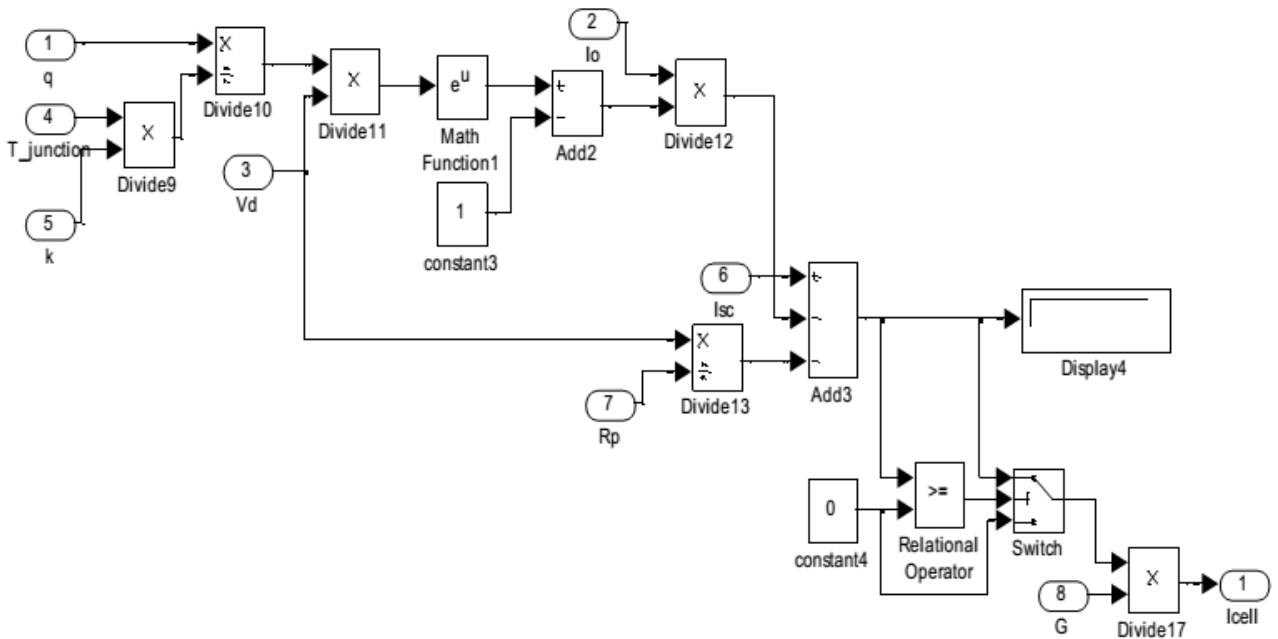


Рисунок 3.13 – Simulink модель для розрахунку струму фото модуля

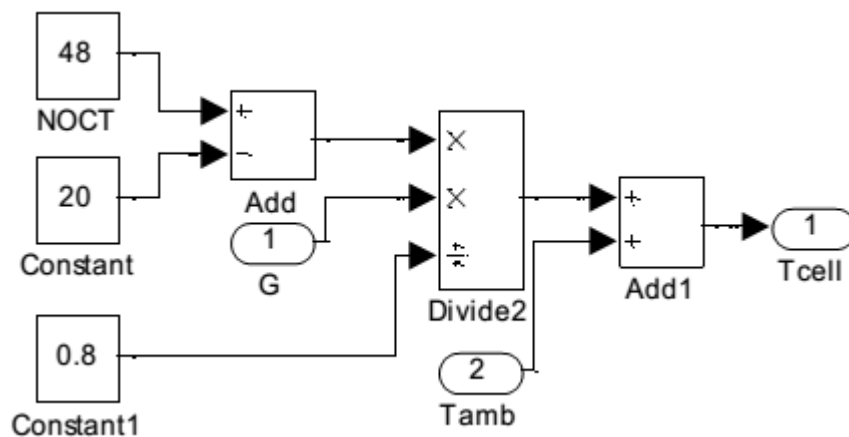


Рисунок 3.14 – Simulink модель для розрахунку температури фото модуля

Висновки до третього розділу

1. Для імітаційного моделювання сонячної батареї необхідні два типи вхідних параметрів. Перший тип вхідних параметрів - це параметри, які представляють фізичні характеристики компонентів і їх, зазвичай, вводять лише один раз через графічний інтерфейс користувача (GUI) кожної моделі компонентів системи.

2. Для моделювання сонячної батареї необхідні вольт-амперні характеристики сонячної батареї при різних рівнях сонячного випромінювання та температури сонячної батареї. Існують дві моделі сонячної батареї: однодіодна модель та дводіодна модель. В якості моделі сонячної батареї будемо використовувати однодіодну модель моделі сонячної батареї.

3. Основні електричні характеристики сонячної батареї виробниками наводяться для нормальних умов тестування (НУТ), для яких рівень сонячного випромінювання складає 1 кВт/м^2 та температура сонячної батареї $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Виходами для моделювання сонячної батареї на кожному кроці часу були: струм, напруга та потужність сонячної батареї.

4. Імітаційне моделювання системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

4.1 Розробка структурної схеми системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, побудована на основі перетворення сонячної енергії в електричну. Система складається з п'яти основних компонентів:

- фотоелектричні модулі,
- контролер заряду,
- інвертор,
- акумуляторна батарея,
- суперконденсаторна батарея.

Дані компоненти необхідні для безперебійного функціонування мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Сукупність ФМ виступає в ролі ключового елемента у системі трансформації сонячного випромінювання в електроенергію. З'єднані разом, фотоелектричні модулі формують масив, розмір якого визначає кількість енергії, що виробляється системою в цілому.

Контролер заряду – один з принципово важливих приладів, що входять до переліку складових системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Він регулює напругу, що генерується масивом ФМ і контролює правильність та ефективність заряду акумуляторної батареї – запобігає підвищеного або заниженого рівня заряду.

Акумуляторна батарея призначена для накопичення та зберігання енергії, що виробляється ФМ. В системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо використовуються спеціалізовані акумуляторні батареї, що мають багаторічний термін експлуатації. Компенсація пікових навантажень системи живлення мобільної установки переробки

пластикових пляшок у дизельне паливо є надзвичайно важливою для раціонального використання акумуляторної батареї.

Сучасні пристрої, такі, як системи керування електродвигунами, пускові пристрої та блоки безперебійного живлення, характеризуються значними піковими струмами, які створюють важкий режим роботи кіл живлення та акумуляторних батарей. Це призводить до значного скорочення строку їх експлуатації. Для перетворення постійного струму в змінний використовується інвертор з синусоїдальною формою вихідної напруги з потужності 4 кВт.

На рисунку 4.1. зображена структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для такої системи, вся електроенергія виробляється сонячними батареями, а в ніч і похмуру погоду – відбувається розряд акумуляторів. Передбачається, що потужності сонячних батарей достатня для живлення навантаження і зарядки акумуляторів.

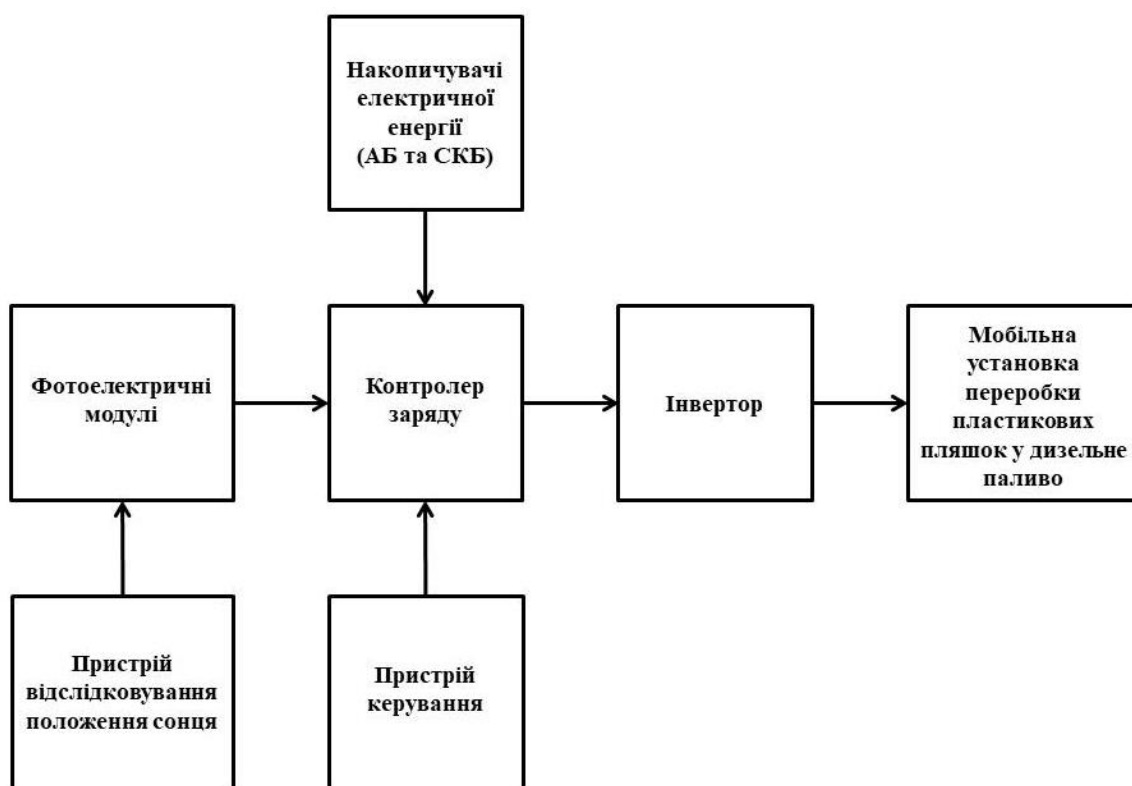


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

4.2 Розробка імітаційної моделі системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Розроблено імітаційну модель (рисунок 4.2) системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Імітаційна модель описує процеси, що протікають в умовах різних типів навантажень в мережі.

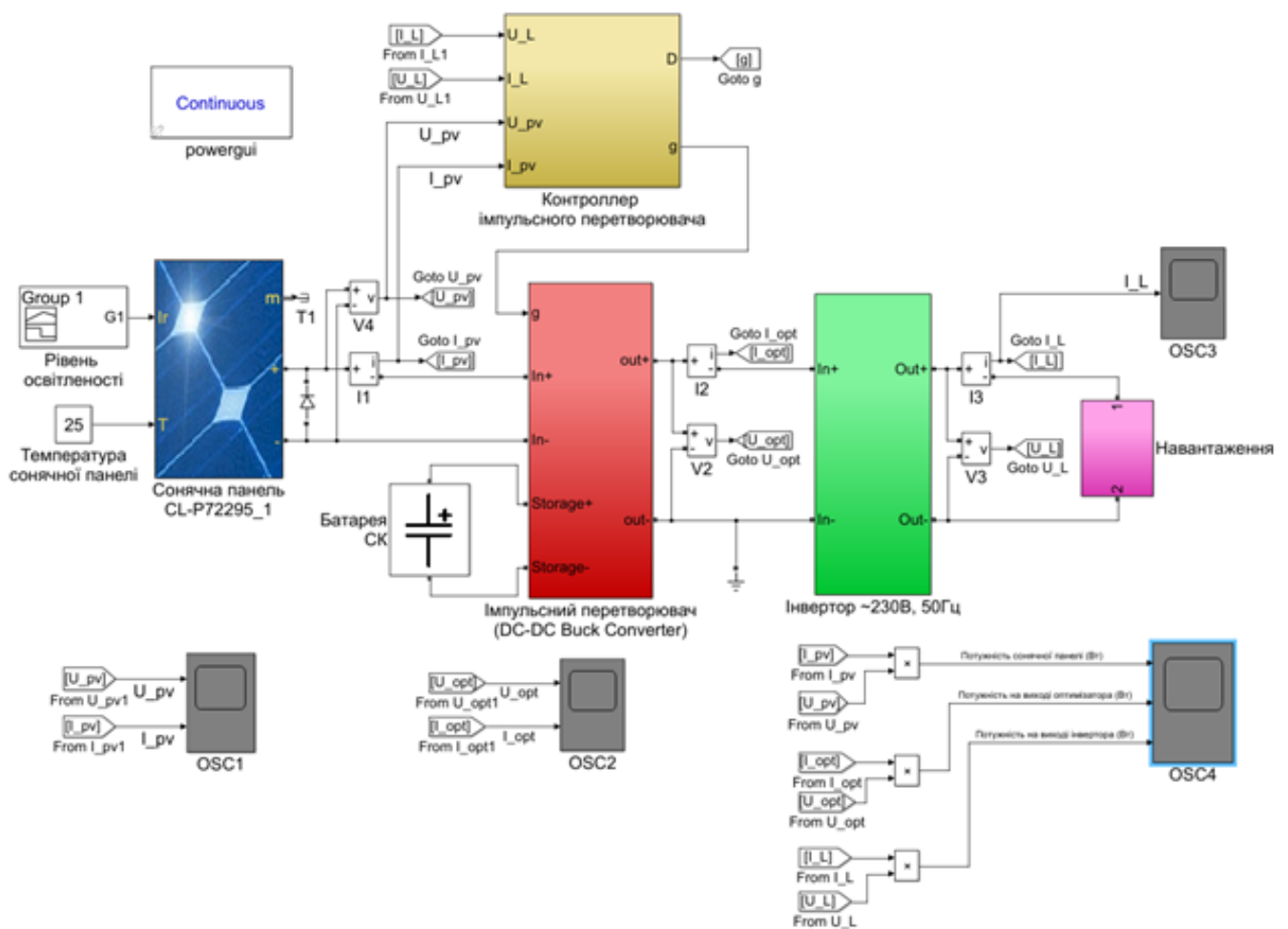


Рисунок 4.2 – Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Приведена імітаційна модель дає можливість підвищити ефективність роботи системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок

у дизельне паливо за рахунок розширення можливостей аналізу перехідних процесів при наявності нелінійного нестабільного навантаження.

Модель забезпечує можливість прямого налагодження алгоритму відстеження напруги, яка відповідає точці максимальної потужності сонячної батареї. Це відбувається за допомогою функції системи імітаційного моделювання MATLAB. Розроблена функція керує роботою імпульсним перетворювачем.

Перетворювач напруги імпульсного типу та контролер перетворювача напруги імпульсного типу, показані на рисунку 4.3. Перетворювач напруги імпульсного типу та контролер перетворювача напруги імпульсного типу є частиною оптимізатора роботи сонячної панелі, який призначений для відстеження точки максимальної потужності, а за рахунок цього відбувається підвищення ефективності процесу передачі енергії до навантаження від сонячної панелі.

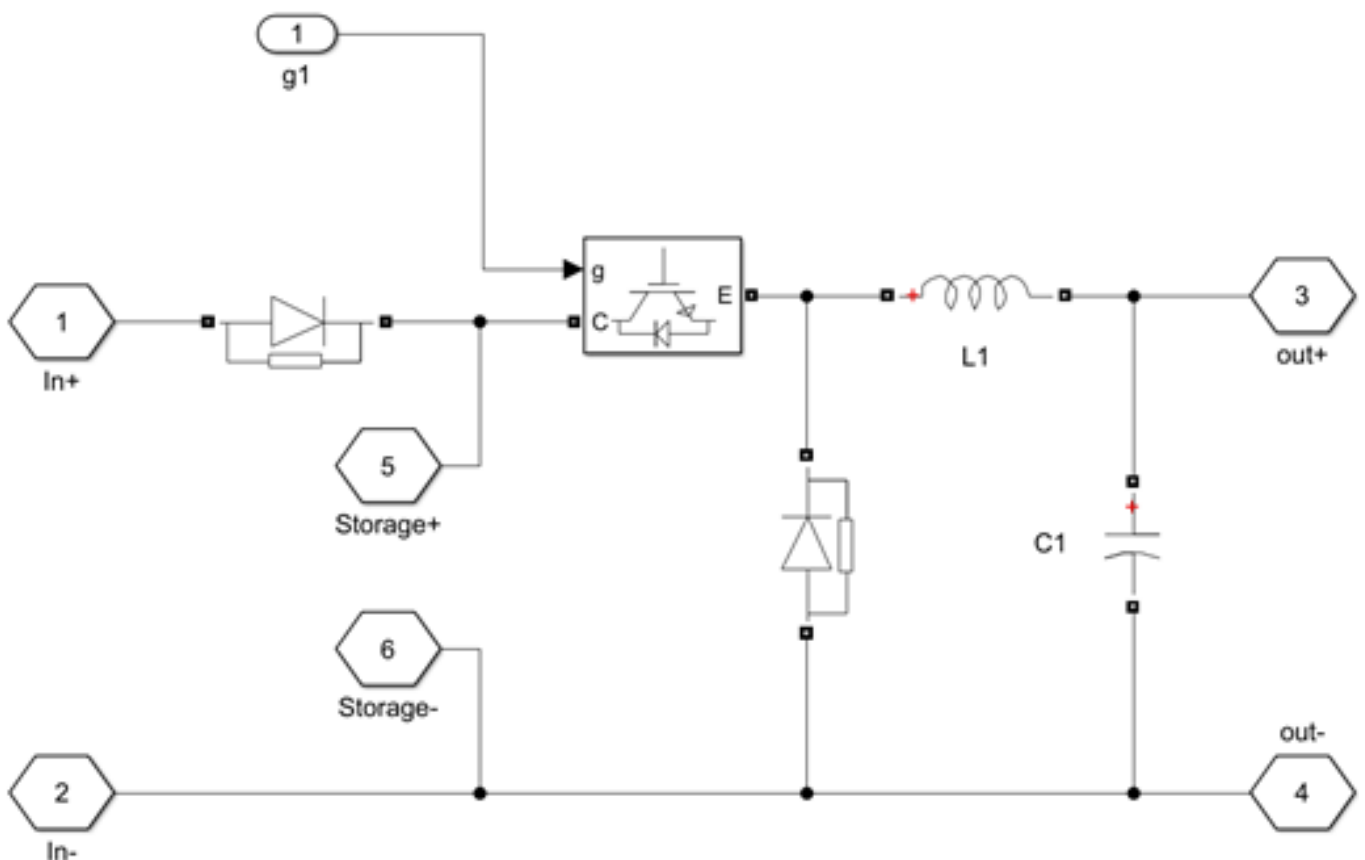


Рисунок 4.3 – Імітаційна модель перетворювача напруги імпульсного типу

Перетворювач напруги імпульсного типу побудований на базі транзисторного комутатора, схеми, що складається із двох захисних діодів, також вихідного фільтра, який побудовано на елементах $L1$, $C1$. Сигнал керування g призначений для керування перетворювачем напруги імпульсного типу. Цей сигнал формується контролером перетворювача напруги імпульсного типу.

Імітаційна модель контролера перетворювача напруги імпульсного типу зображена на рисунку 4.4.

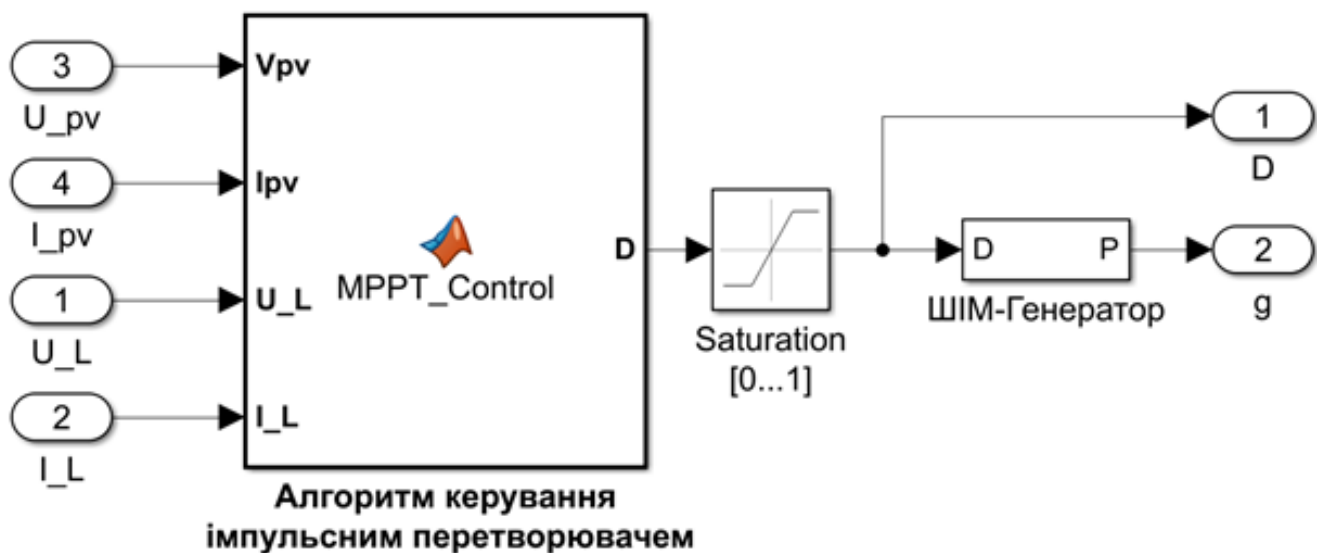


Рисунок 4.4 – Імітаційна модель контролера перетворювача напруги імпульсного типу

Алгоритм керування контролером перетворювача напруги імпульсного типу розроблено, у вигляді функції в середовищі імітаційного моделювання MATLAB. На контролер перетворювача напруги імпульсного типу поступають вхідні даними у вигляді струму і напруги фотоелектричного перетворювача, а також навантаження.

Після визначення робочої точки фотоелектричного перетворювача та величиною її відповідності з опором навантаження, відбувається формування сигналу керування. Сигнал керування перетворювача напруги імпульсного типу

поступає на ШІМ генератор сигналу. ШІМ генератор сигналу відкриває та закриває транзисторний ключ перетворювача напруги імпульсного типу.

З виходу перетворювача напруги імпульсного типу електрична напруга постійного струму подається на інверторний вхід. Імітаційна модель перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора) показана на рисунку 4.5.

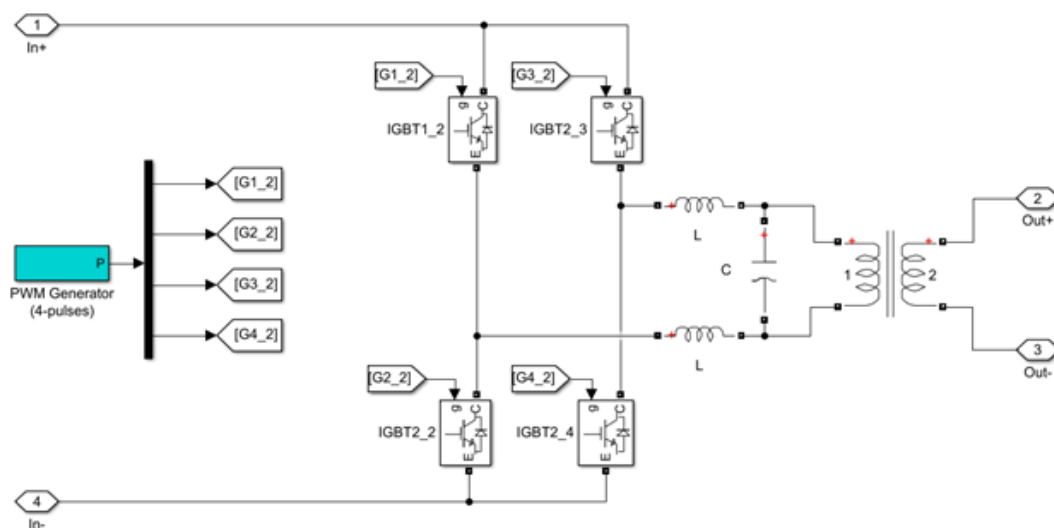


Рисунок 4.5 – Імітаційна модель перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора)

Перетворювач постійної напруги у змінну (інвертор), імітаційна модель якого показана на рисунку 4.5, перетворює напруги, яка подається від перетворювача напруги імпульсного типу у напругу змінного струму 220В.

Імітаційна модель перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора) формує змінну напругу частотою 50Гц. Перетворювач постійної напруги у змінну (інвертор) реалізовано, використовуючи мостову схему. Особливістю мостової схеми є використання чотирьох транзисторних комутаторів, які реалізовані на IGBT транзисторах.

Генератор ШІМ сигналу подає керуючі сигнали на IGBT транзистори. Після перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора) увімкнено низькочастотний фільтр. Низькочастотний фільтр згладжує вихідну напругу,

яка подається та трансформатор. Трансформатор формує на виході перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора) напругу 325,2В.

На рисунку 4.6. зображена імітаційна модель кола навантаження перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора).

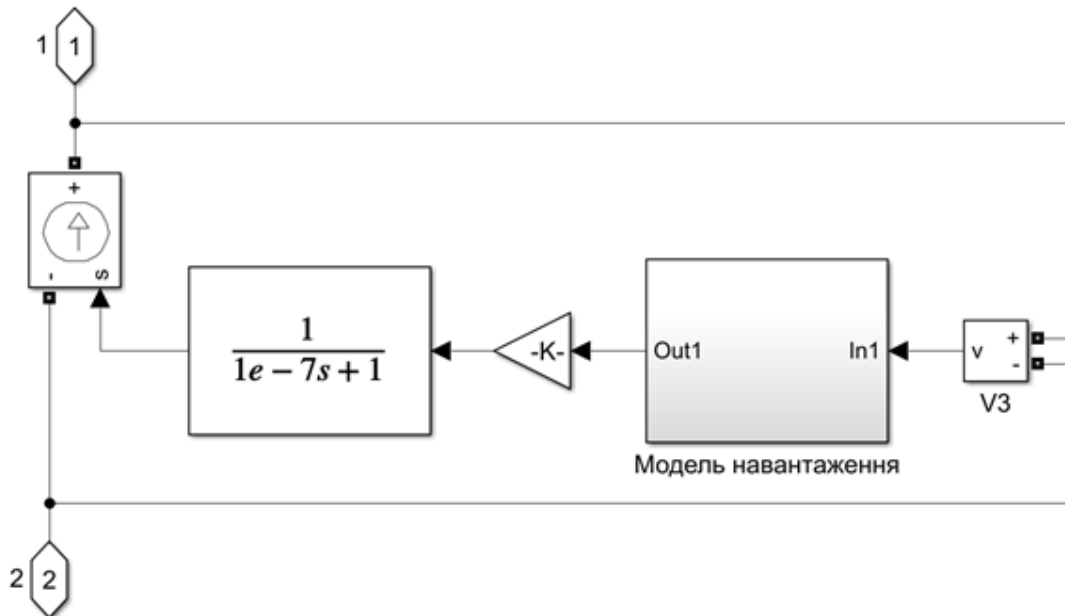


Рисунок 4.6 – Імітаційна модель кола навантаження перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора)

Імітаційна модель кола навантаження перетворювача постійної напруги у змінну (інвертора), яка зображена на рисунку 4.6, базується на вимірювачі напруги V3. Вимірювач напруги V3 керує керованим джерелом струму.

У блоці "Модель навантаження" є можливість записати математичну модель навантаження. Така може математичну модель навантаження повинна бути фізично реалізованою. В основі математичної моделі навантаження покладено залежність струму від напруги навантаження. Функція передачі $1/(1e^{-7s}+1)$ призначена для часової затримки. Функція передачі $1/(1e^{-7s}+1)$ не впливає на роботу математичної моделі навантаження.

Математична модель навантаження показана на рисунку 4.7. Додатковий множник K0 призначений завдання режиму коливання струму у навантаженні. Додатковий множник K0 також може задавати закони коливання в порівнянні

до режиму на початку роботи. Таке керування здійснюється за допомогою коефіцієнтів ku_1 і ku_2 . Підсилювач K призначений для регулювання струму навантаження, як зображено на рисунку 4.8.

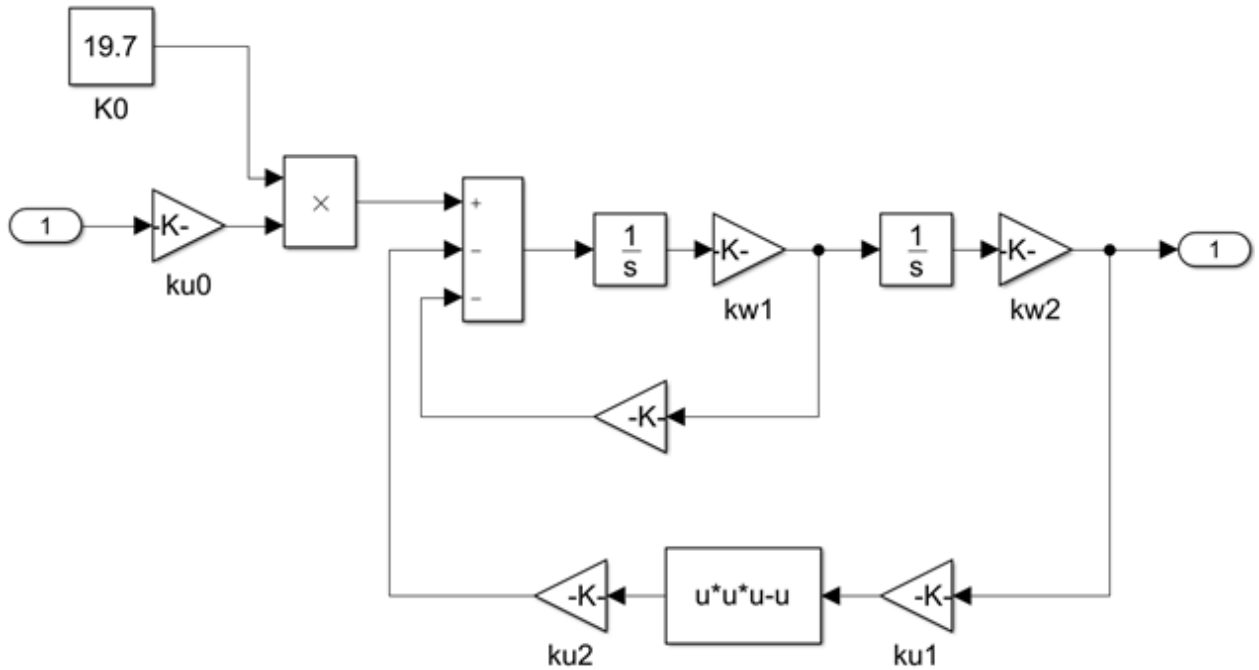


Рисунок 4.7 – Імітаційна модель, яка описує поведінку навантаження

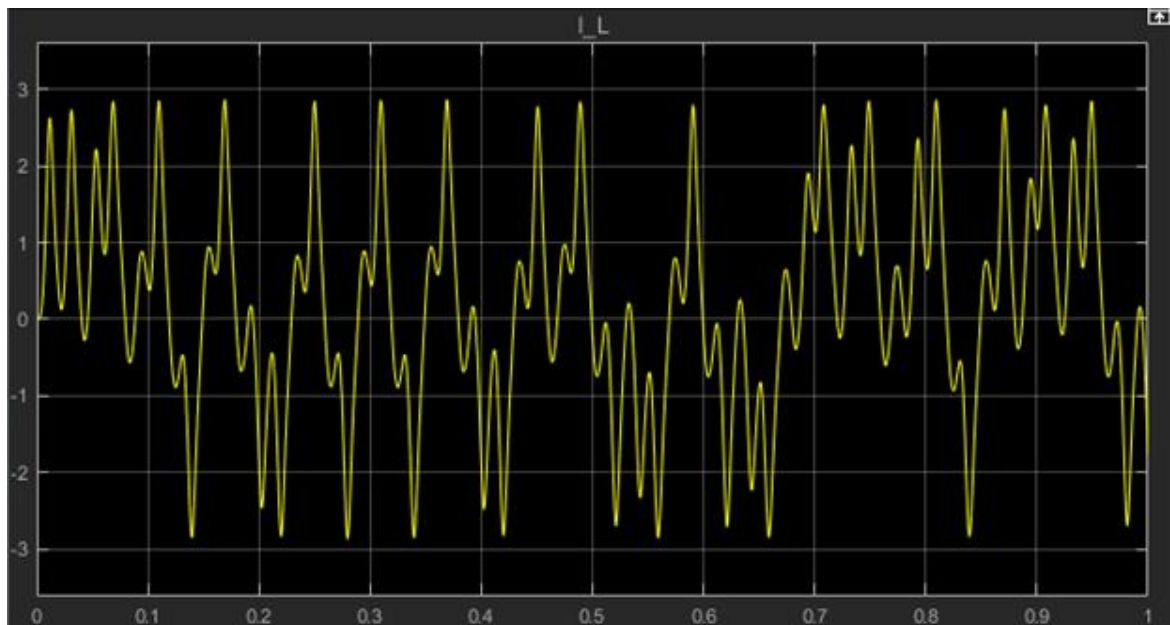


Рисунок 4.8 – Графік зміни струму навантаження у часі

За допомогою імітаційної моделі еквівалента нелінійного нестабільного навантаження можна аналізувати ефективність системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

На рисунку 4.9 зображено функціональну схему системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

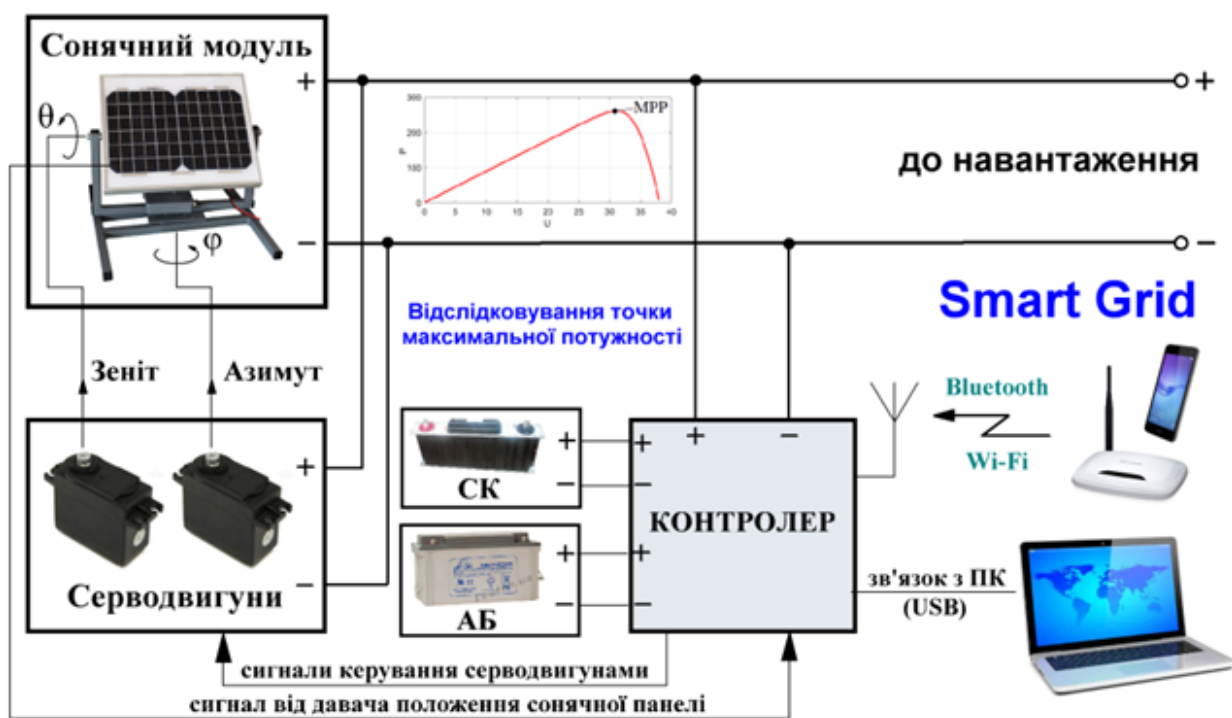


Рисунок 4.9 – Функціональна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Розроблена система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо може підключатися до мережі Internet з використанням провідних та безпроводних технологій. Передбачена можливість інтеграції системи з ПК через порт USB для проведення додаткових налаштувань і вимірювань.

Навантаженням системи може бути мережевий інвертор. Таким чином, розроблена система електроживлення може бути ввімкнена в загальну електромережу $\sim 220\text{В}$, 50Гц , що дозволить підвищити ефективність

узгодження елементів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо та реалізовувати технології Smart Grid.

Висновки до четвертого розділу

1. Розроблена структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для такої системи, вся електроенергія виробляється сонячними батареями, а в ніч і похмуру погоду – відбувається розряд акумуляторів. Передбачається, що потужності сонячних батарей достатня для живлення навантаження і зарядки акумуляторів.

2. Розроблено імітаційну модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Модель описує процеси, які відбуваються за умов наявності в мережі різних типів навантажень.

3. Приведена імітаційна модель дає можливість підвищити ефективність роботи системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо за рахунок розширення можливостей аналізу перехідних процесів при наявності нелінійного нестабільного навантаження. У моделі передбачена можливість безпосереднього відлагодження алгоритму відслідковування точки максимальної потужності сонячного модуля у вигляді функції MATLAB, яка може бути перетворена у двійковий код для контролера імпульсного перетворювача.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі була розроблена система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Така система дозволяє відчутно збільшують продуктивність сонячної системи, постійно відстежують точку максимальної потужності кожного сонячного модуля що робить його використання максимально ефективним, стабілізують вихідну напругу.

У порівнянні з відомими аналогами запропонована система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Удосконалені математичні моделі складових система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Удосконалена система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо шляхом введення до її складу суперконденсаторної батареї, яка забезпечує можливість отримувати велику миттєву вихідну потужність навіть за умов низького рівня інсоляції сонячного випромінювання (ефект підсилення потужності) завдяки її низькому внутрішньому опору, а також малим зарядним і великим розрядним струмами.

Проведено імітаційне моделювання в середовищі Simulink складових система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

На основі отриманих наукових результатів побудовано систему електроживлення з відслідковуванням положення сонця та з можливістю накопичення енергії суперконденсаторами та акумуляторами.

За рахунок науково-прикладних рішень, що базуються на відслідковуванні максимуму сонячного випромінювання та точки максимальної потужності фотоелектричного модуля, розроблена система електроживлення дозволяє отримати підвищення до 40% ефективності відбору енергії від фотоелектричних модулів.

Перелік посилань

1. Berbaoui, B. Performance investigation of a hybrid PV-diesel power system for remote areas // International Journal of Energy Research, Vol. 43, Issue 2, February 2019. - P. 1019-1031.
2. Oviroh, P.O.; Jen, T.-C. The Energy Cost Analysis of Hybrid Systems and Diesel Generators in Powering Selected Base Transceiver Station Locations in Nigeria // Energies, Vol. 11, Issue 3, March 2018. - P. 687-707.
3. Nayak, A.; Kasturi, K.; Nayak, M.R. Cycle-charging dispatch strategy based performance analysis for standalone PV system with DG & BESS // In Proceedings of the 2018 Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP), Bhubaneswar, India, 28–30 March 2018; P. 1–5.
4. Akbar Maleki A. Modeling and optimum design of an off-grid PV/WT/FC/diesel hybrid system considering different fuel prices // International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 13, Issue 2, June 2018, Pages 140–147.
5. Chih-Ta Tsai; Ting-Wei Shen; Yi-Ping Chen; Ping-Hsuan Hsu. Control Strategy of PV/Diesel/Battery Hybrid System for Island-based Microgrid // In Proceedings of the 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), Taichung, Taiwan, 6–8 December 2018; P. 121–124.
6. Tripathi P.; Momtaj Ansari M.; Khan M. J.; Yadav S. Modelling of Energy Efficient PV-Diesel-Battery Hybrid system // In Proceedings of the 2018 International Conference on Computational and Characterization Techniques in Engineering & Sciences (CCTES), Lucknow, India, 14-15 September 2018.
7. Khan A.; Khan R. Cost Optimization of Hybrid Microgrid using Solar PV, Fuel Cell and Diesel Generator in HOMER // // In Proceedings of the 2018 International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE), Lahore, Pakistan, 16-17 October 2018; P. 14-18.
8. Al-Bahadly. Portable Multi-Inputs Renewable Energy System for Small Scale Remote Application / Journal of Power and Energy Engineering, Vol. 6, Issue

2, February 2018. - P. 59-73.

9. Luis Hernández, Carlos Baladrón, Javier M. Aguiar, Lorena Calavia. A Study of the Relationship between Weather Variables and Electric Power Demand inside a Smart Grid/Smart World Framework. *Sensors*. 2012. № 12.

10. Ibraheem A. Kateeb, Marwan Bikdash, Pravin Chopade. Back to the future renewable energy sources and green Smart Grid. *Proceedings of IEEE Southeastcon*. 17–20 March 2011. P. 147–152.

11. Azab M. A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems. *WASET*. 2008. Vol. 34, P. 571–574.

12. Kalpana Ch., Babu Ch. S., Kumari J. S. Design and Implementation of different MPPT Algorithms for PV System. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*. 2013. Vol. 2, P. 1926–1933.

13. Kolokotsa D., Saridakis G., Dalamagkidis K., Dolianitis S., Kaliakatsos I. Development of an intelligent indoor environment and energy management system for greenhouses. *Energy Convers. Manag.* 2010. Vol. 51, P. 155–168.

14. Ortiz-Rivera E. I., Peng F. Z. Analytical Model for a Photovoltaic Module using the Electrical Characteristics provided by the Manufacturer Data Sheet. *Proceedings of the 36th IEEE Power Electronics Specialists Conference*. 2005. P. 2087–2091.

14. Huan-Liang Tsai, Ci-Siang Tu, Yi-Jie Su. Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULINK. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. 22–24 October 2011. 6 p.

15. Altas I. H., Sharaf A. M. A Photovoltaic Array Simulation Model for MATLAB-Simulink GUI Environment. *International Conference on Clean Electrical Power ICCEP*. 2007. P. 341–345.

16. Jaw-Kuen Shiau, Min-Yi Lee, Yu-Chen Wei and Bo-Chih Chen. Circuit Simulation for Solar Power Maximum Power Point Tracking with Different Buck-Boost Converter Topologies. *Energies*. 2014. Vol. 7, P. 5027–5046.

17. Stefano Bifaretti, Pericle Zanchetta, Alan Watson, Luca Tarisciotti, Jon C. Clare. Advanced Power Electronic Conversion and Control System for

Universal and Flexible Power Management. IEEE Transactions on Smart Grid. 2011. Vol. 2, № 2. P. 231–243.

18. Angrist S. W. Direct Energy Conversion. Allyn and Bacon, Inc., 4th edition. 1982. P. 177–227.

19. Wasynczuk O. Dynamic behavior of a class of photovoltaic power systems. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. 1983. Vol. PAS-102, № 9. P. 3031–3037.

20. Phang J. C. H., Chan D. S. H., Philips J. R. Accurate analytical method for the extraction of solar cell model parameters. Electronics Letters. 1984. Vol. 20, № 10. P. 406–408.

21. Hua C. C. and Shen C. M. Study of maximum power tracking techniques and control of dc-dc converters for photovoltaic power system. Proceedings of 29th annual IEEE Power Electronics Specialists Conference. 1998. Vol. 1. P. 86–93.

22. Gow J. A., Manning C. D. Development of a photovoltaic array model for use in power-electronics simulation studies. IEE Proceedings- Electric Power Applications. 1999. Vol. 146, № 2. P. 193–199.

23. Wasynczuk O. Modeling and dynamic performance of a linecommutated photovoltaic inverter system. IEEE Transactions on Energy Conversion. 1989. Vol. 4, № 3. P. 337–343.

24. Messenger R., Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press. 2000. P. 41–51.

25. David Abel, Emily Reif, Michael L. Littman. Improving Solar Panel Efficiency Using Reinforcement Learning. Department of Computer Science Brown University. 2017. P. 1–5.

26. Dezso Sera, Remus Teodorescu, Pedro Rodriguez. PV panel model based on datasheet values. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. 4-7 June 2007. P. 2392–2396.

27. Jaw-Kuen Shiau, Der-Ming Ma, Pin-Ying Yang, Jhij Hua Gong. Design of a Solar Power Management System for an Experimental UAV. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. 2009. Vol. 45, № 4. P. 1350–1360.

28. Jain S., Agarwal V. A new algorithm for rapid tracking of approximate maximum power point in photovoltaic systems. IEEE Power Electronics Letters. 2004. Vol. 2, Issue 1. P. 16–19.
29. Yen-Jung M. Tung, Hu A. P., Nair N. K. Evaluation of Micro Controller Based Maximum Power Point Tracking Methods Using Dspace Platform. Australian University Power Engineering Conference. 2006. 5 p.
30. King D. L., William E. Boyson, Kratochvil J. A. Analysis of factors influencing the annual energy production of photovoltaic systems. Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE Photovoltaic Specialists Conference. 2002. P. 1356–1361.
31. Chang Y.-H., Chang C.-Y. Maximum Power Point Tracking of PV System by Scaling Fuzzy Control. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist. 2010. Vol. II, 5 p.
32. Sugimoto Y. The Solar Cells and the Battery Charger System Using the Fast and Precise Analog Maximum Power Point Tracking Circuits. IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (8-10 July 2015., Montpellier). p. 597–602.
33. Mousa A. G. E., Abdel Aleem S. H. E., Ibrahim A. M. Mathematical Analysis of Maximum Power Points and Currents Based Maximum Power Point Tracking in Solar Photovoltaic System: a Solar Powered Water Pump Application. International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.). 2016. Vol. 11, № 1. P. 97–108.
34. Ahmed M. Atallah, Almoataz Y. Abdelaziz, Raihan S. Jumaah. Implementation of perturb and observe MPPT of PV system with direct control method using buck and buckboost converters. Emerging Trends in Electrical, Electronics & Instrumentation Engineering: An international Journal (EEIEJ). 2014. Vol. 1, № 1. P. 31–44.
35. Zainudin H. N., Mekhilef S. Comparison Study of Maximum Power Point Tracker Techniques for PV Systems. Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10), Cairo University, Egypt,

19–21 December 2010. P. 750–755.

36. Yadav A. P., Thirumaliah S., Harith G. Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC Converters Based PV Systems. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 2012. Vol. 1, Issue 1. P. 18–23.

38. Vikrant A. Chaudhari. Automatic Peak Power Tracker for Solar PV Modules Using Dspace Software. Maulana Azad National Institute of Technology. Master Thesis of Technology in Energy. Bhopal: Deemed University. 2005. 98 p.

39. Hohm D. P., Ropp M. E. Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms Using an Experimental, Programmable, Maximum Power Point Tracking Test Bed. *IEEE Proc. of photovoltaic specialists conference*. 2000. P. 1699–1702.

40. ESRAM T., Chapman P. L. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2007. Vol. 22, № 2. P. 439–449.

41. Xuejun Liu, Lopes A. C. An Improved Perturbation and Observe Maximum Power Point Tracking Algorithm for PV Arrays. *IEEE PESC*. 2004. P. 2005–2010.

42. Alajmi B. N., Ahmed K. H., Finney S. J., Williams B. W. Fuzzy-logic control approach of a modified hill-climbing method for maximum power point in microgrid standalone photovoltaic system. *IEEE Transactions on Power Electronics* 2011. Vol. 26, P. 1022–1030.

43. Liu C.-L., Chen J.-H., Liu Y.-H., Yang, Z.-Z. An asymmetrical fuzzy logic-control-based MPPT algorithm for photovoltaic systems. *Energies*. 2014. Vol. 7, P. 2177–2193.

44. Khateb A. E., Rahim N. A., Selvaraj J., Uddin M. N. Fuzzy logic controller based SEPIC converter of maximum power point tracking. In *Proceedings of IEEE Industry Application Society. Annual Meeting, Las Vegas, NV, USA*. 2012. P. 1–9.

45. Kuo Y.-Ch., Liang T.-J., Chen J.-F. Novel maximum power-point tracking

controller for photovoltaic energy conversion system. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2001. Vol. 48, Issue: 3. P. 594–601.

46. Eftichios Koutroulis, Kostas Kalaitzakis, Voulgaris N. C. Development of a Microcontroller-Based Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System. IEEE Transactions on Power Electronics. 2001. Vol. 16, № 1. P.46–54.

47. Takun P., Kaitwanidvilai S., Jettanasen C. Maximum power point tracking using fuzzy logic control for photovoltaic systems. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. 16–18 March 2011. 5 p.

48. Qi-Xun Zhang, Hai-Ye Yu, Qiu-Yuan Zhang, Zhong-Yuan Zhang, ChengHui Shao 1 and Di Yang. A Solar Automatic Tracking System that Generates Power for Lighting Greenhouses. Energies. 2015. Vol. 8, P. 7367–7380.

49. Anil Kumar C., Surekha N. Artificial Neural Network based Maximum Powerpoint Tracking of Solar Panel. IJCTA. 2017. Vol. 10, № 2. P. 253–263.

50. Pongsakor Takun, Somyot Kaitwanidvilai, Chaiyan Jettanasen. Maximum Power Point Tracking using Fuzzy Logic Control for Photovoltaic Systems. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS). 16–18 March 2011. 5 p.

51. Rizk J., Chaiko Y. Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels. Proceedings of World Academy of Science: Engineering & Technology. 2008. Vol. 43, P. 313–315.

52. Shahgoshtasbi D. Energy efficiency in a smart house with an intelligent neuro-fuzzy lookup table. System of Systems Engineering. 2011. Vol. 1, № 1. P. 288–292.

53. Gates R. S., Chao K., Sigrimis N. Identifying design parameters for fuzzy control of staged ventilation control systems. Computers and Electronics in Agriculture. 2001, Vol. 31, P. 61–74.

54. Grażyna Frydrychowicz-Jastrzębska, Artur Bugała. Modeling the Distribution of Solar Radiation on a Two-Axis Tracking Plane for Photovoltaic

Conversion. Energies. 2015. Vol. 8, P. 1025–1041.

55. Kamali Gh. A., Moradi I., Khalili A. Estimating solar radiation on tilted surfaces with various orientations: a study case in karaj (Iran). Theoretical and applied climatology. 2006. Vol. 84, № 4. P. 235–241.

56. C. V. Nayar, S. J. Phillips, W. L. James, T. L. Pryor, and D. Remmer, "Novel wind/diesel/battery hybrid energy system," Solar Energy, vol. 51, pp. 65-78, 1993.

57. H. Dehbonei, C. V. Nayar, and L. Chang, "A new modular hybrid power system," in IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2003. ISIE '03. 2003, 2003, pp. 985-990 vol. 2.

58. C. V. Nayar. High Renewable Energy Penetration Diesel Generator Systems. Electrical India. 10. June 2010.

59. A. L. Rogers, "Variable speed diesel power generation design issues. ," Dept. Mech. & Ind. Eng., UMass, Amherst, 1996.

60. D. a. C. Cherus, "Modelling, Simulation, and Performance Analysis of a hybrid Power System for Mobile Medical Clinic," PhD, Kassel University, Kassel, Germany, 2004.

Додаток А
Стаття у фаховому журналі

ISSN 2219-9365
DOI: 10.31891/2219-9365

Міжнародний науковий журнал

**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСАХ**

2020, № 1

**International scientific-technical
journal**

**MEASURING AND COMPUTING
DEVICES IN TECHNOLOGICAL
PROCESSES**

2020, Issue 1

**Хмельницький 2020
Khmelnyskyi 2020**

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Затверджений як фахове видання (перереєстрація), група «Б»
Наказ МОН 28.12.2019 №1643

Засновано в травні 1997 р.

Виходить 2 рази на рік

Хмельницький, 2020, № 1 (65)

Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. — Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott>

Журнал включено до наукометричних баз:

РИНЦ http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653
Index <http://jml2012.indexcopernicus.com/p24781565,3.html>
Copernicus h-індекс 49,97
Google Scholar http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk - індекс 9

Національна бібліотека України
ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott>

Головний редактор **Мартинюк В. В.**, д.т.н., професор, завідувач кафедри телекомунікацій та комп'ютерно-інтегрованих технологій Хмельницького національного університету

Заступник головного редактора **Бойко Ю. М.**, д.т.н., в.о. зав. кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету

Відповідальний секретар **Кравчик Ю. В.**, к.е.н., старший викладач кафедри економіки, менеджменту та адміністрування Хмельницького національного університету

Члени редколегії

Бармак О. В., д.т.н., **Бедратюк Л. П.**, д.фіз.-мат.н., **Бубулис Алгимантас**, д.т.н. (Литва), **Васілевський О. М.**, д.т.н., **Говорушенко Т. О.**, д.т.н., **Калачинський Томаш**, PhD (Польща), **Косенков В. Д.**, к.т.н., **Коробко Є. В.**, д.т.н. (Білорусь), **Кулаков П. І.**, д.т.н., **Кухарчук В. В.**, д.т.н., **Кучерук В. Ю.**, д.т.н., **Лампасі Алессандро**, PhD, (Італія), **Лукашевіч Марцін**, PhD, (Польща), **Мрозинський Адам**, PhD, (Польща), **Мусяль Януш**, PhD, (Польща), **Ортігейра Мануель Дуарте**, PhD, (Португалія), **Походило Є. В.**, д.т.н., **Психалінос Костас**, PhD, (Греція), **Ройзман В. П.**, д.т.н., **Савенко О. С.**, к.т.н., **Семенко А. І.**, д.т.н., **Сорокатий Р. В.**, д.т.н., **Сурду М. М.**, д.т.н., **Шарпан О. Б.**, д.т.н.

Технічний редактор Кравчик Ю. В., к.е.н.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 10 від 28.05.2020

Адреса редакції: Україна, 29016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,
Хмельницький національний університет
редакція журналу «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»
☎ 067-347-74-57
e-mail: mscientificjournal@gmail.com
web: <http://journals.khnu.km.ua/index.php/MeasComp>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 23279-13119ПП від 24 травня 2018 року (перереєстрація)

© Хмельницький національний університет, 2020
© Редакція журналу «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», 2020

ЗМІСТ

МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

YANENKO O., TKACHUK A., TKACHUK R. AUTOMATED TESTING SYSTEM FOR IMPLANTS TO REGULATE INTRAOCULAR PRESSURE	5
ПОЛОВИНКО І.І., КАШУБА А.І. КОЛІРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ КОСМОЗНІМКІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВІДБИТОГО ТА РОЗСІЯНОГО СВІТЛА	11
МАЩЕНКО В. А. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПУАССОНА ПОЛІМЕРНОГО АУКСЕТИКА ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЬОХ ТИПІВ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ	16
ЛАТЕНКО В.І., МИРОНОВ Р.Д., ОРНАТСЬКИЙ І.А., ЛОГВИНЕНКО Д.М. АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ОПОРОМ РЕЗИСТИВНОГО ТЕРМОДАТЧИКА	23
КОВТУН І. І., БОЙКО Ю. М., БАТОВСЬКИЙ В. В. ДІАГНОСТУВАННЯ МІЦНОСТІ КОМПАУНДОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ТЕРМОЦИКЛУВАННІ	28
КАРПОВА Л. В., ГОРОШКО А. В., ПИРОЖОК В. В. СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ КЕРАМІЧНИХ РЕЗИСТОРІВ З ПОЛІМОДАЛЬНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ РОЗПОДІЛУ	34
КОРЕЦЬКА Л.О., ФОРКУН І.В., МЕДЗАТИЙ Д.М. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПАПЕРУ	41
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ	
MARTYNYUK V. V., FORKUN Y. V., FORKUN I. V., NOVAK T. O. ARCHITECTURE OF SOLAR PANEL INTELLIGENT MONITORING SYSTEM BY MEANS OF INDUSTRIAL CONTROLLER	46
БЕДРАТЮК Л.П., БЕДРАТЮК Г.І. АНАЛІЗ ЯКОСТІ МЕТОДІВ МАСШТАБУВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ З ДОПОМОГОЮ МОМЕНТНИХ ІНВАРІАНТІВ	51
ГРЕСЬ О. В., РОЗОРИНОВ Г. М., ПІЛЬКЕВИЧ Ю. Г., КОСТЯК М. Ю., ПАРХУЦЬ Л. Т. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПОТОКОВОГО ШИФРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ	60

ПЯТІН І. С., БОЙКО Ю. М. МЕТОДИКА ПОЛЯРНОГО КОДУВАННЯ В 5G МОБІЛЬНИХ ЗАСОБАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ З БАГАТОПОЗИЦІЙНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ	67
БАРМАК О. В., КАЛИТА О. Д., МАНЗЮК Е. А. АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ МІМІЧНИХ ПРОЯВІВ ЕМОЦІЙ	77
ПРЕЙЗНЕР Є. Е., ЯШИНА О. М. МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	84
ОНИСЬКО А. І., СЕМЕНИШИНА І. В., КРУПСЬКИЙ Я. В. ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ	88
СТЕЦЬОК М. В., ГОРОШКО А. В., САВЕНКО Б. О. МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ТА ВІДМОВОСТІЙКОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ РУЙНУЮЧОГО ВПЛИВУ ЗЛОВМИСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	97
КАШТАЛЬЯН А. С., САВЕНКО Б. О., БЕЛЬФЕР Р. Е. МОДЕЛІ ПРИМАНОК В КОРПОРАТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ З ВРАХУВАННЯМ ТИПІВ ЗЛОВМИСНИХ АТАК	103
МАРТИНЮК В. В., РАДЕЛЬЧУК Г. І., КАШТАЛЬЯН А. С., ВЕРЖБИЦЬКИЙ Я. В. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК У ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО	111
ТУРОВСЬКИЙ О. Л. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНОГО ПРИСТРОЮ В ХОДІ СТЕЖЕННЯ ЗА НЕСУЧОЮ ЧАСТОТОЮ	116
ЯНОВИЦЬКИЙ О. К., БАЙДИЧ Л. Е., ФОРКУН І. В. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІОНІВ ВОДНЮ	123
ФЕДУЛА М. В., КЛЬОЦ Ю. П., ФОРКУН Ю. В. ПРОЕКТУВАННЯ СЕНСОРНИХ ЛЮДИНО-МАШИНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З ФІЛЬТРАЦІЄЮ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ	127
ЛУЖАНСЬКИЙ В. І., КАШТАЛЬЯН А. С., КЛЬОЦ Ю. П. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛОФІЗИЧНОГО КОНСТРУЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОНОГО МОДУЛЯ КАСЕТНОГО ТИПУ З МІКРОСХЕМАМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ	131

УДК 620.91
DOI: 10.31891/2219-9365-2020-65-1-17

МАРТИНЮК В. В., РАДЕЛЬЧУК Г. І.,
КАШТАЛЯН А. С., ВЕРЖБИЦЬКИЙ Я. В.
Хмельницький національний університет

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК У ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО

У роботі проаналізовано систему автономного електроживлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для більшої ефективності використання мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо використовується системи автономного електроживлення постійного та змінного струму на основі відновлювальних джерел енергії у різних режимах її функціонування. Особливістю системи автономного електроживлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо є збільшення кількості генерованої електричної енергії фотоелектричних модулів (ФМ) за рахунок відслідковування їх точки максимальної потужності та позиціонування ФМ під прямим кутом до сонячного випромінювання.

Keywords: система автономного електроживлення, мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, фотоелектричні модулі, точка максимальної потужності.

MARTYNYUK V., RADELCHUK G.,
KASHTALYAN A., VERJBYCKYI Y.
Khmelnitsky national university

SYSTEM ANALYSIS AND SIMULATION OF ELECTRIC POWER PROCESSES OF AUTOMATED MOBILE PLASTIC BOTTLE PROCESSING PLANT IN DIESEL FUEL

The paper analyzes the system of autonomous power supply of a mobile unit for processing plastic bottles into diesel fuel. For greater efficiency of use of the mobile installation of processing of plastic bottles into diesel fuel systems of autonomous power supply of direct and alternating current on the basis of renewable energy sources in various modes of its functioning are used. A feature of the autonomous power supply system of a mobile plastic bottle to diesel fuel processing plant is the increase in the amount of generated electric energy of photovoltaic modules (FM) by tracking their maximum power point and positioning the FM at right angles to solar radiation.

Keywords: autonomous power supply system, mobile installation for processing plastic bottles into diesel fuel, photovoltaic modules, maximum power point.

Вступ. Хмельницький національний університет активно співпрацює з компанією «Оболонь Оіл» в рамках спільної угоди про наукову співпрацю. Основним напрямком наукової співпраці є розробка системи електроживлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл».

Компанія «Оболонь Оіл» вже 10 років розвиває технологію отримання полідизеля під назвою «полієвродизель» за власною запатентованою технологією. Цей продукт є «зеленим» заміником традиційного дизеля, адже для його виробництва не потрібно добувати і переробляти нафту. Натомість, мобільна установка «Оболонь Оіл» використовує для виробництва палива важкі для переробки і повторного використання полімерні відходи: поліетиленове пакування і мішки, каністри, пластикові ящики і пляшки.

Рішення від «Оболонь Оіл» скорочує викиди парникових газів та можливих токсичних продуктів горіння пластику: відходи перетворюються на полієвродизель і синтез-газ. На виході установки – 60 % фракції полієвродизеля та біля 40 % синтез-газу. Попутний газ замінює традиційний для двигунів внутрішнього згорання. А виробництво палива зі сміття не тільки прибирає пластикові відходи, але й скорочує енергетичний та вуглецевий слід всього ланцюжка виробництва нафтопродуктів. Окрім того, полієвродизель є менш димним.

Компанія має власний полігон для сміття, звідки й отримує матеріал для переробки, а також співпрацює з підприємствами. Зокрема, ПрАТ «Оболонь» обмінює пластикові відходи від своєї діяльності на екологічне паливо для своєї агротехніки. Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Оіл», яка зображена на рис. 1, є не тільки мобільною, але й автономною.

Основним недоліком мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо є необхідність використання електричної енергії для живлення електричних двигунів дробарки пластикових пляшок та хімічного реактора переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для більшої ефективності використання мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо використовується системи автономного електроживлення постійного та змінного струму на основі відновлювальних джерел енергії у різних режимах її функціонування.

Сьогодні інтенсивно досліджують, як теоретично так і експериментально, автономні системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії для використання у різних географічних частинах світу [1-4]. Однак для віддалених регіонів, де проведення центральної електромережі є економічно недоцільним, оптимальним варіантом є використання системи автономного електроживлення, яка містить кілька джерел генерації електроенергії: поновлюваних, як правило ФМ, та традиційних - звичай ДГ [2, 3].

Серед основних причин, що спонукають вчених всього світу до таких досліджень є зменшення викидів парникових газів завдяки вдосконаленню методів виробництва електроенергії [1, 5]; забезпечення можливості електроживлення віддалених регіонів з урахуванням економічних (пов'язаних із вартістю дизельного палива) аспектів, надійності та забруднення навколишнього середовища [4-6]; забезпечення електроенергією сільських районів слаборозвинених країн [7]; надійне джерело енергії групи швидкого реагування у віддалених місцях стихійного лиха для живлення вакцинного холодильника, системи очищення води та базової системи супутникового зв'язку [8], що має великий потенціал для порятунку людських життів.



Рис. 1. Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Ойл»

У публікаціях проводиться аналіз роботи продуктивності систем автономного електроживлення з урахуванням середньої погодинної інсоляції сонячного світла, температури навколишнього середовища та профіля потужності навантаження [3]. Розробляються математичні моделі, що можуть бути використані для оцінки розміру, контролю та оцінки працездатності систем автономного електроживлення, що містить ФМ, ДГ та АБ [3, 5].

В роботі [6] вивчають поведінку АБ під впливом змінного освітлення ФМ, а ДГ використовується як резервне джерело енергії, коли потужності ФМ недостатньо. В літературі, в основному, проводяться дослідження систем автономного електроживлення невеликої потужності (до декількох кВт), які мають як постійну так і змінну вихідну напругу живлення [7-9].

У публікаціях щодо систем автономного електроживлення практично відсутній системний аналіз та моделювання процесів та методів збільшення ефективності відбору енергії від ФМ, компенсації струмів пікових (стартових) навантажень, балансування, контроль робочої температури та багатостадійний заряд АБ для довговічності їх експлуатації. Всі ці наукові проблеми вимагають поглиблених досліджень.

Структурної схеми системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, побудована на основі перетворення сонячної енергії в електричну. Система складається з п'яти основних компонентів: фотоелектричні модулі, контролер заряду, інвертор, акумуляторна батарея та суперконденсаторна батарея.

Дані компоненти необхідні для безперебійного функціонування мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Сукупність ФМ виступає в ролі ключового елементу у системі трансформації сонячного випромінювання в електроенергію. З'єднані разом, фотоелектричні модулі формують масив, розмір якого визначає кількість енергії, що виробляється системою в цілому.

Контролер заряду – один з принципово важливих приладів, що входять до переліку складових системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Він регулює напругу, що генерується масивом ФМ і контролює правильність та ефективність заряду акумуляторної батареї – запобігає підвищеного або заниженого рівня заряду.

Акумуляторна батарея призначена для накопичення та зберігання енергії, що виробляється ФМ. В системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо використовуються

спеціалізовані акумуляторні батареї, що мають багаторічний термін експлуатації. Компенсація пікових навантажень системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо є надзвичайно важливою для раціонального використання акумуляторної батареї.

Сучасні пристрої, такі, як системи керування електродвигунами, пускові пристрої та блоки безперебійного живлення, характеризуються значними піковими струмами, які створюють важкий режим роботи кіл живлення та акумуляторних батарей. Це призводить до значного скорочення строку їх експлуатації. Для перетворення постійного струму в змінний використовується інвертор з синусоїдальною формою вихідного сигналу з потужності 4 кВт.

На рис. 2 зображена структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для такої системи, вся електроенергія виробляється сонячними батареями, а в ніч і похмуру погоду – відбувається розряд акумуляторів. Передбачається, що потужності сонячних батарей достатня для живлення навантаження і зарядки акумуляторів.

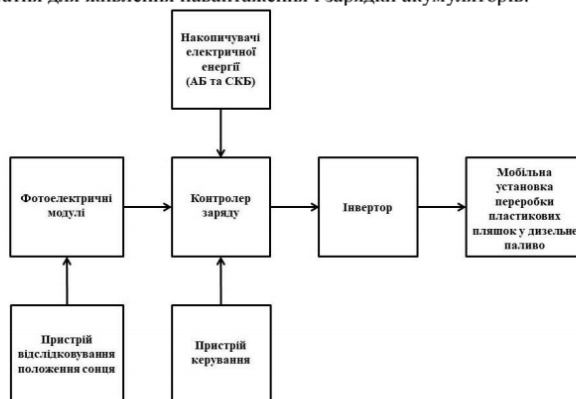


Рис. 2. Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо зображена на рис. 3. Модель описує процеси, які відбуваються за умов наявності в мережі різних типів навантажень.

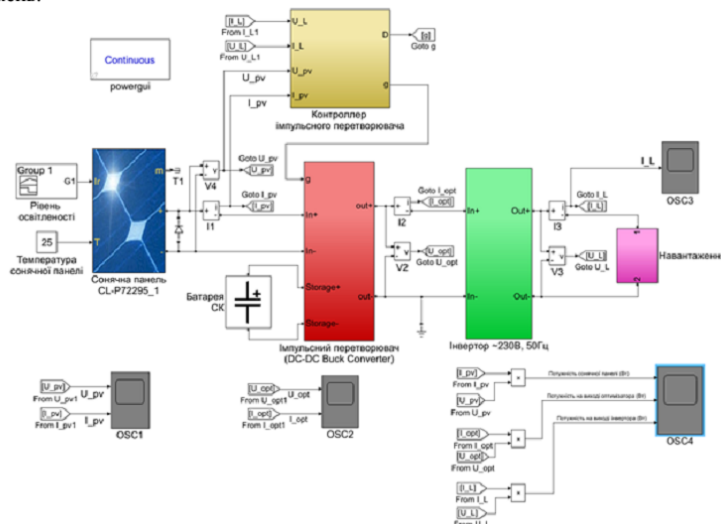


Рис. 3. Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Приведена імітаційна модель дає можливість підвищити ефективність роботи системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо за рахунок розширення можливостей

аналізу перехідних процесів при наявності нелінійного нестабільного навантаження. У моделі передбачена можливість безпосереднього відлагодження алгоритму відслідковування точки максимальної потужності сонячної панелі та побудовані на основі транзисторного ключа, двох захисних діодів та вихідного фільтра на елементах L1, C1. Керування перетворювачем здійснюється сигналом g, який подається від контролера перетворювача.

Імпульсний перетворювач та контролер імпульсного перетворювача, входять до складу оптимізатора, що призначений для відслідковування точки максимальної потужності сонячної панелі та підвищення ефективності передачі енергії від сонячної панелі до навантаження. Імпульсний перетворювач побудований на основі транзисторного ключа, двох захисних діодів та вихідного фільтра на елементах L1, C1. Керування перетворювачем здійснюється сигналом g, який подається від контролера перетворювача.

Алгоритм керування контролером імпульсного перетворювача задається безпосередньо, у вигляді функції на мові MATLAB, вхідними даними якої є струми і напруги сонячної панелі та навантаження. На основі оцінки робочої точки сонячної панелі та ступеня її узгодженості з навантаженням формується сигнал керування, який подається на генератор ШІМ-сигналу, який керує комутацією транзисторного ключа імпульсного перетворювача.

З виходу оптимізатора (імпульсного перетворювача) електрична енергія подається на вхід інвертора. Інвертор здійснює перетворення напруги, яка подається з оптимізатора у форму, стандартну для мережі змінного струму із середньоквадратичною амплітудою 220В та частотою гармонічних коливань 50Гц. Інвертор побудований за мостовою схемою, до якої входять чотири ключі на транзисторах з ізолюваним переходом (IGBT).

Форму напруги на виході інвертора задає ШІМ-генератор, який подає відповідні сигнали керування до чотирьох транзисторних ключів. На виході інвертора розташований LC-фільтр, призначений для згладжування форми вихідної напруги та трансформатор, який забезпечує на виході необхідну амплітуду 325,2В.

Таким чином, запропонована імітаційна модель еквівалента нелінійного нестабільного навантаження дозволяє проводити аналіз ефективності системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Висновки. В роботі проведено аналіз та моделювання система живлення автоматизованої мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Така система дозволяє відчутно збільшити продуктивність сонячної системи, постійно відстежуючи точку максимальної потужності кожного сонячного модуля, та характеризується перевагами:

- а) мінімізація споживання енергії на керування двокоординатного поворотного механізму для позионування сонячної батареї за рахунок виключення процесу пошуку Сонця за хмарами;
- б) можливість функціонування автоматизованої системи безперервного стеження за Сонцем для фотоелектричних установок на сонячних батареях при повній хмарності;
- в) розроблена автоматизована система безперервного стеження за Сонцем дозволяє контролювати необхідне положення сонячної панелі при дії на неї зовнішніх факторів (вітру, граду і т.д.).

Література

1. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 272 с.
2. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 231 с.
3. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.
4. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. и др. Возобновляемые источники электроэнергии: ермины, определения, достоинства и недостатки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №32. – С. 189 – 192.
5. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2008. – 187 с.
6. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Вербицкая С.В., Гарькавый К.А. Проектирование систем энергообеспечения: Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. Р.А. Амерханова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 548 с.
7. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. – Краснодар. – 2011. – 188 с.
8. Григораш О.В. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае/ О.В. Григораш, В.В. Тропин, А.С. Оськина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар, 2012. – №09(083). С. 188 – 199. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.
9. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2015. – 128 с.

References

1. Hryhorash O.V., Stepura Yu.P., Suleimanov R.A. y dr. Vozobnovliaemye ystochnyky elektroenerhyy. – Krasnodar: KubHAU, 2012. – 272 s.
2. Lukutyn B.V., Surzhykova O.A., Shandarova E.B. Vozobnovliaemaia enerhetyka v detsentralizovannom elektronsabzhenyy. – M.: Enerhoatomyzdat. – 2008. – 231 s.

Додаток Б
Презентація

1

ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ:

**Підвищенню ефективності живлення мобільної установки переробки
пластикових пляшок у дизельне паливо**

Виконав
ст. гр. ТРМ-19-1
Я.В. Вержбицький

Науковий керівник
д.т.н., проф.
Мартинюк В. В.

Актуальність теми. Актуальність роботи обумовлена проблемою, що в даний час дизельні генератори є основним джерелом виробництва електроенергії для реагування на аварії, у військових програмах та для живлення віддалених від електромережі господарств. Реальною можливістю поліпшення техніко-економічних показників автономних систем електропостачання є використання відновлюваних джерел енергії.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо на основі фотоелектричних модулів, акумуляторів та дизельного генератора.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- розробити структурну схему системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;
- розробити алгоритм взаємодії складових частин системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо;
- виконати імітаційне моделювання складових частин системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Об'єкт дослідження – фізичні явища та процеси оптимізації роботи фотоелектричних модулів, побудови алгоритмів функціонування системи, процеси генерування та накопичення електричної енергії.

Предмет дослідження – комплекс, який включає фотоелектричні модулі, суперконденсаторні батареї, акумуляторні батареї, їх електрофізичні та фотоелектричні властивості, методи узгодження роботи джерел енергії – ФМ, АБ, СКБ, ДГ між собою та навантаженням, мінімізації втрат при перетворенні та розподілу енергії.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань у роботі були використані методи фізики, електроніки та теорії електричних кіл, методи обчислювальної математики, а також методи алгоритмізації та програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті проведеного дослідження:

- 1. Удосконалено систему живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо шляхом введення до її складу суперконденсаторної батареї, яка забезпечує можливість отримувати велику миттєву вихідну потужність навіть за умов низького рівня інсоляції сонячного випромінювання (ефект підсилення потужності) завдяки її низькому внутрішньому опору, а також малим зарядним і великим розрядним струмами, що підвищує ефективність роботи сонячних батарей до 40%.

Мобільна установка переробки пластикових пляшок у дизельне паливо компанії «Оболонь Ойл»

- Компанія «Оболонь Ойл» розробила мобільну установку переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, а в якості вхідної сировини використовує полімерні відходи, які важко переробити та повторно використати.



Рису

аливо

компанії «Оболонь Ойл»

Особливості структурних схем автономних гібридних електростанцій 4

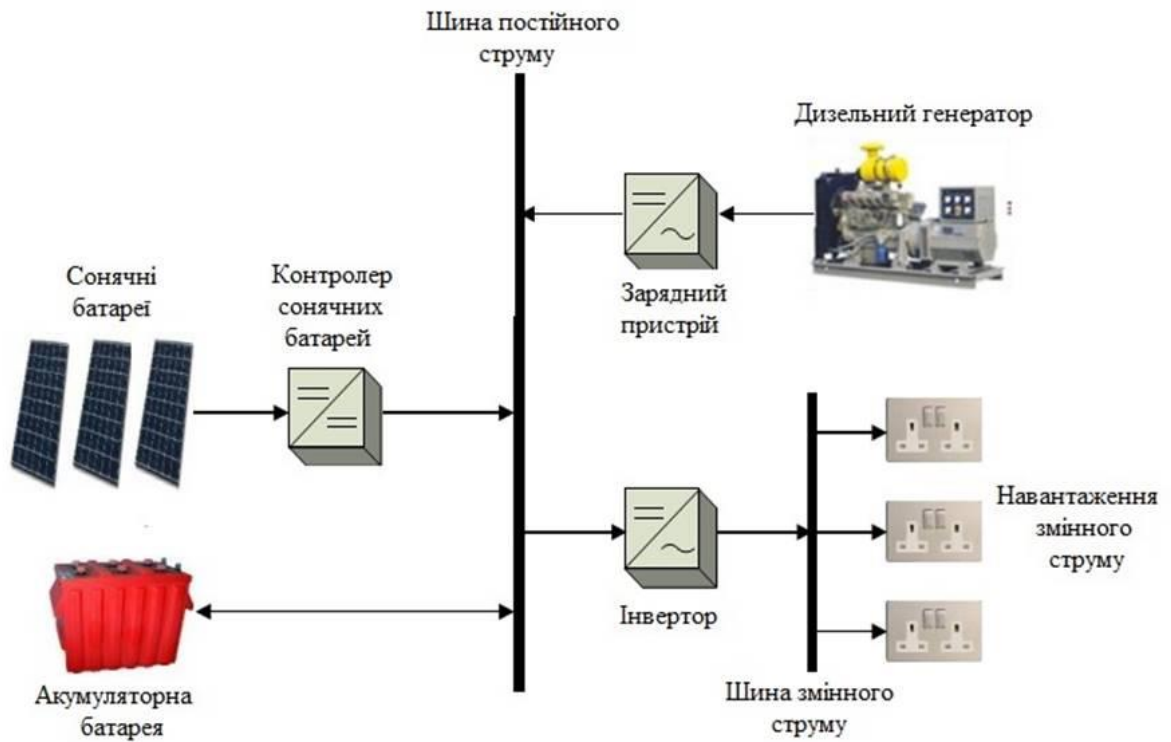


Рисунок 2 - Послідовна структурна схема автономної гібридної електростанції

Паралельна структурна схема автономної гібридної електростанції

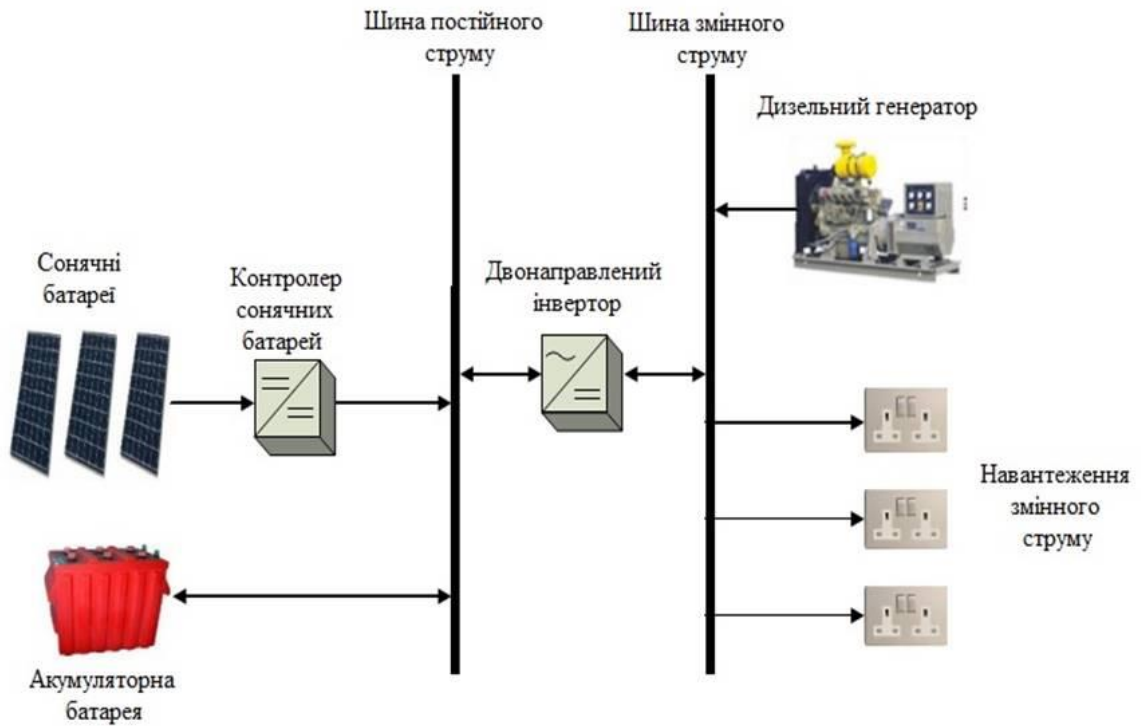


Рисунок 3 - Паралельна структурна схема автономної гібридної електростанції

Математична модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

6

Проектування компонентів системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо вимагає всебічного аналізу навантаження. Потужність навантаження змінного струму споживачів потрібно перерахувати на потужність навантаження постійного струму.

$$P_{DC} = \frac{P_{AC}}{\eta_{інв}}, \quad (1)$$

де P_{DC} - потужність навантаження постійного струму;
 P_{AC} - потужність навантаження змінного струму;
 $\eta_{інв}$ - коефіцієнт корисної дії інвертора.

У системі живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок сонячна батарея використовується для того, щоб максимально задовольнити середні потреби в навантаженні протягом місяця з найвищим сонячним випромінюванням. Для досягнення цього робочого стану потрібно оцінити частку сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією.

$$f_{PV\min} = \frac{E_{PV\min}}{E_{нм}} = \frac{H_{M\min}}{H_{M\max}}, \quad (2)$$

де $f_{PV\min}$ - частка сонячної енергії місяця з найнижчою сонячною інсоляцією;
 $E_{PV\min}$ - середньомісячне енергопостачання сонячними батареями протягом місяця з найнижчою сонячною інсоляцією;
 $E_{нм}$ - середньомісячна потреба в енергії;
 $H_{M\min}, H_{M\max}$ - найменший та найбільший рівень сонячної інсоляції за місяць

Кількість електричної енергії, що виробляється стрінгом сонячних батарей⁷

$$W_c = M_c \cdot I_m \cdot \eta_{\text{бат}} \cdot k_z, \quad (3)$$

де W_c - кількість електричної енергії, що виробляється стрінгом;

M_c - кількість годин максимальної сонячної інсоляції;

I_m - постійна струм фотоелектричного модуля;

$\eta_{\text{бат}}$ - коефіцієнт ефективності акумуляторної батареї;

k_z - коефіцієнт зменшення, який враховує зменшення потужності в реальних робочих умовах порівняно з умовами, за яких оцінювали фотоелектричний модуль.

Особливо важливо, щоб ємність акумуляторної батареї забезпечувала достатній час зберігання енергії, щоб задовольнити вимоги замовника. Рекомендується один день зберігання енергії для системи, що складається з комбінації сонячної батареї та дизельного генератора.

$$W_{\text{бат}} = W_{\text{ДСн}} \cdot N_{\text{ДЗ}}, \quad (3)$$

де $W_{\text{бат}}$ - ємність акумуляторної батареї;

$W_{\text{ДСн}}$ - енергія навантаження постійного струму;

$N_{\text{ДЗ}}$ - кількість днів зберігання електричної енергії.

Номинальна потужність дизельного генератора

8

$$P_{ДГ} = \frac{W_{зар.бат} \cdot U_{ДСн}}{t_{зар.бат} \cdot \eta_{зар.прис}}, \quad (4)$$

де $P_{ДГ}$ - номінальна потужність дизельного генератора;

$W_{зар.бат}$ - загальна ємність акумуляторних батарей;

$U_{ДСн}$ - напруга постійного струму навантаження;

$t_{зар.бат}$ - час заряду акумуляторних батарей;

$\eta_{зар.прис}$ - коефіцієнт корисної дії зарядного пристрою.

Існує дві умови роботи дизельного генератора.

1. Потужність дизельного генератора дорівнює надлишку потужності, яка виробляється сонячною батареєю.

$$P_{ДГ}(t) = P_{бат.роз}(t) = -\Delta P(t), \quad (5)$$

де $P_{ДГ}(t)$ - потужність дизельного генератора;

$P_{бат.роз}(t)$ - розрядна потужність акумуляторної батареї;

$\Delta P(t)$ - різниця між вихідною потужністю сонячної батареї та потужністю навантаження з урахуванням втрат на інверторі.

2. Потужність дизельного генератора дорівнює надлишку потужності, яка виробляється сонячною батареєю.

$$P_{ДГ}(t) = P_{н}(t) + P_{бат.зар}(t), \quad (6)$$

**Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки ⁹
пластикових пляшок у дизельне паливо**

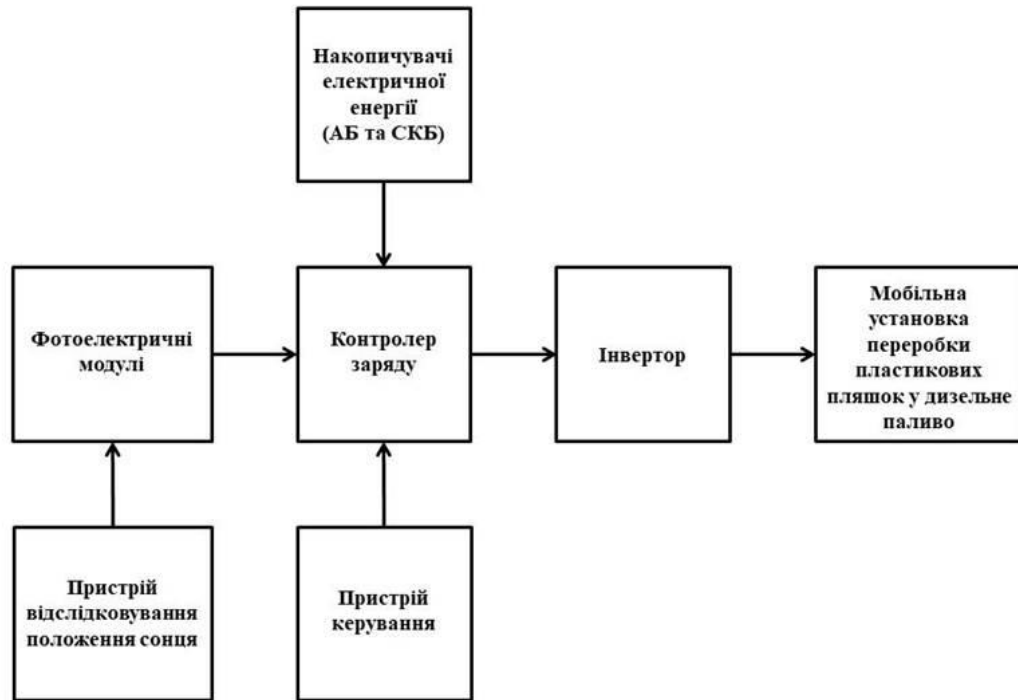


Рисунок 4 – Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

10

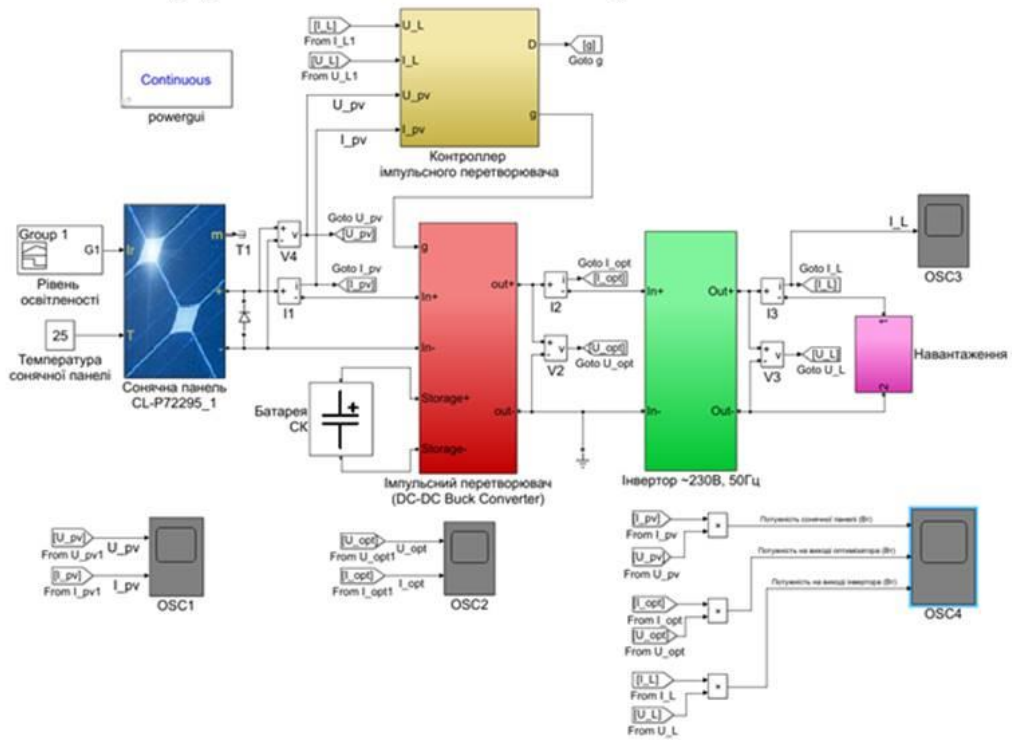


Рисунок 5 – Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

10

Імітаційна модель імпульсного перетворювача напруги

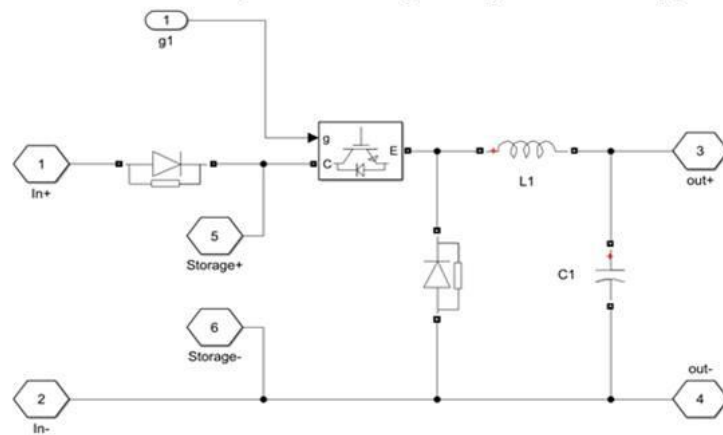


Рисунок 6 – Імітаційна модель імпульсного перетворювача напруги

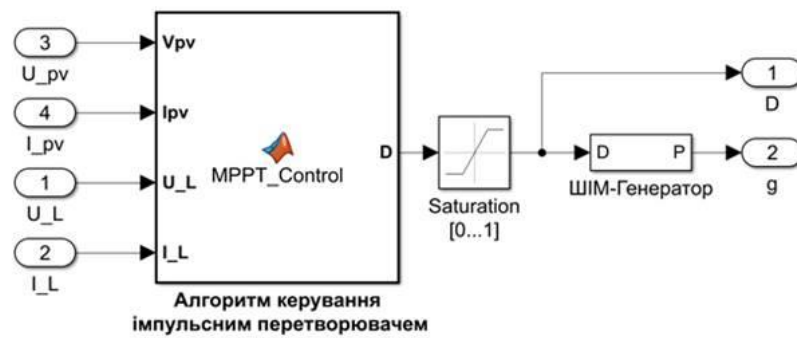


Рисунок 7 – Імітаційна модель імпульсного перетворювача напруги

Імітаційна модель інвертора напруги

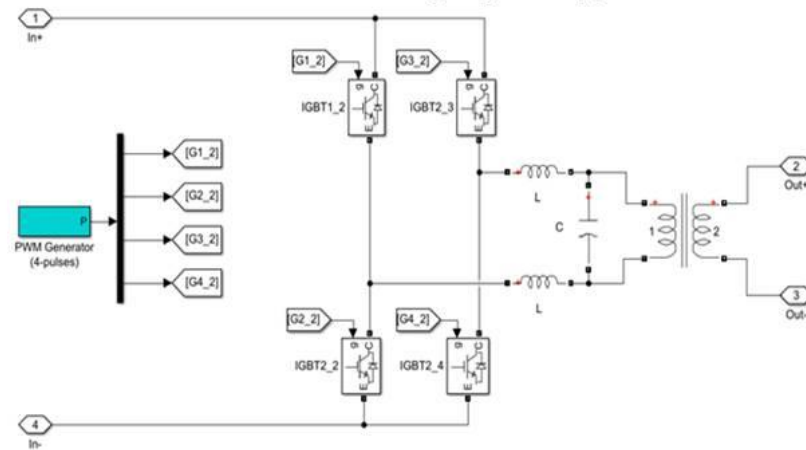


Рисунок 8 – Імітаційна модель інвертора напруги

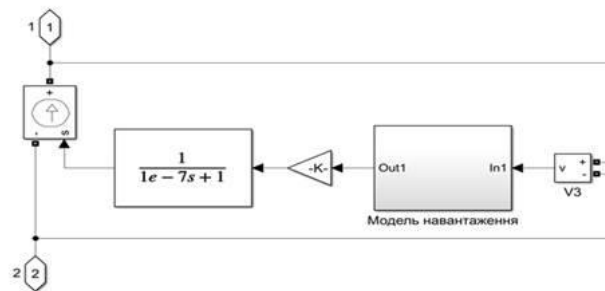


Рисунок 9 – Імітаційна модель кола навантаження

Імітаційна модель, яка описує поведінку навантаження

13

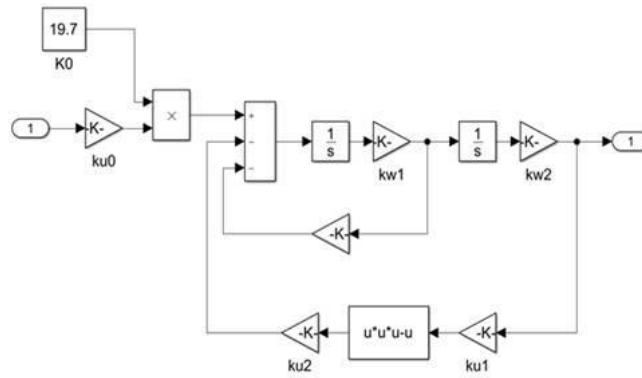


Рисунок 10 – Імітаційна модель, яка описує поведінку навантаження

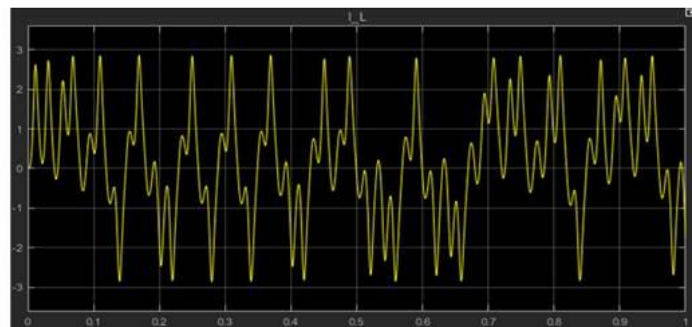


Рисунок 11 – Графік зміни струму навантаження у часі

13

Функціональна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

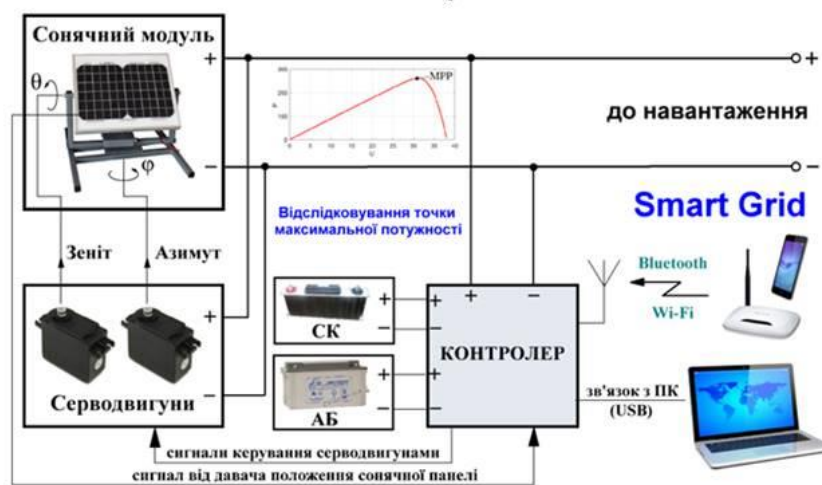


Рисунок 12 – Функціональна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

У дипломній роботі була розроблена система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Така система дозволяє відчутно збільшують продуктивність сонячної системи, постійно відстежують точку максимальної потужності кожного сонячного модуля що робить його використання максимально ефективним, стабілізують вихідну напругу.

У порівнянні з відомими аналогами запропонована система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Удосконалені математичні моделі складових система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

Удосконалена система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо шляхом введення до її складу суперконденсаторної батареї, яка забезпечує можливість отримувати велику миттєву вихідну потужність навіть за умов низького рівня інсоляції сонячного випромінювання (ефект підсилення потужності) завдяки її низькому внутрішньому опору, а також малим зарядним і великим розрядним струмами.

Проведено імітаційне моделювання в середовищі Simulink складових система живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо.

На основі отриманих наукових результатів побудовано систему електроживлення з відслідковуванням положення сонця та з можливістю накопичення енергії суперконденсаторами та акумуляторами.

За рахунок науково-прикладних рішень, що базуються на відслідкуванні максимуму сонячного випромінювання та точки максимальної потужності фотоелектричного модуля, розроблена система електроживлення дозволяє отримати підвищення до 40% ефективності відбору енергії від фотоелектричних модулів.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 7%

ID: 82698 Назва: Підвищення ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо Додано в БД: 2020-12-07 Автора: Я.В. Вержбицький Керівники: В.В. Мартинюк Консультанти: Опоненти: О.В. Бармак	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	76646	573	2777 (4%)	37 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми



Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1005387110

Дата перевірки:
07.12.2020 12:50:45 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
07.12.2020 12:52:26 EET

ID користувача:
100005862

Назва документа: Verjbyckyi_Y_V_Na_antyplagiat

Кількість сторінок: 78 Кількість слів: 12295 Кількість символів: 90550 Розмір файлу: 3.55 MB ID файлу: 1005679157

9.52% Схожість

Найбільша схожість: 1.65% з Інтернет-джерелом (<https://www.airccse.com/eeiej/papers/1114eeiej03.pdf>)

9.52% Джерела з Інтернету

390

Сторінка 80

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

30

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу магістра Вержбицького Ярослава Вікторовича
на тему: “Підвищенню ефективності живлення мобільної установки
переробки пластикових пляшок у дизельне паливо”

Дипломну роботу присвячено підвищенню ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. В ній удосконалено систему живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо шляхом введення до її складу суперконденсаторної батареї, яка забезпечує можливість отримувати велику миттєву вихідну потужність навіть за умов низького рівня інсоляції сонячного випромінювання (ефект підсилення потужності) завдяки її низькому внутрішньому опору, а також малим зарядним і великим розрядним струмами, що підвищує ефективність роботи сонячних батарей до 40%.

Розроблена структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Для такої системи, вся електроенергія виробляється сонячними батареями, а в ніч і похмуру погоду – відбувається розряд акумуляторів. Передбачається, що потужності сонячних батарей достатня для живлення навантаження і зарядки акумуляторів.

Розроблено імітаційну модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо. Модель описує процеси, які відбуваються за умов наявності в мережі різних типів навантажень.

Всі розділи магістерської роботи виконанні сумлінно та на високому науковому рівні із дотриманням вимог до дипломних робіт магістрів. Результати досліджень представлені у вигляді статті у фаховому журналі «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» №1 2020р.

До недоліків роботи можна віднести відсутність дизельного генератора в імітаційній моделі системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо, але його математична модель розглянута у другому розділі дипломної роботи. Незважаючи на це, вказаний недолік не зменшує наукового рівня магістерської роботи.

Вважаю, що дипломна робота магістра Вержбицького Ярослава Вікторовича заслуговує оцінки «відмінно», а магістр заслуговує присвоєння йому кваліфікації магістра з телекомунікацій і радіотехніки.

Опонент:

д.т.н., професор. в. о. завідувача
кафедри комп'ютерних науки та
інформаційних технологій



Бармак О.В.

Завідувачу кафедри
автоматизації, комп'ютерно-
інтегрованих технологій і
телекомунікацій
проф. Мартинюку В.В.
здобувача вищої освіти
Вержбицького Я.В.,
факультету ПКТС, 2 курс,
група ТРМ-19-1

ЗАЯВА

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

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

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

3 11 2020

дата



підпис

РІШЕННЯ КАФЕДРИ
**АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Підвищення ефективності живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

Автор: **Вержбицькому Ярослав Вікторович**

Спеціальність: **172 Телекомунікації та радіотехніка**

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: **д.т.н, проф. Мартинюк Валерій Володимирович**

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження: Запозичення у розмірі 9,52%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків та списку літератури, решта запозичень є випадковими, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються наукової новизни і практичної значущості роботи.

3.12.2020р.

Науковий керівник роботи:

Мартинюк В.В.

Зав. каф. АКІТіТК

Мартинюк В.В.