

УДК 620.91

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

МАРТИНЮК В. В., РАДЕЛЬЧУК Г. І.,
КАШТАЛЬЯН 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.
Khmelnytsky 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 Ойл» 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 Ойл».

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

Рішення від «Оболонь Ойл» 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 замінить 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 Ойл», 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 - 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.



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.

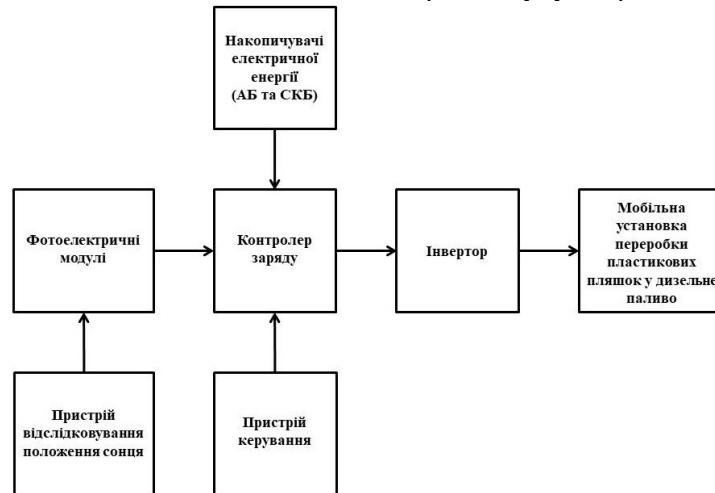


Рис. 2. Структурна схема системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

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.

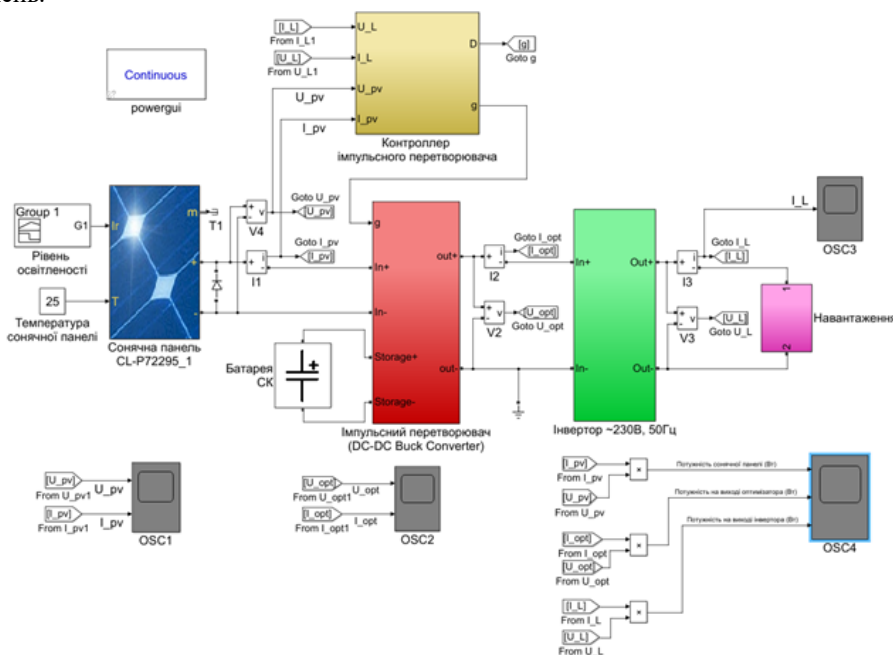


Рис. 3. Імітаційна модель системи живлення мобільної установки переробки пластикових пляшок у дизельне паливо

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 сонячного модуля у вигляді функції MATLAB, яка може бути перетворена у двійновий код для контролера імпульсного 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 позиціонування 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.Б. 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 elektroenerhyu. – Krasnodar: KubHAU, 2012. – 272 s.
2. Lukutyn B.V., Surzhykova O.A., Shandarova E.B. Vozobnovliaemaia enerhetyka v detsentralyzovannom elektrosnabzhenyy. – М.: Enerhoatomyzdat. – 2008. – 231 s.

3. Sybykyn Yu.D., Sybykyn M.Iu. Netraditsyonnye y vozobnovliaemye ystochnyky enerhyu. – М.: KNORUS, 2010. – 232 s.
4. Hryhorash O.V., Stepura Yu.P., Uskov A.E. y dr. Vozobnovliaemye ystochnyky elektroenerhyu: ermuny, opredeleniya, dostoystva y nedostatky// Труды Kubanskooho hosudarstvennoho ahrannoho unyversyteta. – 2011. – №32. – S. 189 – 192.
5. Lukutyn B.V. Vozobnovliaemye ystochnyky elektroenerhyu: uchebnoe posobyе. – Tomsk: Yzd-vo Tomskoho polytekhnycheskoho unyversyteta. – 2008. – 187 s.
6. Amerkhanov R.A., Bohdan A.V., Verbytskaia S.V., Narkavyy K.A. Proektyrovanye system enerhoobespecheniya: Uchebnyk dlia studentov vuzov / Pod obshch. red. R.A. Amerkhanova– 2-e yzd., pererab. y dop. – М.: Enerhoatomyzdat, 2010. – 548 s.
7. Hryhorash O.V., Stepura Yu.P., Uskov A.E. Statycheskye preobrazovately y stabylyzatory avtonomnykh system elektrosnabzheniya. – Krasnodar. – 2011. – 188 s.
8. Hryhorash O.V. Ob effektivnosti y tselesoobraznosti yspolzovaniya vozobnovliaemykh ystochnykov elektroenerhyu v Krasnodarskom krae/ O.V. Hryhorash, V.V. Tropyn, A.S. Oskyna // Polytematycheskyi setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskooho hosudarstvennoho ahrannoho unyversyteta (Nauchnyi zhurnal KubHAU) [Elektronnyi resurs]. – Krasnodar: KubHAU, 2012. – №09(083). S. 188 – 199. – Rezhym dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.
9. Lukutyn B.V., Muravlev Y.O., Plotnykov Y.A. Systemy elektrosnabzheniya s vetrovymy y solnechnymy elektrostantsiyamy. – Tomsk: Yzd-vo Tomskoho polytekhnycheskoho unyversyteta. – 2015. – 128 s.

Надійшла / Paper received: 17.01.2020

Надрукована / Paper Printed : 04.06.2020