

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/VNNR3045>

***Н. Б. Құттыбай¹, О. Б. Байболов², Н. Ж. Қошқарбай³,
Э. П. Ершов⁴, А.Б. Болатбек⁵**

^{1,2,3,4,5}Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5723-6642>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7802-9577>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2334-3249>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2267-0365>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7613-5507>

*e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С КОНТРОЛЛЕРОМ ОТММ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ОСП

Повышение эффективности фотоэлектрических систем является важной задачей, особенно в условиях частичного затенения, которое снижает производительность солнечных панелей. Традиционные методы отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) часто сталкиваются с проблемой фиксации на локальных максимумах, что ограничивает их эффективность. Решение этой проблемы имеет критическое значение для увеличения энергетической отдачи солнечных установок, особенно в условиях переменной освещенности. В данной работе исследуется применение метаэвристического алгоритма «Оптимизация социальных пауков» (ОСП) для отслеживания ТММ в фотоэлектрических системах. Основная задача работы заключалась в нахождении глобальной точки максимальной мощности в условиях частичного затенения. Экспериментальные результаты показали, что алгоритм обеспечивает высокую точность отслеживания ТММ с эффективностью до 98,72 % при различных уровнях освещенности. Применение SEPIC-преобразователя позволило стабилизировать выходное напряжение и минимизировать пульсации, что улучшило общую производительность системы. Алгоритм продемонстрировал устойчивую работу при частичном затенении панелей, что особенно

важно для реальных условий эксплуатации. Внедрение алгоритма может значительно повысить энергоэффективность и надежность фотоэлектрических установок, открывая перспективы для дальнейшего развития методов оптимизации в солнечной энергетике.

Ключевые слова: солнечная энергетика, точка максимальной мощности, глобальная оптимизация, SEPIC-преобразователь, энергоэффективность.

Введение

Возрастающий мировой спрос на возобновляемые источники энергии делает фотоэлектрические системы важным элементом распределенных энергетических систем [1]. Несмотря на широкое распространение и очевидные преимущества, фотоэлектрические системы сталкиваются с серьезными проблемами, среди которых низкий КПД и высокая зависимость от внешних факторов, таких как количество поступающей солнечной радиации, температура солнечной панели, старение компонентов и условия нагрузки. Эти факторы оказывают существенное влияние на количество электроэнергии, производимой солнечными панелями, и, как следствие, на общую эффективность системы [2; 3].

Существуют несколько методов повышения эффективности солнечных панелей [4; 5]. Во-первых, системы отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) помогают панелям работать на максимальной мощности, автоматически настраивая их под условия освещения и температуры панели [6]. Во-вторых, установка панелей на солнечные трекеры позволяет им следить за движением солнца, увеличивая количество получаемой энергии [7]. В-третьих, концентрирующие фотоэлектрические системы используют линзы или зеркала для фокусировки солнечного света на маленькие, но высокоэффективные элементы [8]. Наконец, разработка новых материалов для панелей может значительно улучшить их способность преобразовывать солнечный свет в электричество [9].

Последние исследования показывают, что усилия направлены на повышение выходной мощности модуля с использованием алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ). Применение ОТММ контроллеров не только позволяет максимизировать выработку энергии, но и продлевает срок службы всей системы [10].

В последние десятилетия было предложено множество алгоритмов управления для отслеживания ТММ, включая методы возмущения и наблюдения, инкрементальной проводимости, паразитной емкости, постоянного напряжения и искусственного интеллекта. Традиционные методы, такие как возмущения и наблюдения, обеспечивают удовлетворительные

результаты и просты в реализации. В то же время методы, основанные на искусственном интеллекте, обладают более высокой точностью, но требуют сложной реализации [11]. Традиционные методы отслеживания точки максимальной мощности (ТММ) зачастую оказываются неэффективными в условиях частичного затенения поверхности солнечных панелей. Частичное затенение приводит к образованию нескольких локальных максимумов на характеристике мощности-напряжения (P-V), что существенно усложняет задачу точного нахождения глобального ТММ [12]. В таких условиях стандартные алгоритмы ОТММ могут зафиксироваться на локальных максимумах, что приводит к снижению общей эффективности системы. Поэтому для работы в условиях частичного затенения требуется разработка и внедрение сложных и адаптивных алгоритмов, основанных на искусственном интеллекте и метаэвристических подходах [13]. Эти алгоритмы обладают способностью анализировать и адаптироваться к динамически меняющимся условиям освещенности, обеспечивая точное отслеживание глобальной точки максимальной мощности (ТММ) даже в сложных условиях многомодальных характеристик. Искусственный интеллект и метаэвристические методы, такие как генетические алгоритмы, рой частиц и алгоритмы стаи птиц, позволяют оптимизировать процесс поиска ТММ, избегая ловушек локальных максимумов и обеспечивая более высокую эффективность работы фотоэлектрических (ФЭ) систем. Эти инновационные подходы открывают новые возможности для повышения надежности и производительности солнечных энергетических установок, особенно в условиях, где традиционные методы не дают удовлетворительных результатов.

В данной работе разработан и исследован новый метаэвристический алгоритм, получивший название «Оптимизация социальных пауков» (ОСП) [14], который был применен в системе отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) для фотоэлектрических систем. Алгоритм ОСП был специально адаптирован для решения задачи поиска глобальной точки максимальной мощности в условиях как равномерного, так и неравномерного освещения солнечных панелей.

Материалы и методы

Концепция отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) является ключевым аспектом оптимизации работы фотоэлектрических систем, так как позволяет максимально эффективно использовать солнечную энергию при изменяющихся условиях окружающей среды. Характеристики солнечного элемента значительно зависят от таких факторов, как освещенность, температура и частичное затенение. Освещенность определяет короткозамкнутый ток ($I_{кз}$), который пропорционально уменьшается при снижении уровня инсоляции, и, как следствие, смещает

точку максимальной мощности (рисунок 1а). Температура также оказывает значительное влияние: с ее увеличением напряжение холостого хода (U_{xx}) уменьшается пропорционально, тогда как короткозамкнутый ток снижается логарифмически, что приводит к изменению характеристик солнечного элемента (рисунок 1б).

Частичное затенение представляет собой одну из наиболее серьезных проблем для эффективной работы ФЭ систем. Когда один или несколько последовательно соединенных модулей оказываются в тени, возникает дисбаланс в распределении солнечной энергии между модулями. Это приводит к значительному снижению общей производительности всей системы, поскольку затененные модули начинают ограничивать ток, который могут производить незатененные модули. Для минимизации этих негативных эффектов часто используются байпасные диоды, которые помогают обойти затененные участки и уменьшить потери мощности. Однако даже при использовании байпасных диодов необходима высокоэффективная система отслеживания глобальной ТММ, которая сможет обеспечить оптимальную работу системы в сложных условиях освещения (рисунок 2).

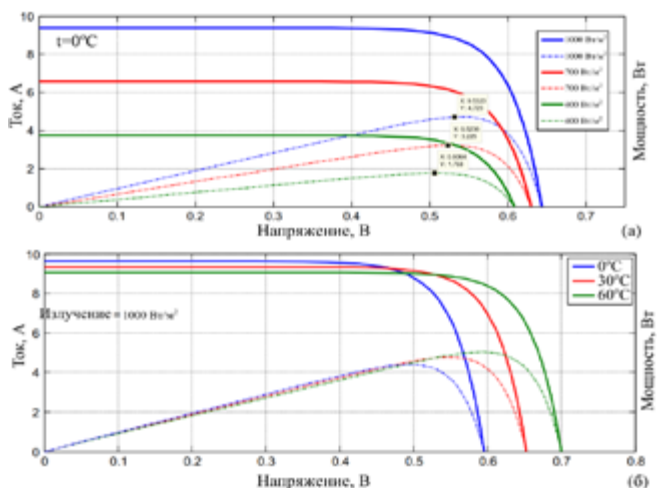


Рисунок 1 – Влияние освещенности и температуры на характеристики солнечного элемента

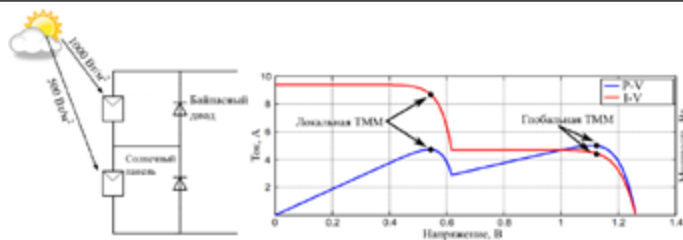


Рисунок 2 – Влияние частичного затенения на производительность фотоэлектрических систем

В этом исследовании особое внимание было уделено применению алгоритма ОСП для решения задачи нахождения глобальной точки максимальной мощности в условиях частичного затенения. Алгоритм ОСП показал высокую эффективность в таких условиях, демонстрируя устойчивость к ложным срабатываниям на локальных максимумах, которые часто возникают из-за неравномерного освещения. Алгоритм уверенно находил и поддерживал глобальную точку максимальной мощности, что позволяет значительно повысить общую эффективность PV системы даже в условиях сложного освещения, где традиционные методы отслеживания ТММ оказываются менее эффективными.

Алгоритм ОСП это метаэвристический алгоритм оптимизации, который моделирует поведение социальных пауков для поиска оптимальных решений в многомерных пространствах. В основе алгоритма лежит идея, что пауки на паутине могут взаимодействовать друг с другом, используя вибрации, чтобы совместно находить источники пищи. В контексте нашей задачи это означает нахождение глобальной точки максимальной мощности (ТММ) солнечной панели. ТММ является ключевой характеристикой, которая определяет максимальную мощность, которую может выработать солнечная панель при определённых условиях освещённости и температуры. Алгоритм ОСП помогает эффективно исследовать пространство возможных решений и найти оптимальную точку, где выходная мощность панели достигает своего максимума. Ниже приводится описание алгоритма с объяснениями (рисунок 3).

На первом этапе необходимо задать значения для основных параметров алгоритма, таких как: размер популяции (количество пауков); максимальное количество итераций; вероятность мутации; коэффициенты управления движением пауков. Эти параметры задают основу для работы алгоритма. Далее создается популяция пауков, где каждый паук является агентом, представляющим потенциальное решение задачи. Для каждого паука

выделяется память для хранения информации: позиция паука на паутине (то есть значение возможного решения); соответствующая функция (которая определяет качество решения); последняя обнаруженная сильная вибрация. Каждому пауку назначается начальная целевая вибрация которая соответствует его текущему положению на паутине. Цикл повторяется, пока не будут выполнены условия остановки (например, достижение максимального числа итераций или требуемой точности). Внутри цикла выполняются следующие остальные действия. Для каждого паука в популяции вычисляется значение соответствующей функции, которая в нашем случае соответствует мощности, вырабатываемой солнечной панелью при текущих параметрах. На основе вычисленного значения соответствующая функции паук создает вибрацию, которая распространяется по паутине. Интенсивность вибрации зависит от качества текущего решения (чем лучше решение, тем сильнее вибрация). Каждый паук оценивает интенсивность вибраций, поступающих от всех других пауков, и выбирает самую сильную из них. Если интенсивность выбранной вибрации больше, чем у текущей целевой вибрации, то паук обновляет свою целевую вибрацию. Затем обновляется коэффициент движения паука, который влияет на то, как паук будет перемещаться по паутине. Генерируется случайное число. Если случайное число превышает определённый порог обновляется маска измерений, которая направляет движение паука. Генерируется новая позиция паука на основе текущей целевой вибрации и маски измерений. Паук выполняет случайное блуждание в окрестностях новой позиции. Если новое положение нарушает ограничения задачи (например, физические ограничения солнечной панели), выполняется корректировка для приведения решения в допустимые рамки. Цикл повторяется до тех пор, пока не будет достигнута глобальная точка максимальной мощности или другие условия остановки. В конце алгоритм возвращает лучшее найденное решение.



Рисунок 3 – Алгоритм оптимизации социальных пауков для нахождения глобальной точки максимальной мощности

Результаты и обсуждение

В рамках экспериментальных исследований была проведена серия испытаний с использованием следующих устройств: симулятор фотоэлектрической панели Chroma 62150H, драйвер на MOSFET-транзисторах, датчики тока и напряжения, контроллер dSpace, управляющий преобразователем, и преобразователь постоянного тока (рисунок 4). Для тестирования предложенного алгоритма оптимального слежения за точкой максимальной мощности использовался SEPIC-преобразователь. Этот тип преобразователя постоянного тока обеспечивает стабилизацию выходного напряжения и позволяет изменять его относительно входного уровня (как увеличивая, так и уменьшая). При этом выходное напряжение сохраняет ту же полярность, что и входное, что упрощает проектирование систем и снижает необходимость в дополнительных элементах для коррекции полярности. Благодаря своей конструкции SEPIC-преобразователь демонстрирует низкий

уровень пульсаций на входе и выходе, что улучшает электромагнитную совместимость системы и снижает помехи для других компонентов.

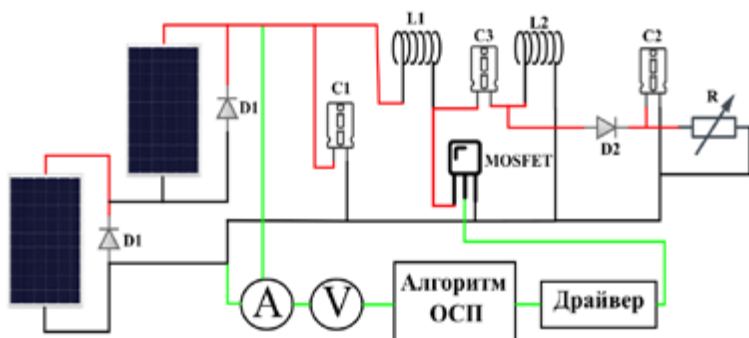


Рисунок 4 – Схема экспериментальной установки для тестирования алгоритмов оптимизации

Характеристики SEPIC-преобразователя, включая данные о величинах электронных компонентов равно: C1, C2 – 1000 мкФ; C3 - 330 мкФ; L1, L2 - 470 мкГн; R – 10 Ом; Частота управления транзистором – 25 КГц (рисунок 5). В ходе моделирование и экспериментов были использованы две солнечные панели производства Sun Power с общей мощностью 200 Вт. Напряжение и ток в точке максимальной мощности составляли 20 В и 5 А соответственно. Напряжение холостого хода достигало 23,9 В, а ток короткого замыкания – 5,4 А (рисунок 6).



Рисунок 5 – Преобразователь SEPIC

Эксперименты проводились при различных уровнях солнечного излучения. В первом эксперименте интенсивность излучения для первой

панели составляла 1000 Вт/м^2 , а для второй – 300 Вт/м^2 (рисунок 7а). В результате эксперимента были получены графики зависимости тока и мощности от напряжения. Разработанный алгоритм ОСП корректно находил точку максимальной мощности и стабилизировал выходную мощность системы. Эффективность работы алгоритма составила 98,72 %. Выходные параметры были следующими: мощность – 96 Вт, напряжение – 19,23 В, ток – 4,99 А. Во втором эксперименте интенсивность солнечного излучения была изменена на 800 Вт/м^2 для первой панели и 1000 Вт/м^2 для второй (рисунок 7б). Эффективность отслеживания точки максимальной мощности в этом случае составила 98,5 %. Максимальные выходные параметры были: мощность – 177 Вт, напряжение – 39,85 В и ток – 4,44 А.

Применение алгоритма ОСП показало высокую эффективность работы фотоэлектрических систем. Алгоритм позволил значительно снизить потери мощности, обеспечив более стабильную и надежную работу системы. В реальных условиях, особенно при частичном затенении панелей, например, из-за облаков или теней от зданий, применение данного алгоритма может значительно повысить производительность солнечных панелей.



Рисунок 6 – Экспериментальная установка

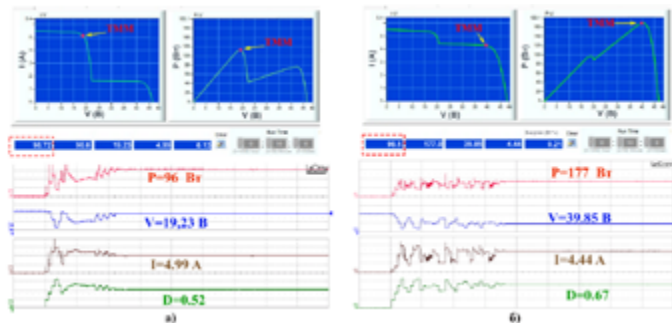


Рисунок 7 – Результаты экспериментов по отслеживанию точки максимальной мощности при различных условиях освещения

Таким образом, предложенный алгоритм ОСП представляет собой перспективное решение для улучшения работы систем ОТММ в различных условиях освещенности.

Выводы

В данном исследовании был предложен новый подход к повышению эффективности фотоэлектрических систем с использованием Социального Алгоритма Пауков (SSA). Экспериментальные результаты показали, что алгоритм обеспечивает высокую точность отслеживания точки максимальной мощности (MPPT) с эффективностью до 98,72% при различных уровнях освещенности. Использование SEPIC-преобразователя позволило стабилизировать выходное напряжение и минимизировать пульсации, улучшая общую производительность системы. Алгоритм продемонстрировал устойчивую работу при частичном затенении панелей, что особенно важно для реальных условий эксплуатации. Внедрение SSA может значительно повысить энергоэффективность и надежность фотоэлектрических установок, открывая перспективы для дальнейшего развития методов оптимизации в солнечной энергетике.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке исследовательского проекта AP23487428 Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан и выполнена в Казахском Национальном Университете имени аль-Фараби, что с благодарностью признано авторами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kataray T. et al. Integration of smart grid with renewable energy sources: Opportunities and challenges—A comprehensive review //Sustainable

Energy Technologies and Assessments. – 2023. – Т. 58. – P. 103363. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103363>

2 **Jathar L. D. et al.** Comprehensive review of environmental factors influencing the performance of photovoltaic panels: Concern over emissions at various phases throughout the lifecycle //Environmental Pollution. – 2023. – Т. 326. – P. 121474. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121474>

3 **Bošnjaković M. et al.** Effects of Extreme Weather Conditions on PV Systems //Sustainability. – 2023. – Т. 15. – № 22. – P. 16044. <https://doi.org/10.3390/su152216044>

4 **Al-Shahri O. A. et al.** Solar photovoltaic energy optimization methods, challenges and issues: A comprehensive review //Journal of Cleaner Production. – 2021. – Т. 284. – P. 125465. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125465>

5 **Hao D. et al.** Solar energy harvesting technologies for PV self-powered applications: A comprehensive review //Renewable Energy. – 2022. – Т. 188. – P. 678–697. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.02.066>

6 **Ali M. N. et al.** An efficient fuzzy-logic based variable-step incremental conductance MPPT method for grid-connected PV systems //Ieee Access. – 2021. – Т. 9. – P. 26420-26430. 10.1109/ACCESS.2021.3058052

7 **Kuttybay N. et al.** Assessment of solar tracking systems: A comprehensive review //Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2024. – Т. 68. – P. 103879. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103879>

8 **Dosymbetova G. et al.** Modeling and simulation of silicon solar cells under low concentration conditions //Energies. – 2022. – Т. 15. – № 24. – P. 9404. <https://doi.org/10.3390/en15249404>

9 **Li X. et al.** Review and perspective of materials for flexible solar cells //Materials Reports: Energy. – 2021. – Т. 1. – №. 1. – P. 100001. <https://doi.org/10.1016/j.matre.2020.09.001>

10 **Ullah K. et al.** Fuzzy-based maximum power point tracking (MPPT) control system for photovoltaic power generation system //Results in Engineering. – 2023. – Т. 20. – P. 101466. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101466>

11 **Katche M. L. et al.** A comprehensive review of maximum power point tracking (mppt) techniques used in solar pv systems //Energies. – 2023. – Т. 16. – № 5. – P. 2206. <https://doi.org/10.3390/en16052206>

12 **Tang L. et al.** Maximum power point tracking strategy for photovoltaic system based on fuzzy information diffusion under partial shading conditions //Solar Energy. – 2021. – Т. 220. – P. 523–534. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.03.047>

13 **Zafar M. H. et al.** A novel meta-heuristic optimization algorithm based MPPT control technique for PV systems under complex partial shading condition

//Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2021. – Т. 47. – Р. 101367.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101367>

14 Suruli K., Pa V. Social spider optimization algorithm-based optimized power management schemes //Electric Power Components and Systems. – 2020. – Т. 48. – №. 11. – Р. 1111–1124. <https://doi.org/10.1080/15325008.2020.1834643>

Поступило в редакцию 16.10.24

Поступило с исправлениями 18.10.24

Принято в печать 04.12.24

*Н. Б. Құттыбай¹, О. Б. Байболов², Н. Ж. Қошқарбай³,

Э. П. Еришов⁴, А.Б. Болатбек⁵

^{1,2,3,4,5}Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан

Республикасы, Алматы қ.

16.10.24 ж. баспаға түсті.

18.10.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ӘӨО АЛГОРИТМІ НЕГІЗІНДЕ МҚНБ КОНТРОЛЛЕРІМЕН ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Күн панельдерінің өнімділігін төмендететін беткі, біркелкі емес көлеңкелену жағдайында фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру маңызды мәселе болып табылады. Максималды қуат нүктесін (МҚН) бақылаудың дәстүрлі әдістерінде көбінесе локалды максимумдарға тап болу мәселесі көп кездеседі, бұл олардың тиімділігін шектейді. Осы мәселені күн сәулесінің біркелкі емес түсу жағдаймен қосып шешу және фотоэлектрлік қондырғылардың энергетикалық өнімділігін арттыру маңызды мәселенің бірі болып табылады. Бұл жұмыста фотоэлектрлік жүйелердің МҚН бақылау үшін «Әлеуметтік өрмекшілерді оңтайландыру» (ӘӨО) метаэвристикалық алгоритмін қолдану арқылы зерттеу жұмыстары жүргізілген. Жұмыстың негізгі міндеті біркелкі емес көлеңкелену жағдайында максималды қуаттың глобалды нүктесін табу. Әртүрлі сәулелену деңгейінде жүргізілген тәжірибелік нәтижелер алгоритмнің 98,72% дейін тиімділікпен МҚН бақылау дәлдігін қамтамасыз ететінін көрсетті. SEPIC түрлендіргішін қолдану шығысындағы кернеуді тұрақтандыруға және пульсацияны азайтуға мүмкіндік береді. Жасалған алгоритм күн панелдерінің өнімділігін біркелкі емес көлеңкелену кезінде тұрақтандырады және шынайы жұмыс

жағдайлары үшін маңыздылығын арттырады. Зерттеу нәтижелері фотоэлектрлік қондырғылардың энергия тиімділігі мен сенімділігін едәуір арттырып, күн энергетикасында оңтайландыру әдістерінің одан әрі дамуына үлесін қосады.

Кілтті сөздер: күн энергиясы, максималды қуат нүктесі, жабандық оңтайландыру, SEPIC түржәндіргіші, энергия тиімділігін

*N. B. Kuttybay¹, O. B. Baibolov², N. J. Koshkarbay³, E. P. Yershov⁴.

A. B. Bolatbek⁵

^{1,2,3,4,5}al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 16.10.24

Received in revised form 18.10.24

Accepted for publication 04.12.24

OPTIMIZATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH MPPT CONTROLLER BASED ON THE SSO ALGORITHM

Improving the efficiency of photovoltaic systems is an important task, especially under partial shading conditions, which reduces the performance of solar panels. Traditional maximum power point tracking (MPPT) methods often face the problem of fixation at local maxima, which limits their efficiency. Solving this problem is critical to increasing the energy efficiency of solar installations, especially under variable illumination conditions. In this paper, we investigate the application of the metaheuristic algorithm «Social Spider Optimization» (SSO) for MPP tracking in photovoltaic systems. The main objective of the work was to find the global MPP under partial shading conditions. Experimental results showed that the algorithm provides high accuracy of MPP tracking with an efficiency of up to 98.72% under different illumination levels. The use of SEPIC converter allowed us to stabilize the output voltage and minimize ripple, which improved the overall performance of the system. The algorithm demonstrated stable operation under partial shading of panels, which is especially important for real operating conditions. The implementation of the algorithm can significantly improve the energy efficiency and reliability of photovoltaic installations, opening up prospects for further development of optimization methods in solar energy.

Keywords: solar energy, maximum power point, global optimization, SEPIC converter, energy efficiency

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz