

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»




М. С. Юсубов

« 8 » 10 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Диссертация **«Применение эволюционных алгоритмов для повышения эффективности гибридных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии»** выполнена в отделении электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ).

В период подготовки диссертации соискатель Ибрагим Ахмед Ибрагим Мохамед обучался в очной аспирантуре и в настоящий момент работает в должности инженера исследователя в Отделении электроэнергетики и электротехники Инженерной школы Энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Срок окончания аспирантуры – 2020 год.

В 2013 г. окончил Университет города Закавказье, Египет, Инженерный факультет, получил диплом магистра по специальности «Силовые машины и электротехника».

Диплом об окончании аспирантуры выдан Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в 2020 г.

Научный руководитель – Обухов Сергей Геннадьевич, доктор технических наук, профессор Отделения электроэнергетики и электротехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Во время обсуждения диссертационной работы были заданы следующие вопросы:

1. В чем заключается модификация алгоритма роя частиц, используемая в работе?
2. Почему не используется больше 8 последовательно соединенных фотоэлектрических модулей в массиве солнечных батарей?
3. Какое назначение MPPT-контроллера в схеме 1?
4. Какие показатели используются для нахождения точки максимальной мощности СБ?
5. Когда алгоритм PSO уходит из цикла поиска решения?
6. Как моделировались режимы затенения СБ, на основе экспериментальных данных, или заданы произвольно?
7. Сколько времени требуется алгоритму PSO для определения точки максимальной мощности СБ?
8. Назначение и область применения разных типов преобразователей напряжения?
9. По каким критериям Вы выбрали алгоритмы PSO и CS?
10. Какие оптимальные параметры вы определили для PSO?

11. Какой коэффициент эффективности преобразования энергии СБ?

12. Что означает термин «эволюционные» алгоритмы, и в чем их основное преимущество перед стандартными?

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Ибрагима Ахмеда Ибрагима Мохамеда на тему «**Применение эволюционных алгоритмов для повышения эффективности гибридных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии**» является законченной научно-квалификационной работой.

1. Актуальность темы исследования обусловлена задачей социально-экономического развития многих регионов России с целью обеспечения надежного и эффективного электроснабжения потребителей, территориально расположенных в районах, удаленных от центральной электрической сети. Одним из наиболее перспективных способов решения данной проблемы является применение гибридных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии (Hybrid Renewable Energy Systems – HRES). Для построения HRES с требуемым уровнем надежности и хорошими технико-экономическими показателями необходимо обеспечить эффективное использование и преобразование первичной возобновляемой энергии. Стохастический характер первичных энергоносителей и нелинейность характеристик генерирующих источников определяют высокую сложность решения данной задачи, связанной с нахождением наилучшего варианта решения с различными критериями и с соблюдением различных ограничений. С математической точки зрения задачи подобного рода классифицируются как оптимизационные, и для их решения разработаны и применяются разнообразные методы математического программирования. Для решения сложных оптимизационных задач в последнее время все чаще применяются математические алгоритмы, построенные по аналогии с естественными законами эволюции в природе. Такие алгоритмы получили название «эволюционных», и они активно используются для решения

различных научных и инженерных задач. Наиболее востребованными областями практического применения эволюционных алгоритмов оптимизации в возобновляемой энергетике являются задачи разработки эффективных алгоритмов управления контроллерами максимальной мощности фотоэлектрических станций и оптимизации состава оборудования HRES. Актуальной задачей является выбор параметров эволюционных алгоритмов, обеспечивающих эффективное решение обозначенных проблем.

2. Личное участие и вклад соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Основные научные положения, результаты и выводы диссертационной работы получены автором лично. Анализ полученных результатов выполнен автором совместно с научным руководителем.

3. Степень достоверности результатов определяется корректным использованием теоретически обоснованных методов исследований, подтверждена сопоставлением с результатами других аналогичных исследований, успешной апробацией при проектировании и изготовлении испытательного стенда-полигона гибридной системы электроснабжения.

4. Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

По теме диссертации опубликована 21 научная работа, среди которых 3 - в журналах из перечня ВАК; 16 - в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, 2 - в РИНЦ, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Статьи в рецензируемых периодических изданиях по перечню ВАК РФ, в которых изложены основные положения:

1) Обухов С. Г., Ибрагим А. Анализ режимов и выбор параметров преобразователя напряжения и контроллера максимальной мощности автономной фотоэлектрической станции // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2020 - Т. 24 - №. 1(150). - С. 164-182.

2) Обухов С. Г., Плотников И. А., Ибрагим А., Масолов В. Г. Двухконтурный накопитель энергии для гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии // Известия Томского политехнического университета. Geo Assets Engineering. - 2020 - Т. 331 - №. 1. - С. 64-76.

3) Обухов С. Г., Ибрагим А. Оптимизация состава оборудования гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. - 2020 - Т. 20 - №. 2.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Определение точки максимальной мощности солнечной батареи алгоритмом роя частиц. // № 2018619320, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 03-08-2018г.

2. Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Отслеживание точки максимальной мощности солнечной батареи при помощи алгоритма поиска сускоо. // № 2018664032, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 09-11-2018г.

3. Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Выбор параметров преобразователя напряжения и контроллера максимальной мощности автономной фотоэлектрической станции. // № 2020611282, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 28-02-2020г.

Публикации в изданиях, индексируемых в базах Scopus и WoS:

4. Ibrahim A., Obukhov S. G, Aboelsaud R. Determination of Global Maximum Power Point Tracking of PV under Partial Shading Using Cuckoo Search Algorithm // Applied Solar Energy. - 2019 - Т. 55 - №. 6. - С. 367-375. doi: 10.3103/S0003701X19060045

5. Ibrahim A., Aboelsaud R., Obukhov S. G. Improved particles warm optimization for global maximum power point tracking of partially shaded PV array // Electrical Engineering. - 2019 - Т. 101 - №. 2. - С. 443-455. doi: 10.1007/s00202-019-00794-w

6. Ibrahim A. -, , Aboelsaud R., Obukhov S. G. Maximum power point tracking of partially shading PV system using cuckoo search algorithm // International Journal of Power Electronics and Drive Systems. - 2019 - T. 10 - №. 2. - C. 1081-1089.

7. Obukhov S. G., Ibrahim A., Aboelsaud R. Optimal parameters selection of particle swarm optimization based global maximum power point tracking of partially shaded PV // Journal of Physics: Conference Series. - 2019 - T. 1399 - №. 2. - C. 1-7. doi: 10.1088/1742-6596/1399/2/022032

8. Ibrahim A., Aboelsaud R., Obukhov S. G. Application of Cuckoo Search Algorithm for Global Maximum Power Point Tracking of PV under Partial Shading // 1st IEEE 2019 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE 2019): Prodeedings, Moscow, March 14-15, 2019. - Piscataway: IEEE, 2019 - C. 1-6.

9. Ibrahim A., Aboelsaud R., Obukhov S. G. Comprehensive Analysis of PSO and P&O for the Global Maximum Power Point Tracking of the PV under Partial Shading // 1st IEEE 2019 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE 2019): Prodeedings, Moscow, March 14-15, 2019. - Piscataway: IEEE, 2019 - C. 1-6.

10. Obukhov S. G., Ibrahim A., Aboelsaud R. Maximum Power Point Tracking OF Partially Shading PV system Using Particle Swarm Optimization // ACM International Conference Proceeding Series : 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies (ICFET2018) , Moscow, June 25-27, 2018. - New York: ACM, 2018 - C. 161-165.

11. Obukhov S., Ibrahim A., Diab A. A. Z., Al-Sumaiti A. S., Aboelsaud R. Optimal performance of dynamic particle swarm optimization based maximum power trackers for stand-alone PV system under partial shading conditions // IEEE Access. – 2020. – T. 8. – C. 20770–20785. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2966430

12. Obukhov S. G., Ibrahim A., Tolba M. A., El-Rifay A. M. Power balance management of an autonomous hybrid energy system based on the dual-energy storage // Energies. - 2019 - T. 12 - №. 24. - C. 1-16. doi: 10.3390/en12244690

13. Alattar, A. A., Sameh S., Metwally H. M., Ibrahim A., Aboelsaud R., Tolba M. A., El-Rifaie A. M. Performance Enhancement of Micro Grid System

with SMES Storage System Based on Mine Blast Optimization Algorithm // Energies. - 2019 - T. 12 - №. 16. - C. 1-22

14. Aboelsaud R., Ibrahim A., Garganeev A. G. Review of three-phase inverters control for unbalanced load compensation // International Journal of Power Electronics and Drive Systems. - 2019 - T. 10 - №. 1. - C. 242-255

15. Garganeev A. G., Ibrahim A., Aboelsaud R. Voltage Control of Autonomous Three-Phase Four-Leg VSI Based on Scalar PR Controllers // 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices: Proceedings, Chemal, 29 June-3 July 2019. - Novosibirsk: NSTU, 2019 - C. 558-564

16. Aboelsaud R., Ibrahim A., Garganeev A. G. Comparative Study Of Control Methods for Power Quality Improvement of Autonomous 4-Leg Inverters // 1st IEEE 2019 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE 2019): Prodeedings, Moscow, March 14-15, 2019. - Piscataway: IEEE, 2019 - C. 1-6

17. Aboelsaud R., Ibrahim A., Garganeev A. G. Voltage Control of Autonomous Power Supply Systems Based on PID Controller Under Unbalanced and Nonlinear Load Conditions // 1st IEEE 2019 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE 2019): Prodeedings, Moscow, March 14-15, 2019. - Piscataway: IEEE, 2019 - C. 1-6

18. Garganeev A. G., Aboelsaud R., Ibrahim A. A Novel Predictive Control Algorithm For Autonomous Power Supply Systems // ACM International Conference Proceeding Series: 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies (ICFET2018), Moscow, June 25-27, 2018. - New York: ACM, 2018 - C. 170-175

19. Aboelsaud R., Ibrahim A., Diab A.A.Z., Al-Sumaiti A.S., Garganeev A., Aleksandrov I. Assessment of Model Predictive Voltage Control for Autonomous Four-Leg Inverter // IEEE Access. – 2020.

20. Ufa R., Gusev A., Diab A.A.Z., Suvorov A., Ruban N., Andreev M., Askarov A., Rudnik V., Abdalla O., Ali Z. M., Ibrahim A., Aboelsaud R. Analysis of application of back-to-back HVDC system in Tomsk electric power system //Energy Reports, V. 6, November 2020, C. 438-444.

5. Апробация работы.

Основные положения и результаты научно-квалификационной работы докладывались и обсуждались: Международная научная конференция «The 1st IEEE 2019 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), (IEEE REEPE 2019). Москва, Россия 14-15 Марта 2019 г.; Международная научная конференция «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития». Томск, Россия 12-16 ноября 2018г.; Международный молодежный форум «Интеллектуальные энергосистемы». Томск, Россия 9-13 октября 2017 г.; Международная конференция «Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг» - «International conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering» (APITECH-2019).). г. Красно-ярск, 25-27 сентября 2019 г.; The III international conference on knowledge engineering and applications (ISKEA 2018) Москва, Россия 25-27 июня 2018 г.;

6. Научная новизна работы:

- 1) Разработана методика определения параметров преобразователя напряжения и контроллера поиска точки максимальной мощности фотоэлектрических станций, основанная на анализе энергетических характеристик солнечных батарей, обеспечивающая максимальное эффективное использование доступной солнечной энергии.
- 2) Получены оптимальные параметры алгоритма роя частиц для применения в контроллерах максимальной мощности фотоэлектрических станций, обеспечивающие надежное и точное определение точки максимальной мощности солнечных батарей с учетом топологии построения электростанции.
- 3) Разработана методика и программное приложение для оптимизации состава оборудования гибридных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии, построенная на алгоритме роя частиц, и отличающаяся применением оригинальных прогнозных моделей солнечного излучения и скоростей ветра, обеспечивающих повышение точности и возможности применения в любой

географической точке России.

7. Практическую значимость работы составляют разработанные методики и инструменты решения задач расчета и выбора параметров основных компонентов фотоэлектрической станции: преобразователя напряжения и контроллера поиска точки максимальной мощности, обеспечивающие максимально эффективное использование солнечной энергии. Получены оптимальные параметры алгоритма роя частиц, обеспечивающие его практическое применение в контроллерах максимальной мощности фотоэлектрических станций с различной топологией построения. Разработанная методика и программное приложение обеспечивают оптимальный выбор состава генерирующего оборудования гибридных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии произвольной конфигурации.

Результаты диссертационной работы использовались на предприятии ООО «ВДМ-техника» при разработке, проектировании и изготовлении испытательного стенда-полигона гибридной системы электроснабжения на основе установок возобновляемой энергетики суммарной установленной мощностью 30 кВт.

8. Рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержит научные и практически важные результаты. В работе приведены новые технические решения, позволяющие повысить эффективность гибридных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии. Диссертационная работа соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Диссертация «Применение эволюционных алгоритмов для повышения эффективности гибридных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии» Ибрагима Ахмеда Ибрагима Мохамеда рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Заключение принято на заседании научного семинара Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Присутствовало на заседании 10 чел.

Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Протокол № 4 «25» сентября 2020 г.

Председатель научного семинара
Профессор Отделения электроэнергетики
и электротехники Инженерной школы
энергетики Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
д.т.н., профессор

 А.Г. Гарганеев

Секретарь научного семинара
Отделения электроэнергетики и электротехники
Инженерной школы энергетики

Филимонова Светлана
Владиславовна



