

Научная статья

УДК 620.91.

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-3-29-34

Аббас Майтхам Худайр Аббас, Косарева-Володько Ольга Владимировна

НИТУ МИСИС

*E-mail: maitham2020hd@gmail.com

**ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА****Информация о статье**

Поступила:

21 апреля 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 июня 2023 г.

Принята к печати:

27 июня 2023 г.

Опубликована:

11 июля 2023 г.

Ключевые слова:

фотоэлектрический генератор (PVG), оптимизация роя частиц, вариации производства Total Harmonic Distortion (THD), техника управления PSO, виртуальный синхронный генератор (VSG), оптимальный поток мощности

Аннотация.

Традиционная электрическая сеть предназначена для передачи электрической энергии от одного источника в центре нагрузок через электрическую сеть к потребителям, включенным в распределительную сеть. С увеличением количества фотоэлектрических энергетических систем, подключенных к распределительной сети, начали появляться многочисленные проблемы, которые стали негативно влиять на сеть, что привело к вынужденному проведению обновлений в сети, чтобы успевать за растущим числом энергетических станций, работающих на возобновляемых источниках энергии, таких как солнце, ветер, а также электростанций, чья работа основана на получении электроэнергии как из возобновляемых источников, так и из традиционных источников. Все это привело к общей деформации энергосистемы, получившей название THD. В основу этой деформации легли методы, основанные на использовании искусственного интеллекта. Основное назначение этих методов заключается в поддержании стабильности напряжения из PVG (общей энергосистемы). Кроме того, можно использовать виртуальную модель, имитирующую влияние различных факторов на стабильность напряжения и качество электроэнергии.

Для цитирования: Аббас М.Х.А., Косарева-Володько О.В. Обзор исследований надежности электропитания за счет использования контроллеров на основе алгоритмов искусственного интеллекта // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 3 (167). С. 29-34. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-3-29-34, EDN: FIRWWZ

Во всем мире возобновляемые энергоресурсы (REN) стали привлекать большое внимание из-за их широкой доступности и низкой стоимости. Для Республики Ирак наиболее актуальны устройства солнечной генерации [16]. Однако системы выработки солнечной энергии имеют проблемы при подключении к энергосети, такие как качество электроэнергии, стабильность работы и надежность электроснабжения [10,12]. Так как генераторы солнечной энергии, включенные в сеть, имеют прерывистый характер работы, то они будут влиять на работу всей энергосистемы, оказывая негативное

влияние на напряжение и частоту. Данное негативное влияние может также привести к гармоническому искажению (THD) синусоиды тока в сети, что также снижает качество электроэнергии системы. Существующие методы управления, известные как алгоритмы отслеживания точки максимальной мощности (MPPT), используются для поддержания максимальной и стабильной выходной мощности даже при изменении яркости солнечного излучения. Для решения проблем, связанных с ВИЭ, было представлено несколько методов. Основная цель всех методов сводилась к улучшению качества

электроэнергии и надежности электроснабжения при интеграции возобновляемых источников энергии в общую энергосеть [1,3].

Основное внимание уделялось наиболее важным исследованиям последних пяти лет, в которых обсуждались новейшие методы повышения качества энергии и надежности системы. Было доказано, что контроллеры, работающие на алгоритмах искусственного интеллекта, оказали значительное влияние на снижение общего гармонического искажения (THD) в сети, поддерживая постоянное выходное напряжение фотоэлектрического генератора (PVG) [2]. Для достижения этой цели было предложено несколько стратегий управления, например, для улучшения напряжения, частоты и устойчивости энергосистемы к переходным процессам.

Обычный ПИД-регулятор

Традиционный ПИД-регулятор все еще используется в промышленности из-за его относительной простоты реализации. Он используется для контроля и поддержания процесса передачи электроэнергии.

В основном алгоритм управления PID-типа представляет собой простое математическое уравнение, основанное на использовании контроллера для получения контролируемых переменных. Он работает по принципу, что если скорость регулируется переменной, то она измеряется и передается обратно в контроллер. Затем на основе эталонного значения и текущего значения генерируется ошибка. Затем эта ошибка проходит через алгоритм пропорциональной интегративной производной для ее изучения. По сути, алгоритм управления ПИД-регулятора представляет собой простое математическое уравнение, используемое контроллером для получения контролируемых переменных.

Далее был рассмотрен алгоритм PSO из литературного источника [4].

PI-PSO контроллер

PSO (Оптимизация роя частиц) — это эволюционный алгоритм, изобретенный Эльберхатом и Кеннеди в 1995 году. По сути, этот метод основан на обычном для птиц ведении стаи. POS — это одна из лучших техник, применяемая для достижения наилучших решений для нелинейных систем. В технике PSO каждая частица эквивалентна отдельной «птице» в группе заявок. Рой состоит из N -частиц, движущихся по d -мерному пространству поиска. Процедура PSO сбрасывается с популяцией произвольных частиц, а затем алгоритм ищет наилучшие решения [9], постоянно обновляя процесс. По отдельности каждый рой частиц имеет произвольную скорость. Движение каждого роя частиц варьируется в зависимости от его собственного и его предыдущих лучших решений на каждой итерации [2]. Анализ литературных источников (IP-PSO) показал, что качество электроэнергии, надежность и контроль коэффициента мощности (PFC) улучшились, а выходное напряжение стало постоянным для напряжения в звене постоянного тока, подключенного к выходу инвертора (p_v).

В работе, представленной в следующем литературном источнике [5], использовали виртуальные синхронные генераторы VSG с технологией PSO (VSG-PSO) для имитации характеристик демпфирования и инерции обычного синхронного генератора (SG) с использованием BESS для улучшения инерционного отклика фотоэлектрической системы. Преобразователь вводит активную мощность в сеть после синхронизации с напряжением энергосети. Таким образом, источник возобновляемой энергии прекращает подачу электроэнергии в сеть после любого нарушения. По вышеуказанным причинам на рынок фотоэлектрических систем была внедрена технология виртуального синхронного генератора (VSG), позволяющая фотоэлектрическим инверторам, подключенным к сети, работать аналогично SG.

В работе, рассмотренной в литературном источнике [6], технико-экономическое обоснование было проведено в отдаленном районе Бангладеш Масруром в 2020 году. Микросеть, состоящая из солнечной фотоэлектрической энергии, ветра, DG (распределенных генераторов) и БАТТ, рассматривалась как оптимальная энергетическая система. Гибридная комбинация солнечных фотоэлектрических систем / ветра / DG / БАТТ была выбрана как наилучшая конфигурация для данной области. Исследование пришло к выводу, что гибридная система эффективна в сокращении негативных выбросов. Для данной системы была использована разработанная модель гибридной энергетической системы (HPS), состоящая из солнечной фотоэлектрической, малой гидроэлектростанции, аккумуляторной батареи и дизельного генератора, а также все было объединено использованием генетического алгоритма моделирования.

В следующем литературном источнике [7] был предложен системный метод анализа надежности энергоснабжения сложных интегрированных энергетических систем (IES). Разработанный метод объединяет стохастическое моделирование, анализ пропускной способности и оценку надежности.

Структура анализа надежности энергоснабжения в КЭС включает четыре части: модульное моделирование, моделирование и имитационное моделирование неопределенности, анализ пропускной способности системы и анализ надежности энергоснабжения различных категорий потребителей.

В итоге доля мощности, генерируемой газовыми генераторами от общей мощности, увеличилась (Wang et al., 2019).

Все методы интеграции, рассмотренные в литературных источниках, актуальны. Основные плюсы смешанных энергосистем:

1. Повышение гибкости системы за счет подключения к электросети;
2. Сокращение загрязнения и выбросов парниковых газов за счет интеграции возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра и солнца.

Однако надежность энергоснабжения может серьезно ограничить развитие IES. Существует большое количество неопределенностей, влияющих на

работу (IES). К этим неопределенностям в основном относятся случайные отказы узлов системы, неопределенные колебания энергопотребления, неопределенности в производстве возобновляемой энергии.

В качестве вывода можно привести наиболее актуальный метод, основанный на использовании контроллера PI-PSO.

Используемый контроллер PI-PSO показал, что время нарастания напряжения в звене постоянного тока для PI-контроллера составляет 0,0326 с, а для PI-PSO — 0,0225 с. Пиковое напряжение перерегулирования (OS) на графике PI составляет почти 413,876 В, в то время как на PI-PSO оно достигает 408,54 В [2].

Данная методика оптимизации параметров ПИ была предложена исследователем Фахадом Махди Тангом (2018, ноябрь) [2]. Она позволила снизить коэффициент пульсации с 6,0193% до 3,3218% по сравнению с простым управлением ПИ с параметрами, выбранными вручную.

С другой стороны, исследователь Edan Mahdi Wahab (2022) [5] использовал управление PV-VSG и BE, чтобы обеспечить виртуальную инерцию для энергосистем. Кроме того, метод PSO используется для получения оптимальной настройки параметров ПИ-регулятора (K_p , K_i), регулятора VSG при резком изменении нагрузки в сети [5].

С помощью метода ϵ -ограничений и алгоритма биржевого рынка (EMA) были предложены решения многокритериальной модели, включающей ENS, уменьшается загрязнение, DRP и эксплуатационные расходы.

В данном случае ученые использовали подход программы реагирования на спрос, чтобы сократить количество операций, повысить надежность и получить положительное решение от потребителей, где общая стоимость энергии для потребителя была снижена за счет переноса ненужных нагрузок за пределы пика, поскольку она разделена на три категории внепиковых, средних и пиковых значений с помощью подхода программы реагирования на спрос (DRP) [3,13].

Метод, основанный на алгоритме TLBO, был применен для оптимальных решений потока мощности (OPF) и продемонстрирован в источнике [11,14]. Данный метод является наиболее приемлемым по сравнению с MIPSO и учитывает эффекты нагрузки точки пропускного клапана. Предлагаемый метод используется для снижения стоимости топлива, изменения напряжения и реальных потерь мощности, а также помогает восстановить показатель стабильности напряжения на каждой 9- и 26-шинной системе [8].

Основной вклад этой работы заключался в уменьшении колебаний напряжения DC-Link с помощью алгоритма оптимизации роя частиц, первый автор использовал этот алгоритм с PI-контроллером (PI-PSO), а другой использовал тот же алгоритм с применением синхронного генератора тока по умолчанию (VSG-PSO), и было замечено, что модель, предложенная в первом источнике, сохраняла стабильность напряжения DC-Link зна-

чительно дольше, чем модель, предложенная автором во втором источнике, где мы заметили, что сохраняется номинальное значение постоянного тока. Напряжение линии, выходящее из фотогальванического генератора (PVG), в дополнение к этому значительно снижает выброс частоты, а также сокращает время (T_s), необходимое для возврата частоты в устойчивое состояние.

В качестве выводов можно сказать, что в представленной статье была рассмотрена прикладная методика решения проблем смешанных энергосистем.

Задача состояла в нахождении оптимального метода, позволяющего снизить вредные воздействия на окружающую среду и колебания напряжения, а также затраты, возникающие в результате использования дизельных генераторов, добиться поддержания стабильности выходного напряжения, чьи колебания связаны с фотогальваническим генератором при подключении к традиционной электрической сети, для получения более высокой надежности электрической энергии и более высокого ее качества. Также было обнаружено, что предложенная модель преодолевает ограничения аналитического метода, основанного на ожидаемых значениях мощности заряда-разряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kumar P., Kumar V. Energy storage options for enhancing the reliability of Power system in the presence of Renewable Energy Sources. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) 2020. Pp. 1071–1076.
2. Fahad S., Mahdi A. J., Tang W. H., Huang K., Liu Y. Particle swarm optimization based DC-link voltage control for two stage grid connected PV inverter. 2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON). 2018. Pp. 2233–2241.
3. Jafari A., Khalili T., Ganjehlou H. G., Bidram A. Optimal integration of renewable energy sources, diesel generators, and demand response program from pollution, financial, and reliability viewpoints: A multi-objective approach. Journal of cleaner production. 2020. 247. 119100.
4. Khanke P. K., Jain, S. D. Comparative analysis of speed control of BLDC motor using PI, simple FLC and Fuzzy-PI controller. 2015 International Conference on Energy Systems and Applications/ 2015. Pp. 296–301.
5. Edan R. F., Mahdi A. J., Wahab T. M. A. Optimized proportional-integral controller for a photovoltaic-virtual synchronous generator system. International Journal of Power Electronics and Drive Systems. 2022. 13(1). 509.
6. Adebajji B., Adepoju G. A., Olulope P., Fasina T., Adetan O. Feasibility and optimal design of a hybrid power system for rural electrification for a small village. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2020. 10(6). 6214–6224.
7. Su H., Zio E., Zhang J., Li Z., Wang H., Zhang F., ... Wang, W. A systematic method for the analysis of energy supply reliability in complex Integrated Energy Systems considering uncertainties of renewable

energies, demands and operations. Journal of Cleaner Production. 2020. 267. 122117.

8. Sahu S., Barisal A. K., Kaudi, A. Multi-objective optimal power flow with DG placement using TLBO and MIPSO: A comparative study. Energy Procedia. 2017. 117. 236–243.

9. Goudarzi A., Zhang C., Fahad S., Mahdi A. J. A hybrid sequential approach for solving environmentally constrained optimal scheduling in co-generation systems. Energy Reports. 2021. 7. 3460–3479.

10. Fadheel B. A., Wahab N. I. A., Mahdi A. J., Radzi M. A. B. M., Soh, A. B. C. Review of the Virtual Inertia Strategies from Intermittent Renewable Energy Resources on the Power System. In 2021 12th International Renewable Energy Congress (IREC). 2021. Pp. 1–6.

11. Khalif H. A., Abed J. K., Mahdi A. J. Power control and management of a hybrid PV/hydro-turbine/battery connected with a central multilevel inverter. In AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2386, No. 1, p. 040035. AIP Publishing LLC.

12. Gundebommu S. L., Hunko I., Rubanenko O., Kuchanskyy V. Assessment of the power quality in electric networks with wind power plants. In 2020

IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2022. Pp. 190–194.

13. Onalapo A. K., Carpanen R. P., Dorrell D. G., Ojo E. E. Reliability Evaluation and Financial Viability of an Electricity Power Micro-Grid System With the Incorporation of Renewable Energy Sources and Energy Storage: Case Study of KwaZulu-Natal, South Africa. IEEE Access. 2021. 9, 159908–159924.

14. Khalili T., Jafari A., Abapour M., Mohammedi-Ivatloo B. Optimal battery technology selection and incentive-based demand response program utilization for reliability improvement of an insular microgrid. Energy. 2019. 169. 92–104.

15. Gaitov B. K., Kopelevich L. E., Samorodov A. V. Use of solar-wind power plants to decrease damage from power outages. In 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2019. Pp. 1–5.

16. Tamrakar E., Patel R. N., Choudekar P. Customized design of microinverter based solar photovoltaic system for small houses in developing nations. Renewable Energy Focus. 2022. 42. 178–189.

© 2023 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Аббас Майтхам Худайр Аббас, аспирант, НИТУ МИСИС, (119049, Россия, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1), e-mail: maitham2020hd@gmail.com

Косарева-Володько Ольга Владимировна, кандидат тех. наук, доцент, НИТУ МИСИС, (119049, Россия, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1), e-mail: kosareva-volodko@rambler.ru

Заявленный вклад авторов:

Аббас М.Х.А., Косарева-Володько О.В. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-3-29-34

Abbas Maitham Khudair Abbas, Olga V. Kosareva-Volodko

NITU MISIS

E-mail: maitham2020hd@gmail.com

REVIEW OF STUDIES ON RELIABILITY OF POWER SUPPLY THROUGH THE USE OF CONTROLLERS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS



Article info
Received:

Abstract.

The traditional electric network is designed to transmit electric power from one source in the load centre through the grid to the consumers connected to the distribution network. With an increase in the number of photoelectric energy systems connected to the distribution network, many problems began to appear and influence the network, which led to many updates on the

21 April 2023

Accepted for publication:
15 June 2023

Accepted:
27 June 2023

Published:
11 July 2023

Keywords: Photovoltaic generator (PVG), Particle swarm optimization, Variations of Total Harmonic Distortion (THD) production, PSO control technique, Virtual synchronous generator (VSG), optimal power flow.

network to keep up with a growing number of stations using renewable energy such as the sun and wind, including stations operating on power from both the renewable and traditional sources. All the above resulted in the general deformation of the power system named THD. The methods based on the use of artificial intelligence methods formed the basis of that deformation. The main purpose of those methods is to maintain stability of voltage from PVG. In addition, one can use the virtual model simulating the influence of various factors on the voltage stability and the quality of electric power

For citation: Abbas M.K.A., Kosareva-Volodko O.V. Review of studies on reliability of power supply through the use of controllers based on artificial intelligence algorithms. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2023; 3(167):29-34 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-3-29-34, EDN: FIRWWZ

REFERENCES

1. Kumar P., Kumar V. Energy storage options for enhancing the reliability of Power system in the presence of Renewable Energy Sources. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) 2020. Pp. 1071–1076.
2. Fahad S., Mahdi A.J., Tang W.H., Huang K., Liu Y. Particle swarm optimization based DC-link voltage control for two stage grid connected PV inverter. *2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON)*. 2018. Pp. 2233–2241.
3. Jafari A., Khalili T., Ganjehlou H. G., Bidram A. Optimal integration of renewable energy sources, diesel generators, and demand response program from pollution, financial, and reliability viewpoints: A multi-objective approach. *Journal of cleaner production*. 2020. 247. 119100.
4. Khanke P.K., Jain, S.D. Comparative analysis of speed control of BLDC motor using PI, simple FLC and Fuzzy-PI controller. *2015 International Conference on Energy Systems and Applications*. 2015. Pp. 296–301.
5. Edan R.F., Mahdi A.J., Wahab T.M.A. Optimized proportional-integral controller for a photovoltaic-virtual synchronous generator system. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*. 2022; 13(1):509.
6. Adebajji B., Adepoju G.A., Olulope P., Fasina T., Adetan O. Feasibility and optimal design of a hybrid power system for rural electrification for a small village. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2020; 10(6):6214–6224.
7. Su H., Zio E., Zhang J., Li Z., Wang H., Zhang F., ... Wang, W. A systematic method for the analysis of energy supply reliability in complex Integrated Energy Systems considering uncertainties of renewable energies, demands and operations. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 267:122117.
8. Sahu S., Barisal A. K., Kaudi, A. Multi-objective optimal power flow with DG placement using TLBO and MIPSO: A comparative study. *Energy Procedia*. 2017; 117:236–243.
9. Goudarzi A., Zhang C., Fahad S., Mahdi A. J. A hybrid sequential approach for solving environmentally constrained optimal scheduling in co-generation systems. *Energy Reports*. 2021; 7:3460–3479.
10. Fadheel B.A., Wahab N.I.A., Mahdi A.J., Radzi M.A.B.M., Soh, A.B. C. Review of the Virtual Inertia Strategies from Intermittent Renewable Energy Resources on the Power System. In 2021 12th International Renewable Energy Congress (IREC). 2021. Pp. 1–6.
11. Khalif H.A., Abed J.K., Mahdi A.J. Power control and management of a hybrid PV/hydro-turbine/battery connected with a central multilevel inverter. In *AIP Conference Proceedings*. 2022; 2386(1):040035. AIP Publishing LLC.
12. Gundebommu S.L., Hunko I., Rubanenko O., Kuchansky, V. Assessment of the power quality in electric networks with wind power plants. In *2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. Pp. 190–194.
13. Onalapo A.K., Carpanen R.P., Dorrell D.G., Ojo E.E. Reliability Evaluation and Financial Viability of an Electricity Power Micro-Grid System With the Incorporation of Renewable Energy Sources and Energy Storage: Case Study of KwaZulu-Natal, South Africa. *IEEE Access*. 2021; 9:159908–159924.
14. Khalili T., Jafari A., Abapour M., Mohammadi-Ivatloo B. Optimal battery technology selection and incentive-based demand response program utilization for reliability improvement of an insular microgrid. *Energy*. 2019; 169:92–104.

15. Gaitov B.K., Kopelevich L.E., Samorodov A.V. Use of solar-wind power plants to decrease damage from power outages. In 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2019. Pp. 1–5.

16. Tamrakar E., Patel R.N., Choudekar P. Customized design of microinverter based solar photovoltaic system for small houses in developing nations. Renewable Energy Focus. 2022; 42:178–189.

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declare no conflict of interest.

About the author:

Abbas Maitham Khudair Abbas, graduate student, NITU MISIS, (119049, Russian Federation, Moscow, Leninsky pr-kt, 4, p. 1), e-mail: maitham2020hd@gmail.com

Olga V. Kosareva-Volodko, Candidate of Tech. Sciences, associate professor, NITU MISIS, (119049, Russian Federation, Moscow, Leninsky pr-kt, 4, p. 1), e-mail: kosareva-volodko@rambler.ru

Contribution of the authors:

Abbas Maitham Khudair Abbas, Olga V. Kosareva-Volodko – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualization of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.

