

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

**ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Л. ГО, аспирант

А.Г. ВАСЬКОВ, канд. техн. наук, доцент
vaskovag@mpei.ru

L. GO, Postgraduate Student

A.G. VASKOV, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

Национальный исследовательский университет "МЭИ", Российская Федерация, Москва
National Research University "MEI", Russian Federation, Moscow

Аннотация: На основе физической и математической моделей фотоэлектрических элементов, а также выходных характеристик фотоэлектрических модулей при различных условиях интенсивности света и температуры окружающей среды, в настоящей работе была разработана модель солнечной электростанции в программном комплексе PSCAD. Особое внимание было уделено анализу принципа управления отслеживанием точки максимальной мощности (MPPT) на основе схемы повышающего DC-DC преобразователя и принципу работы инвертора, предназначенного для подключения к сети, а также проведению моделирования процесса подключения СЭС к сети. Было проведено моделирование трех сценариев: подключение одной СЭС к заданному узлу сети, подключение СЭС одинаковой мощности к различным узлам электросети и одновременное подключение СЭС и нагрузки различной мощности. Для каждого сценария анализировалось влияние СЭС на отклонение напряжения, отклонение частоты и общий коэффициент гармонических искажений (THD) в электросети. Результаты показали, что в некоторых случаях показатели качества электроэнергии не соответствуют действующим стандартам. Для решения проблемы гармонических искажений было предложено включение LCL-фильтра. Моделирование подтвердило, что использование LCL-фильтра позволяет снизить THD. Исследование показывает, что при проектировании подключения СЭС к сети необходимо учитывать способность сети поглощать фотоэлектрическую энергию и общую мощность нагрузок в сети, чтобы обеспечить соответствие качества электроэнергии требованиям потребителей.

Ключевые слова: моделирование фотоэлектрических систем, повышающий преобразователь, инвертор, качество электроэнергии, LCL-фильтр

Список источников

1. Арутюнов В. С., Лисичкин Г. В. // Энергетические ресурсы XXI столетия: проблемы и прогнозы. Могут ли возобновляемые источники энергии заменить ископаемое топливо? // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 8. – С. 777-804.
2. S. K. Sheryazov, K. M. Tynyshbaeva, Zh. T. Temirbaev, A. S. Chigak. // Modeling the operating parameters of solar cells // Инженерные науки и технологии. – 2023. – Vol. 4. – P. 34-43.
3. Cheng Jun-zhao, Wu Xike, Li Shusen, Zuo Wenxia // Boost-based Two-level Grid-connected Photovoltaic Inverter System // High Voltage Engineering. – 2009. – Том. 8(35). – P. 6-9.
4. Chengshan Wang. Analysis and Simulation Theory of Microgrids // Beijing, Science Press. – 2013.
5. Чердинцев, А. А., Щагин А. В., Лупин С. А. // Модифицированная прогнозирующая система управления повышающего DC-DC-преобразователя // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2021 – Т. 26, № 6. – С. 533-546.
6. Jasim, Ali. Design and Implement of Step-Up DC-DC Converter with a Professional Approach using MATLAB/Simulink // Al-Iraqia Journal for Scientific Engineering Research // – 2023. – 2. – P. 133-143.
7. B. Lang, H. Zhang, L. Sun, B. Wang и X. Zheng, Design of Three Phase Grid-Connected Inverter Based on Grid-Voltage Oriented Control // 2019 Chinese Control Conference (CCC), Guangzhou, China. – 2019. – P. 6525–6530.
8. Blaabjerg F, Yang Y, Yang D, et al. // Distributed Power Generation Systems: From Theory to Practice // Wiley-IEEE Press. – 2023.
9. Liu, H., et al. // Clarke-Based Harmonic Detection and Compensation for PV Inverters in Weak Grids// IEEE

Transactions on Sustainable Energy. – 2023. – №14(2). – P. 1234-1245.

10. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

11. GB/T 33593-2017. Technical requirements for grid connection of distributed resources.

12. Zhu Xiaolin, Pang Kewang // Optimal Design of LCL Filter Parameters for Grid-connected Inverter // Electrical Automation. – 2022. – №44(1). – P. 111-114.

IMPACT OF SOLAR POWER PLANTS ON ELECTRICITY QUALITY INDICATORS IN THE DISTRIBUTION NETWORK

Abstract. Based on the physical and mathematical models of PV cells, as well as the output characteristics of PV arrays under different light intensity and ambient temperature conditions, this study developed a model of a solar power plant using the PSCAD software suite. Special attention was paid to analyzing the control principle of Maximum Power Point Tracking (MPPT) based on the Boost circuit, the working mechanism of grid-connected inverters, and conducting simulations of the PV system grid-connection process. Simulations were conducted for three scenarios: connecting a single PV plant to the grid, connecting PV plants of equal capacity to different grid nodes, and simultaneously connecting PV plants and loads of varying capacities. For each scenario, the impact of the PV system on voltage deviation, frequency deviation, and Total Harmonic Distortion (THD) in the power grid was analyzed. The results indicated that in some cases, the power quality indicators did not comply with standards. To address the issue of harmonic distortion, the implementation of an LCL filter was proposed. Simulation confirmed that its use effectively reduces THD. The research demonstrates that when designing the grid connection of a PV plant, it is necessary to consider the grid's absorption capacity and the total load capacity to ensure that the power quality complies with requirements.

Keywords: modeling of photovoltaic systems, boost converter, inverter, power quality, LCL-filter

References

1. Arutyunov V. S., Lisichkin G. V. // Energy resources of the 21st century: problems and forecasts. Can renewable energy sources replace fossil fuels? // Advances in Chemistry. - 2017. - Vol. 86, No. 8. - P. 777-804.
2. S. K. Sheryazov, K. M. Tynyshbaeva, Zh. T. Temirbaev, A. S. Chigak. // Modeling the operating parameters of solar cells // Engineering sciences and technologies. - 2023. - Vol. 4. - P. 34-43.
3. Cheng Jun-zhao, Wu Xike, Li Shusen, Zuo Wenxia // Boost-based Two-level Grid-connected Photovoltaic Inverter System // High Voltage Engineering. - 2009. - Vol. 8(35). - P. 6 - 9.
4. Chengshan Wang. Analysis and Simulation Theory of Microgrids // Beijing, Science Press. - 2013.
5. Cherdintsev, A. A., Shchagin A. V., Lupin S. A. // Modified predictive control system for a step-up DC-DC converter // News of higher educational institutions. Electronics. - 2021 - Vol. 26, No. 6. - P. 533-546.
6. Jasim, Ali. Design and Implementation of Step-Up DC-DC Converter with a Professional Approach using MATLAB/Simulink // Al-Iraqia Journal for Scientific Engineering Research // - 2023. - 2. - P. 133-143.
7. B. Lang, H. Zhang, L. Sun, B. Wang and X. Zheng, Design of Three Phase Grid-Connected Inverter Based on Grid-Voltage Oriented Control // 2019 Chinese Control Conference (CCC), Guangzhou, China. - 2019. - P. 6525-6530.
8. Blaabjerg F, Yang Y, Yang D, et al. // Distributed Power Generation Systems: From Theory to Practice // Wiley-IEEE Press. - 2023.
9. Liu, H., et al. // Clarke-Based Harmonic Detection and Compensation for PV Inverters in Weak Grids // IEEE Transactions on Sustainable Energy. - 2023. - №14(2). - P. 1234-1245.
10. GOST 32144-2013 Electric Energy. Electromagnetic Compatibility of Technical Equipment. Power Quality Standards in Public Power Supply Systems.
11. GB/T 33593-2017. Technical Requirements for Grid Connection of Distributed Resources.
12. Zhu Xiaolin, Pang Kewang // Optimal Design of LCL Filter Parameters for Grid-Connected Inverter // Electrical Automation. - 2022. - №44(1). - P. 111-114.

©Го Л., Васьяков А. Г. 2025