

ABSTRACT AND REFERENCES

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325929

DESIGN AND OPTIMIZATION OF MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) FOR ENERGY EFFICIENT MICROGRID (p. 6–16)

Jawaher M S H Taher

University of Birmingham, Edgbaston Birmingham, United Kingdom

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6100-0834>

This research focuses on the DC microgrid system combined with the photovoltaic (PV) arrays and the control mechanics for maximum power point tracking (MPPT) as its object. The main problem tackled is that power extraction from PV systems is very inefficient due to variation of the environment or load that conventional MPPT approaches cannot effectively handle. The superior MPPT performance of this study's novel dual mode model predictive control (MPC) approach is derived from a new dual mode model predictive control (MPC) approach. The implemented system shows RMSE of 7.0085 for conventional MPPT methods, whereas tracking efficiency is maintained within between 94.8 % to 97.2 % of the maximum power, which is available. Under standard test conditions, the system achieved less than 0.15 sec response time and less than 0.45 sec settling time, while degrading less, yet handling various environmental changes. It is due to the MPC's predictive capability and real time optimization framework. The major contributions of the proposed solution, among others, include its dual mode design that supports both left and the right side regions in the PV curve together with the integrated charging management of the battery, as well as its robust constraint handling that enables safe operation and maximal power extraction. This system is well suited to implementation in small to medium scale DC microgrids that can be tolerant of up to 800 W/m² per second of irradiance variations and up to 50 °C temperature range and demonstrated several hundred kilocycles hours of stability. The solution can offer practical benefits to the grid connected and standalone PV systems with the requirements of rapid response to environmental change and high extraction efficiency of power.

Keywords: model predictive control, photovoltaic systems, DC microgrid, decentralized control.

References

- Llanos-Proano, J., Pilatasig, M., Curay, D., Vaca, A. (2016). Design and implementation of a model predictive control for a pressure control plant. 2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA), 1–7. <https://doi.org/10.1109/ica-acca.2016.7778490>
- Venkatesan, N., Anantharaman, N. (2012). Controller design based on Model Predictive Control for a nonlinear process. 2012 8th International Symposium on Mechatronics and Its Applications, 1–6. <https://doi.org/10.1109/isma.2012.6215173>
- Rawlings, J. B. (2000). Tutorial overview of model predictive control. IEEE Control Systems, 20 (3), 38–52. <https://doi.org/10.1109/37.845037>
- Li, X., Wen, H., Hu, Y. (2016). Evaluation of different maximum power point tracking (MPPT) techniques based on practical meteorological data. 2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 696–701. <https://doi.org/10.1109/icrera.2016.7884423>
- Parasio, A., Rikos, E., Tzamalīs, G., Glielmo, L. (2014). Use of model predictive control for experimental microgrid optimization. Applied Energy, 115, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.027>
- Bruni, G., Cordiner, S., Mulone, V., Rocco, V., Spagnolo, F. (2015). A study on the energy management in domestic micro-grids based on Model Predictive Control strategies. Energy Conversion and Management, 102, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.067>
- Nair, U. R., Costa-Castello, R. (2020). A Model Predictive Control-Based Energy Management Scheme for Hybrid Storage System in Islanded Microgrids. IEEE Access, 8, 97809–97822. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2996434>
- Bemporad, A. (2006). Model Predictive Control Design: New Trends and Tools. Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control, 6678–6683. <https://doi.org/10.1109/cdc.2006.377490>
- Parasio, A., Glielmo, L. (2011). Energy efficient microgrid management using Model Predictive Control. IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, 5449–5454. <https://doi.org/10.1109/cdc.2011.6161246>
- Hyl, R., Wagnerova, R. (2016). Design and realization of embedded model predictive controller with software support. 2016 17th International Carpathian Control Conference (ICCC), 259–264. <https://doi.org/10.1109/carpathiancc.2016.7501105>
- Prodan, I., Zio, E. (2014). A model predictive control framework for reliable microgrid energy management. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 61, 399–409. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.03.017>
- Simon, D. (2014). Model Predictive Control in Flight Control Design: Stability and Reference Tracking. Linköping: Linköping University Electronic Press, 96. <https://doi.org/10.3384/lic.diva-103742>
- Rahman, M., Sarker, S. K., Das, S. K., Ali, M. F. (2019). Model Predictive Control Framework Design for Frequency Regulation of PREYs Participating in Interconnected Smart Grid. 2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ecace.2019.8679201>
- Guo, Z. (2017). Model predictive control for two-stage photovoltaic system. California: Department of Electrical and Electronic Engineering California State University.
- Syed, I. M., Raahemifar, K. (2015). Model Predictive Control of Three Phase Inverter for PV Systems. International Journal of Energy and Power Engineering, 9 (10). Available at: <https://publications.waset.org/10002756/model-predictive-control-of-three-phase-inverter-for-pv-systems>
- Camacho, E. F., Bordons, C. (2007). Model Predictive control. Springer London, 405. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-398-5>
- García, C. E., Prett, D. M., Morari, M. (1989). Model predictive control: Theory and practice – A survey. Automatica, 25 (3), 335–348. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(89\)90002-2](https://doi.org/10.1016/0005-1098(89)90002-2)
- del Real, A. J., Arce, A., Bordons, C. (2014). Combined environmental and economic dispatch of smart grids using distributed model predictive control. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 54, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.06.035>
- Hooshmand, A., Malki, H. A., Mohammadpour, J. (2012). Power flow management of microgrid networks using model predictive control. Computers & Mathematics with Applications, 64 (5), 869–876. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2012.01.028>

20. McLarty, D., Civit Sabate, C., Brouwer, J., Jabbari, F. (2015). Micro-grid energy dispatch optimization and predictive control algorithms; A UC Irvine case study. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 65, 179–190. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.09.039>
21. Pan, X., Niu, X., Yang, X., Jacquet, B., Zheng, D. (2015). Microgrid energy management optimization using model predictive control: a case study in China. *IFAC-PapersOnLine*, 48 (30), 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.12.395>
22. Aboelhassan, A., Abdelgelil, M., Zakzouk, E. E., Galea, M. (2020). Design and Implementation of Model Predictive Control Based PID Controller for Industrial Applications. *Energies*, 13 (24), 6594. <https://doi.org/10.3390/en13246594>
23. García Vera, Y. E., Dufo-López, R., Bernal-Agustín, J. L. (2019). Energy Management in Microgrids with Renewable Energy Sources: A Literature Review. *Applied Sciences*, 9 (18), 3854. <https://doi.org/10.3390/app9183854>
24. Kamal, F., Chowdhury, B. (2022). Model predictive control and optimization of networked microgrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 138, 107804. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107804>
25. Garcia-Torres, F., Zafra-Cabeza, A., Silva, C., Grieu, S., Darure, T., Estanqueiro, A. (2021). Model Predictive Control for Microgrid Functionalities: Review and Future Challenges. *Energies*, 14 (5), 1296. <https://doi.org/10.3390/en14051296>
26. De Nicolao, G., Magni, L., Scattolini, R. (2000). Stability and Robustness of Nonlinear Receding Horizon Control. *Nonlinear Model Predictive Control*, 3–22. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8407-5_1
27. Morari, M., H. Lee, J. (1999). Model predictive control: past, present and future. *Computers & Chemical Engineering*, 23 (4-5), 667–682. [https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(98\)00301-9](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(98)00301-9)
28. Qin, S. J., Badgwell, T. A. (2003). A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice*, 11 (7), 733–764. [https://doi.org/10.1016/S0967-0661\(02\)00186-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0661(02)00186-7)
29. Wang, L. (2009). *Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-331-0>
30. Hu, J., Shan, Y., Guerrero, J. M., Ioinovici, A., Chan, K. W., Rodriguez, J. (2021). Model predictive control of microgrids – An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110422. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110422>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326178

DETERMINATION OF REGULATION CHARACTERISTICS OF CAPACITOR EXCITER WITH VARIABLE TOPOLOGY FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR (p. 17–25)

Sviatoslav Vasylets

National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1299-8026>

Kateryna Vasylets

National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7590-0754>

Volodymyr Ilchuk

National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9682-6066>

The object of the study is a capacitor exciter with variable topology, designed to operate as part of an autonomous induction generator. Insufficient efficiency of controlling the excitation level of an autonomous induction generator when changing the speed of the drive turbine and the load impedance has been established. This reduces the quality of the generator output voltage. The possibility of using an exciter circuit based on a mixed connection of capacitors has been analyzed. The influence significance of the groups number and the number of capacitors in each group on the range width and the adjustment step has been confirmed. In particular, increasing the values of the specified factors from 2 to 4 expands the adjustment range by 16 times, and the number of steps by 827 times. With the selected intervals of factors variation and a significance level of 0.05, the influence of the capacitors value changing step, compared to the base one, on the relative value of the exciter capacitance changing step is recognized as insignificant. The total capacitance of the exciter depends significantly nonlinearly on the number of the topological state. An increase in the total capacitance is accompanied by a raising in the intensity of its growth. This allows to minimize the step change in the total capacitance (with a probability of 0.88 – up to 0.003 % of the control range width). The resulting regression mathematical model can be used to optimize the exciter structure for an autonomous induction generator of a specific type. Increasing the number of control stages will enhance the accuracy of forming the capacitive excitation current of the generator and compensating the load current inductive component. The use of an exciter with a variable topology will increase the efficiency of voltage control of an autonomous induction generator when changing the speed of the drive turbine and the load impedance.

Keywords: induction generator, capacitor exciter, autonomous power grid, voltage quality, reactive power, microgrid.

References

1. Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions (2019). European Commission. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
2. Allen, M. R., Friedlingstein, P., Girardin, C. A. J., Jenkins, S., Malhi, Y., Mitchell-Larson, E. et al. (2022). Net Zero: Science, Origins, and Implications. *Annual Review of Environment and Resources*, 47 (1), 849–887. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112320-105050>
3. Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions (2022). European Commission. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
4. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions (2022). European Commission. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0552>
5. Renewables 2024. Analysis and forecasts to 2030. International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
6. Global wind report 2024. Global Wind Energy Council. Available at: https://img.saurenergy.com/2024/05/gwr-2024_digital-version_final-1-compressed.pdf

7. Andrienko, D., Horiunov, D., Hrudova, V., Markuts, Yu., Marholok, T., Neiter, T. et al. (2025). Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinuva vnaslidok viyskovoi ahresiyi Rosiyi proty Ukrainy stanom na lystopad 2024 roku. Available at: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf
8. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehiyi Ukrainy na period do 2050 roku. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy No. 373-r. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
9. Alhusein, N. I. (2022). Asynchronous Wind Turbine Generator: Output Power Evaluation. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 1 (2), 75–80. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v1i2.1565>
10. Induction Generators Market (2025). Verified Market Reports. Available at: <https://www.verifiedmarketreports.com/select-license/?rid=484938>
11. Li, H., Peng, W., Huang, C.-G., Guedes Soares, C. (2022). Failure Rate Assessment for Onshore and Floating Offshore Wind Turbines. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (12), 1965. <https://doi.org/10.3390/jmse10121965>
12. Alizadeh, A., Kamwa, I., Moeini, A., Mohseni-Bonab, S. M. (2023). Energy management in microgrids using transactive energy control concept under high penetration of Renewables; A survey and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 176, 113161. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113161>
13. Mahato, S. N., Singh, S. P., Sharma, M. P. (2008). Excitation capacitance required for self excited single phase induction generator using three phase machine. *Energy Conversion and Management*, 49 (5), 1126–1133. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.09.007>
14. Goyal, S. K., Palwalia, D. K. (2016). Analysis of performance parameters and estimation of optimum capacitance for asynchronous generator. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19 (4), 1753–1762. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.05.015>
15. Khan, M. F., Khan, M. R., Iqbal, A. (2022). Effects of induction machine parameters on its performance as a standalone self excited induction generator. *Energy Reports*, 8, 2302–2313. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.023>
16. Negi, G. S., Gupta, M. K., Saxena, N. K., Mohan, H. (2024). Squirrel cage induction generator based micro grid voltage assessment with STATCOM using different metaheuristic approaches. *E-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, 100736. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100736>
17. Guettab, A., Boudjema, Z., Bounadja, E., Taleb, R. (2022). Improved control scheme of a dual star induction generator integrated in a wind turbine system in normal and open-phase fault mode. *Energy Reports*, 8, 6866–6875. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.05.048>
18. Belalia, K., Mostefa, A., Merabet Boulouiha, H., Draou, A., Denai, M. (2024). Direct torque control of a dual star induction generator based on a modified space vector PWM under fault conditions. *ISA Transactions*, 155, 237–260. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2024.10.012>
19. Milles, A., Merabet, E., Benbouhenni, H., Debdouche, N., Colak, I. (2024). Robust control technique for wind turbine system with interval type-2 fuzzy strategy on a dual star induction generator. *Energy Reports*, 11, 2715–2736. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.01.060>
20. Benbouhenni, H., Bizon, N., Colak, I., Mosaad, M. I., Yessef, M. (2023). Direct active and reactive powers control of double-powered asynchronous generators in multi-rotor wind power systems using modified synergetic control. *Energy Reports*, 10, 4286–4301. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.085>
21. Gu, T., Wang, P., Liu, D., Sun, A., Yang, D., Yan, G. (2023). Modeling and small-signal stability analysis of doubly-fed induction generator integrated system. *Global Energy Interconnection*, 6 (4), 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.08.005>
22. Zhao, T., Liu, H., Luo, Z., Su, Y., Huang, L., Li, H., Sun, Z. (2023). A frequency control scheme of a doubly-fed induction generator considering random wind speeds. *Energy Reports*, 9, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.04.101>
23. Mostafavi, S., Shemshadi, A., Nazari, R., Yousefkhani, H. (2025). Utilization of H_∞ robust and damping controllers with notch filters to reduce SSR in doubly-fed induction generator wind farms. *Computers and Electrical Engineering*, 123, 110024. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.110024>
24. Cheng, C.-L., Shalabh, Garg, G. (2014). Coefficient of determination for multiple measurement error models. *Journal of Multivariate Analysis*, 126, 137–152. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2014.01.006>
25. Reddy, S. R. K. (2021). Review of Literature on Self-Excited Induction Generators and Controllers. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9 (12), 1576–1587. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.39584>
26. Mykhailiuk, O. B. (2016). Problems that need a solution while using asynchronous generator of renewable energy in power plants. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute. Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 1, 96–100. Available at: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1883>
27. Pushkar, M., Buryan, S., Mykhailenko, V. (2014). The voltage regulation of self-excited induction generator with triac-switched capacitor bank. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi akademiyi nauk Ukrainy*, 39, 52–56. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PIED_2014_39_11

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322851
OPTIMIZATION OF ELECTRONIC SPEED GOVERNORS SENSITIVITY FOR MARINE DIESEL ENGINES (p. 26–35)

Mykola Budurov

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3634-306X>

Sergii Gorb

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-1465>

Alexey Popovskii

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0928-4452>

The object of the study is multicylinder marine diesel installations equipped with electronic speed governors (ESGs) operating under wave disturbance conditions. Modern marine diesel engines used in ship power plants are equipped with ESGs which have the technical capability to adjust the sensitivity of the governor's input signal. This parameter allows modifying the governor's response to high-frequency disturbances, which is a characteristic feature of diesel engine operation. However, assuming constant engine speed throughout the working cycle overly idealizes the governor's input signal. This leads to distorted optimal settings and reduced speed stability, especially under variable load torque conditions on the propeller shaft. To improve the efficiency of the automatic speed control system, a specialized model of a multicylinder marine diesel engine as a speed control object has been developed. This model takes into account the influence of cyclic torque instability on the governor's input signal across the entire operating range of diesel

engines of various stroke types, speeds, and numbers of cylinders. For the two- and four-stroke marine main diesel engines HYUNDAI-MAN B&W 6S60MC-C7 and MaK 9M25C under study, modeling determined the governor sensitivity optimal settings for different sea wave disturbance intensities and periods. The model's capabilities for calculating changes in cylinder gas pressure in diesel engines of different stroke types enable an analysis of non-uniformity in working processes during the optimization of ESGs and determining the optimal combination of their tuning parameters. These findings allow improving the stability of automatic speed regulation over the entire range of possible operating conditions of main marine diesel engines.

Keywords: vessel's main engine, electronic speed governor, cyclic instability, deadband control.

References

- Setiawan, B., Firdaus, M. K., Wibowo, S., Agafta, I., Zain, F. (2023). Identifying the PID-N method performance for speed control of BLDC motor propeller on catamaran ships model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (123)), 35–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.274713>
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879>
- Kondratenko, A. A., Zhang, M., Tavakoli, S., Altarriba, E., Hirdaris, S. (2025). Existing technologies and scientific advancements to decarbonize shipping by retrofitting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 212, 115430. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115430>
- Guo, Y., Li, W., Yu, S., Han, X., Yuan, Y., Wang, Z., Ma, X. (2017). Diesel engine torsional vibration control coupling with speed control system. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 94, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.01.017>
- Wang, Y., Wang, G., Yao, G., Shen, L. (2021). Research on the Characteristics of Operating Non-Uniformity of a High-Pressure Common-Rail Diesel Engine Based on Crankshaft Segment Signals. *IEEE Access*, 9, 64906–64917. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3075963>
- Desbazeille, M., Randall, R. B., Guillet, F., El Badaoui, M., Hoisnard, C. (2010). Model-based diagnosis of large diesel engines based on angular speed variations of the crankshaft. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 24 (5), 1529–1541. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2009.12.004>
- Xie, L., Sun, S., Dong, F. (2023). The Non-Uniformity Control Strategy of a Marine High-Speed Diesel Engine Based on Each Cylinder's Exhaust Temperature. *Processes*, 11 (4), 1068. <https://doi.org/10.3390/pr11041068>
- Acanfora, M., Altosole, M., Balsamo, F., Micoli, L., Campora, U. (2021). Simulation Modeling of a Ship Propulsion System in Waves for Control Purposes. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (1), 36. <https://doi.org/10.3390/jmse10010036>
- Trimby, S., Dunne, J. F., Bennett, C., Richardson, D. (2016). Unified approach to engine cylinder pressure reconstruction using time-delay neural networks with crank kinematics or block vibration measurements. *International Journal of Engine Research*, 18 (3), 256–272. <https://doi.org/10.1177/1468087416655013>
- Kyrtatos, P., Hoyer, K., Obrecht, P., Boulouchos, K. (2013). Apparent effects of in-cylinder pressure oscillations and cycle-to-cycle variability on heat release rate and soot concentration under long ignition delay conditions in diesel engines. *International Journal of Engine Research*, 15 (3), 325–337. <https://doi.org/10.1177/1468087413483288>
- Gorb, S., Budurov, M. (2021). Increasing the Accuracy of a Marine Diesel Engine Operation Limit by Thermal Factor. *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, 15 (3), 115. <https://doi.org/10.15866/ireme.v15i3.20865>
- Sagin, S., Madey, V., Sagin, A., Stoliaryk, T., Fomin, O., Kučera, P. (2022). Ensuring Reliable and Safe Operation of Trunk Diesel Engines of Marine Transport Vessels. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (10), 1373. <https://doi.org/10.3390/jmse10101373>
- Wang, H., Wang, L., Liao, Y., Yang, H. (2019). Research on Engine Speed Control System Based on Fuzzy Adaptive PID Controller. *Manufacturing Technology*, 19 (6), 1080–1087. <https://doi.org/10.21062/ujep/421.2019/a/1213-2489/mt/19/6/1080>
- Varbanets, R., Minchev, D., Kucherenko, Y., Zalozh, V., Kyrylash, O., Tarasenko, T. (2024). Methods of Real-Time Parametric Diagnostics for Marine Diesel Engines. *Polish Maritime Research*, 31 (3), 71–84. <https://doi.org/10.2478/pomr-2024-0037>
- Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., Hopman, J. J. (2017). Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments. *Applied Energy*, 194, 30–54. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.02.060>
- Sagin, S., Kuropyatnyk, O., Matieiko, O., Razinkin, R., Stoliaryk, T., Volkov, O. (2024). Ensuring Operational Performance and Environmental Sustainability of Marine Diesel Engines through the Use of Biodiesel Fuel. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12 (8), 1440. <https://doi.org/10.3390/jmse12081440>
- Shop Test Result for Main Engine HYUNDAI-MAN B&W 6S60MC-C7 No. K630-IR11A-5984 (2011). HHI-EMD, 18.
- Acceptance Test Record No. 271204 of Engine MaK 9M25C No. 45229 (2011). Caterpillar Motoren GmbH & Co., 21.
- Xu, H., Pires da Silva, P., Guedes Soares, C. (2024). Effect of Sampling Rate in Sea Trial Tests on the Estimation of Hydrodynamic Parameters for a Nonlinear Ship Manoeuvring Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12 (3), 407. <https://doi.org/10.3390/jmse12030407>
- Bondarenko, O., Kashiwagi, M. (2011). Statistical consideration of propeller load fluctuation at racing condition in irregular waves. *Journal of Marine Science and Technology*, 16 (4), 402–410. <https://doi.org/10.1007/s00773-011-0136-z>
- Suzuki, R., Ueno, M., Tsukada, Y. (2021). Numerical simulation of 6-degrees-of-freedom motions for a manoeuvring ship in regular waves. *Applied Ocean Research*, 113, 102732. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102732>
- Asprion, J., Chinellato, O., Guzzella, L. (2014). Optimal Control of Diesel Engines: Numerical Methods, Applications, and Experimental Validation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014 (1). <https://doi.org/10.1155/2014/286538>
- Maftai, C., Moreira, L., Soares, C. G. (2009). Simulation of the dynamics of a marine diesel engine. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 8 (3), 29–43. <https://doi.org/10.1080/20464177.2009.11020225>
- Gorb, S. (2020). Improving the accuracy of Numerical Simulation of the Working Process of Diesel Engine. *Automation of Ship Technical Facilities*, 26 (1), 03–26. <https://doi.org/10.31653/1819-3293-2020-1-26-03-26>
- Gorb, S., Popovskii, A., Budurov, M. (2023). Adjustment of speed governor for marine diesel generator engine. *International Journal of GEOMATE*, 25 (109), 125–132. <https://doi.org/10.21660/2023.109.m2312>
- Gorb, S., Levinskyi, M., Budurov, M. (2022). Sensitivity Optimisation of a Main Marine Diesel Engine Electronic Speed Governor.

- Scientific Horizons, 24 (11), 9–19. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(11\).2021.9-19](https://doi.org/10.48077/scihor.24(11).2021.9-19)
27. Tsitsilonis, K.-M., Theotokatos, G. (2021). A novel method for in-cylinder pressure prediction using the engine instantaneous crankshaft torque. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 236 (1), 131–149. <https://doi.org/10.1177/14750902211028419>
28. Sinha, R. P., Balaji, R. (2017). A Mathematical Model of Marine Diesel Engine Speed Control System. Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, 99 (1), 63–70. <https://doi.org/10.1007/s40032-017-0420-8>
29. Yuan, Y., Zhang, M., Chen, Y., Mao, X. (2016). Multi-sliding surface control for the speed regulation system of ship diesel engines. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 40 (1), 22–34. <https://doi.org/10.1177/0142331216649022>
30. Li, X., Ahmed, Q., Rizzoni, G. (2016). Nonlinear robust control of marine diesel engine. Journal of Marine Engineering & Technology, 16 (1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/20464177.2016.1254455>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325929

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ (МПК) ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ МІКРОМЕРЕЖІ (с. 6–16)

Jawaher M S H Taher

Це дослідження зосереджено на системі мікромережі постійного струму в поєднанні з фотоелектричними масивами та механікою керування для відстеження точки максимальної потужності (ВТМП) як його об'єкта. Основна проблема, яка вирішувалась, полягає в тому, що відбір електроенергії від фотоелектричних систем є дуже неефективним через зміну навколишнього середовища або навантаження, з якими звичайні підходи ВТМП не можуть ефективно впоратися. Висока продуктивність ВТМП в новому підході прогностичного керування подвійною моделлю цього дослідження отримана на основі нового підходу прогностичного керування подвійною моделлю (МПК). Впроваджена система показує середньоквадратичну помилку 7,0085 для звичайних методів ВТМП, тоді як ефективність відстеження підтримується в межах від 94,8 % до 97,2 % від максимальної доступної потужності. За стандартних умов тестування система досягла менше ніж 0,15 секунди часу відгуку та менш ніж 0,45 секунди часу встановлення, при цьому погіршуючись менше, але при цьому впоравшись із різними змінами навколишнього середовища. Це завдяки можливостям прогнозування МПК і системі оптимізації в реальному часі. Основні переваги запропонованого рішення, серед іншого, включають його дворежимну конструкцію, яка підтримує як ліву, так і праву бічні області фотоелектричної кривої разом із інтегрованим керуванням заряджанням батареї, а також його надійну обробку обмежень, що забезпечує безпечну роботу та максимальне вилучення електроенергії. Ця система добре підходить для впровадження в малих і середніх мікромережах постійного струму, які можуть витримувати до 800 Вт/м² за секунду коливань випромінювання та температурний діапазон до 50 °C і продемонстрували кілька сотень кілоциклів годин стабільності. Рішення може запропонувати практичні переваги для підключених до мережі та автономних фотоелектричних систем з вимогами швидкого реагування на зміни навколишнього середовища та високої ефективності вилучення електроенергії.

Ключові слова: модель прогнозного керування, фотоелектричні системи, мікромережа постійного струму, децентралізоване керування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326178

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЮВАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРНОГО ЗБУДЖУВАЧА ЗІ ЗМІННОЮ ТОПОЛОГІЄЮ ДЛЯ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА (с. 17–25)

С. В. Василюк, К. С. Василюк, В. В. Ільчук

Об'єктом дослідження є конденсаторний збуджувач зі змінною топологією, призначений для роботи у складі автономного асинхронного генератора. Встановлено недостатню ефективність керування рівнем збудження автономного асинхронного генератора при зміні частоти обертання приводної турбіни та імпедансу навантаження. Це знижує якість вихідної напруги генератора. Проаналізовано можливість застосувати схему збуджувача на основі змішаного з'єднання конденсаторів. Підтверджено значимість впливу кількості груп та числа конденсаторів у кожній групі на ширину діапазону та крок регулювання. Зокрема, збільшення величин вказаних факторів з 2 до 4 розширює діапазон регулювання в 16 разів, а кількість кроків – у 827 разів. При обраних інтервалах варіювання факторів та рівні значущості 0,05 вплив кроку зміни ємності конденсаторів схеми, порівняно з базовим, на відносну величину кроку зміни ємності збуджувача визнаний незначущим. Сумарна ємність збуджувача суттєво нелінійно залежить від номера топологічного стану. Збільшення загальної ємності супроводжується підвищенням інтенсивності її зростання. Це дає змогу мінімізувати крок зміни загальної ємності (з імовірністю 0,88 – до 0,003 % від ширини діапазону регулювання). Одержана регресійна математична модель може бути використана при оптимізації структури збуджувача для автономного асинхронного генератора конкретного типу. Збільшення кількості ступенів регулювання дозволить підвищити точність формування ємнісного струму збудження генератора та компенсації індуктивної складової струму навантаження. Застосування збуджувача зі змінною топологією підвищить ефективність керування напругою автономного асинхронного генератора при зміні частоти обертання приводної турбіни та імпедансу навантаження.

Ключові слова: асинхронний генератор, конденсаторний збуджувач, автономна електромережа, якість напруги, реактивна потужність, мікрогрід.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322851

ОПТИМІЗАЦІЯ НАЛАШТУВАННЯ ЧУТЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ РЕГУЛЯТОРІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ (с. 26–35)

М. І. Будуров, С. І. Горб, О. Ю. Поповський

Об'єктом дослідження є багатоциліндрові суднові дизельні установки з електронними регуляторами частоти обертання (РЧО), які експлуатуються в умовах морського хвилювання. На судах світового торгового флоту використовуються сучасні дизелі, управління частотою обертання яких здійснюється електронними РЧО, які мають технічну можливість регулювати чутливість вхідного сигналу. Цей параметр дозволяє змінювати реакцію регуляторів на високочастотні збурення, що є характерною особливістю роботи дизелів. Однак припущення про незмінність частоти обертання впродовж робочого циклу надмірно ідеалізують вхідний сигнал регулятора. Це спричиняє спотворення оптимальних налаштувань і знижує стабільність швидкісного режиму, особливо за змінного моменту

опору на гребному валу. З метою підвищення ефективності автоматичного регулювання частоти обертання розроблено спеціалізовану модель суднового багатоциліндрового дизеля. Вона враховує вплив циклової нестабільності крутного моменту на вхідний сигнал регулятора в усьому діапазоні роботи дизелів різної тактності, частоти обертання та кількості циліндрів. Для досліджуваних дво- та чотиритактного головних дизелів HYUNDAI-MAN B&W 6S60MC-C7 та MaK 9M25C моделюванням визначені значення параметрів налаштування чутливості регулятора при хвилюванні моря різної інтенсивності та періоді збурювального впливу. Представлені можливості щодо розрахунку зміни тиску газів в циліндрах дизелів різної тактності дозволяють аналізувати вплив нерівномірності робочих процесів під час оптимізації електронних РЧО та знаходженні оптимального поєднання параметрів налаштування. Отримані результати дозволяють підвищити стабільність автоматичного регулювання частоти обертання в усьому діапазоні можливих експлуатаційних режимів головних дизелів.

Ключові слова: головний двигун судна, електронний регулятор частоти обертання, циклічна нестабільність, нечутливість.