

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322917

DETERMINING THE IMPACT OF A MAGNETOELECTRIC GENERATOR ON THE OPERATION OF A LOCAL DISTRIBUTION NETWORK (p. 6–14)

Vadim Chumack

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8401-7931>

Teimuraz Katsadze

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8365-0046>

Volodymyr Bazenov

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1622-5207>

Mykhailo Kovalenko

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5602-2001>

Olexandr Geraskin

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4651-4579>

The object of this study is electromagnetic processes in a magnetolectric generator with a capacity of 15 kW, operating in a local distribution network.

Using a magnetolectric generator in parallel with a local distribution network makes it possible to improve the reliability and efficiency of such a system.

The advantages and disadvantages of the options for regulating the load characteristic of magnetolectric generators for low-power energy complexes, for example, mini-hydroelectric power plants, have been analyzed. A system for regulating the output voltage of magnetolectric generators with a capacity of up to 15 kW has been proposed and implemented using known and available semiconductor circuit solutions.

Several options for connecting individual coils of the generator armature winding with excitation from permanent magnets were investigated; the external characteristics corresponding to these options are shown. It is shown that when connecting the generator armature winding coils in parallel groups, it is possible to obtain the least distortion of the output voltage. At a load of 0.5–1.1 I_r , the rigidity of the characteristic allows it to meet the regulatory requirements of –10 %...+5 % of the rated voltage.

Analysis of the operation of a magnetolectric generator when controlled by triacs at a given voltage range and when operating on variable active resistance without the use of semiconductor regulators has been carried out.

The forms of the generator output voltage on real samples with different control schemes are presented. The possibility of connecting an autonomous generator to a local distribution network in the absence of load for the purpose of implementation on the electricity market has been investigated. The form of the output voltage with the least distortion acceptable for the distribution network according to the standards for the quality of electric energy has been selected.

Keywords: magnetolectric generator, voltage stabilization, local distribution network, quality of electric energy.

References

- Li, H., Chen, Z., Polinder, H. (2009). Optimization of Multibrid Permanent-Magnet Wind Generator Systems. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 24 (1), 82–92. <https://doi.org/10.1109/tec.2008.2005279>
- Tripathi, S. M., Tiwari, A. N., Singh, D. (2015). Grid-integrated permanent magnet synchronous generator based wind energy conversion systems: A technology review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1288–1305. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.060>
- Bhende, C. N., Mishra, S., Malla, S. G. (2011). Permanent Magnet Synchronous Generator-Based Standalone Wind Energy Supply System. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2 (4), 361–373. <https://doi.org/10.1109/tste.2011.2159253>
- Kryshchuk, R. S. (2024). Application of phase current loops for modeling the harmonic magnetic field of a magnetolectric generator. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2024 (5), 30–35. <https://doi.org/10.15407/technd2024.05.030>
- Kondratenko, I. P., Kryshchuk, R. S. (2024). Mathematical model of a magnetolectric machine. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2024 (2), 52–61. <https://doi.org/10.15407/technd2024.02.052>
- Niu, S., Li, B., Li, B., Wang, P., Song, Y. (2023). Analysis and Design of Small-Impact Magnetolectric Generator. *Machines*, 11 (12), 1040. <https://doi.org/10.3390/machines11121040>
- Prajwal, K. T., Manickavasagam, K., Suresh, R. (2022). A review on vibration energy harvesting technologies: analysis and technologies. *The European Physical Journal Special Topics*, 231 (8), 1359–1371. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-022-00490-0>
- Liu, H., Dong, W., Chang, Y., Gao, Y., Li, W. (2022). Working characteristics of a magnetostrictive vibration energy harvester for rotating car wheels. *Review of Scientific Instruments*, 93 (5). <https://doi.org/10.1063/5.0078131>
- Moradian, K., Sheikholeslami, T. F., Raghebi, M. (2022). Investigation of a spherical pendulum electromagnetic generator for harvesting energy from environmental vibrations and optimization using response surface methodology. *Energy Conversion and Management*, 266, 115824. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115824>
- Zhao, X., Cai, J., Guo, Y., Li, C., Wang, J., Zheng, H. (2018). Modeling and experimental investigation of an AA-sized electromagnetic generator for harvesting energy from human motion. *Smart Materials and Structures*, 27 (8), 085008. <https://doi.org/10.1088/1361-665x/aacdc4>
- Han, D., Shinshi, T., Kine, M. (2021). Energy Scavenging From Low Frequency Vibrations Through a Multi-Pole Thin Magnet and a High-Aspect-Ratio Array Coil. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 8 (1), 139–150. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00276-6>
- Oh, Y., Sahu, M., Hajra, S., Padhan, A. M., Panda, S., Kim, H. J. (2022). Spinel Ferrites (CoFe₂O₄): Synthesis, Magnetic Properties, and Electromagnetic Generator for Vibration Energy Harvesting. *Journal of Electronic Materials*, 51 (5), 1933–1939. <https://doi.org/10.1007/s11664-022-09551-5>
- Huang, T., Guo, B., Zhu, J., Ding, N., Zhang, T., Mao, H. (2019). Mechanism Research and Simulation of Novel Electromagnetic Recoil System. *J. Ordnance Equip. Eng.*, 40 (7), 109–112. <https://doi.org/10.11809/bqzbgcxb2019.07.022>

14. Chumack, V., Tsyvinskyi, S., Kovalenko, M., Ponomarev, A., Tkachuk, I. (2020). Mathematical modeling of a synchronous generator with combined excitation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (103)), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193495>
15. Xiao, J., Wang, Y., Wen, Q., Zhang, B., Chen, Z. (2019). Characteristics of Fuze Magnetic Setback Motor Safety Device. *J. Detect. Control*, 41, 25–29.
16. Ostroverkhov, M., Chumack, V., Falchenko, M., Kovalenko, M. (2022). Development of control algorithms for magnetoelectric generator with axial magnetic flux and double stator based on mathematical modeling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (120)), 6–17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267265>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322920

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR RELIABILITY ASSESSMENT OF DISTRIBUTION POWER NETWORKS UP TO 110 kV (p. 15–23)

Fariza Abilzhanova

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7723-6930>

Felix Bulatbaev

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3574-1189>

Aizada Kuanyshbaeva

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3718-1899>

The study focuses on the reliability assessment of distribution power networks operating at voltages up to 110 kV, addressing the challenges of increasing loads, aging infrastructure, and the integration of renewable energy sources. A novel method and model for reliability assessment are proposed, incorporating failure rates, recovery times, and topological characteristics of networks. The research identifies critical factors influencing network reliability, including the level of redundancy, operational conditions, and climatic impacts. Notable findings show that network points with multiple feeder connections demonstrate the highest reliability, exceeding 99.99 %, while those with single-transformer configurations are the most vulnerable to failures. The average failure rate for overhead lines is calculated at 1.29 failures per 100 km annually, with recovery times reaching up to 40 hours for critical nodes.

The results are explained by the interplay of structural and operational factors, where redundancy significantly enhances reliability, and outdated equipment increases vulnerability. The study's distinguishing feature lies in its use of Markov processes to dynamically model failures and recoveries, offering a comprehensive framework compared to traditional static methods. The practical applications of the results include improving network design through enhanced redundancy, optimizing maintenance strategies for critical elements, and supporting the integration of Smart Grid technologies. These findings contribute to the development of more resilient and efficient power distribution networks, adaptable to modern operational demands.

Keywords: distribution networks, power reliability, Markov processes, redundancy assessment, failure rate.

References

1. Singh, S., Singh, S. (2024). Advancements and Challenges in Integrating Renewable Energy Sources Into Distribution Grid Systems: A Comprehensive Review. *Journal of Energy Resources Technology*, 146 (9). <https://doi.org/10.1115/1.4065503>

2. Kaverin, V., Abisheva, D., Em, G., Kalinin, A., Yugay, V. (2022). Studying Partial Discharge Currents of High Voltage Power Line Suspension Insulators. *International Journal on Energy Conversion (IRECON)*, 10 (3), 88. <https://doi.org/10.15866/irecon.v10i3.21769>
3. Kayumov, D., Bulatbaev, F., Kayumova, I., Breido, J., Bulatbayeva, Y. (2023). An engineering approach for the qualitative assessment of the luminous flux of led lamps. *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 24 (1), 31–43. <https://doi.org/10.1615/interjencleanenv.2022043776>
4. Wang, Y., Zheng, Q., Guo, M., Xiao, H., Si, C., Chen, W. (2022). Reliability Improvement of Distribution Network with Distributed Generation Sources and Diversified Loads. *LOW VOLTAGE APPARATUS*, 2, 63–67. Available at: <http://www.eaes-seari.com/Jwkdqynxgljs/EN/abstract/abstract480.shtml>
5. Soltan, S., Mazaauric, D., Zussman, G. (2017). Analysis of Failures in Power Grids. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 4 (2), 288–300. <https://doi.org/10.1109/tcns.2015.2498464>
6. Wu, Y., Fan, T., Huang, T. (2020). Electric Power Distribution System Reliability Evaluation Considering the Impact of Weather on Component Failure and Pre-Arranged Maintenance. *IEEE Access*, 8, 87800–87809. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2993087>
7. Tatkeyeva, G., Bauyrzhanuly, M., Gaukhar, A., Assainov, G., Khabdullina, G., Tangirbergen, A. et al. (2024). Development of the logical system for forecasting wind characteristics in the urban conditions. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 55–69. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2024.003305>
8. Li, S., She, Y., Shi, K., Chen, Z. (2022). A Method for Evaluating Reliability and Failure Rate of DC Circuit Breakers. *2022 Global Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Information Technology (GCRAIT)*, 578–581. <https://doi.org/10.1109/gcrait55928.2022.00126>
9. Cao, H., Song, Y., Wang, S., Dai, F., Liu, J., Cheng, Q. (2024). Failure Mode Analysis and Identification Method Based on the External Characteristics of DC Circuit Breaker. *2024 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 01–05. <https://doi.org/10.1109/ciced63421.2024.10754216>
10. Pande, P., Hussain, K., Pravallika, B., Al Ansari, M. S., Tharsanee, R. M., Acharya, S. (2024). Predictive Maintenance of Power Transformers in Distribution Network with Energy Management Using Deep Learning. *2024 5th International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV)*, 581–586. <https://doi.org/10.1109/icicv62344.2024.00098>
11. Biradar, V., Kakeri, D., Agasti, A. (2024). Machine Learning based Predictive Maintenance in Distribution Transformers. *2024 8th International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/iccubea61740.2024.10774993>
12. Reddy Shabad, P. K., Alrashide, A., Mohammed, O. (2021). Anomaly Detection in Smart Grids using Machine Learning. *IECON 2021 – 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/iecon48115.2021.9589851>
13. Papaspiliotopoulos, V. A., Korres, G. N., Hatzigiargyriou, N. D. (2015). Protection coordination in modern distribution grids integrating optimization techniques with adaptive relay setting. *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ptc.2015.7232558>
14. Rêma, G. S., Bonatto, B. D., de Lima, A. C. S., de Carvalho, A. T. (2024). Emerging Trends in Power Transformer Maintenance and Diagnostics: A Scoping Review of Asset Management Methodologies, Condition Assessment Techniques, and Oil Analysis. *IEEE Access*, 12, 111451–111467. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3441523>

15. Carletti, E., Amadei, F., Franzone, G., Rizzati, J., Cocchi, L., Bolognesi, M., Moschella, P. (2023). The reliability of the electrical distribution system using the Markov Modeling methodology. *IET Conference Proceedings*, 2023 (6), 1115–1119. <https://doi.org/10.1049/icp.2023.0655>
16. Borges, C. L. T., Cantarino, E. (2011). Microgrids Reliability Evaluation with Renewable Distributed Generation and Storage Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 44 (1), 11695–11700. <https://doi.org/10.3182/20110828-6-it-1002.01090>
17. Song, H., Zhang, B., Wang, M., Xiao, Y., Zhang, L., Zhong, H. (2022). A Fast Phase Optimization Approach of Distributed Scatterer for Multitemporal SAR Data Based on Gauss–Seidel Method. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1–5. <https://doi.org/10.1109/lgrs.2021.3077493>
18. Hu, W. J. (2021). Momentum Method for Improving the Convergence of Newton-Raphson Method for Nonlinear Circuit Transient Simulations. *2021 IEEE International Conference on Computer Science, Artificial Intelligence and Electronic Engineering (CSAIEE)*, 296–303. <https://doi.org/10.1109/csaiee54046.2021.9543125>
19. Wei, J., Cai, H., Jiang, T., Westermann, D. (2021). Research on Power System Network Equivalent with Different Methods. *PESS 2021: Power and Energy Student Summit*.
20. Gupta, A. P., Mohapatra, A., Singh, S. N. (2018). Power System Network Equivalents: Key Issues and Challenges. *TENCON 2018 – 2018 IEEE Region 10 Conference*, 2291–2296. <https://doi.org/10.1109/tencon.2018.8650397>
21. Aghili, J., Franck, E., Hild, R., Michel-Dansac, V., Vigon, V. (2025). Accelerating the convergence of Newton's method for nonlinear elliptic PDEs using Fourier neural operators. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 140, 108434. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2024.108434>
22. Ramli, S. P., Usama, M., Mokhlis, H., Wong, W. R., Hussain, M. H., Muhammad, M. A., Mansor, N. N. (2021). Optimal directional over-current relay coordination based on computational intelligence technique: a review. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 29 (3), 1284–1307. <https://doi.org/10.3906/elk-2012-98>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322918

IDENTIFYING OF ROTOR CONVERTER EFFECTS ON THE CHOPPER CONTROL SLIP RING INDUCTION MOTOR PERFORMANCES UNDER GRID VOLTAGE UNBALANCE (p. 24–34)

Hilmi Fadhil Ameen

Salahaddin University-Erbil, Erbil, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7805-2933>

Ali Abdulqadir Rasool

Salahaddin University-Erbil, Erbil, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4735-9155>

A lot of major industrial applications use three-phase Wound Rotor Induction Motor Drive Systems (WRIMDS), particularly in cement mills because of their performance control capabilities. When a power supply is subjected to the unbalanced voltages, the motor performance is affected. The object of the study is the Wound Rotor Induction Motor Drive Systems under unbalanced supply voltage. The subject of this research is the effect of harmonics under unbalanced supply conditions on the rotor circuit of WRIM with the presence of rectifiers and the chopper circuit. The investigation assesses the stator current, the rotor current, and electromagnetic torque components using a mathematical equivalent circuit representation.

The analysis of this study presents the way for predicting the whole harmonic frequencies that belong to the currents of the stator,

the rotor current, and the electromagnetic torque in terms of supply frequency and the rotor slip. The simulation and the proposed mathematical model results have shown good accuracy. The results show that the performance of WRIM, the variation of the motor currents, and the torque pulsation are dependent on the magnitude of the voltage unbalance factor and the duty cycle of the chopper circuit.

The results of this study demonstrate that the unbalanced supply voltage has a negative impact on the increase of stator harmonic currents injected from the rotor side, rotor harmonic currents, and torque pulsation; as a result, the performance of WRIMDS has been derated. It is noticed from the results that the obtained currents are accurate, excluding the currents at a slip of one sixth in which a noteworthy variance is observed. The speed ripple is increased by 0.38 %, and torque ripple by 16.6 % when the voltage supply unbalance factor varies from (0 to 10) %.

Keywords: WRIMDS, rotor chopper circuit, voltage unbalance, harmonic analysis, torque pulsation.

References

1. De Almeida, A. T., Ferreira, F. J. T. E., Fong, J. A. C. (2011). Standards for Efficiency of Electric Motors. *IEEE Industry Applications Magazine*, 17 (1), 12–19. <https://doi.org/10.1109/mias.2010.939427>
2. von Jouanne, A., Banerjee, B. (2001). Assessment of voltage unbalance. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 16 (4), 782–790. <https://doi.org/10.1109/61.956770>
3. Raval, P. P., Joshi, H. I., Krishnaraj, V., Mihir, P. (2020). Speed Control of Three Phase Slip Ring Induction Motor Using Chopper. *International Journal of Engineering Development and Research*, 8 (2), 419–424. Available at: <https://rjwave.org/ijedr/viewpaperforall.php?paper=IJEDR2002072>
4. Shen, T., Chen, B., Gong, Y. (2001). Study on rotor igbt chopper control for induction motor drive. *Journal of Shanghai University (English Edition)*, 5 (1), 66–70. <https://doi.org/10.1007/s11741-001-0031-7>
5. Outeiro, M., Saraiva, E. (2004). Harmonics on the Electromagnetic Torque of a Slip Energy Recovery System with Two Thyristor Bridges and no DC Coil. Available at: https://www.researchgate.net/publication/255594732_Harmonics_on_the_Electromagnetic_Torque_of_a_Slip_Energy_Recovery_System_with_Two_Thyristor_Bridges_and_no_DC_Coil
6. Wang, L., Chiniforoosh, S., Jatskevich, J. (2008). Simulation and analysis of starting transients in rotor-chopper-controlled doubly-fed induction motors. *2008 IEEE Canada Electric Power Conference*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/epc.2008.4763329>
7. Ameen, H. F. (2011). Computer simulation and mathematical modeling of static rotor resistance chopper control of WRIM by reference frame theory. *Procedia Computer Science*, 3, 1009–1017. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.166>
8. Ameen, H. F. (2023). The Influence of Rotor Converters on the Behavior of Static Rotor Resistance Control of Induction Motor under Supply Voltages Asymmetry. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 35 (5), 24–39. <https://doi.org/10.21271/zjpas.35.5.3>
9. Kumar, R., Dogra, R., Aggarwal, P. (2017). Rotor side speed control methods using MATLAB/Simulink for wound induction motor. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 11 (7), 1385–1393. Available at: https://www.academia.edu/39371161/Rotor_Speed_Control_Methods_Using_MATLABSimulink_for_Wound_Induction_Motor20190604_49311_1htn90w
10. Bhardwaj, S. R., Rahi, O. P., Sharma, V. (2018). Comparative Analysis of Induction Motor Drive with Chopper Controlled SPRS Employing Various Inverter Configurations. *IETE Journal of Research*, 65 (3), 329–341. <https://doi.org/10.1080/03772063.2018.1431065>

11. Bajjuri, N. K., Jain, A. K. (2019). Torque Ripple Reduction in Double-Inverter Fed Wound Rotor Induction Machine Drives Using PWM Techniques. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 66 (6), 4250–4261. <https://doi.org/10.1109/tie.2018.2866110>
12. Adekitan, A. I., Abdulkareem, A. (2016). The significance of the mode of voltage imbalance on the operation and energy losses of a 3-phase induction motor. *Engineering and Applied Science Research*, 46 (3), 200–209. <https://doi.org/10.14456/easr.2019.23>
13. El-Kharashi, E., Massoud, J. G., Al-Ahmar, M. A. (2019). The impact of the unbalance in both the voltage and the frequency on the performance of single and cascaded induction motors. *Energy*, 181, 561–575. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.169>
14. Donolo, P. D., Pezzani, C. M., Bossio, G. R., De Angelo, C. H., Donolo, M. A. (2020). Derating of Induction Motors Due to Power Quality Issues Considering the Motor Efficiency Class. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56 (2), 961–969. <https://doi.org/10.1109/tia.2020.2965859>
15. Hilmi, A., Fadhil, A. (2021). Performance Analysis and Modeling of SRRCCIM under the Impact of Unbalance Supply Voltage. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 14 (1), 5–10. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Hilmi-Ameen-2/publication/360969591_Performance_Analysis_and_Modeling_of_SRRCCIM_under_the_Impact_of_Unbalance_Supply_Voltage/links/62960eb9c660ab61f8549751/Performance-Analysis-and-Modeling-of-SRRCCIM-under-the-Impact-of-Unbalance-Supply-Voltage.pdf
16. Tabora, J. M., De Lima Tostes, M. E., Bezerra, U. H., De Matos, E. O., Filho, C. L. P., Soares, T. M., Rodrigues, C. E. M. (2021). Assessing Energy Efficiency and Power Quality Impacts Due to High-Efficiency Motors Operating Under Nonideal Energy Supply. *IEEE Access*, 9, 121871–121882. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3109622>
17. Papathanassiou, S. A., Papadopoulos, M. P. (2001). On the harmonics of the slip energy recovery drive. *IEEE Power Engineering Review*, 21 (4), 55–57. <https://doi.org/10.1109/39.916352>
18. Tsoumas, I. P. (2016). Motor-Converter Synchronization Phenomena in a Subsynchronous Cascade Drive. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 52 (6), 4806–4815. <https://doi.org/10.1109/tia.2016.2587776>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322426

OPTIMIZATION DESIGN OF WIND TURBINE PROPELLER USING PVC PIPE MATERIAL WITH ELBOW TIP ACCESSORIES (p. 35–45)

Akhmad Faizin

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2700-8622>

Bagus Wahyudi

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4787-0276>

Hangga Wicaksono

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-1597>

Satworo Adiwidodo

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4774-6438>

Mohammad Sukri Mustapa

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Johor Darul Ta'zim, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9853-2819>

PVC or Polyvinyl Chloride is a thermoplastic polymer, cheap, and can be used to make pipes and fittings. PVC pipes can be used

to make low-power wind turbine blades. PVC pipes have good mechanical properties, including impact strength, high flexibility, vibration resistance, and hydrostatic pressure. To modify the pipe into a wind turbine blade that is strong against loads and has torsional resistance, an efficient design and manufacturing method is needed. In the blade design, an aerodynamic analysis is also carried out to obtain maximum energy from the wind turbine which is the result of the blade design performance. The goal is to find a way to build a turbine blade using PVC pipe and the best aerodynamic behavior of the fluid around the turbine rotor. This research is based on the CFD simulation method and experimental studies using a wind tunnel. Based on the results of the ANSYS CFD simulation at the elbow end of the PVC pipe turbine blade with an angle of attack of 15° and 30°, it can increase the torque by about 200 % compared to without the elbow end. CFD simulation was conducted to test the load on the PVC pipe blade with wind speeds of 5 m/s, 6 m/s, and 7 m/s, and angle tip widths of 100 mm, 110 mm, and 130 mm. The torque generated by the turbine is influenced by the width of the elbow tip, where the maximum torque is achieved by an elbow tip width of 110 mm. Based on the optimization results, the turbine can produce the best torque performance with the lowest stress generated from the load. The results of the von Mises stress analysis show that the stress that occurs on the turbine blade is the lowest, making it the safest and most reliable design. The results of the torque analysis show that the addition of an elbow tip can increase the torque on the turbine blade.

Keywords: wind turbine, PVC pipe propeller, optimization, stress analysis, CFD simulation.

References

1. Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3 (1), 1167990. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
2. Rathod, V., Kamdi, S. Y. (2014). Design & Fabrication of PVC Bladed Inexpensive Wind Turbine. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11 (4), 114–119. <https://doi.org/10.9790/1684-1142114119>
3. Adiwidodo, S., Wahyudi, B., Yudianto, E., Subagiyo, S., Hartono, M., Baananto, F. (2020). Simulation study of Savonius tandem blade wind turbine using an adjustable deflector. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 732 (1), 012093. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/732/1/012093>
4. Duquette, M. M., Visser, K. D. (2003). Numerical Implications of Solidity and Blade Number on Rotor Performance of Horizontal-Axis Wind Turbines. *Journal of Solar Energy Engineering*, 125 (4), 425–432. <https://doi.org/10.1115/1.1629751>
5. Thumthae, C. (2015). Optimum Blade Profiles for a Variable-Speed Wind Turbine in Low Wind Area. *Energy Procedia*, 75, 651–657. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.478>
6. Maheri, A. (2020). Multiobjective optimisation and integrated design of wind turbine blades using WTBM-ANSYS for high fidelity structural analysis. *Renewable Energy*, 145, 814–834. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.013>
7. Balijepalli, R., Chandramohan, V. P., Kirankumar, K. (2018). Optimized design and performance parameters for wind turbine blades of a solar updraft tower (SUT) plant using theories of Schmitz and aerodynamics forces. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 30, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.10.001>
8. Liu, Z., Wang, X., Kang, S. (2014). Stochastic performance evaluation of horizontal axis wind turbine blades using non-deterministic

- CFD simulations. *Energy*, 73, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.107>
9. Cekus, D., Gnatowska, R., Kwiaton, P., Šofer, M. (2019). Simulation research of a wind turbine using SolidWorks software. *Journal of Physics: Conference Series*, 1398 (1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1398/1/012001>
 10. Ceruti, A. (2018). Meta-heuristic multidisciplinary design optimization of wind turbine blades obtained from circular pipes. *Engineering with Computers*, 35 (2), 363–379. <https://doi.org/10.1007/s00366-018-0604-8>
 11. Rathod, V. K., Kamdi, S. Y. (2014). Design of PVC Bladed Horizontal Axis Wind Turbine for Low Wind Speed Region. *International Journal of Engineering Research and Application*, 4 (7), 139–143. Available at: https://www.academia.edu/8292369/Design_of_PVC_Bladed_Horizontal_Axis_Wind_Turbine_for_Low_Wind_Speed_Region
 12. Herr, S. et al. (2020). Pat. No. BRPI0901809B1. Propeller Blade for a Wind Turbine. Available at: <https://patents.google.com/patent/BRPI0901809B1/en?q=BRPI0901809B1>
 13. Liang S. et al. (2015). Pat. No. CN101592122B. Wind turbine blade with twisted tip. Available at: <https://patents.google.com/patent/CN101592122B/en?q=Liang+S.+et.al.+2015.+Wind+turbine+blade+with+twisted+tip.+Patent+No.+CN101592122B>
 14. Meldgaard, C. (2016). Pat. No. EP2034178A3. Windturbinenschaufel mit lenkbaren Blättern. Available at: <https://patents.google.com/patent/EP2034178A3/de?q=EP2034178A3>
 15. Wahyudi, B., Faizin, A., Wicaksono, H. (2023). Pat. Sederhana IDS000005963.
 16. Li, Y., Castro, A. M., Sinokrot, T., Prescott, W., Carrica, P. M. (2015). Coupled multi-body dynamics and CFD for wind turbine simulation including explicit wind turbulence. *Renewable Energy*, 76, 338–361. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.014>
 17. Abdulqadir, S. A., Iacovides, H., Nasser, A. (2017). The physical modelling and aerodynamics of turbulent flows around horizontal axis wind turbines. *Energy*, 119, 767–799. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.060>
 18. Wahyudi, B., Faizin, A., Setiawan, A., Susilo, S. H., Wicaksono, H. (2022). Simulation study of horizontal axis wind turbine using PVC pipe propeller with elbow tip. *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, 67–76. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002550>
 19. Kennedy, I. R., Hodzic, M., Crossan, A. N., Acharige, N., Runcie, J. (2021). A New Theory for Estimating Maximum Power from Wind Turbines: A Fundamental Newtonian Approach. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.15117>
 20. Piggott, H. (2011). *Wind Power Workshop*. Centre for Alternative Technology.
 21. Mohammadi, M., Mohammadi, A., Mohammadi, M., Minaei, H. N. (2015). Optimization of Small Scale Wind Turbine Blades for Low Speed Conditions. *Journal of Clean Energy Technologies*, 4 (2), 140–143. <https://doi.org/10.7763/jocet.2016.v4.268>
 22. Arpino, F., Cortellessa, G., Dell'Isola, M., Scungio, M., Focanti, V., Profili, M., Rotondi, M. (2017). CFD simulations of power coefficients for an innovative Darrieus style vertical axis wind turbine with auxiliary straight blades. *Journal of Physics: Conference Series*, 923, 012036. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/923/1/012036>
 23. Carvalho, A., Gonzalez, M. C., Costa, P., Martins, A. (2009). Issues on performance of wind systems derived from exploitation data. 2009 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, 3599–3604. <https://doi.org/10.1109/iecon.2009.5415151>
 24. Datkhile, M., Tapre, P. C., Veeresh, C. (2016). A Comparative Study of Constant Speed and Variable Speed Wind Energy Conversion Systems. *GRD Journal for Engineering*, 1 (10). Available at: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/150161>

DOI 10.15587/1729-4061.2025.316694

NON-INTRUSIVE LOAD MONITORING: A COST-EFFECTIVE APPROACH FOR HOME APPLIANCE IDENTIFICATION UTILIZING MACHINE LEARNING (p. 46–55)

Levin Halim

Parahyangan Catholic University, Bandung, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2398-9160>

Reyvaldo Barthez

Parahyangan Catholic University, Bandung, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2388-6578>

Nico Saputro

Parahyangan Catholic University, Bandung, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0842-1155>

This research focuses on developing a cost-effective non-intrusive load monitoring system (NILM) to identify household appliances using machine learning, specifically the k-nearest neighbors (kNN) algorithm which is not disturbing the existing system. The object of this research is the process of appliance identification based on power consumption characteristics in residential energy monitoring. The main problem to be solved is the lack of accessible, affordable, and efficient tools for monitoring household electricity consumption, as existing solutions are often costly or require complex installations. Existing solutions are expensive or require complicated setup. This research seeks to design a low-cost NILM that can identify household appliances without invasive system while ensuring high accuracy. This study successfully designed and implemented an electrical recording device that integrates machine learning algorithms, achieving an identification accuracy of 83.33 % across six test scenarios involving various household appliances. The findings of this study show that utilizing active power and power factor as classification parameters allows for effective equipment identification. The moderate accuracy of the system indicates that the proposed design is quite promising but can be improved with more advanced algorithms and additional sensor data. The resulting system is cost-effective due to its inexpensive components which are achieved due to the modular design and the use of inexpensive components, such as the Wemos D1 mini and PZEM-004T V3 sensors, which simplify implementation and enhance system scalability. Its built-in LCD provides real-time monitoring without the need for internet connectivity. This research demonstrates the feasibility of a scalable and cost-effective NILM system, which can be further improved with advanced algorithms and additional sensor data for broader applications in smart energy management.

Keywords: non-intrusive, monitoring, appliance, identification, kNN, smart, grid, energy, logger, power, consumer.

References

1. Khan, I. (2019). Household factors and electrical peak demand: a review for further assessment. *Advances in Building Energy Research*, 15 (4), 409–441. <https://doi.org/10.1080/17512549.2019.1575770>
2. Zuki, N. A. M., Othman, R. N. F. K. R., Shukor, F. A. A., Ahmad, S. R. C. (2023). Analysis of linear motor with symmetrical EMF vector for household elevator application. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 14 (1), 51. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v14.i1.pp51-59>
3. Divina, F., García Torres, M., Gómez Vela, F. A., Vázquez Nogueira, J. L. (2019). A Comparative Study of Time Series Forecasting Methods for Short Term Electric Energy Consumption Prediction

- in Smart Buildings. *Energies*, 12 (10), 1934. <https://doi.org/10.3390/en12101934>
4. Marangoni, G., Tavoni, M. (2021). Real-time feedback on electricity consumption: evidence from a field experiment in Italy. *Energy Efficiency*, 14 (1). <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09922-z>
 5. Hussein, H. I., Abdullah, A. N., Jafar, A. S. J. (2023). A novel online monitoring system of frequency oscillations based intelligence phasor measurement units. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 14 (3), 1589. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v14.i3.pp1589-1596>
 6. Eirinaki, M., Varlamis, I., Dahihande, J., Jaiswal, A., Pagar, A. A., Thakare, A. (2022). Real-time recommendations for energy-efficient appliance usage in households. *Frontiers in Big Data*, 5. <https://doi.org/10.3389/fdata.2022.972206>
 7. Mohammed, N., A. Danapalasingam, K., Majed, A. (2018). Design, Control and Monitoring of an Offline Mobile Battery Energy Storage System for a Typical Malaysian Household Load Using PLC. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 9 (1), 180. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v9.i1.pp180-188>
 8. Tundis, A., Faizan, A., Mühlhäuser, M. (2019). A Feature-Based Model for the Identification of Electrical Devices in Smart Environments. *Sensors*, 19 (11), 2611. <https://doi.org/10.3390/s19112611>
 9. Welikala, S., Dinesh, C., Ekanayake, M. P. B., Godaliyadda, R. I., Ekanayake, J. (2019). Incorporating Appliance Usage Patterns for Non-Intrusive Load Monitoring and Load Forecasting. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10 (1), 448–461. <https://doi.org/10.1109/tsg.2017.2743760>
 10. Ghosh, S., Chatterjee, A., Chatterjee, D. (2019). Improved non-intrusive identification technique of electrical appliances for a smart residential system. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 13 (5), 695–702. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2018.5475>
 11. Wójcik, A., Łukaszewski, R., Kowalik, R., Winiecki, W. (2019). Non-intrusive Appliance Load Monitoring: An Overview, Laboratory Test Results and Research Directions. *Sensors*, 19 (16), 3621. <https://doi.org/10.3390/s19163621>
 12. Cannas, B., Carcangiu, S., Carta, D., Fanni, A., Muscas, C. (2021). Selection of Features Based on Electric Power Quantities for Non-Intrusive Load Monitoring. *Applied Sciences*, 11 (2), 533. <https://doi.org/10.3390/app11020533>
 13. Garcia, F. D., Souza, W. A., Diniz, I. S., Marafão, F. P. (2020). NILM-based approach for energy efficiency assessment of household appliances. *Energy Informatics*, 3 (1). <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00131-7>
 14. Schirmer, P. A., Mporas, I. (2023). Non-Intrusive Load Monitoring: A Review. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 14 (1), 769–784. <https://doi.org/10.1109/tsg.2022.3189598>
 15. Cimen, H., Cetinkaya, N., Vasquez, J. C., Guerrero, J. M. (2021). A Microgrid Energy Management System Based on Non-Intrusive Load Monitoring via Multitask Learning. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12 (2), 977–987. <https://doi.org/10.1109/tsg.2020.3027491>
 16. Wang, A. L., Chen, B. X., Wang, C. G., Hua, D. (2018). Non-intrusive load monitoring algorithm based on features of V-I trajectory. *Electric Power Systems Research*, 157, 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.12.012>
 17. Laouali, I., Ruano, A., Ruano, M. da G., Bennani, S. D., Fadili, H. E. (2022). Non-Intrusive Load Monitoring of Household Devices Using a Hybrid Deep Learning Model through Convex Hull-Based Data Selection. *Energies*, 15 (3), 1215. <https://doi.org/10.3390/en15031215>
 18. Mataloto, B., Ferreira, J. C., Resende, R. P. (2023). Long Term Energy Savings Through User Behavior Modeling in Smart Homes. *IEEE Access*, 11, 44544–44558. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3272888>
 19. Aboulhian, A., Green, D. H., Switzer, J. F., Kane, T. J., Bredariol, G. V., Lindahl, P. et al. (2019). NILM Dashboard: A Power System Monitor for Electromechanical Equipment Diagnostics. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15 (3), 1405–1414. <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2843770>
 20. Chen, Y.-Y., Chen, M.-H., Chang, C.-M., Chang, F.-S., Lin, Y.-H. (2021). A Smart Home Energy Management System Using Two-Stage Non-Intrusive Appliance Load Monitoring over Fog-Cloud Analytics Based on Tridium's Niagara Framework for Residential Demand-Side Management. *Sensors*, 21 (8), 2883. <https://doi.org/10.3390/s21082883>
 21. Chen, C., Geng, G., Yu, H., Liu, Z., Jiang, Q. (2023). An End-Cloud Collaborated Framework for Transferable Non-Intrusive Load Monitoring. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 11 (2), 1157–1169. <https://doi.org/10.1109/tcc.2021.3132929>
 22. Zhang, R., Wang, Y., Song, Y. (2022). Nonintrusive Load Monitoring Method Based on Color Encoding and Improved Twin Support Vector Machine. *Frontiers in Energy Research*, 10. <https://doi.org/10.3389/feeng.2022.906458>
 23. Chen, S., Zhao, B., Zhong, M., Luan, W., Yu, Y. (2023). Nonintrusive Load Monitoring Based on Self-Supervised Learning. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 72, 1–13. <https://doi.org/10.1109/tim.2023.3246504>
 24. Li, W., Kong, D., Wu, J. (2017). A Novel Hybrid Model Based on Extreme Learning Machine, k-Nearest Neighbor Regression and Wavelet Denoising Applied to Short-Term Electric Load Forecasting. *Energies*, 10 (5), 694. <https://doi.org/10.3390/en10050694>
 25. Hasan, I. J., Waheib, B. M., Jalil Salih, N. A., Abdulkhaleq, N. I. (2021). A global system for mobile communications-based electrical power consumption for a non-contact smart billing system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11 (6), 4659. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i6.pp4659-4666>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323755

DEVISING A METHODOLOGY FOR ASSESSING SEASONAL THERMAL ENERGY GENERATION BY A COMBINED HEAT SOURCE (p. 56–67)

Oleksandr Pohosov

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2158-8897>

Pavlo Pasichnyk

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8499-6949>

Yevhen Kulinko

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8834-3600>

Bohdan Koziachyna

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6972-3862>

Olexandr Melnychenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9694-9824>

Valentyn Osypov

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9284-7919>

The object of this study is the process of calculating the distribution of heat generation and energy consumption by heat sources.

The task addressed was estimating the seasonal heat generation by a combined heat source with an air heat pump. A methodology for quantifying the seasonal heat generation and energy consumption by sources as part of a combined heat source with an air heat pump has been devised. This methodology makes it possible to take into account different bivalent operation schemes, variable mode of the heating system, and different electricity tariffs. The ability to take these factors into account increases the accuracy of the results but also increases the complexity of the calculation process. In order to automate the calculation using the devised methodology, an algorithm was built, and an example of its implementation was demonstrated. The results show that the distribution of seasonal heat generation largely depends on the values of the bivalent point temperature and the heat pump shutdown temperature. In addition, they demonstrate the dependence of the calculated amount of heat consumed during the heating period and the distribution of its generation between sources on the number of the last heating periods taken into account. With a decrease in the number of past heating periods taken into account, the amount of heat consumed per season gradually decreases and the share covered by the heat pump increases. This indicates a gradual decrease in the duration of low temperatures in winter and proves the importance of relevance of the climatic data used for analysis.

The methodology devised in this study makes it possible to determine the appropriate ratio of thermal power of heat sources in a combination and increases the accuracy of calculating the payback period of equipment.

Keywords: air source heat pump, hourly temperature data, bivalent point.

References

- Khan, S. A., O'Hegarty, R., Finn, D., Kinnane, O. (2024). Environmental footprint analysis of domestic air source heat pumps. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 22, 200217. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2024.200217>
- Skochko, V., Solonnikov, V., Pohosov, O., Haba, K., Kulinko, Ye., Koziachyna, B. (2024). Minimization of Heat Losses in District Heating Networks by Optimizing their Configuration. *Problems of the Regional Energetics*, 3 (63), 182–195. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.3-63.15>
- Pasichnyk, P., Pryimak, O., Pohosov, O., Kulinko, Y., Koziachyna, B. (2024). Experimental Study of the Aerodynamic Characteristics of a Solar Air Collector with an Absorber Made of Carbon Textile. *Proceedings of EcoComfort 2024*, 426–435. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_38
- Srithapon, C., Månsson, D. (2023). Predictive control and coordination for energy community flexibility with electric vehicles, heat pumps and thermal energy storage. *Applied Energy*, 347, 121500. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121500>
- Botticella, F., Viscito, L. (2015). Seasonal Performance Analysis of a Residential Heat Pump Using Different Fluids with Low Environmental Impact. *Energy Procedia*, 82, 878–885. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.832>
- Naldi, C., Dongellini, M., Morini, G. L. (2015). Climate Influence on Seasonal Performances of Air-to-water Heat Pumps for Heating. *Energy Procedia*, 81, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.064>
- Mouzeviris, G. A., Papakostas, K. T. (2020). Air-to-water heat pumps: the impact of climate, compressor technology, water output temperature and sizing on the seasonal coefficient of performance for heating. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 997 (1), 012150. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/997/1/012150>
- Xie, X., Luo, Z., Grimmond, S., Liu, Y., Ugalde-Loo, C. E., Bailey, M. T., Wang, X. (2024). Could residential air-source heat pumps exacerbate outdoor summer overheating and winter overcooling in UK 2050s climate scenarios? *Sustainable Cities and Society*, 115, 105811. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105811>
- Mauro, A. W., Pelella, F., Viscito, L. (2023). Performance degradation of air source heat pumps under faulty conditions. *Case Studies in Thermal Engineering*, 45, 103010. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103010>
- Terry, N., Galvin, R. (2023). How do heat demand and energy consumption change when households transition from gas boilers to heat pumps in the UK. *Energy and Buildings*, 292, 113183. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113183>
- Vocale, P., Morini, G. L., Spiga, M. (2014). Influence of Outdoor Air Conditions on the Air Source Heat Pumps Performance. *Energy Procedia*, 45, 653–662. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.070>
- Bogdanov, D., Satymov, R., Breyer, C. (2024). Impact of temperature dependent coefficient of performance of heat pumps on heating systems in national and regional energy systems modelling. *Applied Energy*, 371, 123647. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123647>
- Milev, G., Al-Habaibeh, A., Fanshawe, S., Siena, F. L. (2023). Investigating the effect of the defrost cycles of air-source heat pumps on their electricity demand in residential buildings. *Energy and Buildings*, 300, 113656. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113656>
- Gollamudi, S., Fauchoux, M., Krishnan, E., Ramin, H., Joseph, A., Simonson, C. (2024). Methodology to evaluate design modifications intended to eliminate frosting and high discharge temperatures in air-source heat pumps (ASHPs) in cold climates. *Energy and Buildings*, 312, 114209. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114209>
- Ayad, A., Wong, S., Delisle, V. (2025). Modeling of heat pumps load profiles for power systems integration. *Electric Power Systems Research*, 238, 111059. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.111059>
- Historical Weather Data. Meteoblue. Available at: <https://www.meteoblue.com/en/weather/archive/export>
- AiWa H EVI Urban Outdoor. WAMAK. Available at: <https://www.wamak.eu/en/commercial/heat-pumps/air-water/aiwa-h-evi-urban-outdoor>
- Chakyrova, D., Rusev, D., Doseva, N. (2019). Estimation of Seasonal Efficiency of Air-to-Water Heat Pump Used in Heating Mode for Different Climatic Zones in Bulgaria. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 149–153. Available at: https://www.researchgate.net/publication/352062767_Estimation_of_Seasonal_Efficiency_of_Air-to-ater_Heat_Pump_Used_in_Heating_Mode_for_Different_Climatic_Zones_in_Bulgaria
- Glamazdin, P., Koziachyna, B. (2024). Accounting for climate changes when constructing the Rossander graph. *Ventilation, Illumination and Heat Gas Supply*, 49, 38–55. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.49.38-55>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.320573

**REAL-TIME PREDICTION OF HIGHER HEATING
VALUE OF COAL IN COAL-FIRED POWER PLANTS
USING OPERATING PARAMETERS (p. 68–78)**

Enrico Gultom

Universitas Indonesia, Depok, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1336-4949>

Dimas Angga Fakhri Muzhoffar

Universitas Indonesia, Depok, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2181-7218>

Muhammad Arif Budiyanto

Universitas Indonesia, Depok, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8118-7521>

Achmad Riadi

Universitas Indonesia, Depok, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1697-2299>

Andy Rivai

Institut Teknologi Bandung, Bandung, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6734-9665>

This study introduces a novel approach to estimate the higher heating value of coal using real-time operational data from coal-fired power plants, addressing a significant gap in conventional methodologies. Traditionally, coal quality assessments involve extensive laboratory testing, which is impractical for real-time applications. This research develops a practical alternative by leveraging operational parameters such as main steam pressure, temperature, load, condensate flow, and coal flow as indicators of coal's calorific value.

The model developed in this study bypasses the time-consuming processes associated with traditional methods, enabling real-time estimation of coal's higher heating value. Empirical validation shows the model's high predictive accuracy, evidenced by an R^2 value of 0.9666, indicating that it accounts for approximately 96.66 % of the variance in higher heating value. These results are supported by low mean square error and root mean square error values, underscoring superior performance compared to conventional methods.

The effective use of operational data not only addresses the challenge of real-time higher heating value estimation but also optimizes the combustion process and enhances power plant efficiency. The practical application of these findings is pivotal for real-time coal quality control and plant performance management, providing a crucial tool for optimizing energy management.

In conclusion, this research successfully develops and validates a data-driven approach for the real-time prediction of coal's calorific value. This approach holds potential for widespread application, thereby improving energy management and operational efficiency in an industry that remains a major global energy provider.

Keywords: predictive modeling, coal-fired power plant, higher heating value, real-time predictions.

References

- Guan, G. (2017). Clean coal technologies in Japan: A review. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 25 (6), 689–697. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2016.12.008>
- Majumder, A., Jain, R., Banerjee, P., Barnwal, J. (2008). Development of a new proximate analysis based correlation to predict calorific value of coal. *Fuel*, 87 (13-14), 3077–3081. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.04.008>
- Callejón-Ferre, A. J., Carreño-Sánchez, J., Suárez-Medina, F. J., Pérez-Alonso, J., Velázquez-Martí, B. (2014). Prediction models for higher heating value based on the structural analysis of the biomass of plant remains from the greenhouses of Almería (Spain). *Fuel*, 116, 377–387. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.08.023>
- Akkaya, A. V. (2009). Proximate analysis based multiple regression models for higher heating value estimation of low rank coals. *Fuel Processing Technology*, 90 (2), 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.08.016>
- Akkaya, A. V. (2013). Predicting Coal Heating Values Using Proximate Analysis via a Neural Network Approach. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35 (3), 253–260. <https://doi.org/10.1080/15567036.2010.509090>
- Büyükkarber, K., Haykiri-Acma, H., Yaman, S. (2023). Calorific value prediction of coal and its optimization by machine learning based on limited samples in a wide range. *Energy*, 277, 127666. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127666>
- Chen, J., He, Y., Liang, Y., Wang, W., Duan, X. (2024). Estimation of gross calorific value of coal based on the cubist regression model. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74469-3>
- Qian, C., Li, Q., Zhang, Z., Wang, X., Hu, J., Cao, W. (2020). Prediction of higher heating values of biochar from proximate and ultimate analysis. *Fuel*, 265, 116925. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116925>
- Noushabadi, A. S., Dashti, A., Ahmadijokani, F., Hu, J., Mohammadi, A. H. (2021). Estimation of higher heating values (HHVs) of biomass fuels based on ultimate analysis using machine learning techniques and improved equation. *Renewable Energy*, 179, 550–562. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.003>
- Sözer, M., Haykiri-Acma, H., Yaman, S. (2021). Prediction of Calorific Value of Coal by Multilinear Regression and Analysis of Variance. *Journal of Energy Resources Technology*, 144 (1). <https://doi.org/10.1115/1.4050880>
- Munshi, T. A., Jahan, L. N., Howladar, M. F., Hashan, M. (2024). Prediction of gross calorific value from coal analysis using decision tree-based bagging and boosting techniques. *Heliyon*, 10 (1), e23395. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23395>
- Gao, X., Jia, B., Li, G., Ma, X. (2022). Calorific Value Forecasting of Coal Gangue with Hybrid Kernel Function-Support Vector Regression and Genetic Algorithm. *Energies*, 15 (18), 6718. <https://doi.org/10.3390/en15186718>
- Açikkar, M., Sivrikaya, O. (2018). Prediction of gross calorific value of coal based on proximate analysis using multiple linear regression and artificial neural networks. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 26 (5), 2541–2552. <https://doi.org/10.3906/elk-1802-50>
- Zhu, W., Xu, N., Hower, J. C. (2025). Unveiling the predictive power of machine learning in coal gross calorific value estimation: An interpretability perspective. *Energy*, 318, 134781. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134781>
- Dzikuć, M., Kurylo, P., Dudziak, R., Szufa, S., Dzikuć, M., Godzisz, K. (2020). Selected Aspects of Combustion Optimization of Coal in Power Plants. *Energies*, 13 (9), 2208. <https://doi.org/10.3390/en13092208>
- Reza, A. M. (2020). ASME PTC 6 Steam Turbine. Available at: https://www.researchgate.net/publication/370071825_ASME_PTC_6_Steam_Turbine
- Bolarinwa, M. A., Udensi, F.-G. (2024). Operational Performance Analysis of Generating Power Plant. *European Journal of Energy Research*, 4 (2), 44–56. <https://doi.org/10.24018/ejenergy.2024.4.2.144>
- Jradi, R., Marvillet, C., Jeday, M. R. (2024). Multi-objective optimization and performance assessment of response surface methodology (RSM), artificial neural network (ANN) and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for estimation of fouling in phosphoric acid/steam heat exchanger. *Applied Thermal Engineering*, 248, 123255. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123255>
- Jankovic, A., Chaudhary, G., Goia, F. (2021). Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems. *Energy and Buildings*, 250, 111298. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111298>
- Jensen, W. A. (2017). Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments 4th edition. *Journal of Quality Technology*, 49 (2), 186–188. <https://doi.org/10.1080/00224065.2017.11917988>
- Draper, N., Smith, H. (1998). Applied regression analysis. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118625590>

22. Rizal, R., Wahyuni, F., Julian, J., Nasruddin, Yulia, F. (2024). Optimal design and modelling of sustainable bio-catalytic enzyme for waste-water treatment using response surface methodology and artificial neural network. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46 (1), 5254–5273. <https://doi.org/10.1080/15567036.2024.2332468>
23. Vendittoli, V., Polini, W., Walter, M. S. J., Geißelsöder, S. (2024). Using Bayesian Regularized Artificial Neural Networks to Predict the Tensile Strength of Additively Manufactured Polylactic Acid Parts. *Applied Sciences*, 14 (8), 3184. <https://doi.org/10.3390/app14083184>
24. Suphawan, K., Kardkasem, R., Chaisee, K. (2022). A Gaussian Process Regression Model for Forecasting Stock Exchange of Thailand. *Trends in Sciences*, 19 (6), 3045. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.3045>
25. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson. Available at: <https://dai.fmph.uniba.sk/courses/NN/haykin.neural-networks.3ed.2009.pdf>
26. Jradi, R., Marvillet, C., Jeday, M. R. (2020). Modeling and comparative study of heat exchangers fouling in phosphoric acid concentration plant using experimental data. *Heat and Mass Transfer*, 56 (9), 2653–2666. <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02888-9>
27. Yotov, K., Hadzhikolev, E., Hadzhikoleva, S. (2020). Determining the Number of Neurons in Artificial Neural Networks for Approximation, Trained with Algorithms Using the Jacobi Matrix. *TEM Journal*, 9 (4), 1320–1329. <https://doi.org/10.18421/tem94-02>
28. Amato, A., Di Lecce, V. (2023). Data preprocessing impact on machine learning algorithm performance. *Open Computer Science*, 13 (1). <https://doi.org/10.1515/comp-2022-0278>
29. Gasser, M., Naguib, A., Abdelhafiz, M., Elnekhaily, S., Mahmoud, O. (2023). Artificial Neural Network Model to Predict Filtrate Invasion of Nanoparticle-Based Drilling Fluids. *Trends in Sciences*, 20 (5), 6736. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.6736>
30. Muhammad, R., Rahman, A., Jamil, M. F. (2024). A Linear Regression Modeling Analysis of the Energy, Water, and Chemical Consumption in the Operating Configuration at 740 MW Priok Combined Cycle Power Plant. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 6 (1), 27. <https://doi.org/10.22146/jmdt.97748>
31. Padmaja, B., Manikandan, V. M. (2021). A Novel Prediction Error Histogram Shifting-based Reversible Data Hiding Scheme for Medical Image Transmission. 2021 4th International Conference on Security and Privacy (ISEA-ISAP), 1–6. <https://doi.org/10.1109/isea-isap54304.2021.9688572>
32. García-Nieto, P. J., García-Gonzalo, E., Paredes-Sánchez, J. P. (2024). Estimation of the coal higher heating value for energy systems relied on ultimate analysis with machine learning techniques. *Fuel*, 357, 130037. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130037>

АНОТАЦІЇ

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322917

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА НА РОБОТУ ЛОКАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ (с. 6–14)**В. В. Чумак, Т. Л. Кацадзе, В. А. Баженов, М. А. Ковалекно, О. А. Гераскін**

Об'єктом дослідження є електромагнітні процеси в магнітоелектричному генераторі потужністю 15 кВт, що працює на локальну розподільчу мережу.

Використання магнітоелектричного генератора паралельно з локальною розподільчою мережею дозволяє підвищити надійність та ефективність роботи такої системи.

Проаналізовано переваги і недоліки варіантів регулювання навантажувальної характеристики магнітоелектричних генераторів для малопотужних енергокомплексів, наприклад, міні-ГЕС. Запропоновано та реалізовано систему регулювання вихідної напруги магнітоелектричних генераторів потужністю до 15 кВт за допомогою відомих та доступних напівпровідникових схемних рішень.

Досліджено декілька варіантів з'єднання окремих котушок обмотки якоря генератора зі збудження від постійних магнітів та показано відповідні цим варіантам зовнішні характеристики. Показано, що при з'єднанні котушок обмотки якоря генератора паралельними групами можливо отримати найменше спотворення вихідної напруги. При навантаженні від 0.5–1.1 I_n жорсткість характеристики дозволяє відповідати нормативним $-10\% \dots +5\%$ від номінальної напруги.

Проведено аналіз роботи магнітоелектричного генератора при керуванні за допомогою симісторів при заданому діапазоні напруги та при роботі на змінний активний опір без використання напівпровідникових регуляторів.

Представлені форми вихідної напруги генератора на реальних зразках при різних схемах керування. Досліджено можливість підключення автономного генератора до локальної розподільчої мережі в умовах відсутності навантаження з метою реалізації на ринку електроенергії. Вибрана форма вихідної напруги з найменшим спотворенням, прийнятним для розподільної електричної мережі згідно норм стандарту щодо якості електричної енергії.

Ключові слова: магнітоелектричний генератор, стабілізація напруги, розподільча локальна мережа, якість електричної енергії.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322920

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ ДО 110 кВ (с. 15–23)**Fariza Abilzhanova, Felix Bulatbaev, Aizada Kuanyshtaeva**

Дослідження зосереджено на оцінці надійності розподільних електромереж, що працюють з напругою до 110 кВ, вирішуючи проблеми збільшення навантажень, старіння інфраструктури та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Запропоновано новий метод і модель для оцінки надійності, що включає частоту відмов, час відновлення та топологічні характеристики мереж. Дослідження визначає критичні фактори, що впливають на надійність мережі, включаючи рівень резервування, умови експлуатації та кліматичні впливи. Помітні результати показують, що точки мережі з кількома з'єднаннями фідерів демонструють найвищу надійність, що перевищує 99,99 %, тоді як точки з конфігурацією з одним трансформатором є найбільш вразливими до збоїв. Середня частота відмов для повітряних ліній розрахована на рівні 1,29 відмов на 100 км на рік, а час відновлення досягає до 40 годин для критичних вузлів.

Результати пояснюються взаємодією структурних і експлуатаційних факторів, де резервування значно підвищує надійність, а застаріле обладнання збільшує вразливість. Відмінною рисою дослідження є використання Марківських процесів для динамічного моделювання збоїв і відновлення, пропонуючи комплексну структуру порівняно з традиційними статичними методами. Практичні застосування результатів включають удосконалення дизайну мережі за рахунок покращеного резервування, оптимізацію стратегій обслуговування критичних елементів та підтримку інтеграції технологій Smart Grid. Ці висновки сприяють розробці більш стійких і ефективних мереж розподілу електроенергії, адаптованих до сучасних експлуатаційних вимог.

Ключові слова: розподільні мережі, надійність електроенергії, Марківські процеси, оцінка резервування, інтенсивність відмов.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322918

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВПЛИВУ ПЕРЕТВОРЮВАЧА РОТОРА НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА КОВЗАЮЧОГО КІЛЬЦЯ КЕРУВАННЯ ПЕРЕРИВНИКОМ ЗА УМОВ ДИСБАЛАНСУ НАПРУГИ МЕРЕЖІ (с. 24–34)**Hilmi Fadhil Ameen, Ali Abdulqadir Rasool**

Багато промислових застосувань використовують трифазні асинхронні двигуни з обертовим ротором (АДОР), особливо на цементних заводах через їхні можливості контролю продуктивності. Коли джерело живлення піддається незбалансованій напрузі, це впливає на продуктивність двигуна. Об'єктом дослідження є системи приводу асинхронного двигуна з намотаним ротором за несиметричної напруги живлення. Предметом даного дослідження є вплив гармонік за умов незбалансованого живлення на роторне кільце АДОР з наявністю випрямлячів та схему переривника. Дослідження оцінює струм статора, струм ротора та компоненти електромагнітного крутного моменту за допомогою математичного представлення еквівалентної схеми.

Аналіз цього дослідження представляє спосіб прогнозування повних гармонічних частот, які належать струмам статора, струму ротора та електромагнітного моменту з точки зору частоти живлення та ковзання ротора. Результати моделювання та запропонованої математичної моделі показали хорошу точність. Результати показують, що продуктивність АДОР, зміна струмів двигуна та пульсації крутного моменту залежать від величини коефіцієнта дисбалансу напруги та робочого циклу схеми переривника.

Результати цього дослідження демонструють, що незбалансована напруга живлення має негативний вплив на збільшення гармонійних струмів статора, що надходять з боку ротора, гармонійних струмів ротора та пульсації крутного моменту; в результаті

продуктивність АДОР була знижена. З результатів помічено, що отримані струми є точними, за винятком струмів із ковзанням на одну шосту, у яких спостерігається помітна дисперсія. Пульсації швидкості збільшуються на 0,38 %, а пульсації крутного моменту – на 16,6 %, коли коефіцієнт дисбалансу джерела живлення змінюється від (0 до 10) %.

Ключові слова: АДОР, схема роторного переривника, дисбаланс напруги, гармонічний аналіз, пульсація моменту.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322426

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОПЕЛЕРА ВІТРОТУРБИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛУ ТРУБ ПВХ З ОБЛАДНАННЯМ НАКОНЕЧНИКА (с. 35–45)

Akhmad Faizin, Bagus Wahyudi, Hangga Wicaksono, Satworo Adiwidodo, Mohammad Sukri Mustapa

ПВХ або полівінілхлорид – це термопластичний полімер, що є дешевим і може використовуватися для виготовлення труб і фітінгів. З труб ПВХ можна виготовляти лопаті вітрогенераторів малої потужності. ПВХ труби мають хороші механічні властивості, включаючи ударну міцність, високу гнучкість, стійкість до вібрації та гідростатичного тиску. Щоб перетворити трубу на лопатку вітрової турбіни, яка витримує навантаження та має стійкість до кручення, потрібен ефективний дизайн і метод виробництва. У конструкції лопаті також виконується аеродинамічний аналіз, щоб отримати максимальну енергію від вітряної турбіни, що є результатом роботи конструкції лопаті. Мета полягає в тому, щоб знайти спосіб побудувати лопатку турбіни за допомогою ПВХ труби та найкращої аеродинамічної поведінки рідини навколо ротора турбіни. Це дослідження базується на методі CFD моделювання та експериментальних дослідженнях з використанням аеродинамічної труби. Згідно з результатами моделювання ANSYS CFD на кінці лопаті турбіни з ПВХ труби з кутом атаки 15° і 30°, це може збільшити крутний момент приблизно на 200 % порівняно з без коліна. CFD-моделювання було проведено для перевірки навантаження на лопатку труби з ПВХ при швидкості вітру 5 м/с, 6 м/с і 7 м/с, і ширині кута наконечника 100 мм, 110 мм і 130 мм. Крутний момент, створюваний турбіною, залежить від ширини наконечника коліна, де максимальний крутний момент досягається шириною наконечника коліна 110 мм. Виходячи з результатів оптимізації, турбіна може виробляти найкращий крутний момент із найменшою напругою, створюваною від навантаження. Результати аналізу напруги фон Мізеса показують, що напруга, яка виникає на лопаті турбіни, є найменшою, що робить її найбезпечнішою та найнадійнішою конструкцією. Результати аналізу крутного моменту показують, що додавання наконечника коліна може збільшити крутний момент на лопаті турбіни.

Ключові слова: вітрова турбіна, пропелер із ПВХ труби, оптимізація, аналіз напруг, CFD моделювання.

DOI 10.15587/1729-4061.2025.316694

МОНІТОРИНГ НЕІНТРУЗИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ: ЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОБУТОВОЇ ТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ (с. 46–55)

Levin Halim, Reyvaldo Barthez, Nico Saputro

Це дослідження зосереджено на розробці економічно ефективної системи неінтрузивного моніторингу навантаження (НМН) для ідентифікації побутових приладів за допомогою машинного навчання, зокрема алгоритму k-найближчих сусідів (kNN), який не заважає існуючій системі. Об'єктом даного дослідження є процес ідентифікації приладу на основі характеристик споживання електроенергії в енергомоніторингу житла. Основною проблемою, яку необхідно вирішити, є відсутність доступних, доступних та ефективних інструментів для моніторингу споживання електроенергії домогосподарствами, оскільки існуючі рішення часто є дорогими або вимагають складних установок. Існуючі рішення дорогі або вимагають складного налаштування. Це дослідження спрямоване на розробку недорогого НМН, який може ідентифікувати побутову техніку без інвазивної системи, забезпечуючи високу точність. Це дослідження успішно розробило та реалізувало електричний записуючий пристрій, який інтегрує алгоритми машинного навчання, досягнувши точності ідентифікації 83,33 % у шести тестових сценаріях із залученням різних побутових приладів. Результати цього дослідження показують, що використання активної потужності та коефіцієнта потужності як параметрів класифікації дозволяє ефективно ідентифікувати обладнання. Помірна точність системи вказує на те, що запропонована конструкція є досить багатообіцяючою, але її можна покращити за допомогою більш досконалих алгоритмів і додаткових даних датчиків. Отримана система є економічно ефективною завдяки недорогим компонентам, які досягаються завдяки модульній конструкції та використанню недорогих компонентів, таких як датчики Wemos D1 mini та PZEM-004T V3, які спрощують впровадження та підвищують масштабованість системи. Вбудований РК-дисплей забезпечує моніторинг у реальному часі без підключення до Інтернету. Це дослідження демонструє здійсненність масштабованої та економічно ефективної системи НМН, яку можна додатково вдосконалити за допомогою передових алгоритмів і додаткових даних датчиків для більш широких застосувань у розумному управлінні енергією.

Ключові слова: неінтрузивний, моніторинг, прилад, ідентифікація, kNN, розумний, мережа, енергія, реєстратор, потужність, споживач.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323755

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СЕЗОННОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ КОМБІНОВАНИМ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОТИ (с. 56–67)

О. Г. Погосов, П. О. Пасічник, Є. О. Кулінко, Б. І. Козячина, О. І. Мельниченко, В. О. Осипов

Розглянуто об'єкт дослідження – процес розрахунку розподілу генерації теплової енергії та споживання енергоресурсів джерелами теплоти. Досліджено проблематику оцінки сезонної генерації теплової енергії комбінованим джерелом теплоти з повітряним тепловим насосом. Розроблено методику оцінки сезонної генерації теплової енергії та споживання енергоресурсів джерелами у складі комбінованого джерела теплоти з повітряним тепловим насосом. Дана методика дозволяє врахувати різні бівалентні схеми роботи, змінний режим системи опалення та різні тарифи електроенергії. Завдяки можливості врахувати ці фактори підвищується точність та деталізація результатів, але і зростає складність та об'ємність процесу розрахунку. Для того, щоб автоматизувати розрахунок за розробленою методикою було побудовано алгоритм та продемонстровано приклад його реалізації. Результати доводять, що розподіл

сезонної генерації теплової енергії значною мірою залежить від величин прийнятої температури точки бівалентності та температури вимкнення теплового насоса. Крім того, вони демонструють залежність розрахункової кількості теплоти спожитої за опалювальний період та розподілу її генерації між джерелами від кількості останніх опалювальних періодів, прийнятих до аналізу. При зменшенні кількості прийнятих останніх опалювальних періодів поступово зменшується величина спожитої за сезон теплової енергії та збільшується частка, яку покриває тепловий насос. Це свідчить про поступове зменшення тривалості стояння низьких температур зимових періодів та доводить значущість актуальності кліматичних даних, що приймаються до аналізу.

Розроблена в даному дослідженні методика дозволяє визначити доцільне співвідношення теплової потужності джерел теплоти у складі комбінації та підвищує точність розрахунку терміну окупності обладнання.

Ключові слова: повітряний тепловий насос, погодинні температурні дані, точка бівалентності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.320573

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ВУГІЛЛЯ НА ВУГІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ (с. 68–78)

Enrico Gultom, Dimas Angga Fakhri Muzhoffer, Muhammad Arif Budiyan, Achmad Riadi, Andy Rivai

У дослідженні представлений новий підхід для оцінки вищої теплоти згоряння вугілля з використанням експлуатаційних даних, що надходять з вугільних електростанцій у режимі реального часу, що дозволяє заповнити прогалини традиційних методів. Як правило, оцінка якості вугілля включає широкі лабораторні випробування, що є недоцільним для застосування в режимі реального часу. В даному дослідженні розробляється практична альтернатива з використанням таких експлуатаційних параметрів, як тиск і температура гострої пари, навантаження, витрата конденсату і витрата вугілля, в якості показників теплотворної здатності вугілля.

Модель, розроблена в дослідженні, дозволяє уникнути трудомістких процесів, пов'язаних з традиційними методами та здійснювати оцінку вищої теплоти згоряння вугілля в режимі реального часу. Емпіричне обґрунтування показало високу точність прогнозування моделі. Про це свідчить значення R^2 на рівні 0,9666, що вказує на врахування в ній приблизно 96,66 % дисперсії вищої теплоти згоряння. Ці результати підтверджуються низькими значеннями середньоквадратичної похибки та кореня з середньоквадратичної похибки, що підкреслює чудову ефективність порівняно з традиційними методами.

Ефективне використання експлуатаційних даних дозволяє не тільки вирішити завдання оцінки вищої теплоти згоряння в режимі реального часу, а й оптимізувати процес згоряння та покращити продуктивність електростанції. Практичне застосування даних результатів має ключове значення для контролю якості вугілля та управління роботою електростанції в режимі реального часу, надаючи важливий інструмент для оптимізації управління в галузі виробництва енергії.

На завершення, в дослідженні успішно розроблено та апробовано заснований на даних підхід для прогнозування теплотворної здатності вугілля в режимі реального часу. Цей підхід має потенціал для широкого застосування, що дозволить покращити управління виробництвом енергії та експлуатаційну ефективність у галузі, яка залишається найбільшим постачальником енергії в світі.

Ключові слова: прогнозне моделювання, вугільна електростанція, вища теплота згоряння, прогнозування в режимі реального часу.